

Strategische Krankenhausplanung für somatische Fachgebiete am Beispiel von Nordrhein-Westfalen

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. rer. pol.

der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

der Universität Duisburg-Essen

vorgelegt

von

Dipl.-Kff. Univ. Verena Feld

aus Köln, Deutschland

betreut durch

Prof. Dr. Boris Augurzky

Lehrstuhl für VWL, insb. Gesundheitsökonomik

Essen, im Dezember 2021

Gutachterin und Gutachter:

Prof. Dr. Boris Augurzky (Erstgutachten)
Prof. Dr. Jürgen Wasem (Zweitgutachten)

Tag der mündlichen Prüfung:

9. Oktober 2023

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Diese Dissertation wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt und liegt auch als Print-Version vor.

DOI: 10.17185/duepublico/82337
URN: urn:nbn:de:hbz:465-20240906-074912-0

Alle Rechte vorbehalten.

DANKSAGUNG

Diese Arbeit hat mich in den letzten zehn Jahren kontinuierlich begleitet. Ihre Fertigstellung wäre ohne die Unterstützung und Begleitung zahlreicher Menschen nicht möglich gewesen. Dafür möchte ich mich herzlich bedanken!

Zuallererst danke ich Prof. Dr. Boris Augurzky dafür, dass er mich und die vorliegende Arbeit seit 2016 begleitet und mir den Freiraum gelassen hat, die Promotion in meinem Tempo abzuschließen. Zudem bedanke ich mich bei Prof. Dr. Axel Focke für die zahlreichen fachlichen Anregungen und den Zuspruch. Prof. Dr. Jürgen Wasem danke ich für die Übernahme des Zweitgutachtens und Prof. Dr. Andreas Behr für die engagierte Mitarbeit in meiner Promotionskommission.

Darüber hinaus gilt mein Dank Prof. Dr. Grit Walther, die diese Promotion von 2013 bis 2015 betreut und es mir ermöglicht hat, meine Forschung auf nationalen und internationalen Konferenzen vorzustellen.

Ich danke allen Kolleg*innen, Freund*innen, Nachbar*innen und Verwandten, die die Entstehung dieser Promotion mit großen Interesse verfolgt und ihrer Fertigstellung entgegengefeibert haben. Laura, Veronika, Eva, Martin, Olga und Stefan danke ich für die wunderbare Zeit, die wir als Kolleg*innen und Freude gemeinsam verbringen durften. Meinem Schwiegervater, meiner Mutter und Birgit Hupe danke ich für die Korrektur von unterschiedlichen Stadien des Manuskriptes.

Ein herzlicher Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinem Mann, die immer wieder auf Zeit und Urlaub mit mir verzichten musste, damit ich diese Arbeit (berufsbegleitend) fertigstellen konnte. Ihr seid meine Motivations- und Inspirationsquelle.

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	III
DETAILLIERTES INHALTSVERZEICHNIS	V
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	XII
TABELLENVERZEICHNIS	XVI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	XXVII
KURZFASSUNG.....	XXXI
1 EINFÜHRUNG IN THEMA UND PROBLEMSTELLUNG	1
1.1 Krankenhausplanung in Deutschland	1
1.2 Dimensionen der Krankenhausplanung.....	3
1.3 Aktuelle Herausforderungen der Krankenhausplanung.....	7
1.4 Komplexität der Krankenhausplanung	14
1.5 Operations Research als Methode zur Entscheidungsunterstützung	17
1.6 Ableitung der Forschungsfragen und Anwendungsmöglichkeiten.....	19
1.7 Auswahl der Fallstudie	21
1.8 Gang der Untersuchung.....	23
2 RAHMENBEDINGUNGEN DER KRANKENHAUSPLANUNG IN DEUTSCHLAND..	26
2.1 Krankenhausplanung nach Bundesrecht.....	27
2.2 Krankenhausplanung nach Landesrecht am Beispiel von Nordrhein-Westfalen ..	68
2.3 Die acht Grundsätze der Krankenhausplanung.....	86
3 METHODEN DER STRATEGISCHEN KRANKENHAUSPLANUNG	89
3.1 Bestehende Arbeiten zur Anpassung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes.....	89
3.2 Methoden zur Modellierung von Angebots- und Nachfragestrukturen.....	98
3.3 Methoden zur Modellierung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung.....	109
3.4 Methoden zur Modellierung von mehrkriteriellen Zielfunktionen	125
3.5 Methoden zur Modellierung des zeitlichen Bezugs der Krankenhausplanung ..	130
3.6 Identifikation der Forschungslücke.....	132
4 ENTWICKLUNG VON OPTIMIERUNGSMODELLEN ZUR STRATEGISCHEN KRANKENHAUSPLANUNG	137
4.1 Das Krankenhausplanungsproblem.....	138
4.2 Das qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem.....	159
5 DEFINITION DER FALLSTUDIE FÜR DAS BUNDESLAND NORDRHEIN- WESTFALEN	165

5.1 Auswahl der repräsentativen Versorgungsgebiete	168
5.2 Approximation der Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur	169
5.3 Beschreibung der verwendeten Inputdaten	180
5.4 Herstellung der Lösbarkeit des Krankenhausplanungsproblems	196
5.5 Definition von Kennzahlen zur Ergebnisanalyse	196
6 IMPLEMENTIERUNG DES KRANKENHAUSPLANUNGSPROBLEMS	207
6.1 Basisszenario.....	208
6.2 Szenarioanalysen.....	232
6.3 Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Basisszenarios und der Szenarioanalysen.....	296
7 DAS ZWEISTUFIGE KRANKENHAUSPLANUNGSPROBLEM	300
7.1 Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung.....	301
7.2 Lokalisierung der Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung	309
7.3 Identifikation von multiplen Lösungen im Finalszenario	330
7.4 Schlussfolgerungen aus dem Finalszenario	350
8 DISKUSSION.....	352
8.1 Zusammenfassung der Erkenntnisse.....	352
8.2 Beantwortung der Forschungsfragen.....	354
8.3 Handlungsempfehlungen für die Beteiligten der Krankenhausplanung	356
8.4 Aktuelle Entwicklungen und zukünftige Anwendbarkeit des entwickelten Planungsansatzes.....	360
8.5 Weiterer Forschungsbedarf.....	362
9 ANHANG	365
9.1 Formulierung der Zentren- und Medianprobleme zur Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung im Finalszenario.....	365
9.2 Analyse der Auswirkungen von alternativen Pflegekraftschlüsseln.....	372
LITERATURVERZEICHNIS.....	380
RECHTSQUELLENVERZEICHNIS	417

DETAILLIERTES INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	III
DETAILLIERTES INHALTSVERZEICHNIS	V
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	XII
TABELLENVERZEICHNIS	XVI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	XXVII
KURZFASSUNG.....	XXXI
1 EINFÜHRUNG IN THEMA UND PROBLEMSTELLUNG	1
1.1 Krankenhausplanung in Deutschland	1
1.2 Dimensionen der Krankenhausplanung.....	3
1.3 Aktuelle Herausforderungen der Krankenhausplanung.....	7
1.4 Komplexität der Krankenhausplanung	14
1.5 Operations Research als Methode zur Entscheidungsunterstützung.....	17
1.6 Ableitung der Forschungsfragen und Anwendungsmöglichkeiten.....	19
1.7 Auswahl der Fallstudie	21
1.8 Gang der Untersuchung.....	23
2 RAHMENBEDINGUNGEN DER KRANKENHAUSPLANUNG IN DEUTSCHLAND..	26
2.1 Krankenhausplanung nach Bundesrecht.....	27
2.1.1 Patienten- und bedarfsgerechte Versorgung nach Bundesrecht	30
2.1.2 Regionenübergreifende Versorgung.....	33
2.1.3 Vielfalt der Krankenhausträger	41
2.1.4 Wirtschaftliche Sicherung der Krankenhäuser	46
2.1.5 Kostengünstigkeit	49
2.1.6 Qualitätsvorgaben nach Bundesrecht	50
2.1.6.1 Dimensionen der Qualität nach Donabedian	51
2.1.6.2 Anforderungen an einen umfassenden Kriterienkatalog zur Ermittlung der Qualität eines Krankenhausstandortes oder einer Fachabteilung	52
2.1.6.3 Begrenzung des Einflusses von veränderten Evaluationsergebnissen auf die Krankenhausplanung.....	54
2.1.6.4 Entwicklung eines konzeptionellen Ansatzes zur Ermittlung des Gesamtqualitätsindikators von neuen Fachabteilungen	55
2.1.6.5 Stand der Diskussion und Einführung von planungsrelevanten Qualitätskriterien auf Bundesebene	59
2.1.7 Leistungsfähigkeit der Krankenhäuser.....	62
2.1.8 Eigenverantwortlichkeit	64

2.1.9	Identifikation des gewünschten Zentralisierungsgrades	65
2.1.10	Zusammenfassung der bundesrechtlichen Planungsvorgaben	67
2.2	Krankenhausplanung nach Landesrecht am Beispiel von Nordrhein-Westfalen	68
2.2.1	Patienten- und bedarfsgerechte Versorgung nach landesrechtlichen Vorgaben.....	69
2.2.1.1	Anforderungen an die Erreichbarkeit des Krankenhausangebots im Rahmen einer wohnortnahen gestuften Versorgung	69
2.2.1.2	Anforderungen an die Geeignetheit des Krankenhausangebots...	70
2.2.2	Qualität nach landesrechtlichen Vorgaben	77
2.2.2.1	Qualitätsvorgaben im Landeskrankenhausplan 2015.....	77
2.2.2.2	Qualitätsorientierte Krankenhausplanung nach PD et al. 2019	79
2.2.2.3	Herleitung geeigneter Surrogatkriterien zur Abbildung der Qualität.....	81
2.2.3	Differenzierung des Angebotspektrums	84
2.2.4	Strukturkontinuität	85
2.2.5	Zusammenfassung der landesrechtlichen Planungsvorgaben	86
2.3	Die acht Grundsätze der Krankenhausplanung.....	86
3	METHODEN DER STRATEGISCHEN KRANKENHAUSPLANUNG	89
3.1	Bestehende Arbeiten zur Anpassung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes.....	89
3.1.1	Kostenbasierte Krankenhausstruktur nach Fritz et al. 2003	90
3.1.2	Entfernungsbasierte Krankenhausplanung nach Lüngen und Büscher 2011.....	92
3.1.3	Analyse der Auswirkung von Mindestfallzahlen auf die Krankenhausstruktur nach Lüngen und Büscher 2012	94
3.1.4	Simulation der erreichbarkeitsminimalen oder qualitätsmaximalen Krankenhausplanung nach Loos et al. 2019	95
3.1.5	Zusammenfassung der Analyse der bestehenden Arbeiten zur Anpassung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes.....	97
3.2	Methoden zur Modellierung von Angebots- und Nachfragestrukturen.....	98
3.2.1	Diskrete Standortplanungsmodelle	100
3.2.1.1	Abdeckungsprobleme	102
3.2.1.2	Medianprobleme	103
3.2.1.3	Zentrenprobleme.....	104
3.2.1.4	Standortplanungsprobleme i. e. S.....	105
3.2.1.5	Mischmodelle der diskreten Standortplanung.....	106

3.2.2	Kontinuierlich-diskrete Standortplanungsmodelle	107
3.2.3	Auswahl der geeigneten Modellklasse für die Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes	109
3.3	Methoden zur Modellierung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung.....	109
3.3.1	Methoden zur Modellierung der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung.....	111
3.3.2	Methoden zur Modellierung der regionenübergreifenden Versorgung 113	
3.3.3	Methoden zur Modellierung der Trägervielfalt.....	114
3.3.4	Methoden zur Modellierung von wirtschaftlicher Sicherung und Kostengünstigkeit.....	114
3.3.5	Methoden zur Modellierung von Qualität und Leistungsfähigkeit.....	116
3.3.6	Methoden zur Modellierung eines differenzierten Angebotspektrums 117	
3.3.7	Methoden zur Modellierung der Strukturkontinuität	119
3.3.8	Methoden zur Modellierung des idealen Zentralisierungsgrades	122
3.4	Methoden zur Modellierung von mehrkriteriellen Zielfunktionen	125
3.5	Methoden zur Modellierung des zeitlichen Bezugs der Krankenhausplanung ..	130
3.6	Identifikation der Forschungslücke.....	132
4	ENTWICKLUNG VON OPTIMIERUNGSMODELLEN ZUR STRATEGISCHEN KRANKENHAUSPLANUNG	137
4.1	Das Krankenhausplanungsproblem.....	138
4.1.1	Mengen und Indizes im Krankenhausplanungsproblem	139
4.1.2	Variablen des Krankenhausplanungsproblems	140
4.1.3	Nebenbedingungen des Krankenhausplanungsproblems.....	141
4.1.3.1	Nebenbedingungen zur Abbildung der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	141
4.1.3.2	Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes der regionenübergreifenden Versorgung.....	144
4.1.3.3	Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes der Trägervielfalt.....	145
4.1.3.4	Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	146
4.1.3.5	Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit.....	148
4.1.3.6	Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes des differenzierten Angebotspektrums.....	150
4.1.3.7	Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes der Strukturkontinuität.....	151
4.1.3.8	Einschränkung des Wertebereichs der Entscheidungsvariablen des Krankenhausplanungsproblems.....	151

4.1.4	Zielfunktionen des Krankenhausplanungsproblems	151
4.1.5	Lösung des Krankenhausplanungsproblems mit der ε -constraint-Methode	153
4.1.6	Zusammenfassung der Modellelemente des Krankenhausplanungsproblems	156
4.2	Das qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem	159
4.2.1	Struktur des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems	159
4.2.2	Nebenbedingungen des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems zur Abbildung des Grundsatzes der Leistungsfähigkeit	160
4.2.3	Zielfunktion des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems zur Maximierung der Gesamtversorgungsqualität	160
4.2.4	Wettbewerbsbedingungen im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem	161
4.2.5	Anwendbarkeit des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems.	163
4.2.6	Zusammenfassung der im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem zusätzlich verwendeten Modellelemente... ..	164
5	DEFINITION DER FALLSTUDIE FÜR DAS BUNDESLAND NORDRHEIN-WESTFALEN	165
5.1	Auswahl der repräsentativen Versorgungsgebiete	168
5.2	Approximation der Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur	169
5.2.1	Räumliche Verteilung der Nachfrage innerhalb der Versorgungsgebiete 169	
5.2.2	Berücksichtigte Fachrichtungen	172
5.2.3	Quantifizierung der Nachfrage nach stationären Behandlungsangeboten 173	
5.2.4	Limitationen der verwendeten Daten zur Approximation der Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur	177
5.3	Beschreibung der verwendeten Inputdaten	180
5.3.1	Krankenhausstrukturdaten	180
5.3.2	Abdeckung innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung 186	
5.3.3	Begrenzung regionenübergreifender Verflechtungen	188
5.3.4	Mindestanzahl erreichbarer Fachabteilungen und erreichbarer Krankenhausunternehmen	188
5.3.5	Mindestgröße und Mindestfachabteilungsanzahl eines Krankenhausstandortes	189
5.3.6	Mindestgröße einer Fachabteilung	191

5.3.7	Richtwerte für das Verhältnis von Abteilungsanzahl und Krankenhausgröße.....	193
5.4	Herstellung der Lösbarkeit des Krankenhausplanungsproblems.....	196
5.5	Definition von Kennzahlen zur Ergebnisanalyse.....	196
5.5.1	Kennzahlen zur Analyse der Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems.....	197
5.5.2	Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings.....	198
6	IMPLEMENTIERUNG DES KRANKENHAUSPLANUNGSPROBLEMS	207
6.1	Basisszenario.....	208
6.1.1	Analyse der Ergebnisse des Basisszenarios für Region A.....	208
6.1.2	Analyse der Ergebnisse des Basisszenarios für Region B.....	216
6.1.3	Analyse der Ergebnisse des Basisszenarios für Region C.....	225
6.1.4	Schlussfolgerungen aus der Analyse des Basisszenarios.....	231
6.2	Szenarioanalysen.....	232
6.2.1	Szenario 1: Erhöhung der zulässigen fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung.....	233
6.2.1.1	Analyse der Ergebnisse von Szenario 1 für Region A.....	234
6.2.1.2	Analyse der Ergebnisse von Szenario 1 für Region B.....	242
6.2.1.3	Analyse der Ergebnisse von Szenario 1 für Region C.....	253
6.2.1.4	Schlussfolgerungen aus Szenario 1.....	260
6.2.2	Szenario 2: Integrierte Lösung der Regionen A und B.....	261
6.2.2.1	Analyse der Ergebnisse von Szenario 2.....	262
6.2.2.2	Schlussfolgerungen aus Szenario 2.....	267
6.2.3	Szenario 3: Ausschluss von Fachrichtungen mit landesweit geringen Bedarfen.....	268
6.2.3.1	Analyse der Ergebnisse von Szenario 3 für Region A.....	270
6.2.3.2	Analyse der Ergebnisse von Szenario 3 für Region B.....	272
6.2.3.3	Analyse der Ergebnisse von Szenario 3 für Region C.....	275
6.2.3.4	Schlussfolgerungen aus Szenario 3.....	277
6.2.4	Szenario 4: Verzicht auf die doppelte Abdeckung durch zwei Fachabteilungen.....	278
6.2.4.1	Anpassung der Formulierung des Krankenhausplanungsproblems.....	278
6.2.4.2	Analyse der Ergebnisse von Szenario 4 für Region A.....	281
6.2.4.3	Analyse der Ergebnisse von Szenario 4 für Region B.....	286
6.2.4.4	Analyse der Ergebnisse von Szenario 4 für Region C.....	291
6.2.4.5	Schlussfolgerungen aus Szenario 4.....	295

6.3	Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Basisszenarios und der Szenarioanalysen.....	296
7	DAS ZWEISTUFIGE KRANKENHAUSPLANUNGSPROBLEM	300
7.1	Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung.....	301
7.1.1	Auswahl und Definition der mathematischen Modelle zur Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung.....	301
7.1.2	Analyse der Ergebnisse der Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung.....	303
7.1.3	Neuberechnung der Krankenhausrichtgröße für die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung.....	308
7.2	Lokalisierung der Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung	309
7.2.1	Anpassung der Formulierung des Krankenhausplanungsproblems.....	309
7.2.1.1	Anpassung der Nebenbedingungen zur Abbildung der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung.....	309
7.2.1.2	Anpassung der Nebenbedingungen zur Abbildung der Strukturkontinuität.....	310
7.2.1.3	Anpassung der Nebenbedingungen zur Abbildung der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	311
7.2.1.4	Einschränkung des Wertebereichs der zusätzlichen Variablen des modifizierten Krankenhausplanungsproblems.....	312
7.2.1.5	Zusammenfassung der Modellelemente des modifizierten Krankenhausplanungsproblems	312
7.2.2	Auswertung der Ergebnisse der Lokalisierung der Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung im Finalszenario.....	313
7.2.2.1	Auswertung der Ergebnisse des Finalszenarios für die kombinierte Region A+B.....	314
7.2.2.2	Auswertung der Ergebnisse des Finalszenarios für Region C...323	
7.3	Identifikation von multiplen Lösungen im Finalszenario.....	330
7.3.1	Auswertung der multiplen Lösungen für die kombinierte Region A+B.....	331
7.3.2	Auswertung der multiplen Lösungen für die Region C	344
7.4	Schlussfolgerungen aus dem Finalszenario	350
8	DISKUSSION.....	352
8.1	Zusammenfassung der Erkenntnisse.....	352
8.2	Beantwortung der Forschungsfragen.....	354
8.3	Handlungsempfehlungen für die Beteiligten der Krankenhausplanung	356

8.4 Aktuelle Entwicklungen und zukünftige Anwendbarkeit des entwickelten
Planungsansatzes.....360

8.5 Weiterer Forschungsbedarf.....362

9 ANHANG 365

9.1 Formulierung der Zentren- und Medianprobleme zur Lokalisierung der
Fachrichtungen der überregionalen Versorgung im Finalszenario.....365

9.1.1 Formulierung des Zentrenproblems zur Minimierung der maximalen
Distanz.....365

9.1.2 Formulierung des Medianproblems zur Minimierung der Gesamtdistanz
368

9.1.3 Formulierung des Medianproblems zur Minimierung der Abweichung.....
.....369

9.1.4 Postprocessing.....370

9.1.5 Zusammenfassung der zusätzlichen Modellelemente der Zentren- und
Medianprobleme.....370

9.2 Analyse der Auswirkungen von alternativen Pflegekraftschlüsseln.....372

LITERATURVERZEICHNIS..... 380

RECHTSQUELLENVERZEICHNIS 417

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1:	Ableitung der berücksichtigten somatischen Fachgebiete (blau hinterlegt) aus der Systematik der MWOÄ	4
Abbildung 1-2:	Absolute Anzahl der Menschen unter 18 und über 65 Jahre in Deutschland von 1950 bis 2015.....	8
Abbildung 1-3:	Relativer Anteil der Menschen unter 18 und über 65 Jahre in Deutschland von 1950 bis 2015.....	8
Abbildung 1-4:	Krankenhausbetten je 1.000 gemeldeter Personen in den europäischen OECD-Ländern in 2017	9
Abbildung 1-5:	Krankenhäuser und Krankenhausbetten in Deutschland zwischen 1992 und 2017	12
Abbildung 1-6:	Beteiligte und Einflussfaktoren auf der Angebots- und Nachfrageseite von Krankenhausleistungen	15
Abbildung 1-7:	Abbildung einer realen Entscheidungssituation durch ein Optimierungsmodell.....	19
Abbildung 1-8:	Siedlungs- und Krankenhausstruktur in Nordrhein-Westfalen	22
Abbildung 2-1:	Verteilung der Krankenhausfälle in der Allgemeinen Chirurgie nach Altersgruppen und Geschlecht im Jahr 2017	31
Abbildung 2-2:	Verteilung der Krankenhausfälle in der Urologie nach Altersgruppen und Geschlecht im Jahr 2017	32
Abbildung 2-3:	Verteilung der Krankenhausfälle in der Kinder- und Jugendmedizin nach Altersgruppen und Geschlecht im Jahr 2017	32
Abbildung 2-4:	Verteilung der Krankenhausfälle in der Geriatrie nach Altersgruppen und Geschlecht im Jahr 2017	33
Abbildung 2-5:	Illustration von Inbound- und Outbound-Bedarfen	35
Abbildung 2-6:	Mögliche Auswirkungen des Erfahrungsansatzes auf die Zuordnung von grenzüberschreitenden Bedarfen	37
Abbildung 2-7:	Anteil der öffentlichen Krankenhäuser in ausgewählten Bundesländern (2000 bis 2017).....	43
Abbildung 2-8:	Anteil der privaten Krankenhäuser in ausgewählten Bundesländern (2000 bis 2017).....	43
Abbildung 2-9:	Anteil der freigemeinnützigen Krankenhäuser in ausgewählten Bundesländern (2000 bis 2017).....	44
Abbildung 2-10:	Altersstruktur der zu behandelnden Personen in der Inneren Medizin nach Teilgebieten im Jahr 2014.....	76
Abbildung 2-11:	Altersstruktur der zu behandelnden Personen in der Chirurgie nach Teilgebieten im Jahr 2014.....	76
Abbildung 3-1:	Modellelemente zur Formulierung von Zielfunktion und Nebenbedingungen	110

Abbildung 3-2:	Illustration von sukzessiv-exklusiven, sukzessiv-inklusiven, geschachtelten und lokal-inklusiven Krankenhaushierarchien.....	118
Abbildung 3-3:	Illustration des auftretenden Egalisierungseffektes durch Saldenbildung bei Verwendung einer Abweichungsvariablen zur Modellierung der Systemstabilität.....	123
Abbildung 3-4:	Morphologischer Kasten zur Klassifizierung der bestehenden Operations-Research-Literatur zur strategischen Krankenhausplanung und Einordnung der zu entwickelnden Optimierungsmodelle (Teil 1).....	135
Abbildung 3-5:	Morphologischer Kasten zur Klassifizierung der bestehenden Operations-Research-Literatur zur strategischen Krankenhausplanung und Einordnung der zu entwickelnden Optimierungsmodelle (Teil 2).....	136
Abbildung 4-1:	Vorgehensweise bei der Modellierung der Problemstellung zur Krankenhausplanung.....	138
Abbildung 4-2:	Mengen und Indizes im Krankenhausplanungsproblem	140
Abbildung 4-3:	Variablen des Krankenhausplanungsproblems.....	141
Abbildung 4-4:	Lösung des Krankenhausplanungsproblems durch Anwendung der ϵ -constraint-Methode	155
Abbildung 4-5:	Zusätzliche Parameter des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems.....	160
Abbildung 5-1:	Versorgungsgebiete als Grundlage der Krankenhausplanung in Nordrhein-Westfalen.....	165
Abbildung 5-2:	Siedlungs- und Krankenhausstruktur in Nordrhein-Westfalen nach Versorgungsgebieten.....	166
Abbildung 5-3:	Struktur des Algorithmus zur Aggregation der Gebäude zu Bedarfspunkten nach Johnson 1974 und Lovász 1975	171
Abbildung 5-4:	Aggregation von Gebäuden zu Bedarfspunkten am Beispiel der Stadt Petershagen	171
Abbildung 5-5:	Vorgehensweise zur Bestimmung der bedarfspunktspezifischen Nachfrage je Fachrichtung (in Planbetten)	174
Abbildung 6-1:	Lage und geografische Verteilung der Krankenhäuser und Bedarfspunkte in der Iststruktur in Region A	208
Abbildung 6-2:	Effizienter Rand für Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur	209
Abbildung 6-3:	Lage und geografische Verteilung der Krankenhäuser und Bedarfspunkte in der Iststruktur in Region B.....	217
Abbildung 6-4:	Effizienter Rand für Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur	218
Abbildung 6-5:	Lage und geografische Verteilung der Krankenhäuser und Bedarfspunkte in der Iststruktur in Region C	226
Abbildung 6-6:	Optimale Lösung für Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur	226

Abbildung 6-7:	Effiziente Ränder für Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario.....	234
Abbildung 6-8:	Ausschnitt der effizienten Ränder (vergrößert) in Region A in Szenario 1, Abschnitt 80 - 90 Fachabteilungen, im Vergleich zum Basisszenario	235
Abbildung 6-9:	Effiziente Ränder für Region B in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario.....	243
Abbildung 6-10:	Optimale Lösungen für Region C in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario.....	253
Abbildung 6-11:	Lage und geografische Verteilung der Krankenhäuser und Bedarfspunkte in der Iststruktur in Region A+B	262
Abbildung 6-12:	Effizienter Rand für Region A+B in Szenario 2 im Vergleich zur Iststruktur und zum aggregierten Basisszenario	263
Abbildung 6-13:	Effizienter Rand für Region A in Szenario 4 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario.....	282
Abbildung 6-14:	Effizienter Rand für Region B in Szenario 4 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario.....	287
Abbildung 6-15:	Optimale Lösung für Region C in Szenario 4 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario.....	292
Abbildung 7-1:	Illustration der Vorgehensweise im zweistufigen Krankenhausplanungsproblem	301
Abbildung 7-2:	Kombination von Zentren- und Medianproblemen zur Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung.....	302
Abbildung 7-3:	Lage der bestehenden und vorgeschlagenen Krankenhausstandorte für die Fachrichtung Herzchirurgie.....	307
Abbildung 7-4:	Lage der bestehenden und vorgeschlagenen Krankenhausstandorte für die Fachrichtung Thoraxchirurgie	307
Abbildung 7-5:	Effizienter Rand für Region A+B im Finalszenario im Vergleich zur Iststruktur und zum Referenzszenario.....	314
Abbildung 7-6:	Optimale Lösung für Region C im Finalszenario im Vergleich zur Iststruktur und zum Referenzszenario.....	324
Abbildung 7-7:	Absolute Häufigkeit der Unterschreitung der Mindestfachabteilungsgröße (in Betten) in Region C im Finalszenario	329
Abbildung 7-8:	Lage der Krankenhausstandorte in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Systemstabilität	332
Abbildung 7-9:	Lage der Fachabteilungen für Allgemeine Innere Medizin in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Systemstabilität.....	333
Abbildung 7-10:	Lage der Fachabteilungen für Augenheilkunde in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Systemstabilität	333
Abbildung 7-11:	Lage der Krankenhausstandorte in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Angebotsbündelung	338

Abbildung 7-12:	Lage der Fachabteilungen für Allgemeine Innere Medizin in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Angebotsbündelung	339
Abbildung 7-13:	Lage der Fachabteilungen für Augenheilkunde in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Angebotsbündelung	339
Abbildung 7-14:	Lage der Krankenhausstandorte in der Region C in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios	345

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1:	Fach- und Teilgebiete nach MWOÄ	6
Tabelle 1-2:	Gesundheitsausgaben in Deutschland im Jahr 1994 (inflationsbereinigt) und 2018 nach Einrichtungen	11
Tabelle 1-3:	Anzahl der Krankenhausstandorte nach Bundesländern und Art der Einrichtung.....	16
Tabelle 2-1:	Kategorisierung von rechtlichen Rahmenbedingungen nach ihrer mathematischen Modellierbarkeit	27
Tabelle 2-2:	Vorgaben zur Krankenhausplanung nach Bundesrecht (Teil 1)	28
Tabelle 2-3:	Vorgaben zur Krankenhausplanung nach Bundesrecht (Teil 2)	29
Tabelle 2-4:	Bundeslandübergreifend gedeckte Behandlungsbedarfe im Jahr 2014 (somatische Fachrichtungen)	34
Tabelle 2-5:	Vergleich der möglichen Ansätze zur Berücksichtigung von regionenübergreifenden Bedarfen	40
Tabelle 2-6:	Zahlenbeispiel zur Qualitätsbewertung in Konzept 1	56
Tabelle 2-7:	Zahlenbeispiel zur Qualitätsbewertung in Konzept 2 (Gewichtung der Einzelfachrichtungsqualität mit 50 %)	57
Tabelle 2-8:	Zahlenbeispiel zur Qualitätsbewertung in Konzept 2 (Gewichtung der Einzelfachrichtungsqualität mit 70 %)	57
Tabelle 2-9:	Zahlenbeispiel zur Qualitätsbewertung in Konzept 2 (Gewichtung der Einzelfachrichtungsqualität mit 95 %)	58
Tabelle 2-10:	Zahlenbeispiel zur Qualitätsbewertung in Konzept 3	58
Tabelle 2-11:	Vorgaben zur Krankenhausplanung nach nordrhein-westfälischem Landesrecht (Teil 1)	68
Tabelle 2-12:	Vorgaben zur Krankenhausplanung nach nordrhein-westfälischem Landesrecht (Teil 2)	69
Tabelle 2-13:	Vergleich der Prognosen für den Bettenbedarf in den somatischen Fachrichtungen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2015	72
Tabelle 3-1:	Berücksichtigung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung bei Fritz et al. 2003	91
Tabelle 3-2:	Berücksichtigung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung bei Lungen und Büscher 2011	93
Tabelle 3-3:	Berücksichtigung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung bei Lungen und Büscher 2012	94
Tabelle 3-4:	Berücksichtigung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung bei Loos et al. 2019	97

Tabelle 3-5:	Vergleich der vier veröffentlichten Planungsansätze für die Re- bzw. Neustrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes mit den Anforderungen an die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle	98
Tabelle 3-6:	Unterscheidung von kontinuierlichen und diskreten Standortplanungsproblemen, kategorisiert nach praktischer Anwendbarkeit (t = theoretisches Konzept, p = praktisch anwendbar)	100
Tabelle 3-7:	Diskrete Standortplanungsprobleme nach Modellklassen	101
Tabelle 3-8:	Kostenarten, die in Standortplanungsproblemen i. e. S. zur Planung von Krankenhausnetzwerken in der Literatur berücksichtigt werden	105
Tabelle 3-9:	In der Literatur berücksichtigte Anzahl medizinischer Fachrichtungen im Rahmen von realen Fallstudien	112
Tabelle 3-10:	Übersicht über die Nebenbedingungen zur wirtschaftlichen Sicherung, die in der Literatur berücksichtigt werden	115
Tabelle 3-11:	Mögliche Beziehungen zwischen zwei Zielen.....	126
Tabelle 4-1:	Mengen und Indizes des Krankenhausplanungsproblems	156
Tabelle 4-2:	Nicht-binäre Variablen des Krankenhausplanungsproblems.....	156
Tabelle 4-3:	Binärvariablen des Krankenhausplanungsproblems	157
Tabelle 4-4:	Parameter des Krankenhausplanungsproblems	157
Tabelle 4-5:	Binärindikatoren des Krankenhausplanungsproblems	158
Tabelle 4-6:	Zusätzliche Menge und zusätzlicher Index des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems.....	164
Tabelle 4-7:	Zusätzliche Parameter des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems.....	164
Tabelle 4-8:	Zusätzlicher Indikator des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems.....	164
Tabelle 5-1:	Verstädterungsgrad der Versorgungsgebiete.....	168
Tabelle 5-2:	Berücksichtigte Fach- und Teilgebiete für die Anwendung des Krankenhausplanungsproblems auf die Fallstudien im Bundesland Nordrhein-Westfalen.....	172
Tabelle 5-3:	Verweildauer je Fachgebiet bzw. Teilgebiet (in Tagen)	176
Tabelle 5-4:	Relationsmatrix $\chi_{ww'}$ (Teil 1).....	183
Tabelle 5-5:	Relationsmatrix $\chi_{ww'}$ (Teil 2).....	184
Tabelle 5-6:	Relationsmatrix $\chi_{ww'}$ (Teil 3).....	185
Tabelle 5-7:	Zu Grunde gelegte Mindestkrankenhausgröße und Mindestfachabteilungsanzahl in Abhängigkeit vom Krankhaustyp	191
Tabelle 5-8:	Zu Grunde gelegte Mindestfachabteilungsgröße nach Fachrichtungen	193

Tabelle 5-9:	Analyse der Lageparameter für die Fachrichtungsgröße (in Betten) in Nordrhein-Westfalen.....	195
Tabelle 5-10:	Interpretation der Kennzahlen zur Beurteilung der Flexibilisierung der Nebenbedingung zur Krankenhauskapazität	199
Tabelle 5-11:	Interpretation der Kennzahlen zur Beurteilung der Flexibilisierung der Nebenbedingungen zur Krankenhausmindest-, Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgröße.....	200
Tabelle 5-12:	Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings (Teil 1)	202
Tabelle 5-13:	Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings (Teil 2)	203
Tabelle 5-14:	Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings (Teil 3)	204
Tabelle 5-15:	Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings (Teil 4)	205
Tabelle 5-16:	Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings (Teil 5)	206
Tabelle 6-1:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität.....	210
Tabelle 6-2:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität.....	210
Tabelle 6-3:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität.....	210
Tabelle 6-4:	Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region A in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur – Fokus Systemstabilität.....	211
Tabelle 6-5:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität.....	212
Tabelle 6-6:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	212
Tabelle 6-7:	Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region A in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur – Fokus Angebotsbündelung	213
Tabelle 6-8:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur	213
Tabelle 6-9:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	214
Tabelle 6-10:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	214
Tabelle 6-11:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region A im Basisszenario zu lösen	215
Tabelle 6-12:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität.....	218

Tabelle 6-13:	Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region B in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur – Fokus Systemstabilität	219
Tabelle 6-14:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität	220
Tabelle 6-15:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität	220
Tabelle 6-16:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität	220
Tabelle 6-17:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	221
Tabelle 6-18:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	221
Tabelle 6-19:	Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region B in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur – Fokus Angebotsbündelung	222
Tabelle 6-20:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	223
Tabelle 6-21:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	223
Tabelle 6-22:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region B im Basisszenario zu lösen	224
Tabelle 6-23:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur	227
Tabelle 6-24:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur	227
Tabelle 6-25:	Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region C in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur	228
Tabelle 6-26:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur	228
Tabelle 6-27:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur	229
Tabelle 6-28:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region C im Basisszenario zu lösen	230
Tabelle 6-29:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität	236
Tabelle 6-30:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität... ..	236
Tabelle 6-31:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario - Fokus Systemstabilität ...	236

Tabelle 6-32:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität.....	237
Tabelle 6-33:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in der örtlichen Versorgung in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung.....	237
Tabelle 6-34:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung.....	237
Tabelle 6-35:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region A in Szenario 1 im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung.....	238
Tabelle 6-36:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung.....	238
Tabelle 6-37:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region A in Szenario 1 zu lösen (Teil 1).....	240
Tabelle 6-38:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region A in Szenario 1 zu lösen (Teil 2).....	241
Tabelle 6-39:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B in Szenario 1 – Fokus Systemstabilität.....	244
Tabelle 6-40:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region B in Szenario 1 – Fokus Systemstabilität.....	244
Tabelle 6-41:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region B in Szenario 1 – Fokus Systemstabilität.....	245
Tabelle 6-42:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region B in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität...	245
Tabelle 6-43:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B in Szenario 1 – Fokus Angebotsbündelung.....	246
Tabelle 6-44:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region B in Szenario 1 – Fokus Angebotsbündelung.....	247
Tabelle 6-45:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region B in Szenario 1 – Fokus Angebotsbündelung.....	247
Tabelle 6-46:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region B in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung.....	248
Tabelle 6-47:	Summe der Bedarfe (in Betten), die in Region B in Szenario 1 durch Nachbarregionen gedeckt werden im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung.....	248
Tabelle 6-48:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region B in Szenario 1 zu lösen (Teil 1).....	251

Tabelle 6-49:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region B in Szenario 1 zu lösen (Teil 2).....	252
Tabelle 6-50:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region C in Szenario 1 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur.....	254
Tabelle 6-51:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region C in Szenario 1 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur.....	254
Tabelle 6-52:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region C in Szenario 1 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur.....	255
Tabelle 6-53:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region C in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario.....	255
Tabelle 6-54:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region C in Szenario 1 zu lösen (Teil 1).....	257
Tabelle 6-55:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region C in Szenario 1 zu lösen (Teil 2).....	258
Tabelle 6-56:	Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 2 im Vergleich zum aggregierten Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität.....	263
Tabelle 6-57:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A+B in Szenario 2 im Vergleich zum aggregierten Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität.....	264
Tabelle 6-58:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 2 in Region A+B im Vergleich zum (aggregierten) Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität.....	264
Tabelle 6-59:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 2 in Region A+B im Vergleich zum (aggregierten) Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität.....	264
Tabelle 6-60:	Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 2 im Vergleich zum aggregierten Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung.....	265
Tabelle 6-61:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A+B in Szenario 2 im Vergleich zum aggregierten Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung.....	265
Tabelle 6-62:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 2 in Region A+B im Vergleich zum (aggregierten) Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung.....	265
Tabelle 6-63:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 2 in Region A+B im Vergleich zum (aggregierten) Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung.....	266

Tabelle 6-64:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region A+B in Szenario 2 zu lösen 267
Tabelle 6-65:	Klassifikation der Fachrichtungen in überörtlich und überregional basierend auf dem landesweiten Bedarf und der Fachabteilungsrichtgröße 269
Tabelle 6-66:	Veränderung der Fachabteilungsanzahl und durchschnittlichen Fachabteilungsgröße in Region A im Basisszenario und Szenario 3 gegenüber der Iststruktur 271
Tabelle 6-67:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region A in Szenario 3 zu lösen 272
Tabelle 6-68:	Veränderung der Fachabteilungsanzahl und durchschnittlichen Fachabteilungsgröße in Region B im Basisszenario und Szenario 3 gegenüber der Iststruktur 273
Tabelle 6-69:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region B in Szenario 3 zu lösen im Vergleich zum Basisszenario 274
Tabelle 6-70:	Veränderung der Fachabteilungsanzahl und durchschnittlichen Fachabteilungsgröße in Region B im Basisszenario und Szenario 3 gegenüber der Iststruktur 275
Tabelle 6-71:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region C in Szenario 3 zu lösen 276
Tabelle 6-72:	Zusätzliche Parameter für das Krankenhausplanungsproblem in Szenario 4 280
Tabelle 6-73:	Zusätzliche ganzzahlige Variablen für das Krankenhausplanungsproblem in Szenario 4..... 281
Tabelle 6-74:	Zusätzliche Binärvariable für das Krankenhausplanungsproblem in Szenario 4 281
Tabelle 6-75:	Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität..... 282
Tabelle 6-76:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität 283
Tabelle 6-77:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität 283
Tabelle 6-78:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität 283
Tabelle 6-79:	Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung 284
Tabelle 6-80:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur - Fokus Angebotsbündelung..... 284

Tabelle 6-81:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur - Fokus Angebotsbündelung	284
Tabelle 6-82:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur - Fokus Angebotsbündelung	284
Tabelle 6-83:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region A in Szenario 4 zu lösen	285
Tabelle 6-84:	Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität.....	287
Tabelle 6-85:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität.....	288
Tabelle 6-86:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität	288
Tabelle 6-87:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität.....	288
Tabelle 6-88:	Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung.....	289
Tabelle 6-89:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung.....	289
Tabelle 6-90:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung.....	289
Tabelle 6-91:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung.....	290
Tabelle 6-92:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region B in Szenario 3 zu lösen	291
Tabelle 6-93:	Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region C in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur.....	292
Tabelle 6-94:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region C in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario.....	293
Tabelle 6-95:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in der Region C in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario	293
Tabelle 6-96:	Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region C in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur	293
Tabelle 6-97:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region C in Szenario 4 zu lösen	294
Tabelle 7-1:	Zusammenfassung der Ergebnisse der Lokalisierung der überregionalen Fachrichtungen	304

Tabelle 7-2:	Verteilung der Fachabteilungen und Planbetten in der überregionalen Versorgung nach der Besiedlungsdichte.....	305
Tabelle 7-3:	Analyse der Lageparameter der Fachabteilungsgröße in den Fachrichtungen der überregionalen Versorgung im zweistufigen Planungsansatz im Vergleich zur Richtgröße in der Iststruktur	308
Tabelle 7-4:	Zusätzliche Parameter für die Formulierung des angepassten Krankenhausplanungsproblems.....	313
Tabelle 7-5:	Zusätzliche nicht-binäre Variablen für die Formulierung des angepassten Krankenhausplanungsproblems.....	313
Tabelle 7-6:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen (örtlich, überörtlich und überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität	315
Tabelle 7-7:	Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten (örtlich, überörtlich und überregional) im Finalszenario in Region A+B im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität	315
Tabelle 7-8:	Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region A+B in Iststruktur, Sollstruktur, Referenzszenario und Planstruktur des Finalszenarios – Fokus Systemstabilität	316
Tabelle 7-9:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität	317
Tabelle 7-10:	Durchschnittliche Krankenhausgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität	317
Tabelle 7-11:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen (örtlich, überörtlich und überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	318
Tabelle 7-12:	Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten (örtlich, überörtlich und überregional) im Finalszenario in Region A+B im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	318
Tabelle 7-13:	Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region A+B in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur des Finalszenarios – Fokus Angebotsbündelung	319
Tabelle 7-14:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	320
Tabelle 7-15:	Durchschnittliche Krankenhausgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung	320
Tabelle 7-16:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region A+B im Finalszenario zu lösen....	321

Tabelle 7-17:	Anzahl lokalisierter Fachabteilungen (örtlich, überörtlich und überregional) in Region C im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur	324
Tabelle 7-18:	Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region C in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur des Finalszenarios	325
Tabelle 7-19:	Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten (örtlich, überörtlich und überregional) im Finalszenario in Region C im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur	326
Tabelle 7-20:	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region C im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur	326
Tabelle 7-21:	Durchschnittliche Krankenhausgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region C im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur	327
Tabelle 7-22:	Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region C im Finalszenario zu lösen.....	328
Tabelle 7-23:	Zielfunktionswerte für die besten 750 Lösungen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Systemstabilität	331
Tabelle 7-24:	Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Systemstabilität (Teil 1).....	334
Tabelle 7-25:	Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Systemstabilität (Teil 2).....	335
Tabelle 7-26:	Illustration des Zusammenhangs zwischen Bedarfs- und Bettenzuordnung	336
Tabelle 7-27:	Zielfunktionswerte für die besten 750 Lösungen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Systemstabilität	337
Tabelle 7-28:	Zielfunktionswerte für die besten 750 Lösungen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung	337
Tabelle 7-29:	Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Hämatologie und Onkologie in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung...	340
Tabelle 7-30:	Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Strahlenheilkunde in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung	340
Tabelle 7-31:	Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung (Teil 1).....	341
Tabelle 7-32:	Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung (Teil 2).....	342
Tabelle 7-33:	Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung (Teil 3).....	343
Tabelle 7-34:	Zielfunktionswerte für die besten 750 Lösungen in Region C im Finalszenario	344

Tabelle 7-35:	Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Gefäßchirurgie in Region C im Finalszenario	345
Tabelle 7-36:	Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Kardiologie in Region C im Finalszenario	346
Tabelle 7-37:	Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Nephrologie in Region C im Finalszenario	346
Tabelle 7-38:	Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Orthopädie in Region C im Finalszenario	346
Tabelle 7-39:	Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Strahlenheilkunde in Region C im Finalszenario	346
Tabelle 7-40:	Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Viszeralchirurgie in Region C im Finalszenario	346
Tabelle 7-41:	Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region C im Finalszenario (Teil 1)	347
Tabelle 7-42:	Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region C im Finalszenario (Teil 2)	348
Tabelle 7-43:	Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region C im Finalszenario (Teil 3)	349
Tabelle 9-1:	Zusätzliche Parameter für die Formulierung der Zentren- und Medianprobleme.....	370
Tabelle 9-2:	Zusätzliche nicht-binäre Variablen für die Formulierung der Zentren- und Medianprobleme.....	370
Tabelle 9-3:	Zusätzliche Binärvariablen für die Formulierung der Zentren- und Medianprobleme.....	371
Tabelle 9-4:	Vergleich der Bettenanzahl, die eine Pflegekraft in der Nachtschicht betreuen muss, und in der Fallstudie berücksichtigte Mindestfachabteilungsgröße..	372
Tabelle 9-5:	Analyse der Kennzahlen zur Interpretation der Fachabteilungsmindestgröße bei alternativen Pflegekraftschlüsseln (Teil 1)	375
Tabelle 9-6:	Analyse der Kennzahlen zur Interpretation der Fachabteilungsmindestgröße bei alternativen Pflegekraftschlüsseln (Teil 2)	376
Tabelle 9-7:	Analyse der Kennzahlen zur Interpretation der Fachabteilungsmindestgröße bei alternativen Pflegekraftschlüsseln (Teil 3)	377
Tabelle 9-8:	Analyse der Kennzahlen zur Interpretation der Fachabteilungsmindestgröße bei alternativen Pflegekraftschlüsseln (Teil 4)	378
Tabelle 9-9:	Analyse der Kennzahlen zur Interpretation der Fachabteilungsmindestgröße bei alternativen Pflegekraftschlüsseln (Teil 5)	379

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AG-KHG	Gesetz zur Ausführung des Krankenhausfinanzierungsgesetzes
AK	Allgemeinkrankenhaus
ARGE IK	Arbeitsgemeinschaft Institutionskennzeichen
ARL	Akademie für Raumforschung und Landesplanung
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften
BayKrG	Bayerisches Krankenhausgesetz
BbgKHEG	Gesetz zur Entwicklung der Krankenhäuser im Land Brandenburg
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BremKrhG	Bremisches Krankenhausgesetz
BT-Drs.	Deutscher Bundestag Drucksache
DEGRUBA	Degree of urbanisation classification/ Klassifizierung des Verstädterungsgrades
Destatis	Statistisches Bundesamt
DGG	Deutsche Gesellschaft für Geriatrie
DGGG	Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe
DGPGM	Deutsche Gesellschaft für Pränatal- und Geburtsmedizin
DKG	Deutsche Krankenhausgesellschaft
DRG	Diagnosis Related Groups (diagnosebezogene Fallgruppen)
DRV	Deutsche Rentenversicherung Bund
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
Eurostat	Statistische Amt der Europäischen Union
FK	Fachkrankenhaus
G-BA	Gemeinsamer Bundesausschuss
GBE-Bund	Gesundheitsberichterstattung des Bundes
GG	Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
GWB	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
HCB	Institut for Health Care Business GmbH
HKHG 2011	Hessisches Krankenhausgesetz

HmbKHG	Hamburgisches Krankenhausgesetz
Hrsg	Herausgebende
IMA GDI.NRW	Interministeriellen Ausschusses zum Aufbau der Geodateninfrastruktur in NRW
Informs	Institute for Operations Research and the Management Sciences
IQTIG	Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen
i. e. S.	im engeren Sinne
IT.NRW	Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen
i. V. m.	in Verbindung mit
KHEntgG	Krankenhausentgeltgesetz
KHG	Krankenhausfinanzierungsgesetz
KHG LSA	Krankenhausgesetz Sachsen-Anhalt
KHGG NRW	Krankenhausgestaltungsgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen
KHKG	Krankenhaus-Kostendämpfungsgesetz
KHSG	Krankenhausstrukturgesetz
KPI	Key Performance Indicator/Leistungskennzahl
LKG RLP	Landeskrankenhausgesetz des Landes Rheinland-Pfalz
LKG BE	Landeskrankenhausgesetz des Landes Berlin
LKHG	Landeskrankenhausgesetz Baden-Württemberg
LKHG M-V	Krankenhausgesetz für das Land Mecklenburg-Vorpommern
LSNI	Landesamt für Statistik Niedersachsen
MECE	Mutually exclusive, collectively exhaustive/wechselseitig ausschließend und gemeinschaftlich abschließend
MAGS NRW	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen
MASI ST	Ministerium für Arbeit, Soziales und Integration des Landes Sachsen-Anhalt
MFJFG NRW	Ministerium für Frauen, Jugend, Familie und Gesundheit des Landes Nordrhein-Westfalen
MGEPA NRW	Ministerium für Gesundheit, Emanzipation, Pflege und Alter des Landes Nordrhein-Westfalen
MiT	Mobilität in Tabellen
Mio.	Million/Millionen
Mrd.	Milliarde/Milliarden

MSAGD RP	Ministerium für Soziales, Arbeit, Gesundheit und Demografie des Landes Rheinland-Pfalz
MSGIV BB	Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg
MWOÄ	Musterweiterbildungsordnung für Ärzte
NKHG	Niedersächsisches Krankenhausgesetz
NMSGG	Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Gesundheit und Gleichstellung
NRW	Nordrhein-Westfalen
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
PD	Partnerschaft Deutschland
PKV	Private Krankenversicherung
plan.QI-RL	Richtlinie zu planungsrelevanten Qualitätsindikatoren
PpUGV	Pflegepersonaluntergrenzen-Verordnung
ÖV	örtliche Versorgung
Rn	Randnummer
RWI	Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
SächsKHG	Sächsisches Krankenhausgesetz
SGB V	Das Fünfte Buch Sozialgesetzbuch – Gesetzliche Krankenversicherung
SGPG BE	Sensverwaltung für Gesundheit, Pflege und Gleichstellung des Landes Berlin
SKHG SL	Saarländisches Krankenhausgesetz
STMGP	Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege
SVR	Sachverständigenrat
ThürKHG	Thüringer Krankenhausgesetz
ÜÖÜR	überörtliche und überregionale Versorgung
UK	Universitätskrankenhaus
UWH	Universität Witten/Herdecke
VBA	Visual Basic for Applications
VG	Versorgungsgebiet
WD Dt. BT	Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag

KURZFASSUNG

Die Sicherstellung der Gesundheitsversorgung in Deutschland ist eine hoheitliche Planungsaufgabe und muss gleichwertige Lebensverhältnisse im gesamten Bundesgebiet ermöglichen. Dazu gehört auch die Planung der stationären Behandlungsangebote im Rahmen der strategischen Krankenhausplanung. Die gesetzlichen Vorgaben der Krankenhausplanung ergeben sich aus den bundes- und landesrechtlichen Vorschriften, die zu acht Grundsätzen der Krankenhausplanung zusammengefasst werden können.

Die beobachteten Veränderungen der gesellschaftlichen, medizinischen und ökonomischen Rahmenbedingungen führen dazu, dass das historisch gewachsene Krankenhausnetzwerk nicht mehr geeignet ist, die richtige Behandlungsmethode zur richtigen Zeit am richtigen Ort in der richtigen Qualität und richtigen Anzahl zu den richtigen Kosten zu erbringen (6R der Krankenhausplanung). Aus diesem Grund haben Bund und Länder in den letzten Jahren eine Vielzahl von politischen Initiativen zur Anpassung der Krankenhausstrukturen verabschiedet. Dabei handelt es sich um ein hochkomplexes Planungsproblem, für dessen Lösung mathematische Modelle erforderlich sind. Die Anwendung dieser mathematischen Modelle ermöglicht, unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen, diejenige Lösung auszuwählen, die die Zielsetzung der entscheidungsbefugten Personen am besten reflektiert.

Die Analyse der Literatur ergibt, dass einige der acht Grundsätze der Krankenhausplanung bereits in früheren Modellen behandelt wurden, jedoch keine Arbeit existiert, die alle acht Grundsätze berücksichtigt. Dies trifft auch auf Veröffentlichungen zu, die sich explizit mit der Neustrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes beschäftigen.

Deshalb werden im Rahmen dieser Arbeit Optimierungsmodelle für die strategische Planung des Krankenhausnetzwerkes entwickelt, die dazu eingesetzt werden können, (1) die Wirkung von politischen Maßnahmen zur Krankenhausplanung somatischer Fachgebiete auf unterschiedliche Siedlungsräume zu analysieren, und aus denen (2) abgeleitet werden kann, in welchem Umfang somatische Krankenhausbetten in einer Region in einer Fachrichtung abgebaut werden können bzw. aufgebaut werden müssen.

Im **Krankenhausplanungsproblem** stellen Surrogatkriterien die Erbringung qualitativ hochwertiger Behandlungsleistungen sicher. Das Krankenhausplanungsproblem wird im Rahmen einer Fallstudie auf drei repräsentative Regionen im bevölkerungsreichsten Bundesland Nordrhein-Westfalen angewendet. In der Region mit hoher Besiedlungsdichte kann die Krankenhausstruktur konsolidiert werden. In den Regionen mit mittlerer und geringer Bevölkerungsdichte werden hingegen mehr Fachabteilungen mit weniger Betten lokalisiert werden. Demzufolge kann nur in der dicht besiedelten Region eine wirtschaftliche Krankenhausstruktur etabliert werden.

Das **qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem** maximiert die Gesamtqualität des Krankenhausnetzwerkes durch die Berücksichtigung von Qualitätskriterien und deren Bewertungsergebnissen. Diese Erweiterung kann jedoch erst auf eine Fallstudie angewendet werden, wenn ein Kriterienkatalog inklusive Gewichtung vorliegt, der die umfassende Bewertung der Krankenhausqualität in Bezug auf Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität ermöglicht.

Die Aufteilung der Standort- und Allokationsentscheidungen im **zweistufigen Krankenhausplanungsproblem** bewirkt, dass in den Regionen mit mittlerer und geringer Besiedlungsdichte wirtschaftliche Krankenhausstrukturen bei gleichzeitiger Beachtung der Qualitätsbedingungen erreicht werden. Dazu werden medizinische Angebote mit landesweit geringen Bedarfen zunächst einzig nach der Prämisse „Entfernung zwischen Wohn- und Behandlungsort“ geplant. Alle weiteren medizinischen Angebote werden anschließend mit dem (modifizierten) Krankenhausplanungsproblem lokalisiert. Durch die Generierung von multiplen Lösungen können für jede Region stabile Krankenhaus-, Fachrichtungs- und Bettenallokationen identifiziert werden, die die Komplexität der finalen Auswahlentscheidung reduzieren und so den Entscheidungsprozess beschleunigen.

Die Erkenntnisse des entwickelten Planungsansatzes können in Nordrhein-Westfalen von den Gesundheitsbehörden und den regionalen Planungskonferenzen genutzt werden. Sie eignen sich (1) zur Gesetzesfolgenabschätzung, (2) zur Ableitung von differenzierten Planbettenvorgaben, (3) zur Identifikation von alternativen optimalen Krankenhausstrukturen und (4) zur Bewertung der Vorschläge der regionalen Planungskonferenzen. Der entwickelte Planungsansatz kann auch angewendet werden, wenn alternative Steuerungsgrößen – wie beispielsweise Leistungsbereiche statt Fachrichtungen und Belegtage statt Planbetten – herangezogen werden.

1 EINFÜHRUNG IN THEMA UND PROBLEMSTELLUNG

1.1 Krankenhausplanung in Deutschland

Der Anspruch auf ärztliche Versorgung wurde von den Vereinten Nationen im Jahr 1948 in der Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte kodifiziert.¹ In Deutschland ist dieser Gedanke indirekt im Grundgesetz (GG) verankert. Durch das Grundrecht auf Leben und körperliche Unversehrtheit (Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG) und das Sozialstaatsprinzip (Art. 20 Abs. 1 GG) wird die Legislative zur Schaffung eines tragfähigen Gesundheitswesens verpflichtet.² In Deutschland ist die Gesundheitsversorgung demzufolge eine hoheitliche Planungsaufgabe.

Die Gesundheitsversorgung in Deutschland gliedert sich in einen ambulanten und einen stationären Sektor. Die Behandlung erfolgt in beiden Sektoren durch ärztliches, zahnärztliches, pharmazeutisches, psychologisches und psychotherapeutisches Fachpersonal sowie durch Fachkräfte aus nicht-ärztlichen Heilberufen (z. B. für Ergotherapie, Physiotherapie und Geburtshilfe).³

Im ambulanten Sektor werden die medizinischen Leistungen in Praxen und Versorgungszentren erbracht, ohne dass dort die Möglichkeit besteht, die behandelte Person für einen längeren Zeitraum (z. B. über Nacht) zu beobachten. Die Verantwortung für die Planung der ärztlichen Versorgung im ambulanten Sektor hat der Bund als gesetzgebende Instanz im fünften Buch des Sozialgesetzbuches (SGB V) auf die Kassenärztlichen Vereinigungen übertragen. Diese sind dafür verantwortlich,

„eine ausreichende, zweckmäßige und wirtschaftliche Versorgung der Versicherten unter Berücksichtigung des allgemein anerkannten Standes der medizinischen Erkenntnisse zu gewährleisten“ (§ 72 Abs. 2 SGB V).

¹ Vgl. UNO 1948, Art. 25 Abs. 1

² Vgl. WD Dt. BT 2015, S. 4

³ Die Autorin verfolgt in der vorliegenden Arbeit das Ziel, geschlechtsneutrale Bezeichnungen und Formulierungen zu verwenden. Sofern es sich um die Begriffswahl dritter Personen handelt, die im Rahmen dieser Arbeit wiedergegeben werden, wird auf eine Umformulierung in genderneutrale Sprache verzichtet. Sollte sich in Einzelfällen zum Zeitpunkt der Abgabe noch kein präziser genderneutraler Begriff etabliert haben, wird hilfsweise das generische Maskulinum verwendet. Personen aller Geschlechter sind darin gleichermaßen eingeschlossen.

Im stationären Sektor erfolgt die Leistungserbringung in Krankenhäusern bzw. Vorsorge- und Rehabilitationseinrichtungen. Diese Einrichtungen besitzen die Möglichkeit, Menschen über einen bestimmten Zeitraum vor Ort zu betreuen und ggf. engmaschig zu überwachen (Intensivpflege, Intensivüberwachungspflege). Die Planung der stationären Versorgung ist gemäß § 6 Abs. 1 Krankenhausfinanzierungsgesetz (KHG) Aufgabe der Bundesländer und hat das Ziel,

„eine qualitativ hochwertige, patienten- und bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung mit leistungsfähigen, qualitativ hochwertig und eigenverantwortlich wirtschaftenden Krankenhäusern zu gewährleisten“ (§ 1 Abs. 1 KHG).

Ambulanter und stationärer Sektor weisen vielfältige Interaktionsbeziehungen auf, die unter dem Stichwort sektorenübergreifende oder integrierte Versorgung zusammengefasst werden. Darunter fallen (1) Behandlungen, die sowohl im ambulanten, als auch im stationären Sektor erbracht werden können (sog. sektorengleiche Verfahren), (2) Behandlungen, die gemeinsam von Fachkräften beider Sektoren erbracht werden (sog. sektorenüberschreitende Verfahren) und (3) Behandlungen, die in einem Sektor begonnen und im anderen Sektor fortgeführt werden (sog. follow-up Verfahren).⁴

Die Gesetzgebung im Krankenhausrecht ist im Rahmen der konkurrierenden Gesetzgebung zwischen Bund und Ländern aufgeteilt. Die Rahmenbedingungen, insbesondere Regelungen zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser⁵, werden durch den Bund festgelegt, um sicherzustellen, dass im Bereich der Krankenhausversorgung überall in Deutschland gleichwertige Lebensverhältnisse herrschen (Art. 72 Abs. 2 GG).⁶ Die konkrete Ausgestaltung des Krankenhausnetzwerkes obliegt hingegen den Bundesländern, die zu diesem Zweck eigene Landeskrankenhausgesetze erlassen und Landeskrankenhauspläne erstellen bzw. fortschreiben.

Mit der konkreten Planung des stationären Behandlungsangebotes (Krankenhausplanung) legen die Gesundheitsbehörden der Länder unter Mitwirkung der Beteiligten der Krankenhausversorgung (§ 7 KHG) fest, (1) wo Krankenhäuser stehen und (2) welche Behandlungsleistungen von welchem Krankenhaus (3) in welcher Anzahl angeboten werden. Diese Mitwirkung erfolgt entweder durch Konsultation oder durch Delegation.

⁴ Vgl. SVR Gesundheit 2012, S. 69

⁵ Vgl. Kaltenborn 2010, S. 19, Rn. 2

⁶ Vgl. Kaltenborn 2010, S. 20f., Rn. 4

Die Mehrheit der Bundesländer (Bayern, Berlin, Baden-Württemberg, Bremen, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein, Thüringen) wählt die Konsultation.⁷ Dieser konsultative Ansatz impliziert, dass die zuständige Gesundheitsbehörde das Krankenhausangebot plant und die betroffenen Krankenhäuser und Krankenhausträger⁸ zu dieser Planung anhört. Drei Bundesländer (Brandenburg, Hamburg, Nordrhein-Westfalen) delegieren die Planung der stationären Krankenhausangebote an Gremien (Gebiets-/Gesundheitskonferenzen), deren Beteiligte in den jeweiligen Krankenhausgesetzen benannt werden (delegativer Ansatz).⁹ Die zuständige Gesundheitsbehörde prüft anschließend die Vorschläge dieser Gremien.¹⁰ Bei positivem Ausgang der Prüfung setzen die Gesundheitsbehörden die Vorschläge durch sog. Feststellungsbescheide rechtswirksam um.¹¹

1.2 Dimensionen der Krankenhausplanung

Unabhängig davon, ob die Bundesländer einen konsultativen oder delegativen Ansatz wählen, besteht die Aufgabe der Krankenhausplanung darin, zu entscheiden, an welchem Ort (örtliche Dimension) welche Krankenhausleistungen (inhaltliche Dimension) in welcher Menge (kapazitative Dimension) angeboten werden. Somit besteht die Krankenhausplanung aus drei Dimensionen (örtliche, inhaltliche und kapazitative), die simultan zu betrachten sind.

Die zukünftigen Standorte der Krankenhäuser (**örtliche Dimension**) hängen maßgeblich von der Lage der bestehenden Krankenhausstandorte ab. Diese räumliche Verteilung der Krankenhäuser ist Folge eines kontinuierlichen Auswahlprozesses durch zunächst Kran-

⁷ Vgl. Art. 7 Abs. 1 BayKrG; § 4 LKHG; §§ 6, 7 LKG BE; § 6 BremKrHG; § 19 HKHG 2011; §§ 9, 10 LKHG M-V; §§ 3, 4 NKHG; §§ 6-10 LKG RLP; §§ 22, 23 SKHG SL; §§ 3, 5 SächsKHG; §§ 3, 9 KHG LSA; §§ 3, 20 AG-KHG; §§ 4, 5 ThürKHG

Zur Sicherstellung der Leserlichkeit werden die Angaben zur Fundstelle in den jeweiligen Landesgesetzen in diesem Absatz in den Fußnoten aufgelistet.

⁸ Der Begriff Krankenhausträger ist ein feststehender juristischer Fachbegriff, der u. a. in § 1 Abs. 2 KHG, § 109 SGB V, § 4 Abs. 3 KHEntgG und § 1 Abs. 3 KHGG NRW verwendet wird. Dieser Begriff bezieht sich auf eine juristische Person (d.h. ein Krankenhausunternehmen) und nicht auf eine natürliche Person. Aus diesen Gründen (juristischer Fachbegriff, keine natürliche Person) wird in der vorliegenden Arbeit darauf verzichtet eine genderneutrale Umformulierung dieses Fachbegriffs zu verwenden.

⁹ Vgl. §§ 12, 13 BbgKHEG; § 18 HmbKHG; §§ 12-16 KHGG NRW

¹⁰ Vgl. § 13 BbgKHEG, § 18 HmbKHG, § 14 KHGG NRW

¹¹ Vgl. § 14 BbgKHEG, § 18 HmbKHG, § 14 KHGG NRW

kenkassen und später Gesundheitsbehörden.¹² Jede Überarbeitung des Krankenhausnetzwerkes ist somit eine Anpassung der existierenden, historisch gewachsenen Versorgungsstruktur, deren geografische Ausprägung und Reichweite bekannt sind. Neue Standorte sind nur dann notwendig, wenn Versorgungslücken in bestimmten Regionen bestehen, existierende Standorte das Ende des baulichen Lebenszyklus erreichen oder die Kapazität der vorhandenen Standorte nicht ausreicht bzw. nicht ausreichend erweitert werden kann, um den Bedarf der Bevölkerung zu decken.

Mit dem Behandlungsangebot (**inhaltliche Dimension**) wird der Versorgungsauftrag eines Krankenhauses festgelegt. Somit folgt aus der inhaltlichen Dimension, welche Ausstattung ein Krankenhaus benötigt und welche medizinische Ausbildung das Krankenhauspersonal vorweisen muss. Die Zuweisung von Versorgungsaufträgen zu Krankenhäusern orientiert sich an der Struktur der Ausbildung zur ärztlichen Fachkraft. Die „Musterweiterbildungsordnung für Ärzte“ (MWOÄ) der Bundesärztekammer definiert 33 Fachgebiete, für die eine spezialisierte Berufsbezeichnung erworben werden kann (vgl. Abbildung 1-1).¹³

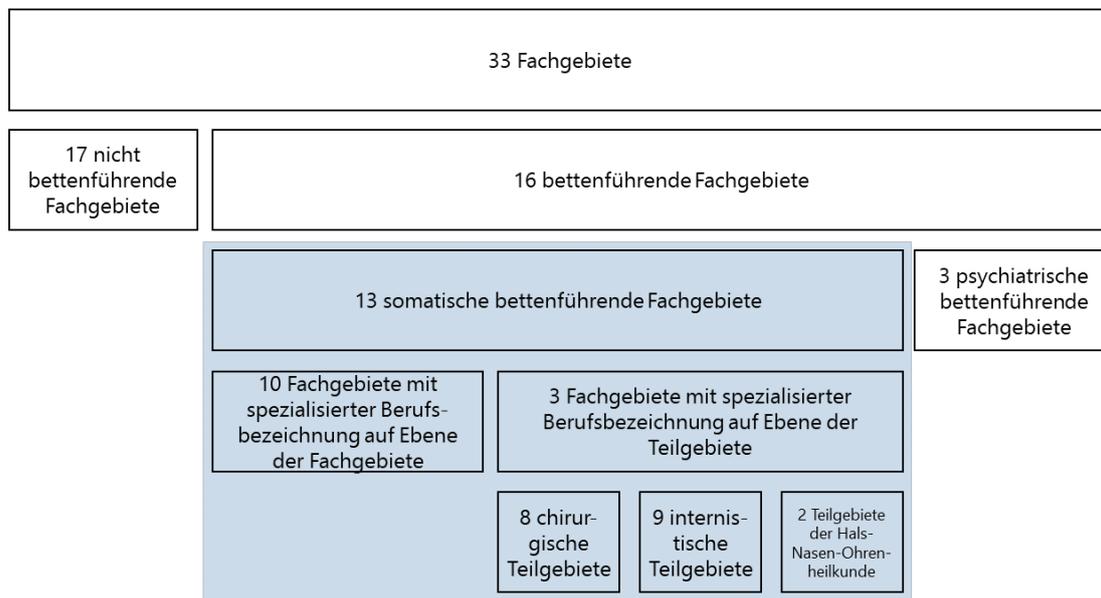


Abbildung 1-1: Ableitung der berücksichtigten somatischen Fachgebiete (blau hinterlegt) aus der Systematik der MWOÄ¹⁴

¹² Vgl. Quaas et al. 2014, S. 506ff.

¹³ Vgl. Bundesärztekammer 2015, S. 2ff.

¹⁴ Eigene Darstellung basierend auf den Informationen in Bundesärztekammer 2015

Von diesen 33 Fachgebieten sind 13 somatische und drei psychiatrische Fachrichtungen als bettenführend zu charakterisieren. Drei der 13 bettenführenden somatischen Fachgebiete untergliedern sich in zwei bis acht Teilgebiete, für die jeweils eine spezialisierte Berufsbezeichnung erworben werden kann (vgl. Tabelle 1-1, S. 6).

In der Krankenhausplanung werden ausschließlich die bettenführenden Fach- und Teilgebiete berücksichtigt. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich im Folgenden auf die Planung des Krankenhausangebots für somatische Fachrichtungen. Bietet ein Krankenhaus medizinische Leistungen in einem Fach- oder Teilgebiet an, so wird diese organisatorische und fachliche Einheit im Folgenden als (medizinische) Fachabteilung bezeichnet.

Die Kapazität eines Krankenhauses (**kapazitative Dimension**) determiniert, wie viele Personen gleichzeitig behandelt werden können. Die Kapazität kann je Behandlungsstandort (Rahmenplanung), je Fachgebiet eines Behandlungsstandortes (Detailplanung) oder je Fachgebiet in einer Region (Regionalplanung) festgelegt werden.¹⁵ Seit Einführung der fallgruppenorientierten Vergütung (diagnosis related groups, kurz DRG) wird diskutiert, ob die traditionelle Festlegung der Krankenhauskapazität durch die Anzahl der im Feststellungsbescheid zugewiesenen Planbetten mit dem DRG-System vereinbar sei, oder ob ein systemkohärenterer Ansatz zur Kapazitätsplanung von Krankenhäusern angemessen bzw. rechtlich möglich wäre.¹⁶ Eine detaillierte Auseinandersetzung mit alternativen Ansätzen zur Kapazitätssteuerung in Krankenhäusern kann an dieser Stelle unterbleiben, da mit Ausnahme Sachsen-Anhalts¹⁷ alle Bundesländer in den geltenden Landeskrankenhausplänen weiterhin eine bettenbasierte Kapazitätsplanung vorsehen¹⁸.

¹⁵ Vgl. Garre et al. 2015, S. 221

¹⁶ Vgl. z. B. Kortevoß 2005, S. 61ff.; Robra et al. 2003, S. 137; Leber und Scheller-Kreinsen 2012, S. 40

¹⁷ Vgl. MASI ST 2014

Sachsen-Anhalt verzichtet auf den Ausweis von Planbetten oder alternativen Kapazitätsindikatoren in den somatischen Fachrichtungen, sondern gibt an, welches Krankenhaus welche Fachgebiete als Haupt- oder Belegabteilung anbieten muss (vgl. MASI ST 2014).

¹⁸ Zur aktuellen Diskussion in NRW über den Wechsel der Steuerungsgröße von Planbetten zu Belegtagen vgl. Ausführungen in Kapitel 8.4

Klassifikation	Fachgebiet	Teilgebiet		
Bettenführende Fachgebiete	Somatik	Augenheilkunde		
		Chirurgie	Allgemeinchirurgie, Gefäßchirurgie, Herzchirurgie, Kinderchirurgie, Orthopädie und Unfallchirurgie, Plastische und Ästhetische Chirurgie, Thoraxchirurgie, Viszeralchirurgie	
		Frauenheilkunde und Geburtshilfe		
		Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Sprach-, Stimm- und kindliche Hörstörungen	
		Haut- und Geschlechtskrankheiten		
		Innere Medizin	Allgemeine Innere Medizin, Innere Medizin und Angiologie, Innere Medizin und Endokrinologie und Diabetologie, Innere Medizin und Gastroenterologie, Innere Medizin und Hämatologie und Onkologie, Innere Medizin und Kardiologie, Innere Medizin und Nephrologie, Innere Medizin und Pneumologie, Innere Medizin und Rheumatologie	
		Kinder- und Jugendmedizin		
		Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie		
		Neurochirurgie		
		Neurologie		
		Nuklearmedizin		
		Strahlentherapie		
		Urologie		
		Psychiatrie	Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie	
			Psychiatrie und Psychotherapie	
Psychosomatische Medizin und Psychotherapie				
Nicht-bettenführende Fachgebiete	Allgemeinmedizin, Anästhesiologie, Anatomie, Arbeitsmedizin, Biochemie, Humangenetik, Hygiene und Umweltmedizin, Laboratoriumsmedizin, Mikrobiologie, Virologie und Infektionsepidemiologie, Öffentliches Gesundheitswesen, Pathologie, Pharmakologie, Physikalische und Rehabilitative Medizin, Radiologie, Rechtsmedizin, Transfusionsmedizin, Physiologie			

Tabelle 1-1: Fach- und Teilgebiete nach MWOÄ¹⁹¹⁹ Eigene Darstellung basierend auf Bundesärztekammer 2015, S. 2ff.

1.3 Aktuelle Herausforderungen der Krankenhausplanung

Das Krankenhausnetzwerk in Deutschland muss so strukturiert sein, dass es den Anspruch des § 1 Abs. 1 KHG (vgl. Kapitel 1.1) erfüllt. In Anlehnung an die 6R der Logistik nach Jünemann 1989²⁰ ist dies der Fall, wenn die richtige Behandlungsmethode zur richtigen Zeit am richtigen Ort in der richtigen Qualität und richtigen Anzahl²¹ und zu den richtigen Kosten erbracht wird. Dieser Sechsklang wird im Folgenden als 6R der Krankenhausplanung bezeichnet.

Veränderungen in den gesellschaftlichen, medizinischen und ökonomischen Rahmenbedingungen der Krankenhausversorgung werfen jedoch die Frage auf, ob das historisch gewachsene Krankenhausnetzwerk diesen 6R der Krankenhausplanung noch gerecht werden kann.

Die **gesellschaftlichen Rahmenbedingungen** sind insbesondere durch den demografischen Wandel geprägt. Der demografische Wandel manifestiert sich durch einen absoluten und relativen Anstieg der Bevölkerungszahl der über 65-Jährigen und gleichzeitigen absoluten und relativen Rückgang der Bevölkerungszahl der unter 18-Jährigen (vgl. Abbildung 1-2 und Abbildung 1-3, beide S. 8).

Aus dieser Entwicklung folgt, dass der Behandlungsbedarf von altersinduzierten Erkrankungen steigt, weil (1) eine größere Anzahl älterer und alter Menschen durch das Gesundheitssystem versorgt werden, (2) alte und ältere Menschen einen größeren Anteil an der Gesamtzahl der zu behandelnden Personen aufweisen und (3) alte und ältere Menschen eine höhere Pro-Kopf-Nachfrage nach Gesundheitsleistungen aufweisen.²² Gleichzeitig sinkt die absolute Nachfrage nach Leistungen der Kinder- und Jugendmedizin. Durch den demografischen Wandel verändert sich somit die Art der nachgefragten Krankenhausleistungen.

²⁰ In Anlehnung an die 6R der Logistik nach Jünemann 1989 zitiert nach Mathar und Scheuring 2009, S. 14

²¹ Jünemann 1989 spricht von „Menge“ statt „Anzahl“ (vgl. Jünemann 1989 zitiert nach Mathar und Scheuring 2009, S. 14)

²² Vgl. Augurzky 2016, S. 90; Biermann et al. 2010, S. 881; Birke und Schlaudt 2016, S. 283

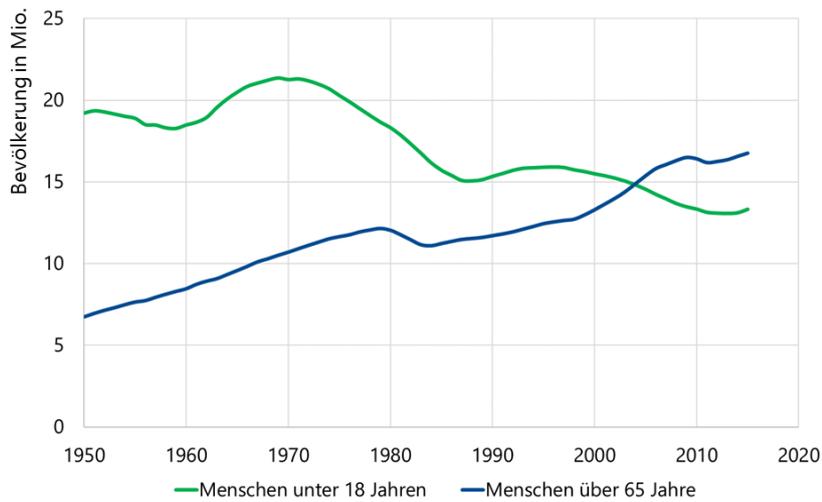


Abbildung 1-2: Absolute Anzahl der Menschen unter 18 und über 65 Jahre in Deutschland von 1950 bis 2015²³

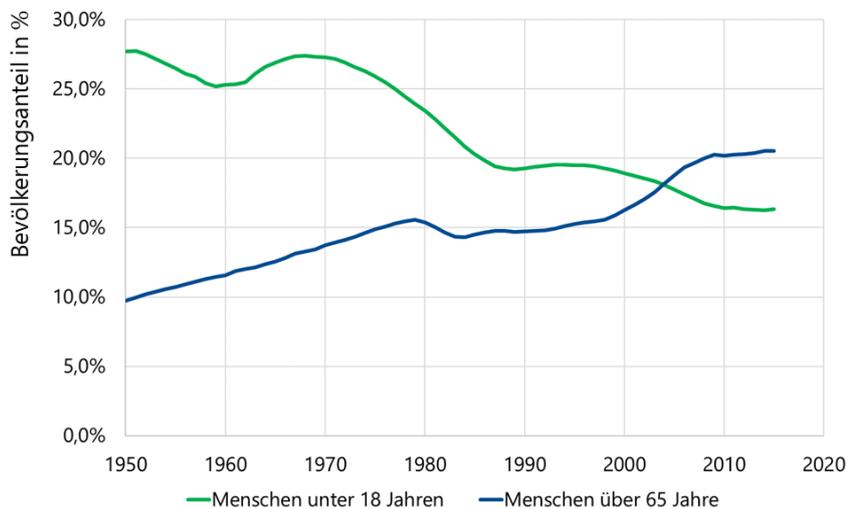


Abbildung 1-3: Relativer Anteil der Menschen unter 18 und über 65 Jahre in Deutschland von 1950 bis 2015²⁴

Die **medizinischen Rahmenbedingungen** werden durch neue und bessere Behandlungsverfahren geprägt. Einerseits folgt aus verbesserten Behandlungsverfahren eine geringere Nachfrage nach Krankenhausbetten – aufgrund sinkender Verweildauern in Folge kürzerer Rekonvaleszenzzeiten oder der Substitution der stationären durch die

²³ Eigene Darstellung basierend auf den Daten in Destatis 2018a, vor der Wiedervereinigung Zahlen für Ost- und Westdeutschland

²⁴ Eigene Darstellung basierend auf den Daten in Destatis 2018a, vor der Wiedervereinigung Zahlen für Ost- und Westdeutschland

ambulante Versorgung.²⁵ Andererseits erhöhen verbesserte Behandlungsverfahren die Nachfrage nach stationären Leistungen, weil vormals unheilbare Krankheiten heilbar werden oder die Überlebenszeit durch eine verbesserte Therapie verlängert werden kann.²⁶

Die **ökonomischen Rahmenbedingungen** sind geprägt von einem großen Angebot an Krankenhausbetten und Krankenhausstandorten, steigenden Kosten und einem hohen Defizit- bzw. Insolvenzrisiko. Im Vergleich mit anderen OECD-Staaten fällt auf, dass im deutschen Gesundheitssystem mehr Ressourcen eingesetzt werden, um ein definiertes Niveau der Gesundheitsversorgung zu erreichen, als in allen anderen europäischen OECD-Ländern.²⁷

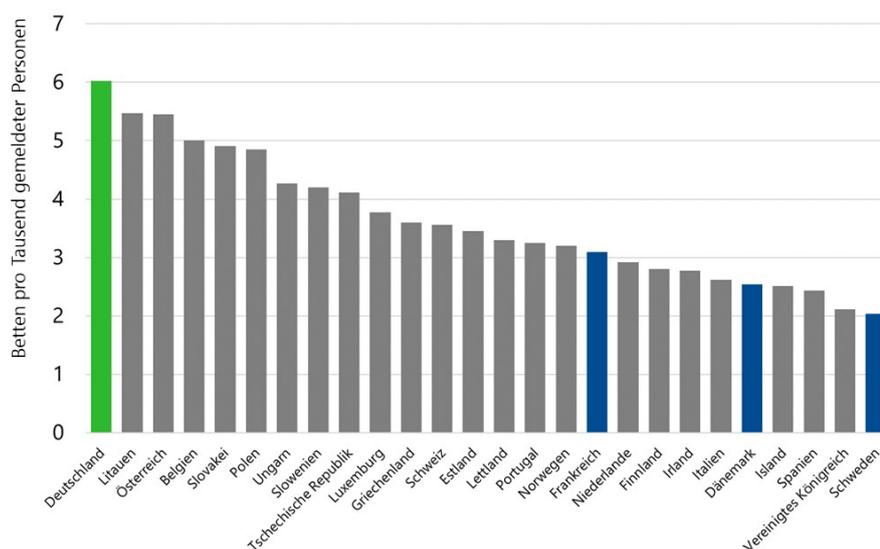


Abbildung 1-4: Krankenhausbetten je 1.000 gemeldeter Personen in den europäischen OECD-Ländern in 2017²⁸

Abbildung 1-4 zeigt für das Jahr 2017, dass in Frankreich 3,09 Krankenhausbetten, in Dänemark 2,54 Krankenhausbetten und in Schweden 2,04 Krankenhausbetten je 1.000 gemeldeter Personen für eine Versorgung der Bevölkerung mit stationären Ge-

²⁵ Vgl. Reifferscheid et al. 2015, S. 8

²⁶ Vgl. Kopetsch 2001, S. 589

²⁷ Vgl. Tchouaket et al. 2012, S. 122

²⁸ Eigene Darstellung basierend auf den Daten in OECD 2020

sundheitsleistungen vorhanden waren.²⁹ Im gleichen Jahr wurden in Deutschland 6,02 Krankenhausbetten je 1.000 gemeldeter Personen vorgehalten.^{30,31}

Bereits im Jahr 1959 haben Shain und Römer nachgewiesen, dass die Anzahl der Krankenhausbelegungstage pro Kopf umso größer ist, je mehr Krankenhausbetten zur Verfügung stehen (Roemer's Law).³² Roemer's Law und der Vergleich mit der Bettendichte in anderen OECD-Ländern legen den Schluss nah, dass die Anzahl der aufgestellten Krankenhausbetten in Deutschland die tatsächliche Nachfrage nach Behandlungskapazitäten übersteigen könnte. Dies würde eine Überversorgung der Bevölkerung mit Krankenhäusern und Krankenhausbetten und eine geringe Effizienz des stationären Sektors implizieren.

Die Kosten der Krankenhausversorgung setzen sich zusammen aus (1) den Investitionskosten, die von den Bundesländern zu tragen sind, (2) den Betriebs- und Behandlungskosten, die von den Krankenkassen bzw. behandelten Personen bezahlt werden, und (3) den Grundstücks- und Anlaufkosten (Gründungskosten), die durch die Krankenhausträger finanziert werden müssen.³³

Im Jahr 2018 entfielen 37 % der Gesundheitsausgaben in Deutschland auf stationäre Einrichtungen (142,5 Mrd. €, vgl. Tabelle 1-2, S. 11).³⁴ Davon wurden 96,9 Mrd. € für den Betrieb der Krankenhäuser aufgewendet.³⁵ Dies entspricht 25 % der Gesamtausgaben und 68 % der Ausgaben für stationäre Einrichtungen. Krankenhausbehandlungen stellen die (mit Abstand) größte Einzelposition im deutschen Gesundheitswesen dar, vor Ausgaben für ambulante Behandlungen in ärztlichen Praxen (54,9 Mrd. €) und für Apotheken (51,9 Mrd. €).³⁶

Bei der Analyse der Ausgabenentwicklung (vgl. Tabelle 1-2, S. 11) fällt auf, dass die Gesundheitsausgaben auf Krankenhausbehandlungen zwischen 1994 und 2018 inflations-

²⁹ Vgl. OECD 2020

³⁰ Vgl. OECD 2020

³¹ Die Argumentation in diesem Absatz folgt den Ausführungen von Busse et al. 2016, S. 5f.

³² Vgl. Shain und Römer 1959, S. 71ff., für Deutschland wurde dieser Effekt nachgewiesen durch Kopetsch 2006, S. 646ff.

³³ Vgl. Janda 2016, S. 213

³⁴ Vgl. GBE-Bund 2020c, eigene Auswertung

³⁵ Vgl. GBE-Bund 2020c, eigene Auswertung

³⁶ Vgl. GBE-Bund 2020c, eigene Auswertung

bereinigt³⁷ um 41 % gestiegen sind (+27,9 Mrd. €).³⁸ Damit liegt der Anstieg der Gesundheitsausgaben für Krankenhausbehandlungen niedriger als der Anstieg der Gesundheitsausgaben insgesamt (inflationsbereinigt +58 %), jedoch im Einklang mit dem Anstieg des Bruttoinlandsproduktes im gleichen Zeitraum (preisbereinigter Anstieg +41 %).³⁹

Einrichtung (Kategorie)	Einrichtung (Name)	Ausgaben in Mrd. €		Rang
		1994 ⁴⁰	2018	2018
Ambulant	Ambulante Pflege	6,2	21,3	6
Ambulant	Apotheken	31,3	51,9	3
Ambulant	Arztpraxen	36,5	54,9	2
Ambulant	Gesundheitshandwerk/-einzelhandel	12,6	21,3	7
Ambulant	Praxen sonstiger medizinischer Berufe	6,2	17,1	10
Ambulant	Zahnarztpraxen	24,5	27,3	5
Stationär/Teilstationär	Krankenhäuser	69,0	96,9	1
Stationär/Teilstationär	Stationäre/teilstationäre Pflege	16,9	35,5	4
Stationär/Teilstationär	Vorsorge-/Rehabilitationseinrichtungen	9,8	10,1	11
Weitere	Ausland	0,7	1,8	15
Weitere	Gesundheitsschutz	2,6	2,7	14
Weitere	Investitionen	9,2	7	12
Weitere	Rettungsdienste	2,4	5,4	13
Weitere	Sonstige Einrichtungen und private Haushalte	5,3	17,1	9
Weitere	Verwaltung	13,8	20,2	8
Insgesamt		247,0	390,6	

Tabelle 1-2: Gesundheitsausgaben in Deutschland im Jahr 1994 (inflationsbereinigt) und 2018 nach Einrichtungen⁴¹

Dieser Ausgabenentwicklung steht eine inflationsbereinigte⁴² Einnahmensteigerung in der gesetzlichen (GKV) und privaten Krankenversicherung (PKV) von 48 % (GKV 44 % und PKV 88%) zwischen 1994 und 2018 gegenüber.⁴³ In der GKV resultiert die inflationsbe-

³⁷ Zur Inflationsrate zwischen 1994 und 2018 sowie ihrer Berechnung siehe Fußnote 40

³⁸ Vgl. GBE-Bund 2020c, eigene Auswertung

³⁹ Vgl. GBE-Bund 2020c, eigene Auswertung und Destatis 2020f., eigene Auswertung

⁴⁰ Inflationsbereinigte Werte, die Inflationsrate für den Zeitraum 1994 bis 2018 beträgt 40,65 % (vgl. Destatis 2020d).

Die prozentuale Veränderung eines Index wurde nach der folgenden Formel berechnet (vgl. Destatis 2018d):
*Veränderung in % = neuer Indexstand/alter Indexstand * 100 - 100*

⁴¹ Eigene Darstellung basierend auf GBE-Bund 2020c

⁴² Zur Inflationsrate zwischen 1994 und 2018 sowie ihrer Berechnung siehe Fußnote 40

⁴³ Vgl. GBE-Bund 2020b und GBE-Bund 2020f., eigene Auswertung

reinierte Einnahmensteigerung in diesem Zeitraum aus einem Beitragsanstieg vom 18 %⁴⁴ und dem inflationsbereinigten⁴⁵ Anstieg der Sozialversicherungsbeiträge (Arbeitgeber- und Arbeitnehmerbeiträge) um 31 %⁴⁶.

Somit ist festzuhalten, dass die Entwicklung der Gesundheitsausgaben für Krankenhausleistungen, die Entwicklung des BIP und die Entwicklung der Einnahmen der Krankenversicherungsträger zwischen 1994 und 2018 kongruent verlaufen.

Auffällig ist jedoch, dass dieser Anstieg der Gesundheitsausgaben für Krankenhausbehandlungen erfolgt, obwohl die Anzahl der Krankenhäuser mit eigenem Instituts-kennzeichen⁴⁷ und die Anzahl der aufgestellten Krankenhausbetten seit 1994 kontinuierlich zurückgehen (vgl. Abbildung 1-5). Zwischen 1994 und 2017 reduzierte sich die Anzahl der Krankenhäuser mit eigenem Institutskennzeichen um 24 %⁴⁸ und die Anzahl der Krankenhausbetten um 21 %⁴⁹. Dieser Kostenanstieg trotz sinkender Krankenhauskapazitäten stellt eine große Herausforderung für den stationären Sektor dar.

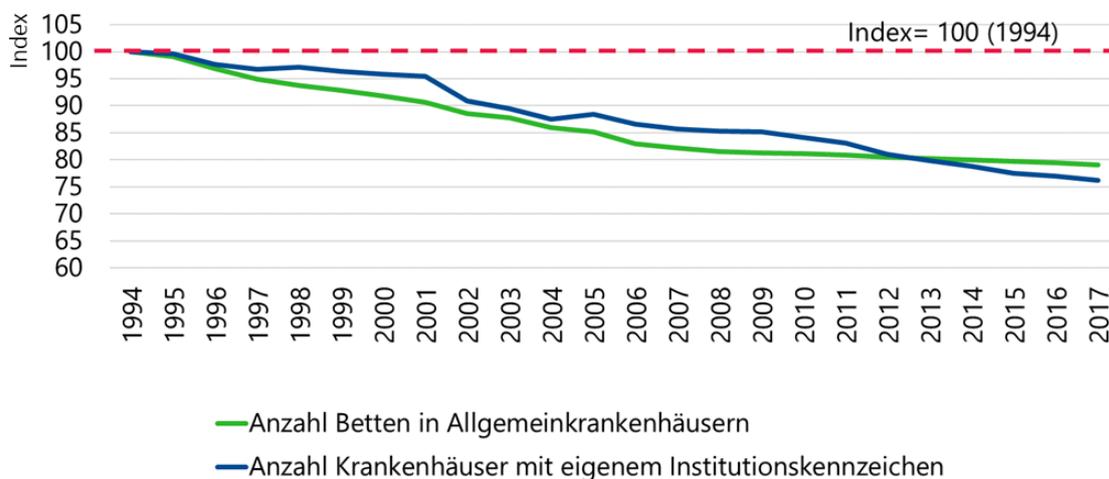


Abbildung 1-5: Krankenhäuser und Krankenhausbetten in Deutschland zwischen 1992 und 2017⁵⁰

⁴⁴ Vgl. DRV 2019, S. 254, eigene Berechnung

⁴⁵ Zur Inflationsrate zwischen 1994 und 2018 sowie ihrer Berechnung siehe Fußnote 40

⁴⁶ Vgl. Destatis 2020e, eigene Auswertung

⁴⁷ Das Institutskennzeichen, kurz IK-Nummer, nach § 293 SGB V dient der eindeutigen Identifikation aller Personengruppen, die im Gesundheitswesen tätig und zur Abrechnung mit den Sozialversicherungsträgern befugt sind (vgl. ARGE IK 2020).

⁴⁸ Vgl. GBE-Bund 2020d

⁴⁹ Vgl. GBE-Bund 2020a

⁵⁰ Eigene Darstellung basierend auf den Daten in GBE-Bund 2020a und GBE-Bund 2020d

Augurzky et al. 2020 weisen zudem darauf hin, dass die Investitionsfinanzierung der Bundesländer nicht ausreicht, um den Investitionsbedarf der Krankenhäuser zu decken.⁵¹ Für das Jahr 2018 ermittelten Augurzky et al. 2020 eine erhöhte Insolvenzgefahr für 13 % der Krankenhäuser in Deutschland.⁵² Für weitere 23 % der Krankenhäuser in Deutschland schätzten die Publizierenden⁵³ die wirtschaftliche Lage als kritisch ein.⁵⁴ Ihre Untersuchungen zeigen darüber hinaus, dass 29 % aller Krankenhäuser auf Konzernebene und 37 % aller Krankenhäuser auf Standortebene im Jahr 2018 einen Verlust erwirtschaftet haben.⁵⁵ Als Folge dieser unzureichenden Investitionstätigkeit der Bundesländer besteht die Gefahr, dass die Krankenhäuser ihre Substanz verzehren⁵⁶ oder versuchen, fehlende Investitionen aus Behandlungserlösen zu kompensieren⁵⁷. Die ökonomischen Rahmenbedingungen führen somit zu einem hohen finanziellen Druck auf die Krankenhäuser.

Zusammenfassend ist daher festzuhalten, dass die Veränderungen in den gesellschaftlichen und medizinischen Rahmenbedingungen zu einem Wandel von Ort, Art und Umfang der Nachfrage nach Krankenhausleistung führen.

Durch die Überlagerung der gesellschaftlichen und medizinischen Einflussfaktoren fallen die Veränderungen nicht einheitlich, sondern in Abhängigkeit von der Bevölkerungsstruktur lokal unterschiedlich aus. So steigt in der Kinder- und Jugendheilkunde und Geburtshilfe der Bedarf nach Krankenhausleistungen in den Ballungsgebieten, während insgesamt ein Rückgang der Nachfrage zu beobachten ist. Daher muss eine Neugestaltung der Krankenhausversorgung immer an der tatsächlichen Nachfrage ausgerichtet sein. Dafür ist die lokal gegebene Bevölkerungsstruktur, differenziert nach Alter und Geschlecht, zu berücksichtigen. Durch eine lokal differenzierte Anpassung der Krankenhausstrukturen kann eine örtliche Über- oder Unterversorgung mit stationären Behandlungsangeboten verhindert werden. Darüber hinaus stellt die explizite Berücksichtigung des existierenden Krankenhausnetzwerkes sicher, dass Anpassungen des Behandlungsange-

⁵¹ Vgl. Augurzky et al. 2020, S. 1f.

⁵² Vgl. Augurzky et al. 2020, S. 1

⁵³ Wurde ein Text von Angehörigen verschiedener Geschlechter verfasst, wird in dieser Arbeit der geschlechtsneutrale Begriff „Publizierende“ verwendet. Wurde eine Publikation jedoch ausschließlich von Angehörigen eines Geschlechts verfasst werden die Begriffe Autorin, Autorinnen, Autor und Autoren verwendet.

⁵⁴ Vgl. Augurzky et al. 2020, S. 1

⁵⁵ Vgl. Augurzky et al. 2020, S. 1

⁵⁶ Vgl. Augurzky 2015, S. 242

⁵⁷ Vgl. Malzahn und Wehner 2013, S. 227

bots nur dort vorgenommen werden, wo diese erforderlich sind, um den 6R der Krankenhausplanung gerecht zu werden.

Insgesamt folgt aus den Veränderungen der gesellschaftlichen, medizinischen und ökonomischen Rahmenbedingungen, dass das historisch gewachsene Krankenhausnetzwerk den 6R der Krankenhausplanung nicht mehr gerecht wird.⁵⁸

In den ländlich geprägten Regionen besteht die Herausforderung darin, die wohnortnahe Versorgung mit stationären Krankenhausleistungen für eine veränderte, in der Regel ältere und multimorbide sowie rückläufige Bevölkerung aufrechtzuerhalten. Die Metropolregionen hingegen beobachten steigende Bedarfe nicht nur für Behandlungsleistungen, die besonders im Alter nachgefragt werden, sondern insgesamt über alle Altersgruppen hinweg. Die Herausforderung für alle Bundesländer besteht folglich darin, regional differenzierte Strukturanpassungen vorzunehmen, die der örtlichen Nachfrageentwicklung gerecht werden, ohne dass die Qualität der Versorgung sinkt.

Aus diesem Grund haben Bund und Länder in den vergangenen Jahren verschiedene Initiativen umgesetzt, deren Ziel die Anpassung des Krankennetzwerkes an die veränderten gesellschaftlichen, medizinischen und ökonomischen Rahmenbedingungen ist. Das zum 1. Januar 2016 in Kraft getretene Krankenhausstrukturgesetz (KHSG) hat beispielsweise das Ziel, durch die Subventionierung von Krankenhausschließungen (Strukturfonds) die Ressourceneffizienz zu verbessern und gleichzeitig den Qualitätsaspekt der Versorgung zu stärken.⁵⁹

1.4 Komplexität der Krankenhausplanung

Die regional differenzierte Anpassung von Krankenhausnetzwerken ist ein hochkomplexes Planungsproblem, weil auf Angebots- und Nachfrageseite eine Vielzahl von Beteiligten und Einflussfaktoren wirken (vgl. Abbildung 1-6, S. 15).

⁵⁸ Vgl. dazu z. B. BT-Drs. 18/5867, S. 1; Deutscher Ethikrat 2016, S. 7f.; Leber und Scheller-Kreinsen 2015, S. 187f.; Reifferscheid et al. 2015, S. 10f.; Augurzky et al. 2014, S. 9

⁵⁹ Vgl. BT-Drs. 18/5867, S. 1ff.

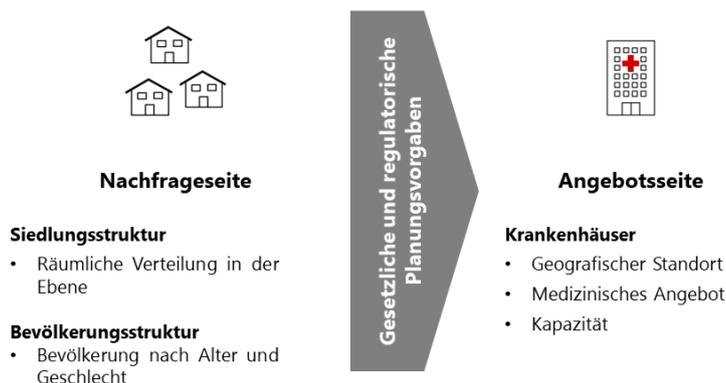


Abbildung 1-6: Beteiligte und Einflussfaktoren auf der Angebots- und Nachfrageseite von Krankenhausleistungen

Die Komplexität der Nachfrageseite wird beeinflusst durch die Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur des betrachteten Gebietes. Die Siedlungsstruktur zeigt an, wo die Menschen in einem Gebiet wohnen.⁶⁰ Die Bevölkerungsstruktur enthält Informationen über die Anzahl der Personen nach Altersgruppen und Geschlecht.⁶¹ Die Nachfrageseite kann durch die gesetzlichen Vorgaben zur Krankenhausversorgung nicht beeinflusst werden. Die Nachfrageseite definiert vielmehr den Rahmen, in dem die Krankenhausplanung stattfindet.

Die Komplexität der Angebotsseite wird definiert durch die Anzahl der vorhandenen Krankenhausstandorte, das bestehende medizinische Angebot dieser Krankenhausstandorte und den jeweils zugewiesenen Behandlungskapazitäten. Die Gesamtzahl aller Krankenhausstandorte, ihrer medizinischen Angebote und der jeweiligen Kapazitäten wird im Folgenden als Krankenhausnetzwerk bezeichnet.

Für das Jahr 2014 weist das Krankenhausverzeichnis des Statistischen Bundesamtes 1.831 Krankenhäuser mit eigenem Institutskennzeichen aus (vgl. Tabelle 1-3, S. 16).⁶²

⁶⁰ Vgl. ARL 2019

⁶¹ Vgl. Laube und Rossé 2009, S. 81

⁶² Vgl. Statistische Ämter 2016 (einschließlich Psychiatrische Krankenhäuser)

Eine IK-Nummer kann zur Abrechnung von medizinischen Leistungen mehrerer Krankenhausstandorte verwendet werden. Somit ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Krankenhausstandorte deutlich höher ausfällt. Die nordrhein-westfälischen Feststellungsbescheide weisen beispielsweise 295 Allgemein- und Fachkrankenhäuser sowie Universitätskliniken mit 352 Standorten aus (vgl. MGEPA NRW 2013a, eigene Auswertung).

Bundesland	Hochschulkliniken	Plankrankenhäuser	Zwischensumme hoheitliches Angebot	Krankenhäuser mit Versorgungsvertrag ⁶³	Krankenhäuser ohne Versorgungsvertrag ⁶⁴	Zwischensumme ergänzendes Angebot	Summe
Baden-Württemberg	5	174	179	23	43	66	245
Bayern	5	278	283	28	42	70	353
Berlin	1	44	45	3	28	31	76
Brandenburg	0	49	49	1	2	3	52
Bremen	0	11	11	0	0	0	11
Hamburg	2	25	27	1	7	8	35
Hessen	3	106	109	12	10	22	131
Mecklenburg-Vorpommern	2	29	31	1	0	1	32
Niedersachsen	2	183	185	0	7	7	192
Nordrhein-Westfalen	6	335	341	6	7	13	354
Rheinland-Pfalz	1	74	75	10	3	13	88
Saarland	1	20	21	1	0	1	22
Sachsen	2	73	75	3	0	3	78
Sachsen-Anhalt	2	45	47	0	0	0	47
Schleswig-Holstein	2	61	63	5	3	8	71
Thüringen	1	37	38	6	0	6	44
Summe	30	1.544	1.579	100	152	252	1.831

Tabelle 1-3: Anzahl der Krankenhausstandorte nach Bundesländern und Art der Einrichtung⁶⁵

1.579 Krankenhausstandorte (Plankrankenhäuser und Hochschulkliniken⁶⁶) sind Teil des hoheitlich geplanten Angebotes der Bundesländer. Weitere 252 Krankenhausstandorte (Krankenhäuser mit⁶⁷ und ohne Versorgungsvertrag⁶⁸) sind als potentielle Plankranken-

⁶³ Zur Erläuterung siehe Fußnote 67

⁶⁴ Zur Erläuterung siehe Fußnote 68

⁶⁵ Eigene Darstellung basierend auf Statistische Ämter 2016 (einschließlich Psychiatrische Krankenhäuser)

⁶⁶ Plankrankenhäuser nach § 108 Nr. 2 SGB V sind Krankenhäuser, die durch einen Feststellungsbescheid in den Krankenhausplan eines Bundeslandes aufgenommen worden sind.

⁶⁷ Krankenhäuser mit Versorgungsvertrag haben nach § 108 Nr. 3 SGB V einen Versorgungsvertrag zur Behandlung von gesetzlich versicherten Personen abgeschlossen. Sie sind nicht Teil der Krankenhausstruktur, da sie ein ergänzendes Angebot bereitstellen (vgl. WD Dt. BT 2014, S. 8).

⁶⁸ Krankenhäuser ohne Versorgungsvertrag dürfen nicht mit den Krankenkassen abrechnen (§ 8 Abs. 1 KHEntgG). Deswegen sind Krankenhäuser ohne Versorgungsvertrag nicht Teil der Krankenhausstruktur.

häuser bei der Überarbeitung des Krankenhausnetzwerkes zu berücksichtigen.⁶⁹ Jeder Krankenhausstandort kann zwischen einem und 30 somatischen Fach- und Teilgebieten (vgl. Kapitel 1.2) sowie zwischen einigen wenigen und mehreren tausend Betten aufweisen.⁷⁰ Soll eine existierende Krankenhausstruktur angepasst werden, ergibt sich aus der Kombination der drei Einflussfaktoren der Angebotsseite (Standort, Fachrichtungsangebot, Kapazität) eine enummerierbare, aber für das menschliche Gehirn nicht erfassbare Anzahl von möglichen Alternativen für die neue Struktur des Krankenhausangebotes in einem Bundesland.⁷¹

Die Auswirkungen, die neue gesetzliche Planungsvorgaben auf das Krankenhausnetzwerk haben, können daher mit den kognitiven menschlichen Fähigkeiten nicht in vertretbarer Zeit antizipiert werden.⁷² So wurde beispielsweise die durch den Landeskrankenhausplan 2015 angestoßene Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes von einem starken Medienecho begleitet, in dem die Gefahr einer Unterversorgung des ländlichen Raumes insbesondere durch die Schließung kleiner, ländlicher Krankenhäuser skizziert wurde.⁷³ Ob diese befürchtete Unterversorgung bei konsequenter Beachtung des § 1 Abs. 1 KHG sowie den weiteren gesetzlichen Planungsvorgaben eintreten würde, konnte weder belegt noch widerlegt werden.

Es stellt sich folglich die Frage, wie die Wirkung bzw. die Folgen einer legislativen Vorgabe vorab ermittelt werden können, um vor der Realisierung der Planung zu analysieren, ob durch die beabsichtigte Regulierung die intendierte Wirkung erzielt wird.

1.5 Operations Research als Methode zur Entscheidungsunterstützung

Eine Analyse und Abschätzung der Folgen einer Planungsentscheidung können durch den Einsatz von Methoden des Operations Research erfolgen. Operations Research ist eine interdisziplinäre Methode, in der quantitative Methoden aus Mathematik, Statistik

⁶⁹ Vgl. Statistische Ämter 2016

⁷⁰ Das größte Krankenhaus in Deutschland mit einem einzigen Standort, die Universitätsklinik Göttingen, hat 1.459 Betten. Das größte Krankenhaus mit mehreren Krankenhausstandorten, das Vivantes Netzwerk für Gesundheit Berlin, hat 4.685 Betten. Im Mittel haben die deutschen Krankenhäuser 269 Betten (Median 181) (vgl. Statistische Ämter 2016, eigene Auswertung).

⁷¹ Vgl. Branas et al. 2000, S. 501

⁷² Vgl. Branas et al. 2000, S. 501

⁷³ Vgl. Grunsky 2013; Goebels 2013; Marburger Bund 2013; Schneider 2013

und Ökonometrie mit Methoden der Entscheidungsfindung aus Psychologie und Verhaltenstheorie kombiniert werden.⁷⁴

Dazu wird die reale Entscheidungssituation in ein mathematisches Modell überführt, das als Optimierungsmodell bezeichnet wird.⁷⁵ Ein Optimierungsmodell besteht aus zwei Bestandteilen: (1) Gleichungen und Ungleichungen (Nebenbedingungen), die die entscheidungsrelevanten Rahmenbedingungen abbilden, und (2) einer oder mehreren Zielfunktion(en), die die Zielsetzung der entscheidungsbefugten Personen reflektieren.⁷⁶ Die Nebenbedingungen begrenzen den Lösungsraum und damit die Menge zulässiger Lösungen.⁷⁷ Die Zielfunktion wählt mittels numerischer Verfahren diejenige Lösung aus der Menge der zulässigen Lösungen aus, die das verfolgte Ziel bzw. die verfolgten Ziele am besten erfüllt und damit optimal ist.⁷⁸ Optimal im Sinne des Operations Research bedeutet, dass unter den berücksichtigten Rahmenbedingungen keine bessere Lösung für das betrachtete Planungsproblem existiert.⁷⁹

Zur Lösung von Optimierungsmodellen können exakte und heuristische Verfahren eingesetzt werden.⁸⁰ Exakte Verfahren und heuristische Verfahren stellen algorithmische Vorgehensweisen dar.⁸¹ Sie unterscheiden sich dadurch, dass exakte Verfahren nachweisbar die optimale Lösung identifizieren, während dieser Nachweis für heuristische Verfahren nicht erbracht werden kann.⁸² Heuristische Verfahren identifizieren somit eine zulässige Lösung, d. h. eine Lösung, die alle Nebenbedingungen erfüllt, die aber nicht zwingend optimal ist.⁸³

⁷⁴ Vgl. Mortenson et al. 2015, S. 586

⁷⁵ Vgl. Klein und Scholl 2011, S. 37

⁷⁶ Vgl. Klein und Scholl 2011, S. 37 und S. 46f.

⁷⁷ Vgl. Klein und Scholl 2011, S. 37 und S. 46f.

⁷⁸ Vgl. Klein und Scholl 2011, S. 37 und S. 46f.

⁷⁹ Vgl. Domschke und Scholl 2005, S. 34; Klein und Scholl 2011, S. 47

⁸⁰ Vgl. Domschke und Scholl 2005, S. 72

⁸¹ Vgl. Domschke und Scholl 2005, S. 72

⁸² Vgl. z. B. Domschke und Scholl 2005, S. 72; Grundmann 2013, S. 65

⁸³ Vgl. z. B. Domschke und Scholl 2005, S. 72; Grundmann 2013, S. 65

Es ist nicht ausgeschlossen, dass heuristische Verfahren die optimale Lösung finden. Weil jedoch kein Nachweis erbracht werden kann, dass es sich um die optimale Lösung handelt, kann eine gefundene optimale Lösung nicht als optimal identifiziert werden (vgl. Domschke und Scholl 2005, S. 72).

Je nach gewählter Zielsetzung, formulierten Planungsbedingungen und vorgegebenen Inputparametern können mehrere Lösungen vorhanden sein, die das verfolgte Ziel bzw. die verfolgten Ziele gleich gut erfüllen.⁸⁴ Diese Lösungen weisen alle den gleichen Zielfunktionswert (bzw. im Falle mehrerer Ziele die gleichen Zielfunktionswerte) auf, unterscheiden sich jedoch in der Ausprägung der identifizierten Variablenwerte. Diese Lösungen mit identischen Zielfunktionswerten werden als gleich gute bzw. multiple Lösungen bezeichnet. Für die finale Auswahl der zu realisierenden Alternative aus mehreren gleich guten Lösungen müssen daher weitere Methoden angewendet werden.

Aus der identifizierten optimalen Lösung bzw. den optimalen Lösungen kann eine Handlungsempfehlung für die reale Entscheidungssituation abgeleitet werden.

Abbildung 1-7 fasst die Vorgehensweise zur Identifikation einer optimalen Lösung für ein reales Entscheidungsproblem durch ein Optimierungsmodell abschließend grafisch zusammen.

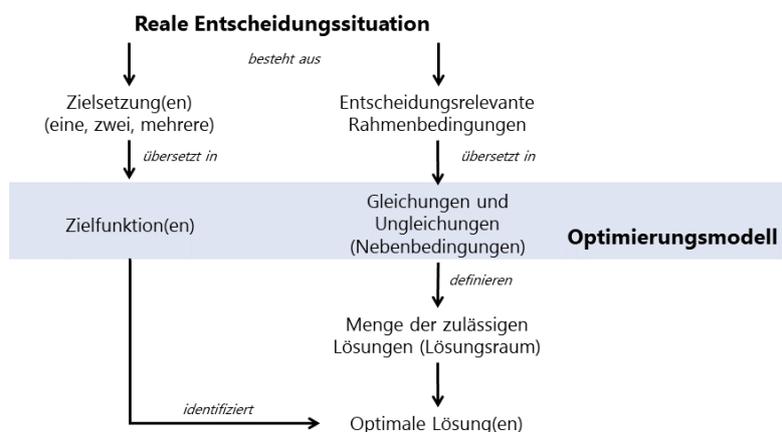


Abbildung 1-7: Abbildung einer realen Entscheidungssituation durch ein Optimierungsmodell⁸⁵

1.6 Ableitung der Forschungsfragen und Anwendungsmöglichkeiten

In der vorliegenden Arbeit wird die Methodik des Operations Research angewendet, um die folgenden Forschungsfragen zu beantworten:

⁸⁴ Vgl. Hillier und Liebermann 2015, S. 3

⁸⁵ Eigene Darstellung basierend auf der Definition von Parametern und Variablen in Klein und Scholl 2011, S. 46

- (1) Wie wirken die geltenden gesetzlichen Vorgaben zur Krankenhausplanung somatischer Fachgebiete in unterschiedlichen Siedlungsräumen?
- (2) Wie viele somatische Krankenhausbetten können in einer Region in einer Fachrichtung abgebaut bzw. müssen in einer Region in einer Fachrichtung aufgebaut werden, damit die Krankenhausstruktur den 6R der Krankenhausplanung gerecht wird?

Die Erkenntnisse über die Wirkung der Regulierung können in der Praxis auf vier verschiedene Arten verwendet werden:

- (1) **Gesetzesfolgenabschätzung:** Die an der legislativen Entscheidungsfindung beteiligten Personen können mit Hilfe der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Optimierungsmodelle vor der Verabschiedung bzw. Implementierung einer neuen Regulierungsmaßnahme überprüfen, ob die Maßnahme die intendierte Wirkung zeigt. Fällt die Wirkung anders aus als erwartet, besteht die Möglichkeit, korrigierend einzugreifen. Ebenso können die Ergebnisse der durchgeführten Gesetzesfolgenabschätzung gezielt für die Öffentlichkeitsarbeit genutzt werden, um Sorgen und Ängsten der Bevölkerung transparent und objektiv begegnen zu können.
- (2) **Differenzierte Zielvorgaben:** Die Gesundheitsbehörden können aus der Anwendung der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Optimierungsmodelle differenzierte Planungsvorgaben auf Fachgebietsebene ableiten, die sich an der lokalen Ausgangssituation des Planungsgebietes orientieren (Anzahl vorhandener Krankenhäuser, Fachabteilungen und Kapazitäten sowie Bevölkerungsstruktur). Dadurch können die Gesundheitsbehörden örtliche Gegebenheiten, die ggf. in Kontrast zu den landes- oder bundesweiten Entwicklungen stehen, differenziert berücksichtigen.
- (3) **Controlling/Evaluation:** In Bundesländern mit delegativem Planungsansatz können die Gesundheitsbehörden die Erkenntnisse aus der Anwendung der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Optimierungsmodelle nutzen, um zu überprüfen, ob und in welchem Umfang die von den regionalen Gebiets-/Gesundheitskonferenzen erarbeiteten Vorschläge für die zukünftige Krankenhausstruktur den Planungsvorgaben des Bundes und des Landes entsprechen. Dadurch können die Gesundheitsbehörden die Planungsgüte eines Vorschlages beurteilen.

- (4) **Alternativengenerierung/Auswahl:** Zur Vereinfachung des Auswahlprozesses können die entscheidungsbefugten Personen (Gesundheitsbehörden oder regionale Planungsgremien) die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Optimierungsmodelle nutzen, um alle optimalen Alternativen zu generieren. Auf dieser Grundlage können die Entscheidenden anschließend, ggf. unter Berücksichtigung weiterer qualitativer Kriterien, die zu realisierende Krankenhausstruktur aus den optimalen Alternativen auswählen.

Mit der in dieser Arbeit entwickelten Vorgehensweise basierend auf der Methodik des Operations Research ist erstmalig eine strategische Krankenhausplanung möglich, die alle geltenden gesetzlichen Vorgaben berücksichtigt und die Entscheidung einzig auf Grundlage mathematischer Zusammenhänge und Berechnungen trifft.

Diese Vorgehensweise wird für die Planung der Krankenhausstruktur unter Normalbedingungen entwickelt und im Rahmen der Fallstudien auf die unter Normalbedingungen erwarteten Krankenhausbedarfe angewendet. Ausnahmesituationen wie Großschadenslagen (z. B. Unfälle in Atomkraftwerken), Naturkatastrophen (z. B. starke Erdbeben), Krieg oder Pandemien verändern unmittelbar die Nachfrage nach und ggf. auch die Zugänglichkeit und Verfügbarkeit der stationären medizinischen Leistungen. Die veränderten Bedarfs- und Angebotsstrukturen sind in hohem Maße von der jeweils eingetretenen Ausnahmesituation abhängig. Die schnelle und adäquate Anpassung der regulären Krankenhausstruktur an die sich aus der Ausnahmesituation ergebenden veränderten Anforderungen werden daher im Rahmen dieser Arbeit als Bestandteil der Planungen von Katastrophen- und Zivilschutz, nicht jedoch der regulären Krankenhausplanung betrachtet. Inwiefern bestimmte Aspekte der Krankenhausplanung gleichzeitig die Versorgungsstrukturen unter dem Aspekt des Katastrophen- und Zivilschutzes unterstützen, wird an entsprechender Stelle diskutiert (vgl. Kapitel 2.2.2.2).

1.7 Auswahl der Fallstudie

Während die erste, zweite und vierte praktische Anwendungsmöglichkeit in Bundesländern mit konsultativen und Bundesländern mit delegativen Planungsansatz gegeben ist, benötigen nur Bundesländer mit delegativen Planungsansatz ein Instrument, um die Güte des Planungsvorschlages der regionalen Gebiets-/Gesundheitskonferenzen zu

bewerten. Somit sollte eines der drei Bundesländer mit delegativen Planungsansatz (Brandenburg, Hamburg, Nordrhein-Westfalen) als Anwendungsfall ausgewählt werden, um alle Einsatzmöglichkeiten des Optimierungsmodells zu untersuchen.

Die Fallstudie sollte zudem möglichst generalistisch gewählt werden. Während der Stadtstaat Hamburg in allen Stadteilen eine hohe Besiedlungsdichte aufweist, ist Brandenburg ländlich geprägt (83 % der Gemeinden und kreisfreien Städte gelten als gering besiedelt).⁸⁶ Die hamburgische Krankenhausstruktur besitzt darüber hinaus eine überregionale Bedeutung für die angrenzenden Flächenländer⁸⁷, während Brandenburg eng mit der Krankenhausstruktur des in seinem Zentrum liegenden Landes Berlin verbunden ist⁸⁸. Nordrhein-Westfalen (NRW) hingegen weist eine heterogene Bevölkerungsverteilung auf (vgl. Abbildung 1-8), mit dem Ballungsraum Rhein-Ruhr im Zentrum und ländlich geprägten Gebieten in der Peripherie. Bundeslandübergreifende Behandlungsbedarfe sind in NRW zwar vorhanden, aber nicht dominant, da nur 2,6 % der im Jahr 2014 in den somatischen Fachrichtungen in NRW behandelten Personen in einem benachbarten Bundesland wohnten.⁸⁹

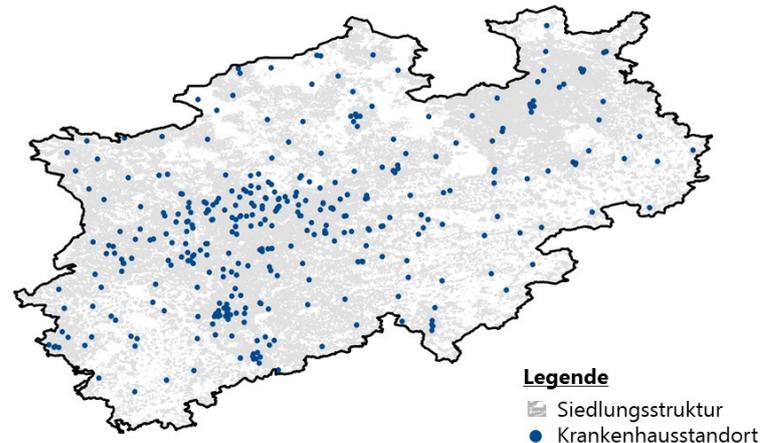


Abbildung 1-8: Siedlungs- und Krankenhausstruktur in Nordrhein-Westfalen⁹⁰

⁸⁶ Vgl. Destatis 2017b, eigene Auswertung

⁸⁷ Vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2016, S. 2

⁸⁸ Vgl. Land Berlin 2015, S. 24

⁸⁹ Vgl. Destatis 2015, eigene Auswertung

⁹⁰ Eigene Darstellung unter Verwendung der Daten von Geofabrik 2016c - Geofabrik 2016g; MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

NRW ist zudem mit allen bundesweit beobachtbaren Trends der Krankenhausplanung konfrontiert. Darüber hinaus entfielen 23,2 % (21,2 Mrd. €)⁹¹ und damit der größte Anteil der Kosten der stationären Versorgung in Deutschland im Jahr 2017 auf das bevölkerungsreichste⁹² Bundesland NRW. Steigerungen der Effizienz und Produktivität der Krankenhausversorgung in NRW haben somit einen großen Einfluss auf die Gesamtausgaben der stationären Versorgung in Deutschland.

Daher wird das Bundesland NRW für die vorliegende Arbeit als Anwendungsfall ausgewählt. Die in dieser Arbeit entwickelten Optimierungsmodelle reflektieren somit die bundesrechtlichen Vorschriften und exemplarisch die landesrechtlichen Regelungen des Landes NRW. Durch eine Modifikation der gesetzlichen Regelungen ist das Optimierungsmodell jederzeit auf andere Bundesländer oder Länder mit vergleichbaren Gesundheitssystemen übertragbar.

1.8 Gang der Untersuchung

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung mathematischer Modelle, die dazu eingesetzt werden können, die Krankenhausstruktur im Rahmen der strategischen Krankenhausplanung unter Berücksichtigung aller geltenden gesetzlichen Vorgaben an die veränderten gesellschaftlichen, ökonomischen und medizinischen Rahmenbedingungen anzupassen und diese Modelle am Beispiel von NRW exemplarisch anzuwenden.

Dazu werden in Kapitel 2 zunächst die gesetzlichen Anforderungen an die Krankenhausplanung nach Bundesrecht und Landesrecht erläutert. Für jede der neun bundes- und vier landesrechtlichen Regelungen wird diskutiert, ob die jeweilige Vorgabe in den zu entwickelnden Optimierungsmodellen abgebildet werden muss. Für die in den Optimierungsmodellen abzubildenden legislativen Vorgaben wird erörtert, wie die Implementierung erfolgen sollte.

Anschließend wird in Kapitel 3 die bestehende Operations-Research-Literatur zur strategischen Krankenhausplanung analysiert und klassifiziert. Basierend auf den in der Lite-

⁹¹ Vgl. Destatis 2020b Tabelle 1.1

⁹² Im Jahr 2017 lebten in NRW 21,6 % der Gesamtbevölkerung der Bundesrepublik Deutschland (vgl. Destatis 2020a).

ratur identifizierten Modellierungsansätzen wird für jede zu modellierende Planungsvorgabe hergeleitet, ob diese als Nebenbedingung oder als Zielfunktion bzw. Zielfunktionsbestandteil modelliert werden sollte.

Auf Grundlage der Erkenntnisse aus den Kapiteln 2 und 3 werden in Kapitel 4 zwei mathematische Optimierungsmodelle als Set Covering Probleme formuliert. Das Grundmodell, im Folgenden Krankenhausplanungsproblem genannt, ermöglicht, dass die anzuwendenden Personen und Institutionen eine Krankenhausstruktur identifizieren, die den rechtlichen Vorgaben zur Krankenhausplanung entspricht und deren Zentralisierungsgrad die individuelle Präferenz der entscheidungsbefugten Personen reflektiert. Dieses Grundmodell wird anschließend zum qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem erweitert, dessen Zielsetzung die Auswahl desjenigen Krankenhausnetzwerkes mit der höchsten Gesamtqualität ist.

In Kapitel 5 wird die Fallstudie erläutert, auf die das Krankenhausplanungsproblem für das Bundesland NRW angewendet wird. Dazu werden drei Versorgungsgebiete mit unterschiedlicher Besiedlungsdichte beispielhaft ausgewählt und die Inputdaten aus frei verfügbaren Quellen ermittelt bzw. hergeleitet. Darüber hinaus werden geeignete Kennzahlen definiert, anhand derer die Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems analysiert werden können.

Anschließend wird das Krankenhausplanungsproblem in Kapitel 6 auf die Fallstudie angewendet (Basisszenario) und die Ergebnisse diskutiert. Mit dem Ziel einer Ursache-Wirkungsanalyse werden im nächsten Schritt vier Szenarioanalysen durchgeführt, in denen die Rahmenbedingungen der Krankenhausplanung variiert und ihr jeweiliger Einfluss auf das Planungsergebnis ermittelt werden.

Basierend auf diesen Ergebnissen wird der gewählte Optimierungsansatz in Kapitel 7 in zwei Stufen aufgespalten, wobei in der ersten Stufe eine landesweite Lokalisierung von Fachrichtungen mit geringen Bedarfen und in der zweiten Stufe eine versorgungsgebietsbezogene Planung der verbleibenden Fachrichtungen stattfindet. Darüber hinaus werden einige der in Kapitel 5 definierten Inputdaten angepasst (Finalszenario).

Die vorliegende Arbeit schließt in Kapitel 8 mit einer Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse, Handlungsempfehlungen für die Beteiligten der Krankenhausplanung und

einem Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf. Darüber hinaus wird diskutiert, welchen Einfluss der Vorschlag einer auf Leistungsgruppen basierenden Krankenhausplanung auf die Anwendung des entwickelten Planungsansatzes hat.

2 RAHMENBEDINGUNGEN DER KRANKENHAUSPLANUNG IN DEUTSCHLAND

Die Rahmenbedingungen der Krankenhausplanung ergeben sich aus den bundes- und landesrechtlichen Vorschriften (vgl. Kapitel 1.1). Im Rahmen dieser konkurrierenden Gesetzgebung fällt dem Bund die Gesetzgebungskompetenz für diejenigen Elemente der Krankenhausplanung zu, die die wirtschaftliche Sicherung der Krankenhäuser und die Regelung der Krankenhauspflegesätze betrifft.⁹³ Dadurch soll sichergestellt werden, dass im Bereich der Krankenhausversorgung überall in Deutschland gleichwertige Lebensverhältnisse herrschen (Art. 72 Abs. 2 GG).⁹⁴ Während der Bund demzufolge die Rahmenbedingungen festlegt, die überall in Deutschland einen wirtschaftlichen Krankenhausbetrieb ermöglichen, erfolgt die konkrete Ausgestaltung der Krankenhausplanung durch die Länder nach landesrechtlichen Vorgaben.

Ein Optimierungsmodell bildet ein reales Planungsproblem durch eine oder mehrere Nebenbedingungen (Gleichungen und Ungleichungen) und eine oder mehrere Zielfunktionen ab (vgl. Kapitel 1.5). Einige bundes- und landesrechtliche Vorgaben zur Krankenhausplanung können unmittelbar mathematisch formuliert und in einem Optimierungsmodell abgebildet werden (im Folgenden als direkt abbildbare Bedingungen bezeichnet). Andere Planungsvorgaben können nur indirekt durch sog. Surrogatbedingungen in einem mathematischen Modell abgebildet werden (im Folgenden als indirekt abbildbare Bedingungen bezeichnet). Darüber hinaus existieren rechtliche Vorgaben, die für das Verwaltungsverfahren von Bedeutung sind, aber in einem mathematischen Modell nicht abgebildet werden können bzw. müssen (im Folgenden als nicht abzubildende Bedingungen bezeichnet). Tabelle 2-1 (S. 27) fasst diese Kategorisierung von rechtlichen Rahmenbedingungen nach ihrer Modellierbarkeit zusammen.

⁹³ Vgl. Kaltenborn 2010, S. 19, Rn. 2

⁹⁴ Vgl. Kaltenborn 2010, S. 20f., Rn. 4

Kategorie	Beschreibung
Direkt abbildbare Bedingung	Rechtliche Vorgabe zur Krankenhausplanung, die unmittelbar mathematisch formuliert und in einem Optimierungsmodell abgebildet werden kann.
Indirekt abbildbare Bedingung	Rechtliche Vorgabe zur Krankenhausplanung, die nur indirekt durch eine oder mehrere Surrogatbedingungen in einem mathematischen Modell abgebildet werden kann.
Nicht abzubildende Bedingung	Rechtliche Vorgabe zur Krankenhausplanung, die für das Gesetzgebungsverfahren von Bedeutung ist, aber in einem mathematischen Modell nicht abgebildet werden kann bzw. muss.

Tabelle 2-1: Kategorisierung von rechtlichen Rahmenbedingungen nach ihrer mathematischen Modellierbarkeit

Im Folgenden werden die Vorgaben des Bundes (Kapitel 2.1) und des Landes NRW (Kapitel 2.2) zur Krankenhausplanung erläutert. Jede legislative Vorgabe wird nach ihrer Abbildbarkeit im Optimierungsmodell als direkt bzw. indirekt abbildbare oder nicht abzubildende Bedingung klassifiziert. Kapitel 2.3 fasst abschließend die bundes- und landesrechtlichen Anforderungen zusammen.

2.1 Krankenhausplanung nach Bundesrecht

Mit der Einführung des KHG zum 1. Juli 1972 verfolgte der Bundestag als gesetzgebende Institution das Ziel,

„ein modernes und leistungsfähiges Krankenhaussystem zu sozial verantwortbaren Pflegesätzen [...] zu schaffen.“⁹⁵

Dazu werden im KHG neun Vorgaben für die Planung der Krankenhausversorgung formuliert, die für alle Bundesländer gleichermaßen gelten.⁹⁶ Diese neun Vorgaben sind (1) eine patienten- und bedarfsgerechte (§ 1 Abs. 1 KHG) sowie (2) regionenübergreifende Versorgung (§ 6 Abs. 2 KHG), (3) Trägervielfalt (§ 1 Abs. 2 KHG), (4) wirtschaftliche Sicherung (§ 1 Abs. 1 KHG), (5) Leistungsfähigkeit (§ 1 Abs. 1 KHG), (6) Qualität (§ 1 Abs. 1 KHG), (7) sozial tragbare Pflegesätze (§ 1 Abs. 1 KHG), (8) Eigenverantwortlichkeit (§ 1 Abs. 1 KHG) und (9) der ideale Zentralisierungsgrad (§§ 8, 9 KHG).

⁹⁵ BT-Drs. VI/1874, S. 11

⁹⁶ Vgl. z. B. Rehborn und Thomae 2011, S. 1345ff., Rn. 64ff.; Dietz und Bofinger 2015, S. 10ff.; Stollmann 2014, S. 1469ff., Rn. 1ff.; Dettling und Würtemberger 2014, S. 25ff., Rn. 21ff.

Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3 (S. 28-S. 29) geben einen Überblick über die neun bundesrechtlichen Vorgaben, ihre Bedeutung und die zugehörige Fundstelle im KHG. Den Tabellen kann zudem entnommen werden, ob sich die Vorgabe auf das Krankenhausnetzwerk als Ganzes oder auf jedes einzelne Plankrankenhaus bezieht und in welchem der folgenden Kapitel die jeweilige Vorgabe erörtert wird.

Vorgabe	Erläuterung	Fundstelle	Bezugspunkt	Unterkapitel
Patienten- und bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung mit Krankenhausleistungen	Krankenhäuser müssen geografisch so lokalisiert werden, dass eine ausgeglichene Versorgung der Bevölkerung ermöglicht wird. ⁹⁷	§ 1 Abs. 1 KHG	Krankenhausnetzwerk	Kapitel 2.1.1
Regionenübergreifende Versorgung der Bevölkerung mit Krankenhausleistungen	Aneinander angrenzende Regionen sollen Standorte und Angebote der Krankenhäuser abstimmen, um eine Unter- bzw. Überversorgung der Bevölkerung zu vermeiden. ⁹⁸	§ 6 Abs. 2 KHG	Krankenhausnetzwerk	Kapitel 2.1.2
Trägervielfalt	Die Entscheidung für oder gegen einen Krankenhausstandort darf nicht vom Krankenhausträger abhängen. ⁹⁹	§ 1 Abs. 2 KHG	Krankenhausnetzwerk	Kapitel 2.1.3
Wirtschaftliche Sicherung	Krankenhäuser benötigen ausreichend finanzielle Mittel ¹⁰⁰ , um allen anderen Grundsätzen gerecht zu werden.	§ 1 Abs. 1 KHG	Krankenhaus	Kapitel 2.1.4

Tabelle 2-2: Vorgaben zur Krankenhausplanung nach Bundesrecht (Teil 1)

⁹⁷ Vgl. Dettling und Würtenberger 2014, S. 41, Rn. 76

⁹⁸ Vgl. Rehborn und Thomae 2011, S. 1347f., Rn. 75; Stollmann und Hermanns 2006, S. 2

⁹⁹ Vgl. Dettling und Würtenberger 2014, S. 47, Rn. 106; Rehborn 2011, S. 28, Rn. 50

¹⁰⁰ Vgl. Dettling und Würtenberger 2014, S. 31, Rn. 41

Vorgabe	Erläuterung	Fundstelle	Bezugspunkt	Unterkapitel
Sozial tragbare Pflegesätze	Gegenpol zu den Grundsätzen der Leistungsfähigkeit und Qualität, um die Kosten des Gesundheitswesens auf das notwendige Maß zu begrenzen. ¹⁰¹	§ 1 Abs. 1 KHG	Krankenhaus	Kapitel 2.1.5
Qualität	Krankenhäuser mit besserer/schlechterer Behandlungsqualität sollen differenziert in der Krankenhausplanung betrachtet werden. ¹⁰²	§ 1 Abs. 1 KHG	Krankenhaus	Kapitel 2.1.6
Leistungsfähigkeit	Ein Krankenhaus ist leistungsfähig, wenn es über die personelle, räumliche und medizinische Ausstattung verfügt, um die Behandlungsleistung in der jeweiligen Fachrichtung nach dem aktuellen Kenntnisstand der Medizin zu erbringen. ¹⁰³	§ 1 Abs. 1 KHG	Krankenhaus	Kapitel 2.1.7
Eigenverantwortlichkeit	Der Handlungsspielraum der Krankenhäuser soll möglichst wenig durch legislative Regelungen eingeschränkt werden. ¹⁰⁴	§ 1 Abs. 1 KHG	Krankenhaus	Kapitel 2.1.8
Zentralisierungsgrad	Es ist zwischen einer Bündelung der Angebote zur Minimierung der Investitionskosten und einer wohnortnahen dezentralen Versorgung abzuwägen.	§§ 8, 9 KHG	Krankenhausnetzwerk	Kapitel 2.1.9

Tabelle 2-3: Vorgaben zur Krankenhausplanung nach Bundesrecht (Teil 2)

¹⁰¹ Vgl. Dettling und Würtemberger 2014, S. 44f., Rn. 95ff.; Rehborn und Thomae 2011, S. 1349f., Rn. 83f.

¹⁰² Vgl. BT Drs. 18/5372, S. 2

¹⁰³ Vgl. Stollmann 2014, S. 1473, Rn. 17

¹⁰⁴ Vgl. Dietz und Bofinger 2015, S. 12

2.1.1 Patienten- und bedarfsgerechte Versorgung nach Bundesrecht

Eine patienten- und bedarfsgerechte Versorgung liegt vor, wenn die Krankenhausstandorte (**Ort der Versorgung**), die je Standort angebotenen medizinischen Fachrichtungen (**Art der Versorgung**) und die Bettenanzahl je Fachrichtung und Standort (**Umfang der Versorgung**) so gewählt werden, dass jeder Mensch die individuell benötigte Behandlung wohnortnah erreichen kann.¹⁰⁵ Ob ein Bedarf gedeckt ist, ergibt sich daher aus der Gesamtanzahl der erreichbaren (Ort) und geeigneten Behandlungsplätze (Art und Umfang), unabhängig davon, in welchem Krankenhaus diese Behandlungsplätze bereitstehen.

Der Begriff der Wohnortnähe hat neben einer objektiven Komponente im Sinne konkreter Distanzvorgaben, z. B. in Form von Entfernungskilometern oder Reiseminuten, auch eine subjektive Komponente, die von den individuellen Merkmalen der zu behandelnden Personen und den infrastrukturellen Gegebenheiten abhängt. Studien zur Mobilität von Personen, die medizinische Hilfe benötigen, haben gezeigt, dass die Bereitschaft, stationäre Leistungen in Anspruch zu nehmen, mit zunehmender Entfernung zwischen Wohnort und Krankenhaus sinkt¹⁰⁶ und darüber hinaus von sozio-demografischen und sozio-ökonomischen Faktoren (Alter, Familienstruktur, Einkommen, Zugang zu Mobilität) abhängig ist.¹⁰⁷ Eine konkrete Vorgabe, welche Entfernung als wohnortnah gilt und wie diese Entfernung zu messen ist (Entfernungskilometer oder Reiseminuten), wurde nicht in das KHG aufgenommen. Demzufolge liegt die Entscheidung, ob und in welcher Form Erreichbarkeitsanforderungen für alle oder für ausgewählte Krankenhausleistungen definiert werden, bei den Ländern (zu den Anforderungen an die Erreichbarkeit in NRW vgl. Kapitel 2.2.1).

Ein Behandlungsplatz kann gemäß den 6R der Krankenhausplanung als bedarfsgerecht gelten, wenn die richtige Behandlungsmethode zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort in der richtigen Qualität¹⁰⁸ und der richtigen Anzahl zur Verfügung gestellt wird.

¹⁰⁵ Vgl. Dettling und Würtenberger 2014, S. 41, Rn. 76f.; Rehborn und Thomae 2011, S. 1347, Rn. 75 zu Ort, Art und Umfang der Versorgung vgl. Ausführungen in Kapitel 1.3

¹⁰⁶ Vgl. Starmans et al. 1997, S. 347

¹⁰⁷ Vgl. Exworthy and Peckham 2006, S. 277f.

¹⁰⁸ Der Aspekt der „richtigen Kosten“ ist zwar Bestandteil der 6R der Krankenhausplanung, er ist jedoch für die bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung unerheblich. Deshalb wird dieser Aspekt im Kontext der Bedarfsgerechtigkeit nicht aufgelistet. Er wird in Kapitel 2.1.5 unter dem Grundsatz der Kostengünstigkeit diskutiert.

Die Siedlungsstruktur eines Bundeslandes unterscheidet sich in den verschiedenen Regionen im Hinblick auf Altersstruktur und Bevölkerungsdichte. Die Nachfrage nach den medizinischen Angeboten einer Fachrichtung hängt einerseits von der Anzahl der Personen ab, die in einem bestimmten Gebiet leben, und andererseits vom Alter und Geschlecht dieser Menschen. Die Analyse der Altersstruktur der behandelten Personen zeigt, dass Menschen unterschiedlichen Alters und Geschlechts Krankenhausleistungen unterschiedlich häufig nachfragen (vgl. Abbildung 2-1 bis Abbildung 2-4, S. 31 - S.33 für vier ausgewählte Fachrichtungen). Folglich tritt für jede Behandlungsleistung örtlich eine unterschiedlich hohe Nachfrage auf, so dass Informationen über lokal auftretende Bedarfe notwendig sind, um die Anforderung der Bedarfsgerechtigkeit zu erfüllen.

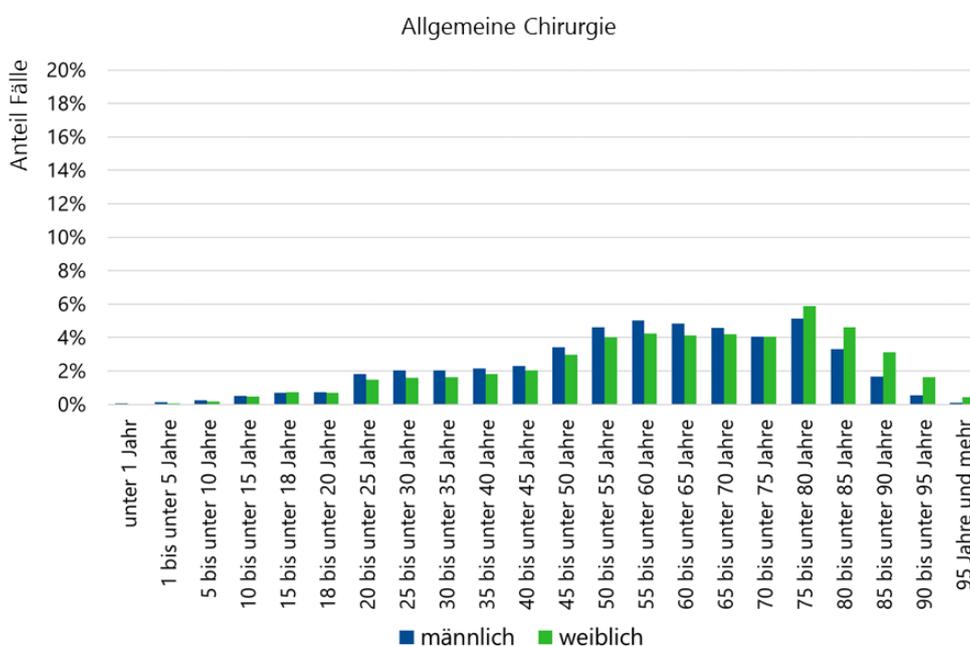


Abbildung 2-1: Verteilung der Krankenhausfälle in der Allgemeinen Chirurgie nach Altersgruppen und Geschlecht im Jahr 2017¹⁰⁹

¹⁰⁹ Eigene Darstellung basierend auf den Daten in Destatis 2020c

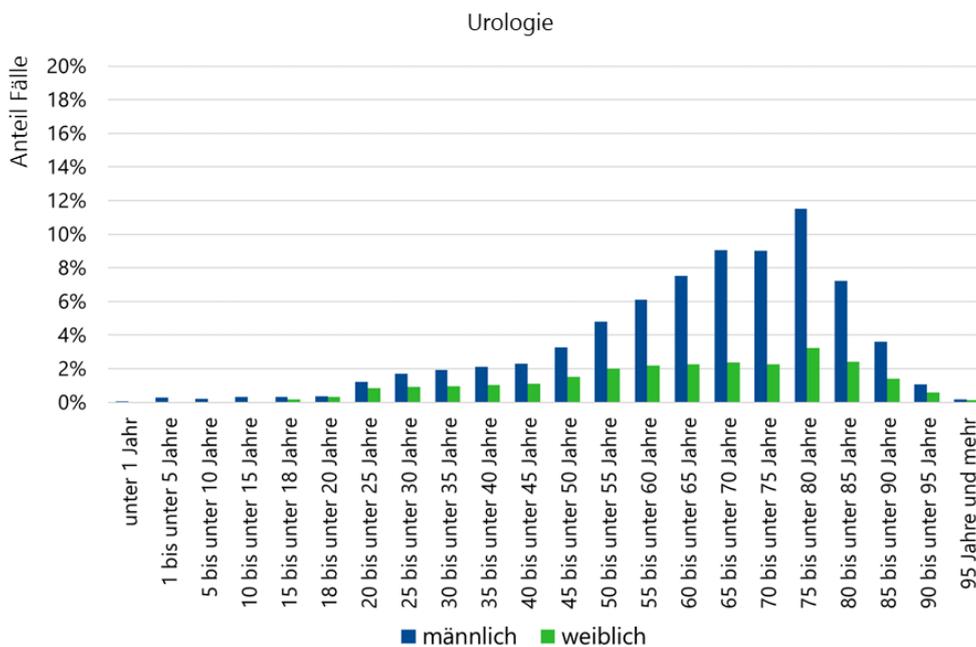


Abbildung 2-2: Verteilung der Krankheitsfälle in der Urologie nach Altersgruppen und Geschlecht im Jahr 2017¹¹⁰

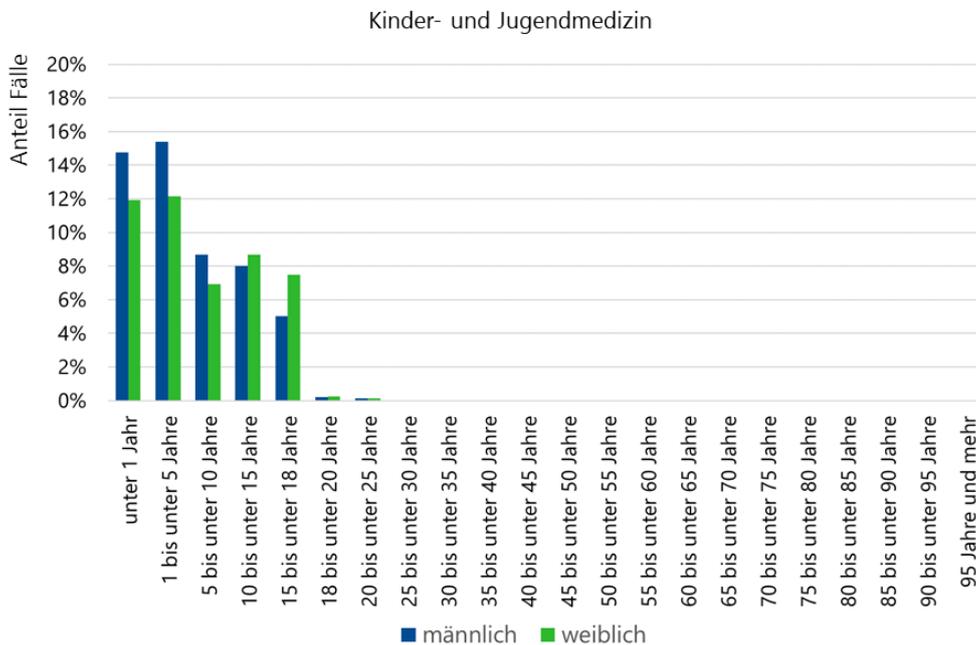


Abbildung 2-3: Verteilung der Krankheitsfälle in der Kinder- und Jugendmedizin nach Altersgruppen und Geschlecht im Jahr 2017¹¹¹

¹¹⁰ Eigene Darstellung basierend auf den Daten in Destatis 2020c

¹¹¹ Eigene Darstellung basierend auf den Daten in Destatis 2020c

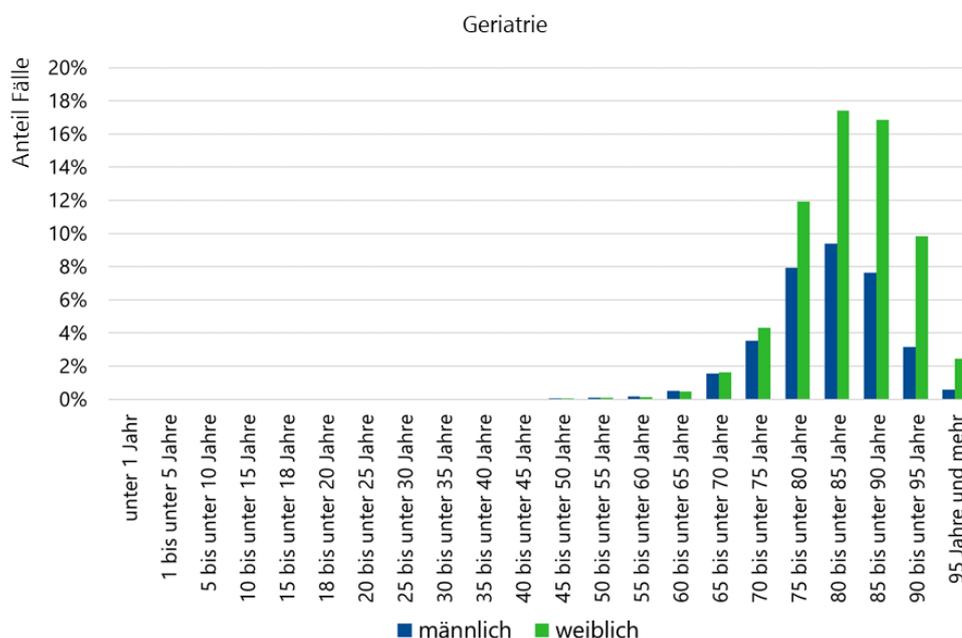


Abbildung 2-4: Verteilung der Krankenhausfälle in der Geriatrie nach Altersgruppen und Geschlecht im Jahr 2017¹¹²

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass eine patienten- und bedarfsgerechte Versorgung aus den Bestandteilen Wohnortnähe und Bedarfsgerechtigkeit besteht. Jeder Mensch muss das von ihm individuell benötigte Krankenhausangebot innerhalb einer bestimmten Entfernung erreichen können (**wohnortnahe Versorgung**). Zudem muss das Krankenhausangebot so dimensioniert sein, dass die personellen, räumlichen und technischen Ressourcen ausreichen, um die auftretende Nachfrage nach Krankenhausleistungen zu bedienen (**bedarfsgerechte Versorgung**).

Die lokal auftretenden Bedarfe und ihre Deckung können ebenso wie die zulässige Maximalentfernung direkt in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen abgebildet werden.

2.1.2 Regionenübergreifende Versorgung

Erhebungen des Statistischen Bundesamtes zeigen, dass durchschnittlich 6 % der behandelten Personen aus einem angrenzenden Bundesland stammen (vgl. Tabelle 2-4, S. 34). In den Stadtstaaten Hamburg, Bremen und Berlin ist der Anteil mit durchschnittlich 21 % mehr als viermal so hoch wie in den Flächenländern mit durchschnittlich 5 %.

¹¹² Eigene Darstellung basierend auf den Daten in Destatis 2020c

Sitz des Krankenhauses	Anzahl angrenzender Bundesländer	Anteil (in %) der behandelten Personen mit Wohnort		
		im gleichen Bundesland	in einem angrenzenden Bundesland	in einem nicht angrenzenden Bundesland, im Ausland oder unbekannt
Baden-Württemberg	3	93 %	6 %	2 %
Bayern	4	95 %	3 %	2 %
Berlin	1	84 %	12 %	4 %
Brandenburg	5	92 %	7 %	1 %
Bremen	1	61 %	37 %	1 %
Hamburg	2	68 %	29 %	4 %
Hessen	6	93 %	7 %	1 %
Mecklenburg-Vorpommern	3	94 %	4 %	3 %
Niedersachsen	9	93 %	6 %	1 %
Nordrhein-Westfalen	3	97 %	3 %	1 %
Rheinland-Pfalz	4	90 %	9 %	1 %
Saarland	1	88 %	9 %	3 %
Sachsen	4	94 %	5 %	1 %
Sachsen-Anhalt	4	95 %	4 %	1 %
Schleswig-Holstein	3	91 %	7 %	2 %
Thüringen	5	92 %	7 %	1 %
Durchschnitt Deutschland		92 %	6 %	1 %
Durchschnitt Flächenländer		94 %	5 %	1 %
Durchschnitt Stadtstaaten		75 %	21 %	4 %

Tabelle 2-4: Bundeslandübergreifend gedeckte Behandlungsbedarfe im Jahr 2014 (somatische Fachrichtungen)¹¹³

Das KHG verlangt, dass die Krankenhausplanung zwischen zwei Bundesländern abzustimmen ist, „wenn ein Krankenhaus auch für die Versorgung der Bevölkerung anderer Länder wesentliche Bedeutung hat“ (§ 6 Abs. 2 KHG). Die Rechtsprechung hat diesbezüglich festgestellt, dass eine kalkulierte Unterversorgung mit Krankenhausleistungen, die die Bevölkerung zur Abwanderung in andere Regionen zwingt, unvereinbar mit der bedarfsgerechten Versorgung der Bevölkerung nach § 1 Abs. 1 KHG ist.¹¹⁴ Aneinander angrenzende Planungsregionen tragen somit eine gemeinsame Verantwortung für die Deckung der Bedarfe in den jeweiligen Grenzregionen. Das Verwaltungsgericht Kassel hat darüber hinaus klargestellt, dass diese Abstimmung der Versorgungsstrukturen auch

¹¹³ Eigene Darstellung basierend auf Destatis 2015, Anteile gerundet auf ganze Prozentwerte

¹¹⁴ Vgl. Rehborn und Thomae 2011, S. 1347f., Rn. 75

landesintern erfolgen muss, wenn die Planung in mehreren eigenständigen Regionen erfolgt.¹¹⁵

Anders als das KHG, das benachbarte Bundesländer zur gemeinsamen Planung für die grenznahen Regionen verpflichtet, sind nach geltendem Recht der Europäischen Union (EU) „die Mitgliedsstaaten [...] für die Bereitstellung sicherer, hochwertiger und effizienter Gesundheitsleistungen in ausreichendem Umfang für die Bürger in Ihrem Hoheitsgebiet verantwortlich.“¹¹⁶ Eine Abstimmung der Krankenhausplanung zwischen europäischen Nachbarländern ist nach derzeitigem EU-Recht nicht vorgesehen.

Regionenübergreifende Bedarfe zwischen zwei Planungsregionen werden im Folgenden nach ihrer Richtung in zwei Ausprägungen unterschieden (vgl. Abbildung 2-5):

- (1) **Inbound-Bedarfe** (---▶) treten auf, wenn Menschen, die in benachbarten Planungsregionen leben, stationäre medizinische Leistungen in einem Krankenhaus der planenden Region in Anspruch nehmen.
- (2) **Outbound-Bedarfe** (—▶) treten auf, wenn Menschen, die in der planenden Region leben, stationäre medizinische Leistungen in einem Krankenhaus einer benachbarten Planungsregion in Anspruch nehmen.

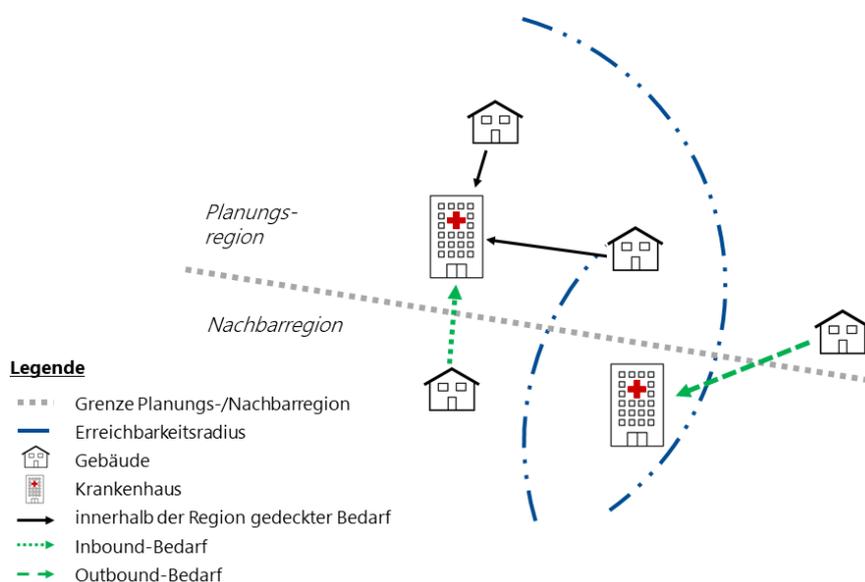


Abbildung 2-5: Illustration von Inbound- und Outbound-Bedarfen

¹¹⁵ Vgl. Stollmann und Hermanns 2006, S. 2

¹¹⁶ Richtlinie 2011/24/EU, S. 1

In der Praxis überarbeiten die Bundesländer ihre Krankenhauspläne nicht gleichzeitig, wodurch eine integrierte Planung der Versorgung in den Grenzregionen nicht möglich ist.¹¹⁷ Vielmehr reagiert das planende Bundesland auf die Voraussetzungen und bekannten Entwicklungen im Nachbarbundesland. Dementsprechend sind bei der Restrukturierung der Krankenhausstruktur eines Bundeslandes die Krankenhausstruktur der Nachbarbundesländer und damit auch die abzudeckenden Inbound-Bedarfe sowie die maximal durch das Nachbarland abdeckbaren Outbound-Bedarfe als gegeben zu betrachten, um sowohl eine Unterversorgung des Grenzgebietes (durch zu starken Abbau oder zu geringen Aufbau) als auch eine Überversorgung (durch zu geringen Abbau oder zu starken Aufbau) zu vermeiden.

Das Bundesrecht lässt offen, in welcher Form auftretende Inbound- und Outbound-Bedarfe zu ermitteln sind. Sofern die landesrechtlichen Regelungen keine Konkretisierung vorsehen, wie regionenübergreifende Bedarfe quantifiziert werden können, liegt eine indirekt abbildbare Bedingung vor, die in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen durch geeignete Surrogatbedingungen abgebildet werden muss. Daher muss im Folgenden ein Ansatz zur Berücksichtigung der regionenübergreifenden Bedarfe konzeptionell hergeleitet werden.

Zunächst können die bestehenden Behandlungsströme (als Wohnort-Behandlungsort-Relation) ermittelt und als für die zukünftige Krankenhausstruktur gegeben betrachtet werden. Dies wird im Folgenden als **Erfahrungsansatz** bezeichnet. Die Vorteile des Erfahrungsansatzes bestehen darin, dass die regionenübergreifenden Krankenhausbedarfe aus den historischen Behandlungsdaten ermittelt werden können.

Als nachteilig ist jedoch die daraus resultierende Ungleichbehandlung von Menschen in grenznahen und grenzfernen Regionen zu betrachten. Während in der Grenzregion durch die Fortschreibung der bestehenden Behandlungsströme ein Teil der Versorgungsstrukturen, unabhängig davon, ob diese Versorgungsstrukturen systemrelevant¹¹⁸ sind oder nicht, fixiert wird, werden die Versorgungsstrukturen in den Gebieten ohne

¹¹⁷ Eine Ausnahme stellen der Vierte Krankenhausplan des Landes Brandenburg und der Krankenhausplan Berlin 2020 dar, die in enger Abstimmung zwischen den Ländern Berlin und Brandenburg entstanden sind. (MSGIV BB 2021a, MSGIV BB 2021b, SGPG BE 2021)

¹¹⁸ Von einem systemrelevanten medizinischen Angebot wird in der vorliegenden Arbeit ausgegangen, wenn kein anderes Krankenhaus/keine andere Fachabteilung vorhanden ist oder eröffnet werden kann, um den Behandlungsbedarf einer oder mehrerer Personen in einer bestimmten medizinischen Fachrichtung innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung zu decken. Systemrelevante medizinische Angebote können sowohl in der Planungsregion als auch in den angrenzenden Regionen vorhanden sein.

Einfluss von regionenübergreifenden Behandlungsströmen als uneingeschränkt veränderbar betrachtet. Darüber hinaus bleibt bei Anwendung des Erfahrungsansatzes unberücksichtigt, dass Behandlungsströme veränderlich sind und eine Restrukturierung des Krankenhausnetzwerkes Auswirkungen auf das Wahlverhalten der Menschen und damit die Behandlungsströme haben kann. Es ist somit möglich, dass Menschen, die vormals eine Behandlung in der Nachbarregion gewählt haben, nach der Restrukturierung eine Behandlung in der eigenen Planungsregion wählen würden, ohne dass ihr Bedarf bei der Neudimensionierung des Behandlungsangebotes der Planungsregion berücksichtigt worden wäre. Infolgedessen entstünde in den Grenzregionen der Planungsregion eine Unterversorgung, die die zu behandelnden Personen dazu zwingen würde, weiterhin das Angebot der benachbarten Planungsregion wahrzunehmen.

Abbildung 2-6 illustriert dies an einem Beispiel für drei Krankenhäuser, vier Wohnorten und zwei Fachrichtungen (Allgemeine Chirurgie und Unfallchirurgie).

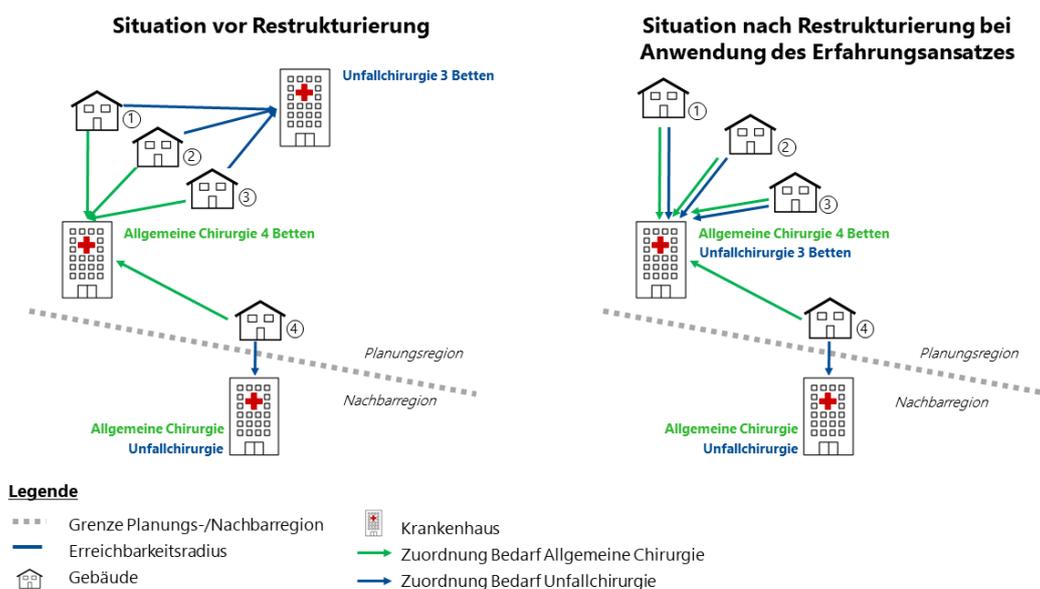


Abbildung 2-6: Mögliche Auswirkungen des Erfahrungsansatzes auf die Zuordnung von grenzüberschreitenden Bedarfen

In diesem exemplarischen Beispiel wird vereinfachend davon ausgegangen, dass jedes Gebäude eine Nachfrage von einem Bett, sowohl in der Allgemeinen Chirurgie als auch in der Unfallchirurgie aufweist. Würde die Unfallchirurgie in der Planungsregion in das Krankenhaus verlagert, das bereits in der Ausgangssituation eine Allgemeine Chirurgie anbietet, könnte der vormals außerhalb der Planungsregion gedeckte Bedarf des vierten Gebäudes in die Planungsregion zurückgeholt werden. Dazu müsste er jedoch bei der

Dimensionierung des Angebotes der neuen Unfallchirurgie berücksichtigt werden. Geht die Planung gemäß dem Erfahrungsansatz davon aus, dass die in Gebäude 4 lebenden Menschen weiterhin das gewohnte Angebot in der Nachbarregion wahrnehmen, fällt das Angebot der neuen Unfallchirurgie zu klein aus, um diese Personen bei einem sich ändernden Wahlverhalten mitzuversorgen.

Somit ist davon auszugehen, dass der Erfahrungsansatz nicht den Anforderungen der Rechtsprechung genügt.

Alternativ können die erwarteten regionenübergreifenden Behandlungsbedarfe anhand von Präferenzen prognostiziert werden. Dazu muss für jede Wohnort-Behandlungs-Relation die Wahrscheinlichkeit ermittelt werden, mit der der wohnortspezifische Bedarf durch einen bestimmten Krankenhausstandort zu decken ist. Dies wird im Folgenden als **Prognoseansatz** bezeichnet. Der Prognoseansatz ermöglicht – anders als der Erfahrungsansatz – sowohl eine Neuordnung von Bedarfen zu Krankenhäusern und Fachrichtungen, als auch die Anpassung des Behandlungsangebots der Krankenhäuser in der Grenzregion an die neue Netzwerkstruktur, so dass Menschen innerhalb und außerhalb der Grenzregionen gleichbehandelt werden. Dadurch können in einem Prognoseansatz gleichzeitig Konsolidierungspotentiale in den Grenzregionen realisiert werden.

Der Nachteil des Prognoseansatzes besteht darin, dass sich Präferenzen für oder gegen bestimmte Krankenhäuser sowie die Krankenhausstruktur wechselseitig beeinflussen. Da stationäre Behandlungsbedarfe in der Regel nicht negiert werden können, d. h. die Nicht-Erfüllung eines Behandlungsbedarfs keine Option darstellt, ist davon auszugehen, dass sich die Präferenzen bei Krankenhaus- und Fachabteilungsschließungen signifikant ändern. Somit hängt die Präferenz für oder gegen ein Krankenhaus maßgeblich von den zur Verfügung stehenden Alternativen ab.

Nationale und internationale Studien zur Krankenhauswahl identifizieren zahlreiche Faktoren, die bei der Wahl des Krankenhauses als entscheidungsrelevant betrachtet werden können.¹¹⁹ Für in Deutschland lebende Menschen sind insbesondere die eigene Erfahrung, die Empfehlung der behandelnden ärztlichen Fachkräfte oder der eigenen

¹¹⁹ Vgl. für Deutschland z. B. Cruppé und Geraedts 2011; Geraedts und Cruppé 2013; Koppe et al. 2012; Leister und Stausberg 2008; Pilny und Mennicken 2014, für Großbritannien z. B. Gutacker et al. 2016; Moscelli et al. 2016; Smith et al. 2018, für die Niederlande z. B. Beukers et al. 2014, für die USA z. B. Schwartz et al. 2005

Angehörigen¹²⁰, die Reputation eines Krankenhauses¹²¹ sowie die medizinische Qualität und koordinierte Behandlung¹²² wichtig für die Entscheidungsfindung. Wohnortnähe spielt ebenfalls eine bedeutende Rolle¹²³, jedoch akzeptieren Menschen bei komplizierteren Eingriffen auch eine größere Entfernung.¹²⁴ Eine Abschätzung, mit welcher Wahrscheinlichkeit sich ein Mensch unter Berücksichtigung der jeweils zur Verfügung stehenden Alternativen für oder gegen ein bestimmtes Krankenhaus entscheiden würde, kann aus diesen Forschungsergebnissen nicht abgeleitet werden. Dazu sind Discrete-Choice-Analysen¹²⁵, möglichst basierend auf real gefällten Entscheidungen, notwendig, aus denen sich Wahrscheinlichkeiten ableiten lassen, ob sich Menschen für oder gegen ein bestimmtes Krankenhaus entscheiden würden. Solange diese Informationen nicht vorliegen, ist der Prognoseansatz nicht anwendbar. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Prognoseansatz mit den Anforderungen der Gesetzgebung vereinbar wäre.

In einer dritten Variante werden nur regionenübergreifende Bedarfe für die Neuplanung des Krankenhausnetzwerkes zugelassen, die von der jeweiligen Planungsregion aufgrund von fehlenden Krankenhausstandorten nicht selbst abgedeckt werden können. Dies wird im Folgenden als **Autonomieansatz** bezeichnet. Durch den Autonomieansatz wird sichergestellt, dass bei einer Restrukturierung der Krankenhausstruktur die systemrelevanten medizinischen Angebote erhalten bleiben bzw. eröffnet werden. Da ausschließlich systemrelevante medizinische Angebote fixiert werden, wird im Autonomieansatz sichergestellt, dass Menschen unabhängig von ihrem Wohnort gleichbehandelt werden. Allerdings bleibt das gesamte Konsolidierungspotential der Grenzregionen durch den Ausschluss weiterer regionenübergreifender Bedarfe unberücksichtigt. In der Gesamtbetrachtung ist davon auszugehen, dass der Autonomieansatz den Anforderungen der Rechtsprechung genügt, weil nur derjenige Bedarf in Nachbarregionen ausgelagert wird, der von einer Planungsregion selbst nicht abgedeckt werden kann.

¹²⁰ Vgl. Cruppé und Geraedts 2011, S. 955; Geraedts und Cruppé 2013, S. 66

¹²¹ Vgl. Pilny und Mennicken 2014, S. 23

¹²² Vgl. Koppe et al. 2012, S. 142

¹²³ Vgl. Cruppé und Geraedts 2011, S. 955; Pilny und Mennicken 2014, S. 23

Koppe et al. 2012 folgern hingegen aus ihrer Analyse, dass die Wohnortnähe weniger bedeutsam ist (vgl. Koppe et al. 2012, S. 142).

¹²⁴ Vgl. Geraedts und Cruppé 2015, S. 118

¹²⁵ Für die Methode der Discrete-Choice-Analyse vgl. z. B. Temme 2009, S. 299ff.

Tabelle 2-5 fasst diese drei Möglichkeiten der Modellierung der regionenübergreifenden Nachfrage sowie die jeweiligen Vor- und Nachteile abschließend zusammen.

	Beschreibung	Vorteile	Nachteile
Erfahrungsansatz	Berücksichtigung der real beobachteten Behandlungsströme	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höhe des Bedarfs ist bekannt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fixierung der Bedarfsallokation in der Grenzregion und der Behandlungsangebote in den Grenzregionen ▪ Ungleichbehandlung von Menschen nach ihrem Wohnort ▪ Risiko des Zwangs zur Abwanderung besteht
Prognoseansatz	Prognose der zukünftigen Behandlungsströme basierend auf Präferenzen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berücksichtigung von Präferenzen ▪ Bedarfsallokation und Behandlungsangebote passen sich an die neue Netzwerkstruktur an ▪ Gleichbehandlung von Menschen in grenznahen und grenzfernen Regionen ▪ Konsolidierungspotentiale in den grenznahen Regionen können realisiert werden 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Iterativer Prozess ▪ Determinanten der Krankenhausauswahl und ihre Entwicklung in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Alternativen weitgehend unerforscht
Autonomieansatz	Ausschließlich Berücksichtigung von Bedarfen, die eine Region nicht selbst versorgen kann	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höhe des Bedarfs ist bekannt ▪ Restrukturierung kaum eingeschränkt ▪ Gleichbehandlung von Menschen in grenznahen und grenzfernen Regionen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konsolidierungspotentiale in den grenznahen Regionen bleiben unberücksichtigt

Tabelle 2-5: Vergleich der möglichen Ansätze zur Berücksichtigung von regionenübergreifenden Bedarfen

Da derzeit keine Transparenz darüber besteht, mit welcher Wahrscheinlichkeit Menschen ein bestimmtes Krankenhaus wählen würden, ist der Prognoseansatz im Rahmen dieser Arbeit nicht anwendbar. Für die Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle wird deshalb der Autonomieansatz gewählt, weil davon auszugehen ist, dass dieser – im Gegensatz zum Erfahrungsansatz – den Anforderungen der Rechtsprechung genügt. Somit sind in den zu entwickelnden Optimierungsmodellen mathematische Formulierungen zu implementieren, mit denen die regionenübergreifenden Inbound- und Out-

boundbedarfe für jede medizinische Fachrichtung auf die systemrelevanten Bedarfe beschränkt werden.

2.1.3 Vielfalt der Krankenhausträger

Mit dem Krankenhaus-Kostendämpfungsgesetz (KHKG) wurde 1982, auf Wunsch der Krankenhausträger¹²⁶, die Vorgabe aufgenommen, dass die „Vielfalt der Krankenhausträger“ (§ 1 Abs. 2 S. 1 KHG) sicherzustellen ist.¹²⁷ In der Gesetzesbegründung wird ausgeführt, dass unter Trägervielfalt „die historisch gewachsene Dreiteilung in öffentliche, freigemeinnützige und private Krankenhausträger“¹²⁸ verstanden wird. Diese geht auf die amtliche Krankenhausstatistik von 1931 zurück¹²⁹ und unterscheidet drei Trägergruppen:

- (1) **Öffentliche Krankenhäuser** sind „Krankenhäuser in Trägerschaft der Gebietskörperschaften oder anderer Körperschaften, Stiftungen und Anstalten des öffentlichen Rechts.“¹³⁰
- (2) **Private Krankenhäuser** sind Krankenhäuser, die mit Gewinnerzielungsabsicht betrieben werden und die unter die Vorschriften der Gewerbeordnung fallen.¹³¹
- (3) **Freigemeinnützige Krankenhäuser** sind alle Krankenhäuser, die weder als öffentlich noch als privat klassifiziert werden können.¹³²

Aus der gesetzlich verankerten Vorgabe zur Trägervielfalt folgt, dass die bestehenden Marktanteile der drei Trägergruppen in einem Versorgungsgebiet bei der Krankenhausplanung berücksichtigt werden müssen, ohne dass dadurch Strukturveränderungen verhindert bzw. bestehende Verhältnisse zementiert werden.¹³³ Aus dem Begriff der Trägervielfalt lässt sich somit weder die Prämisse eines ausgewogenen Verhältnisses zwischen den Trägergruppen¹³⁴, noch eine Bestandsgarantie für einzelne Krankenhäuser¹³⁵, noch

¹²⁶ Vgl. BT-Drs. 9/570, S. 23

¹²⁷ Vgl. BT-Drs. 9/570, S. 4

¹²⁸ Vgl. BT-Drs. 9/570, S. 22

¹²⁹ Vgl. Dietz und Bofinger 2015, S. 14

¹³⁰ Dettling und Würtenberger 2014, S. 46, Rn. 102

¹³¹ Vgl. Dettling und Würtenberger 2014, S. 47, Rn. 103

¹³² Vgl. Dettling und Würtenberger 2014, S. 47, Rn. 104

¹³³ Vgl. Rehborn 2011, S. 28, Rn. 51; Stollmann 2014, S. 1477, Rn. 31

¹³⁴ Vgl. Dietz und Bofinger 2015, S. 14; Stollmann 2014, S. 1477, Rn. 31

¹³⁵ Vgl. Dettling und Würtenberger 2014, S. 47, Rn. 106; Dietz und Bofinger 2015, S. 14; Stollmann 2014, S. 1477, Rn. 31

der Anspruch an die Aufnahme möglichst vieler Krankenhausträger in den Krankenhausplan¹³⁶ ableiten.

Vielmehr darf kein Krankenhausträger aufgrund seiner Zugehörigkeit zu einer bestimmten Trägergruppe diskriminiert werden. Eine Bevorzugung eines Krankenhauses bei der Aufnahme in den Krankenhausplan aufgrund seiner Trägerzugehörigkeit ist nur zulässig, um am Markt unterrepräsentierte Krankenhäuser zu schützen.¹³⁷ Jedoch findet sich weder im KHG noch in der Rechtsprechung zum KHG eine Angabe, ab wann ein Krankenhausträger als am Markt unterrepräsentiert gilt.

Darüber hinaus ist nicht abschließend geklärt, in welchem regionalen Bezug die Vielfalt der Krankenhausträger zu beachten ist. Statistische Auswertungen zeigen, dass die Marktanteile der Krankenhausträger zwischen den Bundesländern und im Zeitablauf deutlich variieren (vgl. Abbildung 2-7 bis Abbildung 2-9, S. 43 - S.44).

¹³⁶ Vgl. Neef 2008, S. 204

¹³⁷ Vgl. Dettling und Würtenberger 2014, S. 47, Rn. 106; Rehborn 2011, S. 28, Rn. 50

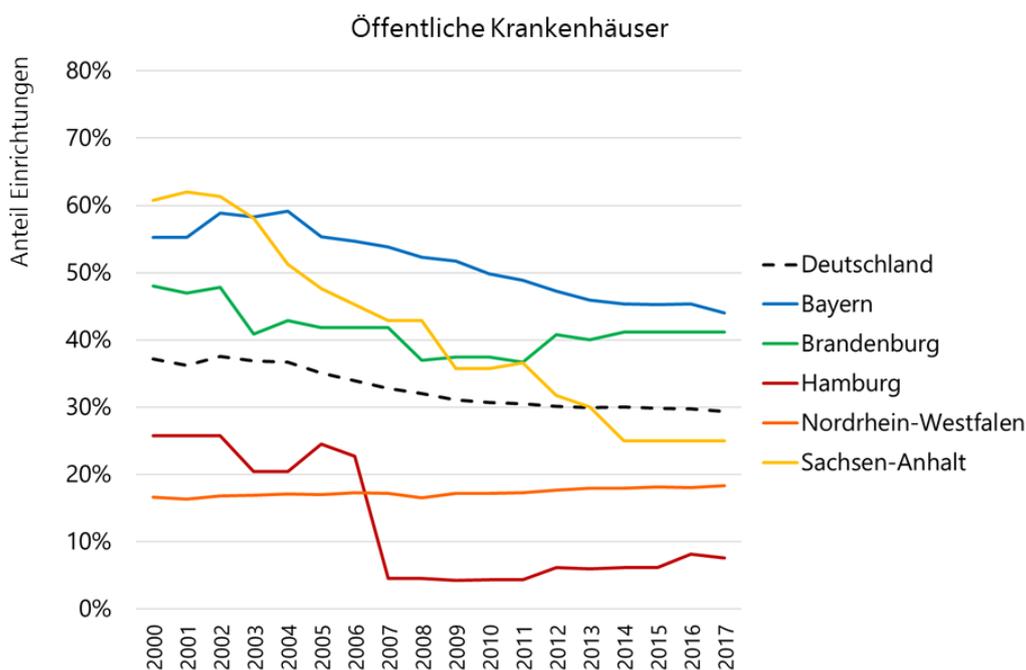


Abbildung 2-7: Anteil der öffentlichen Krankenhäuser in ausgewählten Bundesländern (2000 bis 2017)¹³⁸

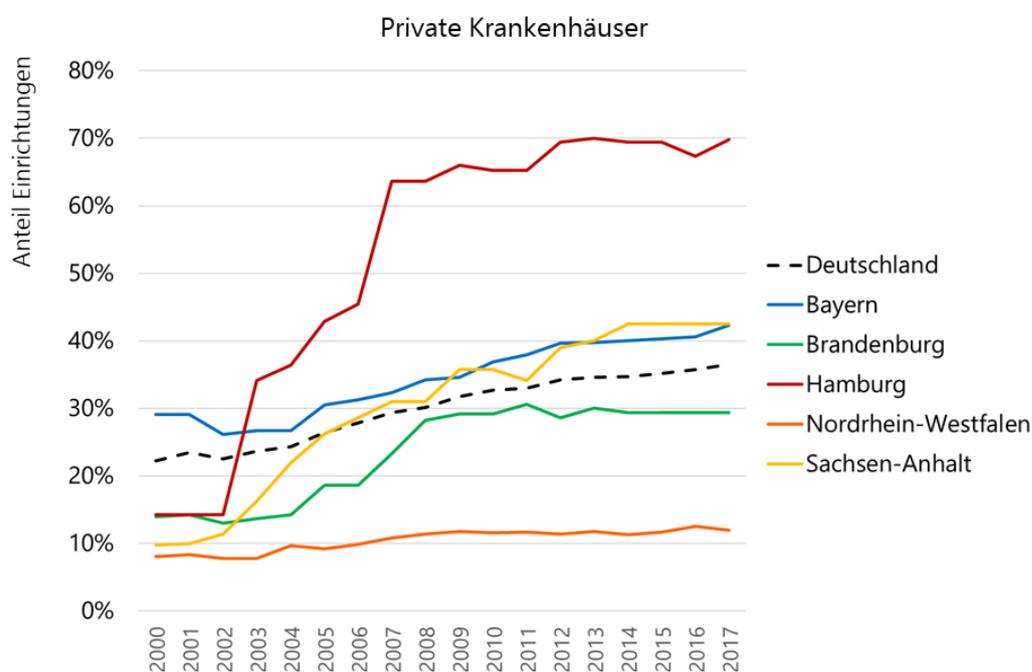


Abbildung 2-8: Anteil der privaten Krankenhäuser in ausgewählten Bundesländern (2000 bis 2017)¹³⁹

¹³⁸ Eigene Darstellung basierend auf den Daten in GBE-Bund 2020e

¹³⁹ Eigene Darstellung basierend auf den Daten in GBE-Bund 2020e

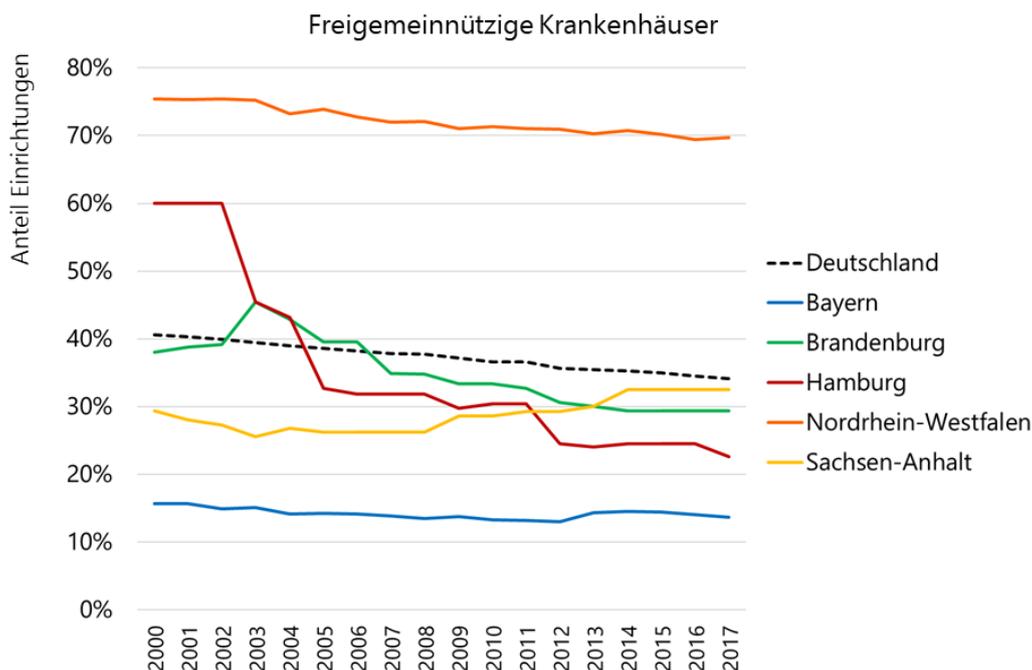


Abbildung 2-9: Anteil der freigemeinnützigen Krankenhäuser in ausgewählten Bundesländern (2000 bis 2017)¹⁴⁰

Krankenhäuser in freigemeinnütziger und privater Trägerschaft dürfen im Rahmen der Krankenhausplanung öffentlichen Krankenhäusern vorgezogen werden, weil die Legislative aufgrund fehlender Betriebs- und Investitionskostenzuschüsse der freigemeinnützigen und privaten Träger von strukturellen Wettbewerbsnachteilen dieser Krankenhäuser ausgeht.¹⁴¹

Insgesamt ist die Forderung nach Trägervielfalt als indirekt abbildbare Bedingung zu klassifizieren und im Folgenden eine geeignete Surrogatbedingung herzuleiten, die in die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle aufgenommen werden kann, um die Trägervielfalt zu gewährleisten. Dazu muss eine Antwort auf die Frage gefunden werden, ab wann ein Krankenhaus am Markt als unterrepräsentiert gilt. Die Bevorzugung freigemeinnütziger und privater Träger muss nicht berücksichtigt werden, da die Optimierungsmodelle im Falle mehrerer gleichwertiger Krankenhausstrukturen dazu verwendet werden, den entscheidungsbefugten Personen mögliche Alternativen aufzuzeigen, nicht jedoch um eine endgültige Auswahl zu treffen (vgl. Kapitel 1.6).

¹⁴⁰ Eigene Darstellung basierend auf den Daten in GBE-Bund 2020e

¹⁴¹ Vgl. BT-Drs. 10/2565, S. 27

Fraglich ist, ob ein Surrogatkriterium zur Abbildung der Trägervielfalt aus dem Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) abgeleitet werden kann. Dies wird jedoch in der herrschenden juristische Meinung verneint.¹⁴² Nach der herrschenden Meinung gelten die Vorschriften des GWB nicht für die Planung von Krankenhausstrukturen, weil „die Verhinderung von Marktakkumulation [...] kein eigenständiger Zweck des KHG“¹⁴³ ist, sondern greifen erst, wenn auf dem Markt aktive Unternehmen einen Zusammenschluss und damit eine Veränderung der geplanten Marktstruktur beabsichtigen.¹⁴⁴

Es ist zudem nicht ersichtlich, warum die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Trägergruppe automatisch dazu führen sollte, dass zwischen Krankenhäusern der gleichen Trägergruppe kein wesentlicher Wettbewerb zu erwarten ist. Private Krankenhäuser können unterschiedlichen Klinikkonzernen, öffentliche Krankenhäuser verschiedenen Kommunen oder Sozialversicherungsträgern und freigemeinnützige Krankenhäuser verschiedenen Konfessionen oder karitativen Verbänden angehören. Für die Feststellung der marktbeherrschenden Stellung eines Krankenhauses ist somit nicht die Zugehörigkeit zu einer Trägergruppe, sondern die Zugehörigkeit zu einer Klinikgruppe¹⁴⁵ relevant. Deshalb sollte die Vermutung, dass mehrere Krankenhäuser einer Trägergruppe in ihrer Gesamtheit eine marktbeherrschende Stellung nach § 18 Abs. 6 GWB einnehmen, regelmäßig durch die Anwendung des § 18 Abs. 7 Nr. 1 GWB widerlegt werden können, der feststellt, dass keine marktbeherrschende Stellung vorliegt, wenn „die Wettbewerbsbedingungen zwischen ihnen [den Unternehmen] wesentlichen Wettbewerb erwarten lassen“ (§ 18 Abs. 7 Nr. 1 GWB).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass aus dem GWB keine Grenzwerte abgeleitet werden können, die angeben, ab wann eine bestimmte Trägergruppe am Markt als unterrepräsentiert gilt. Die Legislative hält an der historisch gewachsenen Dreiteilung der Trägerstruktur fest, ohne dass daraus auf eine bestimmte Aufteilung der Marktanteile zwischen den verschiedenen Trägergruppen geschlossen werden kann.

¹⁴² Vgl. z. B. Neef 2008, S. 204; Bruckenberger et al. 2006, S. 157

¹⁴³ Neef 2008, S. 204

¹⁴⁴ Vgl. Bruckenberger et al. 2006, S. 157

¹⁴⁵ Unter Klinikgruppe wird im Folgenden eine Gruppe von Krankenhäusern verstanden, die sich im Eigentum der gleichen Person bzw. des gleichen Unternehmens befinden.

Als Surrogatkriterium bleibt somit nur die Minimalanforderung bestehen, dass die Vielfalt der Krankenhausträger erfüllt ist, wenn jede Trägergruppe mit mindestens einem Standort im Krankenhausplan vertreten ist. Im Folgenden wird daher davon ausgegangen, dass Trägervielfalt vorliegt, wenn die Auswahlentscheidung nicht auf der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Trägergruppe beruht und diese Minimalanforderung erfüllt wird.

Erfolgt die Krankenhausplanung in den Bundesländern bezogen auf kleinere räumliche Einheiten mit unterschiedlich zusammengesetzten Planungsgremien (wie z. B. in NRW), sollte die Minimalforderung für jede unabhängig geplante Region berücksichtigt werden. Eine Ausnahme sollte nur dann gelten, wenn eine Krankenhausträgergruppe in der Ausgangsstruktur nicht vertreten ist, um keine künstlichen Trägerwechsel herbeizuführen. Durch die Anwendung der Minimalforderung auf jede unabhängig betrachtete Region wird sichergestellt, dass die Anforderung auch für die nächstgrößere regionale Einheit (Bundesland, Bundesgebiet)¹⁴⁶ erfüllt wird.

Ob diese Vorgehensweise auch der heterogenen Gruppe der freigemeinnützigen Krankenhäuser gerecht wird, soll an dieser Stelle dahingestellt bleiben, da die aktuelle Gesetzeslage keine weitere Unterteilung freigemeinnütziger Träger (z. B. in evangelische, katholische und nicht-konfessionelle) vorsieht.

In die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle werden daher mathematische Formulierungen aufgenommen, die sicherstellen, dass das neue Krankenhausnetzwerk mindestens ein Krankenhaus jeder Trägergruppe enthält. Abweichend davon ist die Zuweisung mindestens eines Krankenhausstandortes nicht erforderlich, wenn die Trägergruppe bereits in der bestehenden Krankenhausstruktur nicht vertreten ist.

2.1.4 Wirtschaftliche Sicherung der Krankenhäuser

Der Zweck des KHG liegt in der wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser. Nach dem Verständnis der gesetzgebenden Institution können Krankenhäuser, deren wirtschaftliche Situation nicht gesichert ist, die Anforderungen des § 1 Abs. 1 KHG nach einer

¹⁴⁶ Eine Abstimmung der Krankenhausplanung zwischen den Bundesländern sieht das KHG nur für Krankenhäuser mit bundeslandübergreifender Bedeutung vor (§ 6 Abs. 2 KHG, vgl. Kapitel 2.1.2), nicht jedoch in Bezug auf die Gewährleistung der Trägervielfalt. Daher kann Trägervielfalt nur für die jeweils geplante Region berücksichtigt werden.

qualitativ hochwertigen, patienten- und bedarfsgerechten Versorgung nicht erfüllen.¹⁴⁷ Die Legislative geht davon aus, dass eine mangelnde wirtschaftliche Sicherung zu einer verminderten Leistungsfähigkeit und damit zu einer Unterversorgung der Bevölkerung führt.¹⁴⁸

Um der Vorgabe der wirtschaftlichen Sicherung zu genügen, muss die Krankenhausplanung dafür sorgen, dass die durch die Krankenhausplanung geschaffenen Strukturen einen wirtschaftlichen Betrieb nicht verhindern.

Die wirtschaftliche Situation eines Krankenhauses wird als gesichert angesehen, wenn die erzielten Einnahmen die Kosten decken, die einem durchschnittlichen, gut geführten Krankenhaus für das Kerngeschäft entstehen würden, und zusätzlich ein angemessener Gewinn erwirtschaftet wird.¹⁴⁹ Ob ein Gewinn angemessen bzw. marktüblich ist, orientiert sich an der im Krankenhaussektor in der betrachteten Region üblichen Kapitalrendite.¹⁵⁰ Vermindert sich das unternehmerische Risiko eines Krankenhauses durch das Eingreifen des Staates, so ist dies bei der Ermittlung der Kapitalrendite zu berücksichtigen.¹⁵¹

Um die Auswirkungen der Krankenhausplanung auf die wirtschaftliche Situation eines Krankenhauses zu berücksichtigen, müssten Kosten und Erlöse der Leistungserbringung für jedes einzelne Krankenhaus und – in Abhängigkeit von der zugrunde gelegten Planungsgröße – jedes Krankenhausbett bzw. jedes Behandlungsfalls bekannt sein. Dabei handelt es sich um Informationen, die nicht öffentlich zugänglich sind.

Folglich müssen die Anforderungen an die wirtschaftliche Sicherung der Krankenhäuser durch Surrogatkriterien in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen abgebildet werden, so dass es sich um eine indirekt abbildbare Bedingung handelt. Es stellt sich die Frage, welche Surrogatkriterien bewirken, dass die Krankenhausplanung keine Strukturen schafft, die einen wirtschaftlichen Betrieb verhindern.

Augurzky et al. 2017 führen als Grund für wirtschaftliche Schwierigkeiten von Krankenhäusern eine zu hohe Krankenhausedichte, eine zu geringe Spezialisierung und zu kleine

¹⁴⁷ Vgl. Rehborn und Thomae 2011, S. 1341, Rn. 45

¹⁴⁸ Vgl. Dettling und Würtemberger 2014, S. 30, Rn. 37

¹⁴⁹ Vgl. Dettling und Würtemberger 2014, S. 39, Rn. 66

¹⁵⁰ Vgl. (EG) Nr. 1370/2007, Anhang Nr. 6, S. 12

¹⁵¹ Vgl. (EG) Nr. 1370/2007, Anhang Nr. 6, S. 12

Fachabteilungen an.¹⁵² Insbesondere kleine Krankenhäuser der Grundversorgung (Krankenhäuser mit weniger als 200 Betten mit hauptsächlich chirurgischem und internistischem Angebot) sind demnach wirtschaftlich schlechter aufgestellt als der Durchschnitt.¹⁵³ Diese Krankenhäuser haben im Vergleich zu Groß- und Spezialversorgern mit drei Nachteilen zu kämpfen:

- (1) Niedrigere Fallzahlen führen dazu, dass der Anteil der Fixkosten pro Behandlungsfall höher ist als in größeren Standorten oder Verbänden, die die Möglichkeit haben, Synergieeffekte zu realisieren.¹⁵⁴
- (2) Eine geringe Anzahl Fachabteilungen bietet weniger Möglichkeiten für eine Quersubventionierung im Rahmen einer Mischkalkulation von ertragsstarken und ertragsschwachen Fachrichtungen.¹⁵⁵
- (3) Je geringer der Spezialisierungsgrad ist, desto weniger Möglichkeiten bestehen zur Ausweitung wirtschaftlich attraktiver Behandlungsleistungen oder zur Steigerung der Einnahmen.¹⁵⁶

Somit ist festzuhalten, dass in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen mathematische Formulierungen implementiert werden müssen, die einer personalintensiven Zersplitterung des Leistungsspektrums vorbeugen und den Krankenhäusern die Realisierung von Skaleneffekten, durch die häufige Erbringung ähnlicher Leistungen (economies of scale), und Verbundeffekten, durch die Fokussierung auf ein bestimmtes Leistungsspektrum (economies of scope), ermöglichen.

Daher sollten ausreichend große Krankenhausstandorte und ausreichend große Fachabteilungen geplant werden, um der wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser nicht entgegenzuwirken. Je nach Krankentyp¹⁵⁷ (z. B. Allgemeinkrankenhaus, Fachkran-

¹⁵² Vgl. Augurzky et al. 2017, S. 15f.

¹⁵³ Vgl. Augurzky et al. 2015, S. 144ff.

Die Publizierenden stellen darüber hinaus fest, dass die wirtschaftlichen Schwierigkeiten bei kleinen Krankenhäusern in öffentlich-rechtlicher Trägerschaft ausgeprägter sind als bei Krankenhäusern in privater und freigemeinnütziger Trägerschaft (vgl. Augurzky et al. 2015, S. 146).

¹⁵⁴ Vgl. Augurzky 2016, S. 97

¹⁵⁵ Quersubventionierung findet nach Angaben der Literatur dort statt, wo die Erlöse einer Fachabteilung nicht ausreichen, um die Kosten zu decken (vgl. für die Kinder- und Jugendheilkunde Deutscher Ethikrat 2016, S. 96; für die Geburtshilfe Steller und Schwenzler 2016, S. 172).

¹⁵⁶ Vgl. Steller und Schwenzler 2016, S. 167

¹⁵⁷ Für einen Überblick über verschiedene Möglichkeiten zur Kategorisierung von Krankenhäusern siehe z. B. Fleßa 2013, S. 26ff., für eine detaillierte Erläuterung der durch das Bundesland NRW verwendeten Kategorisierung vgl. Kapitel 2.2.3.

kenhaus, Universtitätsklinikum) sollte die Anzahl der angebotenen Fachrichtungen eine unterschiedlich hohe Mindestanzahl überschreiten. Um zu verhindern, dass viele kleine Fachabteilungen entstehen, die aufgrund hoher Fixkosten nicht wirtschaftlich betrieben werden können, sollte zudem die Gesamtbettenanzahl des Krankenhauses in einem angemessenen Verhältnis zu den zugewiesenen Fachabteilungen stehen. Dieses Verhältnis aus Gesamtbettenzahl und der Anzahl der zugewiesenen Fachabteilungen wird im Folgenden als Richtkrankenhausgröße bezeichnet.

2.1.5 Kostengünstigkeit

Die Forderung nach einer kostengünstigen Krankenhausstruktur greift die gesetzliche Vorgabe auf, dass die Krankenhausplanung zu sozial tragbaren Pflegesätzen beitragen soll.¹⁵⁸ Je geringer die Kosten der Krankenhausversorgung sind, desto geringer fallen die Aufwendungen der stationären Versorgung aus, die durch die Mitglieder der gesetzlichen und privaten Krankenversicherung über die Mitgliedsbeiträge zu finanzieren sind.¹⁵⁹ Rehborn und Thomae 2011 folgern aus dem Grundsatz der Kostengünstigkeit, dass bei der Allokation der Planbetten und gleichwertigen Gesundheitsleistungen das kostengünstigste Angebot bevorzugt werden muss.¹⁶⁰ Diese direkte Abbildung der Kostengünstigkeit ist im Optimierungsmodell nicht möglich, weil die Kostenstrukturen der einzelnen Krankenhäuser zur Erbringung der verschiedenen medizinischen Leistungen, wie bereits im vorherigen Kapitel 2.1.4 dargelegt wurde, nicht bekannt sind. Somit muss die Forderung nach Kostengünstigkeit indirekt über Surrogatkriterien im Optimierungsmodell abgebildet werden.

Die Kostenstruktur eines Krankenhauses wird durch die Realisierung von Skaleneffekten und Verbundeffekten positiv beeinflusst (vgl. Kapitel 2.1.4). Daher wird im Folgenden die Annahme getroffen, dass größere Krankenhäuser und Fachabteilungen durch Fixkosten-

¹⁵⁸ Vgl. Dettling und Würtemberger 2014, S. 45, Rn. 97; Rehborn und Thomae 2011, S. 1350, Rn. 34

¹⁵⁹ Vgl. Stollmann 2014, S. 1476, Rn. 25

¹⁶⁰ Vgl. Rehborn und Thomae 2011, S. 1355, Rn. 110

degression¹⁶¹ und Lernkurveneffekte¹⁶² identische medizinische Leistungen günstiger anbieten können als kleinere Krankenhäuser bzw. kleinere Fachabteilungen.

Zusammenfassend ist daher festzuhalten, dass die Surrogatbedingungen, die in Kapitel 2.1.4 zur Abbildung der wirtschaftlichen Sicherung hergeleitet wurden auch als Surrogatbedingungen für die Abbildung der Kostengünstigkeit herangezogen werden können. Somit sind in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen keine weiteren mathematischen Formulierungen für die Abbildung der Kostengünstigkeit aufzunehmen.

2.1.6 Qualitätsvorgaben nach Bundesrecht

Durch das am 1. Januar 2016 in Kraft getretene KHSG wurde Qualität explizit als zusätzliches Kriterium der Krankenhausplanung in das KHG aufgenommen.¹⁶³ Darin wird das Ziel formuliert, die Krankenhausplanung an noch zu entwickelnde Qualitätskennzahlen aus den drei Qualitätsdimensionen Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität nach Donabedian 1980¹⁶⁴ zu knüpfen.¹⁶⁵ Diese Ergänzung des § 1 Abs. 1 KHG bezieht sich somit explizit nicht auf die Qualitätsberichte nach § 136b SGB V, bereits existierende ISO-Zertifizierungen oder bestehende interne Qualitätsmanagementsysteme der Krankenhäuser, sondern erfordert die Entwicklung eines neuen Kriterienkataloges, der anhand einer Vielzahl von Qualitätskennzahlen die ganzheitliche Beurteilung der Qualität eines Krankenhauses und jeder einzelnen Fachrichtung ermöglicht. Diese Aufgabe hat der Bundestag in §§ 136, 136c SGB V an den Gemeinsamen Bundesausschuss (G-BA) delegiert.

Im Folgenden werden zunächst die Dimensionen der Qualität im Gesundheitswesen nach Donabedian 1980 vorgestellt (Kapitel 2.1.6.1) und Anforderungen an einen umfassenden Kriterienkatalog zur Beurteilung der Qualität eines Krankenhauses bzw. einer Fach-

¹⁶¹ Fixkostendegression tritt auf, wenn konstante Fixkosten auf eine größere Ausbringungsmenge verteilt werden können, so dass der Fixkostenanteil pro Stück sinkt (vgl. Coenenberg et al. 2007, S. 56 und S. 400; Stibbe 2009, S. 18f.).

¹⁶² Lernkurveneffekte treten auf, wenn die wiederholte Durchführung einer Tätigkeit zu einer kürzeren Durchführungszeit bei gleichbleibender oder besserer Qualität führt (in Anlehnung an Stibbe 2009, S. 19).

¹⁶³ Vgl. BT-Drs. 18/5372, S. 35

¹⁶⁴ Vgl. Donabedian 1980, S. 80ff.

¹⁶⁵ Vgl. BT-Drs. 18/5372, S. 2

richtung entwickelt (Kapitel 2.1.6.2). In Kapitel 2.1.6.3 wird diskutiert, in welchem Umfang die Struktur des Krankenhausnetzwerkes auf Veränderungen in der Qualitätsbewertung reagieren sollte. Anschließend wird in Kapitel 2.1.6.4 ein Konzept entwickelt, mit dem Fachrichtungen, die in der bisherigen Krankenhausstruktur nicht existieren, bei der Anpassung der Krankenhausstruktur berücksichtigt werden können. Kapitel 2.1.6.5 fasst abschließend den aktuellen Stand der Diskussion zur Festlegung von planungsrelevanten Qualitätsindikatoren durch den G-BA zusammen.

2.1.6.1 Dimensionen der Qualität nach Donabedian

Nach Donabedian 1980 kann die Qualität der Gesundheitsversorgung in Strukturqualität, Prozessqualität und Ergebnisqualität unterteilt werden:¹⁶⁶

- **Strukturqualität** betrifft die externen Voraussetzungen, die vorhanden sein müssen, um eine qualitativ hochwertige Versorgung zu ermöglichen.¹⁶⁷ Dazu gehören u. a. die räumliche, apparative und personelle Ausstattung eines Krankenhauses.¹⁶⁸
- **Prozessqualität** verweist auf die konkrete Art und Weise der Leistungserbringung, die notwendig ist, um eine qualitativ hochwertige Versorgung zu ermöglichen.¹⁶⁹ Dazu gehören u. a. die Anwendung von etablierten Verfahren, die Validierung der Ergebnisse und die Einbeziehung von Fachleuten.¹⁷⁰
- **Ergebnisqualität** bezieht sich auf das Resultat einer medizinischen Behandlung.¹⁷¹ Eine qualitativ hochwertige Versorgung im Sinne der Ergebnisqualität liegt vor, wenn die Behandlung zu einer Verbesserung des gesundheitlichen Zustandes geführt hat.¹⁷²

¹⁶⁶ Vgl. Donabedian 1980, S. 80ff.

¹⁶⁷ Vgl. Donabedian 1980, S. 81

¹⁶⁸ Vgl. Donabedian 1980, S. 81

¹⁶⁹ Vgl. Donabedian 1980, S. 80

¹⁷⁰ Vgl. Donabedian 1980, S. 134f.

¹⁷¹ Vgl. Donabedian 1980, S. 82

¹⁷² Vgl. Donabedian 1980, S. 82f.

2.1.6.2 Anforderungen an einen umfassenden Kriterienkatalog zur Ermittlung der Qualität eines Krankenhausstandortes oder einer Fachabteilung

Die Beurteilung eines Krankenhausstandortes soll nach dem Willen der Legislative anhand von planungsrelevanten Qualitätsindikatoren erfolgen.¹⁷³ Diese sollen dazu geeignet sein, medizinische Fachabteilungen im relativen Vergleich miteinander als gut, durchschnittlich oder unzureichend zu klassifizieren.¹⁷⁴ Dabei ist zu beachten, dass jeder zu definierende Qualitätsindikator nur einen Aspekt der jeweiligen Qualitätsdimension misst. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie ein System aus planungsrelevanten Qualitätsindikatoren ausgestaltet werden muss, um die Krankenhausplanung zielgerichtet zu steuern. Somit sind an **Auswahl**, **Messbarkeit** und **Gewichtung** der planungsrelevanten Qualitätsindikatoren bestimmte Anforderungen zu stellen, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden.

Hinsichtlich der **Auswahl** der planungsrelevanten Qualitätsindikatoren ist festzuhalten, dass sich die planungsrelevanten Qualitätsindikatoren in ihrer Gesamtheit so ergänzen müssen, dass sie in Übereinstimmung mit dem MECE-Prinzip wechselseitig ausschließend und gemeinschaftlich abschließend sind („**mutually exclusive, collectively exhaustive**“).¹⁷⁵ Übertragen auf die Krankenhausplanung bedeutet dies, dass

- (1) jede Qualitätsdimension und jede Leistung (Fachrichtung), die für die Beurteilung der Qualität eines Krankenhauses relevant ist, durch einen Qualitätsindikator erfasst werden muss (collectively exhaustive) und
- (2) zwischen den zu einer Qualitätsdimension und Fachrichtung zugeordneten Qualitätsindikatoren keine inhaltlichen Überschneidungen existieren dürfen (mutually exclusive).

Die Kriterien müssen darüber hinaus in ihrer Gesamtheit geeignet sein, die Qualität des Behandlungsangebotes einer Fachabteilung bzw. eines Krankenhauses korrekt zu erfassen, d. h. eine schlechte Leistung muss ebenso wie eine gute Leistung als solche erkennbar sein.¹⁷⁶

¹⁷³ Vgl. BT-Drs. 18/5372, S. 35

¹⁷⁴ Vgl. BT-Drs. 18/5372, S. 90

¹⁷⁵ Zum MECE-Prinzip vgl. z. B. Levine 2013, S. 15; Lutz und Bussler 2015, S. 55

¹⁷⁶ Gottmann 2019 subsumiert diese Anforderungen unter den Schlagworten „Verdeutlichung von Sachverhalten“ und „Entscheidungsrelevanz“ (vgl. Gottmann 2019, S. 42).

Hinsichtlich der **Messbarkeit** der planungsrelevanten Qualitätsindikatoren sind drei Anforderungen zu stellen: (1) Ermittlung des individuellen Zielerreichungsgrades, (2) Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse sowie (3) Kontinuität der Messergebnisse.

Nach Thielscher 2012 können für die medizinische Qualitätsmessung sowohl statistische Verfahren (Auswertung von Routinedaten und Qualitätsberichten sowie die Analyse von Indikatoren) als auch nicht statistische Verfahren (Auditierungen und Zertifizierungen sowie Befragungen von behandelten Personen und ärztlichem Fachpersonal) herangezogen werden.¹⁷⁷ Für die Ermittlung des Zielerreichungsgrades eines planungsrelevanten Qualitätsindikators sollten Erkenntnisse aus statistischen und nicht-statistischen Verfahren kombiniert werden, um eine möglichst umfassende Bewertungsgrundlage zu erhalten.

Die Bewertung des Zielerreichungsgrades muss dabei den Anforderungen an **Wiederholbarkeit** und **Reproduzierbarkeit** genügen. Wiederholbarkeit bedeutet, dass die wiederholte Bewertung des gleichen Sachverhaltes durch die gleiche Person zum gleichen Ergebnis führt.¹⁷⁸ Reproduzierbarkeit bedeutet, dass die Bewertung des gleichen Sachverhaltes durch zwei verschiedene Personen oder zu zwei verschiedenen Zeitpunkten zum gleichen Ergebnis führt.¹⁷⁹ Dementsprechend sollten statistische Erhebungs- und Auswertungsverfahren standardisiert und unabhängig erfolgen. Für interne und externe Auditierungen sollten konkrete, für alle Beteiligten transparente Vorgaben gemacht werden, die definieren, welche Anforderungen erfüllt werden müssen und welche Beobachtung zu welcher Kriterienbewertung führt. Darüber hinaus müssen die Kriterien und Bewertungsmethoden so gewählt werden, dass adverse Effekte (wie z. B. Selektionseffekte, eine Veränderung des Dokumentationsverhaltens und der Behandlungsweise oder die Einstellung von Leistungen) verhindert werden.¹⁸⁰ Außerdem ist sicherzustellen, dass ein persönliches Interesse des Bewerter für eine gute oder schlechte Bewertung (z. B. Gefälligkeitsbewertungen auf Gegenseitigkeit oder negative Bewertung, um selbst im Vergleich besser abzuschneiden) ausgeschlossen wird.

¹⁷⁷ Vgl. Thielscher 2012, S. 350ff.

¹⁷⁸ Vgl. Muth 2006, S. 287

¹⁷⁹ Vgl. Muth 2006, S. 287

¹⁸⁰ Vgl. Neumann et al. 2013, S. 70ff.

Darüber hinaus dürfen gemäß § 8 Abs. 1a KHG schlechte und gute Bewertungen der Qualität eines Krankenhauses oder einer Fachabteilung keine Momentaufnahme darstellen, sondern müssen die Qualität des Krankenhauses bzw. der Fachabteilung über einen längeren Zeitraum zuverlässig widerspiegeln (Kontinuität der Messergebnisse).

Hinsichtlich der **Gewichtung** der planungsrelevanten Qualitätsindikatoren ist sicherzustellen, dass die Ergebnisse für jedes Kriterium auf einer Kardinalskala¹⁸¹ erfasst werden, damit unter Berücksichtigung von Gewichtungsfaktoren die Aggregation der Einzelergebnisse zu einem Gesamtqualitätsindikator für jede Qualitätsdimension (Aggregationsstufe 1), jede Fachabteilung (Aggregationsstufe 2) und jedes Krankenhaus (Aggregationsstufe 3) möglich ist. Für die Gewichtung der planungsrelevanten Qualitätsindikatoren, der drei Qualitätsdimensionen und der Fachabteilungen auf den drei Aggregationsebenen stehen im Rahmen eines sog. Mehrfaktorenvergleichs¹⁸² verschiedene methodische Vorgehensweisen zur Verfügung, dazu gehören z. B. der singuläre, sukzessive oder paarweise Vergleich, das Matrix- sowie das Delta-Verfahren.¹⁸³

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass für die qualitätsorientierte Krankenhausplanung ein umfassender Kriterienkatalog erarbeitet werden muss, der alle Qualitätsdimensionen berücksichtigt und so die differenzierte und umfassende Beurteilung aller Krankenhäuser und Fachabteilungen ermöglicht. Die planungsrelevanten Qualitätsindikatoren, die diesen Kriterienkatalog bilden, müssen gemeinschaftlich abschließend und wechselseitig ausschließend sein. Ihre Bewertung und Gewichtung muss auf einer breiten Grundlage durch Anwendung von statistischen und nicht-statistischen Verfahren erfolgen und den Ansprüchen der Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit genügen.

2.1.6.3 Begrenzung des Einflusses von veränderten Evaluationsergebnissen auf die Krankenhausplanung

Die staatliche Krankenhausplanung hat einen langfristigen, d. h. mehrjährigen¹⁸⁴, Planungshorizont. NRW beispielsweise löst mit dem Krankenhausplan 2015 den zuvor

¹⁸¹ Eine Übersicht über die verschiedenen Skalenniveaus und die zulässigen Rechenoperationen findet sich z. B. bei Hanusch 2011, S. 166f.

¹⁸² Zum Mehrfaktorenvergleich vgl. z. B. Janker 2008, S. 86f.

¹⁸³ Vgl. Rürup 1982, S. 110; Janker 2008, S. 101

Eine ausführliche Erläuterung der Verfahren ist bei den genannten Autoren zu finden.

¹⁸⁴ Zur Definition des Planungshorizonts vgl. Fleischmann et al. 2008, S. 82

14 Jahre lang gültigen Krankenhausplan aus dem Jahr 2001 ab. Demzufolge darf nicht jede Veränderung in der qualitativen Bewertung zu einer Neuverteilung von Krankenhausbetten zwischen Krankenhäusern und Fachabteilungen führen. Gleichzeitig sind Kriterien zu entwickeln, die die Anpassung der Bettenallokation auch innerhalb eines Planungszeitraums ermöglichen, wenn eine deutliche Verschlechterung der Qualität eines Krankenhauses oder einer Fachabteilung vorliegt.

Dazu sind Grenzwerte zu definieren, die spezifizieren, ab wann eine deutliche Verschlechterung vorliegt, wie lange sich diese Verschlechterung manifestieren muss, und welche bzw. wie viele Qualitätskriterien von dieser Verschlechterung betroffen sein müssen. Diese Grenzwerte sind so zu wählen, dass sie den Krankenhäusern einerseits Planungssicherheit ermöglichen und andererseits ein realistisches Risiko für die Schließung bzw. Verkleinerung von Fachabteilungen bei schlechter Leistung begründen. So kann auf Basis von regelmäßigen Zwischenevaluationen sichergestellt werden, dass deutliche und sich manifestierende negative Qualitätsabweichungen auch innerhalb eines Planungszeitraums zu einer Anpassung der Betten- und Fachabteilungsallokation führen.

2.1.6.4 Entwicklung eines konzeptionellen Ansatzes zur Ermittlung des Gesamtqualitätsindikators von neuen Fachabteilungen

Im Rahmen der strategischen Krankenhausplanung muss darüber hinaus die Möglichkeit bestehen, das Fachrichtungsangebot von existierenden Krankenhäusern zu erweitern oder neue Krankenhausstandorte zu eröffnen. Die Gründe dafür können in veränderten Rahmenbedingungen liegen oder auftreten, wenn qualitativ unzureichende Angebote aus dem Krankenhausplan genommen werden. Darüber hinaus kann es aus strategischen Überlegungen gewünscht sein, qualitativ herausragende Krankenhäuser durch eine Ausweitung des Mengen- und Leistungsspektrums zu stärken.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Qualitätsbewertung einer Fachrichtung bei der Anwendung des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems zugewiesen wird, die in der bisherigen Krankenhausstruktur noch nicht existiert. Im Folgenden werden drei Konzepte (**Konzept 1**, **Konzept 2** und **Konzept 3**) entwickelt, um bisher nicht existierende Fachabteilungen in der Planung zu berücksichtigen. Die Erläuterung der drei Konzepte erfolgt anhand von theoretischen Zahlenbeispielen für sechs Krankenhäuser (KH 1 bis KH 6) und eine medizinische Fachrichtung. In diesem

exemplarischen Beispiel konkurrieren jeweils zwei Krankenhäuser (KH1 und KH2, KH3 und KH4, KH5 und KH6) um zehn Planbetten. Alle Planbetten werden dabei der Fachabteilung mit der höheren berücksichtigten Punktzahl zugewiesen. Bei gleicher Punktzahl werden die zuweisbaren Planbetten hälftig geteilt.

In **Konzept 1** wird die Qualität möglicher neuer Abteilungen mit einer Gesamtpunktzahl von null Punkten bewertet. Daraus folgt, dass neue Abteilungen nur dort eröffnet werden, wo bestehende Fachabteilungen aufgrund von Kapazitätsgrenzen nicht erweitert werden können oder wenn ein Gebiet bisher nicht abgedeckt wurde (vgl. Zahlenbeispiel in Tabelle 2-6).

Qualitativ niedrig bewertete Abteilungen werden neuen Abteilungen vorgezogen. Konzept 1 schützt somit existierende Krankenhausstrukturen auch bei schlechter Qualität und verhindert den Entzug von Leistungsumfängen zu Gunsten von Standorten, die in anderen Fachrichtungen eine hohe Behandlungsqualität aufweisen. Somit ist diese Variante nicht geeignet, den Qualitätswettbewerb zwischen den Krankenhausstandorten zu fördern.

Krankenhaus	Qualität Krankenhaus		Qualität Fachabteilung Punkte	Berücksichtigte Punkte	Betten	
	Punkte	Rang			Ist	Plan
KH1	70	6	50	50	10	10
KH2	90	2	-	0	0	0
KH3	80	4	-	0	0	0
KH4	95	1	50	50	10	10
KH5	75	5	60	60	5	10
KH6	85	3	55	55	5	0
Durchschnitt:	82,5	Durchschnitt:	53,75	Summe:	30	30

Tabelle 2-6: Zahlenbeispiel zur Qualitätsbewertung in Konzept 1

In **Konzept 2** werden die durchschnittliche Qualitätspunktzahl, die das Krankenhaus in allen existierenden Fachrichtungen erreicht, und die Qualitätspunktzahl der zuzuweisenden Fachrichtung berücksichtigt. Der in der Krankenhausplanung zu verwendende Punktwert entspricht dem Mittelwert der Einzelpunktwerte (Gewichtung 50 %). Ist eine Fachrichtung in einem Krankenhaus nicht vorhanden, wird hilfsweise die durchschnittliche Qualitätspunktzahl dieser Fachrichtung in allen Krankenhäusern herangezogen (vgl. Zahlenbeispiel in Tabelle 2-7, S. 57).

Krankenhaus	Qualität Krankenhaus		Qualität Fachabteilung Punkte	Berücksichtigte Punkte	Betten	
	Punkte	Rang			Ist	Plan
KH1	70	6	50	60,0	10	0
KH2	90	2	-	71,9	0	10
KH3	80	4	-	66,9	0	0
KH4	95	1	50	72,5	10	10
KH5	75	5	60	67,5	5	0
KH6	85	3	55	70,0	5	10
Durchschnitt:	82,5	Durchschnitt:	53,75			
Gewichtung:	50 %	Gewichtung:	50 %	Summe:	30	30

Tabelle 2-7: Zahlenbeispiel zur Qualitätsbewertung in Konzept 2 (Gewichtung der Einzelfachrichtungsqualität mit 50 %)

Die Anwendung von Konzept 2 wirkt sich wie folgt aus: Bietet das in direkter Konkurrenz stehende Krankenhaus eine bestimmte Fachrichtung in der bestehenden Struktur nicht an, wird die Fachrichtung verlagert, wenn der Mittelwert aus Fachabteilungs- und Gesamtqualität unterdurchschnittlich ist. Bieten zwei konkurrierende Krankenhäuser die gleiche Fachrichtung an, werden alle Planbetten exklusiv demjenigen Krankenhaus zugewiesen, dessen durchschnittliche Qualität (gemittelte Gesamt-Krankenhaus- und Fachrichtungsqualität) höher ist. Dadurch bauen Krankenhäuser mit höherer Gesamtqualität im direkten Vergleich Planbetten auf, selbst wenn die Einzelfachrichtungsqualität niedriger ist. Dies kann verhindert werden, wenn die Einzelfachrichtungsqualität gegenüber der Gesamt-Krankenhausqualität stärker gewichtet wird (vgl. Zahlenbeispiel in Tabelle 2-8 für eine Gewichtung der Einzelfachrichtungsqualität mit 70 % und Zahlenbeispiel in Tabelle 2-9, S. 58, für eine Gewichtung der Einzelfachrichtungsqualität mit 95 %).

Krankenhaus	Qualität Krankenhaus		Qualität Fachabteilung Punkte	Berücksichtigte Punkte	Betten	
	Punkte	Rang			Ist	Plan
KH1	70	6	50	56	10	0
KH2	90	2	-	64,6	0	10
KH3	80	4	-	61,6	0	0
KH4	95	1	50	63,5	10	10
KH5	75	5	60	64,5	5	10
KH6	85	3	55	64,0	5	0
Durchschnitt:	82,5	Durchschnitt:	53,75			
Gewichtung:	30 %	Gewichtung:	70 %	Summe:	30	30

Tabelle 2-8: Zahlenbeispiel zur Qualitätsbewertung in Konzept 2 (Gewichtung der Einzelfachrichtungsqualität mit 70 %)

Krankenhaus	Qualität Krankenhaus		Qualität Fachabteilung Punkte	Berücksichtigte Punkte	Betten	
	Punkte	Rang			Ist	Plan
KH1	70	6	50	51,0	10	0
KH2	90	2	-	55,6	0	10
KH3	80	4	-	55,1	0	10
KH4	95	1	50	52,3	10	0
KH5	75	5	60	60,8	5	10
KH6	85	3	55	56,5	5	0
Durchschnitt:	82,5	Durchschnitt:	53,75			
Gewichtung:	5 %	Gewichtung:	95 %	Summe:	30	30

Tabelle 2-9: Zahlenbeispiel zur Qualitätsbewertung in Konzept 2 (Gewichtung der Einzelfachrichtungsqualität mit 95 %)

Eine hohe Gewichtung der Einzelfachrichtungsqualität kann jedoch dazu führen, dass Krankenhäuser mit unterdurchschnittlicher Einzelfachrichtungsqualität und überdurchschnittlicher Gesamtqualität eine Fachabteilung an ein benachbartes Krankenhaus verlieren, das die betrachtete Fachrichtung noch nicht anbietet, obwohl das benachbarte Krankenhaus eine geringere Gesamtqualität aufweist (vgl. Zahlenbeispiel in Tabelle 2-9). Somit sollte ein hoher Gewichtungsfaktor für die Einzelfachrichtungsqualität vermieden werden.

In **Konzept 3** wird die Ermittlung eines geeigneten Gewichtungsfaktors vermieden. Dazu wird die in Konzept 2 angewendete Logik dahingehend abgeändert, dass mögliche neue Abteilungen nur dann mit der durchschnittlichen Qualitätspunktzahl der betrachteten Fachrichtung bewertet werden, wenn die Gesamtqualität des Krankenhauses im oberen Drittel liegt. Andernfalls werden der möglichen neuen Fachrichtung null Punkte zugewiesen (vgl. Zahlenbeispiel in Tabelle 2-10).

Krankenhaus	Qualität Krankenhaus		Qualität Fachabteilung Punkte	Berücksichtigte Punkte	Betten	
	Punkte	Rang			Ist	Plan
KH1	70	6	50	50	10	0
KH2	90	2	-	53,75	0	10
KH3	80	4	-	0	0	0
KH4	95	1	50	50	10	10
KH5	75	5	60	60	5	10
KH6	85	3	55	55	5	0
Durchschnitt:	82,5	Durchschnitt:	53,75	Summe:	30	30

Tabelle 2-10: Zahlenbeispiel zur Qualitätsbewertung in Konzept 3

In Konzept 3 wird sichergestellt, dass neue Fachabteilungen solchen Fachabteilungen mit unterdurchschnittlicher Qualität vorgezogen werden, gleichzeitig jedoch nur qualitativ herausragende Krankenhäuser von einer Leistungs- und Mengenausweitung profitieren. Das drohende Marktausscheiden bei unterdurchschnittlicher Qualität setzt für jedes Krankenhaus und jede Fachabteilung den Anreiz in der Beurteilung der Krankenhausqualität mindestens zum oberen Drittel zu gehören. Dadurch fördert Konzept 3 den Wettbewerb zwischen den Krankenhäusern und stellt gleichzeitig sicher, dass Krankenhäuser mit hoher Gesamtqualität und geringer Fachrichtungsqualität nicht von Krankenhäusern verdrängt werden, die die betrachtete Fachrichtung nicht anbieten und gleichzeitig eine geringere Krankenhausqualität aufweisen.

Abschließend ist festzuhalten, dass Konzept 3 angewendet werden sollte, um einen Planqualitätswert für noch nicht existierende, aber mögliche Fachabteilungen zu ermitteln. Dieser Planqualitätswert sollte immer dann herangezogen werden, wenn die bestehende Krankenhausstruktur verändert werden soll.

2.1.6.5 Stand der Diskussion und Einführung von planungsrelevanten Qualitätskriterien auf Bundesebene

Der Bundestag als gesetzgebende Institution hat den G-BA beauftragt planungsrelevante Qualitätskriterien zu entwickeln, die geeignet sind, medizinische Fachabteilungen im relativen Vergleich miteinander als gut, durchschnittlich oder unzureichend zu klassifizieren und die Vergütung der stationären Leistung an diese Bewertung zu koppeln.¹⁸⁵

Der G-BA hat daraufhin am 17. März 2016 das Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) damit betraut, aus bereits vorhandenen Qualitätsindikatoren zu Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität diejenigen Qualitätsindikatoren zu identifizieren, die sich für die qualitätsorientierte Krankenhausplanung eignen.¹⁸⁶ Durch die Verwendung von bereits bekannten Qualitätsindikatoren sollte die Einführung einer qualitätsorientierten Krankenhausplanung beschleunigt werden.¹⁸⁷

¹⁸⁵ Vgl. BT-Drs. 18/5372, S. 35 und S. 90

¹⁸⁶ Vgl. G-BA 2016a

¹⁸⁷ Vgl. Bundesärztekammer 2019, S. 19

Das IQTIG hat am 31. August 2016 vier Leistungsbereiche (gynäkologische Operationen, Geburtshilfe, Mammachirurgie und Herzchirurgie) für die Definition von ersten Qualitätsindikatoren identifiziert und zwölf Qualitätsindikatoren – ausschließlich in den gynäkologischen Leistungsbereichen – als planungsrelevant vorgeschlagen.¹⁸⁸ Der G-BA ist dieser Empfehlung in seinem zum 15. Dezember 2016 gefassten Beschluss weitestgehend gefolgt, indem er elf Indikatoren zu planungsrelevanten Qualitätsindikatoren erklärt hat.¹⁸⁹ Mit dem Erlass des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG)¹⁹⁰ und der Veröffentlichung im Bundesanzeiger ist die Richtlinie (plan.QI-RL) zum 23. März 2017 in Kraft getreten. Der G-BA und das BMG haben diesbezüglich übereinstimmend festgestellt, dass die entwickelten, verabschiedeten und in Kraft getretenen elf Qualitätsindikatoren keine Schlussfolgerung zulassen, ob die beurteilte Fachabteilung der Forderung des § 8 Abs. 1a KHG gerecht wird¹⁹¹, d. h. ob dadurch zweifelsfrei ermittelt werden kann, dass die unzureichende Qualität dauerhafter und nicht nur vorübergehender Natur ist. Das BMG hat den G-BA aufgefordert diesen Mangel bis Ende 2019 zu beheben, damit den Ländern ab 2020 belastbare Indikatoren für die qualitätsbasierte Krankenhausplanung auf Ebene der Fachabteilungen vorliegen.¹⁹²

Das IQTIG hat am 30. September 2019 insgesamt acht weitere Qualitätsindikatoren aus den Bereichen Gynäkologische Operationen (vier Indikatoren), Geburtshilfe (zwei Indikatoren) und Mammachirurgie (zwei Indikatoren) ausgewählt, so dass nun 19 Qualitätsindikatoren in vier Leistungsbereichen durch das IQTIG für die qualitätsorientierte Krankenhausplanung empfohlen werden.¹⁹³

Die im Jahr 2017 durch G-BA und BMG verabschiedeten Qualitätsindikatoren und die im Jahr 2019 zusätzlich vom IQTIG empfohlenen planungsrelevanten Qualitätsindikatoren betreffen drei Leistungsbereiche, die alle dem Fachgebiet „Frauenheilkunde und Geburtshilfe“ zuzuordnen sind. Planungsrelevante Qualitätsindikatoren für alle weiteren Fachgebiete – und damit 89 % aller Fachabteilungen in Allgemeinkrankenhäusern¹⁹⁴

¹⁸⁸ Vgl. IQTIG 2016, S. 138f.

¹⁸⁹ Vgl. G-BA 2016b

¹⁹⁰ Vgl. BMG 2017

¹⁹¹ Vgl. G-BA 2016c, S. 4f.; BMG 2017, S. 2

¹⁹² Vgl. BMG 2017, S. 1 und S. 3

¹⁹³ Vgl. IQTIG 2019, S. 12

¹⁹⁴ Vgl. GBE-Bund 2019, eigene Auswertung

sowie 92,4 % aller vollstationären Fälle im Jahr 2017¹⁹⁵ – wurden nicht festgelegt. Zudem hatten 50 % der Krankenhäuser in Deutschland (Universitätskliniken und Plankrankenhäuser) im Jahr 2014 weder ein frauenheilkundliches noch ein geburtshilfliches Angebot.¹⁹⁶ Für diese Fachabteilungen, Fälle und Krankenhäuser liegen demnach keine planungsrelevanten Qualitätsindikatoren vor.

Es ist daher festzuhalten, dass die im Jahr 2019 zusätzlich vom IQTIG identifizierten Qualitätsindikatoren, aufgrund des weiterhin auf ein Fachgebiet (Frauenheilkunde und Geburtshilfe) limitierten Fokus, kein geeignetes Steuerungsinstrument einer mehrheitlich qualitätsorientierten Krankenhausplanung sind. Es ist darüber hinaus fraglich, ob die verabschiedeten und empfohlenen Qualitätsindikatoren innerhalb der Frauenheilkunde und Geburtshilfe geeignet sind, diejenigen Fachabteilungen zu identifizieren, die dauerhaft eine nicht ausreichende Qualität erbringen.

Diese beiden Aspekte (limitierter Fokus und Eignung innerhalb des limitierten Fokus) wurden im Rahmen des Stellungnahmeverfahrens zum Vorbericht des IQTIG von mehreren medizinischen Fachgesellschaften sowie durch die Bundesländer problematisiert und an das IQTIG adressiert.¹⁹⁷

Im Rahmen der turnusmäßigen Überarbeitungen der plan.QI-RL hat der G-BA die zusätzlichen acht Qualitätsindikatoren bis zum Oktober 2021 nicht in die Liste der planungsrelevanten Qualitätsindikatoren übernommen¹⁹⁸, sondern das IQTIG beauftragt eine methodische Neukonzeption vorzunehmen.¹⁹⁹ Diese Neukonzeption wurde dem G-BA im Januar 2021 vorgelegt, der Abschlussbericht wird für März 2022 erwartet.²⁰⁰

Für die vorliegende Arbeit ist daher festzustellen, dass die derzeit gültigen, im Bundesrecht definierten, planungsrelevanten Qualitätsindikatoren nicht zur Krankenhausplanung herangezogen werden können. Es ist daher in Kapitel 2.2.2 zu prüfen, ob in NRW geeignete Qualitätsvorgaben auf Landesebene definiert wurden, die für die Krankenhausplanung herangezogen werden können.

¹⁹⁵ Vgl. Destatis 2020c, eigene Auswertung

¹⁹⁶ Vgl. Statistische Ämter 2016, eigene Auswertung

¹⁹⁷ Vgl. AWMF 2019, S. 4; Bundesärztekammer 2019, S. 20; DGGG 2019, S. 6; DKG 2019b, S. 8; DGPGM 2019, S. 2; GKV-Spitzenverband 2019, S. 5; STMGP 2019, S. 2

¹⁹⁸ Vgl. G-BA 2021b, S. 1f., G-BA 2021c, S. 1ff.

¹⁹⁹ Vgl. G-BA 2020, S. 1

²⁰⁰ Vgl. G-BA 2021a, S. 29

2.1.7 Leistungsfähigkeit der Krankenhäuser

Ein medizinisch leistungsfähiges Krankenhaus muss, gemäß der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts und des Bundesverfassungsgerichts, dauerhaft die erforderliche personelle, räumliche und medizinische Ausstattung besitzen, um seinem Versorgungsauftrag gerecht zu werden.²⁰¹ Damit ein Krankenhaus leistungsfähig im Sinne des KHG ist, muss das Angebot dem Stand der medizinischen Wissenschaft entsprechen,²⁰² nicht jedoch über diesen hinausgehen²⁰³. Dementsprechend soll mit der Forderung nach Leistungsfähigkeit sichergestellt werden, dass ein „Krankenhaus [...] die ‚medizinischen Mindeststandards‘ erfüllt“²⁰⁴. Das erforderliche Mindestniveau, ab dem ein Krankenhaus als leistungsfähig angesehen wird, kann je nach Versorgungsauftrag und Krankenhaustyp (Allgemeinkrankenhäuser, Fachkrankenhäuser, Universitätskliniken) variieren.²⁰⁵

Um die Forderung nach Leistungsfähigkeit der Krankenhäuser exakt in dem zu entwickelnden Optimierungsmodell abbilden zu können, ist eine Liste von Kriterien notwendig, die festlegt, ab wann ein Krankenhaus oder eine Fachrichtung die erforderlichen Mindeststandards in Bezug auf die personelle, räumliche und medizinische Ausstattung erfüllt. Darüber hinaus müssen alle Krankenhausstandorte, basierend auf dieser Liste, als leistungsfähig oder nicht leistungsfähig klassifiziert werden.

Derzeit liegt weder eine solche Kriterienliste noch eine Klassifizierung der Krankenhausstandorte anhand einer solchen Liste vor.²⁰⁶ Daher kann im Rahmen dieser Arbeit nicht bewertet werden, ob ein existierendes Krankenhaus die erforderlichen personellen, medizinischen und räumlichen Voraussetzungen erfüllt.

Sofern in den landesrechtlichen Regelungen keine weiteren Konkretisierungen zur erforderlichen personellen, räumlichen oder medizinischen Ausstattung erfolgen, muss die Forderung nach Leistungsfähigkeit daher durch Surrogatkriterien berücksichtigt werden, die verhindern, dass die Krankenhausplanung Strukturen schafft, die die Leistungsfähig-

²⁰¹ Vgl. Stollmann 2014, S. 1473, Rn. 17f.; Rehborn und Thomae 2011, S. 1349, Rn. 80

²⁰² Vgl. Stollmann 2014, S. 1473, Rn. 17; Dietz und Bofinger 2015, S. 11; Rehborn und Thomae 2011, S. 1349, Rn. 80; Dettling und Würtemberger 2014, S. 44, Rn. 93

²⁰³ Vgl. Dettling und Würtemberger 2014, S. 44, Rn. 93

²⁰⁴ Dettling und Würtemberger 2014, S. 44, Rn. 93; ähnlich Stollmann 2014, S. 1474, Rn. 19

²⁰⁵ Vgl. Dettling und Würtemberger 2014, S. 43, Rn. 90; Stollmann 2014, S. 1473, Rn. 17

²⁰⁶ Vgl. Loos et al. 2019, S. 64 und S. 81

keit der Krankenhäuser negativ beeinflussen. Diese Surrogatkriterien werden als indirekt abbildbare Bedingungen im Krankenhausplanungsproblem in Kapitel 4.1 berücksichtigt.

In Kapitel 2.1.4 wurde dargelegt, dass ausreichend große Krankenhausstandorte und ausreichend große Fachabteilungen Skaleneffekte erzielen, da sie eine Behandlungsleistung häufiger erbringen als kleinere Einheiten. Durch die häufige Erbringung einer Behandlungsleistung steigen, ausgelöst durch Lernkurveneffekte, die Qualität der Leistungserbringung (Prozessqualität), die Qualität des Behandlungsergebnisses (Ergebnisqualität) und die Profitabilität des Krankenhausstandortes.²⁰⁷ Gleichzeitig erleichtern größere Fachabteilungen die Einhaltung von Mindestanforderungen an die personelle Ausstattung (Strukturqualität).

Loos et al. 2019 stellen beispielsweise fest, dass in einer Fachrichtung 5,5 ärztliche Fachkräfte mit spezialisierter Berufsbezeichnung notwendig sind, um die Strukturqualitätsvorgabe des nordrhein-westfälischen Krankenhausplans zu erfüllen.²⁰⁸ Eine Auswertung des Verhältnisses von ärztlichem Personal und aufgestellten Krankenhausbetten ergibt, dass im Jahr 2017 auf 16 Krankenhausbetten durchschnittlich 5,5 ärztliche Fachkräfte mit spezialisierter Berufsbezeichnung entfallen.²⁰⁹ Um den Facharztstandard zu erfüllen und gleichzeitig wirtschaftlich sein zu können, sollte eine Fachabteilung daher i. d. R. mindestens 16 Betten aufweisen.

Somit dienen die Surrogatkriterien, die für die Abbildung der wirtschaftlichen Sicherung definiert wurden (Mindestkrankenhausgröße, Mindestfachabteilungsgröße, Mindestanzahl Abteilungen, Richtgröße eines Krankenhauses in Abhängigkeit von den zugewiesenen Abteilungen), im Krankenhausplanungsproblem in Kapitel 4.1 auch als Surrogatkriterien für die Abbildung der Leistungsfähigkeit in Form einer indirekten Bedingung.

Für die Zukunft sollte die Legislative einen umfassenden Kriterienkatalog zur Beurteilung der Qualität eines Krankenhauses und einer Fachabteilung verabschieden. Dieser

²⁰⁷ Vgl. Loos et al. 2016, S. 26f.; Augurzky et al. 2018, S. 67f.; Bauer 2017, S. 108; Neubauer und Minartz 2009, S. 6

²⁰⁸ Vgl. Loos et al. 2019, S. 767

²⁰⁹ Vgl. Destatis 2018b, Tabelle 2.1.1, Tabelle 2.3.1.1 und Tabelle 2.3.2.1; eigene Auswertung

Es werden alle Krankenhäuser betrachtet, die nicht ausschließlich der psychiatrischen Versorgung zuzurechnen sind. Unterschiede zwischen den verschiedenen Fachrichtungen werden nicht betrachtet, da der Detaillierungsgrad der Daten dies nicht zulässt.

Kriterienkatalog sollte zudem für jede Qualitätsdimension und jede Fachrichtung Mindestkriterien enthalten. Die Erfüllung dieser Mindestkriterien führt dazu, dass die Fachabteilung, unabhängig von der erreichten Gesamtbewertung, als leistungsfähig eingestuft wird. Diese Mindestkriterien stellen folglich sog. K. O.-Kriterien dar²¹⁰, die bei Nichterfüllung der Mindestanforderungen dazu führen, dass der Krankenhausstandort bzw. die Fachabteilung im Rahmen der strategischen Krankenhausplanung nicht berücksichtigt wird. Diese K.O.-Kriterien eignen sich darüber hinaus dafür, einen Krankenhausstandort bzw. eine Fachabteilung, die in mehreren aufeinanderfolgenden Zwischenevaluationen die Mindestanforderungen nicht erreicht, auch innerhalb eines Planungszeitraums aus dem Krankenhausplan zu nehmen. Im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem in Kapitel 4.2 sind daher mathematische Formulierungen zu berücksichtigen, die sicherstellen, dass Betten nur zu Fachabteilungen zugewiesen werden, die die Mindestanforderungen erfüllen.

2.1.8 Eigenverantwortlichkeit

Mit der Einführung des Aspektes der „eigenverantwortlich wirtschaftenden Krankenhäuser“ wollte der Bundestag die unternehmerische Eigenverantwortung der Krankenhäuser stärken und einen zusätzlichen Anreiz für einen kostenbewussten Geschäftsbetrieb setzen.²¹¹

Die Forderung nach Eigenverantwortlichkeit zielt auf die Art und Weise ab, in der der Geschäftsbetrieb eines Krankenhauses geführt wird. Dementsprechend handelt es sich bei der Vorgabe der Eigenverantwortlichkeit um ein Auswahlkriterium, das im direkten Vergleich zwischen zwei gleichermaßen geeigneten Krankenhäusern heranzuziehen ist.

Die in dieser Arbeit zu entwickelnden Optimierungsmodelle können durch die öffentliche Verwaltung dazu eingesetzt werden, (1) die Folgen neuer gesetzlicher Vorgaben zur Krankenhausplanung abzuschätzen, (2) regional differenzierte Zielvorgaben für die Gestaltung der Krankenhausstruktur zu machen, (3) dezentral erarbeitete Krankenhausstrukturen hinsichtlich ihrer Effizienz zu evaluieren und (4) den Auswahlprozess der zukünftigen Krankenhausstruktur durch die Generierung gleich guter Alternativen zu professionalisieren (vgl. Kapitel 1.6). Aufgrund der Komplexität der Rahmenbedingungen

²¹⁰ Zu K.O.-Kriterien vgl. Janker 2008, S. 40f.

²¹¹ Vgl. BT-Drs. 10/2095, S. 20

(vgl. Kapitel 1.4) ist davon auszugehen, dass mehrere alternative Krankenhausstrukturen die Zielsetzung gleich gut erfüllen. Die endgültige Auswahl der zu implementierenden Krankenhausstruktur sollte daher immer erfolgen, indem die entscheidungsbefugten Personen die mathematisch gleich guten Alternativen evaluieren und ggf. anhand von weiteren qualitativen Kriterien bewerten (vgl. Kapitel 1.6). Dementsprechend müssen nur Planungsvorgaben im Modell berücksichtigt werden, die das Krankenhausnetzwerk in seiner Gesamtheit beeinflussen. Planungsvorgaben, die darüber entscheiden, ob bei identischer Eignung Krankenhaus A oder Krankenhaus B in den Krankenhausplan aufgenommen wird, können vernachlässigt werden.

Deswegen muss die bundesrechtliche Regelung zur Eigenverantwortlichkeit der Krankenhäuser in den Optimierungsmodellen nicht abgebildet werden, sondern ist im Rahmen der finalen Auswahl als weiteres qualitatives Kriterium zu berücksichtigen.

2.1.9 Identifikation des gewünschten Zentralisierungsgrades

Die Festlegung der Krankenhausstruktur erfordert einen Kompromiss zwischen der zentralen Lokalisierung von Behandlungsleistungen verbunden mit einer kleinen Anzahl großer Fachabteilungen und der dezentralen Lokalisierung von Behandlungsleistungen verbunden mit einer großen Anzahl kleiner Fachabteilungen in einer Fachrichtung. Dieser Kompromiss zwischen Zentralisierung und Dezentralisierung der Krankenhausstruktur wird im Folgenden als idealer Zentralisierungsgrad bezeichnet.

Die in den Krankenhausplan eines Bundeslandes aufgenommenen Krankenhäuser haben nach §§ 8, 9 KHG Anspruch auf eine landesrechtliche Finanzierung der Investitionskosten sowie die Gewährung von Fördergeldern u. a. für die Aufnahme, Änderung und Schließung des Krankenhausbetriebes. Die Höhe der dafür benötigten Haushaltsmittel hängt von der Anzahl der Krankenhausstandorte sowie Fachabteilungen und von den Restrukturierungsmaßnahmen, d. h. dem Aus- oder Abbau sowie der Verlagerung von Planbetten und Fachabteilungen, ab. Dementsprechend sind bei der Modellierung fixe und variable Kosten für Inbetriebnahme, Erweiterung, Betrieb, Schließung und Verlagerung jedes Krankenhausstandortes sowie für die Vorhaltung und Erbringung von medizinischen Leistungen für jede Fachrichtung eines Krankenhausstandortes zu berücksichtigen.

sichtigen. Diese Kosten sind für das im Rahmen der Fallstudie zu betrachtende nordrhein-westfälische Krankenhausnetzwerk nicht öffentlich zugänglich²¹².

Dementsprechend müssen geeignete Surrogatkriterien ausgewählt werden, die Investitions-, Betriebs- und Restrukturierungskosten des Krankenhausnetzwerkes abbilden können.

Je weniger Krankenhäuser und Fachabteilungen als Plankrankenhäuser Teil des Krankenhausplans sind, desto kleiner ist der Kreis der Anspruchsberechtigten für Investitionskostenerstattung und weitere Fördermittel nach § 9 KHG. Dementsprechend definiert das MGEPA NRW im 12. Planungsgrundsatz des Landeskrankenhausplans 2015, dass vorrangig ganze Einheiten (Krankenhäuser oder Fachabteilungen) zu schließen sind, um das neue Planbettenziel zu erreichen.²¹³ Dies wird im Folgenden als **Angebotsbündelung** bezeichnet.

Die Anpassung der Krankenhausstruktur an die veränderten Rahmenbedingungen führt zu einer Verschiebung von Planbetten zwischen Krankenhäusern und Fachrichtungen. So kann beispielsweise ein Krankenhaus eine Fachabteilung schließen und gleichzeitig zwei andere Fachabteilungen vergrößern, ohne dass sich die Anzahl der insgesamt zugewiesenen Planbetten ändert. Gleichzeitig können Krankenhausstandorte geschlossen und die Bedarfe anderen Krankenhäusern zugeteilt werden, entweder zu bestehenden oder zu neu eröffneten Fachabteilungen. Je mehr Betten zwischen Krankenhäusern und Fachrichtungen verschoben werden, desto höher sind die Restrukturierungskosten. Um diese Kosten so gering wie möglich zu halten, ist daher die Verlagerung von Planbetten auf das notwendige Mindestmaß zu beschränken. Dies wird im Folgenden als **Systemstabilität** bezeichnet. Je größer die Systemstabilität, desto nachhaltiger sind zudem Haushaltsmittel, die in der Vergangenheit für die Investitionsförderung der Krankenhäuser verwendet wurden.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass der ideale Zentralisierungsgrad in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen indirekt durch zwei Surrogatkriterien abgebildet werden muss. Während die Angebotsbündelung erreicht werden kann, indem

²¹² Zwar können aus den Jahresabschlüssen der Krankenhäuser Schätzungen über die Höhe dieser Kosten abgeleitet werden (vgl. Augurzky und Pilny 2018, S. 143, für Sachsen), jedoch handelt es sich hierbei um Durchschnittswerte, die nicht nach Fachrichtungen und Krankenhäusern differenzieren.

²¹³ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 137

in jeder Fachrichtung eine möglichst geringe Anzahl möglichst großer Fachabteilungen lokalisiert wird, wird Systemstabilität erzielt, indem die Verschiebung von Planbetten zwischen Krankenhäusern und Fachabteilungen minimiert wird. Angebotsbündelung und Systemstabilität wirken dabei in entgegengesetzter Richtung auf den Zentralisierungsgrad des Krankenhausnetzwerkes ein.²¹⁴

Darüber hinaus beeinflussen alle anderen bundes- und landesrechtlichen Regelungen die maximal erzielbare Angebotsbündelung bzw. die maximal erreichbare Systemstabilität, da sie den Lösungsraum des Optimierungsproblems definieren.

2.1.10 Zusammenfassung der bundesrechtlichen Planungsvorgaben

Aus den bundesrechtlichen Regelungen des KHG konnten neun Planungsvorgaben abgeleitet werden. Das Ziel der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung kann direkt in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen abgebildet werden. Für die Abbildung von sechs weiteren Ziele (regionenübergreifende Versorgung, Trägervielfalt, wirtschaftliche Sicherung, Kostengünstigkeit, Leistungsfähigkeit und idealer Zentralisierungsgrad) wurden Surrogatkriterien hergeleitet, die eine indirekte Abbildung dieser bundesrechtlichen Planungsziele ermöglichen. Für die Anforderung einer qualitativ hochwertigen Versorgung sind im Bundesrecht derzeit keine geeigneten Qualitätsindikatoren definiert. Ob diese Planungsvorgabe im Krankenhausplanungsproblem direkt oder indirekt abgebildet wird, hängt daher von den landesrechtlichen Regelungen ab, die in Kapitel 2.2.2 erläutert werden. Abschließend bleibt festzuhalten, dass das im KHG formulierte Ziel der Eigenverantwortlichkeit nicht abgebildet werden muss, weil es die konkrete Auswahl zwischen zwei gleichermaßen geeigneten Krankenhäuser, nicht jedoch die Struktur des Krankenhausnetzwerkes an sich, beeinflusst.

Im folgenden Kapitel werden die landesrechtlichen Vorgaben des Bundeslandes NRW zur Krankenhausplanung vorgestellt.

²¹⁴ Auch wenn die beiden Zielsetzungen in entgegengesetzter Richtung auf den Zentralisierungsgrad des Krankenhausnetzwerkes einwirken, bedeutet dies nicht zwingend, dass sich die Ergebnisse des Optimierungsmodells für die beiden Zielsetzungen unterscheiden (vgl. dazu die Ergebnisse für Region C in Kapitel 6 und Kapitel 7.2).

2.2 Krankenhausplanung nach Landesrecht am Beispiel von Nordrhein-Westfalen

Die rechtlichen Vorgaben zur konkreten Ausgestaltung der Krankenhausstrukturen durch die Bundesländer ergeben sich aus den Landeskrankenhausgesetzen in Verbindung mit den regelmäßig überarbeiteten Landeskrankenhausplänen.^{215,216} In Kapitel 1.7 wurde NRW als Fallbeispiel für die im Rahmen dieser Arbeit zu entwickelnden Optimierungsmodelle ausgewählt. Im folgenden Kapitel 2.2 werden dementsprechend die landesrechtlichen Planungsvorgaben, die sich aus dem Krankenhausgestaltungsgesetz Nordrhein-Westfalen (KHGG NRW) und dem Krankenhausplan NRW ergeben, erläutert. Dazu gehören patienten- und bedarfsgerechte Versorgung nach landesrechtlichen Vorgaben (Kapitel 2.2.1), landesspezifische Qualitätsvorgaben (Kapitel 2.2.2), die Differenzierung des medizinischen Angebotsspektrums nach Krankentypen (Kapitel 2.2.3) sowie die Strukturkontinuität (Kapitel 2.2.4).

In Tabelle 2-11 und Tabelle 2-12 (S. 69) werden die vier aus dem Landesrecht abgeleiteten legislativen Vorgaben und ihre Bedeutung erläutert. Des Weiteren kann den Tabellen entnommen werden, ob sich eine Vorgabe auf das Krankenhausnetzwerk als Ganzes oder auf das einzelne Plankrankenhaus bezieht und in welchem der folgenden Kapitel die jeweilige landesrechtliche Vorgabe detailliert erörtert wird.

Vorgabe	Erläuterung	Fundstelle	Bezugspunkt	Unterkapitel
Patienten- und bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung mit Krankenhausleistungen	Krankenhäuser müssen geografisch so lokalisiert werden, dass eine wohnortnahe Versorgung der Bevölkerung mit den passgenauen medizinischen Leistungen ermöglicht wird.	§ 1 Abs. 1 S. 1 KHGG NRW	Krankenhausnetzwerk	Kapitel 2.2.1
Qualität	Die Krankenhausplanung wird an Qualitätskriterien geknüpft.	Landeskrankenhausplan 2015, insbesondere Kapitel 2.2.2.1	Krankenhaus	Kapitel 2.2.2

Tabelle 2-11: Vorgaben zur Krankenhausplanung nach nordrhein-westfälischem Landesrecht (Teil 1)

²¹⁵ Vgl. Rehborn und Thomae 2011, S. 1332, Rn. 3ff.

²¹⁶ Eine aktuelle Übersicht über den Ablauf der Krankenhausplanung in den sechzehn Bundesländern ist bei DKG 2019a zu finden. Diese Publikation wird regelmäßig von der Deutschen Krankenhausgesellschaft aktualisiert.

Vorgabe	Erläuterung	Fundstelle	Bezugspunkt	Unterkapitel
Differenziertes Angebots-spektrum	Zulässiges Behandlungsangebot hängt vom Krankentyp ab (Allgemein-, Fach- oder Universitätskrankenhaus)	Landeskrankenhausplan 2015, insbesondere Kapitel 2.3.1 und Kapitel 2.3.2	Krankenhaus	Kapitel 2.2.3
Struktur-kontinuität	Neubauten und Standort-erweiterungen sind nur notwendig, wenn das bestehende Angebot stationärer Leistungen in einer Region von Unterversorgung gekennzeichnet ist.	Landeskrankenhausplan 2015, insbesondere Kapitel 4	Krankenhaus-netzwerk	Kapitel 2.2.4

Tabelle 2-12: Vorgaben zur Krankenhausplanung nach nordrhein-westfälischem Landesrecht (Teil 2)

2.2.1 Patienten- und bedarfsgerechte Versorgung nach landesrechtlichen Vorgaben

In § 1 Abs 1 S. 1 KHGG NRW nimmt die Landesgesetzgebung den Gedanken der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung aus dem Bundesrecht auf (vgl. Kapitel 2.1.1) und ergänzt diesen um den Aspekt der **wohnnahen gestuften Versorgung**. Die folgenden Kapitel 2.2.1.1 und 2.2.1.2 erläutern die Anforderungen, die sich aus den landesrechtlichen Regelungen für die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle ergeben.

2.2.1.1 Anforderungen an die Erreichbarkeit des Krankenhausangebots im Rahmen einer wohnnahen gestuften Versorgung

Ein Behandlungsangebot gilt als erreichbar, wenn die Entfernung zwischen dem Wohnort der zu behandelnden Person und dem Krankenhaus, das die benötigte Leistung anbietet, eine definierte maximale Entfernung nicht überschreitet. Die maximal zulässige Entfernung ist durch die Politik basierend auf dem Kriterium der **Wohnortnähe** vorzugeben (vgl. Kapitel 2.1.1).

Nach Definition des nordrhein-westfälischen Landeskrankenhausplans liegt **Wohnortnähe** in den Fachrichtungen der örtlichen Versorgung (Allgemeine Chirurgie, Allgemeine Innere Medizin, Frauenheilkunde und Geburtshilfe) vor, wenn das stationäre Angebot

nicht weiter als 20 km vom Wohnort der zu behandelnden Person entfernt liegt.²¹⁷ Weist eine Region topografische Besonderheiten auf oder besteht regelmäßig ein erhöhtes Verkehrsaufkommen, kann diese Distanz auf 15 km verkürzt werden.²¹⁸

Jedoch definiert NRW weder, welche geografischen oder verkehrsinfrastrukturellen Kriterien erfüllt sein müssen, damit der Ausnahmesachverhalt erfüllt ist oder wie diese Kriterien zu erfassen sind, noch existiert eine Liste von Regionen, die die Kriterien der topografischen oder verkehrsinfrastrukturellen Besonderheit erfüllen.

Somit kann in den mathematischen Optimierungsmodellen eine weitergehende Differenzierung von Regionen mit und ohne topografische Besonderheiten nicht vorgenommen werden, sondern es muss landesweit eine Distanz von 20 km zu Grunde gelegt werden.

Die Unterteilung in Fachgebiete der örtlichen, überörtlichen und überregionalen Versorgung wird im nordrhein-westfälischen Landeskrankenhausplan 2015 aus dem vorherigen Landeskrankenhausplan 2001 übernommen.²¹⁹ Aus dieser Klassifikation der medizinischen Fachrichtungen folgt, dass die Entfernung zwischen Wohn- und Behandlungsort für spezialisierte und seltenere Behandlungen größer sein darf als für Routinebehandlungen.²²⁰ Daher ist davon auszugehen, dass die Angebote der überörtlichen und überregionalen Versorgung weiter als 20 km entfernt sein dürfen, auch wenn seitens des nordrhein-westfälischen Gesundheitsministeriums im Landeskrankenhausplan 2015 keine konkrete zulässige Maximalentfernung zwischen Wohn- und Behandlungsort definiert wird.

2.2.1.2 Anforderungen an die Geeignetheit des Krankenhausangebots

Ein Behandlungsplatz ist geeignet, wenn dieser den lokal auftretenden Bedarf nach Art und Umfang decken kann (vgl. Kapitel 2.1.1).

Zur Ermittlung des Bedarfs an somatischen Krankenhausleistungen verwendet NRW die Hill-Burton-Formel.²²¹ Mit der Hill-Burton-Formel in Gleichung (1) wird die Anzahl der benötigten Krankenhausbetten (Bettenbedarf) in einer Region in Abhängigkeit von der

²¹⁷ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 23

²¹⁸ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 23

²¹⁹ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 34

²²⁰ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 33

²²¹ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 19

Verweildauer, der Krankenhaushäufigkeit, der Bevölkerungszahl²²² und dem Bettennutzungsgrad bestimmt.²²³

$$\text{Bettenbedarf} = \frac{\text{Verweildauer} * \text{Krankenhaushäufigkeit} * \text{Bevölkerungszahl}}{\text{Bettennutzungsgrad} * 365} \quad (1)$$

<i>mit Bettenbedarf</i>	<i>Anzahl der benötigten Krankenhausbetten</i>
<i>Verweildauer</i>	<i>Durchschnittliche Dauer des Krankenhausaufenthaltes</i>
<i>Krankenhaushäufigkeit</i>	<i>Anteil der Bevölkerung, der im Verlauf eines Jahres stationär behandelt wird</i>
<i>Bettennutzungsgrad</i>	<i>Sollauslastung der Krankenhausbetten</i>

Üblicherweise sind bei der Anwendung der Hill-Burton-Formel alle vier Einflussfaktoren (Bettenbedarf, Verweildauer, Krankenhaushäufigkeit und Bettennutzungsgrad) konstant. Für die Anwendung der Hill-Burton-Formel auf das Bundesland NRW wurden die Einflussfaktoren Krankenhaushäufigkeit, Verweildauer und Bettennutzungsgrad durch das zuständige Ministerium für Gesundheit, Emanzipation, Pflege und Alter (MGEPa NRW) ermittelt.²²⁴ Die Bevölkerungszahl des Landes NRW prognostizierte das MGEPa NRW unter Berücksichtigung von Geburtenrate, Morbiditätsprognose und Wanderungsbewegungen für das Jahr 2015.²²⁵

Den mit der Hill-Burton-Formel berechneten Bettenbedarf hat das MGEPa NRW anschließend den medizinischen Fachgesellschaften vorgestellt, die diesen Wert korrigieren konnten. Die Ergebnisse der Berechnung des Bettenbedarfs mit der Hill-Burton-Formel, die durch die Einschätzung von Fachleuten angepasste Prognose und der Vergleich untereinander sowie zum Ausgangswert sind in Tabelle 2-13 (S. 72) dargestellt.

²²² In der Originalformulierung der Hill-Burton-Formel wird im deutschen der Begriff Einwohnerzahl verwendet. Dieser wurde in der vorliegenden Arbeit durch die geschlechtsneutrale Formulierung Bevölkerungszahl ersetzt.

²²³ Hill-Burton-Formel in der von NRW verwendeten Fassung, vgl. MGEPa NRW 2013b, S. 135

²²⁴ Vgl. MGEPa NRW 2013b, S. 64ff.

²²⁵ Vgl. MGEPa NRW 2013b, S. 67f.

Fachrichtung	Bettenbestand Im Jahr 2010	Prognose des Bedarfs im Jahr 2015 ²²⁶	Planbetten für das Jahr 2015 ²²⁷	Δ Bestand 2010 vs. Prognose 2015	Δ Bestand 2010 vs. Planbetten 2015
Augenheilkunde	1.066	730	782	-32 %	-27 %
Chirurgie inkl. Orthopädie	32.845	29.027	27.622	-12 %	-16 %
Frauenheilkunde und Geburtshilfe	9.255	7.515	6.212	-19 %	-33 %
Geriatric	4.035	4.653	5.197	15 %	29 %
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	2.750	2.423	1.889	-12 %	-31 %
Haut- und Geschlechtskrankheiten	1.097	980	942	-11 %	-14 %
Herzchirurgie	884	926	926	+5 %	+5 %
Innere Medizin	38.295	36.161	36.452	-6 %	-5 %
Kinder- und Jugendmedizin	4.643	4.296	4.053	-7 %	-13 %
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	683	619	492	-9 %	-28 %
Neurochirurgie	1.427	1.419	1.413	-1 %	-1 %
Neurologie	4.523	4.442	5.058	-2 %	+12 %
Nuklearmedizin	236	238	145	+1 %	-39 %
Strahlenheilkunde	803	723	566	-10 %	-30 %
Urologie	3.875	3.583	3.480	-8 %	-10 %
Summe	106.417	97.735	95.229		
Veränderung zu 2010		-8.682	-11.188	-6 %	-11 %

Tabelle 2-13: Vergleich der Prognosen für den Bettenbedarf in den somatischen Fachrichtungen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2015²²⁸

Für die Erfüllung des Kriteriums der **Geeignetheit** in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen ist jedoch nicht der bundeslandweite Bedarf, sondern der lokal auftretende Bedarf notwendig (vgl. Kapitel 1.2 und Kapitel 2.1.1). Daher muss der ortsspezifische Pro-Kopf-Bedarf unter Berücksichtigung der soziodemografischen Faktoren Alter und Geschlecht ermittelt werden (vgl. Kapitel 2.1.1). Zu diesem Zweck wird die Hill-Burton-Formel für die vorliegende Arbeit dahingehend modifiziert, dass die Parameter Verweildauer und Bettennutzungsgrad nach Fachrichtungen und der Parameter Krankenhaushäufigkeit nach Alter, Geschlecht und Fachrichtung differenziert werden. Zusätzlich wird nicht mit dem Parameter Faktor Bevölkerungszahl multipliziert, so dass anstelle

²²⁶ Prognose durch das MGEPA NRW (vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.)

²²⁷ Korrigierte Prognose basierend auf der Einschätzung durch die medizinischen Fachgesellschaften (MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.)

²²⁸ Eigene Darstellung basierend auf MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.

des Bedarfs einer bestimmten Region der Pro-Kopf-Bedarf ermittelt wird. Die im Folgenden verwendete modifizierte Hill-Burton-Formel ist in Gleichung (2) dargestellt.

$$\text{Kopfbedarf}_{A,G,F} = \frac{\text{Verweildauer}_F * \text{Krankenhaushäufigkeit}_{A,G,F}}{\text{Bettennutzungsgrad}_F * 365} \quad (2)$$

<i>mit Kopfbedarf</i>	<i>Durchschnittlicher Bettenbedarf je gemeldeter Person</i>
<i>Verweildauer</i>	<i>Durchschnittliche Dauer des Krankenhausaufenthaltes</i>
<i>Krankenhaushäufigkeit</i>	<i>Anteil der Bevölkerung, der im Verlauf eines Jahres stationär behandelt wird</i>
<i>Bettennutzungsgrad</i>	<i>Sollauslastung der Krankenhausbetten</i>
<i>A</i>	<i>Alter</i>
<i>G</i>	<i>Geschlecht</i>
<i>F</i>	<i>Fachrichtung</i>

Die Hill-Burton-Formel ist in der Literatur nicht unumstritten. Der Hauptkritikpunkt zielt auf die Annahme statischer, voneinander unabhängiger und extern vorgegebener Parameter ab.²²⁹ Darüber hinaus wird in der Literatur ausgeführt, dass die klassische Hill-Burton-Formel weder die Altersstruktur noch den Gesundheitszustand der Bevölkerung berücksichtige²³⁰, die konkrete Entfernung zwischen Wohn- und Behandlungsort außer Acht lasse²³¹ und Krankenhausbedarfe in angrenzenden Regionen ignoriert würden²³². Mit der im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Modifikation der Hill-Burton-Formel werden vier der fünf genannten Kritikpunkte entkräftet. Durch die Berechnung von differenzierten Pro-Kopf-Bedarfen können über die adäquate Wahl des differenzierten Parameters Krankenhaushäufigkeit sowohl die Altersstruktur als auch der Gesundheitszustand der Bevölkerung berücksichtigt werden. Darüber hinaus wird der Bedarf nicht mehr aggregiert für das ganze Bundesland ausgewiesen, sondern kann den Wohnorten zugeordnet werden, so dass die modifizierte Hill-Burton Formel die örtlich benötigte Menge des erforderlichen Behandlungsangebotes ermitteln kann.

²²⁹ Vgl. Kopetsch 2006, S. 651f.

²³⁰ Vgl. Kopetsch 2006, S. 652

²³¹ Vgl. Thomas et al. 2015, S. 230

²³² Vgl. Thomas et al. 2015, S. 230

Das Kriterium der Geeignetheit erfordert darüber hinaus zusätzlich, dass das passende Behandlungsangebot für jede Erkrankung vorgehalten wird. Mit dem Landeskrankenhausplan 2015 knüpft das MGEPA NRW den Versorgungsauftrag des Krankenhauses an die medizinischen Fachgebiete und führt die Teilgebietsplanung des vorherigen Landeskrankenhausplans 2001 nicht fort.²³³

Rechtlich betrachtet gilt ein Versorgungsauftrag auf Ebene der Fachgebiete jedoch automatisch für alle Teilgebiete, die einem Fachgebiet zugeordnet sind.²³⁴ Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass ein Krankenhaus alle Leistungen eines Versorgungsauftrages erbringen muss und sich nicht auf die wirtschaftlichen bzw. attraktiven Leistungen beschränken darf.²³⁵ Insbesondere in den Fachgebieten Chirurgie (8 Teilgebiete²³⁶) und Innere Medizin (9 Teilgebiete²³⁷) ist zweifelhaft, ob jedes Krankenhaus, dem eine chirurgische oder internistische Fachabteilung zugeordnet wird, in jedem Teilgebiet eine medizinische Versorgung sicherstellen kann, die den Vorgaben zur Qualität (vgl. Kapitel 2.1.6 und Kapitel 2.2.2) und Leistungsfähigkeit (vgl. Kapitel 2.1.7) genügen kann. Müsste folglich ein Krankenhaus, dem eine Abteilung für Chirurgie oder Innere Medizin zugeordnet wird, alle zugehörigen Teilgebiete unter Einhaltung der Anforderungen an Qualität und Leistungsfähigkeit anbieten, würde dies – auch unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit und Kostengünstigkeit – zwangsläufig zu einer zentralisierten Struktur mit wenigen großen Krankenhausstandorten führen. Dafür besteht aus medizinischer und organisatorischer Sicht jedoch keine Veranlassung. Vielmehr folgt aus dem Aspekt der gestuften Versorgung (vgl. Kapitel 2.2.1.1), dass häufig auftretende Erkrankungen, die keine ausgeprägte Spezialisierung oder umfangreiche apparative Ausstattung voraussetzen (sog. Routineleistungen), dezentral vorgehalten werden, während selten auftretende Erkrankungen und Erkrankungen, die komplexe Behandlungsverfahren erfordern, zentralisiert in Krankenhäusern erbracht werden, die das dazu erforderliche spezialisierte Personal und die apparative Ausstattung vorhalten. Bezüglich des Widerspruchs zwischen Rücknahme der Teilgebietsplanung und Beibehaltung der gestuften Versorgung hält das MGEPA NRW in einer Stellungnahme aus dem Jahr 2012 fest, dass

²³³ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 34

²³⁴ Vgl. Sodan 2012, S. 644f.

²³⁵ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 34

²³⁶ Vgl. Bundesärztekammer 2015, S. 2, im Rahmen dieser Arbeit wird von einem Teilgebiet ausgegangen, wenn die MWOÄ den Erwerb einer spezialisierten Berufsbezeichnung ermöglicht. Eine Auflistung aller Fach- und Teilgebiete nach MWOÄ kann Tabelle 1-1, S. 6 entnommen werden.

²³⁷ Vgl. Bundesärztekammer 2015, S. 2f., zur Abgrenzung der Teilgebiete vgl. Erläuterungen in Fußnote 236

„... davon ausgegangen wird, dass die Krankenhäuser ein grundsätzliches Interesse daran haben, ihre innere Organisation beizubehalten. Sie werden den Patientinnen und Patienten weiterhin Schwerpunktangebote entsprechend der ärztlichen Weiterbildung machen.“²³⁸

Werden die Angebote auf Teilgebietsebene nicht durch das Land, sondern in Abstimmung der Krankenhäuser festgelegt, wie durch das MGEPA intendiert, besteht jedoch die Gefahr, dass die vorgegebenen fachrichtungsspezifischen Maximalentfernungen bei der Aufteilung nicht berücksichtigt werden und dadurch das Kriterium der Erreichbarkeit verletzt wird. Deshalb muss die Entscheidung, welches Krankenhaus medizinische Leistungen eines chirurgischen oder internistischen Teilgebiets anbietet, zentral gesteuert werden, um den Anforderungen an eine bedarfsgerechte Krankenhausplanung gerecht zu werden.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die altersspezifische Nachfrage nach medizinischen Angeboten auch innerhalb der medizinischen Teilgebiete variiert (vgl. Abbildung 2-10 und Abbildung 2-11, beide S. 76), so dass für die Teilgebiete ebenfalls eine differenzierte, regionale Planung der Versorgungsaufträge und Behandlungskapazitäten notwendig ist.

²³⁸ MGEPA NRW 2012, S. 2

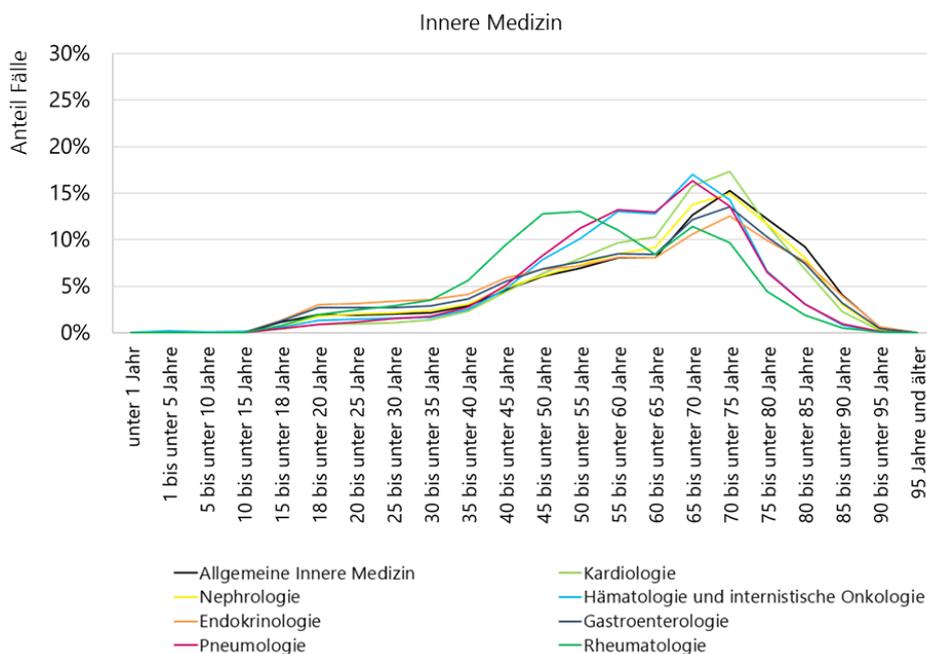


Abbildung 2-10: Altersstruktur der zu behandelnden Personen in der Inneren Medizin nach Teilgebieten im Jahr 2014²³⁹

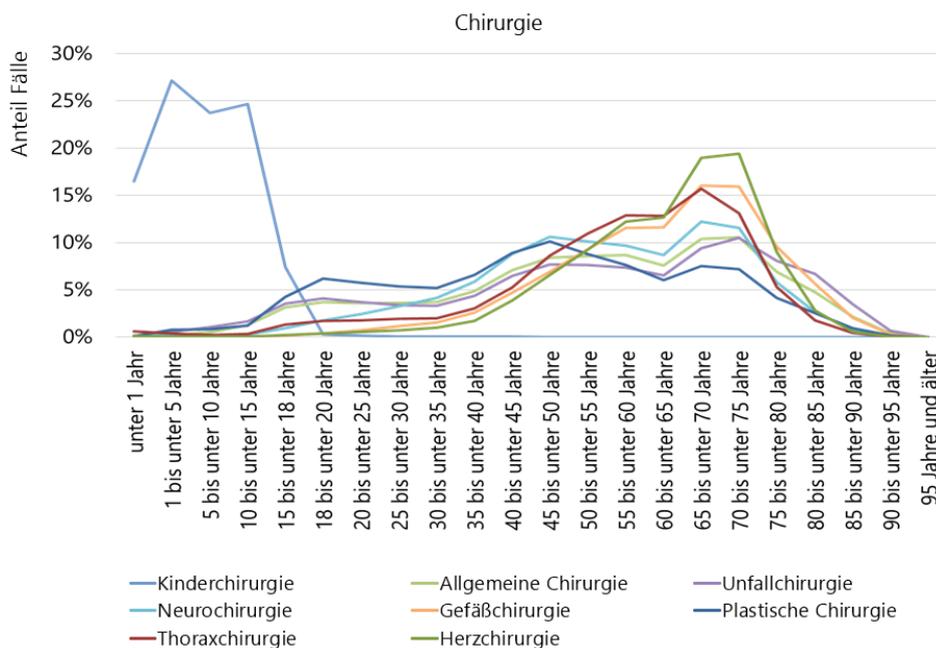


Abbildung 2-11: Altersstruktur der zu behandelnden Personen in der Chirurgie nach Teilgebieten im Jahr 2014²⁴⁰

²³⁹ Eigene Auswertung und Darstellung basierend auf den Daten in Destatis 2016a; für die Angiologie sind keine Daten verfügbar

²⁴⁰ Eigene Darstellung basierend auf den Informationen in Destatis 2016a

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass eine Planung auf Ebene der Fachgebiete, insbesondere in den Fachgebieten Chirurgie und Innere Medizin, die Gefahr einer Fehlallokation von Angebot und Nachfrage birgt. Eine „qualitativ hochwertige, patienten- und bedarfsgerechte Versorgung“ der Bevölkerung im Sinne der bundes- und landesrechtlichen Rahmenbedingungen erfordert somit, teilgebietspezifische Angebote entsprechend der Bevölkerungsstruktur und des lokalen Bedarfs zu planen.

Für die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle folgt somit, dass die Zuweisung von Fachgebieten und Planbetten zu Krankenhäusern weiterhin nach Teilgebieten erfolgen muss. Dabei handelt es sich um eine direkt abbildbare Bedingung, die durch die differenzierte Betrachtung der Teilgebiete unmittelbar im Optimierungsmodell abgebildet werden kann.

Da die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Optimierungsmodelle sich in der Regel nicht dazu eignen, eine bestimmte zu implementierende Krankenhausstruktur zu identifizieren (vgl. Kapitel 1.6 und Kapitel 2.1.8), steht die Berücksichtigung von Teilgebieten in den Optimierungsmodellen nicht im Widerspruch zu den Vorgaben des MGEPA NRW. Die finale Struktur wird erst durch die Feststellungsbescheide der Bezirksregierungen rechtswirksam (§ 14 Abs. 5 KHGG NRW i.V.m. § 16 KHGG NRW). Diese Feststellungsbescheide können die Planbetten gemäß den Vorgaben des MGEPA NRW auf Ebene der Fachgebiete ausweisen, solange gleichzeitig eine Konkretisierung erfolgt²⁴¹, welches chirurgische oder internistische Teilgebiet durch das Krankenhaus zusätzlich zur Grundversorgung des Fachgebiets abgedeckt werden muss.

2.2.2 Qualität nach landesrechtlichen Vorgaben

2.2.2.1 Qualitätsvorgaben im Landeskrankenhausplan 2015

NRW hat den Landeskrankenhausplan 2015 genutzt, um als erstes Bundesland Qualitätsmerkmale in der Planung der Krankenhausstruktur zu berücksichtigen. Die dazu definierten Vorgaben betreffen die folgenden Aspekte:

- (1) **Interne Qualitätssicherung der Krankenhäuser:** Die Krankenhäuser werden dazu verpflichtet, zu dokumentieren, dass die erbrachten Behandlungsleistungen nach

²⁴¹ Vgl. Sodan 2012, S. 644ff., für die rechtliche Bedeutung des Ausweises von Fachgebieten und Teilgebieten in Feststellungsbescheiden.

„dem aktuellen Stand der medizinischen und technischen Entwicklung“²⁴² durchgeführt werden.²⁴³

- (2) **Facharztstandard:** Anwesenheit von mindestens drei ärztlichen Fachkräften mit spezialisierter Berufsbezeichnung am Tag bzw. dauerhafte Anwesenheit (24/7) einer ärztlichen Fachkraft mit spezialisierter Berufsbezeichnung sofern hochkomplexe Behandlungsleistungen angeboten werden.²⁴⁴
- (3) **Qualifikation der ärztlichen Leitung:** Die ärztliche Leitung einer medizinischen Fachrichtung darf ausschließlich durch eine ärztliche Fachkraft mit spezialisierter Berufsbezeichnung der jeweiligen Fachrichtung ausgeübt werden und die stellvertretende ärztliche Leitung einer Fachrichtung sollte von einer ärztlichen Fachkraft mit spezialisierter Berufsbezeichnung der jeweiligen Fachrichtung ausgeübt werden.²⁴⁵
- (4) **Richtlinien des G-BA nach § 136 SGB V**²⁴⁶: Die durch den G-BA entwickelten planungsrelevanten Qualitätsindikatoren (vgl. Kapitel 2.1.6) sind verbindlicher Bestandteil der Krankenhausplanung.²⁴⁷
- (5) **Organisation der Notfallversorgung:** Auch Gebiete mit geringer Besiedlungsdichte sollen jederzeit adäquat versorgt werden.²⁴⁸

Die ersten drei landesrechtlichen Qualitätsvorgaben für die Krankenhausplanung beinhalten Vorgaben zur Strukturqualität der Krankenhäuser. Es handelt sich um Kriterien, die direkt in einem Optimierungsmodell abgebildet werden können. Jedoch liegen keine öffentlich zugänglichen Informationen vor, die Aufschluss darüber geben, welche Krankenhäuser in NRW diese Strukturqualitätsvorgaben der Landesregierung erfüllen.²⁴⁹ Das fünfte von NRW definierte Kriterium betrifft die Notfallversorgung, die losgelöst von der Krankenhausplanung in Kombination mit der Organisation des Rettungswesens zu betrachten ist. Dieses Kriterium ist daher für die vorliegende Arbeit nicht relevant, insbesondere weil eine adäquate Notfallversorgung in Regionen mit geringer Besiedlungs-

²⁴² MGEPA NRW 2013b, S. 29

²⁴³ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 29f.

²⁴⁴ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 30f.

²⁴⁵ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 31f.

²⁴⁶ Zur Zeit der Veröffentlichung des Krankenhausplans war § 136 SGB V als § 137 im SGB V enthalten, deswegen verweist der Landeskrankenhausplan 2015 auf § 137 SGB V und nicht auf § 136 SGB V.

²⁴⁷ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 32

²⁴⁸ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 32f.

²⁴⁹ ebenso Loos et al. 2019, S. 81

dichte auch durch die vermehrte Stationierung von Rettungshubschraubern sichergestellt werden kann, so dass ein dezentralisiertes Angebot von Notfallambulanzen nicht zwingend erforderlich ist.²⁵⁰

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Landeskrankenhausplan 2015 auf die planungsrelevanten Qualitätsindikatoren nach § 137 SGB V verweist und zusätzlich drei Strukturqualitätsmerkmale hervorhebt (Facharztstandard, ärztliche Leitung, interne Qualitätssicherung). In der derzeitigen Form sind diese Qualitätsaspekte nicht in ein mathematisches Modell überführbar. Eine direkte Abbildung über einen Gesamtqualitätsindikator wäre möglich, wenn ein umfassender Kriterienkatalog (vgl. Kapitel 2.1.6.2) und die notwendigen quantitativen Daten vorliegen.

2.2.2.2 Qualitätsorientierte Krankenhausplanung nach PD et al. 2019

In einem durch das Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales Nordrhein-Westfalen²⁵¹ (MAGS NRW) in Auftrag gegebenes Gutachten zur Krankenhauslandschaft schlagen die Forschenden vor, die Krankenhausplanung zukünftig an 70 Leistungsgruppen zu knüpfen und jede Leistungsgruppe mit Qualitätsindikatoren zu bewerten.²⁵²

PD et al. 2019 untersuchen zusätzlich zu den drei Qualitätsdimensionen nach Donabedian 1980 (Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität, vgl. Kapitel 2.1.6.1) Mindestmengen und Servicequalität auf ihre Eignung als Qualitätsdimension der Krankenhausplanung.²⁵³ Anhand von sechs Kriterien (Verknüpfbarkeit, Erhebung, Messbarkeit, Kontrolle, Beeinflussbarkeit und Fehlanreize) bewerten sie im Anschluss, welche der fünf Qualitätsdimensionen für die Krankenhausplanung geeignet sind.²⁵⁴

Als uneingeschränkt geeignet bewerten PD et al. 2019 nur die Qualitätsdimension Strukturqualität.²⁵⁵ Die Dimensionen Prozessqualität und Mindestmengen werden nur für Leistungsgruppen mit homogenem Eingriffs- und Behandlungsspektrum als geeignet

²⁵⁰ Vgl. Loos et al. 2019, S. 84

²⁵¹ Infolge des Regierungswechsels in NRW nach den Landtagswahlen am 14. Mai 2017 wurde der Zuschnitt der Ministerien verändert.

²⁵² Vgl. PD et al. 2019, S. 236ff. und S. 739

²⁵³ Vgl. PD et al. 2019, S. 740

²⁵⁴ Vgl. PD et al. 2019, S. 744

²⁵⁵ Vgl. PD et al. 2019, S. 745

eingestuft.²⁵⁶ Die Dimension Ergebnisqualität wird aufgrund von methodischen Unsicherheiten (u.a. Mängel in der Messbarkeit, Schwächen in der Eindeutigkeit der Ursache-Wirkungs-Beziehungen, Eingriffshäufigkeit und Datenqualität) als derzeit nicht geeignet klassifiziert.²⁵⁷ Die Dimension Servicequalität wird als ungeeignet beurteilt, da sich die Ergebnisse aus der Qualitätsmessung nicht eindeutig mit den Leistungsgruppen verknüpfen ließen.²⁵⁸

Somit schlagen die Publizierenden die drei Qualitätsdimensionen Strukturqualität, Prozessqualität und Mindestmengen als relevante Steuerungsgrößen einer qualitätsorientierten Krankenhausplanung in NRW vor.

PD et al. 2019 entwickeln zudem für drei ausgewählte Leistungsgruppen („Ösophaguschirurgie“, „Endoprothetik Hüfte“ und „Zerebrovaskuläre Störungen, inkl. Stroke“) ein exemplarisches System aus Qualitätsindikatoren, mit denen die drei ausgewählten Qualitätsdimensionen abgedeckt werden.²⁵⁹ Die Bewertung der Konformität mit den definierten Vorgaben soll anhand von Auditierungen durch die zuständigen Planungsbehörden, Peer Reviews und der Auswertung von Abrechnungsdaten erfolgen.²⁶⁰

Für die Implementierung einer qualitätsorientierten Krankenhausplanung in NRW empfehlen PD et al. 2019, dass Qualitätsindikatoren je Qualitätsdimension entwickelt werden, die für alle Leistungsgruppen gleichermaßen angewendet werden.²⁶¹ Die Ausprägungen, die den Zielerreichungsgrad eines Qualitätsindikators spezifizieren, sollten dabei ebenfalls standardisiert sein.²⁶² Das erforderliche Level der Zielerreichung kann jedoch nach Leistungsgruppen variieren.²⁶³

Zu beachten ist jedoch, dass der Vorschlag von PD et al. 2019 derzeit rechtlich keine bindende Wirkung für die Krankenhausplanung in NRW entfaltet. Dafür sind die Vorschläge zunächst in einer Neufassung des Krankenhausplans zu verabschieden. Das in der vorliegenden Arbeit entwickelte Optimierungsmodell bildet ausschließlich die zum

²⁵⁶ Vgl. PD et al. 2019, S. 745

²⁵⁷ Vgl. PD et al. 2019, S. 747f.

²⁵⁸ Vgl. PD et al. 2019, S. 746

²⁵⁹ Vgl. PD et al. 2019, S. 750ff.

²⁶⁰ Vgl. PD et al. 2019, S. 741f.

²⁶¹ Vgl. PD et al. 209, S. 804

²⁶² Vgl. PD et al. 209, S. 804

²⁶³ Vgl. PD et al. 209, S. 804

Zeitpunkt der Abgabe gültige Rechtslage ab. Daher werden die Impulse von PD et al. 2019 für das Krankenhausplanungsproblem in Kapitel 4.1 und dessen Anwendung nicht berücksichtigt.

Sobald das durch PD et al. 2019 skizzierte System aus Qualitätsindikatoren für alle somatischen Behandlungen entwickelt und als regulatorische Vorgabe verabschiedet wurde – und sofern dieses in seiner Gesamtheit den Anforderungen des MECE-Prinzips (vgl. Kapitel 2.1.6.2) entspricht – können die Ergebnisse der daraus resultierenden Qualitätsbewertung der Krankenhäuser und Fachabteilungen im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem (vgl. Kapitel 4.2) verwendet werden.

2.2.2.3 Herleitung geeigneter Surrogatkriterien zur Abbildung der Qualität

Daher ist festzuhalten, dass weder auf bundes- noch auf landesrechtlicher Ebene ein für die Krankenhausplanung geeignetes Kennzahlensystem vorliegt, dessen Kennzahlen gemäß dem MECE-Prinzip gemeinschaftlich abschließend und wechselseitig abschließend sind und deren Bewertung den Anforderungen der Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit genügt (vgl. Kapitel 2.1.6.2). Somit wird der Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit im Krankenhausplanungsproblem indirekt durch eine oder mehrere geeignete Surrogatkriterien abgebildet. Diese Surrogatkriterien werden im Folgenden hergeleitet. Dazu können Überlegungen aus der Wettbewerbstheorie herangezogen werden.

Zunächst folgt aus der Monopoltheorie, dass eine geringe Wettbewerbsintensität zu Qualitätseinbußen führen kann, weil Anreize zu einer Verbesserung der Leistung fehlen²⁶⁴ bzw. die Qualität der angebotenen Leistung gesenkt werden kann, ohne Kunden an ein konkurrierendes Unternehmen zu verlieren.²⁶⁵ Diese Gefahr besteht auch für den Markt der stationären Krankenhausleistungen.²⁶⁶ Gleichzeitig zeigen Studien, dass der Wettbewerb mit benachbarten Krankenhäusern die Behandlungsqualität eines Krankenhauses verbessern kann.²⁶⁷ Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass Krankenhäuser,

²⁶⁴ Vgl. Beck 2008, S. 87

²⁶⁵ Vgl. Wildmann 2007, S. 234

²⁶⁶ Vgl. Sadat et al. 2015, S. 385; Rinsche und Schmid 2015, S. 43f.

²⁶⁷ Vgl. Gravelle et al. 2014, S. 213; Kessler und Geppert 2005, S. 587f.; Cooper et al. 2011, S. F250f.; Chen und Cheng 2010, S. 71

die in einer Behandlungsleistung eine höhere Qualität erreichen, ein größeres Einzugsgebiet haben als Krankenhäuser mit niedrigerer Qualität.²⁶⁸

Dementsprechend sollte jeder Mensch in die Lage versetzt werden, für eine Behandlung aktiv zwischen verschiedenen Angeboten wählen zu können.²⁶⁹ Dazu sollte jeder Mensch in jeder Fachrichtung unterschiedliche Krankenhäuser, die wirtschaftlich voneinander unabhängig sind²⁷⁰, erreichen können. Dash und Meredith 2010 sowie Lungen und Büscher 2011 empfehlen darüber hinaus die Markteintritts- und Marktaustrittsbarrieren zu senken, um eine wirksame Drohkulisse für Krankenhäuser bzw. Fachrichtungen mit schlechter Qualität zu etablieren.²⁷¹

Die Wahl für eine Behandlung in einem bestimmten Krankenhaus bzw. einer bestimmten Fachabteilung treffen Menschen aufgrund einer Vielzahl verschiedener Informationen (vgl. Kapitel 2.1.2). Eine Studie von Geraedts und Cruppé 2013 zum Krankenhauswahlverhalten chronisch kranker Menschen zeigt, dass 15 der 20 relevantesten Kriterien für die Krankenauswahl Qualitätskriterien sind.²⁷² Welche Informationen dabei wie stark berücksichtigt werden, hängt von der Verfügbarkeit der Informationen ab. Deshalb zielen bundes- und landesrechtliche Regelungen darauf ab, die Verfügbarkeit der Informationen über die Qualität des Krankenhauses bzw. der Fachabteilung zu erhöhen (§ 136b S. 1 Nr. 3 SGB V i. V. m. § 7 KHGG NRW), um den zu behandelnden Personen zu ermöglichen, die Qualität anhand von objektiven, vergleichbaren Kriterien in ihrer Wahlentscheidung zu berücksichtigen.²⁷³ Sobald Menschen die Qualität eines Krankenhausstandortes als maßgebliches Auswahlkriterium in ihre Entscheidung über den Behandlungsort einfließen lassen, entsteht ein Qualitätswettbewerb zwischen benachbarten Krankenhäusern.

²⁶⁸ Vgl. Kallfaß 2006, S. 14f.

²⁶⁹ Vgl. Goddard 2015, S. 568; Dash und Meredith 2010, S. 11

²⁷⁰ Vgl. Rinsche und Schmid 2015, S. 44

²⁷¹ Vgl. Dash und Meredith 2010, S. 12; Lungen und Büscher 2011, S. 407

²⁷² Vgl. Geraedts und Cruppé 2013, S. 43

²⁷³ Ob die öffentlich verfügbaren Informationen in Deutschland ausreichend sind, um den Informationsbedarf von Personen, die medizinische Hilfe benötigen, zu decken, kann an dieser Stelle dahingestellt bleiben, da nicht die Verfügbarkeit von Informationen, sondern die aktive Auswahl zwischen mehreren Krankenhäusern für die Krankenhausplanung entscheidend ist.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass benachbarte Krankenhausstandorte, die zur gleichen Klinikgruppe gehören, horizontal verbundene Unternehmen darstellen.²⁷⁴ Im privatwirtschaftlichen Bereich wird davon ausgegangen, dass sich der Wettbewerbsdruck zwischen horizontal miteinander verbundenen Unternehmen verringert.²⁷⁵ Ein ähnlicher Effekt ist zu erwarten, wenn zu behandelnde Personen zwischen zwei Krankenhäusern der gleichen Klinikgruppe wählen können. Durch einen Qualitätswettbewerb zwischen den beiden Standorten würden die Behandlungserlöse innerhalb des Krankenhausverbundes verschoben, ohne dass aus Sicht des Verbundes zusätzliche Einnahmen generiert werden. Wenn die Einnahmen des Verbundes nicht gesteigert werden können, kann der Gewinn des Verbundes nur durch eine Verringerung der Kosten beeinflusst werden. Dementsprechend ist zu erwarten, dass zum gleichen Krankenhausträger gehörende benachbarte Krankenhäuser in einem Effizienz- und nicht in einem Qualitätswettbewerb zueinander stehen würden.

Aus diesen Überlegungen folgt, dass jede zu behandelnde Person in jeder Fachrichtung innerhalb der maximal zulässigen Entfernung nicht nur mehrere Krankenhausstandorte (Minimalforderung), sondern mehrere Krankenhausstandorte, die zu unterschiedlichen Unternehmen²⁷⁶ gehören, erreichen können muss (Maximalforderung), um Anreize für einen Qualitätswettbewerb zu setzen.

Bis ein umfassender Katalog von Kriterien zur Bewertung der Qualität eines Krankenhausstandortes/einer Fachabteilung sowie die Ergebnisse der Erstbewertung rechtsverbindlich vorliegen, werden diese beiden Forderungen daher hilfsweise als Surrogatkriterien herangezogen und als indirekt abbildbare Bedingung im Krankenhausplanungsproblem in Kapitel 4.1 implementiert.

Die Doppelabdeckung in jeder Fachrichtung hat zudem Vorteile für die Planungen von Katastrophen- und Zivilschutz sowie für die Reaktion auf Großschadenslagen und Naturkatastrophen, da für den vollständigen Ausfall des medizinischen Versorgungsangebots zwei Krankenhäuser zerstört werden müssten.

²⁷⁴ Zur Definition horizontaler und vertikaler Unternehmenszusammenschlüsse vgl. z. B. Glöckner 2017, Rn. 663ff.

²⁷⁵ Vgl. Fischer 1986, S. 149f.

²⁷⁶ Ein Unternehmen kann sowohl ein als auch mehrere Krankenhausstandorte betreiben.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Qualitätswettbewerb in jeder Fachrichtung zwischen benachbarten Krankenhäusern durch die Mehrfachabdeckung gefördert werden soll. Dementsprechend müssen im Krankenhausplanungsproblem in Kapitel 4.1 mathematische Formulierungen implementiert werden, die diese Mehrfachabdeckung, möglichst durch verschiedene Krankenhausunternehmen, berücksichtigen.

2.2.3 Differenzierung des Angebotsspektrums

NRW unterscheidet die in den Landeskrankenhausplan aufgenommenen Krankenhäuser in Allgemein- und Fachkrankenhäuser.²⁷⁷ Ebenso sind Universitätskliniken (UK), die zur allgemeinen Versorgung der Bevölkerung beitragen, in NRW Bestandteil des Krankenhausplans (§ 12 Abs. 3 KHGG NRW).²⁷⁸ Sie werden im Krankenhausplan als besondere Form der Allgemeinkrankenhäuser (AK) behandelt.²⁷⁹

Universitätskliniken dienen der praktischen Ausbildung des ärztlichen Nachwuchses an den medizinischen Fakultäten und sollen die Bevölkerung mit Angeboten der Hochleistungsmedizin nach neuesten Erkenntnissen der medizinischen Forschung versorgen.²⁸⁰ Dazu bieten sie ein breites Leistungsspektrum und gleichzeitig hochspezialisierte Angebote an.²⁸¹ Fachkrankenhäuser (FK) bieten hochspezialisierte Leistungen in wenigen Fachrichtungen oder für bestimmte Zielgruppen an (z. B. Kinderkrankenhäuser oder Geriatrische Krankenhäuser als Sonderform eines Fachkrankenhauses).²⁸² Fachkrankenhäuser und Universitätskliniken offerieren somit ein medizinisches Angebot, für das eine besondere personelle und apparative Ausstattung notwendig ist. Dementsprechend sind der Spezialisierungsgrad der Fachkrankenhäuser sowie der Ausbildungs- und Maximalversorgungsauftrag der Universitätskliniken in der Krankenhausplanung zu berücksichtigen.

²⁷⁷ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 136

²⁷⁸ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 46

²⁷⁹ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 46

²⁸⁰ Vgl. Möller 2010, S. 559, Rn. 8 und S. 561, Rn. 16ff.

²⁸¹ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 46 und S. 134

²⁸² Vgl. Fleßa 2013, S. 26; ähnlich Prütting 2009, S. 21, Rn. 9

Diese Vorgaben zur Differenzierung des Angebotsspektrums stellen direkt abbildbare Bedingungen dar. Daher sind in die zu entwickelnden Optimierungsmodelle mathematische Formulierungen aufzunehmen, die sicherstellen, dass

- (1) das Fachrichtungsangebot von Universitätskliniken möglichst alle planbaren Fachrichtungen umfasst und
- (2) das Fachrichtungsangebot von Fachkrankenhäusern nicht willkürlich erweitert wird.

2.2.4 Strukturkontinuität

NRW hat den Landeskrankenhausplan 2015 nicht nur zur Berücksichtigung von Qualitätskriterien in der Krankenhausplanung verabschiedet, sondern auch um die Krankenhausstruktur an die veränderten Rahmenbedingungen anzupassen.²⁸³ Zu diesem Zweck wurde für jede Fachrichtung eine Sollbettenzahl definiert (vgl. Tabelle 2-13, S. 72). In Fachrichtungen, in denen ein Überangebot an Planbetten besteht, müssen Überkapazitäten abgebaut werden. In Fachrichtungen, in denen hingegen eine Unterversorgung identifiziert wurde, sollen Planbetten aufgebaut werden. Insgesamt sieht der Landeskrankenhausplan 2015 eine Reduktion der somatischen Krankenhausbetten um 11 % vor (11.188 Betten, vgl. Tabelle 2-13, S. 72), so dass eine Konsolidierung der Krankenhausstruktur vorliegt.

Aufgrund dieser großen Anzahl abzubauender Planbetten ist davon auszugehen, dass die vorhandene Gesamtkapazität des Krankenhausnetzwerkes ausreicht, um die Bevölkerung auch in Zukunft bedarfsgerecht zu versorgen. Dazu ist u. U. eine Verschiebung von Angeboten erforderlich, so dass ein Krankenhaus Betten in einer Fachrichtung ab- und in einer anderen Fachrichtung aufbaut (vgl. dazu auch Kapitel 2.1.9). Ein Neubau bzw. eine Vergrößerung der bestehenden Krankenhäuser sollte aufgrund der bestehenden Überkapazitäten (vgl. Tabelle 2-13, S. 72) vermieden werden können.

Für die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle bedeutet dies, dass mathematische Formulierungen aufzunehmen sind, die eine Erhöhung der Planbettenanzahl eines Krankenhauses vermeiden. Jedoch müssen punktuelle Steigerungen der Krankenhauskapazität möglich sein, wenn andernfalls eine Unterversorgung manifestiert werden

²⁸³ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 63

würde. Abschließend ist festzuhalten, dass die Forderung nach Strukturkontinuität eine direkt abbildbare Bedingung darstellt.

2.2.5 Zusammenfassung der landesrechtlichen Planungsvorgaben

Die landesrechtlichen Planungsvorgaben enthalten zusätzlich vier Vorgaben, die bei einer Neustrukturierung der Krankenhausstruktur zu berücksichtigen sind. Die Vorgaben zur patienten- und bedarfsgerechten sowie wohnortnahen Versorgung, zum nach Krankenhaustypen differenzierten Angebotsspektrum und zur Strukturkontinuität können direkt in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen abgebildet werden. Das Ziel der Qualität und Leistungsfähigkeit muss kurz- und mittelfristig durch Surrogatkriterien indirekt abgebildet werden. Die an der Krankenhausplanung beteiligten Personen sollten das Ziel verfolgen, langfristig eine direkte Abbildung des Ziels der Qualität und Leistungsfähigkeit zu ermöglichen.

2.3 Die acht Grundsätze der Krankenhausplanung

In den vorausgegangenen Kapiteln wurden neun bundes- und vier landesrechtliche Vorgaben zur Krankenhausplanung vorgestellt. Für jede Vorgabe wurden die Implikationen erörtert, die sich daraus für das Krankenhausplanungsproblem (in Kapitel 4.1) und das qualitätsorientierte Planungsproblem (in Kapitel 4.2) ergeben.

Diese 13 verbindlichen gesetzlichen Vorgaben zur Krankenhausplanung und die Implikationen für die Optimierungsmodelle in Kapitel 4 werden im Folgenden zu acht Planungsgrundsätzen zusammengefasst:

1. Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung²⁸⁴: Ort, Art und Umfang der stationären medizinischen Versorgung müssen so zugewiesen werden, dass die lokal auftretende fachrichtungsspezifische Nachfrage innerhalb einer definierten, fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung abgedeckt werden kann.

²⁸⁴ Der Begriff „patienten- und bedarfsgerechte Versorgung“ wird wortwörtlich aus der Formulierung des § 1 Abs. 1 KHG übernommen. Aus Gründen der sprachlichen Präzision wird auf eine geschlechtsneutrale Umformulierung verzichtet. Das in dieser Formulierung verwendete generische Maskulinum bezieht Menschen aller Geschlechter gleichermaßen ein.

- 2. Grundsatz der regionenübergreifenden Versorgung:** In Grenzgebieten zwischen zwei unabhängig voneinander planenden Regionen ist die Krankenhausstruktur abzustimmen, um eine Unter- oder Überversorgung der Menschen in den Randgebieten zu vermeiden. Menschen, die durch das Krankenhausangebot der eigenen Planungsregion nicht abgedeckt werden können, müssen bei der Krankenhausplanung der angrenzenden Planungsregionen berücksichtigt werden, sofern die angrenzende Planungsregion die Bedarfsdeckung innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung sicherstellen kann.
- 3. Grundsatz der Trägervielfalt:** Die Entscheidung, ein bestimmtes Krankenhaus in den Krankenhausplan aufzunehmen, darf nicht von dessen Zugehörigkeit zu einer Trägergruppe abhängen. Alle in der bestehenden Krankenhausstruktur vertretenen Trägergruppen (öffentlich, privat, freigemeinnützig) sollen auch in der zukünftigen Krankenhausstruktur mindestens ein Krankenhaus betreiben.
- 4. Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit:** Die Krankenhausstruktur muss so gestaltet werden, dass ein wirtschaftlicher Geschäftsbetrieb (d. h. Kostendeckung sowie angemessener Gewinn) möglich ist, während die Kosten der stationären Gesundheitsversorgung so gering wie möglich gehalten werden. Da Kosten- und Erlösstrukturen auf Fachrichtungsebene nicht öffentlich zugänglich sind, sollte bei der Krankenhausplanung ersatzweise die Realisierung von Skaleneffekten ermöglicht werden, indem ausreichend große Krankenhausstandorte und Fachabteilungen geplant werden. Somit wird für jeden Krankenhausstandort und jede Fachabteilung eine Mindestbettenanzahl, für jeden Krankenhausstandort eine Mindestanzahl an Fachabteilungen und darüber hinaus ein ausgewogenes Verhältnis aus der Anzahl der zugewiesenen Fachrichtungen und der Gesamtbettenzahl verlangt.
- 5. Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit:** Die Krankenhausstruktur muss so gestaltet werden, dass die Krankenhäuser in der Lage sind, eine qualitativ hochwertige Versorgung zu erbringen. Zusätzlich zu den Lernkurveneffekten, die aus der Akkumulation von Fallzahlen resultieren, sollte jeder Mensch in jeder Fachrichtung mindestens zwei verschiedene Behandlungsangebote unterschiedlicher Krankenhausunternehmen erreichen können, um Monopolbildung und deren möglicherweise negative Auswirkungen auf die Qualität der Behandlungsleistung zu verhindern.

- 6. Grundsatz des differenzierten Angebotspektrums:** NRW unterscheidet drei verschiedene Krankenhaustypen mit unterschiedlich differenziertem Angebotspektrum. Während Universitätskliniken das gesamte medizinische Leistungsspektrum abbilden müssen, um ihrem Ausbildungsauftrag gerecht zu werden, ist das Angebot der Fachkrankenhäuser auf wenige Fachrichtungen beschränkt und sollte nur in engen Grenzen auf andere Fachrichtungen erweitert werden. Bezüglich des Angebots von Allgemeinkrankenhäusern bestehen keine Einschränkungen.
- 7. Grundsatz der Strukturkontinuität:** Die Veränderungen in den medizinischen, gesellschaftlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen führen dazu, dass insgesamt weniger Krankenhausbetten benötigt werden. Daher sollten die lokalisierten Krankenhausstandorte in ihrer jeweiligen Größe sowie die Gesamtbettenanzahl ausreichen, um die patienten- und bedarfsgerechte Versorgung sicherzustellen. Somit ist die Erweiterung bestehender Krankenhausstandorte und die Lokalisierung von zusätzlichen Fachabteilungen und zusätzlichen Betten nur zulässig, um die Unterversorgung einer Region zu verhindern.
- 8. Grundsatz des idealen Zentralisierungsgrades:** Bei der Identifikation der neuen Krankenhausstruktur müssen die gegenläufigen Zielsetzungen der Angebotsbündelung und der Systemstabilität abgewogen werden, um einerseits Investitionsaufwendungen zu bündeln und andererseits Veränderungen im Betten- und Leistungsangebot auf das notwendige Minimum zu beschränken.

3 METHODEN DER STRATEGISCHEN KRANKENHAUS- PLANUNG

Mit der vorliegenden Arbeit werden zwei Optimierungsmodelle entwickelt, die eine Anpassung der bestehenden Krankenhausstruktur durch die Anwendung von mathematischen Methoden des Operations Research ermöglichen. Aus Sicht des Operations Research handelt es sich bei der modellgestützten Krankenhausplanung um ein kapazitiertes Netzwerkplanungsproblem, das die geografische Position mehrerer Krankenhausstandorte auswählt (**örtliche Dimension**), die notwendigen Fachrichtungen zuordnet (**inhaltliche Dimension**) und die erforderlichen Betten je Fachrichtung festlegt (**kapazitative Dimension**).

Das folgende Kapitel 3 stellt zunächst vier Veröffentlichungen vor, in denen sich andere wissenschaftlich Publizierende mit Planungsansätzen zur Re- bzw. Neustrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes beschäftigt haben (Kapitel 3.1). Anschließend werden die Anforderungen an die Modellierung des Krankenhausplanungsproblems und des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems erläutert und etablierte Klassifikationskriterien²⁸⁵ herangezogen, um die internationale Literatur zur Operations-Research-basierten Krankenhausplanung²⁸⁶ für jede Modellierungsanforderung zu analysieren (Kapitel 3.2 bis 3.5). Dieses Kapitel schließt mit der Identifikation der Forschungslücke in Kapitel 3.6.

3.1 Bestehende Arbeiten zur Anpassung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes

Im Folgenden werden vier Veröffentlichungen vorgestellt, die Operations-Research-Methoden zur Anpassung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes einsetzen (Kapitel 3.1.1 bis 3.1.4). Dabei ist anzumerken, dass alle vier Veröffentlichungen

²⁸⁵ Diese Kriterien zur Analyse und Beschreibung von Standort- und Netzwerkplanungsproblemen werden in ähnlicher Form und Konstellation auch von anderen Publizierenden beschrieben und verwendet. Vgl. dazu z. B. Current et al. 2001, S. 83ff.; Daskin 2013, S. 11ff.; Daskin und Dean 2004, S. 45ff.; Klose und Drexler 2005, S. 4; Hamacher und Nickel 1998, S. 231ff.; Owen und Daskin 1998, S. S. 423ff.

²⁸⁶ Diese Analyse beinhaltet auch Modelle, die sich mit der Lokalisierung von Einrichtungen der medizinischen Grundversorgung durch medizinische Zentren oder mit der Planung des flächendeckenden Angebots von Vorsorgeuntersuchungen (z. B. Mammografie-Screening) beschäftigen.

die angewendete Methodik zwar beschreiben, die verwendeten mathematischen Formulierungen jedoch nicht veröffentlichen.

3.1.1 Kostenbasierte Krankenhausstruktur nach Fritz et al. 2003

Fritz et al. 2003 entwickeln ein gemischt-ganzzahliges Optimierungsmodell, das die kostenminimale Krankenhausstruktur für den Kammerbezirk Westfalen-Lippe unter Berücksichtigung der Vorgaben des Krankenhausgesetzes des Landes NRW²⁸⁷ und des Landeskrankenhausplans 2001 des Landes NRW identifiziert.²⁸⁸

Durch das Modell soll festgelegt werden, welche Krankenhäuser und Fachabteilungen geöffnet bzw. geschlossen werden. Darüber hinaus errechnet das Modell den Anteil der genutzten Krankenhaus- bzw. Abteilungskapazität in der gefundenen Lösung.²⁸⁹ Als Zielfunktion verwenden die Autoren eine gewichtete Summe, die sowohl Krankenhausbetriebskosten als auch Fahrtkosten der zu behandelnden Personen berücksichtigt.²⁹⁰ Diesbezüglich ist kritisch anzumerken, dass die von den Autoren verwendete Zielfunktion nicht auf empirischen Untersuchungen beruht, sondern der allgemeinen Struktur einer linearen Kostenfunktion²⁹¹ entspricht. Darüber hinaus bleibt offen, ob fixe und variable Kosten nach Fachrichtungen und fixe Kosten nach Krankenhausgröße differenziert werden. Nach eigener Aussage setzen Fritz et al. 2003 ein heuristisches Lösungsverfahren ein, das iterative Nutzereingriffe in die Parametrisierung der Nebenbedingungen erfordert, um eine zulässige Lösung zu identifizieren.²⁹²

Basierend auf der verbalen Beschreibung des Modells ist davon auszugehen, dass die Autoren Formulierungen implementiert haben, die geeignet sind, drei der acht Grundsätze der Krankenhausplanung zu erfüllen (Grundsätze der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung, der Strukturkontinuität, des idealen Zentralisierungs-

²⁸⁷ Das nordrhein-westfälische Krankenhausgesetz wurde am 11. Dezember 2007 durch das Krankenhausgestaltungsgesetz NRW abgelöst (§ 38 KHGG NRW).

²⁸⁸ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 162 und S. 164

²⁸⁹ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 162

²⁹⁰ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 163

²⁹¹ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 165

Zu unterschiedlichen Kostenfunktionen und ihrer Struktur vgl. z. B. Coenenberg et al. 2007, S. 52ff.

²⁹² Vgl. Fritz et al. 2003, S. 167f.

grades).²⁹³ Darüber hinaus ist anzunehmen, dass zwei weitere Grundsätze der Krankenhausplanung in Ansätzen abgebildet werden (Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Kostengünstigkeit sowie der Qualität und Leistungsfähigkeit).²⁹⁴

Eine detaillierte Evaluation, welche Grundsätze der Krankenhausplanung von Fritz et al. 2003 thematisiert werden, kann Tabelle 3-1 entnommen werden.

Grundsatz	Art der Berücksichtigung bei Fritz et al. 2003
... der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Berücksichtigt, vermutlich mit 15–20 km entsprechend der Vorgabe des Landeskrankenhausplans 2001. ²⁹⁵
... der regionenübergreifenden Versorgung	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... der Trägervielfalt	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Nicht abschließend bewertbar, vermutlich werden Richt- oder Mindestgrößen für jede Fachabteilung in Anlehnung an die Vorgaben des Landeskrankenhausplans 2001 berücksichtigt. ²⁹⁶ Die Realisierung von Skaleneffekten soll darüber hinaus durch die Kostenfunktion der Krankenhäuser gefördert werden. ²⁹⁷
... der Qualität und Leistungsfähigkeit	Nicht abschließend bewertbar, vermutlich werden zusätzlich zu den Richt- oder Mindestgrößen einer Fachabteilung (s.o.) Präferenzen erhoben und in der Allokation der Behandlungstage zu Krankenhäusern/Fachrichtungen berücksichtigt. Es bleibt jedoch unklar, in welcher Form diese Präferenzen im Modell berücksichtigt werden, wie die Präferenzen erhoben werden und was der jeweilige Präferenzwert ausdrückt. ²⁹⁸
... des differenzierten Angebotsspektrums	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... der Strukturkontinuität	Die Kapazität der Krankenhäuser wird in Form der aktuellen, minimalen und maximalen Kapazität berücksichtigt. ²⁹⁹
... des idealen Zentralisierungsgrades	Ist durch die Abwägung von fixen und variablen Kosten auf Seite der Krankenhäuser und variablen Kosten auf Seite der zu behandelnden Personen berücksichtigt. Die Gewichtung der Kosten der Angebots- und der Nachfrageseite sind zusätzlich durch einen Gewichtungsfaktor beeinflussbar. ³⁰⁰

Tabelle 3-1: Berücksichtigung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung bei Fritz et al. 2003³⁰¹

²⁹³ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 162f. und S. 165f.

²⁹⁴ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 157, S. 162 und S. 165

²⁹⁵ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 165f.

²⁹⁶ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 157 und S. 162

²⁹⁷ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 165

²⁹⁸ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 162

²⁹⁹ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 162

³⁰⁰ Vgl. Fritz et al. 2003, S. 162f. und S. 165

³⁰¹ Eigene Darstellung basierend auf den Angaben in Fritz et al. 2003

Somit ist festzuhalten, dass Fritz et al. 2003 das erste Operations-Research-Modell explizit für die Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes entwickelt haben. Kritisch anzumerken ist, dass nur zwei von acht Planungsgrundsätzen abgebildet werden und die Zielfunktion wenig geeignet erscheint, die komplexen Kostenstrukturen der Krankenhäuser verlässlich zu approximieren. Darüber hinaus verändert der Nutzende mit jedem Eingriff in das Lösungsverfahren die Planungsbedingungen, auf die das Optimierungsmodell angewendet wird, so dass zwar eine zulässige Lösung gefunden wird, diese Lösung aber nicht zwingend zulässig für die ursprünglich formulierte Ausgangssituation ist.

Dementsprechend ist der von Fritz et al. 2003 formulierte Planungsansatz nicht ausreichend, um das komplexe Planungsproblem der Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes zu lösen.

3.1.2 Entfernungsbasierte Krankenhausplanung nach Lungen und Büscher 2011

Lungen und Büscher 2011 entwickeln einen Operations-Research-Ansatz, mit dem sichergestellt werden soll, dass alle Menschen innerhalb einer vorgegebenen Maximalentfernung ein Krankenhaus erreichen.³⁰² Die Autoren wenden ihren Planungsansatz auf Krankenhausfälle von AOK-Versicherten in einer DRG (MDC-08) an und vergleichen die Ergebnisse für das Ruhrgebiet und Mecklenburg-Vorpommern.³⁰³

Das von Lungen und Büscher 2011 entwickelte Verfahren identifiziert die bestehenden Krankenhäuser, die in den betrachteten Regionen zukünftig für die Behandlung (in der betrachteten DRG) ausgewählt werden.³⁰⁴ Dabei lokalisieren die Autoren, die Krankenhausstandorte so, dass möglichst wenige Krankenhausstandorte möglichst viele Postleitzahlenbezirke innerhalb einer vorgegebenen Entfernung abdecken können.³⁰⁵ Zu diesem Zweck werden alle Behandlungsbedarfe auf die geografische Mittelpunktordinate des zugehörigen PLZ-Bezirks aggregiert.³⁰⁶ Zur Lösung des Modells verwenden Lungen und Büscher 2011 eine heuristische Vorgehensweise, die sie als Simplex-Algorithmus

³⁰² Vgl. Lungen und Büscher 2011, S. 201 und S. 207

³⁰³ Vgl. Lungen und Büscher 2011, S. 202f. und S. 205

³⁰⁴ Vgl. Lungen und Büscher 2011, S. 202f.

³⁰⁵ Vgl. Lungen und Büscher 2011, S. 197 und S. 202f.

³⁰⁶ Vgl. Lungen und Büscher 2011, S. 202

bezeichnen.³⁰⁷ Aufgrund der Beschreibung des durchgeführten Algorithmus³⁰⁸ ist jedoch davon auszugehen, dass es sich nicht um einen Simplex-Algorithmus, sondern um eine Variante des Algorithmus nach Johnson 1974 und Lovász 1975 handelt.

Lüngen und Büscher 2011 berücksichtigen nur einen der acht Grundsätze der Krankenhausplanung (patienten- und bedarfsgerechten Versorgung, vgl. Tabelle 3-2).

Grundsatz	Art der Berücksichtigung bei Lüngen und Büscher 2011
... der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Berücksichtigt, 11 km für das Ruhrgebiet, 28 km für Mecklenburg-Vorpommern ³⁰⁹
... der regionenübergreifenden Versorgung	Nicht berücksichtigt ³¹⁰
... der Trägervielfalt	Nicht berücksichtigt ³¹¹
... der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Nicht berücksichtigt ³¹²
... der Qualität und Leistungsfähigkeit	Nicht berücksichtigt ³¹³
... des differenzierten Angebotsspektrums	Nicht berücksichtigt ³¹⁴
... der Strukturkontinuität	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... des idealen Zentralisierungsgrades	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.

Tabelle 3-2: Berücksichtigung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung bei Lüngen und Büscher 2011³¹⁵

Dementsprechend ist der von Lüngen und Büscher 2011 formulierte Planungsansatz nicht geeignet, um die Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes entsprechend der in Kapitel 2 identifizierten bundes- und landesrechtlichen Bedingungen durchzuführen.

³⁰⁷ Vgl. Lüngen und Büscher 2011, S. 202

³⁰⁸ Vgl. Lüngen und Büscher 2011, S. 202f.

Zur Struktur und Funktionsweise des Simplex-Algorithmus vgl. z. B. Kallrath 2013, S. 74ff.

³⁰⁹ Vgl. Lüngen und Büscher 2011, S. 202f. und S. 205

³¹⁰ Vgl. Lüngen und Büscher 2011, S. 201 und S. 206f.

³¹¹ Vgl. Lüngen und Büscher 2011, S. 201 und S. 206f.

³¹² Vgl. Lüngen und Büscher 2011, S. 201 und S. 206f.

³¹³ Vgl. Lüngen und Büscher 2011, S. 201 und S. 206f.

³¹⁴ Vgl. Lüngen und Büscher 2011, S. 201 und S. 206f.

³¹⁵ Eigene Darstellung basierend auf den Angaben in Lüngen und Büscher 2011

3.1.3 Analyse der Auswirkung von Mindestfallzahlen auf die Krankenhausstruktur nach Längen und Büscher 2012

In einer weiteren Veröffentlichung verändern Längen und Büscher 2012 den zuvor beschriebenen Planungsansatz, um die Auswirkungen von Mindestfallzahlen auf die Krankenhausstruktur am Beispiel von vier DRG, jeweils zwei aus den Fachrichtungen der Onkologie und Orthopädie, zu analysieren.³¹⁶ Der zur Lösung eingesetzte Algorithmus behält dabei nur Krankenhausstandorte bei, die eine erforderliche Mindestanzahl an Behandlungen in der jeweiligen DRG erbringen.³¹⁷ Anders als in der vorherigen Veröffentlichung betrachten die Autoren dazu die Krankenhausversorgung im gesamten Bundesgebiet.³¹⁸

Auch Längen und Büscher 2012 berücksichtigen nur einen der acht Grundsätze der Krankenhausplanung. Durch den Austausch der Zielfunktion handelt es sich in dieser Veröffentlichung um den Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit (vgl. Tabelle 3-3).

Grundsatz	Art der Berücksichtigung bei Längen und Büscher 2012
... der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Nicht berücksichtigt
... der regionenübergreifenden Versorgung	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... der Trägervielfalt	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... der Qualität und Leistungsfähigkeit	Wird über Mindestfallzahlen berücksichtigt. ³¹⁹
... des differenzierten Angebotsspektrums	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... der Strukturkontinuität	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... des idealen Zentralisierungsgrades	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.

Tabelle 3-3: Berücksichtigung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung bei Längen und Büscher 2012³²⁰

Somit ist festzuhalten, dass Längen und Büscher 2012 einen Operations-Research-Ansatz entwickelt haben, um die Auswirkungen von Mindestfallzahlen auf die Zentralisierung

³¹⁶ Vgl. Längen und Büscher 2012, S. 114ff.

³¹⁷ Vgl. Längen und Büscher 2012, S. 114ff.

³¹⁸ Vgl. Längen und Büscher 2012, S. 117 und S. 120

³¹⁹ Vgl. Längen und Büscher 2012, S. 114ff.

³²⁰ Eigene Darstellung basierend auf den Informationen in Längen und Büscher 2012

des Krankenhausnetzwerkes am Beispiel von vier DRG in zwei Fachrichtungen zu analysieren. Kritisch anzumerken ist, dass die Autoren keine Angabe dazu machen, nach welchen Regeln das algorithmische Lösungsverfahren Behandlungsfälle von geschlossenen Krankenhäusern auf die verbleibenden Krankenhäuser aufteilt. Darüber hinaus findet eine Bündelung von Behandlungsfällen nur im Fall einer Schließung aufgrund des Nicht-Ereichens der Mindestfallzahl, nicht jedoch bei räumlicher Nähe von mehreren verbleibenden Krankenhausstandorten, statt.³²¹

Aufgrund der spezifischen Zielsetzung ist der von Lungen und Büscher 2012 formulierte Planungsansatz nicht auf das komplexe Planungsproblem der Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes anwendbar.

3.1.4 Simulation der erreichbarkeitsminimalen oder qualitätsmaximalen Krankenhausplanung nach Loos et al. 2019

Loos et al. 2019 entwickeln eine Vision, welche Vorgaben für die Krankenhausplanung im Jahr 2030 gelten könnten und analysieren, wie sich diese veränderten Planungsvorgaben auf die Krankenhausstruktur in einem Versorgungsgebiet³²² des Bundeslandes NRW auswirken würden.³²³ Im Gegensatz zu allen zuvor vorgestellten Ansätzen analysieren die Autoren somit nicht die Auswirkungen geltender gesetzlicher Regelungen, sondern bündeln verschiedene in der gesundheitspolitischen Debatte diskutierte Optionen zur Förderung der Zentralisierung, Qualität, Erreichbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Krankenhausstruktur³²⁴, um die Implikationen dieser Optionen in einem erreichbarkeits- und einem qualitätsorientierten Szenario zu evaluieren. Bei den berücksichtigten Optionen handelt es sich um

- (1) die Planung von ausschließlich zwei Krankenhausarten mit homogenen Leistungsangebot, sukzessiv-inklusive Hierarchie³²⁵ und definierten Erreichbarkeitsradien,
- (2) Mindestmenvorgaben für bestimmte Behandlungsleistungen,
- (3) die Einführung einer Mindestfachabteilungsgröße (25 Betten),

³²¹ Vgl. Lungen und Büscher 2012, S. 117

³²² Das Versorgungsgebiet 5 umfasst die Städte Köln und Leverkusen sowie den Rhein-Erft-, den Rheinisch-Bergischen- und Oberbergischen Kreis. (vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 155)

³²³ Vgl. Loos et al. 2019, S. 6

³²⁴ Vgl. Loos et al. 2019, S. 20

³²⁵ Vgl. dazu Kapitel 3.3.6

- (4) die Einführung einer Krankenhausgröße zwischen 200 und 600 Betten und
- (5) den Rückgang der stationären Behandlungen durch eine Steigerung der ambulanten Leistungen.³²⁶

Die Autoren verwenden ein Geoinformationssystem um heuristisch³²⁷ und sukzessiv Krankenhäuser aus einer vordefinierten Menge möglicher Standorte auszuwählen.³²⁸ Dabei verfolgen sie die Zielsetzung, das Krankenhausnetzwerk so stark wie möglich zu zentralisieren.³²⁹

Die Autoren konzipieren einen Planungsansatz für eine Krankenhausstruktur, die auf drei der bereits heute gültigen Grundsätze der Krankenhausplanung aufbaut (patienten- und bedarfsgerechte Versorgung, wirtschaftliche Sicherung und Kostengünstigkeit, Qualität und Leistungsfähigkeit, vgl. Tabelle 3-4, S. 97).

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass Loos et al. 2019 die gültigen Vorgaben der regionenübergreifenden Versorgung und des idealen Zentralisierungsgrades nicht berücksichtigen, jedoch in ihrem Fazit empfehlen, genau diese Grundsätze zukünftig zusätzlich zu den untersuchten Planungsprämissen zu berücksichtigen.³³⁰

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Autoren einen Planungsansatz entwickeln, um bestimmte, in der gesundheitspolitischen Debatte diskutierte Optionen als alternative Rahmenbedingungen der Krankenhausplanung zu evaluieren.

Daher eignet sich der von Loos et al. 2019 entwickelte Planungsansatz nicht für die Neuplanung der Krankenhausstruktur in NRW auf Grundlage der geltenden bundes- und landesrechtlichen Rahmenbedingungen.

³²⁶ Vgl. Loos et al. 2019, S. 6, S. 12ff., S. 21f. und S. 25f.

³²⁷ Im Verlauf des Lösungsverfahrens wird die Obergrenze von 600 Betten jedoch nicht berücksichtigt (vgl. Loos et al. 2019, S. 56, S. 58 und S. 74).

³²⁸ Vgl. Loos et al. 2019, S. 20, S. 27 und S. 29

³²⁹ Vgl. Loos et al. 2019, S. 20, S. 27 und S. 29

³³⁰ Vgl. Loos et al. 2019, S. 84f.

Grundsatz	Art der Berücksichtigung bei Loos et al. 2019
... der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Regionalversorger müssen innerhalb von 30 min, Maximalversorger innerhalb von 60 min für mindestens 95 % (100 %) der Bevölkerung erreichbar sein. ³³¹
... der regionenübergreifenden Versorgung	Wird in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt, von den Autoren jedoch für die Zukunft empfohlen.
... der Trägervielfalt	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Eine Mindestfachabteilungsgröße von 25 Betten ³³² und eine Mindestkrankenhausgröße von 200 Betten ³³³ muss beachtet werden.
... der Qualität und Leistungsfähigkeit	Zusätzlich zu Mindestfachabteilungsgröße und Mindestkrankenhausgröße (siehe Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung) ³³⁴ werden Mindestmengenvorgaben ³³⁵ und Strukturqualitätsvorgaben für die Herz- und Schlaganfallversorgung ³³⁶ berücksichtigt.
... des differenzierten Angebotsspektrums	Die Autoren heben die Differenzierung der Krankenhaustypen bewusst auf. ³³⁷
... der Strukturkontinuität	Es finden sich keine Hinweise auf eine Berücksichtigung.
... des idealen Zentralisierungsgrades	Wird in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt, von den Autoren jedoch für die Zukunft empfohlen.

Tabelle 3-4: Berücksichtigung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung bei Loos et al. 2019³³⁸

3.1.5 Zusammenfassung der Analyse der bestehenden Arbeiten zur Anpassung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes

Tabelle 3-5 (S. 98) vergleicht die vier veröffentlichten Planungsansätze für die Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes mit den Anforderungen an die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle. Wie bereits erläutert, erfüllt keiner der vier bereits veröffentlichten Planungsansätze alle bundes- und landesrechtlichen Anforderungen an die Krankenhausplanung. Zudem berücksichtigen nur Fritz et al. 2003 die örtliche, inhaltliche und kapazitative Dimension der Krankenhausplanung. Die drei weiteren Ansätze beschränken sich auf den örtlichen Aspekt der Planung. In allen vier Ansätzen werden zudem zulässige, aber nicht zwingend optimale Lösungen des formulierten Planungsproblems identifiziert.

³³¹ Vgl. Loos et al. 2019, S. 25f.

³³² Vgl. Loos et al. 2019, S. 26

³³³ Vgl. Loos et al. 2019, S. 26, die ebenfalls geforderte maximale Krankenhausgröße wird durch das heuristische Lösungsverfahren nicht eingehalten und daher in dieser tabellarischen Zusammenfassung nicht aufgeführt, vgl. Ausführung in Fußnote 327.

³³⁴ Vgl. Loos et al. 2019, S. 25

³³⁵ Vgl. Loos et al. 2019, S. 22ff. und S. 45

³³⁶ Vgl. Loos et al. 2019, S. 28, im finalen strukturorientierten Ansatz werden nur noch die Vorgaben zur Herzinfarktversorgung berücksichtigt, weil es sich um die zeitsensitivere Versorgung handelt (vgl. Loos et al. 2019, S. 70).

³³⁷ Vgl. Loos et al. 2019, S. 21

³³⁸ Eigene Darstellung basierend auf den Angaben in Loos et al. 2019

	Fritz et al. 2003	Längen und Büscher 2011	Längen und Büscher 2012	Loos et al. 2019	Anforderung
Getroffene Entscheidungen	Krankenhäuser geöffnet oder geschlossen, Fachabteilungen geöffnet oder geschlossen, genutzte Abteilungs-kapazität	Krankenhäuser geöffnet oder geschlossen	Krankenhäuser geöffnet oder geschlossen	Krankenhäuser geöffnet oder geschlossen	Krankenhäuser geöffnet oder geschlossen, Fachrichtung zugeordnet oder nicht zugeordnet, Bettenanzahl je Fachrichtung und Krankenhaus
Zielsetzung	Kostenminimales Krankenhausnetzwerk	Größtmögliche Zentralisierung des Krankenhausnetzwerkes	Größtmögliche Zentralisierung des Krankenhausnetzwerkes	Größtmögliche Zentralisierung des Krankenhausnetzwerkes	Idealer Zentralisierungsgrad
Qualität des Lösungsverfahrens	Heuristisch	Heuristisch	Heuristisch	Heuristisch	Optimal
Berücksichtigte Grundsätze der Krankenhausplanung	3/8	1/8	1/8	3/8	8/8
Weitere limitierende Faktoren		Behandlungsfälle in einer DRG berücksichtigt	Behandlungsfälle in vier DRG aus zwei Fachrichtungen berücksichtigt		

Tabelle 3-5: Vergleich der vier veröffentlichten Planungsansätze für die Re- bzw. Neustrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes mit den Anforderungen an die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle

In den folgenden Kapiteln wird die Recherche daher auf die Operations-Research-Literatur ausgeweitet, die sich – unabhängig von NRW – mit der Planung und/oder Restrukturierung von Krankenhausnetzwerken beschäftigt.

3.2 Methoden zur Modellierung von Angebots- und Nachfragestrukturen

Eine der drei Entscheidungen, die durch die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle getroffen werden muss, ist die Bestimmung der geografischen Position der

Krankenhäuser in der Fläche. Dies ist die Aufgabe der (betrieblichen) Standortplanung.³³⁹ Standortplanungsprobleme können, abhängig davon, ob alle oder nur bestimmte Punkte des geografischen Raumes als Wohnort oder Krankenhausstandort zulässig sind, in kontinuierliche (**continuous location problem**), diskrete (**discrete location problem**) und gemischt-kontinuierlich-diskrete Standortplanungsprobleme unterschieden werden (vgl. Illustration in Tabelle 3-6, S. 100).³⁴⁰ Dabei ist zu beachten, dass kontinuierliche und gemischt-kontinuierlich-diskrete Standortplanungsmodelle mit kontinuierlich verteilter Nachfrage eine theoretische Modellierungsoption darstellen, die außerhalb der nicht-anwendungsbezogenen Mathematik nicht praktisch angewendet werden. Diese beiden Modellkategorien stehen deshalb in dieser Literaturanalyse nicht im Fokus. Die überwiegende Mehrheit der Veröffentlichungen zur Krankenhausplanung basiert auf der Verwendung diskreter Optimierungsmodelle.

Kapitel 3.2.1 beschäftigt sich im Folgenden zunächst mit diskreten Standortplanungsproblemen und ihrer Anwendung in der Krankenhausplanung. Kapitel 3.2.2 gibt anschließend eine kurze Einführung in die kontinuierlich-diskreten Standortplanungsmodelle mit diskreter Nachfrage und kontinuierlichem Angebot und ihre seltene Anwendung in der Krankenhausplanung. Abschließend erfolgt in Kapitel 3.2.3 die Auswahl der geeigneten Modellklasse für die Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes basierend auf den beobachteten Angebots- und Nachfragestrukturen.

³³⁹ Diese Definition ist angelehnt an ReVelle und Marianov 2013, S. 892; ReVelle und Eiselt 2005, S. 1; Domschke und Scholl 2005, S. 173; Haase und Hoppe 2008, S. 6; Domschke und Drexl 1996, S. 2

Für eine Abgrenzung zwischen volkswirtschaftlicher, betrieblicher und innerbetrieblicher Standortplanung wird auf Domschke und Drexl 1996, für einen Überblick zur Entwicklung der Standortplanung als Forschungsdisziplin sowie eine Abgrenzung von Standortplanung (location analysis) und Standorttheorie (location theory) auf ReVelle 1997 sowie Smith et al. 2009a verwiesen (vgl. Domschke und Drexl 1996, S. 1ff.; ReVelle 1997, S. 3ff.; Smith et al. 2009a, S. S140ff.).

³⁴⁰ Vgl. ReVelle und Eiselt 2005, S. 2f.

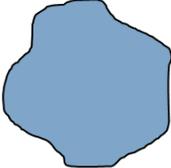
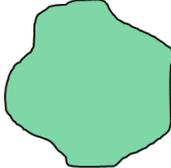
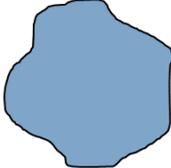
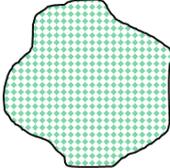
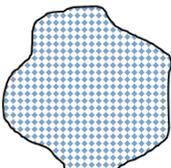
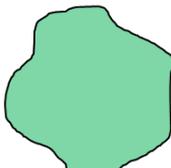
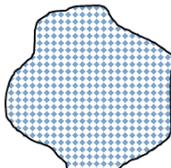
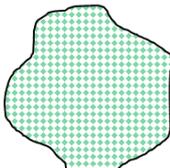
		Zulässige Position der Krankenhäuser (Anbietende)			
		Alle Punkte des geografischen Raums		Bestimme Punkte des geografischen Raums	
Zulässige Position der zu behandelnden Personen (Nachfragende)	Alle Punkte des geografischen Raums	 <p><i>Kontinuierliche Fläche repräsentiert Wohnorte</i></p>	 <p><i>Kontinuierliche Fläche zulässig als Standorte für Krankenhäuser</i></p>	 <p><i>Kontinuierliche Fläche repräsentiert Wohnorte</i></p>	 <p><i>Diskrete Punkte repräsentieren mögliche Standorte der Krankenhäuser</i></p>
		Kontinuierliche Standortplanungsprobleme (t)		Gemischt kontinuierlich-diskrete Standortplanungsprobleme (t)	
Zulässige Position der zu behandelnden Personen (Nachfragende)	Bestimmte Punkte des geografischen Raums	 <p><i>Diskrete Punkte repräsentieren Wohnorte</i></p>	 <p><i>Kontinuierliche Fläche zulässig als Standorte für Krankenhäuser</i></p>	 <p><i>Diskrete Punkte repräsentieren Wohnorte</i></p>	 <p><i>Diskrete Punkte repräsentieren mögliche Standorte der Krankenhäuser</i></p>
		Gemischt kontinuierlich-diskrete Standortplanungsprobleme (p)		Diskrete Standortplanungsprobleme (p)	

Tabelle 3-6: Unterscheidung von kontinuierlichen und diskreten Standortplanungsproblemen, kategorisiert nach praktischer Anwendbarkeit (t = theoretisches Konzept, p = praktisch anwendbar)³⁴¹

3.2.1 Diskrete Standortplanungsmodelle

Diskrete Standortplanungsprobleme werden in der Literatur in vier Modellklassen unterschieden, die sich dahingehend unterscheiden, (1) wann ein Bedarf als abgedeckt gilt, (2) ob die gesamte Nachfrage abgedeckt wird und (3) welche Zielsetzung verfolgt wird. Tabelle 3-7 (S. 101) gibt einen Überblick über die verschiedenen Modellklassen, die den diskreten Standortplanungsproblemen zuzurechnen sind. Dabei handelt es sich um **Ab-**

³⁴¹ Eigene Darstellung basierend auf der Definition von ReVelle und Eiselt 2005, S. 2f.

deckungsprobleme, Medianprobleme, Zentrenprobleme und Standortplanungsprobleme im engeren Sinne (Standortplanungsprobleme i. e. S.).³⁴²

	Zielsetzung	Abdeckung abhängig von der Entfernung zwischen Anbietenden und Nachfragenden	Gesamte Nachfrage muss einem oder mehreren Anbietenden zugeordnet werden
Abdeckungsproblem (covering location problem)	Die Anzahl der lokalisierten Standorte und zugewiesenen Kapazität muss ausreichen, um		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ bei unbegrenzter Standortanzahl die gesamte Nachfrage abzudecken (set covering problem/location set covering problem) bzw. ▪ bei einer vorgegebenen Standortanzahl einen möglichst großen Anteil der Nachfrage abzudecken (maximum covering location problem). 	Ja	Ja
Medianproblem (p-median problem)	Eine vorab definierte Anzahl Standorte wird so lokalisiert, dass die nachfragegewichtete Distanz zwischen allen Anbietenden (Krankenhäusern) und den jeweils zugeordneten Nachfragenden (zu behandelnden Personen) minimiert wird.	Nein	Ja
Zentrenproblem (p-center problem)	Eine vorab definierte Anzahl Standorte wird so lokalisiert, dass die maximale Entfernung zwischen Anbietenden (Krankenhäuser) und Nachfragenden (zu behandelnden Personen) minimiert wird.	Nein	Ja
Standortplanungsproblem i.e.S. (facility location problem)	Die Entscheidung über Lage und Anzahl der zu eröffnenden Standorte wird basierend auf dem Gesamtkostenminimum getroffen.	Nein	Ja

Tabelle 3-7: Diskrete Standortplanungsprobleme nach Modellklassen³⁴³

³⁴² Ein umfassender Überblick über die Eigenschaften von diskreten Standortplanungsproblemen sowie mathematische Formulierungsmöglichkeiten und Lösungsansätze finden sich z. B. bei Berg 2013, Daskin 2013, Daskin und Dean 2004 sowie bei Owen und Daskin 1998. Daskin und Dean 2004 thematisieren die Anwendung von Abdeckungs-, Zentren- und Medianproblemen im Gesundheitswesen (vgl. Daskin und Dean 2004, S. 45ff.). Berg 2013 behandelt die Anwendung aller vier Modellklassen der diskreten Standortplanung im Gesundheitswesen (vgl. Berg 2013, S. 387ff.), Daskin 2013 sowie Owen und Daskin 1998 unabhängig von einer möglichen Anwendung im Gesundheitswesen (vgl. Daskin 2013, Kapitel 4–8, S. 124ff.; Owen und Daskin 1998, S. 423ff.).

³⁴³ Eigene Darstellung basierend auf den Informationen in Owen und Daskin 1998, S. 423ff.; Daskin 2013, S. 124ff.

3.2.1.1 Abdeckungsprobleme

In Abdeckungsproblemen gilt eine zu behandelnde Person nur dann als durch ein Krankenhaus versorgt, wenn eine vorgegebene maximale Entfernung zwischen Menschen und Krankenhäusern nicht überschritten wird.³⁴⁴ Deshalb werden die Krankenhausstandorte in Abdeckungsproblemen so gewählt, dass eine minimale Anzahl von Krankenhäusern die gesamte Nachfrage (**Set Covering Probleme**) oder eine beschränkte Anzahl von Krankenhäusern einen möglichst großen Anteil der Nachfrage (**Maximum Covering Location Probleme**) abdecken kann.³⁴⁵

Daskin und Dean 2004 merken an, dass Set Covering Probleme nur selten zur Krankenhausplanung eingesetzt werden, weil die Anzahl der notwendigen Standorte zur Abdeckung der gesamten Nachfrage zu hoch sei und keine Unterscheidung zwischen Nachfragepunkten mit großer Nachfrage und kleiner Nachfrage getroffen werde.³⁴⁶

In der Literatur zur Krankenhausplanung findet sich dementsprechend nur eine Arbeit, die ein Set Covering Problem zur Krankenhausplanung anwendet. Guerriero et al. 2016 vergleichen für ihren Anwendungsfall (die Restrukturierung des kalabrischen Krankenhausnetzwerkes) die Ergebnisse eines Set Covering Problems und eines Maximum Covering Location Problems.³⁴⁷

Maximum Covering Location Probleme werden in sechs Publikationen³⁴⁸ zur Identifikation der optimalen Krankenhausstruktur angewendet. Die Forschenden geben die Anzahl der Krankenhäuser entweder durch eine feste Standortanzahl³⁴⁹ vor oder leiten diese aus einem vorgegebenen Budget³⁵⁰ oder einer zu erzielenden Mindest-

³⁴⁴ Vgl. Owen und Daskin 1998, S. 429

³⁴⁵ Vgl. Owen und Daskin 1998, S. 429

³⁴⁶ Vgl. Daskin und Dean 2004, S. 47

³⁴⁷ Vgl. Guerriero et al. 2016, S. 942f. (Vergleich von Modell 1 und Modell 2)

Guerriero et al. 2016 haben das erste Modell (HNRP_a) bereits ein Jahr früher als Konferenzbeitrag veröffentlicht (vgl. Guerriero et al. 2015). Im Folgenden wird nur die spätere, umfassendere Veröffentlichung in der begutachteten Fachzeitschrift betrachtet.

³⁴⁸ Vgl. Branas et al. 2000, S. 491; Griffin et al. 2008, S. 885f.; Kim und Kim 2013, S. 225; Marianov und Taborga 2001, S. 392f.; Moore und ReVelle 1982, S. 777; Verter und Lapierre 2002, S. 126

³⁴⁹ Vgl. Branas et al. 2000, S. 491; Cho et al. 2014, S. 757; Moore und ReVelle 1982, S. 777

³⁵⁰ Vgl. Griffin et al. 2008, S. 885; Kim und Kim 2013, S. 225; Marianov und Taborga 2001, S. 393

auslastung³⁵¹ ab. Die Nachfrage wird als Anzahl gemeldeter³⁵² oder zu behandelnder Personen³⁵³ gemessen.

3.2.1.2 Medianprobleme

In Medianproblemen wird eine vorgegebene Anzahl von Standorten so lokalisiert, dass die bedarfsgewichtete Distanz zwischen allen zu behandelnden Personen und allen Krankenhäusern minimiert wird.³⁵⁴ Dabei müssen alle Menschen einem Krankenhaus zugeordnet werden. Die Entfernung, die eine Person zurücklegen muss, um ein Behandlungsangebot zu erreichen, ist hingegen unerheblich für die Beurteilung, ob ein Mensch durch ein Krankenhaus abgedeckt werden kann.³⁵⁵

In der Literatur sind vier Veröffentlichungen³⁵⁶ zu finden, in denen Medianprobleme in ihrer klassischen Formulierung zur Planung eines Krankenhausnetzwerkes eingesetzt werden. Die zugeordnete Distanz wird entweder mit der auftretenden Nachfrage³⁵⁷, der Bevölkerungsanzahl eines Nachfragepunktes³⁵⁸ oder der durchschnittlichen Anzahl Krankenhausbetten je Nachfragepunkt³⁵⁹ gewichtet. Die Forschenden legen die Anzahl der zu lokalisierenden Krankenhäuser entweder durch eine feste Standortanzahl³⁶⁰ oder eine Mindestauslastung³⁶¹ fest.

Darüber hinaus verwenden einige wissenschaftlich Publizierende zur Planung von Krankenhausstrukturen Abwandlungen des klassischen Medianproblems. Mestre et al. 2012 beschreiben die Nebenbedingung, die die Anzahl der Krankenhäuser auf einen

³⁵¹ Vgl. Verter und Lapierre 2002, S. 126

³⁵² Vgl. Branas et al. 2000, S. 491; Marianov und Taborga 2001, S. 393; Moore und ReVelle 1982, S. 777; Verter und Lapierre 2002, S. 126

³⁵³ Vgl. Griffin et al. 2008, S. 885; Kim und Kim 2013, S. 224f.

³⁵⁴ Vgl. Owen und Daskin 1998, S. 425

³⁵⁵ Vgl. Owen und Daskin 1998, S. 425

³⁵⁶ Vgl. Berlin et al. 1976, S. 554 (erstes Modell); Mehrez et al. 1996, S. 624 (viertes Modell); Tien et al. 1983, S. 1130f. (beide Modelle); Zhang et al. 2009, S. 926

³⁵⁷ Vgl. Berlin et al. 1976, S. 554 (erstes Modell)

³⁵⁸ Vgl. Tien et al. 1983, S. 1130f. (beide Modelle); Zhang et al. 2009, S. 926

³⁵⁹ Vgl. Mehrez et al. 1996, S. 624 (viertes Modell)

³⁶⁰ Vgl. Berlin et al. 1976, S. 554 (erstes Modell); Mehrez et al. 1996, S. 624 (viertes Modell); Tien et al. 1983, S. 1130f. (beide Modelle)

³⁶¹ Vgl. Zhang et al. 2009, S. 925f.

bestimmten Wert fixiert, als optional.³⁶² Mitropoulos et al. 2006 ermöglichen, dass die bevölkerungsgewichtete Distanz zu Krankenhäusern durch den Einsatz eines Gewichtungsfaktors α stärker, gleich oder weniger stark in die Zielfunktion eingeht als die bevölkerungsgewichtete Distanz zu medizinischen Versorgungszentren.³⁶³ Galvão et al. 2002 verzichten sowohl auf die Gewichtung der Distanz mit einem Bedarfsmaß als auch auf die Beschränkung der Anzahl der zu lokalisierenden Krankenhäuser.³⁶⁴ Smith et al. 2009b verzichten ebenfalls auf eine Gewichtung des abgedeckten Bedarfsanteils. Zudem maximieren sie die Anzahl der zu lokalisierenden Pflegekräfte, anstatt den Anteil des nicht abgedeckten Bedarfs zu minimieren.³⁶⁵ Bruni et al. 2006 und Santibáñez et al. 2009 ergänzen die Zielfunktion des Medianproblems um jeweils eine weitere Zielsetzung, Mitropoulos et al. 2013 um zwei weitere Ziele und Jánošíková 2009 um drei weitere Ziele.³⁶⁶

3.2.1.3 Zentrenprobleme

Durch den Einsatz von Zentrenproblemen in der Krankenhausplanung wird erreicht, dass die am weitesten entfernt lebende Person so nah wie möglich am nächstgelegenen Krankenhaus wohnt.³⁶⁷ In Zentrenproblemen muss jeder Mensch einem Krankenhaus zugeordnet werden.³⁶⁸ Die Anzahl der Krankenhäuser, die zu diesem Zweck errichtet werden darf, ist extern vorgegeben.³⁶⁹ In der Operations-Research-Literatur zur Krankenhausplanung finden sich keine Optimierungsmodelle, die als Zentrenproblem formuliert werden.

³⁶² Vgl. Mestre et al. 2012, S. 328ff.

Mestre et al. 2012 verwenden eine Flussvariable, um den gewichteten zugeordneten Bedarf in der Zielfunktion zu berücksichtigen (vgl. Mestre et al. 2012, S. 328f.).

³⁶³ Vgl. Mitropoulos et al. 2006, S. 173ff.

Mitropoulos et al. 2006 verwenden statt der klassischen Formulierung (Multiplikation des Gewichtungsfaktors mit der binär kodierten Zuordnungsvariablen) eine Flussvariable, die Menschen zu Krankenhäusern zuordnet (vgl. Mitropoulos et al. 2006, S. 173f.).

³⁶⁴ Vgl. Galvão et al. 2002, S. 499f.

³⁶⁵ Vgl. Smith et al. 2009b, S. 774

³⁶⁶ Vgl. Bruni et al. 2006, S. 130; Santibáñez et al. 2009, S. 206; Mitropoulos et al. 2013, S. 2245; Jánošíková 2009, S. 52f.

³⁶⁷ Vgl. Daskin 2013, S. 193

³⁶⁸ Vgl. Daskin 2013, S. 199

³⁶⁹ Vgl. Daskin 2013, S. 199

3.2.1.4 Standortplanungsprobleme i. e. S.

In Optimierungsmodellen, die eine Entscheidung über die Lokalisierung von Standorten durch die Bestimmung des Gesamtkostenminimums oder des Gesamtgewinnmaximums treffen (Standortplanungsprobleme i. e. S.), können unterschiedliche Kostenarten berücksichtigt werden. Im Kontext der Krankenhausplanung betrachten die Publizierenden zwischen einer³⁷⁰ und sieben Kostenarten³⁷¹ in der Zielfunktion (vgl. Tabelle 3-8), darunter Reise- und Transportkosten (9x), Bau- und/oder Erweiterungskosten (8x), Behandlungskosten (7x), Strafkosten für nicht abgedeckte Bedarfe (6x), Betriebskosten (6x), Strafkosten für Kapazitätsüberschreitungen (3x), Schließungs- und Verlagerungskosten (2x), Unterbringungskosten (2x) sowie Ausfallkosten bei Naturkatastrophen (1x).

	Bau- und/oder Erweiterungskosten	Betriebskosten	Behandlungskosten	Reise- und Transportkosten	Unterbringungskosten	Strafkosten für nicht abgedeckten Bedarf	Strafkosten für Kapa- zitätsüberschreitung	Schließungs- und Verlagerungskosten	Ausfallkosten
Benneyan et al. 2012	x	x		x		x			
Côté et al. 2007			x	x	x		x		
Güneş und Yaman 2010				x				x	
Mahar et al. 2011		x	x	x		x			
Mohammadi et al. 2014	x	x	x	x		x	x		x
Mousazadeh et al. 2016	x								
Naboureh und Safari 2016	x	x	x	x		x			
Pehlivan et al. 2014	x			x				x	
Schweikhart und Smith-Daniels 1993		x							
Shishebori und Babadi 2015	x			x ³⁷²					
Syam und Côté 2010	x		x			x			
Syam und Côté 2012		x	x	x	x	x	x		
Zarrinpoor et al. 2018	x		x	x					

Tabelle 3-8: Kostenarten, die in Standortplanungsproblemen i. e. S. zur Planung von Krankenhausnetzwerken in der Literatur berücksichtigt werden³⁷³

³⁷⁰ Vgl. Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 294

³⁷¹ Vgl. Mohammadi et al. 2014, S. 19f.

³⁷² Shishebori und Babadi 2015 berücksichtigen Transportkosten nur für eines der untersuchten robusten Szenarien. (vgl. Shishebori und Babadi 2015, S. 275f.)

³⁷³ Eigene Darstellung basierend auf den Informationen in Benneyan et al. 2012, S. 140f. (beide Modelle); Côté et al. 2007; S. 256; Güneş und Yaman 2010, S. 278; Mahar et al., S. 599; Mohammadi et al. 2014, S. 19f.; Mousazadeh et al. 2016; S. 269f.; Naboureh und Safari 2016, S. 5; Pehlivan et al. 2014, S. 868; Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 294;

Standortplanungsprobleme i. e. S., die auf die Planung von Krankenhausstandorten und Krankenhausnetzwerken angewendet werden, minimieren mehrheitlich die Gesamtkosten des geplanten Netzwerkes. Einzig Schweikhart und Smith-Daniels 1993 verwenden einen Gewinnmaximierungsansatz und berücksichtigen sowohl Betriebskosten als auch die zu realisierenden Erlöse in der Zielfunktion des Modells.³⁷⁴

Zwei Optimierungsmodelle entsprechen der Struktur von Standortplanungsproblemen i. e. S., jedoch werden die Zielfunktionsvariablen nicht mit Kostensätzen bewertet.³⁷⁵ Chu und Chu 2000 minimieren die Abweichung zwischen bestehendem und neuem Krankenhausnetzwerk und formulieren dazu Abweichungsvariablen, die die Abweichung auf Ebene der Einzelstandorte von definierten Standortverbänden und definierten Regionen minimieren.³⁷⁶ Als Abweichungen berücksichtigen sie jede Schließung und Eröffnung eines Standortes sowie jeden Aufbau und jeden Abbau eines Krankenhausbettes.³⁷⁷ Stummer et al. 2004 formulieren mehrere Zielfunktionen, die die gewichtete Summe aus Entfernungskilometern, zugewiesenen Betten, nichtabgedeckten Personen und verschobenen Krankeneinheiten minimieren. Die Autoren fügen diese Einzelziele jedoch nicht in einer mehrkriteriellen Funktion zusammen, sondern verwenden eine Heuristik, die den Zielerreichungsgrad für jedes Einzelziel angibt.³⁷⁸

Im Standortplanungsproblem i. e. S. gelten Nachfragende als abgedeckt, wenn sie einem Standort zugewiesen sind, unabhängig davon, wie weit der zugewiesene Standort entfernt ist. Abweichend davon verlangen Zarrinpoor et al. 2018, dass Menschen nur dann als abgedeckt angesehen werden, wenn die Entfernung zwischen zu behandelnder Person und Krankenhaus eine bestimmte definierte Maximalentfernung nicht überschreitet.³⁷⁹

3.2.1.5 Mischmodelle der diskreten Standortplanung

Nicht alle Optimierungsmodelle, die zur Optimierung von Krankenhausstandorten und Krankenhausnetzwerken entwickelt wurden, lassen sich eindeutig einer Modellklasse zu-

Shishebori und Babadi 2015, 275f.; Syam und Côté 2010, S. 159; Syam und Côté 2012, S. 75f.; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1019

³⁷⁴ Vgl. Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 294

³⁷⁵ Vgl. Chu und Chu 2000, 540ff.; Stummer et al. 2004, S. 64f.

³⁷⁶ Vgl. Chu und Chu 2000, S. 541

³⁷⁷ Vgl. Chu und Chu 2000, S. 541ff.

³⁷⁸ Vgl. Stummer et al. 2004; S. 64ff.

³⁷⁹ Vgl. Zarrinpoor et al. 2018, S. 1020

ordnen. Einige Arbeiten kombinieren die charakteristischen Eigenschaften verschiedener Modellklassen und stellen somit Mischformen dar.

Malczewski und Ogryczak 1990³⁸⁰ sowie Mestre et al. 2015 kombinieren die Zielsetzungen des Standortplanungsproblems i.e.S. (Kostenminimierung) und des ungewichteten Medianproblems (Gesamtdistanzminimierung) in ihrer Zielfunktion. Die maximale Anzahl der zu lokalisierenden Standorte wird bei Mestre et al. 2015 durch eine festgelegte Anzahl Krankenhäuser, bei Malczewski und Ogryczak 1990 durch Budgetrestriktionen für Investitions- und Betriebskosten begrenzt.³⁸¹

Guo et al. 2013 kombinieren die kostenbasierte Zielsetzung des Standortplanungsproblems i. e. S. (Fix- und Behandlungskosten) mit der Zielfunktion des Maximum Covering Location Problem (Maximierung der Abdeckung des flexiblen und nicht-flexiblen Bedarfs), um zwischen Netzwerkkosten und Bedarfsabdeckung abzuwägen.³⁸²

Calvo und Marks 1973 kombinieren die Zielfunktionsformulierungen von (1) gewichtetem Medianproblem, (2) Standortplanungsproblem i.e.S. und (3) Maximum Covering Location Problem.³⁸³ Darüber hinaus beschränken sie die Anzahl der zu lokalisierenden Krankenhäuser.³⁸⁴

3.2.2 Kontinuierlich-diskrete Standortplanungsmodelle

Kontinuierlich-diskrete Modelle, in denen alle beliebigen Punkte des geografischen Raumes als Krankenhausstandort zulässig sind, werden als Steiner-Weber-Modelle (ein Krankenhaus ist zu lokalisieren) bzw. Multi-Weber-Modelle (mehrere Krankenhäuser sind zu lokalisieren) bezeichnet.³⁸⁵ Dabei werden die gesuchten Krankenhausstandorte so bestimmt, dass die Entfernung zwischen den zu behandelnden Personen, deren Position bekannt ist (diskrete Punkte), und den Krankenhausstandorten gemäß dem gewählten

³⁸⁰ Malczewski und Ogryczak 1990 berücksichtigen darüber hinaus noch zwei weitere Zielsetzungen: Minimierung der Luftverschmutzung im Krankenhausumfeld und Maximierung der Zufriedenheit der behandelten Personen (vgl. Malczewski und Ogryczak 1990, S. 252).

³⁸¹ Vgl. Malczewski und Ogryczak 1990, S. 251ff. und Mestre et al. 2015, S. 796ff.

³⁸² Vgl. Guo et al. 2013, S. 397

³⁸³ Vgl. Calvo und Marks 1973, S. 411ff.

³⁸⁴ Vgl. Calvo und Marks 1973, S. 411ff.

³⁸⁵ Vgl. Rosing 1992, S. 414f.

Distanzmaß minimal ist.^{386,387} Ein Überblick über gängige Distanzmaße in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen findet sich bei Cha 2007, eine ausführliche Auflistung aller bekannten Distanzmaße bei Deza und Deza 2006.³⁸⁸

Sämtliche auf geografischen Koordinaten basierenden Entfernungsschätzungen ignorieren die Struktur des realen Wegenetzes, so dass ein Straßenkorrekturfaktor (auch Umwegfaktor genannt) verwendet werden muss, um die Straßenentfernung zu approximieren.³⁸⁹ Geografische Barrieren (z. B. Gewässer oder Gebirge) und Infrastruktureinrichtungen zu deren Überwindung (Brücken, Tunnel) bleiben jedoch auch bei Anwendung eines Straßenkorrekturfaktors unberücksichtigt.³⁹⁰

In der Planung von Krankenhausnetzwerken wird das Steiner-Weber-Modell kaum angewendet. Eine Ausnahme stellen die Arbeiten von Mehrez et al. 1996 und Segall 2000 dar.³⁹¹

Mehrez et al. 1996 verwenden in zwei von vier Ansätzen ein Steiner-Weber-Problem zur Identifikation der geografischen Position eines neuen Krankenhauses in der Negev-Wüste. Die beiden kontinuierlichen Modelle unterscheiden sich dadurch, dass die Forschenden im ersten Ansatz gewichtete euklidische Distanzen und im zweiten Ansatz gewichtete und quadrierte euklidische Distanzen verwenden.³⁹²

Die Arbeit von Segall 2000 zielt darauf ab, Standorte der Notfallversorgung nah an gefährdeten Orten für konventionelle oder chemische Angriffe zu errichten.³⁹³ Dazu untersucht Segall 2000 sechs Szenarien mit jeweils fünf Standorten der Notfallversorgung, die sich hinsichtlich Größe der Notfalleinrichtung und dem medizinischen Angebot unterscheiden.³⁹⁴

³⁸⁶ Vgl. Klose und Drexl 2005, S. 6

³⁸⁷ Ein Überblick zu kontinuierlichen Standortplanungsproblemen, unabhängig von der Anwendung im Gesundheitswesen, findet sich bei Drezner et al. 2002 und Plastria 2002 (vgl. Drezner et al. 2002, S. 1ff.; Plastria 2002, S. 37ff.).

³⁸⁸ Vgl. Cha 2007, S. 300ff. und Deza und Deza 2006, S. 2ff.

³⁸⁹ Vgl. z. B. Ballou et al. 2002, S. 843; Berens und Körling 1983, S. 67; Gudehus 2012, S. 873f.; Vahrenkamp und Mattfeld 2007, S. 21

³⁹⁰ Vgl. Steglich et al. 2016, S. 56f.

³⁹¹ Vgl. Mehrez et al. 1996, S. 623 (erstes und zweites Modell); Segall 2000, S. 365

³⁹² Vgl. Mehrez et al. 1996, S. 623 (erstes und zweites Modell)

³⁹³ Vgl. Segall 2000, S. 365

³⁹⁴ Vgl. Segall 2000, S. 368ff.

3.2.3 Auswahl der geeigneten Modellklasse für die Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes

Die Planung der zukünftigen nordrhein-westfälischen Krankenhausstruktur stellt eine Restrukturierung eines bestehenden Systems aus Krankenhausstandorten dar. Jedes Krankenhaus kann durch eine Längen- und Breitengradkoordinate beschrieben werden, so dass eine diskrete Verteilung des Angebots im geografischen Raum vorliegt. Die Distribution der Nachfrage im geografischen Raum resultiert aus der Verteilung der Wohngebäude in der Ebene. Jedes Gebäude kann ebenfalls durch ein geografisches Koordinatenpaar beschrieben werden. Somit liegt eine diskrete Nachfragestruktur vor. Die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle sind daher als diskrete Standortplanungsprobleme zu charakterisieren.

Die zulässige Distanz zwischen Krankenhaus und zu behandelnder Person ist vorgegeben und wird aus dem abstrakten Begriff der Wohnortnähe hergeleitet (vgl. Kapitel 2.1.1 und Kapitel 2.2.1). Die Anzahl der zu lokalisierenden Krankenhäuser ist dabei so gering wie möglich zu wählen, um den Grundsätzen der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit (vgl. Kapitel 2.1.4 und Kapitel 2.1.5) zu entsprechen, grundsätzlich jedoch unbeschränkt. Somit sind die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle als Set Covering Modelle zu klassifizieren.

3.3 Methoden zur Modellierung der acht Grundsätze der Krankenhausplanung

In Kapitel 1.5 wurde dargelegt, dass ein Optimierungsmodell dazu verwendet wird, eine reale Entscheidungssituation in ein System aus Gleichungen und Ungleichungen zu übersetzen, um durch Anwendung numerischer Verfahren die unter den gegebenen Rahmenbedingungen und Berücksichtigung der verfolgten Zielsetzung bestmögliche Lösung des Entscheidungsproblems zu identifizieren.³⁹⁵ Daher muss für jeden der in Kapitel 2 identifizierten Grundsätze der Krankenhausplanung zunächst festgelegt werden, ob mit dem

³⁹⁵ Vgl. Klein und Scholl 2011, S. 37 und S. 46f.

Grundsatz eine Rahmenbedingung oder eine Zielsetzung beschrieben wird. Eine Rahmenbedingung wird in einem Optimierungsmodell als Nebenbedingung abgebildet, während eine Zielsetzung als Zielfunktionselement abgebildet wird (vgl. Abbildung 3-1).

Nebenbedingungen und Zielfunktionen bestehen aus Parametern und Variablen, ggf. differenziert durch Indizes, die reale Werte repräsentieren. Bei Parametern handelt es sich um extern vorgegebene Daten, deren Wert durch das Modell nicht verändert werden kann.³⁹⁶ Variablen sind durch das Modell ermittelte Lösungen.³⁹⁷ Ihr Wert ist vorab nicht bekannt und wird durch die Lösung des Modells ermittelt.³⁹⁸

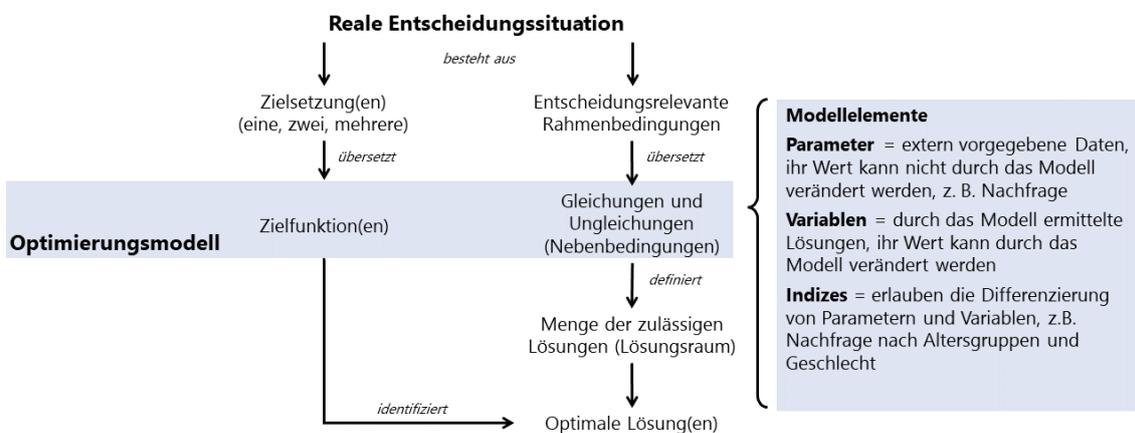


Abbildung 3-1: Modellelemente zur Formulierung von Zielfunktion und Nebenbedingungen³⁹⁹

In den folgenden Kapiteln 3.3.1 bis 3.3.8 wird zunächst festgestellt, ob ein Grundsatz der Krankenhausplanung in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen als Nebenbedingung oder als Zielfunktionsbestandteil abgebildet werden muss. Anschließend wird analysiert, ob und wie die in der Literatur veröffentlichten Optimierungsmodelle die Grundsätze der Krankenhausplanung abbilden.

³⁹⁶ Vgl. Klein und Scholl 2011, S. 46

³⁹⁷ Vgl. Klein und Scholl 2011, S. 46

³⁹⁸ Vgl. Klein und Scholl 2011, S. 46

³⁹⁹ Erweiterung von Abbildung 1-7 (S. 19) basierend auf der Definition von Parametern und Variablen in Klein und Scholl 2011, S. 46

3.3.1 Methoden zur Modellierung der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung

Aus dem Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung folgt, dass jeder Mensch innerhalb einer bestimmten Entfernung (gemessen in Distanz- oder Zeiteinheiten) ein geeignetes Behandlungsangebot erreichen können muss, das in Art und Umfang seinen Bedürfnissen entspricht. Dazu wurden in Kapitel 2.1.1 und Kapitel 2.2.1 die Kriterien Erreichbarkeit und Geeignetheit hergeleitet.

Das Kriterium der Erreichbarkeit verlangt, dass eine fachrichtungsspezifische Maximalentfernung berücksichtigt wird, innerhalb der jeder Mensch ein geeignetes Behandlungsangebot erreichen können muss (vgl. Kapitel 2.1.1 und Kapitel 2.2.1.1). Das Kriterium der Erreichbarkeit definiert somit eine Rahmenbedingung, die als Nebenbedingung in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen implementiert werden muss.

In der existierenden Literatur zur Krankenhausplanung wird die Maximalentfernung zwischen zu behandelnder Person und Krankenhaus entweder als Strecke⁴⁰⁰ oder als Zeit⁴⁰¹ gemessen. Dazu werden sowohl geschätzte Entfernungen⁴⁰² (d. h. Entfernungen, die basierend auf der Luftlinienentfernung zwischen zwei Koordinatenpaaren, ggf. multipliziert mit einem Umwegfaktor, ermittelt wurden) als auch reale Entfernungen⁴⁰³ (d. h. Entfernungen, die basierend auf dem zu Grunde liegenden Straßen- und Wegenetz ermittelt wurden) verwendet. Als zulässige Entfernungen, innerhalb derer eine Person als abgedeckt gilt, werden Distanzen zwischen 2 km⁴⁰⁴ und 200 km⁴⁰⁵ bzw. 15 Minuten⁴⁰⁶

⁴⁰⁰ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 142 (beide Modelle); Cho et al. 2014, S. 754; Griffin et al. 2008, S. 885; Kim und Kim 2013, S. 224; Mahar et al. 2011, S. 600; Mitropoulos et al. 2006, S. 177; Mitropoulos et al. 2013, S. 2245; Moore und ReVelle 1982, S. 776; Smith et al. 2009b, S. 776; Syam und Côté 2010, S. 159; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1024f.

⁴⁰¹ Vgl. Berlin et al. 1976, S. 554 (erstes Modell); Branas et al. 2000, S. 496; Jánošíková 2009, S. 52; Mestre et al. 2012, S. 329; Mestre et al. 2015, S. 796; Zhang et al. 2009, S. 925

⁴⁰² Vgl. Branas et al. 2000, S. 495f. Cho et al. 2014, S. 754; Côté et al. 2007, S. 259; Griffin et al. 2008, S. 884; Kim und Kim 2013, S. 231; Mahar et al. 2011, S. 600; Marianov und Torgora 2001, S. 394; Mehrez et al. 1996, S. 617 (erstes und zweites Modell); Naboureh und Safari 2016, S. 7

⁴⁰³ Vgl. Berlin et al. 1976, S. 553 (alle Modelle); Mestre et al. 2012, S. 334; Mitropoulos et al. 2006, S. 177; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1024f.

⁴⁰⁴ Vgl. Guo et al. 2013, S. 396; Moore und ReVelle 1982, S. 778

⁴⁰⁵ Vgl. Zarrinpoor et al. 2018, S. 1029

⁴⁰⁶ Vgl. Branas et al. 2000, S. 496

und 105 Minuten⁴⁰⁷ untersucht. Einige Publizierende nehmen zudem an, dass die Bereitschaft ein Krankenhaus aufzusuchen mit zunehmender Entfernung sinkt.⁴⁰⁸

Das Kriterium der Geeignetheit verlangt, dass die richtige Behandlungsmethode zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort in der richtigen Anzahl zur Verfügung gestellt wird (vgl. Kapitel 2.1.1). In Kapitel 2.2.1.2 wurde erläutert, dass trotz Rücknahme der Planungstiefe durch das MGEPA NRW eine auf Teilgebieten basierende Planung der medizinischen Angebote erforderlich ist, um dem Kriterium der „Geeignetheit“ zu genügen. Das Kriterium der Geeignetheit stellt ebenfalls eine Rahmenbedingung dar, die über eine Nebenbedingung abzubilden ist.

In der Operations-Research-Literatur zur Krankenhausplanung werden als Steuerungsgröße Fachrichtungen, Gruppen von Menschen mit dem gleichen Behandlungsbedarf und Behandlungsangebote genutzt.

Diejenigen Publizierenden, die in ihren Optimierungsmodellen zwischen unterschiedlichen medizinischen Fachrichtungen differenzieren, berücksichtigen zwischen drei Fachrichtungen⁴⁰⁹ und 34 Fachrichtungen⁴¹⁰ (vgl. Tabelle 3-9).⁴¹¹

Publizierende	Anzahl berücksichtigter medizinischer Fachrichtungen
Santibáñez et al. 2009	34
Guerrero et al. 2016	22
Güneş und Yaman 2010	5
Griffin et al. 2008	4
Pehlivan et al. 2014	3
Stummer et al. 2004	3

Tabelle 3-9: In der Literatur berücksichtigte Anzahl medizinischer Fachrichtungen im Rahmen von realen Fallstudien⁴¹²

⁴⁰⁷ Vgl. Zhang et al. 2009, S. 930

⁴⁰⁸ Vgl. Griffin et al. 2008, S. 884; Guo et al. 2013, S. 397; Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 294f.; Verter und Lapierre 2002, S. 126

⁴⁰⁹ Vgl. Pehlivan et al. 2014, S. 872; Stummer et al. 2004, S. 67

⁴¹⁰ Vgl. Santibáñez et al. 2009, S. 198

⁴¹¹ Vgl. Griffin et al. 2008, S. 884; Guerrero et al. 2016, S. 943 (beide Modelle); Güneş und Yaman 2010, S. 279; Pehlivan et al. 2014, S. 872; Santibáñez et al. 2009, S. 198; Stummer et al. 2004, S. 67

⁴¹² Eigene Darstellung basierend auf den Angaben in Griffin et al. 2008, S. 884; Guerrero et al. 2016, S. 943 (beide Modelle); Güneş und Yaman 2010, S. 279; Pehlivan et al. 2014, S. 872; Santibáñez et al. 2009, S. 198; Stummer et al. 2004, S. 67

Mestre et al. 2012 und Mestre et al. 2015 unterscheiden zwischen Angeboten für stationär aufgenommene Personen, ambulant behandelte Personen und Notfälle.⁴¹³ Mohammadi et al. 2014 differenzieren das Angebot der geplanten Krankenhäuser nicht nach medizinischen Fachrichtungen, sondern nach Verletzungstypen.⁴¹⁴ Chu und Chu 2000, Ruth 1981, Schweikhart und Smith-Daniels 1993 sowie Tien et al. 1983 verwenden in ihrem Optimierungsmodell zwar einen Index, der die Differenzierung zwischen verschiedenen Fachrichtungen oder Services erlaubt, illustrieren das Modell jedoch an einem Zahlenbeispiel ohne es auf eine reale Fallstudie anzuwenden.⁴¹⁵

3.3.2 Methoden zur Modellierung der regionenübergreifenden Versorgung

Krankenhausplanung ist in der föderalen Struktur der Bundesrepublik Deutschland Aufgabe der Bundesländer. Dementsprechend legt jedes Bundesland die Struktur seiner Krankenhausversorgung unter Berücksichtigung der Rahmenvorgaben des Bundes fest. Für die Grenzregionen zwischen zwei oder mehr Bundesländern verlangt das KHG, dass die Bundesländer die Krankenhausplanung abstimmen müssen, um eine Unterversorgung zu vermeiden (§ 6 Abs. 2 KHG, vgl. Kapitel 2.1.2). Diese Forderung stellt eine Rahmenbedingung dar, die in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen durch eine Nebenbedingung abgebildet werden kann.

In der Literatur existiert bislang nur ein Ansatz, der die regionenübergreifende Behandlung berücksichtigt. Griffin et al. 2008 lassen in ihrem Optimierungsmodell zur Verbesserung der medizinischen Versorgungssituation im US-Bundesstaat Georgia zu, dass ein County Menschen aus benachbarten Counties versorgen darf.⁴¹⁶ Sie nehmen dabei an, dass die Bereitschaft Angebote in einem benachbarten County wahrzunehmen mit steigender Entfernung sinkt.⁴¹⁷

⁴¹³ Vgl. Mestre et al. 2012, S. 320; Mestre et al. 2015, S. 799f.

⁴¹⁴ Vgl. Mohammadi et al. 2014, S. 19ff.

⁴¹⁵ Vgl. Chu und Chu 2000, S. 550ff.; Ruth 1981, S. 529ff.; Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 293; Tien et al. 1983, S. 1129ff. (beide Modelle)

⁴¹⁶ Vgl. Griffin et al. 2008, S. 884

⁴¹⁷ Vgl. Griffin et al. 2008, S. 884

3.3.3 Methoden zur Modellierung der Trägervielfalt

Die Zugehörigkeit eines Krankenhauses zu einer Trägergruppe beeinflusst weder das medizinische Angebot des Krankenhauses noch die Verfügbarkeit des Angebots für privat- oder gesetzlich versicherte Personen noch die Kosten, die für die Behandlung in Rechnung gestellt werden. Der Grundsatz der Trägervielfalt soll die Krankenhaussträger vielmehr vor Diskriminierung in der Krankenhausplanung schützen, ohne die Fortentwicklung der Krankenhausstruktur zu verhindern (vgl. Kapitel 2.1.3). Dementsprechend handelt es sich bei dem Grundsatz der Trägervielfalt um eine Rahmenbedingung, die in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen durch eine Nebenbedingung abgebildet werden kann.

Eine Unterscheidung von öffentlichen und privaten Krankenhäusern ist im internationalen Kontext üblich. Diese Unterscheidung impliziert im internationalen Kontext jedoch, dass das Angebot, die Zugänglichkeit des Angebots und/oder die Kosten der Behandlung zwischen beiden Krankenhausarten abweichen.⁴¹⁸ Die deutsche Interpretation von Trägervielfalt stellt somit eine Besonderheit dar. Auch nach intensiver Literaturrecherche konnten keine Operations-Research-Modelle identifiziert werden, in denen die deutsche Auffassung von Trägervielfalt verwendet und abgebildet wird.

3.3.4 Methoden zur Modellierung von wirtschaftlicher Sicherung und Kostengünstigkeit

Die Krankenhausstruktur muss durch die Planungsbehörden so gestaltet werden, dass ein durchschnittliches, gut geführtes Krankenhaus einen seiner Risikosituation angemessenen Gewinn erwirtschaften kann (vgl. Kapitel 2.1.4).⁴¹⁹ Wenn Kosten- und Erlösstrukturen⁴²⁰ der Krankenhäuser bekannt sind, kann eine Zielfunktion formuliert werden, die die Auswahl des gewinnmaximalen oder kostenminimalen Krankenhausnetzwerkes ermöglicht. Andernfalls müssen Nebenbedingungen formuliert werden, durch die die Rahmenbedingungen für ein wirtschaftliches und kostengünstiges Krankenhausnetzwerk

⁴¹⁸ Diese Auffassung ist z. B. bei Kim und Kim 2013, S. 221ff. und Marianov und Taborga 2011, S. 392f. zu finden.

⁴¹⁹ Vgl. Dettling und Würtemberger 20014, S. 39, Rn. 66; (EG) Nr. 1370/2007, Anhang Nr. 6, S. 12

⁴²⁰ Aufgrund der Konstruktion des DRG-Systems hängt die Erlösstruktur eines Krankenhauses maßgeblich von der Art und Schwere der behandelten Erkrankungen ab, so dass eine Transparenz über die Erlösstrukturen zwingend auf einer gesicherten Prognose der zu erwartenden Behandlungsfälle des Krankenhauses erfolgen muss.

geschaffen werden. Aufgrund der fehlenden Transparenz über Kosten- und Erlösstrukturen der NRW-Krankenhäuser (vgl. Kapitel 2.1.4) können die Grundsätze der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen nur durch Nebenbedingungen berücksichtigt werden. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Rahmenbedingungen für ein wirtschaftlich gesichertes und kostengünstiges Krankenhausnetzwerk geschaffen werden.

In der existierenden Literatur zur Krankenhausplanung wird der Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit neunmal⁴²¹ in der Zielfunktion des formulierten Optimierungsmodells abgebildet (einmal als Gewinnmaximierung⁴²² und achtmal als Kostenminimierungsansatz⁴²³).

Darüber hinaus formulieren zehn Publizierende Nebenbedingungen, durch die ein wirtschaftlicher Betrieb der ausgewählten Krankenhausstandorte ermöglicht werden soll, darunter eine Mindestanzahl zugewiesener Menschen mit Behandlungsbedarf, eine Mindestanzahl zugewiesener Abteilungen, eine vordefinierte Servicekapazität oder eine Mindestanzahl zugewiesener Betten (vgl. Tabelle 3-10).

	Mindestanzahl zugewiesener Menschen mit Behandlungsbedarf	Mindestanzahl zugewiesener Fachabteilungen	Vordefinierte Servicekapazität	Mindestanzahl zugewiesener Betten
Chu und Chu 2000				x
Güneş und Yaman 2010	x	x		
Mitropoulos et al. 2013	x			
Mohammadi et al. 2014	x			
Pehlivan et al. 2014			x	
Santibáñez et al. 2009	x			
Smith et al. 2009b	x			
Verter und Lapierre 2002	x			
Zarrinpoor et al. 2018	x			
Zhang et al. 2009	x			

Tabelle 3-10: Übersicht über die Nebenbedingungen zur wirtschaftlichen Sicherung, die in der Literatur berücksichtigt werden⁴²⁴

⁴²¹ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 140ff. (beide Modelle); Côté et al. 2007, S. 256; Mahar et al. 2011, S. 599; Mohammadi et al. 2014, S. 20; Naboureh und Safari 2016, S. 5; Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 294; Syam und Côté 2010, S. 159; Syam und Côté 2012, S. 75; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1019

⁴²² Vgl. Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 294

⁴²³ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 140ff. (beide Modelle); Côté et al. 2007, S. 256; Mahar et al. 2011, S. 599; Mohammadi et al. 2014, S. 20; Naboureh und Safari 2016, S. 5; Syam und Côté 2010, S. 159; Syam und Côté 2012, S. 75; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1019

⁴²⁴ Eigene Darstellung basierend auf den Informationen in Chu und Chu 2000, S. 541ff.; Güneş und Yaman 2010, S. 278; Mitropoulos et al. 2013, S. 2245; Mohammadi et al. 2014, S. 21; Pehlivan et al. 2014, S. 866ff.; Santibáñez et al. 2009, S.

3.3.5 Methoden zur Modellierung von Qualität und Leistungsfähigkeit

Die Krankenhausstruktur in Deutschland soll so gestaltet werden, dass die Bevölkerung qualitativ hochwertig versorgt wird (vgl. 2.1.6 und Kapitel 2.2.2). In einem mathematischen Optimierungsmodell kann der Qualitätsaspekt entweder in der Zielfunktion (als zu maximierende Qualitätskennzahl) oder in den Nebenbedingungen (als mindestens zu erreichendes Qualitätsniveau oder in Form von Surrogatkriterien) abgebildet werden.

Da zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit weder für Deutschland noch für NRW ein umfassender Kriterienkatalog vorlag, der die Modellierung des Grundsatzes der Qualität über einen Qualitätsindikator in der Zielfunktion und/oder einer Nebenbedingung zuließe, werden im Krankenhausplanungsproblem in Kapitel 4.1 zunächst Nebenbedingungen implementiert, die bewirken, dass die Struktur des Krankenhausnetzwerkes dem Grundsatz der Qualität nicht entgegensteht. Basierend auf den konzeptionellen Überlegungen in Kapitel 2.1.6 und Kapitel 2.2.2 wird anschließend im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem (Kapitel 4.2) ein Optimierungsmodell vorgestellt, das die qualitätsmaximale Krankenhausstruktur anhand einer qualitätsorientierten Zielfunktion auswählt.

In der Literatur konnten zwei Optimierungsmodelle identifiziert werden, die Qualität als Kriterium der Krankenhausplanung berücksichtigen.

Jánošíková 2009 verwendet eine vierteilige Zielfunktion in der ein Summand verlangt, Krankenhäuser mit einem höheren Qualitätsniveau bevorzugt in das Krankenhausnetzwerk aufzunehmen.⁴²⁵

Ruth 1981 versteht unter dem Begriff „conformance“ einen Basisstandard, der von allen lokalisierten Krankenhäusern zu erfüllen ist, vergleichbar zum deutschen Begriff der Leistungsfähigkeit. Sollte ein Krankenhaus diesen Basisstandard nicht erfüllen und dennoch in das Krankenhausnetz aufgenommen werden, berücksichtigt das Modell von Ruth 1981 automatisch die Investitionen, die erforderlich sind, um das Krankenhaus in einen leistungsfähigen Zustand zu versetzen.⁴²⁶ Durch die Minimierung der Qualifikationskosten als einen von drei Bestandteilen der Zielfunktion, bevorzugt das

207; Smith et al. 2009b, S. 775; Verter und Lapierre 2002, S. 126; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1020; Zhang et al. 2009, S. 925

⁴²⁵ Vgl. Jánošíková 2009, S. 52

⁴²⁶ Vgl. Ruth 1981, S. 522f. und S. 528

Modell von Ruth 1981 Krankenhausstandorte, die das geforderte Basisniveau erfüllen.⁴²⁷ Sowohl Jánošíková 2009 als auch Ruth 1981 bilden den Aspekt der Qualität und Leistungsfähigkeit somit in der Zielfunktion ab.

3.3.6 Methoden zur Modellierung eines differenzierten Angebotsspektrums

NRW differenziert in der Krankenhausplanung zwischen drei Krankenhaustypen, die sich im Hinblick auf den Umfang der angebotenen medizinischen Leistungen und Erweiterungsfähigkeit unterscheiden (vgl. Kapitel 2.2.3). Dies stellt eine Rahmenbedingung dar, die in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen in Form von Nebenbedingungen abgebildet werden kann.

Die Operations-Research-Literatur kennt diese Differenzierung anhand von Angebotspektrum und Erweiterungsfähigkeit⁴²⁸ nicht. In einigen Veröffentlichungen wird stattdessen eine Differenzierung der nach Versorgungsstufen in einem hierarchisch aufgebauten Krankenhausnetzwerk vorgenommen.⁴²⁹ In einem solchen hierarchischen Krankenhausnetzwerk bieten Krankenhäuser niedrigerer Versorgungsstufen medizinische Basis- oder Grundversorgung an, während Krankenhäuser höherer Versorgungsstufen spezialisierte und seltene Leistungen erbringen.⁴³⁰ Die hierarchische Beziehung zwischen Krankenhäusern verschiedener Versorgungsstufen kann unterschiedlich ausgestaltet werden. Die Literatur zur Krankenhausplanung unterscheidet diesbezüglich zwischen sukzessiv-exklusiven, sukzessiv-inkluisiven, lokal-inkluisiven und geschachtelten Hierarchiebeziehungen.⁴³¹

⁴²⁷ Vgl. Ruth 1981, S. 522f. und S. 528

⁴²⁸ Zwar verwendet Santibáñez et al. 2009 eine sog. Interdependenzmatrix, die die gemeinsame Lokalisierung von bestimmten Fachrichtungen fördert bzw. verhindert, jedoch sind diese Interdependenzen durch Beziehungen zwischen den Fachrichtungen und nicht durch den Krankhaustyp determiniert (vgl. Santibáñez et al. 2009, S. 199f.).

⁴²⁹ Im KHGG NRW ist zwar vorgesehen, dass das Krankenhausnetzwerk aus Krankenhäusern unterschiedlicher Versorgungsstufen besteht (§ 1 Abs. 1 KHGG NRW), im Landeskrankenhausplan 2015 werden jedoch keine Versorgungsstufen mit jeweils homogenem, standardisiertem Leistungsangebot je Krankenhaus gebildet. Zudem nimmt der Landeskrankenhausplan 2015 innerhalb einer medizinischen Fachrichtung keine Differenzierung nach der Schwierigkeit der Behandlung vor (Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 50), obwohl sich der Schwierigkeitsgrad der Behandlung innerhalb einer medizinischen Fachrichtung im gesamten Spektrum zwischen Grundversorgung und hochspezialisierte Versorgung bewegen kann. Auch die Kategorisierung der medizinischen Fachrichtungen als gestufte Versorgung mit örtlichen, überörtlichen und überregionalen Angeboten (Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 136) impliziert nur, dass die Entfernung zwischen Wohn- und Behandlungsort für spezialisierte und seltenere Behandlungen größer sein darf als für Routinebehandlungen (vgl. Kapitel 2.2.1.1). (Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 33) Somit ist festzuhalten, dass das nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerk nicht hierarchisch aufgebaut ist.

⁴³⁰ Vgl. Daskin und Dean 2004, S. 54

⁴³¹ Vgl. Rahman und Smith 2000, S. 448; Daskin und Dean 2004, S. 54

Abbildung 3-2 visualisiert diese vier möglichen Hierarchiebeziehungen am Beispiel von zwei Krankenhäusern (A und B), drei Bedarfspunkten (1, 2 und 3) und zwei Versorgungsarten (Grundversorgung/blau und Spezialversorgung/grün).

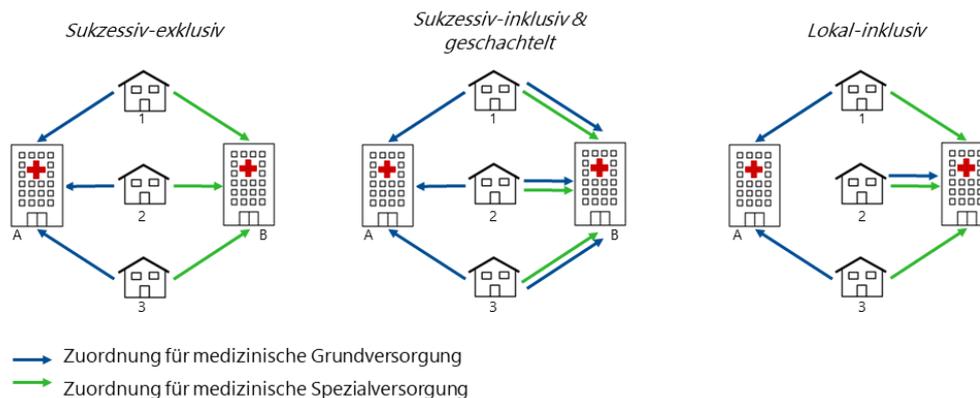


Abbildung 3-2: Illustration von sukzessiv-exklusiven, sukzessiv-inklusiven, geschachtelten und lokal-inklusiven Krankenhaushierarchien⁴³²

Die untere Versorgungsstufe bietet in jeder Hierarchiebeziehung medizinische Leistungen der Grundversorgung dezentralisiert an, während die obere Stufe entweder ausschließlich spezialisierte medizinische Leistungen für alle Personen (sukzessiv-exklusive Hierarchie), spezialisierte und nicht spezialisierte Leistungen für alle Personen (sukzessiv-inklusive Hierarchie) oder spezialisierte Leistungen für alle Personen und nicht spezialisierte Leistungen für die umliegenden, keinem Krankenhaus der unteren Stufe zugewiesenen Personen anbietet (lokal-inklusive Hierarchie).⁴³³ Die von Pehlivan et al. 2014 eingeführte „nested hierarchy“ (geschachtelte Hierarchie)⁴³⁴ stellt eine Sonderform der sukzessiv-inklusiven Hierarchie dar, bei der eine Person, die Angebote der Spezialversorgung in Anspruch nimmt, gleichzeitig immer auch die Angebote der Grundversorgung in Anspruch nimmt.

⁴³² Eigene Darstellung basierend auf den Definitionen in Rahman und Smith 2000, S. 448 sowie Daskin und Dean 2004, S. 54.

⁴³³ Zur Definition von sukzessiv-exklusiven, sukzessiv-inklusiven und lokal-inklusiven Hierarchiebeziehungen vgl. Rahman und Smith 2000, S. 448 sowie Daskin und Dean 2004, S. 54.

⁴³⁴ Vgl. Pehlivan et al. 2014, S. 864

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Veröffentlichungen, die gestufte Krankenhausnetzwerke mit sukzessiv-exklusiven⁴³⁵, sukzessiv-inklusiven⁴³⁶ oder lokal-inklusiven⁴³⁷ Hierarchiebeziehungen abbilden.

3.3.7 Methoden zur Modellierung der Strukturkontinuität

Strukturkontinuität bedeutet, dass die Rekonfiguration des Krankenhausnetzwerkes ausschließlich innerhalb der bestehenden Strukturen des Krankenhausnetzwerkes erfolgen soll, um Investitionskosten für einen Neubau oder eine Erweiterung eines bestehenden Krankenhausstandortes zu vermeiden (vgl. Kapitel 2.2.4). Krankenhausstandorte und ihre Kapazität sind daher als limitierende Faktoren zu berücksichtigen. Dabei handelt es sich um eine Rahmenbedingung, die als Nebenbedingung in den in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodellen abgebildet werden muss.

Die Entscheidung über die Struktur des Krankenhausnetzwerkes kann erstmalig oder zum wiederholten Mal getroffen werden. Bei der erstmaligen Planung von Krankenhausstandorten („auf der grünen Wiese“, **greenfield**) wird entschieden, wo Krankenhäuser gebaut werden.⁴³⁸ Bei der Restrukturierung eines bestehenden Krankenhausnetzwerkes (**brown-field**) kann darüber entschieden werden, welche Krankenhäuser bestehen bleiben und welche Krankenhäuser geschlossen werden.⁴³⁹

Der nordrhein-westfälische Landeskrankenhausplan 2015 hat das Ziel, die bestehende Krankenhausstruktur an die veränderten Rahmenbedingungen anzupassen. Dementsprechend ist im Rahmen dieser Arbeit ein Brownfield-Ansatz zu wählen, der die bestehenden Krankenhausstandorte berücksichtigt.

⁴³⁵ Vgl. Khodaparasti et al. 2017, S. 488; Tien et al. 1983, S. 1130 (erstes Modell)

⁴³⁶ Vgl. Galvão et al. 2002, S. 498; Mitropoulos et al. 2006, S. 173; Mousazadeh et al. 2016, S. 268; Pehlivan et al. 2014, S. 865; Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 293; Tien et al. 1983, S. 1131 (zweites Modell)

⁴³⁷ Gemäß Tien et al. 1983, S. 1128f. haben Calvo und Marks 1972 eine lokal-inklusive Hierarchie umgesetzt, obwohl sie selbst diese als sukzessiv-inklusive bezeichnen (vgl. Calvo und Marks 1972, S. 411)

Mestre et al. 2012 bezeichnen die von Ihnen unterstellte Hierarchie als sukzessiv-inklusive, die Grafik auf S. 327 illustriert jedoch eine lokal-inklusive Hierarchie (vgl. Mestre et al. 2012 327f.)

⁴³⁸ In Anlehnung an die Definition von Greenfield-Planung in Schönsleben 2016, S. 141

⁴³⁹ In Anlehnung an die Definition von Brownfield-Planung in Schönsleben 2016, S. 141

In der Literatur zur Krankenhausplanung existieren fünf Veröffentlichungen⁴⁴⁰, die einen Greenfield-Ansatz verwenden. Mehrez et al. 1996 suchen einen Standort für ein neues Krankenhaus in der Negev-Wüste.^{441,442} Baray und Cliquet 2013 sowie Verter und Lapierre 2002 ignorieren die bestehenden Versorgungsstrukturen, um aus der Anwendung des Greenfield-Ansatzes Rückschlüsse über die Güte der bestehenden Krankenhausstruktur und das Verbesserungspotential ziehen zu können.⁴⁴³ Es handelt sich somit um eine Idealplanung⁴⁴⁴. Branas et al. 2000 sowie Griffin et al. 2008 wenden ihr Modell einmal unter Beachtung und einmal ohne Beachtung der bestehenden Strukturen an, um ebenfalls aus dem Vergleich von Ideal- und Realplanung⁴⁴⁵ Erkenntnisse über die Güte der bestehenden Krankenhausstruktur und das Verbesserungspotential zu erhalten.⁴⁴⁶

Alle anderen Veröffentlichungen⁴⁴⁷ zur Gestaltung von Krankenhausnetzwerken gehen von einem bestehenden System aus Krankenhausstandorten aus, das restrukturiert werden muss, und wenden dementsprechend einen Brownfield-Ansatz an. Dabei kann das bestehende Angebot durch die Eröffnung neuer Krankenhausstandorte⁴⁴⁸ oder die

⁴⁴⁰ Vgl. Baray und Cliquet 2013, S. 129ff.; Branas et al. 2000, S. 490; Griffin et al. 2008, S. 886f.; Mehrez et al. 1996, S. 623f. (alle vier Modelle); Verter und Lapierre 2002, S. 126

⁴⁴¹ Mehrez et al. 1996, S. 613ff.

⁴⁴² Sinuany-Stern et al. 1995 beschäftigen sich mit dem gleichen Anwendungsfall. Auch hier werden vier verschiedene Optimierungsmodelle (ebenfalls zwei kontinuierliche und zwei diskrete) verwendet, um ein neues Krankenhaus in der Negev-Wüste zu planen. Allerdings werden die verwendeten Modelle nicht veröffentlicht, so dass ein Abgleich mit der Publikation von Mehrez et al. 1996 bzw. eine weitergehende Analyse der formulierten Modelle nicht möglich ist und im Folgenden einzig die Arbeit von Mehrez et al. 1996 berücksichtigt wird.

⁴⁴³ Vgl. Baray und Cliquet 2013, S. 129ff.; Verter und Lapierre 2002, S. 129f.

⁴⁴⁴ Der Begriff der Idealplanung stammt aus der innerbetrieblichen Layoutplanung und bezeichnet dort eine idealisierte räumliche Anordnung von Elementen, ohne gegebene Rahmenbedingungen zu berücksichtigen (vgl. Schenk et al. 2014, S. 336). Übertragen auf die überbetriebliche Standortplanung und die Rekonfiguration von Krankenhausnetzwerken bedeutet Idealplanung folglich, dass bei der Lokalisierung von Krankenhäusern und der Allokation von Fachrichtungen keine bestehenden Gegebenheiten (z. B. bestehende Krankenhäuser, ihr medizinisches Angebot und ihre Kapazität) berücksichtigt werden.

⁴⁴⁵ Im Gegensatz zur Idealplanung beschreibt der Begriff der Realplanung in der innerbetrieblichen Layoutplanung eine „realisierbare räumliche Anordnung“ von Elementen unter Berücksichtigung aller vorhandenen Restriktionen (vgl. Schenk et al. 2014, S. 341).

⁴⁴⁶ Vgl. Branas et al. 2000, S. 490; Griffin et al. 2008, S. 886f.

⁴⁴⁷ Vgl. Baray und Cliquet 2013, S. 129ff.; Benneyan et al. 2012 (beide Modelle), S. 142; Bruni et al. 2006, S. 125; Cho et al. 2014, S. 751; Côté et al. 2007, S. 253; Chu und Chu 2000, S. 539; Kim und Kim 2013, S. 221; Aguiar Vallim Fo und Silva Mota 2006, S. 37; Guerriero et al. 2016, S. 941 (beide Modelle); Güneş und Yaman 2010, S. 275; Jánošíková 2009, S. 50; Mahar et al. 2011, S. 596; Malczewski und Ogryczak 1990, S. 250; Mestre et al. 2012, S. 319; Mestre et al. 2015, S. 798; Mitropoulos et al. 2006, S. 171; Mitropoulos et al. 2013, S. 2241; Mousazadeh et al. 2016, S. 277; Pehlivan et al. 2014, S. 863; Santibáñez et al. 2009, S. 196; Shishebori und Babadi 2015, S. 281; Stummer et al. 2004, S. 63; Smith et al. 2009b, S. 774; Syam und Côté 2010, S. 157; Syam und Côté 2012, S. 73; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1013; Zhang et al. 2009, S. 922

⁴⁴⁸ Vgl. Kim und Kim 2013, S. 221; Malczewski und Ogryczak 1990, S. 250; Mousazadeh et al. 2016, S. 277; Shishebori und Babadi 2015, S. 281

Einführung neuer medizinischer Angebote⁴⁴⁹ erweitert werden (**Expansion**), durch die Schließung bestehender Krankenhausstandorte⁴⁵⁰ reduziert werden (**Konsolidierung**) oder durch die Neuallokation der vorhandenen Angebote⁴⁵¹ verändert werden (**Umverteilung**).

Operations-Research-Modelle können entweder als **kapazitierte** oder **unkapazitierte** Optimierungsmodelle formuliert werden.⁴⁵² Im Falle eines kapazitierten Standortplanungsproblems können alle Standorte die gleiche (**homogene** Standorte) oder eine unterschiedlich hohe Kapazität aufweisen (**heterogene** Standorte).

Die Behandlungskapazität einer Fachabteilung und eines Krankenhauses in NRW resultiert aus den zugeordneten Bedarfen und der möglichen Gesamtbettenanzahl des Krankenhauses. Durch die heterogene Bevölkerungsverteilung und die unterschiedliche Krankenhaus- und Fachabteilungsdichte entstehen in NRW zwangsläufig heterogene Krankenhausstandorte mit unterschiedlicher Behandlungskapazität.

Nicht alle Forschenden⁴⁵³ verwenden Kapazitätsbeschränkungen bei der Planung der Krankenhausstruktur. Diejenigen Publizierenden⁴⁵⁴, die die Krankenhauskapazität berücksichtigen, gehen von heterogenen Standorten aus und verwenden in den meisten Fällen die Anzahl der behandelbaren Personen oder aufnehmbaren Fälle als

⁴⁴⁹ Vgl. Cho et al. 2014, S. 751; Côté et al. 2007, S. 253; Mahar et al. 2011, S. 596; Smith et al. 2009b, S. 774; Syam und Côté 2010, S. 157; Syam und Côté 2012, S. 73

⁴⁵⁰ Vgl. Guerriero et al. 2016, S. 941 (beide Modelle); Güneş und Yaman 2010, S. 275; Jánošíková 2009, S. 50; Pehlivan et al. 2014, S. 863

⁴⁵¹ Vgl. Baray und Cliquet 2013, S. 129ff.; Benneyan et al. 2012 (beide Modelle), S. 142; Bruni et al. 2006, S. 125; Chu und Chu 2000, S. 539; Aguiar Vallim Fo und Silva Mota 2006, S. 37; Mestre et al. 2012, S. 319; Mestre et al. 2015, S. 798; Mitropoulos et al. 2006, S. 171; Mitropoulos et al. 2013, S. 2241; Santibáñez et al. 2009, S. 196; Stummer et al. 2004, S. 63; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1013; Zhang et al. 2009, S. 922

⁴⁵² Vgl. z. B. Klose und Drexler 2005, S. 5

⁴⁵³ Vgl. für Optimierungsmodelle ohne Kapazitätsbeschränkung z. B. Branas et al. 2000; Bruni et al. 2006; Galvão et al. 2002; Jánošíková 2009; Marianov und Torga 2001; Mehrez et al. 1996 (Modelle 1,2 und 4); Mitropoulos et al. 2013, S. 2245; Moore und ReVelle 1982; Smith et al. 2009b; Tien et al. 1983, S. 1130f. (beide Modelle); Verter und Lapierre 2002, S. 126

⁴⁵⁴ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 140ff. (beide Modelle); Côté et al. 2007, S. 256f.; Chu und Chu 2000, S. 541ff.; Griffin et al. 2008, S. 885; Güneş und Yaman 2010, S. 278; Guerriero et al. 2016, S. 942 (beide Modelle); Guo et al. 2013, S. 397; Kim und Kim 2013, S. 224f.; Malczewski und Ogryczak 1990, S. 251ff.; Mehrez et al. 1996, S. 623 (drittes Modell); Mestre et al. 2012, S. 320ff.; Mestre et al. 2015, S. 796; Mitropoulos et al. 2006, S. 173; Mohammadi et al. 2014, S. 20; Mousazadeh et al. 2016, S. 270; Naboureh und Safari 2016, S. 5f.; Pehlivan et al. 2014, S. 868; Ruth 1981, S. 524; Santibáñez et al. 2009, S. 207; Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 293; Shishebori und Babadi 2015, S. 275f.; Stummer et al. 2004, S. 65; Syam und Côté 2010, S. 159; Syam und Côté 2012, S. 75

Steuerungsgröße der Kapazität.⁴⁵⁵ Einige Forschende verwenden die Anzahl behandelbarer Personen⁴⁵⁶, Ressourcen (Personal und Sachgüter)⁴⁵⁷ oder Krankenhausbetten⁴⁵⁸, um die Kapazität eines Krankenhauses zu beschreiben.

3.3.8 Methoden zur Modellierung des idealen Zentralisierungsgrades

In Kapitel 2.1.9 wurde dargelegt, dass der ideale Zentralisierungsgrad der neuen Krankenhausstruktur in NRW nicht durch eine monetäre Betrachtung der Netzwerkkosten ermittelt werden kann. Stattdessen müssen zwei Surrogatziele herangezogen werden, um den idealen Zentralisierungsgrad als Kompromiss zwischen der Angebotsbündelung und der Vermeidung disruptiver Veränderungen (Systemstabilität) der Krankenhauslandschaft zu ermitteln. Diese beiden Surrogatziele müssen als Zielfunktionen modelliert und bei der Lösung des Optimierungsmodells gemeinsam betrachtet werden. Durch die Abwägung dieser beiden Zielsetzungen kann der ideale Zentralisierungsgrad ermittelt werden.

Die Angebotsbündelung wird dabei über eine Zielfunktion erreicht, die die Anzahl der zu lokalisierenden Standorte oder Fachabteilungen minimiert.

Systemstabilität kann über eine Zielfunktion erreicht werden, die die Abweichung zwischen Ist- und Plannetzwerk minimiert. Zur Abbildung der Systemstabilität müssen im Krankenhausplanungsproblem in Kapitel 4.1 zwei Abweichungsvariablen definiert werden, die in jeder Fachrichtung und jedem Krankenhaus den Aufbau bzw. Abbau von Krankenhausbetten messen. Zwei getrennte Abweichungsvariablen sind notwendig, um Egalisierungseffekte durch Saldenbildung zu vermeiden (vgl. Abbildung 3-3, S. 123).

⁴⁵⁵ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 140ff. (beide Modelle); Côté et al. 2007, S. 256f.; Griffin et al. 2008, S. 885; Güneş und Yaman 2010, S. 278; Guo et al. 2013, S. 397; Kim und Kim 2013, S. 224f.; Malczewski und Ogryczak 1990, S. 251ff.; Mestre et al. 2012, S. 320ff.; Mohammadi et al. 2014, S. 20; Mousazadeh et al. 2016, S. 270; Naboureh und Safari 2016, S. 5f.; Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 293; Shishebori und Babadi 2015, S. 275f.; Syam und Côté 2010, S. 159; Syam und Côté 2012, S. 75

⁴⁵⁶ Vgl. Mitropoulos et al. 2006, S. 173

⁴⁵⁷ Vgl. Pehlivan et al. 2014, S. 868

⁴⁵⁸ Vgl. Chu und Chu 2000, S. 541ff.; Guerriero et al. 2016, S. 942 (beide Modelle); Mehrez et al. 1996, S. 623 (drittes Modell); Mestre et al. 2015, S. 796; Ruth 1981, S. 524; Santibáñez et al. 2009, S. 207; Stummer et al. 2004, S. 65

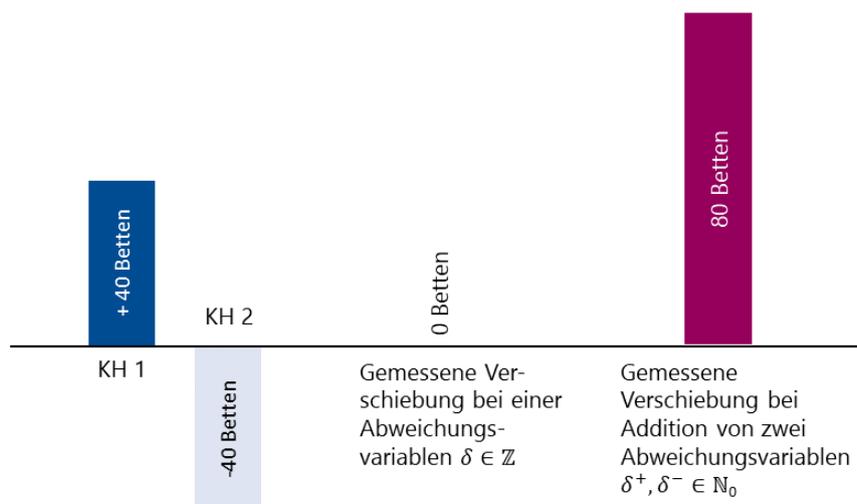


Abbildung 3-3: Illustration des auftretenden Egalisierungseffektes durch Saldenbildung bei Verwendung einer Abweichungsvariablen zur Modellierung der Systemstabilität

Im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem wird der Grundsatz des idealen Zentralisierungsgrades durch den Grundsatz der Qualität verdrängt. Der Grundsatz des idealen Zentralisierungsgrades muss jedoch weiterhin zur Auswahl der zu implementierenden Krankenhausstruktur herangezogen werden, wenn mehrere Konfigurationen des Krankenhausnetzwerkes die gleiche Gesamtqualitätspunktzahl erreichen.

Die Literaturanalyse zeigt, dass einige Operations-Research-Modelle⁴⁵⁹ den idealen Zentralisierungsgrad durch die Abwägung von fixen Standortkosten und variablen Entfernungs- bzw. Strafkosten als direkt implementierbare Bedingung in der Zielfunktion berücksichtigen. Zudem formulieren einige Forschende Nebenbedingungen, die auf den möglichen Zentralisierungsgrad bzw. den notwendigen Dezentralisierungsgrad des Krankenhausnetzwerkes einwirken.⁴⁶⁰ Dazu gehören

- (1) die Forderung, dass alle Bedarfe abzudecken sind⁴⁶¹,

⁴⁵⁹ Vgl. Güneş und Yaman 2010, S. 278; Pehlivan et al. 2014, S. 868; Syam und Côté 2010, S. 159; Syam und Côté 2012, S. 76

⁴⁶⁰ Diese Nebenbedingungen werden nicht zwingend formuliert, um den Zentralisierungsgrad des geplanten Krankenhausnetzwerkes zu beeinflussen, sondern können aus Planungsprämissen, die bei der Gestaltung des jeweiligen Krankenhausnetzwerkes zu beachten sind, resultieren.

⁴⁶¹ Vgl. Bruni et al. 2006, S. 130; Calvo und Marks 1972, S. 412f.; Galvão et al. 2002, S. 499; Güneş und Yaman 2010, S. 278; Guerriero et al. 2016, S. 942 (erstes Modell); Mahar et al. 2011, S. 599; Malczewski und Ogryczak 1990, S. 253; Mehrez et al. 1996, S. 623f. (drittes und viertes Modell); Mestre et al. 2012, S. 328; Mestre et al. 2015, S. 796ff.; Mitropoulos et al. 2006, S. 173; Mitropoulos et al. 2013, S. 2245; Mousazadeh et al. 2016, S. 269; Ruth 1981, S. 525; Santibáñez et al. 2009, S. 206; Tien et al. 1983, S. 1130f. (beide Modelle); Vidyarthi und Kuzgunkaya 2013, S. 463; Zhang et al. 2008, S. 926

- (2) die Bewertung von nicht abgedeckten Bedarfen mit Strafkosten⁴⁶²,
- (3) die Einführung einer Maximalentfernung zwischen Wohnort und Krankenhaus⁴⁶³,
- (4) die Vorgabe einer minimalen Anzahl Behandlungsstandorte⁴⁶⁴,
- (5) Vorgaben zur Mindestauslastung einer Einrichtung⁴⁶⁵,
- (6) Vorgaben zur Mindestanzahl zu behandelnder oder zugewiesener Personen⁴⁶⁶ und
- (7) die Maximierung des verschobenen Bedarfs, die nur stattfinden darf, wenn das ursprüngliche Krankenhaus im Rahmen der Restrukturierung geschlossen wird⁴⁶⁷.

Im Rahmen dieser Literaturanalyse konnten jedoch keine Veröffentlichungen ermittelt werden, die, bei fehlender Kostentransparenz, den idealen Zentralisierungsgrad als Trade-off zwischen der Angebotsbündelung und der Systemstabilität ermitteln.

Systemstabilität wird in sechs Publikationen⁴⁶⁸ zur Planung von Krankenhausnetzwerken und medizinischen Behandlungsangeboten betrachtet. Die Mehrheit der Forschenden⁴⁶⁹, die die Rekonfiguration von bestehenden Krankenhausnetzwerken untersuchen, verwendet keine Formulierungen, die die Abweichung von der bestehenden Krankenhausstruktur möglichst gering halten. Dadurch kann es zu Verwerfungen in der Angebotsstruktur kommen. Diejenigen Publizierenden⁴⁷⁰, die die Abweichung zur bestehenden Krankenhausstruktur berücksichtigen, bilden diese Abweichung sowohl in der Zielfunktion⁴⁷¹, als

⁴⁶² Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 139ff. (beide Modelle); Mahar et al. 2011, S. 599; Mohammadi et al. 2014, S. 19; Naboureh und Safari 2016, S. 4f.; Stummer et al. 2004, S. 65; Syam und Côté 2010, S. 159; Syam und Côté 2012, S. 75

⁴⁶³ Diese Forschenden fordern die vollständige Abdeckung innerhalb einer definierten Maximalentfernung: Mehrez et al. 1996, S. 23f. (drittes Modell); Mestre et al. 2012, S. 329; Mestre et al. 2015, S. 797; Mitropoulos et al. 2006, S. 174

⁴⁶⁴ Vgl. Berlin et al. 1976, S. 554 (erstes Modell); Smith et al. 2009b, S. 775

⁴⁶⁵ Vgl. Güneş und Yaman 2010, S. 278; Verter und Lapierre 2002, S. 126; Vidyarthi und Kuzgunkaya 2015, S. 463; Zhang et al. 2009, S. 925f.

⁴⁶⁶ Vgl. Mitropoulos et al. 2013, S. 2245; Mohammadi et al. 2014, S. 19ff.; Santibáñez et al. 2009, S. 207; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1020

⁴⁶⁷ Vgl. Guerriero et al. 2016, S. 943 (zweites Modell)

⁴⁶⁸ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 141 (beide Modelle); Chu und Chu 2000, S. 541; Güneş und Yaman 2010, S. 278; Ruth 1981, S. 526f.; Santibáñez et al. 2009, S. 206; Smith et al. 2009b, S. 775

⁴⁶⁹ Vgl. Bruni et al. 2006, S. 130; Cho et al. 2014, S. 757; Côté et al. 2007, S. 256; Jánošíková 2009, S. 53; Kim & Kim 2013, S. 225; Mahar et al. 2013, S. 599; Malczewski und Ogryczak 1990, S. 251ff.; Mestre et al. 2012, S. 328ff.; Mestre et al. 2015, S. 796ff.; Mitropoulos et al. 2006, S. 173; Mitropoulos et al. 2013, S. 2245; Shishebori und Babadi 2015, S. 275ff.; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1019f.; Zhang et al. 2009, S. 926

⁴⁷⁰ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 141 (beide Modelle); Chu und Chu 2000, S. 541; Güneş und Yaman 2010, S. 278; Ruth 1981, S. 526; Santibáñez et al. 2009, S. 206; Smith et al. 2009b, S. 775

⁴⁷¹ Vgl. Chu und Chu 2000, S. 541; Santibáñez et al. 2009, S. 206

auch in einer Nebenbedingung (als relative⁴⁷² oder absolute⁴⁷³) oder in Zielfunktion und Nebenbedingungen⁴⁷⁴ ab.

Chu und Chu 2000 messen den Bettenabbau und Bettenaufbau in getrennten Abweichungsvariablen.⁴⁷⁵ Santibáñez et al. 2009 minimieren den Absolutwert der Abweichungsvariable.⁴⁷⁶ Ruth 1981 implementiert eine Nebenbedingung, die die Veränderung der Marktanteile der Krankenhäuser auf einen Schwankungsbereich von $\pm \beta \%$ begrenzt.⁴⁷⁷ Benneyan et al. 2012 und Smith et al. 2009b fordern, dass alle existierenden Behandlungsplätze bestehen bleiben bzw. alle vorhandenen Pflegekräfte weiterbeschäftigt werden müssen.⁴⁷⁸ Güneş und Yaman 2010 minimieren die Kosten des Ressourcentransfers zwischen verschiedenen Krankenhausstandorten in der Zielfunktion, beschränken jedoch gleichzeitig die Anzahl der abbaubaren und transferierbaren Ressourcen in den Nebenbedingungen.⁴⁷⁹

3.4 Methoden zur Modellierung von mehrkriteriellen Zielfunktionen

Im Krankenhausplanungsproblem wird die Zielsetzung der entscheidungsbefugten Personen durch zwei Surrogatzielsetzungen abgebildet, die in der Zielfunktion miteinander kombiniert werden.

Optimierungsmodelle, in denen mehrere Einzelziele in einer Zielfunktion kombiniert oder mehrere Zielfunktionen betrachtet werden, werden als mehrkriterielle Optimierungs-

⁴⁷² Vgl. Ruth 1981, S. 526

⁴⁷³ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 141 (beide Modelle); Smith et al. 2009b, S. 775

⁴⁷⁴ Vgl. Güneş und Yaman 2010, S. 278

⁴⁷⁵ Vgl. Chu und Chu 2000, S. 541

⁴⁷⁶ Vgl. Santibáñez et al. 2009, S. 206

⁴⁷⁷ Vgl. Ruth 1981 S. 526

Dabei ist zu beachten, dass nur ein niedriger Prozentwert wirksam wird, weil der Marktanteil der neuen Krankenhausstruktur mit steigenden β immer stärker von der Ausgangslage abweichen kann und die Nebenbedingung damit obsolet würde. Somit ist festzuhalten, dass diese Formulierung der Systemstabilität den Marktanteil der Einzelkrankenhäuser fixiert und damit zum „Rasenmäher-“ (bei einer Konsolidierung) bzw. „Gießkanneneffekt“ (bei einer Expansion) führt, da alle Standorte entsprechend ihrem beobachteten Marktanteil von der Veränderung betroffen sind.

⁴⁷⁸ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 141 (beide Modelle); Smith et al. 2009b, S. 775

Dies ist möglich, weil die Forschenden eine Restrukturierung untersuchen, die ausschließlich auf die Expansion der bestehenden Behandlungskapazitäten ausgerichtet ist. Für eine Netzwerkkonsolidierung oder eine Restrukturierung, die differenziert nach verschiedenen medizinischen Angeboten sowohl Konsolidierungs- als auch Expansionseffekte beinhaltet, ist diese Formulierung nicht geeignet.

⁴⁷⁹ Vgl. Güneş und Yaman 2010, S. 278

probleme bezeichnet.⁴⁸⁰ Die Einzelziele eines mehrkriteriellen Optimierungsproblems können in die gleiche Richtung (komplementäre Ziele) oder in die entgegengesetzte Richtung (konkurrierende Ziele) wirken oder zueinander neutral sein (neutrale Ziele, vgl. Tabelle 3-11).⁴⁸¹

Zielbeziehung	Wirkung
Konkurrierend	Die Verbesserung (Verschlechterung) des Zielerreichungsgrades eines Ziels führt zwingend dazu, dass sich der Zielerreichungsgrad des anderen Ziels verschlechtert (verbessert).
Komplementär	Die Verbesserung (Verschlechterung) des Zielerreichungsgrades eines Ziels führt dazu, dass sich der Zielerreichungsgrad des anderen Ziels ebenfalls verbessert (verschlechtert).
Neutral	Die Verbesserung (Verschlechterung) des Zielerreichungsgrades eines Ziels hat keine Auswirkungen auf den Zielerreichungsgrad des anderen Ziels.

Tabelle 3-11: Mögliche Beziehungen zwischen zwei Zielen⁴⁸²

Liegen konkurrierende Ziele vor, kann in den meisten Fällen keine singuläre optimale Lösung identifiziert werden.⁴⁸³ Stattdessen existiert ein sog. **effizienter Rand**, der sich aus effizienten und schwach effizienten Lösungen zusammensetzt.⁴⁸⁴ Eine effiziente Lösung liegt vor, wenn keine andere Lösung existiert, die den Zielerreichungsgrad eines Ziels verbessert, ohne den Zielerreichungsgrad eines anderen Ziels gleichzeitig zu verschlechtern.⁴⁸⁵ Damit entspricht die Definition einer effizienten Lösung der Definition der Pareto-Optimalität.⁴⁸⁶

Eine schwach effiziente Lösung liegt vor, wenn sich durch die Realisierung einer anderen Lösung kein Zielerreichungsgrad verschlechtert und mindestens ein Zielerreichungsgrad verbessert.⁴⁸⁷ Damit entspricht die Definition einer schwach effizienten Lösung der Definition der Pareto-Verbesserung.⁴⁸⁸

⁴⁸⁰ Vgl. Scholz 2018, S. 169

Optimierungsmodelle, die nur ein Ziel in einer Zielfunktion betrachten, werden als einkriterielle Optimierungsmodelle bezeichnet (vgl. Scholz 2018, S. 169).

⁴⁸¹ Vgl. z. B. Domschke et al. 2015; S. 60; Klein und Scholl 2011 S. 106f.

⁴⁸² Eigene Darstellung basierend auf den Informationen in Domschke et al. 2015, S. 60f.; Klein und Scholl 2011, S. 106f.

⁴⁸³ Vgl. Marler und Arora 2004, S. 371

⁴⁸⁴ Vgl. Marler und Arora 2004, S. 371

Stammen die Entscheidungsvariablen aus der Menge der ganzen Zahlen \mathbb{Z} , wird der effiziente Rand durch Punkte und nicht durch eine Linie beschrieben.

⁴⁸⁵ Vgl. Marler und Arora 2004, S. 371

⁴⁸⁶ Für die mikroökonomische Definition der Pareto-Effizienz vgl. z. B. Pindyck und Rubinfeld 2018, S. 696

⁴⁸⁷ Vgl. Marler und Arora 2004, S. 371

⁴⁸⁸ Für die mikroökonomische Definition der Pareto-Verbesserung vgl. z. B. Hall und Lieberman 2013, S. 429

Im Krankenhausplanungsproblem wird der Grundsatz des idealen Zentralisierungsgrades durch die Kombination zweier konkurrierender Surrogatziele in der Zielfunktion abgebildet (vgl. Kapitel 3.3.8). Es ist daher davon auszugehen, dass die Lösung des Krankenhausplanungsproblems in Form eines effizienten Randes vorliegt.

Es existieren verschiedene mathematische Verfahren, die zur Lösung von mehrkriteriellen Optimierungsmodellen angewendet werden können. Drei Verfahren (**gewichtete Summe**, **lexikografische Ordnung** und **ε -constraint-Methode**) werden im Folgenden vorgestellt und im Hinblick auf ihre Eignung zur Identifikation des effizienten Randes bewertet. Für einen Überblick über weitere Verfahren zur Lösung mehrkriterieller Optimierungsmodelle wird auf Caramia und Dell’Olmo 2008, Ehrgott 2006, Klein und Scholl 2011 sowie Marler und Arora 2004 verwiesen.⁴⁸⁹

Wird ein bikriterielles Optimierungsproblem mittels **lexikografischer Ordnung** gelöst, werden zwei effiziente Lösungen identifiziert. Zur Bestimmung der ersten effizienten Lösung wird zunächst die erste Zielfunktion gelöst und der ermittelte Zielfunktionswert anschließend als Anspruchsniveau einer neuen Nebenbedingung in das Modell aufgenommen.⁴⁹⁰ Dann wird das Modell im Hinblick auf die zweite Zielfunktion gelöst.⁴⁹¹ Für die Identifikation der zweiten effizienten Lösung wird umgekehrt verfahren. Somit werden durch die lexikografische Ordnung zwar die Extrempunkte des effizienten Randes bestimmt, nicht jedoch der effiziente Rand. Die lexikografische Ordnung sollte daher nicht zur Lösung des Krankenhausplanungsproblems verwendet werden.

Bei der Anwendung einer **gewichteten Summe** werden die Einzelziele eines bikriteriellen oder mehrkriteriellen Optimierungsmodells additiv in einer gemeinsamen Zielfunktion verknüpft.⁴⁹² Dabei wird jedes Einzelziel mit einem Gewichtungsfaktor multipliziert.^{493,494}

⁴⁸⁹ Vgl. Caramia und Dell’Olmo 2008, S. 11ff.; Ehrgott 2006, S. 345ff.; Klein und Scholl 2011, S. 358ff.; Marler und Arora 2004, S. 373ff.; Ngatchou et al. 2005, S. 86ff.

⁴⁹⁰ Zur Vorgehensweise der Lösung im Rahmen der lexikografischen Ordnung vgl. z. B. Domschke et al. 2015, S. 62; Klein und Scholl 2011, S. 361f.

⁴⁹¹ Zur Vorgehensweise der Lösung im Rahmen der lexikografischen Ordnung vgl. z. B. Domschke et al. 2015, S. 62; Klein und Scholl 2011, S. 361f.

⁴⁹² Vgl. Domschke et al. 2015, S. 63; Klein und Scholl, 2011 S. 359f.

⁴⁹³ Vgl. Domschke et al. 2015, S. 63; Klein und Scholl, 2011 S. 359f.

⁴⁹⁴ Die Höhe der Gewichtungsfaktoren kann a priori oder a posteriori ermittelt werden (vgl. Marler und Arora 2010, S. 854). Bei der a priori Identifikation der Gewichtungsfaktoren müssen sowohl unterschiedliche Skalenniveaus der Einzelziele

Die Definition von Gewichtungsfaktoren und Lösung des Optimierungsmodells unter Anwendung dieser Gewichtungsfaktoren erlaubt die Identifikation einer (schwach) effizienten Lösung.⁴⁹⁵ Um den effizienten Rand mit Hilfe der Methode der gewichteten Summe zu bestimmen, müssen die Gewichtungsfaktoren variiert werden.⁴⁹⁶ Dabei besteht die Problematik, dass der Abstand zwischen zwei Gewichtungsfaktoren keinen Zusammenhang zum Abstand der gefundenen Lösungen aufweist, so dass die gewichtete Summe zwar eine Teilmenge der (schwach) effizienten Lösungen, aber nicht zwingend die gesamte Menge der (schwach) effizienten Lösungen identifiziert.⁴⁹⁷ Dieser Nachteil kann durch die Berechnung einer großen Anzahl Modellinstanzen, die sich durch minimale Variation der Gewichtungsfaktoren unterscheiden, kompensiert werden, jedoch fällt dafür ein hoher Rechenaufwand an.⁴⁹⁸ Die gewichtete Summe ist darüber hinaus nur anwendbar, wenn der effiziente Rand konvex ist, weil die gewichtete Summe die (schwach) effizienten Lösungen außerhalb des konvexen Bereichs der Funktion nicht findet.⁴⁹⁹ Somit ist die gewichtete Summe zwar geeignet einen konvexen effizienten Rand zu identifizieren, allerdings ist diese Methode aufgrund der großen Anzahl der zu berechnenden Modellinstanzen als ineffizient anzusehen.

Eine weitere Alternative zur Lösung mehrkriterieller Optimierungsprobleme stellt die **ε -constraint-Methode** dar.⁵⁰⁰ In der ε -constraint-Methode wird eine Zielsetzung für die Minimierung oder Maximierung in der Zielfunktion ausgewählt, während die andere(n) Zielsetzung(en) als Nebenbedingung(en) mit einem zu erfüllenden Anspruchsniveau ε_i in das Modell aufgenommen werden.⁵⁰¹ Der Index $i \in I$ repräsentiert dabei die Menge der Zielfunktionen, die in Anspruchsniveaus umgewandelt wurden.

Ein Anspruchsniveau beschreibt den Wert, der für das zu einer Nebenbedingung umformulierte Ziel mindestens erreicht werden muss (für Ziele, die in der Zielfunktion maximiert würden) oder maximal erreicht werden darf (für Ziele, die in der Zielfunktion mini-

als auch das relative Verhältnis der Einzelziele zueinander berücksichtigt werden (vgl. Klein und Scholl 2011, S. 360; Marler und Arora 2010, S. 858f.).

⁴⁹⁵ Vgl. Caramia und Dell'Olmo 2018, S. 165f.

⁴⁹⁶ Vgl. Caramia und Dell'Olmo 2018, S. 16

⁴⁹⁷ Vgl. Caramia und Dell'Olmo 2018, S. 16

⁴⁹⁸ Vgl. Caramia und Dell'Olmo 2018, S. 16

⁴⁹⁹ Vgl. Caramia und Dell'Olmo 2018, S. 17

⁵⁰⁰ Zur ε -constraint-Methode vgl. z. B. Ehrgott 2006, S. 345f.; Caramia und Dell'Olmo 2018, S. 18ff.; Mavrotas 2009, S. 456ff.

⁵⁰¹ Vgl. Ehrgott 2006, S. 345; Caramia und Dell'Olmo 2018, S. 18f.

miert würden).⁵⁰² In einer iterativen Schleife, in der die Anspruchsniveaus ε_i sukzessive variiert werden, wird das nun einkriterielle Optimierungsmodell wiederholt gelöst, bis der gesamte effiziente Rand identifiziert wurde.⁵⁰³ Mavrotas 2009 schlägt diesbezüglich vor, die Extrempunkte des effizienten Randes mittels lexikografischer Ordnung zu ermitteln, um die schwach effizienten Lösungen zu überspringen und die Rechenzeit auf die Ermittlung der effizienten Lösungen zu konzentrieren.⁵⁰⁴ Die ε -constraint-Methode ist geeignet, die Menge der effizienten und schwach effizienten Lösungen unabhängig von der Konvexitätsbedingung zu bestimmen.⁵⁰⁵

Zur Ermittlung des effizienten Randes wird bei der Lösung des Krankenhausplanungsproblems die ε -constraint-Methode verwendet, weil keine Informationen darüber vorliegen, ob der zu identifizierende effiziente Rand in allen Abschnitten konvex ist. Zur Begrenzung der erforderlichen Rechenzeit wird gemäß der Empfehlung von Mavrotas 2009 die lexikografische Ordnung verwendet, um Start- und Stoppwerte der iterativen Bestimmung des effizienten Randes zu ermitteln.

Da der Wertebereich der Entscheidungsvariablen in beiden Zielsetzungen des Krankenhausplanungsproblems auf die natürlichen Zahlen⁵⁰⁶ \mathbb{N}_0 beschränkt ist, besteht der effiziente Rand im Krankenhausplanungsproblem aus Pareto-optimalen Punkten, die nicht zu einer Linie verbunden werden können.⁵⁰⁷

In der Operations-Research-Literatur zur strategischen Krankenhausplanung werden einkriterielle⁵⁰⁸ und mehrkriterielle Optimierungsprobleme⁵⁰⁹ verwendet. Die meisten

⁵⁰² Vgl. Nickel et al. 2011, S. 85

⁵⁰³ Vgl. Ehrgott 2006, S. 345; Caramia und Dell'Olmo 2018, S. 18f.

⁵⁰⁴ Vgl. Mavrotas 2009, S. 458f.

⁵⁰⁵ Vgl. Caramia und Dell'Olmo 2018, S. 19

⁵⁰⁶ Die Menge der natürlichen Zahlen inklusive null (\mathbb{N}_0) umfasst alle positiven ganzen Zahlen und die Zahl null. Dementsprechend stellt \mathbb{N}_0 eine Teilmenge der Menge der ganzen Zahlen \mathbb{Z} dar.

⁵⁰⁷ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 484

⁵⁰⁸ Vgl. für Optimierungsmodelle zur Krankenhausplanung mit einer Zielsetzung bzw. einem Zielfunktionssummanden z. B. Berlin et al. 1976, S. 554 (erstes Modell); Branas et al. 2000, S. 491; Griffin et al., S. 885; Guerriero et al. 2016, S. 942f. (beide Modelle); Marianov und Tabora 2001, S. 393; Mehrez et al. 1996, S. 623f. (erstes, zweites und viertes Modell); Moore und ReVelle 1982, S. 777; Smith et al. 2009b, S. 774; Verter und Lapierre 2002, S. 126; Zhang et al. 2009, S. 926

⁵⁰⁹ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 140f. (beide Modelle); Bruni et al. 2006, S. 130; Calvo und Marks 1973, S. 415; Cho et al. 2014, S. 757; Chu und Chu 2000, S. 541; Côté et al. 2007, S. 256; Galvão et al. 2002, S. 499; Günes und Yaman 2010, S. 278; Guo et al. 2013, S. 397; Jánošíková 2009, S. 53; Kim & Kim 2013, S. 225; Mahar et al. 2011, S. 599; Mehrez et al. 1996, S. 623 (drittes Modell); Mestre et al. 2012, S. 328; Mestre et al. 2015, S. 796ff.; Mitropoulos et al. 2006, S. 173; Mitropoulos et al. 2013, S. 2245; Mohammadi et al. 2014, S. 20; Mousazadeh et al. 2016, S. 270; Naboureh und Safari 2016, S. 5; Pehlivan et al. 2014, S. 868; Ruth 1981, S. 528; Santibáñez et al. 2009, S. 206; Schweikhart und Smith-

Forschenden, die mehrkriterielle Optimierungsmodelle zur strategischen Planung der Krankenhausstruktur aufstellen, kombinieren die betrachteten Einzelziele in einer gewichteten Summe mit⁵¹⁰ oder ohne Gewichtungsfaktoren⁵¹¹.

Malczewski und Ogryczak 1990 sowie Stummer et al. 2004 kombinieren die formulierten Einzelziele nicht in einer Zielfunktion, sondern lösen ihr Optimierungsmodell im Hinblick auf jedes Einzelziel, machen die Zielerreichungsgrade aller Einzelziele in den so identifizierten Lösungen transparent und lassen die Entscheidungstragenden die gewünschte Lösung auswählen.⁵¹²

Im Rahmen der Literaturanalyse konnten keine Publikationen identifiziert werden, die das jeweils formulierte mehrkriterielle Optimierungsmodell mit der lexikografischen Ordnung oder der ε -constraint-Methode lösen.

3.5 Methoden zur Modellierung des zeitlichen Bezugs der Krankenhausplanung

Mathematische Modelle können im Hinblick auf die Veränderlichkeit der Einflussfaktoren im Zeitablauf in **statische** und **dynamische** Modelle unterschieden werden. In statischen Modellen sind alle Einflussfaktoren im Zeitablauf unveränderlich oder die Planung ist auf einen bestimmten Zeitpunkt hin ausgerichtet.⁵¹³ In dynamischen Planungsproblemen hingegen sind ein oder mehrere Einflussfaktoren im Zeitablauf veränderlich.⁵¹⁴ Current et al. 2001 unterscheiden zusätzlich **explizit dynamische** und **implizit dynamische** Planungsprobleme.⁵¹⁵ Demnach wird in explizit dynamischen Planungsproblemen der betrachtete Zeithorizont in t Intervalle eingeteilt, so dass die Entscheidung über Öffnung

Daniels 1993, S. 294; Shishebori und Babadi 2015, S. 275; Syam und Côté 2010, S. 159; Syam und Côté 2012, S. 75; Vidyarthi und Kuzgunkaya 2015, S. 463; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1019

⁵¹⁰ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 140f. (beide Modelle); Bruni et al. 2006, S. 130; Calvo und Marks 1973, S. 415; Cho et al. 2014, S. 757; Côté et al. 2007, S. 256; Galvão et al. 2002, S. 499; Günes und Yaman 2010, S. 278; Guo et al. 2013, S. 397; Jánošíková 2009, S. 53; Kim & Kim 2013, S. 225; Mahar et al. 2011, S. 599; Mehrez et al. 1996, S. 623 (drittes Modell); Mestre et al. 2012, S. 328; Mestre et al. 2015, S. 796ff.; Mitropoulos et al. 2006, S. 173; Mitropoulos et al. 2013, S. 2245; Mohammadi et al. 2014, S. 20; Mousazadeh et al. 2016, S. 270; Naboureh und Safari 2016, S. 5; Pehlivan et al. 2014, S. 868; Ruth 1981, S. 528; Santibáñez et al. 2009, S. 206; Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 294; Shishebori und Babadi 2015, S. 275; Syam und Côté 2010, S. 159; Syam und Côté 2012, S. 75; Vidyarthi und Kuzgunkaya 2015, S. 463; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1019

⁵¹¹ Vgl. Chu und Chu 2000, S. 541

Dabei ist zu beachten, dass der Verzicht auf Gewichtungsfaktoren einer Gleichgewichtung entspricht.

⁵¹² Vgl. Malczewski und Ogryczak 1990, S. 253f.; Stummer et al. 2004, S. 66f.

⁵¹³ Vgl. z. B. Current et al. 2001, S. 100; Klose und Drexl 2005, S. 5; Daskin 2013, S. 15

⁵¹⁴ Vgl. z. B. Current et al. 2001, S. 100; Klose und Drexl 2005, S. 5

⁵¹⁵ Vgl. Current et al. 2001, S. 100

oder Schließung eines Krankenhauses bzw. einer Fachabteilung für jedes Intervall t separat getroffen werden kann.⁵¹⁶ In implizit dynamischen Planungsproblemen hingegen wird der Zeithorizont nicht in Einzelintervalle unterteilt, sondern die Veränderlichkeit der Einflussfaktoren wird bei der Festlegung der Inputdaten berücksichtigt.⁵¹⁷

Die Literaturanalyse zeigt, dass die Mehrzahl der veröffentlichten Optimierungsmodelle zur Krankenhausplanung statisch⁵¹⁸ und implizit dynamisch⁵¹⁹ sind. Nur fünf Publizierende⁵²⁰ unterteilen den betrachteten Planungshorizont in verschiedene Zeitintervalle und ermitteln so für jedes Zeitintervall eine eigene optimale Krankenhausstruktur. Benneyan et al. 2012, Mestre et al. 2015 und Santibáñez et al. 2009 lassen dabei zu, dass sich die Anzahl der zugewiesenen Personen⁵²¹ und/oder der eröffneten Fachabteilungen⁵²² je nach Zeitintervall unterscheidet, solange ein einmal eröffnetes Krankenhaus⁵²³ oder eine einmal zugewiesene Fachabteilung⁵²⁴ in späteren Zeitintervallen nicht mehr geschlossen wird. Pehlivan et al. 2014 lassen die Öffnung bzw. Schließung einer Serviceeinheit ebenfalls nur einmal im betrachteten Planungshorizont zu.⁵²⁵ Die Anzahl der einer Serviceeinheit zugeordneten Bedarfsregionen bzw. Ressourcen kann jedoch in jedem Zeitintervall verändert werden.⁵²⁶ Bei Stummer et al. 2004 hingegen ist die Anzahl der Planungseinheiten, die einem Krankenhaus zugewiesen werden, nicht vom Zeitintervall abhängig, sondern konstant, so dass je nach Zeitintervall ggf. eine unterschiedlich große Anzahl von Menschen abgewiesen werden muss.⁵²⁷

⁵¹⁶ Vgl. Current et al. 2001, S. 100

⁵¹⁷ Vgl. Current et al. 2001, S. 100

⁵¹⁸ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 140f. (erstes Modell); Berlin et al. 1976, S. 554ff. (alle Modelle); Branas et al. 2000, S. 491; Bruni et al. 2006, S. 130; Chu und Chu 2000, S. 541ff.; Côté et al. 2007, S. 256; Galvão et al. 2002, S. 499f.; Griffin et al. 2008, S. 885; Güneş und Yaman 2010, S. 278; Guerriero et al. 2016, S. 942f. (beide Modelle); Guo et al. 2013, S. 397; Jánošíková 2009, S. 52f.; Kim und Kim 2013, S. 225; Mahar et al. 2011, S. 599; Marianov und Taborga 2001, S. 393; Mestre et al. 2012, S. 328ff.; Mitropoulos et al. 2006, S. 173; Mitropoulos et al. 2013, S. 2245; Mohammadi et al. 2014, S. 20; Mousazadeh et al. 2016, S. 270; Ruth 1981, S. 525ff.; Schweikhart und Smith-Daniels 1993, S. 294f.; Smith et al. 2009b, S. 774f.; Syam und Côté 2010, S. 159; Syam und Côté 2012, S. 75ff.; Tien et al. 1983, S. 1130f. (beide Modelle); Verter und Lapiere 2002, S. 126; Zarrinpoor et al. 2018, S. 1018

⁵¹⁹ Vgl. Malczewski und Ogryczak 1990, S. 250; Mehrez et al. 1996, S. 613ff.

⁵²⁰ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 141 (zweites Modell); Mestre et al. 2015, S. 796ff.; Pehlivan et al. 2014, S. 868; Santibáñez et al. 2009, S. 206f.; Stummer et al. 2004, S. 64f.

⁵²¹ Vgl. Mestre et al. 2015, S. 796ff.; Santibáñez et al. 2009, S. 206

⁵²² Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 141 (zweites Modell) und Santibáñez et al. 2009, S. 206f.

⁵²³ Vgl. Mestre et al. 2015, S. 796ff.

⁵²⁴ Vgl. Benneyan et al. 2012, S. 141 (zweites Modell) und Santibáñez et al. 2009, S. 206f.

⁵²⁵ Vgl. Pehlivan et al. 2014, S. 866ff.

⁵²⁶ Vgl. Pehlivan et al. 2014, S. 867f.

⁵²⁷ Vgl. Stummer et al. 2004, S. 64f.

Die Prognose über die Anzahl der notwendigen Krankenhausbetten im Landeskrankenhausplan 2015 (Bedarfsprognose) bezieht sich auf das Jahr 2015. Dementsprechend ist auch die zu identifizierende Krankenhausstruktur auf das Jahr 2015 zu beziehen. Der Krankenhausplan 2015 sieht nicht vor, dass Veränderungen in den Einflussfaktoren (z. B. Siedlungsbewegungen, Änderungen in der Zusammensetzung der Altersstruktur, Bedarfsentwicklung je Fachabteilung) im Zeitablauf berücksichtigt werden. Somit kann ein statischer Modellierungsansatz gewählt werden, um die neue Krankenhausstruktur für das Bundesland NRW zu identifizieren.

3.6 Identifikation der Forschungslücke

In den vorausgegangenen Kapiteln wurde untersucht, inwiefern sich nationale und internationale Veröffentlichungen existierender Operations-Research-Ansätze zur Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes eignen. Zur Identifikation der Forschungslücke werden im Folgenden die verwendeten Kriterien und Kriterienausprägungen zur Klassifizierung der Literatur in einen morphologischen Kasten überführt.

Ein morphologischer Kasten nach Zwicky 1966 ist eine Methode, die sich sowohl für einen systematischen Überblick über einen bestimmten Sachverhalt als auch als Kreativitätstechnik zur Generierung neuer Lösungsansätze eignet.⁵²⁸ Da ein morphologischer Kasten beliebig viele Kriterien und je Kriterium beliebig viele Ausprägungen umfassen kann, eignet er sich zur visuellen Darstellung einer mehrdimensionalen Klassifizierung von Optimierungsmodellen. Die klassische Form des morphologischen Kastens besteht aus einer Tabelle, in der jede Zeile ein Klassifikationskriterium (Zeilenkopf) und in den nachfolgenden Spalten alle möglichen Kriterienausprägungen enthält, unabhängig davon, ob eine bestimmte Kriterienausprägung angewendet wird oder nicht.⁵²⁹

Anders als in der klassischen Variante des morphologischen Kastens, werden in dieser Arbeit nur die Kriterienausprägungen in den morphologischen Kasten aufgenommen, die in der Literatur beobachtet wurden oder die eine Anforderung an die in Kapitel 4 zu

⁵²⁸ Vgl. Wiegand 2005, S. 448; Schawel und Billing 2018, S. 219

⁵²⁹ Vgl. Disselkamp 2015, S. 153f.

entwickelnden Optimierungsmodelle beschreiben. Eine weitere Abwandlung wird dahingehend vorgenommen, dass die Häufigkeit des Auftretens einer Kriterienausprägung in Form einer Heatmap dargestellt wird. Die Intensität der Heatmap gibt Auskunft über die Häufigkeit der Verwendung eines Kriteriums⁵³⁰ in der bestehenden Literatur. Die Kombination des morphologischen Kastens mit den Eigenschaften einer Heatmap ermöglicht die sofortige visuelle Identifikation der Schwerpunkte der bisherigen Forschung. Darüber hinaus kann durch die Heatmap auf eine Kriterienausprägung verzichtet werden, die anzeigt, dass ein bestimmtes Kriterium in einer Veröffentlichung nicht betrachtet wird. Eine weitere Abwandlung des klassischen morphologischen Kastens besteht darin, dass die Anforderungen an die in Kapitel 4 zu entwickelnden Optimierungsmodelle in den morphologischen Kasten eingeordnet werden, indem die jeweiligen Kriterienausprägungen in Abbildung 3-4 (S. 135) und Abbildung 3-5 (S. 136) in fetter Schrift hervorgehoben werden.

Die Literaturanalyse hat gezeigt, dass bereits eine Vielzahl von Operations-Research-Ansätzen existiert, die sich mit der Identifikation einer optimalen Krankenhausstruktur oder der Abschätzung der Folgen von Gesetzgebungsimpulsen auf Krankenhausstrukturen auseinandersetzt.

Üblich sind dabei (1) die Berücksichtigung diskreter Angebots- und Nachfragestrukturen, (2) kapazitierte Standorte mit unterschiedlich hohen Kapazitäten und unterschiedlichen Fachrichtungsangeboten, (3) eine mehrkriterielle Zielfunktion sowie (4) ein statischer Planungsansatz. Nur wenige der in der Literatur veröffentlichten Optimierungsmodelle beschäftigen sich mit der Konsolidierung eines bestehenden Krankenhausnetzwerkes unter Berücksichtigung der bestehenden Strukturen bzw. der expliziten oder implizierten Berücksichtigung von Qualitätsaspekten. Auch die Berücksichtigung mehrerer Fachrichtungen und die Differenzierung der zulässigen Maximalentfernung nach Fachrichtungen ist in der Literatur nur selten zu finden. Es konnte trotz intensiver Literaturrecherche kein Operations-Research-Ansatz identifiziert werden, der alle acht Grundsätze der Krankenhausplanung berücksichtigt. Insbesondere die regionenübergreifende Versorgung, die Trägervielfalt sowie die medizinische Differenzierung nach Krankenhaus-

⁵³⁰ Die in Kapitel 3.1 vorgestellten Veröffentlichungen, die sich mit der Neustrukturierung der nordrhein-westfälischen Krankenhauslandschaft durch die Anwendung von Operations-Research-Methoden beschäftigen, werden nur bezüglich ihrer Berücksichtigung der acht in Kapitel 2 identifizierten Planungsgrundsätze und der explizit verbal durch die Autoren beschriebenen Eigenschaften in den morphologischen Kasten eingeordnet. Die Art der Berücksichtigung aller anderen Kriterien kann aufgrund der fehlenden Veröffentlichung der mathematischen Modelle nicht mit ausreichender Sicherheit festgestellt bzw. klassifiziert werden.

typen wurden von der nationalen und internationalen Literatur bislang nur punktuell (regionenübergreifende Versorgung) oder nicht betrachtet (Trägervielfalt, medizinische Differenzierung nach Krankentypen). Es konnte kein Operations-Research-Ansatz identifiziert werden, der eine Zielsetzung verwendet, die zur Identifikation des idealen Zentralisierungsgrades geeignet wäre.

Im Hinblick auf eine umfassende Abschätzung der Folgen des Landeskrankenhausplans 2015 und die Beantwortung der in Kapitel 1.6 definierten Forschungsfragen ist es jedoch erforderlich, dass alle entscheidungsrelevanten Rahmenbedingungen, d. h. alle identifizierten Grundsätze der Krankenhausplanung, abgebildet werden. Daher werden in Kapitel 4 zwei Optimierungsmodelle entwickelt, die dieser Anforderung genügen.

Modellierung von Angebots- und Nachfragestrukturen	Struktur des Angebots	diskret				kontinuierlich			
	Struktur der Nachfrage	diskret				kontinuierlich			
	Modellklasse	Set Covering Modell	Maximum Covering Location Problem	Median-problem	Zentren-problem	Standortplanungs-problem i.e.S.	diskretes Mischmodell	kontinuierlich-diskretes Modell	
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Erreichbarkeit: Distanzmessung	reale Entfernung				geschätzte Entfernung			
	Erreichbarkeit: Einheit der Distanzmessung	Strecke				Fahrzeit			
	Erreichbarkeit: Differenzierung nach Fachrichtungen	ja				nein			
	Erreichbarkeit: Nutzungsbereitschaft und Entfernung korrelieren	ja				nein			
	Geeignetheit: Geplantes Angebot	Fachrichtungen		Gruppe von Menschen mit dem gleichen Behandlungsbedarf			Behandlungsangebote		
	Geeignetheit: Differenzierung des Angebots nach Subgruppen	ja				nein			
Grundsatz der regionen-übergreifenden Versorgung	Bedarfsdeckung in benachbarten Planungsgebiet	implizit beschränkt (Entfernung)				explizit beschränkt			
Grundsatz der Trägervielfalt	Differenzierung nach Krankenhausträgern	beeinflusst Zugänglichkeit und Angebot				ohne Einfluss auf Zugänglichkeit und Angebot			
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Abbildung der Wirtschaftlichkeitskriterien	Zielfunktion: Gewinnmaximale bzw. Kostenminimale Netzwerkstruktur				Nebenbedingungen: Surrogatkriterien			

Abbildung 3-4: Morphologischer Kasten zur Klassifizierung der bestehenden Operations-Research-Literatur zur strategischen Krankenhausplanung und Einordnung der zu entwickelnden Optimierungsmodelle (Teil 1)

Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Qualität	Zielfunktion: Maximierung von Qualität oder Leistungsfähigkeit	Nebenbedingungen: Mindestqualitätsniveau	Nebenbedingungen: Surrogatkriterien
Grundsatz des differenzierten Angebotsspektrums	Differenzierung des Angebotsspektrums	nach Hierarchiestufen		nach Krankenhaustypen
	Hierarchiestufen	sukzessiv-exklusiv	sukzessiv-inklusiv	lokal-inklusiv geschachtelt
Grundsatz der Strukturkontinuität	Planungssituation	greenfield		brownfield
	Art der Anpassung	Expansion	Konsolidierung	Umverteilung
	Berücksichtigung bestehender Angebote	ja		nein
	Standortkapazität	kapazitiert/homogen	kapazitiert/heterogen	unkapazitiert
Grundsatz des idealen Zentralisierungsgrades	Konsolidierung	Abwägung unterschiedlicher Kostenarten	Minimierung der Anzahl der Krankenhausstandorte	Minimierung der Anzahl der Fachabteilungen
	Transformationskennzahl	Abbildung in Zielfunktion	Abbildung in den Nebenbedingungen	Abbildung in Zielfunktion und Nebenbedingungen
Modellierung der Zielsetzung	Zielfunktion	einkriteriell		multikriteriell
	Zielbeziehung	konkurrierend	komplementär	neutral
	Berücksichtigung verschieden skalierter Ziele	Gewichtete Summe	Lexikographische Ordnung	ε-constraint-Methode Transparenz über alternative Lösungen
Modellierung des zeitlichen Bezugs	Zeithorizont	statisch	implizit-dynamisch	explizit-dynamisch

Abbildung 3-5: Morphologischer Kasten zur Klassifizierung der bestehenden Operations-Research-Literatur zur strategischen Krankenhausplanung und Einordnung der zu entwickelnden Optimierungsmodelle (Teil 2)

4 ENTWICKLUNG VON OPTIMIERUNGSMODELLEN ZUR STRATEGISCHEN KRANKENHAUSPLANUNG

Bei der Neugestaltung der Krankenhausstruktur müssen acht Planungsgrundsätze berücksichtigt werden, die sowohl die Rahmenbedingungen als auch die Zielsetzung der Krankenhausplanung definieren (vgl. Kapitel 2). Diese acht Grundsätze sind

- die patienten- und bedarfsgerechte Versorgung,
- die regionenübergreifende Versorgung,
- die Trägervielfalt,
- die wirtschaftliche Sicherung und Kostengünstigkeit,
- die Qualität und Leistungsfähigkeit,
- das differenzierte Angebotspektrum,
- die Strukturkontinuität und
- der ideale Zentralisierungsgrad.

Die am politischen Entscheidungsprozess beteiligten Personen legen derzeit einen besonderen Fokus auf den Aspekt der qualitativ hochwertigen Versorgung. Gleichzeitig konnte in Kapitel 2.1.6 und 2.2.2 gezeigt werden, dass die notwendige Datengrundlage für eine modellbasierte Krankenhausplanung anhand von direkt abbildbaren Qualitätskriterien noch nicht vorliegt. Dementsprechend werden zur Beantwortung der Forschungsfragen zwei diskrete, gemischt-ganzzahlige Optimierungsmodelle entwickelt, die die acht Grundsätze der Krankenhausplanung berücksichtigen. Das erste Optimierungsmodell, im Folgenden **Krankenhausplanungsproblem** genannt, bildet dabei den Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit über Surrogatbedingungen ab (Kapitel 4.1). Das zweite Optimierungsmodell, im Folgenden **qualitätsorientiertes Krankenhausplanungsproblem** genannt, bildet den Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit über direkte mathematische Formulierungen ab und ist deshalb geeignet, die qualitätsmaximale Krankenhausstruktur zu identifizieren (Kapitel 4.2).

Das Krankenhausplanungsproblem sollte solange verwendet werden, bis die notwendige Datengrundlage für eine qualitätsorientierte Planung der Krankenhausstruktur vorhanden ist. Ab diesem Zeitpunkt kann das qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem angewendet werden. Abbildung 4-1 (S. 138) fasst diese Vorgehensweise grafisch zusammen.

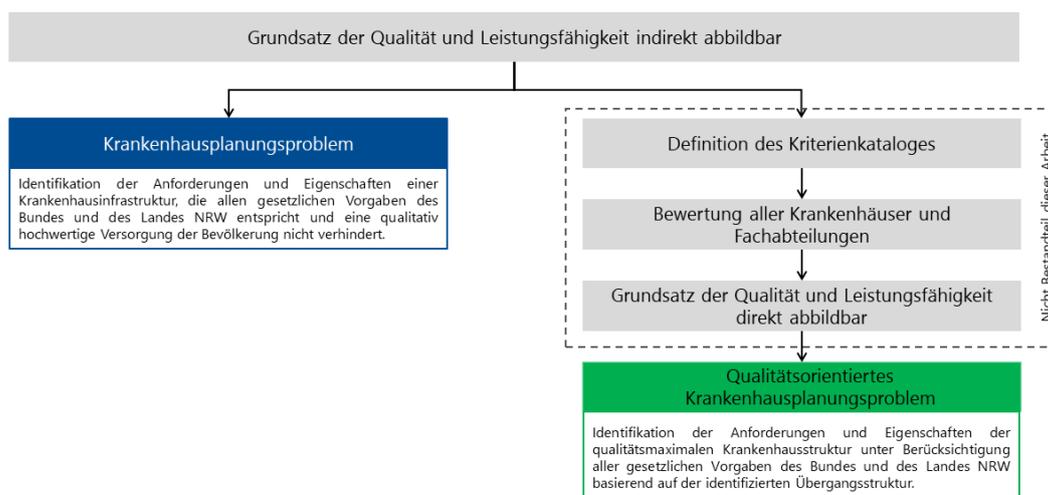


Abbildung 4-1: Vorgehensweise bei der Modellierung der Problemstellung zur Krankenhausplanung

4.1 Das Krankenhausplanungsproblem

Das Krankenhausplanungsproblem identifiziert die optimale Krankenhausstruktur in Abhängigkeit von der Gewichtung der beiden gegenläufigen Zielsetzungen Angebotsbündelung und Systemstabilität.

Im Folgenden werden zunächst die benötigten Mengen und Indizes (Kapitel 4.1.1) sowie Variablen (Kapitel 4.1.2) des Krankenhausplanungsproblems erläutert. Anschließend werden die Nebenbedingungen (Kapitel 4.1.3) und die konkurrierenden Zielfunktionen (Kapitel 4.1.4) formuliert. Die benötigten Parameter⁵³¹ und Indikatoren⁵³² werden eingeführt, wenn sie für die Formulierung einer Nebenbedingung oder der Zielfunktion benötigt werden. Die Kombination der konkurrierenden Zielfunktionen im Rahmen der ε -constraint-Methode wird in Kapitel 4.1.5 beschrieben. Abschließend fassen Tabelle 4-1 bis Tabelle 4-5 (S. 156 - S. 158) in Kapitel 4.1.6 alle verwendeten Mengen und Indizes, Parameter und Indikatoren sowie Variablen tabellarisch zusammen.

⁵³¹ Ein Parameter ist ein unveränderlicher Wert, der als Input vorgegeben wird (vgl. Klein und Scholl 2011, S. 46).

⁵³² Ein Indikator ist ein Parameter, der nur den Wert null oder den Wert eins annehmen kann.

4.1.1 Mengen und Indizes im Krankenhausplanungsproblem

Im Krankenhausplanungsproblem werden die existierenden Krankenhausstandorte eines Planungsgebietes ($h \in H^{Plan}$) und der umliegenden grenznahen Regionen der Nachbargebiete ($h \in H^{NichtPlan}$) betrachtet. Die Krankenhausstandorte ($h \in H$, mit $H = H^{Plan} \cup H^{NichtPlan}$) werden dabei nach verschiedenen Krankenhaustypen ($k \in K$) unterschieden. Jeder Krankenhausstandort wird von einem Krankenhausunternehmen ($b \in B$) betrieben, das einer der drei historisch gewachsenen Trägergruppen ($t \in T$) zugeordnet werden kann.

Zur Verringerung der Rechenzeit werden Krankenhausstandorte und Fachrichtungen im Krankenhausplanungsproblem nicht in zwei getrennten Mengen, sondern in einer kombinierten Menge erfasst. Jedes Element dieser kombinierten Menge repräsentiert eine Fachabteilung ($n \in N$), für die bekannt ist, zu welchem Krankenhaus sie zugeordnet ist und welche medizinische Leistung angeboten wird. Diese kombinierte Menge beinhaltet alle theoretisch möglichen Fachabteilungen in den existierenden Krankenhausstandorten eines Planungsgebietes ($n \in N^{Plan}$) und der umliegenden grenznahen Gebiete ($n \in N^{NichtPlan}$). Trifft das Modell die Entscheidung eine bestimmte Fachabteilung zu lokalisieren, impliziert dies, dass ein Krankenhausstandort ($h \in H$) eine Fachrichtung ($w \in W$) anbietet.

Die Nachfrage nach stationären medizinischen Leistungen einer Fachrichtung ($w, w' \in W$) tritt an Bedarfspunkten ($r \in R$) auf, die innerhalb des betrachteten Planungsgebiets ($r \in R^{Plan}$) und in der grenznahen Region der benachbarten Gebiete ($r \in R^{NichtPlan}$) liegen können ($R = R^{Plan} \cup R^{NichtPlan}$).

Abbildung 4-2 (S. 140) veranschaulicht die Anwendung der definierten Mengen und zugehörigen Indizes im Krankenhausplanungsproblem.

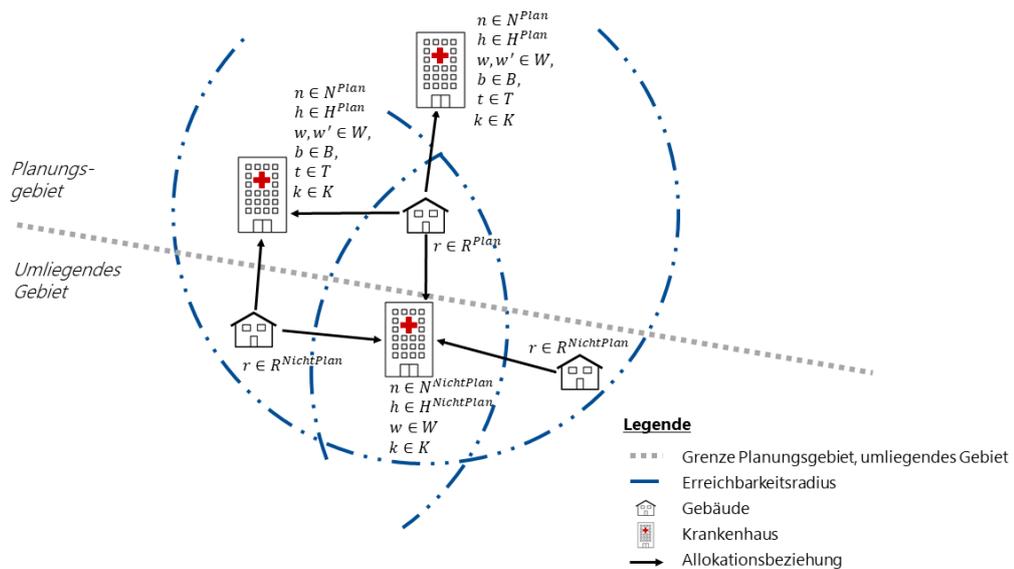


Abbildung 4-2: Mengen und Indizes im Krankenhausplanungsproblem

4.1.2 Variablen des Krankenhausplanungsproblems

Mit der Variablen $bedarf_{r,n}$ wird die in einem Bedarfspunkt ($r \in R$) auftretende Bettennachfrage nach medizinischen Leistungen einer Fachabteilung ($n \in N$) zugeordnet. Die Variable $betten_n$ gibt an, wie viele Betten eine Fachabteilung ($n \in N$) vorhalten muss, um den zugeordneten Bedarf nach medizinischen Leistungen dieser Fachrichtung zu decken. Die Zählvariablen $diff_n^+$ und $diff_n^-$ messen den absoluten Aufbau bzw. Abbau von Betten in einer Fachabteilung ($n \in N$). In diesem Zusammenhang zeigen die Binärvariablen z_n^+ und z_n^- an, ob in einer Fachabteilung ($n \in N$) ein Aufbau oder ein Abbau von Betten stattfindet.

Die Binärvariablen y_n und l_h determinieren, ob eine Fachabteilung ($n \in N$) oder ein Krankenhausstandort ($h \in H$) geöffnet ist.

Die Zählvariable $fachrichtungen_{r,w}$ misst für jeden Bedarfspunkt innerhalb der Planungsregion ($r \in R^{Plan}$), wie viele eröffnete Fachabteilungen ($n \in N$) in einer Fachrichtung ($w \in W$) innerhalb der zulässigen fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreicht werden können. Eine zweite Zählvariable $unternehmen_{r,w,b}$ ermittelt, wie viele Fachabteilungen ($n \in N$) des gleichen Krankenhausunternehmens ($b \in B$) von einem Bedarfspunkt des Planungsgebietes ($r \in R^{Plan}$) in einer Fachrichtung ($w \in W$) innerhalb der zulässigen Distanz erreicht werden können. Basierend auf der Zählvariable

Angebots). Dazu müssen in jeder Region ausreichend Krankenhausbetten zur Verfügung stehen, um die auftretende Nachfrage zu decken (Geeignetheit des Angebots).

Dementsprechend steuern die Nebenbedingungen (3)⁵³³ bis (8) die Zuordnung des fachrichtungsspezifischen Bedarfs zu Krankenhäusern, von Betten zu Fachabteilungen und die Eröffnung von Fachabteilungen.

Mit Nebenbedingung (3) wird sichergestellt, dass der Behandlungsbedarf jedes in der Planungsregion lebenden Menschen in jeder Fachrichtung gedeckt wird. Mathematisch modelliert wird dies, indem die Nachfrage ($Nachfrage_{rw}$) jedes in der Planungsregion liegenden Bedarfspunktes ($r \in R^{Plan}$) nach stationärer Versorgung in einer Fachrichtung ($w \in W$) von den innerhalb und außerhalb der Planungsregion liegenden Fachabteilungen ($n \in N$ mit $N = N^{Plan} \cup N^{NichtPlan}$) erfüllt werden muss. Der Binärindikator $\rho_{nw}^{Fachrichtung}$ zeigt in diesem Zusammenhang an, ob eine Fachabteilung ($n \in N$) eine bestimmte Fachrichtung ($w \in W$) anbietet ($\rho_{nw}^{Fachrichtung} = 1$).

$$\sum_{n \in N} bedarf_{rn} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} = Nachfrage_{rw} \quad \forall r \in R^{Plan}, w \in W \quad (3)$$

Nebenbedingung (4) legt in Kombination mit Nebenbedingung (11) für Bedarfspunkte außerhalb des Planungsgebietes fest, dass nur diejenige Nachfrage berücksichtigt wird, die nicht durch die umliegenden Gebiete gedeckt werden kann.

$$\sum_{n \in N} bedarf_{rn} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} \leq Nachfrage_{rw} \quad \forall r \in R^{NichtPlan}, w \in W \quad (4)$$

Nebenbedingung (5) garantiert, dass ein Bedarf nur dann einer Fachabteilung zugewiesen werden darf, wenn diese Fachabteilung innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreicht werden kann. Zu diesem Zweck zeigt der Binärindikator f_{rn} an, ob ein Krankenhausstandort von einem Bedarfspunkt innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreicht werden kann ($f_{rn} = 1$).

⁵³³ Alle Formeln, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit verwendet werden, werden durchnummeriert. Daher handelt es sich zwar um die erste Nebenbedingung des Modells, aber um die dritte Formel.

$$\text{bedarf}_{rn} = 0 \quad \forall r, n \in \{R, N | f_{rn} = 0\} \quad (5)$$

Nebenbedingung (5) ist als Indikatorbedingung formuliert, in der ein Binärindikator, in diesem Fall (f_{rn}), oder eine binär kodierte Variable steuert, ob die Nebenbedingung scharf geschaltet wird oder nicht (Aktivierungsbedingung). Früher wurde ein solcher Zusammenhang über *big M*-Bedingungen modelliert, in denen der Binärindikator oder die binär kodierte Variable mit einer hinreichend großen Zahl M multipliziert wurde. Es hat sich jedoch gezeigt, dass diese Vorgehensweise negative Auswirkungen auf die angewendeten Lösungsverfahren hat.⁵³⁴ Rundungsfehler der mathematischen Solver können dazu führen, dass das Lösungsverfahren eine null nicht als null, sondern als sehr kleine Zahl nahe null interpretiert.⁵³⁵

Für die mathematische Formulierung von Indikatorbedingungen, die nicht als *big M*-Bedingung formuliert werden, hat sich in der Literatur noch kein Standard etabliert. Verschiedene Ansätze zur mathematischen Formulierung von Indikatorbedingungen finden sich z. B. bei Kumm et al. 2018, Mestre et al. 2015, Xiang et al. 2018 und Zarrinpoor et al. 2018.⁵³⁶ Die in dieser Arbeit verwendete Formulierung ist an Mestre et al. 2015 und Zarrinpoor et al. 2018 angelehnt und kann angewendet werden, wenn es sich bei der Aktivierungsbedingung um einen Binärindikator oder eine Variable handelt.

Mit Nebenbedingung (6) wird festgelegt, dass die Anzahl der Betten (betten_n), die einer Fachabteilung ($n \in N$) zugeordnet wird, der zugeordneten Nachfrage entspricht.⁵³⁷

$$\sum_{r \in R} \text{bedarf}_{rn} \leq \text{betten}_n \leq \sum_{r \in R} \text{bedarf}_{rn} + 1 \quad \forall n \in N \quad (6)$$

⁵³⁴ Vgl. Rubin 2011

⁵³⁵ Vgl. Rubin 2011

⁵³⁶ Vgl. Kumm et al. 2018, S. 568f.; Mestre et al. 2015, S. 797; Xiang et al. 2018, S. 492 und Zarrinpoor et al. 2018, S. 1020.

⁵³⁷ Mathematisch korrekt müsste in Nebenbedingung (6) der Wert $0,9$ zum Bedarf hinzuaddiert werden, um den Wert der oberen Schranke festzulegen. Da in Operation-Research-Software zu Lasten der arithmetischen Genauigkeit mit Gleitkommazahlen gerechnet wird (vgl. Rubin 2011), würde dennoch in bestimmten Bedarfskonstellationen ein Bett mehr lokalisiert, als tatsächlich benötigt. Da sich dieses Problem nicht vermeiden lässt, wird aus Vereinfachungsgründen zur Bestimmung der oberen Schranke der Wert 1 hinzuaddiert, so dass eindeutig ist, bei welchen Bedarfskonstellationen die Unschärfe auftreten kann.

Indikatorbedingung (7) verknüpft die Variablen $betten_n$ und y_n und stellt dadurch sicher, dass Betten nur dann einer Fachabteilung ($n \in N$) zugewiesen werden, wenn diese Fachabteilung eröffnet wird. Die Aktivierung wird dabei durch die binär kodierte Variable y_n gesteuert.

$$betten_n = 0 \quad \forall n \in \{N \mid y_n = 0\} \quad (7)$$

Nebenbedingung (8) garantiert, dass eine Abteilung nur eröffnet wird, wenn der Abteilung Betten und damit Bedarfe zugewiesen werden.

$$y_n \leq Betten_n \quad \forall n \in N, w \in W \quad (8)$$

4.1.3.2 Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes der regionenübergreifenden Versorgung

Zwar verlangt die Gesetzgebung, dass die regionenübergreifenden Bedarfe bei der Krankenhausplanung abzustimmen sind, jedoch entbindet diese Kooperationspflicht die Bundesländer nicht von der bedarfsgerechten Planung des Krankenhausangebots innerhalb der jeweils betrachteten Region. Gemäß dem in Kapitel 2.1.2 entwickelten Autonomieansatz sollte die regionenübergreifende Deckung der Nachfrage nach stationären Leistungen einer Fachrichtung nur dann planerisch fixiert werden, wenn der in einer Region auftretende Bedarf nicht innerhalb dieser Region gedeckt werden kann. Dementsprechend schränken die Nebenbedingungen (9) bis (11) den regionenübergreifend gedeckten Bedarf auf das notwendige Minimum ein.

Nebenbedingung (9) stellt sicher, dass Bedarfe, die von Bedarfspunkten innerhalb des Planungsgebietes ($r \in R^{Plan}$) ausgehen, nur dann einer Fachabteilung außerhalb des Planungsgebietes ($n \in N^{NichtPlan}$) zugeteilt werden können, wenn diese Bedarfe innerhalb des Planungsgebietes nicht innerhalb der zulässigen Distanz gedeckt werden können. In diesem Zusammenhang gibt der Binärindikator ϑ_{wr} an, ob ein Bedarfspunkt des Planungsgebietes ($r \in R^{Plan}$) innerhalb der zulässigen Distanz eine Fachabteilung in der Planungsregion erreichen kann ($\vartheta_{wr} = 0$). Der Binärindikator ϑ_{wr} muss je Bedarfspunkt und Fachrichtung in einem Preprocessing ermittelt werden.

$$\sum_{n \in N^{NichtPlan}} bedarf_{rn} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} = 0 \quad \forall r, w \in \{R^{Plan}, W \mid \vartheta_{wr} = 0\} \quad (9)$$

Im Rahmen der regionenübergreifenden Planung ist zu beachten, dass das stationäre Angebot außerhalb der Planungsregion ($n \in N^{NichtPlan}$) nicht durch das Modell beeinflusst werden kann.

Deswegen legt Nebenbedingung (10) fest, dass die Nachfrage eines Bedarfspunktes der Planungsregion ($r \in R^{Plan}$) nur zu Fachabteilungen außerhalb der Planungsregion ($n \in N^{NichtPlan}$) zugeordnet werden kann, wenn die benötigte Fachabteilung dort bereits existiert. In diesem Zusammenhang gibt der Binärindikator $\gamma_n^{NichtPlan}$ an, ob eine Fachabteilung in der Nachbarregion vorhanden ist ($\gamma_n^{NichtPlan} = 1$).

$$\sum_{r \in R^{Plan}} bedarf_{rn} = 0 \quad \forall n \in \{N^{NichtPlan} \mid \gamma_n^{NichtPlan} = 0\} \quad (10)$$

Nebenbedingung (11) stellt in diesem Zusammenhang sicher, dass Fachabteilungen des Planungsgebietes ($n \in N^{Plan}$) den Behandlungsbedarf von Bedarfspunkten der Nachbargebiete ($r \in R^{NichtPlan}$) in Fachrichtung ($w \in W$) decken, sofern diese nicht in der eigenen Region abgedeckt werden können.

$$\sum_{n \in N^{Plan}} bedarf_{rn} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} = 0 \quad \forall r, w \in \{R^{NichtPlan}, W \mid \vartheta_{wr} = 0\} \quad (11)$$

4.1.3.3 Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes der Trägervielfalt

Der Grundsatz der Trägervielfalt verlangt, dass jede Trägergruppe mit mindestens einem Krankenhausstandort in der Krankenhausstruktur der Planungsregion vertreten ist. Eine Ausnahme besteht nur, sofern ein Krankenhausträger bereits in der existierenden Krankenhausstruktur nicht vertreten ist. Dementsprechend stellen die Nebenbedingungen (12) bis (14) sicher, dass die Trägervielfalt berücksichtigt wird.

Zunächst wird mit den Nebenbedingung (12) und (13) ermittelt, ob ein Krankenhausstandort in der Planungsregion ($h \in H^{Plan}$) geöffnet bleibt. In diesem Fall nimmt die Binärvariable l_h den Wert eins an. Der Binärindikator $\rho_{nh}^{Krankenhaus}$ zeigt an, ob eine Fachabteilung ($n \in N$) zu einem Krankenhaus ($h \in H$) gehört ($\rho_{nh}^{Krankenhaus} = 1$).

$$l_h \leq \sum_{n \in N} y_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} \quad \forall h \in H^{Plan} \quad (12)$$

$$\sum_{n \in N} y_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} = 0 \quad \forall h \in \{H^{Plan} | l_h = 0\} \quad (13)$$

Nebenbedingung (14) bewirkt, dass jede der staatlich definierten Trägergruppen, die in der Ausgangsstruktur einen Krankenhausstandort betreibt, auch in der neuen Krankenhausstruktur mit mindestens einem Krankenhausstandort vertreten ist. Der Binärindikator $\tau_{ht}^{Träger}$ zeigt dabei an, ob ein Krankenhausstandort einer Trägergruppe zugeordnet ist ($\tau_{ht}^{Träger} = 1$). Wenn eine Trägergruppe in einer Planungsregion in der Ausgangsstruktur nicht vorhanden ist, nimmt der Binärindikator $\tau_t^{Iststruktur}$ den Wert eins an und eliminiert dadurch die Anforderung, dass für diese Trägergruppe mindestens ein Krankenhausstandort beizubehalten ist.

$$\sum_{h \in H^{Plan}} l_h * \tau_{ht}^{Träger} \geq 1 - \tau_t^{Iststruktur} \quad \forall t \in T \quad (14)$$

4.1.3.4 Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit

Mangels öffentlicher Transparenz über die Kosten- und Erlösstrukturen der Krankenhäuser muss der Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit durch Surrogatbedingungen im Krankenhausplanungsproblem implementiert werden. Aus den ökonomischen Prinzipien der Skalen- und Verbundeffekte wurden vier Surrogatkriterien abgeleitet, die von der Krankenhausplanung zu berücksichtigen sind. Dadurch wird sichergestellt, dass das Krankenhausplanungsproblem keine Krankenhausstruktur identifiziert, die einen wirtschaftlichen Krankenhausbetrieb verhindern würde.

Zunächst legt Nebenbedingung (15) fest, dass jedes Krankenhaus in Abhängigkeit vom Krankenhaustyp ($k \in K$) eine minimale Anzahl Fachabteilungen (*Mindestabteilungsanzahl* l_k^{KH}) anbietet. Der Binärindikator τ_{hk}^{Typ} zeigt dabei an, ob ein Krankenhausstandort ($h \in H$) einem bestimmten Krankenhaustyp ($k \in K$) zuzuordnen ist ($\tau_{hk}^{Typ} = 1$)

$$\sum_{n \in N^{Plan}} y_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} \geq \text{Mindestabteilungsanzahl}_k^{KH} * l_h * \tau_{hk}^{Typ} \quad \forall h \in H^{Plan}, k \in K \quad (15)$$

Nebenbedingung (16) garantiert, dass jedem eröffneten Krankenhausstandort in der Planungsregion ($h \in H^{Plan}$) abhängig vom Krankenhaustyp ($k \in K$) eine Mindestanzahl Betten (*Mindestbettenanzahl* l_k^{KH}) zugeordnet wird.

$$\sum_{n \in N^{Plan}} \text{sollbetten}_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} \geq \sum_{k \in K} \text{Mindestbettenanzahl}_k^{KH} * l_h * \tau_{hk}^{Typ} \quad \forall h \in H^{Plan} \quad (16)$$

Nebenbedingung (17) steuert, dass ein Krankenhausstandort in der Planungsregion ($h \in H^{Plan}$) mindestens so viele Betten aufweist, wie die Summe der empfohlenen Stationsgrößen (*Richtbettenanzahl* l_w) aller zugewiesenen Fachabteilungen. Damit stellt Nebenbedingung (17) sicher, dass das Verhältnis der Anzahl Fachabteilungen zu Krankenhausbetten einen wirtschaftlichen Betrieb ermöglicht und eine kleinteilige Zersplitterung des Leistungsspektrums vermieden wird.

$$\sum_{n \in N^{Plan}} \text{betten}_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} \geq \sum_{w \in W} \sum_{n \in N^{Plan}} \text{Richtbettenanzahl}_w * y_n * \rho_{nw}^{Fachrichtung} * \rho_{nh}^{Krankenhaus} \quad \forall h \in H^{Plan} \quad (17)$$

In Nebenbedingungen (18) wird festgelegt, dass jeder eröffneten Fachabteilung in der Planungsregion ($n \in N^{Plan}$) eine Mindestanzahl an Betten (*Mindestbettenanzahl*^{FR}) zugeordnet werden muss, um Fallzahlen zu gewährleisten, die den wirtschaftlichen Einsatz von ärztlichem und pflegerischem Personal ermöglichen.

$$betten_n \geq \sum_{w \in W} Mindestbettenanzahl_w^{FR} * y_n * \rho_{nw}^{Fachrichtung} \quad \forall n \in N^{Plan} \quad (18)$$

4.1.3.5 Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit

Im Krankenhausplanungsproblem werden Surrogatkriterien herangezogen, um den Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit abzubilden. Basierend auf der Annahme, dass Krankenhäuser in einen Qualitätswettbewerb eintreten, wenn Menschen in einer Fachrichtung zwischen verschiedenen Behandlungsangeboten wählen können, stellen die Nebenbedingungen (19) – (23) sicher, dass jeder Bedarfspunkt in der Planungsregion innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung eine Mindestanzahl Fachabteilungen der gleichen Fachrichtung (*MindestanzahlAbteilungen*) erreichen kann, die einer Mindestanzahl unterschiedlicher Krankenhausunternehmen (*Mindestanzahl – Unternehmen*) zuzuordnen sind.

In Nebenbedingung (19) wird zunächst ermittelt, wie viele eröffnete Fachabteilungen innerhalb und außerhalb des Planungsgebietes ($n \in N$) in einer Fachrichtung ($w \in W$) von einem Bedarfspunkt innerhalb der Planungsregion ($r \in R^{Plan}$) innerhalb der zulässigen Distanz ($f_{rn} = 1$) erreicht werden können. Angebote in den Krankenhäusern der Nachbarregion werden nur berücksichtigt, sofern die regionenübergreifende Bedarfsdeckung für einen Bedarfspunkt zugelassen ist ($\vartheta_{wr} = 1$) und die Fachabteilung im Nachbargebiet existiert ($\gamma_n^{NichtPlan} = 1$).

$$\begin{aligned} fachrichtungen_{rw} &= \sum_{n \in N^{Plan}} y_n * f_{rn} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} \\ &+ \sum_{n \in N^{NichtPlan}} \gamma_n^{NichtPlan} * f_{rn} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} * \vartheta_{wr} \end{aligned} \quad \forall r \in R^{Plan}, w \in W \quad (19)$$

Anschließend determiniert Nebenbedingung (20), dass die Summe der innerhalb der zulässigen Distanz erreichbaren Fachabteilungen in einer Fachrichtung größer als eine definierte Mindestanzahl Fachabteilungen (*MindestanzahlAbteilungen*) sein muss.

$$f_{achrichtungen}_{rw} \geq \text{MindestanzahlAbteilungen} \quad \forall r \in R^{Plan}, w \in W \quad (20)$$

Idealerweise sollte diese Mindestanzahl erreichbarer Fachabteilungen in verschiedenen Krankenhausstandorten, die von verschiedenen Krankenhausunternehmen ($b \in B$) betrieben werden, lokalisiert werden.

Deswegen wird in Nebenbedingung (21) ermittelt, wie viele Fachabteilungen ($n \in N$) einer Fachrichtung ($w \in W$) des gleichen Krankenhausunternehmens ($b \in B$) von einem Bedarfspunkt der Planungsregion ($r \in R^{Plan}$) innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung ($f_{rn} = 1$) erreicht werden können. Dabei zeigt der Binärindikator $\rho_{nb}^{Betreiber}$ an, ob eine Fachabteilung von einem Krankenhausunternehmen ($b \in B$) betrieben wird ($\rho_{nb}^{Unternehmen} = 1$).

*unternehmen*_{rw**b**}

$$\begin{aligned} &= \sum_{n \in N^{Plan}} \gamma_n * f_{rn} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} * \rho_{nb}^{Unternehmen} \\ &+ \sum_{n \in N^{NichtPlan}} \gamma_n^{NichtPlan} * f_{rn} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} * \vartheta_{wr} * \rho_{nb}^{Unternehmen} \end{aligned} \quad \forall r \in R^{Plan}, w \in W, b \in B \quad (21)$$

Basierend darauf gibt die Binärvariable o_{rwb} in Nebenbedingung (22) an, ob ein Bedarfspunkt der Planungsregion ($r \in R^{Plan}$) in einer Fachrichtung ($w \in W$) innerhalb der zulässigen Entfernung Behandlungsangebote eines Krankenhausunternehmens ($b \in B$) erreichen kann.

$$o_{rwb} \leq \text{unternehmen}_{rwb} \quad \forall r \in R^{Plan}, w \in W, b \in B \quad (22)$$

Nebenbedingung (23) legt fest, dass die Anzahl der von unterschiedlichen Krankenhausunternehmen ($b \in B$) betriebenen Fachabteilungen, die jeder Bedarfspunkt der Planungsregion ($r \in R^{Plan}$) in jeder Fachrichtung ($w \in W$) innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreichen können muss, größer ist als ein definierter Mindestwert (*MindestanzahlUnternehmen*).

$$\sum_{b \in B} o_{rwb} \geq \text{MindestanzahlUnternehmen} \quad \forall r \in R^{Plan}, w \in W \quad (23)$$

4.1.3.6 Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes des differenzierten Angebotsspektrums

Der Grundsatz des differenzierten Angebotsspektrums erfordert, dass die Spezialisierung von Fachkrankenhäusern und der Ausbildungs- und Maximalversorgungsauftrag der Universitätskrankenhäuser in der Krankenhausplanung berücksichtigt wird (vgl. Kapitel 2.2.4). Dementsprechend steuern die Nebenbedingungen (24) und (25) das Angebot von Fachkrankenhäusern und Universitätskliniken.

Der hohe Grad der Spezialisierung von Fachkrankenhäusern – in Bezug auf Personal und Ausstattung – und ihre besondere Rolle in der Versorgung der Bevölkerung führt dazu, dass in diesen Krankenhäusern allenfalls Betten in Fachrichtungen, die einen engen medizinischen Bezug zum bereits vorhandenen Angebotsspektrum haben, aufgestellt werden sollten. Deswegen steuert Nebenbedingung (24) über den Binärindikator γ_n^{FK} und die Relationsmatrix $\chi_{ww'}$, dass das Angebot von Fachkrankenhäusern angepasst, aber nicht fundamental verändert werden kann. Wenn eine Fachrichtung ($w \in W$) in der Ausgangsstruktur in einem Fachkrankenhaus nicht angeboten wird, gilt $\gamma_n^{FK} = 0$. Für die Relationsmatrix gilt $\chi_{ww'} = 0$, wenn die notwendige fachliche Nähe zwischen zwei medizinischen Fachrichtungen ($w, w' \in W$) nicht vorhanden ist.

$$\gamma_n \leq \gamma_n^{FK} + \sum_{w' \in W} \gamma_n^{FK} * \chi_{ww'} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} \quad \forall n \in N^{Plan}, w \in W \quad (24)$$

Damit die Ausbildung des ärztlichen Nachwuchses und die etablierten Forschungsstrukturen nicht durch die Restrukturierung des Krankenhausnetzwerkes gefährdet werden, stellt Nebenbedingung (25) sicher, dass Fachabteilungen mit einem universitätsmedizi-

nischen Auftrag nicht geschlossen werden. Dies wird über den Binärindikator γ_n^{UK} gesteuert, der den Wert eins annimmt, wenn eine Fachabteilung des Planungsgebietes ($n \in N^{Plan}$) einen universitätsmedizinischen Auftrag hat.

$$\gamma_n^{UK} \leq y_n \quad \forall n \in N^{Plan} \quad (25)$$

4.1.3.7 Nebenbedingungen zur Abbildung des Grundsatzes der Strukturkontinuität

Aufgrund des Abbaus von 11 % der Planbetten ist davon auszugehen, dass im Rahmen der Restrukturierung des nordrhein-westfälischen Krankenhausnetzwerkes weder zusätzliche Krankenhausstandorte noch Kapazitätserweiterungen an bestehenden Standorten geschaffen werden müssen. Deshalb stellt Nebenbedingungen (26) sicher, dass geplante Betten entsprechend der bestehenden $Kapazität_h$ ($h \in H^{Plan}$) auf die existierenden Krankenhausstandorte verteilt werden.

$$\sum_{n \in N^{Plan}} betten_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} \leq Kapazität_h \quad \forall h \in H^{Plan} \quad (26)$$

4.1.3.8 Einschränkung des Wertebereichs der Entscheidungsvariablen des Krankenhausplanungsproblems

Abschließend schränken Nebenbedingungen (27) bis (29) den Wertebereich der Variablen ein.

$$bedarf_n \in \mathbb{R} \quad (27)$$

$$betten_n, fachrichtungen_{rw}, unternehmen_{rwb} \in \mathbb{N}^0 \quad (28)$$

$$l_h, y_n, o_{rwb} \in \{0; 1\} \quad (29)$$

4.1.4 Zielfunktionen des Krankenhausplanungsproblems

Im Krankenhausplanungsproblem werden die miteinander konkurrierenden Ziele der Angebotsbündelung und der Systemstabilität dazu eingesetzt, den idealen Zentralisierungsgrad des Krankenhausnetzwerkes zu bestimmen. Das Ziel der Angebotsbündelung soll zu einer Reduktion der Fixkosten (Investitions- und Betriebskosten) und der Realisie-

rung von Skaleneffekten in der Leistungserbringung beitragen, während mit dem Ziel der Systemstabilität sichergestellt werden soll, dass die notwendigen Anpassungen der Kapazitäten so wenig wie möglich an den bestehenden Strukturen verändern. Durch die Anwendung der ε -constraint-Methode wird bei der Lösung des Krankenhausplanungsproblems der effiziente Rand für die beiden konkurrierenden Ziele der Angebotsbündelung und der Systemstabilität ermittelt (vgl. Kapitel 4.1.5).

Das Ziel der Angebotsbündelung kann durch eine Zielfunktion (30) abgebildet werden, die die Summe aller Fachabteilungen ($n \in N$) minimiert. Die Minimierung der Anzahl der zu lokalisierenden Fachabteilungen stellt sicher, dass in jeder Fachrichtung alle realisierbaren Skaleneffekte genutzt werden, unabhängig von der Präferenz der Entscheidungstragenden⁵³⁸.

$$\min \sum_{n \in N^{Plan}} y_n \quad (30)$$

Das Ziel der Systemstabilität wird in einer zweiten Zielfunktion (31) formuliert, die die Anzahl der Betten, die in einer Fachabteilung der Planungsregion ($n \in N^{Plan}$) aufgebaut ($diff_n^+$) bzw. abgebaut ($diff_n^-$) werden, minimiert. Die getrennte Berücksichtigung der ab- und aufgebauten Betten stellt sicher, dass Egalisierungseffekte (vgl. Kapitel 3.3.8) vermieden werden.

$$\min \sum_{n \in N^{Plan}} diff_n^+ + diff_n^- \quad (31)$$

Zur Ermittlung der Abweichungsvariablen $diff_n^+$ und $diff_n^-$ muss eine zusätzliche Nebenbedingung (32) eingeführt werden, die die Differenz zwischen der existierenden Anzahl Krankenhausbetten ($Istbetten_n$) und der geplanten Anzahl Krankenhausbetten ($betten_n$) in allen Fachabteilungen der Planungsregion ($n \in N^{Plan}$) ermittelt.

$$betten_n = Istbetten_n + diff_n^+ - diff_n^- \quad \forall n \in N^{Plan} \quad (32)$$

⁵³⁸ Würde alternativ die Anzahl der Krankenhausstandorte minimiert, könnte die größtmögliche Ausschöpfung der Skaleneffekte nur sichergestellt werden, wenn die Entscheidungstragenden ausschließlich das Ziel der Angebotsbündelung verfolgen.

Nebenbedingung (33) schränkt den Wertebereich der Variablen $diff_n^+$ und $diff_n^-$ auf positive ganze Zahlen ein.

$$diff_n^+, diff_n^- \in \mathbb{N}^0 \quad (33)$$

Durch die Nebenbedingungen (34) bis (36) wird sichergestellt, dass das Krankenhausplanungsproblem in einer Fachrichtung entweder Betten auf- oder Betten abbaut, da für jede Fachrichtung und jedes Krankenhaus nur eine der beiden Binärvariablen z_n^+ und z_n^- den Wert eins annehmen kann. Nebenbedingung (37) schränkt den Wertebereich der Binärvariablen z_n^+ und z_n^- ein.

$$diff_n^+ = 0 \quad \forall n \in \{N^{Plan} \mid z_n^+ = 0\} \quad (34)$$

$$diff_n^- = 0 \quad \forall n \in \{N^{Plan} \mid z_n^- = 0\} \quad (35)$$

$$z_n^+ + z_n^- \leq 1 \quad \forall n \in N^{Plan} \quad (36)$$

$$z_n^+, z_n^- \in \{0; 1\} \quad (37)$$

Zielfunktion (31) bewirkt im Zusammenspiel mit den Nebenbedingungen (32) bis (37), dass das neue Krankenhausnetzwerk möglichst wenig von der existierenden Konfiguration abweicht.

4.1.5 Lösung des Krankenhausplanungsproblems mit der ε -constraint-Methode

Die beiden miteinander konkurrierenden Zielfunktionen (30) und (31) sind im Rahmen der Krankenhausplanung simultan zu berücksichtigen. Es handelt sich um ein mehrkriterielles Optimierungsproblem für das eine Vielzahl von Pareto-optimalen Lösungen existiert, die einen effizienten Rand bilden. In Kapitel 3.4 wurde die ε -constraint-Methode als geeignete Vorgehensweise zur Bestimmung des effizienten Randes identifiziert und für die Anwendung im Rahmen dieser Arbeit ausgewählt.

Für die Bestimmung des effizienten Randes wird das Krankenhausplanungsproblem zunächst im Hinblick auf Zielfunktion (31) und unter Beachtung der Nebenbedingungen (3) bis (37) gelöst. Der dabei ermittelte Zielfunktionswert (*Minimale Verschiebung*) wird

anschließend als Anspruchsniveau in einer neuen Nebenbedingung (38) modelliert und in das Krankenhausplanungsproblem aufgenommen.

$$\sum_{n \in N^{Plan}} dif f_n^+ + dif f_n^- \leq \text{MinimaleVerschiebung} \quad (38)$$

Im zweiten Schritt wird das Krankenhausplanungsproblem im Hinblick auf Zielfunktion (30) und unter zusätzlicher Berücksichtigung der Nebenbedingung (38) gelöst. Dadurch wird die minimale Anzahl Fachabteilungen ermittelt, die für die Realisierung der minimalen Verschiebung benötigt werden. Die Kombination aus minimalen Fachabteilungen bei minimaler Verschiebung stellt einen der beiden Extrempunkte des effizienten Randes dar (vgl. Kapitel 3.4).

Im nächsten Schritt wird das Krankenhausplanungsproblem erneut im Hinblick auf Zielfunktion (30), jedoch nur unter Berücksichtigung der Nebenbedingungen (3) bis (37) gelöst. Dadurch wird die minimale Anzahl Fachabteilungen ohne Berücksichtigung der realisierten Verschiebung ermittelt (*MinimaleAbteilungen*). Dieser Wert wird im Folgenden als Stoppkriterium für die iterative Schleife zur Bestimmung des effizienten Randes übernommen.

Der effiziente Rand wird über eine iterative Schleife ermittelt, die das Krankenhausplanungsproblem im Hinblick auf Zielfunktion (32) löst und die Anzahl der dabei lokalisierbaren Fachrichtungen sukzessive um den Wert eins verringert, solange bis die Anzahl der lokalisierbaren Fachabteilungen dem Wert *MinimaleAbteilungen* entspricht. Dazu wird eine Nebenbedingung (39) benötigt, die in jedem Schleifendurchlauf die Anzahl der lokalisierbaren Fachabteilungen auf den Wert ε beschränkt.

$$\sum_{n \in N^{Plan}} y_n \leq \varepsilon \quad (39)$$

Zur Bestimmung des effizienten Randes durch Anwendung der ε -constraint-Methode wird das Krankenhausplanungsproblem somit im Hinblick auf Zielfunktion (31) und unter Berücksichtigung der Nebenbedingungen (3) bis (37) und (39) gelöst.

Abbildung 4-4 fasst die beschriebene Vorgehensweise grafisch zusammen.

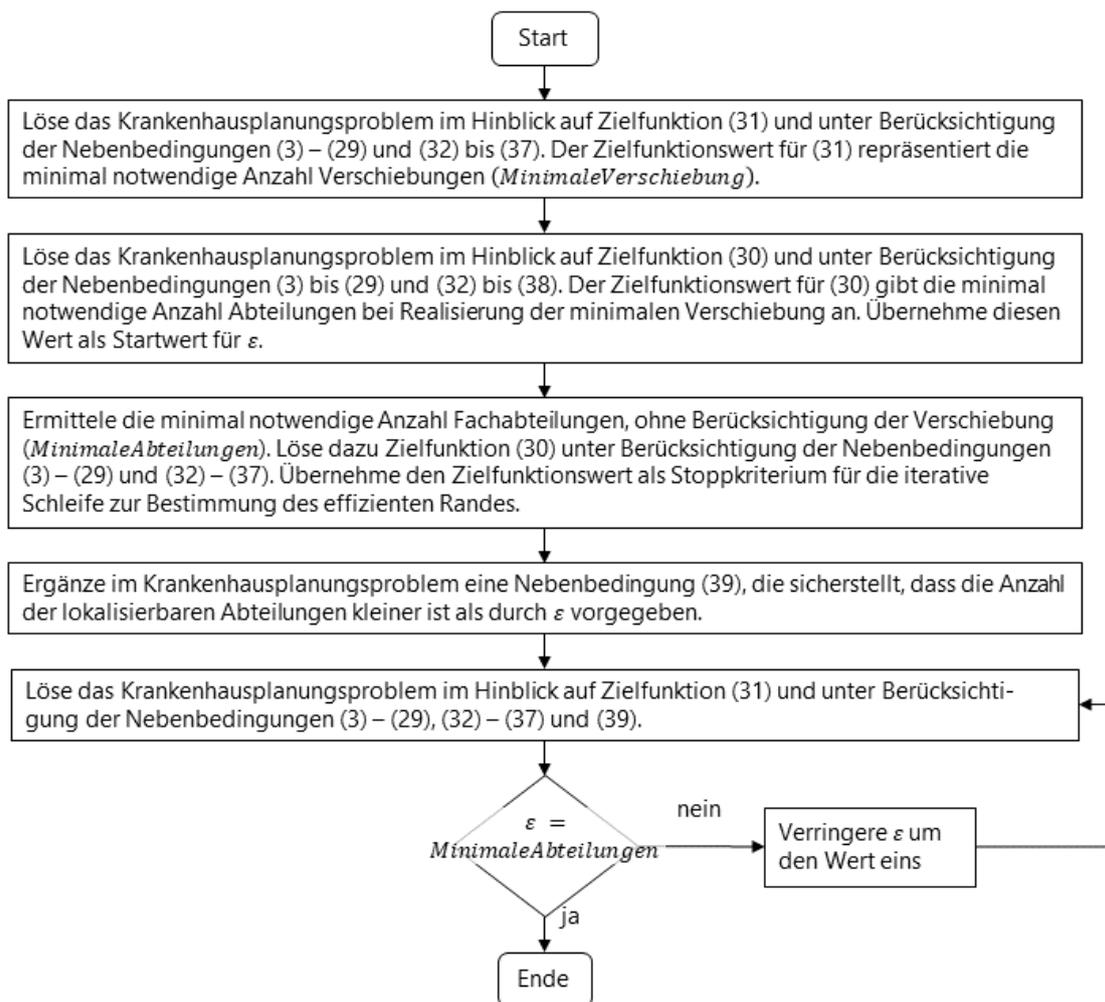


Abbildung 4-4: Lösung des Krankenhausplanungsproblems durch Anwendung der ϵ -constraint-Methode

4.1.6 Zusammenfassung der Modellelemente des Krankenhausplanungsproblems

Tabelle 4-1 bis Tabelle 4-5 (S. 156 – S. 158) geben einen Überblick über alle Modellelemente, die im Krankenhausplanungsproblem verwendet werden.

Index	Bedeutung der zugehörigen Menge
b	Krankenhausunternehmen ($b \in B$)
k	Krankenhaustyp ($k \in K$)
h	Krankenhausstandorte ($h \in H$), mit $H = H^{Plan} \cup H^{NichtPlan}$ H^{Plan} Menge der Krankenhausstandorte, die im Planungsgebiet liegen $H^{NichtPlan}$ Menge der Krankenhausstandorte, die in benachbarten Planungsgebieten liegen
n	Fachabteilungen ($n \in N$), mit $N = N^{Plan} \cup N^{NichtPlan}$ N^{Plan} Menge der Fachabteilungen, die im Planungsgebiet liegen $N^{NichtPlan}$ Menge der Fachabteilungen, die in benachbarten Planungsgebieten liegen
r	Bedarfspunkt ($r \in R$), mit $R = R^{Plan} \cup R^{NichtPlan}$ R^{Plan} Menge der Bedarfspunkte, die im Planungsgebiet liegen $R^{NichtPlan}$ Menge der Bedarfspunkte, die in benachbarten Planungsgebieten liegen
t	Krankenhausträgergruppe ($t \in T$)
w, w'	Fachrichtung ($w, w' \in W$)

Tabelle 4-1: Mengen und Indizes des Krankenhausplanungsproblems

Variable	Bedeutung der Variable
$bedarf_{rn}$	Nachfrage (in Betten) von Bedarfspunkt $r \in R$, die Fachabteilung $n \in N$ zugeordnet wird
$betten_n$	Anzahl der Betten, die einer Fachabteilung $n \in N$ zugewiesen werden
$diff_n^+ / diff_n^-$	Anzahl der Betten, die in einer Fachabteilung $n \in N$ aufgebaut bzw. abgebaut werden
$fachrichtungen_{rw}$	Anzahl Fachrichtungen $w \in W$, die von einem Bedarfspunkt $r \in R$ innerhalb der zulässigen fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreicht werden können
$unternehmen_{rwb}$	Anzahl Fachrichtungen $w \in W$, angeboten durch das gleiche Krankenhausunternehmen $b \in B$, die von einem Bedarfspunkt $r \in R$ in der zulässigen fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreicht werden können

Tabelle 4-2: Nicht-binäre Variablen des Krankenhausplanungsproblems

Variable	Bedeutung der Variable
l_h	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Krankenhausstandort } h \in H \text{ betrieben wird} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
o_{rwb}	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn ein Bedarfspunkt } r \in R \text{ mindestens eine Fachrichtung } w \in W \text{ von einem} \\ \text{innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreichen kann, die} \\ \text{durch ein Krankenhausunternehmen } b \in B \text{ in der Planungsregion oder in der} \\ \text{Nachbarregion betrieben wird} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
y_n	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Fachabteilung } n \in N \text{ eröffnet wird} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
z_n^+ / z_n^-	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Betten in Fachabteilung } n \in N \text{ auf-/abgebaut werden} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$

Tabelle 4-3: Binärvariablen des Krankenhausplanungsproblems

Parameter	Bedeutung des zugehörigen Parameters
ε	Anzahl maximal zulässiger Abteilungen
$Istbetten_n$	Anzahl der bestehenden Betten in einer Fachabteilung $n \in N$
$Kapazität_h$	Behandlungskapazität des Krankenhausstandortes $h \in H$ in Betten
$Mindestabteilungsanzahl_k^{KH}$	Mindestanzahl Fachrichtungen, die in einem Krankenhausstandort des Krankenhaustyps $k \in K$ geplant werden müssen
$MindestanzahlAbteilungen$	Mindestanzahl erreichbarer Fachabteilungen in einer Fachrichtung
$MindestanzahlUnternehmen$	Mindestanzahl erreichbarer Krankenhausunternehmen in einer Fachrichtung
$Mindestbettenanzahl_w^{FR}$	Mindestanzahl Betten, die in einer Fachrichtung $w \in W$ geplant werden müssen
$Mindestbettenanzahl_k^{KH}$	Mindestanzahl Betten, die in einem Krankenhausstandort des Krankenhaustyps $k \in K$ geplant werden müssen
$MinimaleAbteilungen$	Minimale Anzahl Abteilungen bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung
$MinimaleVerschiebung$	Minimal notwendige Verschiebung zwischen Krankenhausstandorten und Fachabteilungen bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität
$Nachfrage_{rw}$	Nachfrage eines Bedarfspunktes $r \in R$ nach stationären medizinischen Leistungen der Fachrichtung $w \in W$
$Richtbettenanzahl_w$	Empfohlene Bettenanzahl in einer Fachabteilung $w \in W$

Tabelle 4-4: Parameter des Krankenhausplanungsproblems

Binärindikator **Bedeutung des Binärindikators**

γ_n^{FK}	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Fachabteilung } n \in N \text{ zu einem Fachkrankenhaus gehört} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
$\gamma_n^{NichtPlan}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Fachabteilung } n \in N \text{ in den benachbarten Gebieten eröffnet ist} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
γ_n^{UK}	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Fachabteilung } n \in N \text{ zu einer Universitätsklinik gehört oder einen universitätsmedizinischen Status hat} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
$\rho_{nw}^{Fachrichtung}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Fachabteilung } n \in N \text{ Behandlungen der Fachrichtung } w \in W \text{ anbietet} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
$\rho_{nh}^{Krankenhaus}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Fachabteilung } n \in N \text{ in einem Krankenhaus } h \in H \text{ liegt} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
$\rho_{nh}^{Unternehmen}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Fachabteilung } n \in N \text{ zu Krankenhausunternehmen } b \in B \text{ gehört} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
ϑ_{wr}	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Bedarfspunkt } r \in R \text{ innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in der eigenen Planungsregion kein Angebot der Fachrichtung } w \in W \text{ erreichen kann} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
$\tau_{ht}^{Träger}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Krankenhausstandort } h \in H \text{ zu einer Trägergruppe } t \in T \text{ gehört} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
$\tau_t^{Iststruktur}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn in der Ausgangsstruktur kein Krankenhausstandort existiert, der zu Trägergruppe } t \in T \text{ gehört} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
τ_{hk}^{Typ}	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Krankenhausstandort } h \in H \text{ zu Krankhaustyp } k \in K \text{ gehört} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
$\chi_{ww'}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn Fachrichtung } w \in W \text{ und Fachrichtung } w' \in W \text{ einen engen medizinischen Bezug zueinander aufweisen} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
f_{rn}	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn die Entfernung zwischen einer Fachabteilung } n \in N \text{ und einem Bedarfspunkt } r \in R \text{ kleiner als die fachrichtungsspezifische Maximalentfernung ist} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$

Tabelle 4-5: Binärindikatoren des Krankenhausplanungsproblems

4.2 Das qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem

Ziel des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems ist, die in einer Fachrichtung auftretenden Bedarfe jeweils dem Krankenhaus zuzuweisen, das in dieser Fachrichtung die beste Gesamtqualität aufweist. Dies bedeutet, dass der Grundsatz der Qualität direkt in der Zielfunktion des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems abgebildet wird und für der Grundsatz der Leistungsfähigkeit direkt in einer Nebenbedingung abgebildet werden kann.

Im Folgenden werden nur die zusätzlich zum Krankenhausplanungsproblem benötigten Modellelemente (Kapitel 4.2.1) und Nebenbedingungen (Kapitel 4.2.2) sowie die Zielfunktion des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems (Kapitel 4.2.3) beschrieben. Anschließend wird in Kapitel 4.2.4 diskutiert, ob die im Krankenhausplanungsproblem implementierten Surrogatkriterien zu Qualität und Leistungsfähigkeit im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem als Wettbewerbsbedingungen bestehen bleiben sollten. Kapitel 4.2.5 diskutiert die Anwendbarkeit des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems in NRW. Zum Abschluss dieses Unterkapitels werden in Tabelle 4-6 bis Tabelle 4-8 (alle S. 164) die zusätzlich benötigten Mengen und Parameter zusammengefasst (Kapitel 4.2.6).

4.2.1 Struktur des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems

Für die Formulierung des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems sind zusätzliche Modellelemente notwendig. Zunächst wird eine Menge Q definiert, die alle Kriterien enthält, die zur Bewertung der Qualität einer Fachrichtung herangezogen werden. Die Menge Q kann entsprechend der Anzahl der betrachteten Fachgebiete in w Teilmengen Q^w aufgeteilt werden. Der Parameter $Qualität_{nq}$ repräsentiert das Bewertungsergebnis einer Fachabteilung ($n \in N$) für ein Bewertungskriterium ($q \in Q$). Der Parameter g_{wq} legt für jedes Bewertungskriterium in jeder Fachrichtung fest, mit welcher Gewichtung das Ergebnis für die Maximierung der Gesamtqualität berücksichtigt wird. Der Indikator φ_n gibt an, ob eine Fachabteilung ($n \in N$) leistungsfähig ist ($\varphi_n = 1$) oder nicht ($\varphi_n = 0$).

Abbildung 4-5 (S. 160) veranschaulicht die Zugehörigkeit der zusätzlichen Parameter im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem.

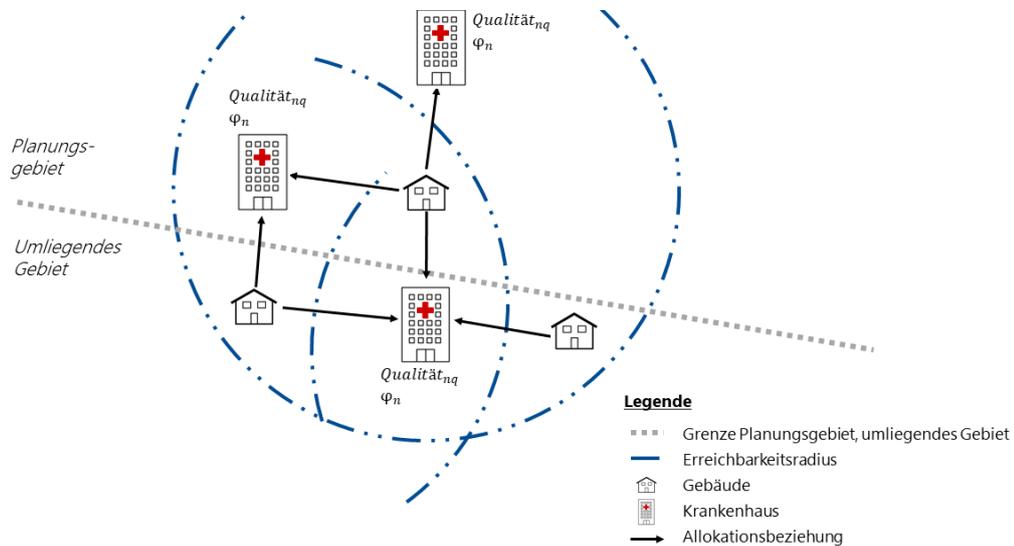


Abbildung 4-5: Zusätzliche Parameter des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems

4.2.2 Nebenbedingungen des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems zur Abbildung des Grundsatzes der Leistungsfähigkeit

Aus den bundesrechtlichen Planungsvorgaben des KHG folgt, dass nur Krankenhäuser, deren Angebot dem Stand der medizinischen Wissenschaft entspricht, in den Krankenhausplan aufgenommen werden dürfen. Die Einstufung eines Krankenhauses als leistungsfähig ($\varphi_n = 1$) oder nicht ($\varphi_n = 0$) kann anhand des Systems aus Qualitätsindikatoren erfolgen, das auch zur Auswahl der qualitätsmaximalen Krankenhausstruktur genutzt wird.

Nebenbedingung (40) stellt dementsprechend sicher, dass eine Fachabteilung $n \in N$ nur eröffnet werden darf, wenn diese im Rahmen der Qualitätsevaluation als leistungsfähig bewertet wurde.

$$y_n \geq \varphi_n \quad \forall n \in N \quad (40)$$

4.2.3 Zielfunktion des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems zur Maximierung der Gesamtversorgungsqualität

Ziel einer qualitätsorientierten Krankenhausplanung ist, die Bedarfe so zuzuordnen, dass möglichst viele Menschen qualitativ hochwertige Behandlungsleistungen in Anspruch

nehmen können. Dazu muss die Bewertung jedes Qualitätskriteriums ($Qualität_{nq}$) mit dem zugewiesenen Relativgewicht (g_{wq}) multipliziert werden. Die Zielfunktion (41) des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems maximiert die mit dem zugewiesenen Behandlungsbedarf ($bedarf_{rn}$) gewichtete Summe der gewichteten Qualitätsbewertungen.

$$\max \sum_{r \in R} \sum_{n \in N} \sum_{w \in W} \sum_{q \in Q} \text{bedarf}_{rn} * \text{Qualität}_{nq} * g_{wq} * \rho_{nw}^{\text{Fachrichtung}} \quad (41)$$

Die zuvor im Krankenhausplanungsproblem definierten Zielfunktionen zur Angebotsbündelung (30) und Systemstabilität (31) sind weiterhin notwendig, um den Grundsatz des idealen Zentralisierungsgrades zu reflektieren. Anders als im Krankenhausplanungsproblem repräsentieren sie im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem jedoch untergeordnete Ziele. Diese Zielhierarchie zwischen der neuen Zielfunktion (40) zur Identifikation des qualitätsmaximalen Krankenhausnetzwerkes und den beiden bekannten Zielfunktionen (30) und (31) kann im Rahmen einer lexikografischen Ordnung (vgl. Kapitel 3.4) berücksichtigt werden. Dazu wird das qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem zunächst in Bezug auf die neue Zielfunktion (40) gelöst und der identifizierte maximale Gesamtqualitätswert ($Gesamtqualität^{max}$) anschließend als Anspruchsniveau einer neuen Nebenbedingung (42) in das Modell übernommen.

$$\sum_{r \in R} \sum_{n \in N} \sum_{w \in W} \sum_{q \in Q} \text{bedarf}_{rn} * \text{Qualität}_{nq} * g_{wq} * \rho_{nw}^{\text{Fachrichtung}} \geq \text{Gesamtqualität}^{max} \quad (42)$$

Im zweiten Schritt kann das qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem für die Zielfunktionen (30) und (31) gelöst werden. Dazu sollte weiterhin die ε -constraint-Methode angewendet werden.

4.2.4 Wettbewerbsbedingungen im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem

Abschließend muss noch die Frage beantwortet werden, ob die im Krankenhausplanungsproblem implementierten Surrogatbedingungen für den Grundsatz der Qualität auch im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem beibehalten werden sollten,

oder ob dieser Grundsatz in ausreichendem Umfang durch die Identifikation der qualitätsmaximalen Krankenhausstruktur berücksichtigt wird.

Die Surrogatbedingungen zur Abbildung der Qualität im Krankenhausplanungsproblem wurden aus der Monopoltheorie abgeleitet. Durch die Förderung von Wettbewerb zwischen benachbarten Standorten und eine freie Krankenhauswahl soll ein Anreiz für einen Qualitätswettbewerb zwischen benachbarten Krankenhäusern gesetzt werden. Deshalb stellen die Surrogatbedingungen für den Grundsatz der Qualität sicher, dass jeder Mensch mehr als eine Fachabteilung, idealerweise in unterschiedlichen Krankenhausunternehmen, innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreichen kann.

Gegen eine Aufrechterhaltung der Forderung nach Mehrfachabdeckung spricht, dass diese im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem zwingend dazu führt, einen Teil des fachrichtungsspezifischen Bettenbedarfs einem Krankenhausstandort zuzuweisen, der bestenfalls die gleiche Qualitätsbewertung⁵³⁹ aufweist wie die ebenfalls lokalisierte Alternative. Daraus folgt, dass das identifizierte Krankenhausnetzwerk durch die Mehrfachabdeckung insgesamt eine schlechtere Gesamtqualität aufweist, als bei singulärer Abdeckung jeder Person möglich wäre.

Durch den in Nebenbedingung (41) implementierten Grundsatz der Leistungsfähigkeit wird jedoch sichergestellt, dass jede Fachrichtung in einem Krankenhausstandort, der in das Krankenhausnetzwerk aufgenommen wird, einen qualitativen Mindeststandard erreicht, der dem Stand der medizinischen Wissenschaft entspricht. Somit ist jederzeit sichergestellt, dass auch der im relativen Vergleich schlechtere Krankenhausstandort geeignet ist, die jeweilige Behandlungsleistung zu erbringen. Zudem existieren keine rechtlichen Hinderungsgründe (insbesondere nicht die Regelung des § 73 Abs. 4 SGB V), die das ärztliche Fachpersonal oder die zu behandelnden Personen daran hindern würden, das Krankenhaus mit der höheren Qualität für die Behandlung zu wählen und so den Qualitätswettbewerb zwischen den Plankrankenhäusern zu fördern.

⁵³⁹ Es ist zwar theoretisch denkbar, dass alle Krankenhausstandorte in allen Fachrichtungen die gleiche qualitative Bewertung erzielen, praktisch ist dies jedoch nicht zu erwarten. Ein Kriterienkatalog, der für alle Krankenhausstandorte in allen Fachrichtungen zum gleichen Ergebnis führen würde, wäre als Differenzierungskriterium für eine qualitätsorientierte Planung zudem nicht geeignet.

Für die Beibehaltung der Surrogatbedingungen spricht, dass ein Verzicht auf die Mehrfachabdeckung zu einer Reduktion des Wettbewerbsdrucks auf das verbleibende, wenn auch zu diesem Zeitpunkt unter Qualitätsgesichtspunkten bestbewertete, medizinische Angebot führen würde. Nach der Identifikation und Implementierung der qualitätsmaximalen Krankenhausstruktur würde dieses Angebot als Monopolist bestehen bleiben, so dass die Gefahr einer mittel- bis langfristigen Verschlechterung der Versorgungsqualität bestünde. Dadurch würde eine Momentaufnahme der qualitativen Situation langfristig fixiert.

In der Gesamtbetrachtung der Vor- und Nachteile sollte die Mehrfachabdeckung daher im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem als Wettbewerbsbedingung beibehalten werden. Die im relativen Vergleich niedrigere Gesamtqualität des Krankenhausnetzwerkes führt kurzfristig nicht zu einer Unterversorgung, weil der Grundsatz der Leistungsfähigkeit sicherstellt, dass jedes lokalisierte medizinische Angebot dem aktuellen Stand der medizinischen Wissenschaft entspricht. Gleichzeitig wird durch die Förderung des Qualitätswettbewerbs ein Anreiz gesetzt, die Qualität des Krankenhausnetzwerkes mittel- und langfristig zumindest beizubehalten. Flankierende Qualifizierungsmaßnahmen der direkten und indirekten Lieferantenentwicklung⁵⁴⁰ sollten dazu eingesetzt werden, die Gesamtqualität mittel- bis langfristig zu verbessern. Dabei sollte die Möglichkeit von Marktaustritten nicht leistungsfähiger und Markteintritten vielversprechender Krankenhäuser jederzeit gegeben sein.

4.2.5 Anwendbarkeit des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems

Im Verlauf dieser Arbeit wurde bereits ausführlich dargelegt, dass das qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem erst angewendet werden kann, wenn ein umfassender Kriterienkatalog die differenzierte Evaluation der Krankenhaus- und Fachabteilungsqualität ermöglicht.

Anders als das Krankenhausplanungsproblem kann das qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem somit nicht auf eine reale Fallstudie angewendet werden, weil weder der erforderliche Kriterienkatalog noch die zugehörigen Bewertungsergebnisse vorliegen. Aus einer fiktiven Fallstudie basierend auf einem konstruierten Zahlenbeispiel

⁵⁴⁰ Eine Übersicht zu indirekten und direkten Maßnahmen der Lieferantenentwicklung ist z. B. bei Durst 2011, S. 26, zu finden.

oder Zufallszahlen lassen sich keine über die Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems hinausgehenden, neuen Erkenntnisse ableiten, weil die durch das qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem identifizierte Krankenhausstruktur von der Auswahl der Qualitätskriterien, ihrer Gewichtung zueinander und den ermittelten Bewertungsergebnissen abhängen wird. Daher wird auf eine fiktive Fallstudie verzichtet.

4.2.6 Zusammenfassung der im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem zusätzlich verwendeten Modellelemente

Tabelle 4-6, Tabelle 4-7 und Tabelle 4-8 fassen abschließend die im qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem zusätzlich verwendeten Modellelemente zusammen.

Index	Bedeutung der Menge
q	Qualitätskriterium $q \in Q$, unterteilbar in w Teilmengen Q^w Q^w Menge der Qualitätskriterien, die für Fachrichtung $w \in W$ zu berücksichtigen sind

Tabelle 4-6: Zusätzliche Menge und zusätzlicher Index des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems

Parameter	Bedeutung des Parameters
g_{wq}	Gewicht von Qualitätskriterium $q \in Q$ für die Ermittlung der Gesamtqualität in Fachrichtung $w \in W$
$Gesamtqualität^{max}$	Maximal erreichbare Gesamtqualitätsbewertung für alle Fachrichtungen des Krankenhausnetzwerkes
$Qualität_{nq}$	Punktzahl, die eine Fachabteilung $n \in N$ für Qualitätskriterium $q \in Q$ erreicht hat

Tabelle 4-7: Zusätzliche Parameter des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems

Indikator	Bedeutung des Indikators
φ_n	$\begin{cases} 1 & \text{wenn Fachabteilung } n \in N \text{ als leistungsfähig beurteilt wird} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$

Tabelle 4-8: Zusätzlicher Indikator des qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblems

5 DEFINITION DER FALLSTUDIE FÜR DAS BUNDESLAND NORDRHEIN-WESTFALEN

Für die Krankenhausplanung wird NRW in 16 Versorgungsgebiete unterteilt (vgl. Abbildung 5-1)⁵⁴¹, die sich in Bezug auf Fläche, Siedlungs- und Krankenhausstruktur unterscheiden (vgl. Abbildung 5-2, S. 166).

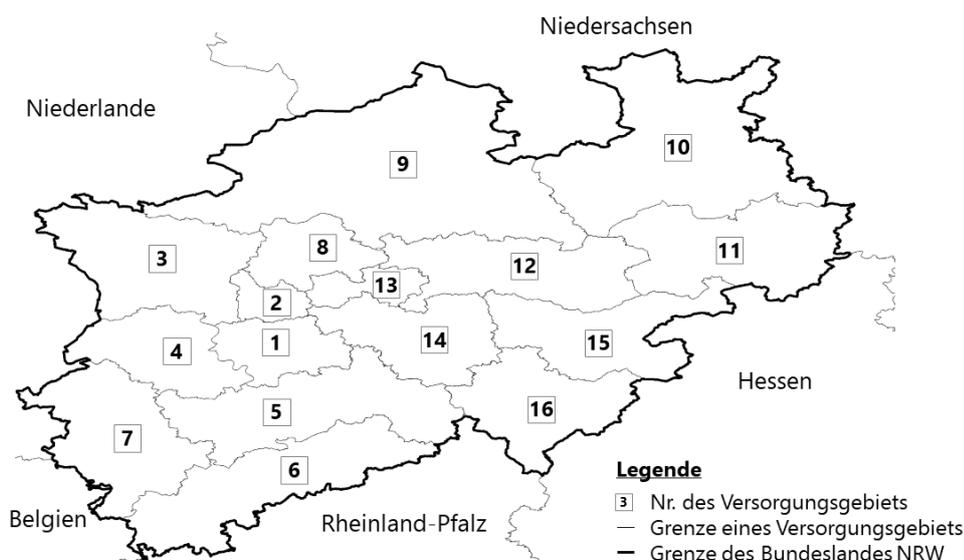


Abbildung 5-1: Versorgungsgebiete als Grundlage der Krankenhausplanung in Nordrhein-Westfalen⁵⁴²

Insgesamt sind rund 18 Millionen Menschen im Rahmen der Krankenhausplanung in NRW und den Grenzregionen der Nachbarbundesländer⁵⁴³ zu berücksichtigen, die vollständig oder anteilig mit stationären Behandlungsleistungen zu versorgen sind. Dazu

⁵⁴¹ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.

⁵⁴² Darstellung in Anlehnung an MGEPA NRW 2013b, S. 155ff. unter Verwendung der Daten von Nordmann 2016

⁵⁴³ Vgl. Destatis 2017a; IT.NRW 2016a; IT.NRW 2016b; LSNI 2019

In den angrenzenden Bundesländern werden nur Gebäude und die zugehörige approximierte Bevölkerungszahl (vgl. dazu ausführlich Kapitel 5.2.3) berücksichtigt, von denen innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (vgl. dazu ausführlich Kapitel 5.3.2) ein Krankenhausstandort in NRW erreicht werden kann. Insgesamt leben in den 26 angrenzenden Kreisen der benachbarten Bundesländer 12,5 Millionen Menschen.

müssen 7,22 Millionen Gebäude⁵⁴⁴ sowie 415 existierende Krankenhausstandorte⁵⁴⁵ in NRW und den angrenzenden Bundesländern betrachtet werden.

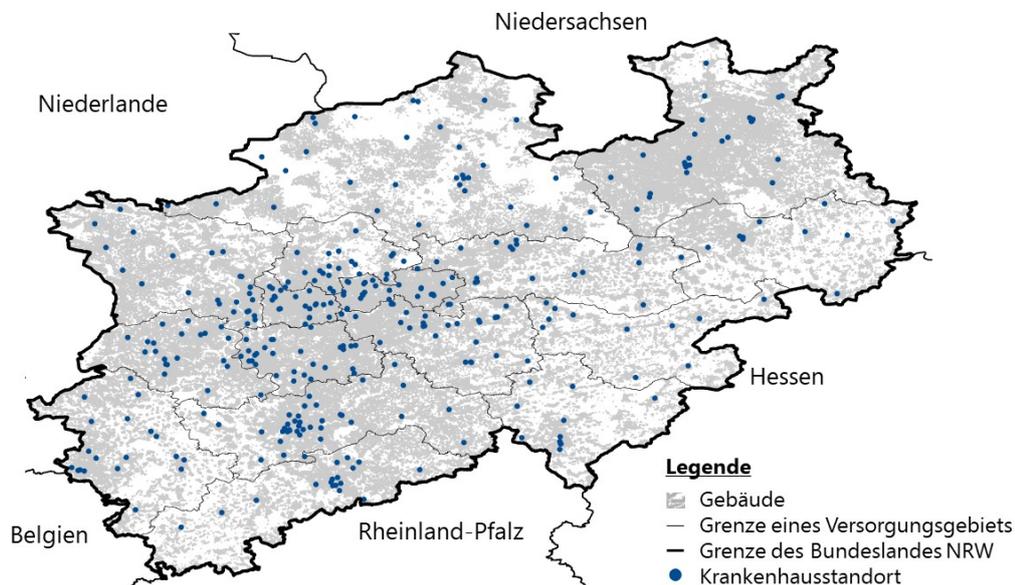


Abbildung 5-2: Siedlungs- und Krankenhausstruktur in Nordrhein-Westfalen nach Versorgungsgebieten⁵⁴⁶

Aufgrund der großen Anzahl zu berücksichtigender Menschen, Fachrichtungen, Gebäudestandorte und existierender Krankenhausstandorte ist das Krankenhausplanungsproblem nach heutigem Stand der Technik auf einem handelsüblichen Computer für das gesamte Bundesland NRW nicht lösbar.⁵⁴⁷ Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Krankenhausstruktur jedes Versorgungsgebiets in NRW unabhängig, jedoch unter Berücksichtigung notwendiger regionenübergreifender Verflechtungen, von den regionalen Planungskonferenzen festgelegt wird (§ 14 Abs. 1 KHGG NRW i.V.m. § 12 Abs. 2

⁵⁴⁴ Vgl. Geofabrik 2016a bis Geofabrik 2016h, siehe dazu auch Anmerkungen in Fußnote 543.

Insgesamt sind für die 26 angrenzenden Kreise in den Nachbarbundesländern Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Hessen 369.743 Gebäude verzeichnet.

⁵⁴⁵ Vgl. Statistische Ämter 2016; Müller und Schiefer 2015, S. 61ff.; NMSGG 2015, 9ff.; MSAGD RP 2010, S. 192ff.

Zur Identifikation der zu berücksichtigenden Krankenhausstandorte vgl. ausführlich Kapitel 5.3

⁵⁴⁶ Eigene Darstellung unter Verwendung der Daten von Geofabrik 2016c bis Geofabrik 2016g; MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

Diese Grafik zeigt ausschließlich die zu berücksichtigenden Gebäude und Krankenhausstandorte, die im Gebiet des Bundeslandes NRW liegen.

⁵⁴⁷ Diese Feststellung trifft sowohl auf die Verwendung der Originalgebäuedaten als auch auf die Verwendung der konsolidierten Gebäuedaten zu. Zur Erläuterung und Unterscheidung von Originalgebäuden und konsolidierten Gebäuedaten (Bedarfspunkte) vgl. Kapitel 5.2.1.

S. 2 KHGG NRW). Diese Vorschläge werden im Anschluss je Versorgungsgebiet von den Behörden geprüft und, ggf. nach Anhörung der von Änderungen betroffenen Krankenhäuser, durch Feststellungsbescheide umgesetzt (§ 14 Abs. 3-5 KHGG NRW).

Im Folgenden wird das in Kapitel 4 entwickelte Krankenhausplanungsproblem daher auf ausgewählte repräsentative Versorgungsgebiete beispielhaft angewendet, um zu analysieren, wie die bundes- und landesrechtlichen Vorgaben auf Gebiete mit unterschiedlichen Siedlungs- und Krankenhausstrukturen wirken.

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden zunächst drei repräsentative Versorgungsgebiete ausgewählt (Kapitel 5.1). Die Bevölkerungs- und Siedlungsstrukturen, die in diesen Versorgungsgebieten sowie im Bundesland NRW und in den angrenzenden Regionen der benachbarten Bundesländer existieren, werden in Kapitel 5.2 aus frei verfügbaren Datenquellen abgeleitet. Anschließend werden die notwendigen Inputdaten für die im Modell verwendeten Parameter ermittelt (Kapitel 5.3). Es zeigt sich, dass die existierende Krankenhausstruktur in den drei ausgewählten Versorgungsgebieten nicht in allen Szenarien so angepasst werden kann, dass alle der in Kapitel 2 definierten regulatorischen Vorgaben unter Einhaltung der in den Kapiteln 5.2 und 5.3 hergeleiteten Inputdaten erfüllt werden können. Dies liegt darin begründet, dass

- nicht alle Menschen von ihrem Wohnort aus zwei Krankenhausstandorte innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreichen können,
- die vorhandene Kapazität einzelner Krankenhäuser nicht ausreicht, um die zuzuordnende Nachfrage zu decken,
- die Nachfrage in der betrachteten Planungsregion bzw. im Einzugsgebiet der Krankenhäuser nicht ausreicht, um die Anforderungen an die Fachabteilungsrichtgröße, Fachabteilungsmindestgröße, Krankenhausmindestgröße und/oder Krankenhausrichtgröße zu erfüllen.

Dehalb werden in Kapitel 5.4 Maßnahmen beschrieben, die ergriffen werden müssen, damit das Krankenhausplanungsproblem für die in Kapitel 5.2 und 5.3 hergeleiteten Inputdaten lösbar wird. Abschließend werden in Kapitel 5.5 Kennzahlen definiert, mit denen die Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems analysiert und bewertet werden können.

5.1 Auswahl der repräsentativen Versorgungsgebiete

Für die Anwendung des Krankenhausplanungsproblems werden beispielhaft drei Versorgungsgebiete ausgewählt. Diese repräsentativen Versorgungsgebiete zeichnen sich durch unterschiedliche Siedlungsstrukturen aus.

Grundlage für die Klassifizierung der Besiedlungsdichte ist die DEGRUBA-Klassifikation des Statistischen Bundesamtes⁵⁴⁸, die den Verstädterungsgrad der Gemeinden und kreisfreien Städte in Deutschland gemäß den Leitlinien von des statistischen Amtes der Europäischen Union (Eurostat)⁵⁴⁹ beschreibt. Die Klassifikation des Verstädterungsgrades eines Versorgungsgebiets wird in dieser Arbeit aus der dominanten Klassifikation der Einzelgemeindeflächen abgeleitet. Demzufolge sind drei Versorgungsgebiete (VG) in NRW als dicht besiedelt und drei Versorgungsgebiete als gering besiedelt zu kategorisieren. Alle anderen Versorgungsgebiete weisen eine mittlere Besiedlungsdichte auf.

Für die vorliegende Arbeit werden das

- am Versorgungsgebiet mit der höchsten Besiedlungsdichte, im Folgenden als Region A bezeichnet,
- das Versorgungsgebiet mit der Medianbesiedlungsdichte, im Folgenden als Region B, bezeichnet und
- das Versorgungsgebiet mit der geringsten Besiedlungsdichte, im Folgenden als Region C bezeichnet,

als repräsentative Versorgungsgebiete ausgewählt (vgl. Tabelle 5-1).

Region	Fläche (in km²)	Bevölkerungs- zahl	Menschen je km²	Rang (nach Menschen je km²)	Verstädterungsgrad nach DEGRUBA
A	379	1.519.147	4.008	1	hohe Besiedlungsdichte
B	1.631	920.283	565	8	mittlere Besiedlungsdichte
C	1.960	260.526	133	16	geringe Besiedlungsdichte

Tabelle 5-1: Verstädterungsgrad der Versorgungsgebiete⁵⁵⁰

⁵⁴⁸ Vgl. Destatis 2017b

⁵⁴⁹ Vgl. Eurostat 2018, S. 1ff.

⁵⁵⁰ Eigene Darstellung und Aggregation basierend auf Destatis 2017b und MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.

5.2 Approximation der Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur

Auf der Nachfrageseite des Krankenhausplanungsproblems müssen Informationen zur Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur erhoben werden, um die Höhe und den Ort des Behandlungsbedarfes zu erfassen. Dazu werden im Folgenden frei verfügbare Geodaten mit den Informationen aus den fortgeschriebenen Zensusdaten und dem prognostizierten Bedarf nach Fachrichtungen verknüpft.

5.2.1 Räumliche Verteilung der Nachfrage innerhalb der Versorgungsgebiete

Referenzpunkt der Krankenhausplanung sind die Wohnorte der ständig in einem Bundesland lebenden Personen. Da die amtlichen Katasterdaten erst seit Januar 2017 kostenlos verfügbar sind⁵⁵¹, wurden hilfsweise die freizugänglichen Geodaten⁵⁵² des Projektes OpenStreetMap herangezogen. Im März 2016 waren in OpenStreetMap 7,2 Millionen Gebäude für das Bundesland NRW verzeichnet.⁵⁵³ Im Rahmen der regionenübergreifenden Versorgung sind darüber hinaus 4.412 Gebäude⁵⁵⁴ in den 26 an NRW angrenzenden Landkreisen und kreisfreien Städten der Bundesländer Niedersachsen, Hessen und Rheinland-Pfalz zu berücksichtigen.

Die große Anzahl an Gebäuden verhindert selbst auf der Ebene der Versorgungsgebiete eine effiziente Lösung des Krankenhausplanungsproblems innerhalb einer vertretbaren Rechenzeit. Dementsprechend müssen die Gebäude zu Bedarfspunkten verdichtet werden. Folglich basieren die Fallstudien in Kapitel 5.4 auf einer reduzierten Anzahl aggregierter Bedarfspunkte (Menge R).

Aus dem Kriterium der Wohnortnähe (vgl. Kapitel 2.1.1 und 2.2.1) wurden eine Maximalentfernung abgeleitet, die definiert, wie weit eine Person maximal reisen darf, um ein bestimmtes stationäres Behandlungsangebot zu erreichen. Deshalb muss die Aggregationsmethode sicherstellen, dass die Entfernung zwischen dem Originalgebäude

⁵⁵¹ Vgl. Land NRW 2016

⁵⁵² Es ist zu beachten, dass in den OpenStreetMap-Daten alle Gebäudetypen enthalten sind, nicht nur Wohngebäude. Im Gegensatz zu den amtlichen Katasterdaten kann bei den OpenStreetMap-Daten keine Unterscheidung zwischen Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden vorgenommen werden. Mangels Zugänglichkeit der amtlichen Katasterdaten oder anderer Datensätze, die eine Unterscheidung von Wohn- und Nichtwohngebäuden ermöglichen würden, muss diese Ungenauigkeit in Kauf genommen werden.

⁵⁵³ Vgl. Geofabrik 2016c bis Geofabrik 2016g

⁵⁵⁴ Vgl. Geofabrik 2016a, Geofabrik 2016b und Geofabrik 2016h

Siehe dazu auch die Erläuterungen in Fußnote 543

und dem aggregierten Bedarfspunkt bei der Betrachtung der Gesamtentfernung berücksichtigt werden kann.

In der vorliegenden Arbeit wurde daher für jede Gemeinde und kreisfreie Stadt in NRW ein Set Covering Problem (vgl. Kapitel 3.2.1) gelöst. Dieses Optimierungsmodell ermittelt für jedes betrachtete Gebiet die minimale Anzahl Gebäude (Bedarfspunkte), die alle anderen Gebäude des gleichen Gebietes innerhalb eines vorgegebenen Radius abdecken können. In der vorliegenden Arbeit wird dieser Radius auf eine Luftlinienentfernung von drei Kilometern bzw. eine Straßenentfernung von 3,72 km⁵⁵⁵ festgelegt, um eine ausreichende Aggregation der Gebäudestandorte zu erreichen. Zur Lösung der Set Covering Probleme wird der in Abbildung 5-3 (S. 171) dargestellte Algorithmus nach Johnson 1974 und Lovász 1975 mittels Visual Basic for Applications (VBA) in Microsoft Excel implementiert.

Dieser Algorithmus löst das Set Covering Problem, indem für jede Iteration dasjenige Gebäude ausgewählt und zum Bedarfspunkt erklärt wird, das die meisten anderen Gebäude abdecken kann.⁵⁵⁶

Abbildung 5-4 (S. 171) visualisiert die Aggregation am Beispiel der Stadt Petershagen (Kreis Minden-Lübbecke, VG 10). Die 9.194 in OpenStreetMap verzeichneten Gebäude, die zur Stadt Petershagen gehören, verteilen sich auf eine Fläche von 211,94 km² (vgl. Abbildung 5-4a, S. 171).⁵⁵⁷ Der beschriebene, in Excel implementierte Algorithmus benötigte knapp 23 Minuten um diese Gebäude zu 12 Bedarfspunkten (vgl. Abbildung 5-4b, S. 171) zu konsolidieren. Die Zuordnungsbeziehungen zwischen Gebäuden und Bedarfspunkten sind in Abbildung 5-4c (S. 171) dargestellt.

⁵⁵⁵ Die Luftlinienentfernung wird als euklidische Entfernung auf dem Erdellipsoid berechnet. Die Straßenentfernung wird approximiert, indem die Luftlinienentfernung nach Berens und Körling 1983 mit einem Straßenkorrekturfaktor von 1,24 multipliziert wird (vgl. Berens und Körling 1983, S. 70, Entfernungen in Deutschland unter 100 km). Neuere Daten liegen in der Distanzklasse unter 100 km für Deutschland nicht vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass das Straßennetz seit 1983 dichter geworden ist, so dass ein Straßenkorrekturfaktor von 1,24 die Wegstrecke überschätzen und nicht unterschätzen sollte. Somit ist ein Straßenkorrekturfaktor von 1,24 im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung für die Krankenhausplanung als geeignet zu betrachten. Alle weiteren in der Literatur genannten Straßenkorrekturfaktoren (vgl. Ballou et al. 2002, S. 843; Gudehus 2012, S. 873f.; Vahrenkamp und Mattfeld 2007, S. 21) sind zudem größer als 1,24.

⁵⁵⁶ Vgl. Johnson 1974, S. 256ff.; Lovász 1975, S. 383ff.

⁵⁵⁷ Vgl. Destatis 2017b, Geofabrik 2016d

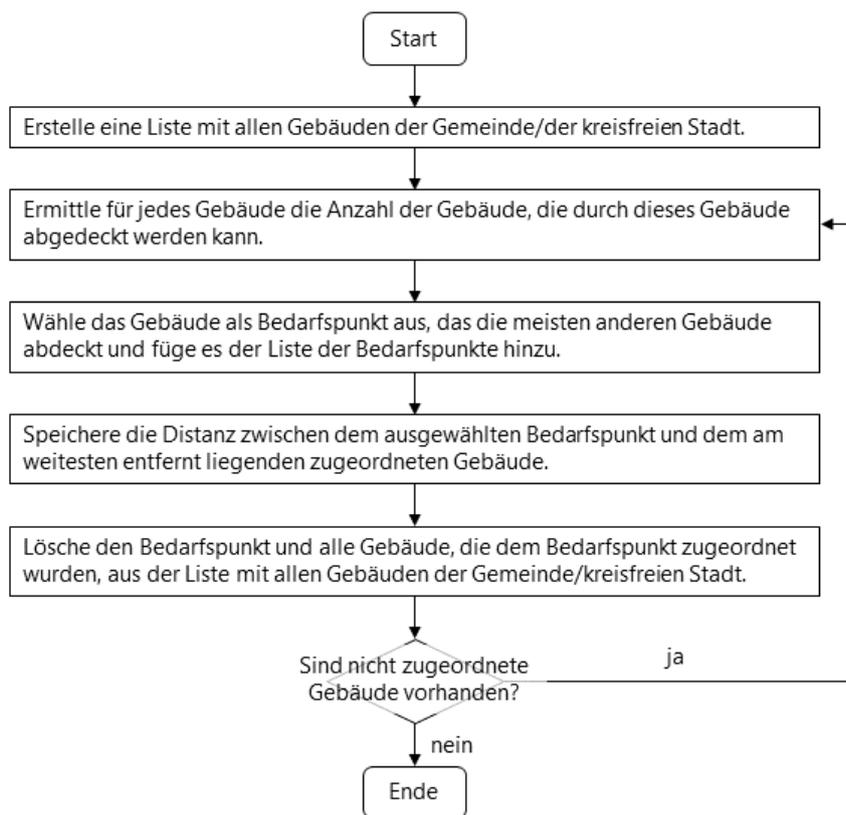


Abbildung 5-3: Struktur des Algorithmus zur Aggregation der Gebäude zu Bedarfspunkten nach Johnson 1974 und Lovász 1975⁵⁵⁸

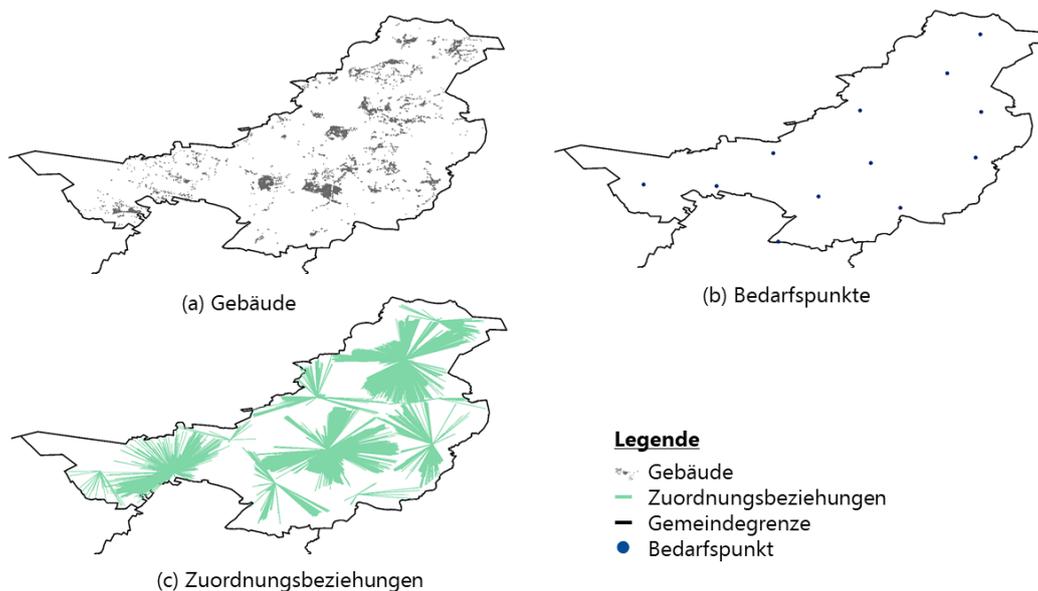


Abbildung 5-4: Aggregation von Gebäuden zu Bedarfspunkten am Beispiel der Stadt Petershagen⁵⁵⁹

⁵⁵⁸ Eigene Darstellung basierend auf der Beschreibung in Johnson 1974 und Lovász 1975

⁵⁵⁹ Eigene Darstellung unter Verwendung der Daten von Geofabrik 2016d und Nordmann 2016

5.2.2 Berücksichtigte Fachrichtungen

Die medizinischen Fachrichtungen, die für die Krankenhausplanung in NRW zu berücksichtigen sind, werden aus den zuletzt veröffentlichten Feststellungsbescheiden, dem Landeskrankenhausplan 2015 und der MWOÄ abgeleitet (vgl. Tabelle 5-2).

Gebiet	Teilgebiet
Augenheilkunde	
Chirurgie	Allgemeine Chirurgie Gefäßchirurgie Herzchirurgie Kinderchirurgie Orthopädie Plastische Chirurgie Thoraxchirurgie Unfallchirurgie Viszeralchirurgie
Frauenheilkunde und Geburtshilfe	Frauenheilkunde Geburtshilfe
Geriatric	
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	
Haut- und Geschlechtskrankheiten	
Innere Medizin	Allgemeine Innere Medizin Angiologie Endokrinologie Gastroenterologie Hämatologie und Onkologie Kardiologie Nephrologie Pneumologie Rheumatologie
Kinder- und Jugendmedizin	
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	
Neurochirurgie	
Neurologie	
Nuklearmedizin	
Strahlenheilkunde	
Urologie	

Tabelle 5-2: Berücksichtigte Fach- und Teilgebiete für die Anwendung des Krankenhausplanungsproblems auf die Fallstudien im Bundesland Nordrhein-Westfalen⁵⁶⁰

⁵⁶⁰ Eigene Darstellung basierend auf den Angaben in Bundesärztekammer 2015, S. 2ff.; MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 131ff.

Zusätzlich zu den 13 Fachgebieten nach MWOÄ definiert der Landeskrankenhausplan 2015 die Geriatric als weiteres Fachgebiet (vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 131ff.). Des Weiteren werden in den zuletzt veröffentlichten Feststellungsbescheiden (vgl. MGEPA NRW 2013a) die Unfallchirurgie und die Orthopädie als eigene Teilgebiete ausgewiesen, auch wenn nach MWOÄ eine gemeinsame Facharztbezeichnung erworben wird (vgl. Bundesärztekammer 2015, S. 44f.). Dementsprechend werden für NRW 14 Fachgebiete geplant. Davon werden drei Fachgebiete in insgesamt 20 Teilgebiete unterteilt, so dass im Optimierungsmodell 31 Fachrichtungen zu berücksichtigen sind.

Um dem Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung zu entsprechen, werden in den großen Fachgebieten Chirurgie und Innere Medizin in Abweichung zur Spezifikation der Bettenbedarfe im Landeskrankenhausplan 2015 die Planbetten nach Teilgebieten zugewiesen (vgl. dazu die Erläuterungen in Kapitel 2.2.1). Insgesamt sind somit 31⁵⁶¹ somatische Fachrichtungen⁵⁶² zu berücksichtigen. Diese bilden die Elemente der Menge *W*.

5.2.3 Quantifizierung der Nachfrage nach stationären Behandlungsangeboten

Zum Stichtag 31.12.2015 lebten in NRW 17,9 Millionen Menschen.⁵⁶³ Im Rahmen der regionenübergreifenden Versorgung sind darüber hinaus 62.424 Menschen⁵⁶⁴ aus den angrenzenden Gemeinden und kreisfreien Städten der Bundesländer Niedersachsen, Hessen und Rheinland-Pfalz zu berücksichtigen.

Die Meldedaten, die angeben, wie viele Personen welchen Alters und welchen Geschlechts in einem Gebäude wohnen, sind nicht öffentlich zugänglich. Dementsprechend muss die alters- und geschlechtsspezifische Bevölkerungszahl (im Folgenden als Bevölkerungsgruppe bezeichnet) eines Gebäudes bzw. Bedarfspunktes aus frei zugänglichen Quellen approximiert werden. Dazu wird im Rahmen dieser Arbeit die folgende Vorgehensweise gewählt: Aus der Fortschreibung der Zensusdaten ist bekannt, wie viele weibliche und männliche Personen einer Altersgruppe in einer Gemeinde bzw. kreisfreien Stadt leben. Um die durchschnittliche, nach Alter und Geschlecht differenzierte Bevölkerungszahl zu berechnen, werden Bevölkerungsinformationen durch die Anzahl der Gebäude einer Gemeinde bzw. kreisangehörigen Stadt geteilt. Danach wird entsprechend der Allokation von Gebäuden zu Bedarfspunkten die nach Alter und Geschlecht differenzierte Bevölkerungszahl je Bedarfspunkt ermittelt. Bedarfspunkten, die eine größere Anzahl Originalgebäude repräsentieren, wird somit eine größere Bevölkerungsanzahl zugewiesen.

⁵⁶¹ Siehe Kommentar in Fußnote 560

⁵⁶² Aus Vereinfachungsgründen wird für die berücksichtigten Fach- und Teilgebiete im Folgenden der Oberbegriff Fachrichtungen verwendet. Eine sprachliche Unterscheidung in Fachrichtung und Teilfachrichtung erfolgt nicht.

⁵⁶³ Vgl. IT.NRW 2016a; IT.NRW 2016b

⁵⁶⁴ Vgl. Destatis 2017a; LSNI 2019

Die Anmerkungen in Fußnote 543 gelten analog.

Für jeden Bedarfspunkt muss anschließend der Planbettenbedarf in Abhängigkeit von der approximierten alters- und geschlechtsspezifischen Bevölkerungszahl ermittelt werden. Dies erfolgt in einem sechsstufigen Verfahren, das in Abbildung 5-5 dargestellt ist.



Abbildung 5-5: Vorgehensweise zur Bestimmung der bedarfspunktspezifischen Nachfrage je Fachrichtung (in Planbetten)

Im ersten Schritt werden anhand der folgenden Formel (43)⁵⁶⁵ die maximale Anzahl Fälle pro Fachrichtung (*kalkulatorische Fallzahl_w*) berechnet, die mit den im Landeskrankenhausplan 2015 ausgewiesenen Planbetten⁵⁶⁶ abgedeckt werden können. Für die Parameter Bettennutzungsgrad und Verweildauer je Fachrichtung werden die im Landeskrankenhausplan angenommenen Werte verwendet.⁵⁶⁷

$$\text{kalkulatorische Fallzahl}_w = \frac{\text{Planbetten}_w * \text{Bettennutzungsgrad}_w * 365}{\text{Verweildauer}_w} \quad (43)$$

Für die Fachgebiete Chirurgie und Innere Medizin weist der Landeskrankenhausplan 2015 – mit Ausnahme der Herzchirurgie – keine Planbetten auf Teilgebietsebene aus. In Kapitel 5.2.2 wurde jedoch bereits dargelegt, dass im Krankenhausplanungsproblem weiterhin Teilgebiete zu berücksichtigen sind, um der Anforderung einer bedarfsgerechten und wohnortnahen Versorgung zu entsprechen.

Daher wird im zweiten Schritt die maximale Anzahl behandelbarer Krankenhaussfälle in Chirurgie und Innerer Medizin auf die Teilgebiete aufgeteilt. Diese Aufteilung basiert auf dem Anteil der durchschnittlichen Fallzahl eines Teilgebiets an den Fällen des Fachgebiets.^{568,569}

⁵⁶⁵ Die maximale abdeckbare Fallzahl muss der Krankenhaushäufigkeit pro gemeldete Person multipliziert mit der zu berücksichtigenden Bevölkerungszahl entsprechen. Die folgende Formel entspricht daher der nach (Krankenhaushäufigkeit * Bevölkerungszahl) aufgelösten Hill-Burton-Formel aus Formel (1).

⁵⁶⁶ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 131

⁵⁶⁷ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 132

⁵⁶⁸ Vgl. Destatis 2016b, es wird die mittlere Fallzahl der Jahre 2012 bis 2014 zu Grunde gelegt, um Schwankungen zu glätten.

⁵⁶⁹ Aufgrund der unterschiedlichen Verweildauer je Teilgebiet (vgl. Tabelle 5 3, S. 176) führt die Berechnung der Planbetten auf Teilgebietsebene zu einer Überschätzung der benötigten Betten in der Chirurgie (um 49 Betten bzw. 0,2 %) und einer Unterschätzung der benötigten Betten in der Inneren Medizin (um 253 Betten bzw. 0,7%). Deswegen werden die kalkulatorischen Fallzahlen auf Teilgebietsebene gemäß der beobachteten Über- bzw. Unterschätzung korrigiert.

Fachgebiet	Teilgebiet	Verweildauer je Fachgebiet (in Tagen)	Verweildauer je Teilgebiet (in Tagen)
Chirurgie		7,1	
	Allgemeine Chirurgie		6,7
	Gefäßchirurgie		9,3
	Kinderchirurgie		3,5
	Orthopädie		7,7
	Unfallchirurgie		7,2
	Plastische Chirurgie		6,5
	Thoraxchirurgie		12,5
	Viszeralchirurgie		7,4
Innere Medizin		6,7	
	Allgemeine Innere Medizin		6,6
	Angiologie		7,0
	Endokrinologie		7,1
	Gastroenterologie		6,5
	Hämatologie und Onkologie		8,6
	Kardiologie		6,0
	Nephrologie		8,9
	Pneumologie		7,1
	Rheumatologie		9,2

Tabelle 5-3: Verweildauer je Fachgebiet bzw. Teilgebiet (in Tagen)⁵⁷⁰

Im dritten Schritt werden die kalkulatorischen Fallzahlen je Fach- und Teilgebiet auf die Altersgruppen und Geschlechter aufgeteilt ($AnteilFälle_{wga}$). Diese Aufteilung erfolgt basierend auf dem Anteil der durchschnittlichen Fallzahlen einer Bevölkerungsgruppe an den Gesamtfällen des jeweiligen Fach- bzw. Teilgebiets.⁵⁷¹

Im vierten Schritt wird die Krankenhaushäufigkeit je Fachrichtung (w), Altersgruppe (a) und Geschlecht (g) mit dem dieser Bevölkerungsgruppe zugewiesenen Anteil der Behandlungsfälle multipliziert und durch die korrespondierende Bevölkerungszahl⁵⁷² geteilt.

⁵⁷⁰ Eigene Darstellung basierend auf MGEPA NRW 2013b, S. 132 (Fachgebietsebene) und GBE-Bund 2014 (Teilgebiets-ebene). Die Herzchirurgie wird bei der Aufteilung der Betten nicht berücksichtigt, da die dafür geplanten Betten in den zuletzt veröffentlichten Feststellungsbescheiden separat ausgewiesen sind (vgl. MGEPA NRW 2013a).

⁵⁷¹ Vgl. Destatis 2016b, die Anmerkung in Fußnote 568 gilt analog

⁵⁷² Vgl. IT.NRW 2016a; IT.NRW 2016b

Es wurde die zum Stichtag 31.12.2015 ermittelte Bevölkerungszahl verwendet und nicht die im Landeskrankenhausplan 2015 ausgewiesene Prognose, die nicht nach Altersgruppen und Geschlechtern differenziert, sondern eine Gesamtbevölkerungszahl ausweist.

Dazu wird die folgende Formel (44) verwendet:

$$Krankenhausthäufigkeit_{wga} = \frac{\text{kalkulatorische Fälle}_w * \text{AnteilFälle}_{wga}}{\text{Einwohner in NRW}_{ga}} \quad (44)$$

Im abschließenden fünften Schritt wird der Planbettenbedarf je Person in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht ($Kopfbedarf_{wga}$) basierend auf der modifizierten Hill-Burton-Formel (vgl. Kapitel 2.2.1.2) berechnet.

Durch Multiplikation des Kopfbedarfs je Fachrichtung mit der zuvor approximierten Bevölkerungszahl je Bedarfspunkt kann im abschließenden sechsten Schritt die bedarfspunktspezifische Nachfrage nach stationären Leistungen für jede Fachrichtung ($Nachfrage_{rw}$) berechnet werden.

5.2.4 Limitationen der verwendeten Daten zur Approximation der Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur

Die Ergebnisse eines mathematischen Planungsmodells sind abhängig von der Qualität der verwendeten Inputdaten.⁵⁷³ In der vorliegenden Arbeit wurden die benötigten Geodaten aus frei verfügbaren Datenquellen abgeleitet. Die Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur wurde im Anschluss durch Verknüpfung dieser Datenquellen approximiert. Aus dieser Vorgehensweise resultieren Unsicherheiten, die die Ergebnisse beeinflussen. Für die Ziele der vorliegenden Arbeit (Beurteilung der Gesetzesfolgen sowie Entwicklung eines funktionsfähigen Planungsansatzes) ist die verwendete Datenqualität ausreichend. Die präsentierten Ergebnisse sollten jedoch keinesfalls als konkrete Vorschläge im Sinne von „Krankenhaus Z in Region XY muss geschlossen werden“ verstanden werden.

Im Folgenden wird die Unschärfe, die durch die verwendeten Datenquellen entsteht, skizziert. Darüber hinaus werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie diese Unschärfe, bei Zugang zu den entsprechenden Ressourcen, behoben werden könnte.

- **Bevölkerungsstruktur:** Der Behandlungsbedarf je Fachrichtung wird in der vorliegenden Arbeit nach Alter und Geschlecht differenziert. Allerdings wird die

⁵⁷³ Diese Aussage ist im Bereich der Datenverarbeitung gemeinhin bekannt, ohne dass sich die ursprüngliche Quelle für diesen Grundsatz ermitteln lässt. Daher erfolgt für diese Aussage keine Quellenangabe.

Anzahl der Personen, die zu einer bestimmten Gruppe gehören (z. B. 30-jährige Frauen), gleichmäßig auf alle Gebäude einer Gemeinde bzw. kreisfreien Stadt verteilt. Folglich geht das Krankenhausplanungsproblem davon aus, dass in allen Gebäuden gleich viele Personen einer bestimmten Gruppe wohnen. Diese Unschärfe könnte behoben werden, indem statt der Zensusdaten die anonymisierten Meldedaten verwendet werden. Dafür werden je gemeldeter Person die Informationen zu Anschrift, Alter und Geschlecht benötigt.

- **Siedlungsstruktur:** Die verwendeten frei verfügbaren Geodaten enthalten sowohl Wohngebäude als auch Nichtwohngebäude, ohne dass diese Information aus den Daten ersichtlich wäre. Die Nichtwohngebäude können dementsprechend nicht herausgefiltert werden. Die im Rahmen der Zensusdaten ausgewiesene Bevölkerungszahl wird daher auch Nichtwohngebäuden zugewiesen. Diese Unschärfe kann behoben werden, wenn statt der Verknüpfung von Geo- und Zensusdaten auf die bereits beschriebenen Merkmale der Meldedaten zurückgegriffen wird.
- **Aggregation der Gebäudedaten zu Bedarfspunkten:** Durch die Aggregation der Gebäudedaten zu Bedarfspunkten entstehen Aggregationsfehler. Hillsman und Rhoda 1978 unterscheiden drei Arten von möglichen Aggregationsfehlern. Mit der in dieser Arbeit gewählten Vorgehensweise werden Source-A-Fehler⁵⁷⁴ (durch den verwendeten Set Covering Algorithmus) und Source-B-Fehler⁵⁷⁵ (durch die Berücksichtigung der Entfernung zwischen dem am weitesten entfernten Gebäude und dem Bedarfspunkt) ausgeschlossen. Source-C-Fehler⁵⁷⁶ können im Rahmen einer Aggregation nicht vermieden werden, so dass davon auszugehen ist, dass diese auch in der vorliegenden Arbeit vorkommen. Da die entwickelten Optimierungsmodelle mit den zur Verfügung stehenden Rechenkapazitäten und Rechenverfahren unter Verwendung der Originalgebäudedaten nicht lösbar sind, ist eine Aggregation jedoch zwingend erforderlich.

⁵⁷⁴ Source-A-Fehler entstehen, wenn die Gebäude eines Gebietes auf einen Flächenzentroid aggregiert werden und im Folgenden angenommen wird, dass die Entfernung zwischen einem weiteren Gebäude und allen auf den Flächenzentroid aggregierten Gebäuden gleich ist (vgl. Hillsman und Rhoda 1978, S. 75f.).

⁵⁷⁵ Im vorliegenden Fall würde ein Source-B-Fehler auftreten, wenn ein Bedarfspunkt gleichzeitig Standort eines Krankenhauses ist und die Distanz für alle dem Bedarfspunkt zugeordneten Originalgebäude mit null geschätzt würde. (vgl. Hillsman und Rhoda 1978, S. 76). In der vorliegenden Arbeit wird diese Entfernung jedoch mit der Distanz des am weitesten entfernt liegenden Gebäudes geschätzt (vgl. dazu Kapitel 5.3.2).

⁵⁷⁶ Source C-Fehler beschreiben die Fehlallokation, die dadurch entsteht, dass Originalpunkte einem Bedarfspunkt zugeordnet werden, der einem weiter entfernten bzw. weniger präferierten Angebotspunkt zugeordnet wird, als wenn der Originalpunkt separat zugeordnet worden wäre (vgl. Hillsman und Rhoda 1978, S. 76f.).

- **Gebäudedaten:** Die verwendeten frei verfügbaren Geodaten enthalten nur Gebäude, die im Rahmen der Kartierung durch OpenStreetMap bzw. die OpenStreetMap-Community zum Zeitpunkt des Downloads bereits erfasst waren. Es handelt sich um eine Momentaufnahme, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Dieser Unschärfe kann auf zwei Arten begegnet werden. Seit dem 1. Januar 2017 stellt NRW vektorielle Geodaten (shapefiles) basierend auf den amtlichen Katasterdaten kostenlos zur Verfügung.⁵⁷⁷ Diese enthalten auch Informationen über den Gebäudetyp (GFK-Nummer). Diese alternative Datenquelle ermöglicht die Verwendung eines vollständigen Datensatzes, der nur Wohngebäude enthält. Die Unschärfe, die durch die Verknüpfung von Zensus- und Geodaten entsteht, bleibt jedoch bestehen. Die größtmögliche Genauigkeit kann erreicht werden, wenn die Adressen aller in NRW gemeldeten Personen aus den Meldedaten verwendet und anschließend geokodiert werden.
- **Distanzermittlung:** In der vorliegenden Arbeit wurde die Entfernung zwischen zwei Gebäuden (für die Aggregation) sowie zwischen Gebäuden und Krankenhausstandorten als Luftlinienentfernung berechnet, die mit einem Straßenkorrekturfaktor multipliziert wurde. Diese Methode berücksichtigt weder die konkreten infrastrukturellen Gegebenheiten (u. a. Straßenführung, Straßenart oder Verkehrsdichte) noch geografische Barrieren (u. a. Flüsse, Seen oder Berge). Sofern das Krankenhausplanungsproblem tatsächlich zur Identifikation der zukünftigen Krankenhausstruktur genutzt wird, sollten neue Berechnungen basierend auf der tatsächlichen Entfernung, idealerweise als Fahrzeit, ermittelt und für die Distanzmatrix verwendet werden. Dazu bieten sich, bei Vorliegen eines entsprechenden Budgets, kommerzielle Angebote oder, sofern die Planung durch Landes- oder Kommunalbehörden durchgeführt wird, die landeseigene Geokodierungssoftware (GEOcoding Map.NRW)⁵⁷⁸ an.
- **Allokation der Planbettenzahlen zu medizinischen Teilgebieten:** Aufgrund der Rücknahme der Planungstiefe weist das MGEPA NRW im Landeskrankenhausplan keine Planbettenzahlen auf Ebene der medizinischen Teilgebiete aus. In der vorliegenden Arbeit werden die Krankenhausangebote, wie bereits erläutert, weiterhin auf Ebene der Teilgebiete geplant, so dass die Verteilung der Planbettenzahlen der

⁵⁷⁷ Vgl. Land NRW 2016, GEOportal.NRW 2021

⁵⁷⁸ Diese Software darf nur durch die Behörden des Landes NRW und der NRW Kommunen genutzt werden (vgl. IMA GDI.NRW 2021).

Fachgebiete auf die Teilgebiete geschätzt werden müssen. Sollte zukünftig die Planungstiefe erhöht werden, sollten seitens des Gesundheitsministeriums Bedarfsprognosen auf Ebene der jeweiligen Planungseinheit⁵⁷⁹ erfolgen.

5.3 Beschreibung der verwendeten Inputdaten

In Kapitel 2 wurde dargelegt, dass einige bundes- und landesrechtliche Vorgaben zur Krankenhausplanung unmittelbar mathematisch formuliert werden können, während andere Planungsvorgaben durch Surrogatbedingungen abgebildet werden müssen.

Die Inputdaten für direkt abbildbare Bedingungen können aus der Gesetzesformulierung bzw. dem Landeskrankenhausplan entnommen oder durch Interpretation aus der Intention der gesetzgebenden Institution abgeleitet werden (z. B. Krankenhausstandorte, Siedlungsstruktur, Maximalentfernung zu den Angeboten der örtlichen Versorgung). Jedoch treffen Legislative und Exekutive keine Aussage zur zulässigen Maximalentfernung zu den Angeboten der überörtlichen und überregionalen Versorgung. Daher muss für die Ermittlung dieser zulässigen Maximalentfernung auf Einschätzungen von Fachleuten zurückgegriffen werden.

Die Inputdaten aller indirekt abbildbaren Surrogatbedingungen (z. B. Mindestkrankenhaus- oder Mindestfachabteilungsgrößen) müssen ebenfalls aus der Expertise von fachkundigen Personen abgeleitet werden.

5.3.1 Krankenhausstrukturdaten

Für die Behandlung von somatischen Erkrankungen stehen in NRW gemäß dem Krankenhausverzeichnis des statistischen Bundesamtes und den veröffentlichten Feststellungsbescheiden 294 Plankrankenhäuser mit 103.805 Betten in 2.221 Fachabteilungen zur Verfügung.⁵⁸⁰ 43 Plankrankenhäuser haben mehrere Krankenhausstandorte, die im Mittel 9,47 km und im Maximalfall 42,8 km voneinander entfernt liegen. Dement-

⁵⁷⁹ Im Kontext der vorliegenden Arbeit stellen die medizinischen Teilgebiete die Planungseinheit dar. Es sind jedoch auch andere Planungseinheiten möglich (vgl. Kapitel 8.4).

⁵⁸⁰ Vgl. Statistische Ämter 2016; MGEPA NRW 2013a, eigene Auswertung

Zwischenzeitlich wurde seitens des MAGS NRW (vgl. Anmerkung in Fußnote 251, S. 79) eine überarbeitete Version der Krankenhausdatenbank freigeschaltet (vgl. MAGS NRW 2021). In dieser Datenbank werden die bestehenden Betten nach Krankenhäusern und Fachrichtungen ausgewiesen. Eine Differenzierung der Angebote nach Krankenhausstandorten und Teildisziplinen findet nicht statt. Dieser Datensatz weist daher nicht den erforderlichen Detaillierungsgrad für die vorliegende Arbeit auf.

sprechend ist eine Planung auf Krankenhausebene (IK-Nummer) nicht ausreichend für eine wohnortnahe Versorgung der Bevölkerung. Stattdessen muss die Krankenhausplanung auf Ebene der 352 Einzelstandorte erfolgen. Im Rahmen der regionenübergreifenden Versorgung sind darüber hinaus 47 Krankenhausstandorte in den Nachbarbundesländern zu berücksichtigen.⁵⁸¹ Gemeinsam stellen die Krankenhausstandorte in NRW und den angrenzenden Bundesländern die Elemente der Menge H dar.

Die Anzahl existierender Betten je Fachabteilung ($Istbetten_n$), die Information über die Gesamtgröße des Krankenhausstandortes ($Kapazität_h$), die Information, ob eine Fachrichtung in einem Fachkrankenhaus oder einer Universitätsklinik angesiedelt ist ($\gamma_n^{FK}, \gamma_n^{UK}$), ob eine Fachabteilung in der Nachbarregion eröffnet ist ($\gamma_n^{NichtPlan}$) sowie die Zugehörigkeit eines Krankenhausstandortes zu einem Krankentyp (τ_{ht}^{Typ}), einer Trägergruppe ($\tau_{ht}^{Träger}$) und einem Krankenhausunternehmen ($\rho_{nh}^{Unternehmen}$) werden den zuletzt veröffentlichten Feststellungsbescheiden bzw. dem Krankenhausverzeichnis des Statistischen Bundesamtes entnommen.⁵⁸²

Zusätzlich zu allen Fachabteilungen in den sechs landeseigenen Universitätskliniken (Aachen, Bonn, Düsseldorf, Essen, Köln und Münster) werden einzelne Fachabteilungen in den zum Verbundklinikum Ruhr-Universität Bochum gehörenden Krankenhäusern⁵⁸³ sowie den Kliniken der Universität Witten-Herdecke⁵⁸⁴ als Fachabteilungen mit universitätsmedizinischem Status kodiert, sofern diese an der praktischen Ausbildung des ärztlichen Nachwuchses mitwirken.

Abweichend von der Klassifizierung in den landesrechtlichen Feststellungsbescheiden werden nur solche Krankenhäuser als Fachkrankenhäuser betrachtet, die nicht mehr als vier Fachabteilungen anbieten und die weder eine Allgemeine Innere Medizin noch eine Allgemeine Chirurgie anbieten. Aufgrund der hohen Spezialisierung von Fachkrankenhäusern kann das Fachrichtungsangebot dieser Standorte nur erweitert werden, wenn

⁵⁸¹ Vgl. Statistische Ämter 2016; Müller und Schiefer 2015, S. 61ff.; NMSGG 2015, 9ff.; MSAGD RP 2010, S. 192ff.

⁵⁸² Vgl. MGEPA NRW 2013a; Statistische Ämter 2016; Müller und Schiefer 2015, S. 61ff.; NMSGG 2015, 9ff.; MSAGD RP 2010, S. 192ff.

Sofern die Feststellungsbescheide keine Informationen zur Aufteilung der einer IK-Nummer zugewiesenen Betten auf die unterschiedlichen Krankenhausstandorte machen, wurden Eigeninformationen der Krankenhäuser genutzt bzw. sofern auch diese nicht ausreichten, eine nach der Größe des Einzelstandortes gewichtete Approximation des bestehenden Angebotes durchgeführt.

⁵⁸³ Vgl. UK RUB 2017

⁵⁸⁴ Vgl. UWH 2014

eine fachliche Nähe zwischen den medizinischen Behandlungsleistungen vorhanden ist (vgl. Kapitel 2.2.3). Eine solche medizinische Nähe wird im Rahmen dieser Arbeit angenommen, wenn Weiterbildungszeiten einer Fachrichtung für den Erwerb der spezialisierten Berufsbezeichnung in einer anderen Fachrichtung anerkannt werden. Die Relationsmatrix $\chi_{ww'}$ nimmt daher den Wert eins an, wenn für die Ausbildungszeiten in zwei Fachrichtungen w und w' laut MWOÄ wechselseitig⁵⁸⁵ für den Erwerb der spezialisierten Berufsbezeichnung angerechnet werden können.

Für die Beurteilung der medizinischen Nähe zwischen der Geriatrie und allen anderen somatischen Fachrichtungen werden die Anforderungen der Landesärztekammern Bayern und Niedersachsen zu Grunde gelegt, da diese Bundesländer die Zugangsvoraussetzung zu einer Weiterbildung „Geriatrie“ an eine spezialisierte Berufsbezeichnung in bestimmten medizinischen Fachrichtungen knüpfen.⁵⁸⁶

Tabelle 5-4 (S. 183), Tabelle 5-5 (S. 184) und Tabelle 5-6 (S. 185) zeigen die Einträge der Relationsmatrix. Die Hauptdiagonale bleibt leer, weil eine Fachrichtung einem Fachkrankenhaus nicht zweimal zugewiesen werden kann.

⁵⁸⁵ Eine wechselseitige Anrechnungsmöglichkeit wird im Folgenden unterstellt, wenn die MWOÄ die Formulierungen „davon“ oder „davon können“ enthält.

⁵⁸⁶ Eine Übersicht über die Anforderungen der Landesärztekammern zum Erwerb der Zusatzweiterbildung „Geriatrie“ findet sich bei DGG 2019

	Augenheilkunde	Chirurgie/Allgemeine Chirurgie	Chirurgie/Gefäßchirurgie	Chirurgie/Kinderchirurgie	Chirurgie/Herzchirurgie	Chirurgie/Orthopädie	Chirurgie/Plastische Chirurgie	Chirurgie/Thoraxchirurgie	Chirurgie/Unfallchirurgie	Chirurgie/Viszeralchirurgie	Frauenheilkunde	Geburtshilfe	Geriatrie	Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	Haut- und Geschlechtskrankheiten	Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	Innere Medizin/Angiologie	Innere Medizin/Endokrinologie	Innere Medizin/Gastroenterologie	Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	Innere Medizin/Kardiologie	Innere Medizin/Nephrologie	Innere Medizin/Pneumologie	Innere Medizin/Rheumatologie	Kinder- und Jugendmedizin	Mund-Kiefer-Gesichts Chirurgie	Neurochirurgie	Neurologie	Nuklearmedizin	Strahlentherapie	Urologie		
Augenheilkunde																																	
Chirurgie/Allgemeine Chirurgie			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														1	1					1	
Chirurgie/Gefäßchirurgie		1		1	1	1	1	1	1	1																							
Chirurgie/Kinderchirurgie		1	1		1	1	1	1	1	1															1	1	1					1	
Chirurgie/Herzchirurgie		1	1	1		1	1	1	1	1															1								
Chirurgie/Orthopädie		1	1	1	1		1	1	1	1																	1						
Chirurgie/Plastische Chirurgie		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1												1							
Chirurgie/Thoraxchirurgie		1	1	1	1	1	1		1	1																							
Chirurgie/Unfallchirurgie		1	1	1	1	1	1	1		1																	1						
Chirurgie/Viszeralchirurgie		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1																					1

Tabelle 5-4: Relationsmatrix $\chi_{ww'}$ (Teil 1)⁵⁸⁷

⁵⁸⁷ Eigene Darstellung basierend auf den Angaben in Bundesärztekammer 2015

	Augenheilkunde	Chirurgie/Allgemeine Chirurgie	Chirurgie/Gefäßchirurgie	Chirurgie/Kinderchirurgie	Chirurgie/Herzchirurgie	Chirurgie/Orthopädie	Chirurgie/Plastische Chirurgie	Chirurgie/Thoraxchirurgie	Chirurgie/Unfallchirurgie	Chirurgie/Viszeralchirurgie	Frauenheilkunde	Geburtshilfe	Geriatric	Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	Haut- und Geschlechtskrankheiten	Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	Innere Medizin/Angiologie	Innere Medizin/Endokrinologie	Innere Medizin/Gastroenterologie	Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	Innere Medizin/Kardiologie	Innere Medizin/Nephrologie	Innere Medizin/Pneumologie	Innere Medizin/Rheumatologie	Kinder- und Jugendmedizin	Mund-Kiefer-Gesichts Chirurgie	Neurochirurgie	Neurologie	Nuklearmedizin	Strahlentherapie	Urologie
Frauenheilkunde		1					1			1		1													1				1	1	1
Geburtshilfe		1					1			1	1														1				1	1	1
Geriatric																															
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde							1																		1	1	1				
Haut- und Geschlechtskrankheiten																															
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin																	1	1	1	1	1	1	1	1							
Innere Medizin/Angiologie																1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Innere Medizin/Endokrinologie																1	1		1	1	1	1	1	1							
Innere Medizin/Gastroenterologie																1	1	1		1	1	1	1	1							
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie																1	1	1	1	1	1	1	1	1							

Tabelle 5-5: Relationsmatrix $\chi_{ww'}$ (Teil 2)⁵⁸⁸⁵⁸⁸ Eigene Darstellung basierend auf den Angaben in Bundesärztekammer 2015

5.3.2 Abdeckung innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung

Ein Krankenhausstandort kann einen Bedarfspunkt innerhalb der zulässigen Maximalentfernung einer Fachrichtung abdecken, wenn die Distanz zu diesem Punkt kleiner als der definierte Grenzwert ist.

Für die Fachrichtungen der örtlichen Versorgung (Allgemeine Chirurgie, Allgemeine Innere Medizin, Frauenheilkunde und Geburtshilfe) wird die maximal zulässige Entfernung gemäß den landesrechtlichen Vorgaben und den Ausführungen in Kapitel 2.2.1 auf 20 km festgelegt.

Für die Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung trifft das MGEPA NRW keine Aussage über eine maximal zulässige Entfernung. Ohne Begrenzung der maximalen Entfernung für die Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem, sofern keine anderweitigen limitierenden Faktoren greifen (z. B. Doppelabdeckung, begrenzte Standortkapazitäten oder eine Mindestanzahl Fachabteilungen), je Fachrichtung der überörtlichen und überregionalen Versorgung einen Standort für das gesamte geplante Versorgungsgebiet. Niedrige Maximaldistanzen hingegen wirken einer Zentralisierung der Krankenhausstrukturen in der überörtlichen und überregionalen Versorgung entgegen. Daraus resultiert die Gefahr, dass eine Zentralisierung der Krankenhausstruktur, die aus qualitativer (Häufigkeit von schwierigen Eingriffen) und wirtschaftlicher Perspektive (ausreichend große Standorte und Fachabteilungen) notwendig sein könnte, durch eine geringe zulässige Maximalentfernung verhindert würde.

In der gesundheitsökonomischen Literatur wird empfohlen, dass Angebote der Schwerpunkt- und Maximalversorgung maximal innerhalb von 60 min⁵⁹⁰ erreichbar sein sollen. Diese Empfehlung wird daher im Folgenden für die Krankenhausplanung in NRW übernommen, um dem Anspruch der bedarfsgerechten Versorgung im Sinne von gleichwertigen Lebensverhältnissen auch für die Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung gerecht zu werden. Unter Berücksichtigung der für NRW

⁵⁹⁰ Vgl. Augurzky et al. 2014, S. 11

ermittelten Durchschnittsgeschwindigkeit im motorisierten Individualverkehr⁵⁹¹ impliziert ein Erreichbarkeitsradius von 60 min eine maximal zulässige Straßenentfernung von 30,3 km.

Um eine Aussage darüber treffen zu können, ob ein Krankenhausstandort einen Bedarfspunkt innerhalb der zulässigen Maximalentfernung einer Fachrichtung abdecken kann, muss die Entfernung zwischen jedem Krankenhausstandort und jedem Bedarfspunkt ermittelt werden.

Auch wenn über gängige Online-Routenplaner sowohl die Straßenentfernung, als auch die Reisezeit (bei Bedarf für die Verwendung unterschiedlicher Transportmittel) für jede Distanzrelation ermittelt werden kann, übersteigt die Anzahl der abzufragenden Distanzrelationen die Anzahl der kostenlos abfragbaren Distanzen um ein Tausendfaches⁵⁹². Daher wird alternativ die Luftlinienentfernung für jede Distanzrelation als euklidische Entfernung auf dem Erdellipsoid berechnet und mit einem Straßenkorrekturfaktor von 1,24⁵⁹³ multipliziert.

Die Kodierung des Parameters f_{rn} erfolgt in drei Schritten:

1. Die Entfernung zwischen Bedarfspunkt und Krankenhaus wird mit dem Straßenkorrekturfaktor von 1,24 multipliziert.
2. Für jeden Bedarfspunkt wird die Entfernung zum jeweils am weitesten entfernten Gebäude, das auf diesen Bedarfspunkt konsolidiert wurde, hinzuaddiert.⁵⁹⁴ Es liegt die korrigierte Entfernung vor.
3. Ist die korrigierte Entfernung kleiner als 20 km (örtliche Versorgung) bzw. 30,3 km (überörtliche und überregionale Versorgung) ist $f_{rn} = 1$, andernfalls gilt $f_{rn} = 0$.

⁵⁹¹ Vgl. MiT 2010

⁵⁹² Für alle Bedarfspunkte und Krankenhausstandorte in NRW und den angrenzenden Bundesländern resultieren mehr als 3,2 Millionen Distanzrelationen. Über die Google Maps Distance Matrix API hätte die kostenlose Abfrage aller Distanzrelationen in km bzw. Entfernungszeit unter den bis zum 16.07.2018 gültigen Lizenzbedingungen jeweils ca. 3,5 Jahre gedauert (vgl. Google 2018b). Unter den aktuell gültigen Lizenzbedingungen würde die kostenlose Abfrage 6,7 Jahre dauern (vgl. Google 2018a).

⁵⁹³ Vgl. Berens und Körling 1983, S. 70, Entfernungen in Deutschland unter 100 km, siehe dazu auch Anmerkungen in Fußnote 555.

⁵⁹⁴ Es wird somit eine worst-case-Betrachtung vorgenommen, um die regulatorische Vorgabe einer maximalen Entfernung von 20 km in der örtlichen Versorgung in jedem Fall einzuhalten.

5.3.3 Begrenzung regionenübergreifender Verflechtungen

Regionenübergreifende Bedarfe werden entsprechend dem in Kapitel 2.1.2 definierten Autonomieansatz im Krankenhausplanungsproblem nur zugelassen, wenn die planende Region den Bedarf nicht abdecken kann, weil innerhalb der definierten fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung kein Krankenhausstandort vorhanden ist.

Basierend auf den aggregierten Bedarfspunkten (vgl. Kapitel 5.2.1) und den bekannten Standorten der existierenden Krankenhausstandorte (vgl. Kapitel 5.3) können die Bedarfspunkte, die innerhalb der zulässigen Maximalentfernung nicht durch ein Krankenhaus der eigenen Planungsregion abgedeckt werden, vor Anwendung des Krankenhausplanungsproblems ermittelt werden. Diese Berechnungen fließen in die Kodierung des Parameters ϑ_{wr} ein, der den regionenübergreifenden Bedarf steuert. Der Parameter ϑ_{wr} wird für einen Bedarfspunkt und eine Fachrichtung vorab mit dem Wert eins kodiert, wenn

- von diesem Bedarfspunkt in der eigenen Region kein Krankenhausstandort innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreicht werden kann⁵⁹⁵ und
- das nächstgelegene stationäre Angebot in der betrachteten Fachrichtung in einem Krankenhausstandort in der Nachbarregion liegt.

Liegt die nächstgelegene erreichbare Fachabteilung in der Nachbarregion weiter entfernt als die fachrichtungsspezifische Maximalentfernung und der nächstgelegene Krankenhausstandort in der eigenen Region, wird eine Versorgung in der Nachbarregion nicht zugelassen.

5.3.4 Mindestanzahl erreichbarer Fachabteilungen und erreichbarer Krankenhausunternehmen

Zur Vermeidung von negativen Wettbewerbseffekten durch Behandlungsmonopole soll jeder Mensch zwischen benachbarten Krankenhausstandorten wählen können (vgl. Kapitel 2.2.2.2). Daher wird die Anzahl der Fachabteilungen, die jeder Mensch in jeder Fach-

⁵⁹⁵ Dabei ist es unerheblich, ob der Krankenhausstandort in der eigenen Planungsregion die benötigten Behandlungsleistungen anbietet.

richtung innerhalb der zulässigen Maximaldistanz erreichen kann (Parameter *Mindest – anzahlAbteilungen*) auf zwei festgelegt. Um einen Anreiz für einen Qualitätswettbewerb zu setzen, sollten diese Fachabteilungen in unterschiedlichen Krankenhausunternehmen lokalisiert werden, so dass der Parameter *MindestanzahlUnternehmen* den Wert zwei annimmt.

5.3.5 Mindestgröße und Mindestfachabteilungsanzahl eines Krankenhausstandortes

Die für einen wirtschaftlichen Krankenhausbetrieb notwendige Mindestgröße und Mindestfachabteilungsanzahl wird in der gesundheitspolitischen Diskussion und der gesundheitsökonomischen Literatur unterschiedlich eingeschätzt:

- Augurzky et al. 2012 empfehlen mindestens zwei Fachabteilungen, davon mindestens eine Fachabteilung der Chirurgie oder der Inneren Medizin, und eine Fachabteilungsgröße von 50 Betten.⁵⁹⁶
- Huml 2015 befürwortet basierend auf einer Analyse der Unternehmensberatung McKinsey eine durchschnittliche Fachabteilungsgröße von 50 Betten und drei Fachabteilungen.⁵⁹⁷
- Nach Einschätzung von Fachleuten der Unternehmensberatung HCB können Allgemeinkrankenhäuser in der Regel erst ab einer Größe von 120 Betten ein positives Jahresergebnis erwirtschaften.⁵⁹⁸
- Der AOK Bundesverband forderte im Jahr 2018 Mindestkrankenhausgrößen von 500 Betten.⁵⁹⁹
- Loos et al. 2019 gehen von einer Mindestkrankenhausgröße von 200 Betten⁶⁰⁰ aus, die erforderlich sei, damit ein Krankenhaus wirtschaftlich arbeiten könne.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Mindestkrankenhausgröße, Mindestfachabteilungsgröße und Mindestfachabteilungsanzahl als Inputdaten im Krankenhausplanungsproblem berücksichtigt werden sollten.

⁵⁹⁶ Vgl. Augurzky et al. 2012, S. 23

⁵⁹⁷ Vgl. Huml 2015, S. 43

⁵⁹⁸ Vgl. HCB 2016

⁵⁹⁹ Vgl. AOK Bundesverband 2018, S. 1

⁶⁰⁰ Vgl. Loos et al. 2019, S. 26

Aus den Bilanzdaten der NRW Krankenhäuser für das Jahr 2015 folgt, dass Allgemeinkrankenhäuser ab einer Bettenanzahl von 50 Betten und Fachkrankenhäuser ab einer Bettenanzahl von 70 Betten ein positives Jahresergebnis erzielen können.⁶⁰¹

Dabei ist zu berücksichtigen, dass 41 Allgemeinkrankenhäuser in NRW mehrere Standorte unterhalten⁶⁰², so dass die Gefahr besteht, dass ein Allgemeinkrankenhaus in der Gesamtbetrachtung kostendeckend operiert bzw. Gewinne erzielt, einzelne Standorte jedoch Verluste erwirtschaften. Somit ist zu befürchten, dass Allgemeinkrankenhäuser mit 50 Betten aufgrund ihrer Zugehörigkeit zu einem Krankenhausverbund fälschlicherweise als rentabel bewertet werden (sog. falsch-positive Ergebnisse).⁶⁰³ Insbesondere als falsch-positiv klassifizierte Grundversorger im ländlichen Raum stellen eine Gefahr für die wohnortnahe Versorgung dar.⁶⁰⁴

Um der Anforderung des § 1 Abs. 1 KHG an eine flächendeckende Versorgung der Bevölkerung (vgl. Kapitel 2.1.1) gerecht zu werden, werden im Folgenden die Anforderungen an die Mindestkrankenhausgröße mit 120 Betten (in Anlehnung an Huml 2016 und HCB 2016) und zwei Fachabteilungen (in Anlehnung in Augurzky et al. 2012) für Allgemeinkrankenhäuser gewählt. Dadurch soll die flächendeckende Lokalisierung von Grundversorgern, insbesondere im ländlichen Raum, gewährleistet werden. Für Fachkrankenhäuser wird die Mindestkrankenhausgröße basierend auf den Bilanzdaten auf 70 Betten und eine Fachabteilung festgelegt.

Für fünf der sechs landeseigenen Universitätskliniken liegen die erforderlichen Bilanzdaten nicht vor, so dass kein Rückschluss möglich ist, wie viele Betten mindestens notwendig sind, damit Universitätskliniken ein positives Jahresergebnis erwirtschaften können.⁶⁰⁵

Universitätskliniken sind Kliniken der Maximalversorgung und bieten aufgrund ihres Ausbildungsauftrages ein großes Spektrum Fachabteilungen an. Dieses Angebot liegt in

⁶⁰¹ Vgl. RWI 2016

⁶⁰² Vgl. Statistische Ämter 2016; MGEPA NRW 2013a, eigene Auswertung

⁶⁰³ Vgl. Augurzky et al. 2015, S. 101ff. Die Publizierenden nehmen an, dass 30 % der untersuchten öffentlichen und freigemeinnützigen, sowie 20 % der untersuchten privaten Krankenhäuser als falsch-positiv einzustufen sind.

⁶⁰⁴ Vgl. Augurzky et al. 2015, S. 101

⁶⁰⁵ Vgl. RWI 2016

Das UK Essen erwirtschaftet mit 1186 aufgestellten Planbetten ein positives Jahresergebnis (vgl. RWI 2016).

den landeseigenen Universitätskliniken gemäß den zuletzt veröffentlichten Feststellungsbescheiden zwischen 23 und 26 somatischen Fachabteilungen.⁶⁰⁶ Das Universitätsklinikum Bonn weist gemäß der veröffentlichten Feststellungsbescheide die kleinste Anzahl somatische Planbetten auf (1.081 Betten), das größte landeseigene Universitätsklinikum (UK Aachen) verfügt über 1.269 somatische Planbetten.

Die Mindestgröße einer Universitätsklinik ergibt sich daher implizit aus der Mindest- und Richtgröße der zugewiesenen Fachabteilungen (Kapitel 5.3.6 und 5.3.7). Die Mindestfachabteilungsanzahl ergibt sich implizit aus der Anzahl der derzeit angebotenen Fachrichtungen. Zusätzlich wird der Parameter $Mindestbettenanzahl_k^{KH}$ für Universitätskliniken auf 1.050 Betten (in Anlehnung an die Größe des UK Bonn) festgelegt. Der Wert des Parameters $Mindestabteilungsanzahl_k^{KH}$ wird von den Allgemeinkrankenhäusern übernommen, weil dieser Wert aufgrund der Formulierung der Nebenbedingung (15) für Universitätskliniken keine Steuerungsfunktion im Modell übernimmt.⁶⁰⁷

Tabelle 5-7 fasst die Kodierung der Parameter $Mindestbettenanzahl_k^{KH}$ und $Mindestabteilungsanzahl_k^{KH}$ zusammen.

Krankenhaustyp (k)	Mindestgröße in Betten ($Mindestbettenanzahl_k^{KH}$)	Mindestabteilungsanzahl ($Mindestabteilungsanzahl_k^{KH}$)
Allgemeinkrankenhaus	120	2
Fachkrankenhaus	70	1
Universitätskrankenhaus	1.050	2

Tabelle 5-7: Zu Grunde gelegte Mindestkrankenhausgröße und Mindestfachabteilungsanzahl in Abhängigkeit vom Krankenhaustyp

5.3.6 Mindestgröße einer Fachabteilung

Durch die Krankenhausplanung sollten keine Fachabteilungen geplant werden, die zu klein sind, um wirtschaftlich betrieben zu werden. Verlässliche Prognosen, ab wann eine Fachabteilung wirtschaftlich arbeiten kann, liegen jedoch nur für die Kinder- und

⁶⁰⁶ Vgl. MGEPA NRW 2013a

Die dezentralen Universitätskliniken der Ruhr-Universität Bochum und der Universität Witten-Herdecke werden hierbei nicht berücksichtigt, da sich die Fachabteilungen mit universitätsmedizinischem Auftrag in Allgemeinkrankenhäusern befinden.

⁶⁰⁷ Alternativ hätte der Wert auch auf null oder 23 gesetzt werden können, ohne dass sich Auswirkungen auf die Modellergebnisse gezeigt hätten.

Jugendmedizin sowie für die Geburtshilfe vor. Abou-Dakn 2017 beziffert die Mindestgröße einer wirtschaftlich arbeitenden Geburtshilfestation auf 1.200 Fälle pro Jahr⁶⁰⁸, dies entspricht umgerechnet 17 Betten⁶⁰⁹. Gahr et al. 2016 taxieren die Mindestgröße einer rentablen Kinder- und Jugendheilkunde auf 2.000 Fälle pro Jahr⁶¹⁰, dies entspricht umgerechnet 36 Betten⁶¹¹. Für alle anderen Fachrichtungen müssen diese Mindestfachabteilungsgrößen aus anderen Kennzahlen hergeleitet werden.

Die Kostenstruktur von Krankenhäusern wird durch den Anteil der Personalkosten dominiert. So entfielen im Jahr 2017 durchschnittlich 62 % der Gesamtkosten eines Krankenhauses auf die Personalkosten.⁶¹² Der Personalschlüssel ist somit eine Voraussetzung dafür, dass ein Krankenhaus wirtschaftlich arbeiten kann. Bezogen auf die Pflege darf das Verhältnis aus Pflegekräften und zu behandelnden Personen werden zu groß (Qualität) noch zu klein (Wirtschaftlichkeit) sein.

Für die Ermittlung des Personalbedarfs einer Fachabteilung sind dabei die Anzahl der Betten und die Art der Erkrankung, aus deren Schweregrad sich der pflegerische Aufwand pro behandelter Person ergibt, maßgeblich.

Mangels anderer Daten wird im Folgenden die Mindestgröße einer Fachabteilung am Pflegepersonalschlüssel der Pflegepersonaluntergrenzen-Verordnung (PpUGV) ausgerichtet. Dazu wird die PpUGV in der Fassung vom 5. Oktober 2018 herangezogen. Diese legt seit dem 1. Januar 2019 personelle Mindeststandards für die stationäre Pflege fest.⁶¹³ Für die Fachrichtungen Geriatrie, Unfallchirurgie und Kardiologie sowie für die Intensivmedizin legt die PpUGV 2018 ein verbindliches Verhältnis der Anzahl zu behandelnder Personen pro Pflegekraft fest. Für die im Rahmen dieser Dissertation betrachteten Fachrichtungen lauten die Vorgaben wie folgt (§ 6 S. 1 Nr. 2-4 PpUGV 2018):

⁶⁰⁸ Vgl. Abou-Dakn 2017

⁶⁰⁹ Zur Ermittlung der Bettenanzahl kann die Hill-Burton-Formel aus Kapitel 2.2.1.1 angewendet werden. Das Teilprodukt Krankenhaushäufigkeit * Bevölkerungszahl wird dabei durch die konkrete Anzahl Fälle (= 1.200 Geburten) ersetzt. Bei einer durchschnittlichen Verweildauer von vier Tagen und einem Bettennutzungsgrad von 77,5 % ergibt sich eine Bettenanzahl von gerundet 17 Betten.

⁶¹⁰ Vgl. Gahr et al. 2016, S. 25

⁶¹¹ Die Berechnung erfolgt analog zur Erläuterung in Fußnote 609.

⁶¹² Vgl. Destatis 2018c, Tabelle 2.2

⁶¹³ Die zusätzlich in die PpUGV 2019 und PpUGV 2020 aufgenommenen Fachrichtungen sowie die veränderten Pflegekraftschlüssel werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Diese Änderungen der PpUGV 2019 und PpUGV 2020 können sich auf die Ergebnisse in Kapitel 6 und 7 auswirken. Diese möglichen Auswirkungen werden in Kapitel 9.2 im Anhang (ab S. 372) beschrieben und abgeschätzt.

- in der Geriatrie und Unfallchirurgie maximal 10 zu behandelnde Personen (Tagschicht) bzw. maximal 20 zu behandelnde Personen (Nachtschicht) und
- in der Kardiologie maximal 12 zu behandelnde Personen (Tagschicht) bzw. maximal 24 zu behandelnde Personen (Nachtschicht).

Dementsprechend wird die Mindestgröße der Fachabteilungen Geriatrie und Unfallchirurgie auf 20 Betten, die Mindestgröße einer kardiologischen Fachabteilung auf 24 Betten festgelegt. Für alle weiteren Fachabteilungen wird davon ausgegangen, dass diese in Bezug auf den Pflegekraftschlüssel nicht schlechter gestellt werden sollten als die schwächste⁶¹⁴ gesetzliche Vorgabe, so dass die Mindestgröße für diese Fachabteilungen auf den Wert der Kardiologie (24 Betten) festgelegt wird. Tabelle 5-8 fasst die Kodierung des Parameters $Mindestbettenanzahl_w^{FR}$ abschließend zusammen.

Fachrichtung	Mindestgröße einer Fachabteilung in Betten ($Mindestbettenanzahl_w^{FR}$)
Geburtshilfe	17
Kinder- und Jugendheilkunde	36
Geriatrie, Unfallchirurgie	20
Kardiologie	24
Alle weiteren Fachrichtungen	24

Tabelle 5-8: Zu Grunde gelegte Mindestfachabteilungsgröße nach Fachrichtungen

5.3.7 Richtwerte für das Verhältnis von Abteilungsanzahl und Krankenhausgröße

Zusätzlich zur Mindestgröße des Krankenhauses und jeder zugeordneten Fachabteilung ist die durchschnittliche Größe einer Fachabteilung und damit die Anzahl der Fachabteilungen im Verhältnis zur Krankenhausgröße relevant, um den wirtschaftlichen Betrieb eines Krankenhauses sicherzustellen. Huml 2015 und Augurzky et al. 2012 empfehlen eine Fachabteilungsgröße von 50 Betten (vgl. Kapitel 5.3.4).⁶¹⁵ Die Empfehlung des DKI 2012 sieht eine durchschnittliche Fachabteilungsgröße von 32 bis 42 Betten⁶¹⁶ vor.

⁶¹⁴ Die Formulierung „schwächste“ bezieht sich hierbei auf den Pflegepersonalschlüssel. Je mehr Betten eine Pflegekraft betreuen muss, desto geringer ist dieser Pflegepersonalschlüssel und desto schwächer ist die gesetzliche Vorgabe. Dabei ist zu beachten, dass Art und Schweregrad der Erkrankung den Pflegeaufwand beeinflussen, so dass Verhältnis von 1:24 nicht zwingend eine schlechtere Versorgungsqualität impliziert als ein Verhältnis von 1:20.

⁶¹⁵ Vgl. Augurzky et al. 2012, S. 23; Huml 2015, S. 43

⁶¹⁶ Vgl. DKI 2012, S. 58

Die beobachtete durchschnittliche Fachabteilungsgröße in NRW in Allgemeinkrankenhäusern liegt bei 46,7 Betten⁶¹⁷. Die detaillierte Analyse der Lageparameter der nach Fachrichtungen differenzierten Fachabteilungsgröße (vgl. Tabelle 5-9, S. 195) zeigt jedoch, dass der Median zwischen 7 und 83 Betten variiert.⁶¹⁸ Daher sollte statt einem pauschalen, für alle Fachabteilungen gültigen Wert, eine fachrichtungsspezifische Richtgröße (*Richtbettenanzahl_w*) verwendet werden.

Diese Richtgröße wird im Rahmen dieser Arbeit auf die Mediagröße der aktuell in NRW lokalisierten Fachabteilungen einer Fachrichtung festgelegt. Tabelle 5-9 (S. 195) illustriert die Lageparameter (Minimum, 25 %-Quartil, Median, 75 %-Quartil und Maximum) je Fachrichtung und die Kodierung des Parameters *Richtbetten_w* basierend auf der Analyse der derzeitigen Krankenhausstruktur in NRW.

Durch die Zuordnung unterschiedlicher Fachabteilungen zu Krankenhausstandorten (heterogenes Angebot) ergibt sich eine betriebsstättenindividuelle Krankenhausrichtgröße. Diese wird durch Nebenbedingung (17) modellimmanent für jeden Krankenhausstandort in Abhängigkeit von den zugewiesenen Fachrichtungen ermittelt.

⁶¹⁷ Vgl. MGEPA NRW 2013a, eigene Auswertung

⁶¹⁸ Vgl. MGEPA NRW 2013a, eigene Auswertung

Fachrichtung	Minimum	25 %-Quartil	Median/ Richtbetten_v	75 %-Quartil	Maximum
Augenheilkunde	1	3	8	31	70
Chirurgie/Allgemeine Chirurgie	7	46	60	75	145
Chirurgie/Gefäßchirurgie	8	28	30	40	82
Chirurgie/Herzchirurgie	30	50	57	81	193
Chirurgie/Kinderchirurgie	5	12	19	38	78
Chirurgie/Orthopädie	5	50	67	90	260
Chirurgie/Plastische Chirurgie	10	21	33	41	50
Chirurgie/Thoraxchirurgie	6	20	25	45	94
Chirurgie/Unfallchirurgie	18	35	45	61	289
Chirurgie/Viszeralchirurgie	10	24	30	40	65
Frauenheilkunde	5	20	26	34	77
Geburtshilfe	3	14	18	26	64
Geriatric	30	40	52	67	123
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	1	4	8	16	93
Haut- und Geschlechtskrankheiten	15	32	46	57	84
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	3	60	82	100	209
Innere Medizin/Angiologie	5	10	20	29	30
Innere Medizin/Endokrinologie	12	18	21	30	60
Innere Medizin/Gastroenterologie	17	30	36	50	125
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	4	29	39	54	134
Innere Medizin/Kardiologie	30	41	61	80	141
Innere Medizin/Nephrologie	8	17	22	35	69
Innere Medizin/Pneumologie	20	30	50	77	135
Innere Medizin/Rheumatologie	8	19	29	40	130
Kinder- und Jugendmedizin	7	35	53	76	189
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	1	6	20	36	49
Neurochirurgie	5	43	62	76	100
Neurologie	14	43	59	74	125
Nuklearmedizin	2	5	7	10	16
Strahlenheilkunde	1	7	16	20	83
Urologie	6	30	39	50	104

Tabelle 5-9: Analyse der Lageparameter für die Fachrichtungsgröße (in Betten) in Nordrhein-Westfalen⁶¹⁹

⁶¹⁹ Eigene Darstellung basierend auf der Auswertung der Daten in MGEPA NRW 2013a, ungerade Zahlen wurden auf die nächste Ganzzahl gerrundet

5.4 Herstellung der Lösbarkeit des Krankenhausplanungsproblems

Um die Lösung des Krankenhausplanungsproblems zu ermöglichen, muss für einen Teil der Nebenbedingungen des Krankenhausplanungsproblems die Überschreitung bzw. Unterschreitung des vorgegebenen Grenzwertes in einem sogenannten Preprocessing zugelassen werden. Dazu wird in jeder Nebenbedingung, deren Grenzwert flexibilisiert werden muss, eine Flexibilisierungsvariable eingeführt. Anschließend wird das Krankenhausplanungsproblem zunächst mit dem Ziel gelöst, die Summe der jeweiligen Flexibilisierungsvariable zu minimieren. Der so identifizierte Flexibilisierungswert wird als Anspruchsniveau einer zusätzlich einzuhaltenden Nebenbedingung für alle weiteren Optimierungsläufe in das Optimierungsmodell integriert. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis alle notwendigen Flexibilisierungswerte bestimmt sind.

Je nach Ausgangssituation und Region müssen eine oder mehrere der folgenden Nebenbedingungen flexibilisiert werden:

- die zulässige fachrichtungsspezifische Maximalentfernung in Nebenbedingung (5)
- die Unterschreitung der Krankenhausmindestgröße in Nebenbedingung (16)
- die Unterschreitung der Krankenhausrichtgröße in Nebenbedingung (17)
- die Unterschreitung der Fachabteilungsmindestgröße in Nebenbedingung (18)
- die Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen in zwei unterschiedlichen Krankenhausunternehmen in Nebenbedingung (20) und (23)
- die Überschreitung der Krankenhauskapazität in Nebenbedingung (26)

5.5 Definition von Kennzahlen zur Ergebnisanalyse

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden sowohl die Ergebnisse des Preprocessings als auch die Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems anhand von Kennzahlen analysiert und bewertet. Im Folgenden werden zunächst die Kennzahlen erörtert, die zur Analyse der Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems verwendet werden (Kapitel 5.5.1). Anschließend werden die Kennzahlen vorgestellt, die zur Analyse der Preprocessings herangezogen werden (Kapitel 5.5.2).

5.5.1 Kennzahlen zur Analyse der Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems

Das Krankenhausplanungsproblem weist zwei konkurrierende Zielsetzungen (Systemstabilität und Angebotsbündelung, vgl. Kapitel 4.1.4) auf, die in der Regel zu einem effizienten Rand führen (vgl. Kapitel 3.4). Die Auswahl der zu implementierenden Lösung ist dann abhängig von der Präferenz der entscheidungsbefugten Personen. In den folgenden Analysen (Kapitel 6 und Kapitel 7) werden jeweils die Ergebnisse der beiden Extrempunkte, d. h. bei absoluter Präferenz eines der beiden Ziele, detailliert analysiert. Die Zielfunktionswerte aller weiteren Instanzen werden als Teil des effizienten Randes grafisch dargestellt.

Zur Analyse der Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems werden ausschließlich absolute Kennzahlen gebildet. Dazu gehören

- die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen,
- die durchschnittliche Größe der lokalisierten Fachabteilungen,
- die durchschnittliche Krankenhausgröße,
- die Anzahl der lokalisierten, auf-/abgebauten und verschobenen Planbetten und
- der Anteil der realisierten Anpassungsmaßnahmen, im Verhältnis zur Differenz aus minimal notwendigen und maximal möglichen Anpassungsmaßnahmen (Transformationskennzahl)⁶²⁰.

Im Basisszenario werden diese Werte mit der Iststruktur⁶²¹ und in den Szenarioanalysen zusätzlich mit der Planstruktur des Basisszenarios verglichen. Die Anzahl der lokalisierten Betten wird darüber hinaus mit der Empfehlung des MGEPA NRW zur regionalen Ver-

⁶²⁰ Die Transformationskennzahl berechnet sich wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{Transformationskennzahl} &= \frac{\text{Anpassung} - \text{Minimale Anpassung}}{\text{Maximale Anpassung} - \text{Minimale Anpassung}} \\ &= \frac{\text{Zielfunktionswert Verschiebung} - (|\text{Istbetten} - \text{Planbetten}|)}{(\text{Istbetten} + \text{Planbetten}) - (|\text{Istbetten} - \text{Planbetten}|)} \end{aligned}$$

⁶²¹ Die Iststruktur entspricht der Zuordnung der Planbetten in den zuletzt veröffentlichten Feststellungsbescheiden (vgl. MGEPA NRW 2013a).

teilung der stationären Angebote⁶²² verglichen (im Folgenden als Sollstruktur bezeichnet). Zusätzlich wird in den Szenarioanalysen der Verlauf des effizienten Randes mit dem des Basisszenarios verglichen.

5.5.2 Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings

Die folgenden Kennzahlen ermöglichen einen Rückschluss auf den Umfang der Anpassungshindernisse, die durch Flexibilisierungen aufgelöst werden müssen.

Um die notwendige Verletzung des Grundsatzes der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung zu bewerten, werden zwei Kennzahlen definiert (vgl. Tabelle 5-12, S. 202). Zunächst misst die Kennzahl „Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte“, wie viele Bedarfspunkte in mindestens einer Fachrichtung kein Krankenhaus innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreichen können. Darüber hinaus misst die Kennzahl „Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)“, wie viele Kilometer die nicht abgedeckten Bedarfspunkte insgesamt zurücklegen müssen, um das nächstgelegene Behandlungsangebot zu erreichen. Dabei ist zu beachten, dass die Entfernung zwischen einem Bedarfspunkt und einem Krankenhaus mehrfach in die Gesamtdistanz eingehen kann, wenn der Bedarfspunkt in mehr als einer Fachrichtung nicht innerhalb der zulässigen Entfernung abgedeckt werden kann.

⁶²² Vgl. MGEPA NRW 2014

Dieser Bericht weist jedem Kreis und jeder kreisfreien Stadt in NRW eine Sollbettenzahl in 14 Hauptfachrichtungen zu (vgl. MGEPA NRW 2014, S. 1f.). Im Gegensatz zu früheren Publikationen des MGEPA NRW und im Gegensatz zum Landeskrankenhausplan 2015 (vgl. MGEPA NRW 2013b) wird die Herzchirurgie in diesem Bericht als Teil der Chirurgie ausgewiesen (vgl. MGEPA NRW 2014, S. 1f.). Darüber hinaus werden Planbettenzahlen für die Iststruktur im jeweiligen Kreis bzw. der jeweiligen kreisfreien Stadt genannt (vgl. vgl. MGEPA NRW 2014, S. 1f.). Diese können von den zuletzt veröffentlichten Feststellungsbescheiden (vgl. MGEPA NRW 2013a) abweichen. Da die durch das Krankenhausplanungsproblem ermittelte Verschiebung auf den Angaben der Feststellungsbescheide basiert, werden für die Iststruktur die Angaben aus den Feststellungsbescheiden zu Grunde gelegt.

Zur Beurteilung der notwendigen Abweichung in den Surrogatbedingungen des Grundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit geben zwei Kennzahlen die Summe der Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen an, die

- nicht durch mindestens zwei Fachabteilungen bzw.
- nicht durch mindestens zwei Fachabteilungen, die zu verschiedenen Krankenhausunternehmen gehören,

abgedeckt sind (vgl. Tabelle 5-12, S. 202, und Tabelle 5-13, S. 203).

Das Ausmaß der notwendigen Flexibilisierung der Krankenhauskapazität (Grundsatz der Strukturkontinuität) kann beurteilt werden, indem zwei Kennzahlen betrachtet werden. Die erste Kennzahl misst die „Auslastung der verfügbaren Kapazität“, die zweite Kennzahl setzt die „Überschreitung der verfügbaren Kapazität“ ins Verhältnis zur insgesamt zur Verfügung stehenden Kapazität⁶²³ (vgl. Tabelle 5-14, S. 204). Die Interpretation des Zusammenspiels dieser beiden Kennzahlen wird in Tabelle 5-10 grafisch zusammengefasst und im Folgenden erläutert. Die farbliche Kodierung der Interpretation soll dabei die Beurteilung der Ergebnisse über ein Ampelsystem erleichtern.

Überschreitung der verfügbaren Kapazität	0	> 0
Auslastung der verfügbaren Kapazität		
≤ 1	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend
> 1	_ ⁶²⁴	Kapazität nicht ausreichend

Tabelle 5-10: Interpretation der Kennzahlen zur Beurteilung der Flexibilisierung der Nebenbedingung zur Krankenhauskapazität

Nimmt die Kennzahl zur Kapazitätsauslastung einen Wert kleiner gleich eins an, ist die in der Region verfügbare Krankenhauskapazität ausreichend, um den Behandlungsbedarf in allen Fachrichtungen zu decken. Beträgt gleichzeitig die Kennzahl zur „Überschreitung der verfügbaren Kapazität“ null, ist die Verteilung der Kapazität auf die Kranken-

⁶²³ Die Kapazität entspricht dabei der Summe der lokalisierten Istbetten.

⁶²⁴ Kombination nicht möglich

hausstandorte passend zur geografischen Verteilung der Nachfrage. Ist die Kennzahl zur „Überschreitung der verfügbaren Kapazität“ hingegen größer als null, steht in bestimmten Teilen des Planungsgebiets zu wenig und in anderen zu viel Kapazität zur Verfügung.

Nimmt die Kennzahl zur „Auslastung der verfügbaren Kapazität“ einen Wert größer als eins an und wird die zur Verfügung stehende Kapazität an mindestens einem Krankenhausstandort überschritten (Kennzahl „Überschreitung der verfügbaren Kapazität“ größer als null) dann reicht die Kapazität nicht aus, um die Nachfrage zu decken.

Analog können jeweils zwei Kennzahlen zur Analyse der Überschreitung von Krankenhausmindest-, Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgröße definiert werden. Die erste Kennzahl misst das „Verhältnis aus Planbetten und Referenzgröße“, die zweite Kennzahl setzt die Unterschreitung der Referenzgröße ins Verhältnis zur Referenzgröße (vgl. Tabelle 5-15, S. 205 und Tabelle 5-16, S. 206). Die Aussage, die aus dem Zusammenspiel dieser beiden Kennzahlen für die jeweilige Referenzgröße (Krankenhausmindest-, Krankenhausricht- oder Fachabteilungsmindestgröße) entnommen werden kann, wird in Tabelle 5-11 grafisch zusammengefasst und im Folgenden erläutert.

Verhältnis aus Unterschreitung und Referenzgröße Verhältnis aus Planbetten und Referenzgröße	0	> 0
< 1	- ⁶²⁵	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen
≥ 1	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Geografisches oder inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage

Tabelle 5-11: Interpretation der Kennzahlen zur Beurteilung der Flexibilisierung der Nebenbedingungen zur Krankenhausmindest-, Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgröße

Die erste Kennzahl setzt jeweils die Planbetten ins Verhältnis zur Referenzgröße. Diese Kennzahl sagt aus, ob insgesamt genügend Betten vorhanden sind, um die Vorgaben zu Krankenhausmindestgröße (bzw. Krankenhausrichtgröße oder Fachabteilungsmindestgröße) zu erfüllen. Ist der Wert kleiner als eins, werden im Verhältnis zur Gesamtanzahl der lokalisierten Betten zu viele zu kleine Krankenhäuser oder Fachabteilungen geplant.

⁶²⁵ Kombination nicht möglich

Ist der Wert hingegen größer als eins, reicht die Summe der Planbetten aus, um die Vorgaben der Referenzgröße zu erfüllen. Wird trotzdem der erforderliche Wert der Referenzgröße nicht erreicht (Verhältnis aus Unterschreitung und Referenzgröße größer als null), liegt ein geografisches und/oder inhaltliches Missverhältnis zwischen Angebot und Nachfrage vor. Ein geografisches Missverhältnis bedeutet, dass in einigen Teilen des Planungsgebiets keine ausreichende Nachfrage für die dort lokalisierten Krankenhäuser/Fachabteilungen vorliegt. Ein inhaltliches Missverhältnis bedeutet, dass die Nachfrage in bestimmten Fachrichtungen nicht ausreicht, um die Mindestfachabteilungsgröße zu erfüllen.

In Tabelle 5-12 bis Tabelle 5-16 (S. 202 – S. 206) werden die beschriebenen Kennzahlen abschließend mathematisch formuliert.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Einheit	Berechnung
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	Bedarfspunkte	Zählung
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	Kilometer	$\sum_{r \in R^{Plan}} \sum_{w \in W} Distanzüberschreitung_{rw}$ <p>mit R Menge der Bedarfspunkte ($r \in R$) W Menge der Fachrichtungen ($w \in W$)</p>
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen	$\sum_{r \in R^{Plan}} \sum_{w \in W} fehlabdeckung_{rw}$ <p>mit $fehlabdeckung_{rw} \begin{cases} 2 & \text{wenn Anzahl erreichbarer Fachabteilungen}_{rw} = 0 \\ 1 & \text{wenn Anzahl erreichbarer Fachabteilungen}_{rw} = 1 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$</p> <p>$R$ Menge der Bedarfspunkte ($r \in R$) W Menge der Fachrichtungen ($w \in W$)</p>

Tabelle 5-12: Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings (Teil 1)

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Einheit	Berechnung
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit (Fortsetzung)	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen	$\sum_{r \in R^{Plan}} \sum_{w \in W} fehlabdeckung_{rw}$ <p>mit $fehlabdeckung_{rw} = \begin{cases} 2 & \text{wenn Anzahl erreichbarer Fachabteilungen}_{rw} = 0 \\ 1 & \text{wenn Anzahl erreichbarer Fachabteilungen}_{rw} = 1 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$</p> <p>$R$ Menge der Bedarfspunkte ($r \in R$) W Menge der Fachrichtungen ($w \in W$)</p>
Grundsatz der Strukturkontinuität	Auslastung der verfügbaren Kapazität (Kapazität KPI 1)	Betten	$\frac{\sum_{h \in H^{Plan}} \sum_{n \in N^{Plan}} betten_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus}}{\sum_{h \in H^{Plan}} \sum_{n \in N} Kapazität_h * \rho_{nh}^{Krankenhaus}}$ <p>mit H Menge der Bedarfspunkte ($h \in H$) N Menge der Fachrichtabteilungen ($n \in N$)</p>
	Überschreitung der verfügbaren Kapazität (Kapazität KPI 2)	Betten	$\frac{\sum_{h \in H^{Plan}} \max [\sum_{n \in N} betten_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} - Kapazität_h; 0]}{\sum_{h \in H^{Plan}} \sum_{n \in N} Kapazität_h * \rho_{nh}^{Krankenhaus}}$ <p>mit H Menge der Bedarfspunkte ($h \in H$) N Menge der Fachabteilungen ($n \in N$)</p>

Tabelle 5-13: Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings (Teil 2)

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Einheit	Berechnung
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Verhältnis aus lokalisierten Betten Gesamt Krankenhausmindestgröße (Krankenhausmindestgröße KPI 1)	Prozent	$\frac{\sum_{n \in N^{Plan}} betten_n}{\sum_{h \in H^{Plan}} \sum_{k \in K} Mindestbettenanzahl_k^{KH} * \tau_{kh}^{Typ} * l_h}$ <p>mit H Menge der Krankenhäuser ($h \in H$) K Menge der Krankenhaustypen ($k \in K$) N Menge der Fachabteilungen ($n \in N$)</p>
	Verhältnis aus Unterschreitung und Gesamt Krankenhausmindestgröße (Krankenhausmindestgröße KPI 2)	Prozent	$\frac{\sum_{h \in H} Unterschreitung_h}{\sum_{h \in H^{Plan}} \sum_{k \in K} Mindestbettenanzahl_k^{KH} * \tau_{kh}^{Typ} * l_h}$ <p>mit $Unterschreitung_h$</p> $= \max \left(0; \left(\sum_{k \in K} Mindestbettenanzahl_k^{KH} * \tau_{kh}^{Typ} - \sum_{n \in N} betten_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} \right) * l_h \right)$ <p>H Menge der Krankenhäuser ($h \in H$) K Menge der Krankenhaustypen ($k \in K$) N Menge der Fachabteilungen ($n \in N$)</p>

Tabelle 5-14: Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings (Teil 3)

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Einheit	Berechnung
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit (Fortsetzung)	Verhältnis aus lokalisierten Betten und Gesamtkrankenhausrichtgröße (Krankenhausrichtgröße KPI 1)	Betten	$\frac{\sum_{n \in N} \text{betten}_n}{\sum_{h \in H^{Plan}} \sum_{w \in W} \sum_{n \in N} \text{Richtbettenanzahl}_w * \rho_{wn}^{Fachrichtung} * \rho_{nh}^{Krankenhaus} * y_n}$ <p>mit</p> <ul style="list-style-type: none"> H Menge der Krankenhäuser ($h \in H$) N Menge der Fachabteilungen ($n \in N$) W Menge der Fachrichtungen ($w \in W$)
	Verhältnis aus Unterschreitung und Gesamtkrankenhausrichtgröße (Krankenhausrichtgröße KPI 2)	Betten	$\frac{\sum_{h \in H} \text{Unterschreitung}_h}{\sum_{h \in H^{Plan}} \sum_{w \in W} \sum_{n \in N} \text{Richtbettenanzahl}_w * \rho_{wn}^{Fachrichtung} * \rho_{nh}^{Krankenhaus} * y_n}$ <p>mit</p> $\text{Unterschreitung}_h = \max \left(0; \sum_{w \in W} \sum_{n \in N} \text{Richtbettenanzahl}_w * \rho_{wn}^{Fachrichtung} * \rho_{nh}^{Krankenhaus} * y_n - \sum_{n \in N} \text{betten}_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} \right)$ <ul style="list-style-type: none"> H Menge der Krankenhäuser ($h \in H$) N Menge der Fachabteilungen ($n \in N$) W Menge der Fachrichtungen ($w \in W$)

Tabelle 5-15: Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings (Teil 4)

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Einheit	Berechnung
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit (Fortsetzung)	Verhältnis aus lokalisierten Betten und Gesamtfachabteilungsmindestgröße (Fachabteilungsmindestgröße KPI 1)	Betten	$\frac{\sum_{n \in N} \text{betten}_n}{\sum_{w \in W} \sum_{n \in N^{Plan}} \text{Mindestbettenanzahl}_w^{FR} * \rho_{wn}^{Fachrichtung} * y_n}$ <p>mit N Menge der Fachabteilungen ($n \in N$) W Menge der Krankenhaustypen ($w \in W$)</p>
	Verhältnis aus Unterschreitung und Gesamtfachabteilungsmindestgröße (Fachabteilungsmindestgröße KPI 2)	Betten	$\frac{\sum_{n \in N^{Plan}} \text{Unterschreitung}_n}{\sum_{w \in W} \sum_{n \in N^{Plan}} \text{Mindestbettenanzahl}_w^{FR} * \rho_{wn}^{Fachrichtung} * y_n}$ <p>mit Unterschreitung_n</p> $= \max \left(0; \sum_{w \in W} \text{Mindestbettenanzahl}_w^{FR} * \rho_{wn}^{Fachrichtung} * y_n - \text{betten}_n \right)$ <p>N Menge der Fachabteilungen ($n \in N$) W Menge der Fachrichtungen ($w \in W$)</p>

Tabelle 5-16: Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings (Teil 5)

6 IMPLEMENTIERUNG DES KRANKENHAUSPLANUNGS-PROBLEMS

Im folgenden Kapitel wird das Krankenhausplanungsproblem für die hergeleiteten Inputdaten (und unter Berücksichtigung der notwendigen Flexibilisierungen) für die drei ausgewählten Versorgungsgebiete des Landes NRW gelöst (Basisszenario). Darüber hinaus werden die Ergebnisse für die drei ausgewählten Versorgungsgebiete vorgestellt und diskutiert. In Kapitel 6.2 werden vier Szenarioanalysen durchgeführt. Kapitel 6.3 fasst abschließend die Erkenntnisse des Basisszenarios und der Szenarioanalysen zusammen.

Zur Lösung wird das Krankenhausplanungsproblem in der Software Aimms 4.74 implementiert und mit dem Solver CPLEX 12.10 auf einem Desktop-Computer mit 64 GB Arbeitsspeicher gelöst. Insgesamt werden 700 Instanzen⁶²⁶ gerechnet.

In Übereinstimmung mit Cordeau et al. 2006 wird der relative Optimalitätsgap⁶²⁷ auf 1 % festgelegt, um vertretbare Lösungszeiten zu realisieren.⁶²⁸ Diese Vorgehensweise wird beispielsweise auch von Griffin et al. 2008 zur Planung der medizinischen Versorgungszentren in Georgia angewendet.⁶²⁹ Darüber hinaus wird die Berechnung unterbrochen, wenn der Optimalitätsgap von 1 % nicht innerhalb von 24 Stunden erreicht werden kann.

⁶²⁶ Eine Lösung des Krankenhausplanungsproblems in einem Szenario wird als Instanz bezeichnet. Besteht der effiziente Rand eines Szenarios z. B. aus 30 Punkten, so werden für seine Identifikation 30 Instanzen gerechnet.

⁶²⁷ Der relative Optimalitätsgap berechnet sich als Differenz zwischen der besten gefundenen Lösung und der besten durch den Solver ermittelten Schranke (*best bound*) dividiert durch den Wert der besten ermittelten Schranke (vgl. Informs 2019). Die beste gefundene Lösung, die bei einem relativen Optimalitätsgap von kleiner 1 % ausgegeben wird, ist der optimalen Lösung somit sehr nahe, unter Umständen entspricht sie der optimalen Lösung.

⁶²⁸ Cordeau et al. 2006 begründen diesen Optimalitätsgap damit, dass Realdaten Unsicherheiten beinhalten, und dass die Spannweite, in der sich der geschätzte reale Wert bewegen kann, einen Einfluss größer als 1 % auf die Lösung des Optimierungsmodells haben kann (vgl. Cordeau et al. 2006, S. 74). In der vorliegenden Fallstudie entstehen Unsicherheiten u. a. in Bezug auf Bevölkerungszahl, durch die Aggregation der Daten, durch die Berechnung der Entfernung zwischen Wohnort und Krankenhausstandort und aus der zukünftigen Entwicklung der Krankenhausfälle. Daher erscheint die Tolerierung eines 1 % Optimalitätsgaps zur Verkürzung der Laufzeit angemessen.

⁶²⁹ Vgl. Griffin et al. 2008, S. 886

6.1 Basisszenario

Das Basisszenario und alle Szenarioanalysen werden im Folgenden unter der Prämisse gelöst, dass die Abweichung von den vorgegebenen Rahmenbedingungen und Inputdaten so gering wie möglich sein sollte.

6.1.1 Analyse der Ergebnisse des Basisszenarios für Region A

Analyse der Iststruktur

In der Iststruktur der Region A sind 135 Fachabteilungen in 31 Fachrichtungen mit insgesamt 7.057 Betten vorhanden. Abbildung 6-1 zeigt die Verteilung der 20 existierenden Krankenhausstandorte und 26 Bedarfspunkte, die für die Lösung des Krankenhausplanungsproblems in Region A herangezogen werden.

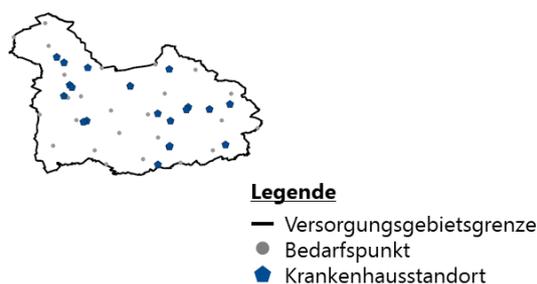


Abbildung 6-1: Lage und geografische Verteilung der Krankenhäuser und Bedarfspunkte in der Iststruktur in Region A⁶³⁰

⁶³⁰ Eigene Darstellung unter Verwendung der Daten von MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

Abbildung 6-1, Abbildung 6-3 (S. 217), Abbildung 6-5 (S. 226) und Abbildung 6-11 (S. 262) weisen denselben Maßstab auf. Deshalb ist die Region A in Abbildung 6-1 vergleichsweise klein dargestellt.

Analyse des effizienten Randes

Das Krankenhausplanungsproblem identifiziert für Region A einen effizienten Rand bestehend aus 48 Instanzen (vgl. Abbildung 6-2), die sich darin unterscheiden, wie stark die entscheidungsbefugten Personen eine der beiden Zielsetzungen – Systemstabilität oder Angebotsbündelung – gegenüber der jeweils anderen Zielsetzung präferieren. Die Transformationskennzahl beträgt zwischen 5 % (Fokus Systemstabilität) und 51 % (Fokus Angebotsbündelung).

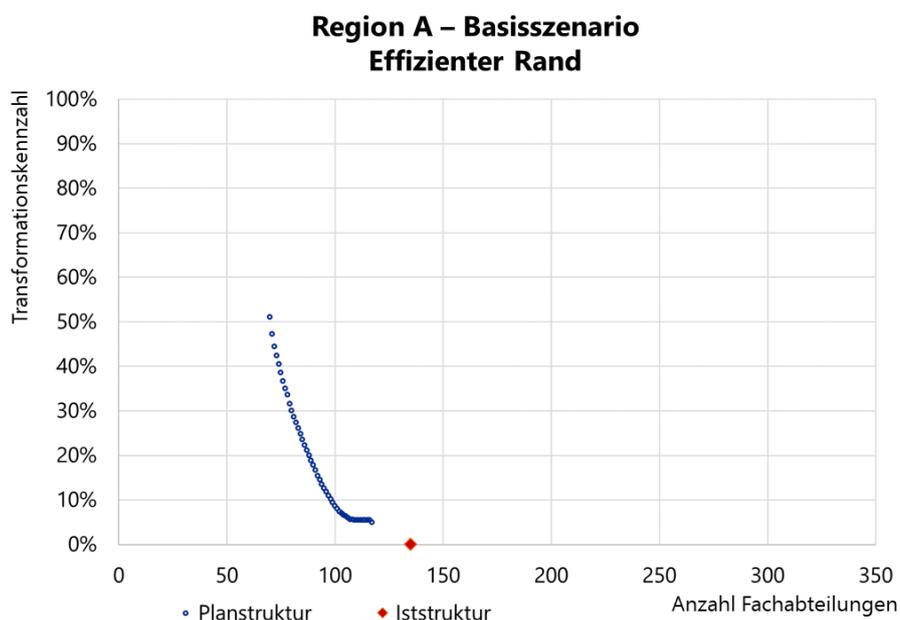


Abbildung 6-2: Effizienter Rand für Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur

In allen 48 Instanzen lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem weniger Fachabteilungen als in der Iststruktur. In der Planstruktur sind alle Fachrichtungen der örtlichen Versorgung mit mindestens vier sowie alle Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung mit mindestens zwei Fachabteilungen vertreten, um die doppelte Abdeckung jedes Bedarfspunktes zur Förderung des Qualitätswettbewerbes sicherzustellen.

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität

Liegt der Fokus der Entscheidenden auf dem Ziel Systemstabilität, reduziert das Krankenhausplanungsproblem die Anzahl der Fachabteilungen von 135 auf 117 Fachabteilungen (vgl. Tabelle 6-1, S. 210). Dies entspricht einem Rückgang der Fachabteilungs-

anzahl um 13 %. Die durchschnittliche Fachabteilungsgröße sinkt um 14 % im Vergleich zur Iststruktur (vgl. Tabelle 6-2).

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	135	
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	117	-13 %

Tabelle 6-1: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	52,3	
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	45,0	-14 %

Tabelle 6-2: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Nach der Restrukturierung durch das Krankenhausplanungsproblem werden in Region A weiterhin alle 31 Fachrichtungen angeboten. Für die bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem 5.265 Betten (vgl. Tabelle 6-3 und Tabelle 6-4, S. 211). Dies entspricht einer Reduktion der Planbetten um 25 % gegenüber der Iststruktur (vgl. Tabelle 6-4, S. 211). Es werden dreimal so viele Betten abgebaut, wie durch das MGEPA NRW für die Region A vorgeschlagen. Insgesamt werden 1.792 Betten abgebaut und 289 Betten zwischen Fachabteilungen und Krankenhäusern verschoben (vgl. Tabelle 6-3). Die Transformationskennzahl beträgt 5 %.

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten⁶³¹	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl ver- schobener Betten	Transforma- tionskenn- zahl
Iststruktur	7.057			
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	5.265	1.792	289	+5 %

Tabelle 6-3: Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

⁶³¹ Je nach Instanz kann die Anzahl der lokalisierten Planbetten unterschiedlich hoch ausfallen, da die zugeordneten Bettenbedarfe je Fachabteilung auf die nächste ganze Zahl aufgerundet werden. Je weniger Fachabteilungen lokalisiert werden, desto weniger Rundungen sind erforderlich.

Fachrichtung	Landesweite Zielvorgabe ⁶³² [%]	Iststruktur ⁶³³ [Betten]	Sollstruktur ⁶³⁴ [Betten]	Δ Sollstruktur zu Iststruktur [%]	Planstruktur Fokus Systemstabilität [Betten]	Δ Planstruktur Fokus Systemstabilität zu Iststruktur [%]
Augenheilkunde	-27 %	160	119	-26 %	45	-72 %
Chirurgie ⁶³⁵	-15 %	2.076	1.695	-18 %	1.578	-24 %
Frauenheilkunde/Geburtshilfe	-33 %	435	367	-16 %	343	-21 %
Geriatric	+29 %	321	313	-2 %	303	-6 %
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	-31 %	187	162	-13 %	101	-46 %
Haut- und Geschlechtskrankheiten	-14 %	86	77	-10 %	53	-38 %
Innere Medizin	-5 %	2.800	2.733	-2 %	2.019	-28 %
Kinder- und Jugendmedizin	-13 %	233	248	+6 %	206	-12 %
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	-28 %	46	49	+7 %	28	-39 %
Neurochirurgie	-1 %	132	151	+14 %	78	-41 %
Neurologie ⁶³⁶	12 %	266	260		277	
Nuklearmedizin	-39 %	8	8	0 %	9	+13 %
Strahlenheilkunde	-30 %	107	78	-27 %	32	-70 %
Urologie	-10 %	200	207	+3 %	193	-4 %
Summe		7.057	6.467		5.265	
Δ in %	-11 %			-8%		-25%

Tabelle 6-4: Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region A in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur – Fokus Systemstabilität⁶³⁷

⁶³² Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.

⁶³³ Die Iststruktur ist aus den zuletzt veröffentlichten Feststellungsbescheiden (vgl. MGEPA NRW 2013a) abgeleitet, da der Zielfunktionswert für das Ziel Systemstabilität basierend auf diesen Zahlen ermittelt wird. Es können Abweichungen zu der vom MGEPA NRW im Bericht zur regionalen Verteilung der stationären Angebote (vgl. MGEPA NRW 2014) veröffentlichten Iststruktur bestehen.

⁶³⁴ Vgl. MGEPA NRW 2014, S. 62ff.

⁶³⁵ Um Vergleichbarkeit mit den regionalen Vorgaben des MGEPA NRW (vgl. MGEPA NRW 2014) herzustellen, wird die Herzchirurgie bei der Analyse der Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems hier und im Folgenden als Teil der Chirurgie ausgewiesen.

⁶³⁶ Für die Iststruktur werden nur Betten ausgewiesen, die in Allgemein- und Fachkrankenhäusern aufgestellt sind. Betten, die psychiatrischen Krankenhäusern zugeordnet sind, werden in der Iststruktur nicht berücksichtigt. Gleichwohl sind in der zugewiesenen Bettenzahl der Soll- und Planstrukturen auch die Betten enthalten, die eigentlich auf die psychiatrischen Krankenhäuser entfallen würden. Deshalb sind in der Neurologie die Zahlen aus der Iststruktur nur eingeschränkt mit den Zahlen der Soll- und Planstrukturen vergleichbar. Aus diesem Grund wird die prozentuale Veränderung der Planbettenzahl für die Neurologie nicht ausgewiesen.

⁶³⁷ Eigene Darstellung und Auswertung der Angaben in MGEPA NRW 2013b, MGEPA NRW 2014 sowie der Ergebnisse des Basisszenarios

Durch die Schließung von drei Krankenhausstandorten sinkt die durchschnittliche Krankenhausgröße, trotz des beobachteten Bettenabbaus von 25 %, nur um 12 % – von 353 auf 310 Betten (Tabelle 6-4, S. 211, und Tabelle 6-5).

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	353	
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	310	-12 %

Tabelle 6-5: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung

Liegt der Fokus der Personen, die die Entscheidung treffen, auf dem Ziel Angebotsbündelung, werden durch das Krankenhausplanungsproblem 70 Fachabteilungen lokalisiert (vgl. Tabelle 6-6). Dies sind 65 Fachabteilungen weniger als in der Iststruktur (-48 %).

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	135	
Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung	70	-48 %

Tabelle 6-6: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Insgesamt werden durch das Krankenhausplanungsproblem 5.209 Betten lokalisiert (vgl. Tabelle 6-7 und Tabelle 6-8, beide S. 213). Dies entspricht einer Reduktion der Betten um 26 % gegenüber der Iststruktur (vgl. Tabelle 6-7, S. 213). Verglichen mit dem Vorschlag des MGEPA NRW schlägt das Krankenhausplanungsproblem den Abbau von mehr als dreimal so vielen Betten vor. Die Transformationskennzahl beträgt 51 % und fällt damit im Vergleich zur absoluten Präferenz der Systemstabilität mehr als zehnmals so hoch aus (vgl. Tabelle 6-8, S. 213).

Fachrichtung	Landesweite Zielvorgabe ⁶³⁸ [%]	Iststruktur ⁶³⁹ [Betten]	Sollstruktur ⁶⁴⁰ [Betten]	Δ Sollstruktur zu Iststruktur [%]	Planstruktur Fokus Angebotsbündelung [Betten]	Δ Planstruktur Fokus Angebotsbündelung zu Iststruktur [%]
Augenheilkunde	-27 %	160	119	-26 %	45	-72 %
Chirurgie ⁶⁴¹	-15 %	2.076	1.695	-18 %	1.557	-25 %
Frauenheilkunde/Geburtshilfe	-33 %	435	367	-16 %	338	-22 %
Geriatric	+29 %	321	313	-2 %	298	-7 %
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	-31 %	187	162	-13 %	101	-46 %
Haut- und Geschlechtskrankheiten	-14 %	86	77	-10 %	53	-38 %
Innere Medizin	-5 %	2.800	2.733	-2 %	2.001	-29 %
Kinder- und Jugendmedizin	-13 %	233	248	+6 %	203	-13 %
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	-28 %	46	49	+7 %	28	-39 %
Neurochirurgie	-1 %	132	151	+14 %	78	-41 %
Neurologie ⁶⁴²	12 %	266	260		277	
Nuklearmedizin	-39 %	8	8	0 %	9	+13 %
Strahlenheilkunde	-30 %	107	78	-27 %	32	-70 %
Urologie	-10 %	200	207	+3 %	189	-6 %
Summe		7.057	6.467		5.209	
Δ in %	-11 %			-8%		-26%

Tabelle 6-7: Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region A in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur – Fokus Angebotsbündelung⁶⁴³

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten ⁶⁴⁴	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	7.057			
Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung	5.209	1.848	2.658	51 %

Tabelle 6-8: Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur

⁶³⁸ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.

⁶³⁹ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 633

⁶⁴⁰ Vgl. MGEPA NRW 2014, S. 62ff.

⁶⁴¹ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 635

⁶⁴² Vgl. Erläuterungen in Fußnote 636

⁶⁴³ Eigene Darstellung und Auswertung der Angaben in MGEPA NRW 2013b, MGEPA NRW 2014 sowie der Ergebnisse des Basisszenarios.

⁶⁴⁴ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 631

Durch die überproportionale Reduktion der Anzahl der Fachabteilungen steigt die durchschnittliche Fachabteilungsgröße von 52,3 Betten in der Iststruktur auf 74,4 Betten im Basisszenario (+42 %, vgl. Tabelle 6-9).

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	52,3	
Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung	74,4	+42 %

Tabelle 6-9: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Auch die durchschnittliche Krankenhausgröße steigt im Vergleich zur Iststruktur von 353 auf 410 Betten (+14 %). Zwar sinkt die Anzahl der lokalisierten Planbetten um 26 % (vgl. Tabelle 6-10), jedoch können gegenüber der Iststruktur sieben Krankenhausstandorte geschlossen werden.

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	353	
Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung	401	+14 %

Tabelle 6-10: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region A im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Analyse des Preprocessings

In der dicht besiedelten Region A muss im Basisszenario nur die Nebenbedingung flexibilisiert werden, die die Mindestfachabteilungsgröße steuert (vgl. Tabelle 6-11, S. 215). Diesbezüglich liegt ein inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage vor, da der Bedarf in Region A in zehn Fachrichtungen nicht ausreichend ist, um eine Doppelabdeckung mit zwei Fachabteilungen, die beide die Mindestgröße überschreiten, zu planen.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Wert
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	0
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	0
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	0
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	0
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,74 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,09 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	1,96 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	3,09 / 0,14
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage

Tabelle 6-11: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region A im Basisszenario zu lösen

Zusammenfassung

Für Region A ist festzuhalten, dass die Bettenreduktion mehr als doppelt so hoch ausfällt, wie durch den Landeskrankenhausplan vorgegeben. Im Vergleich zu der vom MGEPA NRW vorgegebenen Sollstruktur, fällt der Bettenabbau in Region A mehr als dreimal so hoch aus. Dieses Reduktionspotential lässt darauf schließen, dass die Region A in der Iststruktur die umliegenden Regionen mitversorgt. Die vom MGEPA NRW vorgeschlagene Sollstruktur würde diese Mitversorgung aufrechterhalten und durch den Ausbau von Kapazitäten in Kinder- und Jugendmedizin, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie und Neurochirurgie zusätzlich verstärken.

Der Vergleich der Extrempunkte des effizienten Randes zeigt, dass bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung im Vergleich zur absoluten Präferenz des Ziels Systemstabilität nur 60 % der Fachabteilungen benötigt werden. Dazu müssen mehr als

neunmal so viele Betten verschoben werden wie bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität. Die Transformationskennzahl verzehnfacht sich sogar. Die Abwägung zwischen den beiden Zielsetzungen hat in der Region A somit einen großen Einfluss auf die notwendigen Investitionen sowie die Veränderungen, die sich aus der Anpassung der Krankenhausstruktur ergeben.

Durch die Anwendung des Krankenhausplanungsproblems wird in Region A sichergestellt, dass die Vorgaben zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser auf Krankenhausebene eingehalten werden. Auf Fachabteilungsebene hingegen erreichen nicht alle Fachabteilungen die diesbezügliche Vorgabe, weil in zehn Fachrichtungen die Nachfrage nicht ausreicht, um zwei Fachabteilungen zu lokalisieren, die die vorgegebene Mindestgröße erreichen.

Zudem beeinflusst die Präferenzeinstellung der entscheidungsbefugten Personen das Ausmaß, in dem die Fachabteilungen und Krankenhäuser Skaleneffekte in der Leistungserbringung realisieren können. Während die durchschnittliche Fachabteilungs- und Krankenhausgröße bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität sinkt, steigt sie bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung.

6.1.2 Analyse der Ergebnisse des Basisszenarios für Region B

Analyse der Iststruktur

Die Iststruktur der Region B besteht aus 167 Fachabteilungen und 7.816 Krankenhausbetten in 29 Fachrichtungen. Für die Fachrichtungen Endokrinologie und Kinderchirurgie besteht in der Iststruktur kein Angebot in Region B.

Aus Abbildung 6-3 kann die Lage der 24 Krankenhausstandorte der Iststruktur sowie die geografische Verteilung der 171 Bedarfspunkte, die für die Berechnung der Planstruktur in Region B herangezogen werden, entnommen werden.

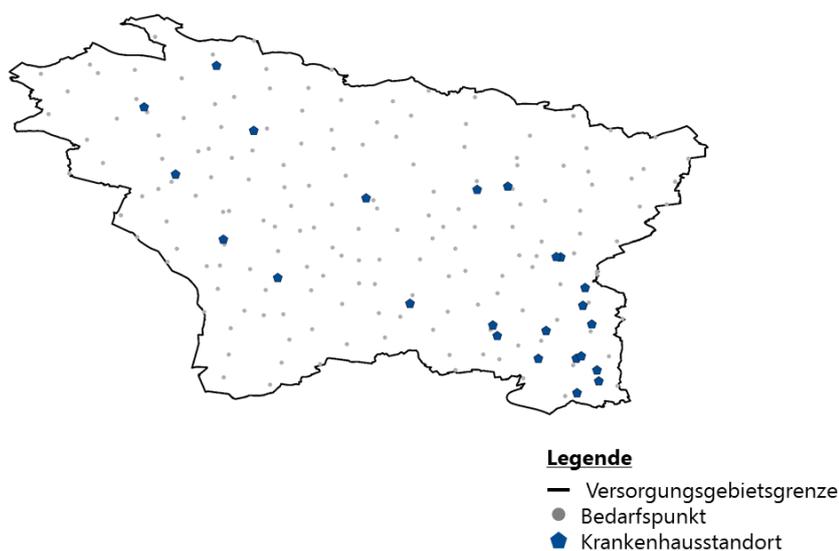


Abbildung 6-3: Lage und geografische Verteilung der Krankenhäuser und Bedarfspunkte in der Iststruktur in Region B⁶⁴⁵

Analyse des effizienten Randes

Der effiziente Rand für Region B besteht im Basisszenario aus 17 Instanzen (vgl. Abbildung 6-4, S. 218). Die Extrempunkte verzeichnen 301 (Fokus Angebotsbündelung) bzw. 318 Fachabteilungen (Fokus Systemstabilität) in 31 Fachrichtungen. Dies sind, unabhängig vom Fokus der Entscheidenden, nahezu doppelt so viele Fachabteilungen wie in der Iststruktur. Die Transformationskennzahl nimmt Werte zwischen 23 % (Fokus Systemstabilität) und 36 % (Fokus Angebotsbündelung) an.

Der Anstieg der Fachabteilungsanzahl in Region B liegt darin begründet, dass die räumliche Verteilung der Nachfrage, die geografische Ausdehnung der Region und die Lage der existierenden Krankenhausstandorte in den Fachrichtungen der örtlichen Versorgung mindestens 14 Fachabteilungen und in allen anderen Fachrichtungen mindestens neun Fachabteilungen erfordern, um die regulatorischen Anforderungen an Bedarfsdeckung und Qualität zu erfüllen.

⁶⁴⁵ Eigene Darstellung unter Verwendung der Daten von MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

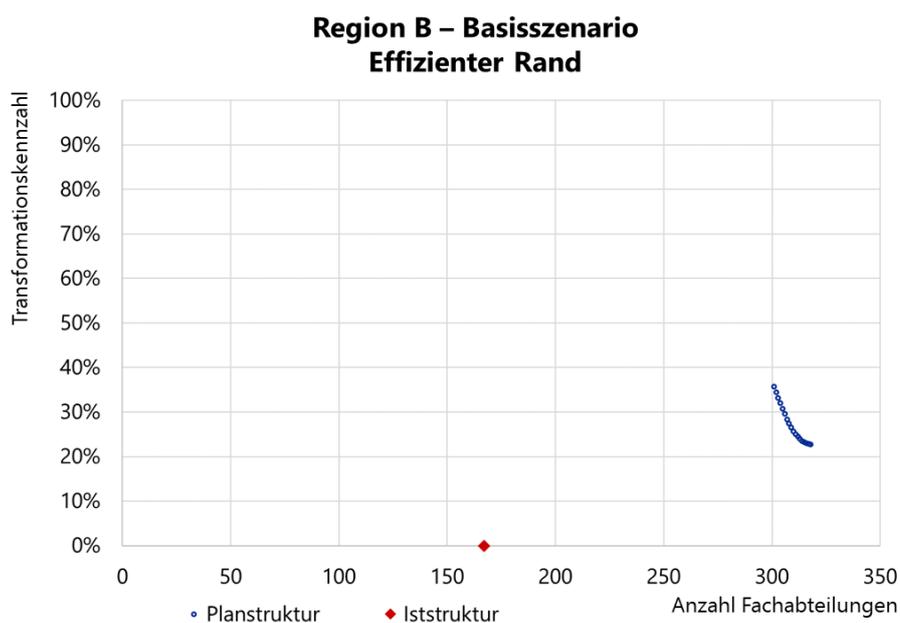


Abbildung 6-4: Effizienter Rand für Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur

Auf den ersten Blick erscheint es paradox, dass das Krankenhausplanungsproblem eine größere Anzahl Fachabteilungen aufbaut, wenn die Personen, die die Entscheidung treffen, den Fokus auf die Systemstabilität legen. Dies ist damit zu erklären, dass bei absoluter Bevorzugung des Ziels Systemstabilität nur diejenigen Fachabteilungen aufgebaut werden, die für die Erfüllung der regulatorischen Vorgaben notwendig sind, ohne dass eine über das notwendige Minimum der Verschiebung hinausgehende Konsolidierung stattfindet.

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität

Präferieren die entscheidungsbefugten Personen ausschließlich das Ziel Systemstabilität lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem 318 Fachabteilungen (vgl. Tabelle 6-12) anstelle der 167 Fachabteilungen, die in Region B in der Iststruktur vorhanden sind. Dies entspricht einem Anstieg um 151 Fachabteilungen (+90 %).

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]
Iststruktur	167	
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	318	+90 %

Tabelle 6-12: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Insgesamt lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem 6.873 Betten in Region B (vgl. Tabelle 6-13 und Tabelle 6-14, S. 219-220). Dies entspricht einem Bettenabbau von 12 % im Vergleich zur Iststruktur (vgl. Tabelle 6-13). Im Vergleich zur Sollstruktur werden 1,6mal so viele Betten abgebaut, wie durch das MGEPA NRW vorgeschlagen. Zur Herstellung der Planstruktur müssen 943 Betten abgebaut und 1.561 Betten zwischen Fachabteilungen und Krankenhäusern verschoben werden (vgl. Tabelle 6-14, S. 220).

Fachrichtung	Landesweite Zielvorgabe ⁶⁴⁶ [%]	Iststruktur ⁶⁴⁷ [Betten]	Sollstruktur ⁶⁴⁸ [Betten]	Δ Sollstruktur zu Iststruktur [%]	Planstruktur Fokus Systemstabilität [Betten]	Δ Planstruktur Fokus Systemstabilität zu Iststruktur [%]
Augenheilkunde	-27 %	44	33	-25 %	64	+45 %
Chirurgie ⁶⁴⁹	-15 %	2.627	2.111	-20 %	2.060	-22 %
Frauenheilkunde/Geburtshilfe	-33 %	580	425	-27 %	438	-24 %
Geriatric	+29 %	400	476	+19 %	369	-8 %
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	-31 %	194	123	-37 %	140	-28 %
Haut- und Geschlechtskrankheiten	-14 %	65	43	-34 %	75	+15 %
Innere Medizin	-5 %	2.798	2.859	+2 %	2.605	-7 %
Kinder- und Jugendmedizin	-13 %	347	242	-30 %	286	-18 %
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	-28 %	45	32	-29 %	43	-4 %
Neurochirurgie	-1 %	152	173	+14 %	108	-29 %
Neurologie ⁶⁵⁰	12 %	305	448		366	
Nuklearmedizin	-39 %	12	12	0 %	18	+50 %
Strahlenheilkunde	-30 %	6	0	-100 %	48	+700 %
Urologie	-10 %	241	256	+6 %	253	+5 %
Summe		7.816	7.233		6.873	
Δ in %	-11 %			-7 %		-12 %

Tabelle 6-13: Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region B in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur – Fokus Systemstabilität⁶⁵¹

⁶⁴⁶ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.

⁶⁴⁷ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 633

⁶⁴⁸ Vgl. MGEPA NRW 2014, S. 62ff.

⁶⁴⁹ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 635

⁶⁵⁰ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 636

⁶⁵¹ Eigene Darstellung und Auswertung der Angaben in MGEPA NRW 2013b, MGEPA NRW 2014 und der Ergebnisse des Basisszenarios.

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebaute Betten	Anzahl ver- schobener Betten	Transfor- mations- kennzahl
Iststruktur	7.816			
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	6.873	943	1.561	23 %

Tabelle 6-14: Anzahl verschobener und abgebaute Betten in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Die notwendigen Anpassungen zur Herstellung der Planstruktur belaufen sich auf 23 % (vgl. Tabelle 6-14). Wird das Krankenhausplanungsproblem für die Region B mit dem Fokus Systemstabilität gelöst, sinkt die durchschnittliche Fachabteilungsgröße von 46,8 auf 21,6 Betten (-54 %, vgl. Tabelle 6-15). Ursächlich ist der Anstieg der Fachabteilungsanzahl (+90 %) zur Sicherstellung der regulatorischen Anforderungen an Bedarfsdeckung und Qualität, bei gleichzeitigem Rückgang der Planbetten um 12 %.

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	46,8	
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	21,6	-54 %

Tabelle 6-15: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Aufgrund der sinkenden Anzahl Planbetten (vgl. Tabelle 6-14) und der konstanten Anzahl Krankenhausstandorte sinkt die durchschnittliche Krankenhausgröße proportional um 12 % von 313 auf 275 Betten (vgl. Tabelle 6-16).

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	313	
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	275	-12 %

Tabelle 6-16: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung

Präferieren die Entscheidenden ausschließlich das Ziel Angebotsbündelung werden 301 Fachabteilungen in Region B eröffnet (vgl. Tabelle 6-17). Dies sind 134 Fachabteilungen mehr als in der Iststruktur (+80 %).

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]
Iststruktur	167	
Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung	301	+80 %

Tabelle 6-17: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Liegt der Fokus der Personen, die die Entscheidung treffen, auf der Angebotsbündelung werden 6.731 Betten (vgl. Tabelle 6-18 und Tabelle 6-19, S. 221-222) in 31 Fachrichtungen geplant. Dies entspricht einer Reduktion der Betten um 14 % im Vergleich zur Iststruktur. Es werden 1,8mal so viele Betten abgebaut, wie in der Sollstruktur. Die neue Krankenhausstruktur kann durch den Abbau von 1.085 Betten und die Verschiebung von 2.404 Betten zwischen Fachabteilungen und Krankenhäusern erzielt werden (vgl. Tabelle 6-19, S. 222).

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	7.816			
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	6.731	1.085	2.404	36 %

Tabelle 6-18: Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Fachrichtung	Landesweite Zielvorgabe ⁶⁵² [%]	Iststruktur ⁶⁵³ [Betten]	Sollstruktur ⁶⁵⁴ [Betten]	Δ Sollstruktur zu Iststruktur [%]	Planstruktur Fokus Angebotsbündelung [Betten]	Δ Planstruktur Fokus Angebotsbündelung zu Iststruktur [%]
Augenheilkunde	-27 %	44	33	-25 %	59	+34 %
Chirurgie ⁶⁵⁵	-15 %	2.627	2.111	-20 %	2.019	-23 %
Frauenheilkunde/Geburtshilfe	-33 %	580	425	-27 %	425	-27 %
Geriatric	+29 %	400	476	+19 %	369	-8 %
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	-31 %	194	123	-37 %	139	-28 %
Haut- und Geschlechtskrankheiten	-14 %	65	43	-34 %	71	+9 %
Innere Medizin	-5 %	2.798	2.859	+2 %	2.568	-8 %
Kinder- und Jugendmedizin	-13 %	347	242	-30 %	277	-20 %
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	-28 %	45	32	-29 %	37	-18 %
Neurochirurgie	-1 %	152	173	+14 %	103	-32 %
Neurologie ⁶⁵⁶	12 %	305	448		357	
Nuklearmedizin	-39 %	12	12	0 %	16	+33 %
Strahlenheilkunde	-30 %	6	0	-100 %	44	+633 %
Urologie	-10 %	241	256	+6 %	247	+2 %
Summe		7.816	7.233		6.731	
Δ in %	-11 %			-7 %		-14 %

Tabelle 6-19: Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region B in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur – Fokus Angebotsbündelung⁶⁵⁷

⁶⁵² Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.

⁶⁵³ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 633

⁶⁵⁴ Vgl. MGEPA NRW 2014, S. 62ff.

⁶⁵⁵ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 635

⁶⁵⁶ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 636

⁶⁵⁷ Eigene Darstellung und Auswertung der Angaben in MGEPA NRW 2013b, MGEPA NRW 2014 und der Ergebnisse des Basisszenarios

Auch bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung sinken die durchschnittliche Fachabteilungsgröße (um 52 %, vgl. Tabelle 6-20) und die durchschnittliche Krankenhausgröße (um 14 %, vgl. Tabelle 6-21). Ursächlich sind ebenfalls der starke Anstieg der Fachabteilungsgröße und die unveränderte Krankenhausanzahl.

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	46,8	
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	22,4	-52 %

Tabelle 6-20: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	313	
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	269	-14 %

Tabelle 6-21: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region B im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Analyse des Preprocessings

In der Region B mit mittlerer Besiedlungsdichte müssen in fünf von sieben potenziell zu flexibilisierenden Nebenbedingungen Abweichungen zugelassen werden.

Für vier Bedarfspunkte können die Vorgaben zur Abdeckung innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung nicht eingehalten werden. Zudem sind 104 Bedarfspunkt-Fachabteilungskombinationen nur durch ein Krankenhaus und 168 Bedarfspunkt-Fachabteilungskombinationen nur durch Krankenhäuser, die zum gleichen Krankenhausunternehmen gehören abgedeckt.

Die Siedlungsstruktur in Region B bewirkt, dass viele kleine Fachabteilungen und Krankenhäuser in der Fläche verteilt werden, so dass die Nachfrage für die einzelnen Krankenhäuser und Fachabteilungen nicht ausreicht, um die erforderliche Gesamtkrankenhausricht- und Gesamtfachabteilungsmindestgröße zu erfüllen. Für die Erfüllung der Krankenhausmindestgröße werden rechnerisch genügend Planbetten lokalisiert, jedoch können einem Allgemeinkrankenhaus nur 26 statt der erforderlichen 120 Betten zugewiesen werden. Es liegt somit ein geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage vor.

Tabelle 6-22 fasst die Ergebnisse des Preprocessings für Region B im Basisszenario abschließend zusammen.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Wert
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	4
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	11 km
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	104
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	168
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,86 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,28 / 0,03
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,59 / 0,53
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,93 / 0,49
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen

Tabelle 6-22: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region B im Basisszenario zu lösen

Zusammenfassung

Für Region B ist festzuhalten, dass das Krankenhausplanungsproblem doppelt so viele Betten abbaut, wie in der Sollstruktur vorgesehen. Dieser Bettenabbau entspricht jedoch der landesweiten Zielvorgaben von -11 % für die somatischen Fachrichtungen.

In der Region B nimmt das Krankenhausplanungsproblem umfangreiche Anpassungen der Krankenhausstruktur vor. So wird in fünf Fachrichtungen das Bettenangebot entgegen der landesweiten Reduktionsvorgabe ausgebaut. In sechs Fachrichtungen werden analog zur landesweiten Vorgabe Planbetten abgebaut, jedoch entweder in deutlich stärkerem oder in deutlich geringerem Umfang. In der Geriatrie wird das Angebot in

Region B entgegen der landesweiten Vorgabe reduziert. Einzig in der Neurologie erfolgt in Region B in Übereinstimmung mit den landesweiten Vorgaben ein Ausbau der Behandlungskapazitäten.

Es ist davon auszugehen, dass in den Fachrichtungen, in denen das Krankenhausplanungsproblem Betten aufbaut bzw. weniger stark reduziert als im Landesdurchschnitt vorgesehen, entweder Versorgungsdefizite bestehen oder Behandlungsbedarfe, die derzeit in benachbarten Regionen abgedeckt werden, zukünftig durch Region B gedeckt werden können. In den Fachrichtungen, in denen der Bettenabbau stärker ausfällt als im Landesdurchschnitt vorgesehen, besteht derzeit in Region B entweder eine Überversorgung oder es werden benachbarte Regionen mitversorgt, ohne dass diese regionenübergreifende Versorgung aufgrund der Krankenhaus- und Siedlungsstruktur notwendig wäre.

Die Forderung nach einer konsequenten Doppelabdeckung in allen 31 somatischen Fachrichtungen bewirkt⁶⁵⁸, dass kleinere Fachabteilungen und Krankenhäuser entstehen. Infolgedessen können die Krankenhäuser Skaleneffekte nur in geringem Umfang bzw. nicht nutzen, so dass der wirtschaftliche Betrieb der Krankenhäuser erschwert wird.

6.1.3 Analyse der Ergebnisse des Basisszenarios für Region C

Analyse der Iststruktur

In der Iststruktur der Region C sind 44 Fachabteilungen vorhanden, die mit 1.826 Krankenhausbetten 19 Fachrichtungen abdecken. Abbildung 6-5 (S. 226) zeigt die Lage der 11 existierenden Krankenhausstandorte in Region C sowie die geografische Verteilung der 98 Bedarfspunkte.

⁶⁵⁸ Auch wenn die Doppelabdeckung in Region B nicht für alle Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen erfüllt werden kann.

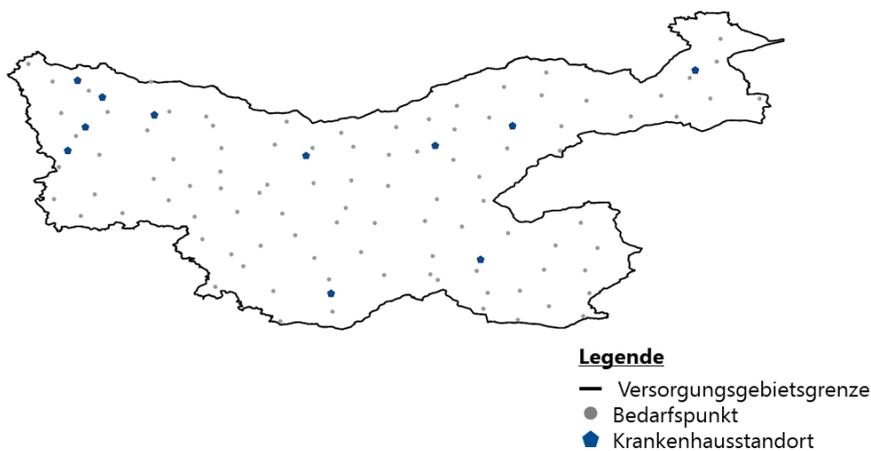


Abbildung 6-5: Lage und geografische Verteilung der Krankenhäuser und Bedarfspunkte in der Iststruktur in Region C⁶⁵⁹

Analyse des effizienten Randes

Für Region C entspricht die optimale Lösung des Krankenhausplanungsproblems bei Präferenz des Ziels Systemstabilität der optimalen Lösung bei Präferenz des Ziels Angebotsbündelung. Dementsprechend liegt kein effizienter Rand vor (vgl. Abbildung 6-6).

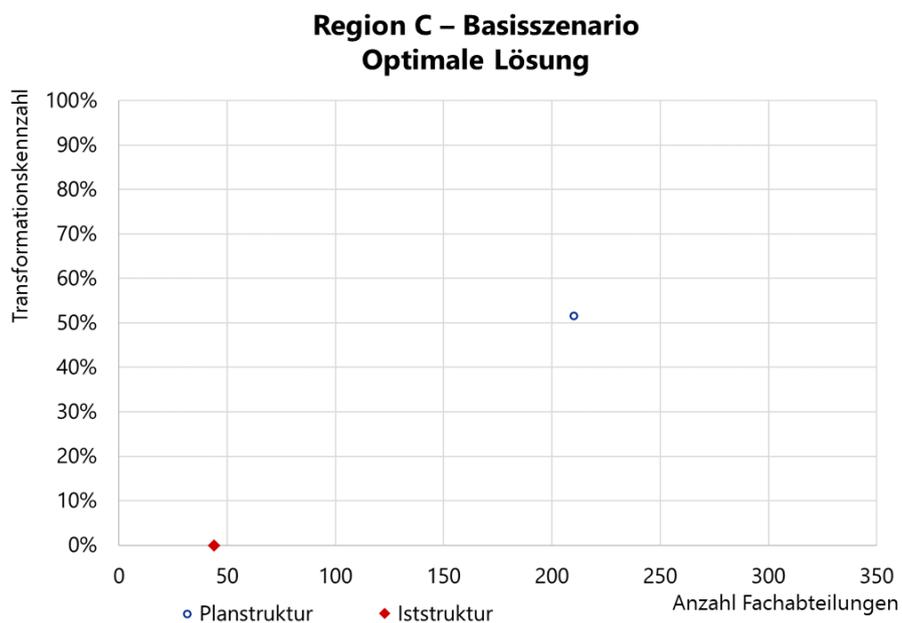


Abbildung 6-6: Optimale Lösung für Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur

⁶⁵⁹ Eigene Darstellung unter Verwendung der Daten von MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

Die Transformationskennzahl beträgt 52 %, das bedeutet, dass mehr als die Hälfte der maximal möglichen Anpassungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen, um die Planstruktur herzustellen.

Analyse der Planstruktur

Die durch das Krankenhausplanungsproblem identifizierte Krankenhausstruktur in Region C besteht aus 210 Fachabteilungen, die alle Fachrichtungen der örtlichen Versorgung mit mindestens sieben und alle Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Fachrichtung mit mindestens sechs Fachabteilungen abdecken. Dies entspricht einem Ausbau der Fachabteilungsanzahl um 166 Fachabteilungen (+377 %, vgl. Tabelle 6-23). Dieser Anstieg der benötigten Fachabteilungsanzahl resultiert einerseits aus der geringen Bevölkerungsdichte (vgl. Kapitel 5.1) in Kombination mit den Entfernungsvorgaben und der geforderten Doppelabdeckung und andererseits daraus, dass in der Iststruktur nur 19 von 31 Fachrichtungen vorhanden sind.

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]
Iststruktur	44	
Basisszenario	210	+377 %

Tabelle 6-23: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur

In Region C lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem im Basisszenario 1.707 Betten (vgl. Tabelle 6-24 und Tabelle 6-25, S. 228). Dies sind 7 % weniger als in der Iststruktur (vgl. Tabelle 6-25, S. 228). Im Vergleich zur Sollstruktur des MGEPA NRW reduziert das Krankenhausplanungsproblem weniger als halb so viele Betten. Auch im Vergleich mit der landesweiten Zielvorgabe empfiehlt das Krankenhausplanungsproblem einen geringeren Bettenabbau.

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	1.826			
Basisszenario	1.707	119	881	52 %

Tabelle 6-24: Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur

Fachrichtung	Landesweite Zielvorgabe ⁶⁶⁰	Iststruktur ⁶⁶¹ [Betten]	Sollstruktur ⁶⁶² [Betten]	Δ Sollstruktur zu Iststruktur [%]	Planstruktur [Betten]	Δ Planstruktur zu Iststruktur [%]
Augenheilkunde	-27 %	9	0	-100 %	17	+89 %
Chirurgie ⁶⁶³	-15 %	560	460	-18 %	509	-9 %
Frauenheilkunde/Geburtshilfe	-33 %	116	83	-28 %	113	-3 %
Geriatrie	+29 %	48	67	+40 %	85	+77 %
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	-31 %	13	8	-38 %	34	+162 %
Haut- und Geschlechtskrankheiten	-14 %	0	0		18	
Innere Medizin	-5 %	760	716	-6 %	672	-12 %
Kinder- und Jugendmedizin	-13 %	40	28	-30 %	62	+55 %
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	-28 %	0	0		12	
Neurochirurgie	-1 %	0	0		25	
Neurologie ⁶⁶⁴	12 %	223	180	-19 %	79	-65 %
Nuklearmedizin	-39 %	0	0		7	
Strahlenheilkunde	-30 %	0	0		14	
Urologie	-10 %	57	31	-46 %	60	+5 %
Summe		1.826	1.573		1.707	
Δ in %		-11 %		-14 %		-7 %

Tabelle 6-25: Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region C in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur⁶⁶⁵

Aufgrund des starken Anstiegs der lokalisierten Fachabteilungen bei gleichzeitigem Rückgang der lokalisierten Krankenhausbetten sinkt die durchschnittliche Fachabteilungsgröße von 41,5 auf 8,1 Betten (-80 %, vgl. Tabelle 6-26).

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]
Iststruktur	41,5	
Basisszenario	8,1	-80 %

Tabelle 6-26: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur

⁶⁶⁰ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.

⁶⁶¹ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 633

⁶⁶² Vgl. MGEPA NRW 2014, S. 62ff.

⁶⁶³ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 635

⁶⁶⁴ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 636

⁶⁶⁵ Eigene Darstellung und Auswertung der Angaben in MGEPA NRW 2013b, MGEPA NRW 2014 und der Ergebnisse des Basisszenarios

Die durchschnittliche Krankenhausgröße steigt hingegen um 3 %, da im Vergleich zur Iststruktur ein Krankenhausstandort geschlossen werden kann (vgl. Tabelle 6-27).

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur
Iststruktur	166	
Basisszenario	171	+3 %

Tabelle 6-27: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region C im Basisszenario im Vergleich zur Iststruktur

Analyse des Preprocessings

In der gering besiedelten Region C betreffen die notwendigen Flexibilisierungen alle zu flexibilisierenden Nebenbedingungen (vgl. Tabelle 6-28, S. 230).

15 Bedarfspunkte sind nicht, 842 Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen sind nur durch ein Krankenhaus und 1.061 Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen sind nur durch Krankenhäuser des gleichen Krankenhausunternehmens abgedeckt.

Auch wenn die Kapazität der vorhandenen Krankenhausstandorte ausreicht, um die Nachfrage zu bedienen, wird die Kapazität eines Krankenhausstandortes erweitert, um die Mindestkrankenshausgröße von 120 Betten zu erreichen.

Die Kennzahlen, die die Flexibilisierungen der Surrogatkriterien der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit messen, zeigen, dass in der Region C Krankenhausstandorte mit vielen Kleinstabteilungen lokalisiert werden. Es können weder die Vorgaben zu Krankenhausmindest- und Krankenhausrichtgröße noch die Vorgabe zur Fachabteilungsmindestgröße eingehalten werden. Entweder ist die Nachfrage zu gering, um die erforderlichen Grenzwerte zu erreichen (Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgröße) oder es liegt ein geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage vor (Krankenhausmindestgröße).

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Wert
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	15
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	322 km
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	842
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	1061
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,93 / 0,01
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	1,63 / 0,02
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,21 / 0,79
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,34 / 0,71
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen

Tabelle 6-28: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region C im Basisszenario zu lösen

Zusammenfassung

Es ist davon auszugehen, dass Behandlungsbedarfe der Region C bisher in größerem Umfang von den umliegenden Regionen abgedeckt wurden. Einzig in den Fachrichtungen für Innere Medizin und Neurologie scheinen Überkapazitäten vorzuliegen oder die Region C deckt in diesen Fachrichtungen Behandlungsbedarfe anderer Regionen mit ab.

Durch das Krankenhausplanungsproblem werden zuvor ausgelagerte Bedarfe zu Krankenhäusern der Region C zugeordnet und neue Fachabteilungen in 12 von 31 somatischen Fachrichtungen eröffnet. Die geforderte Doppelabdeckung in allen 31 Fachrichtungen führt dazu, dass sich die Anzahl der benötigten Fachabteilungen nahezu vervierfacht.

Dieser Anstieg in der Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen führt dazu, dass die Krankenhäuser und Fachabteilungen die Vorgaben zur wirtschaftlichen Sicherung nicht erfüllen können.

6.1.4 Schlussfolgerungen aus der Analyse des Basisszenarios

Es zeigt sich, dass die Vorgaben des Landeskrankenhausplans NRW zu einer starken Konsolidierung des Behandlungsangebotes in der dicht besiedelten Region führen. In den Regionen mit mittlerer bzw. geringer Besiedlungsdichte führen die einzuhaltende Maximaldistanz sowie verschärfend die geforderte Doppelabdeckung und der Autonomieansatz (vgl. Kapitel 2.1.2) zu einer deutlichen Erhöhung der Fachabteilungsanzahl. Infolgedessen werden dort viele kleine Krankenhausstandorte und kleine Fachabteilungen lokalisiert, die keine Skaleneffekte realisieren können. Dementsprechend können in den Regionen mit mittlerer und geringer Besiedlungsdichte die Vorgaben zur Sicherung des Grundsatzes der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit nicht erfüllt werden. Darüber hinaus zeigt sich, dass auch die Nachfrage in der dicht besiedelten Region nicht ausreichend ist, um in allen Fachrichtungen bei Berücksichtigung der Doppelabdeckung die erforderliche Mindestfachabteilungsgröße zu erreichen.

Sofern ein effizienter Rand vorliegt, hat die Präferenzeinstellung große Auswirkungen auf das erforderliche Ausmaß der Restrukturierung. Dieses wirkt sich nicht nur auf die erforderlichen Investitionen, sondern auch auf das medizinische Personal (Arbeitsort) und die zu behandelnden Personen (Behandlungsort) aus.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Anwendung des Krankenhausplanungsproblems dem verfassungsgemäßen Auftrag zur Schaffung gleichwertiger Lebensverhältnisse gerecht wird. Basierend auf in den Kapiteln 5.2 und 5.3 definierten Inputdaten zeigt sich jedoch, dass in Regionen mit geringer und mittlerer Besiedlungsdichte unwirtschaftliche Krankenhausstandorte entstehen (können). Eine Implementierung dieser Strukturen würde das Gesundheitssystem durch hohe Subventionen (Sicherstellungszuschläge) für die nicht wirtschaftlich betreibbaren Standorte belasten und erscheint deshalb nicht sinnvoll.

6.2 Szenarioanalysen

Deswegen werden im Folgenden vier Szenarioanalysen durchgeführt, um zu ermitteln, welche Maßnahmen durchgeführt werden können, um einen wirtschaftlichen Betrieb der Krankenhäuser und Fachabteilungen auch in den Regionen mit mittlerer und geringer Besiedlungsdichte zu ermöglichen.

Für den wirtschaftlichen Betrieb von Krankenhäusern und Fachabteilungen sollten bestimmte Krankenhausmindest-, Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgrößen überschritten werden. Um diese Kennzahlen zu erreichen, muss die einem Krankenhaus bzw. einer Fachabteilung zugewiesene Nachfrage erhöht bzw. die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen reduziert werden. Die zugewiesene Nachfrage hängt im Krankenhausplanungsproblem von fünf Faktoren ab:

- (1) der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung,
- (2) den geografischen Grenzen der Planungsgebiete mit in Kombination mit dem Autonomieansatz in der regionenübergreifenden Versorgung,
- (3) den berücksichtigten Fachrichtungen,
- (4) der geforderten Doppelabdeckung zur Abbildung des Planungsgrundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit und
- (5) der Lage der Krankenhausstandorte.

Der Einfluss der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung wird in Kapitel 6.2.1 untersucht. Dazu wird die zulässige Maximalentfernung in der örtlichen Versorgung in zwei Schritten von je 5,05 km sowie in der überörtlichen und überregionalen Versorgung in drei Schritten von je 10,1 km erhöht.

In Kapitel 6.2.2 wird analysiert, welchen Einfluss die geografischen Grenzen der Planungsgebiete in Kombination mit dem Autonomieansatz in der regionenübergreifenden Versorgung auf die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen und die Größe von Fachabteilungen und Krankenhäusern hat. Dazu werden die aneinander angrenzenden Regionen A und B gemeinsam gelöst.

In Kapitel 6.2.3 wird diskutiert, ob Fachrichtungen mit landesweit geringen Bedarfen auf Ebene der Versorgungsgebiete geplant werden sollten. Dazu werden zunächst die Fach-

richtungen ermittelt, deren landesweite Bedarfe entsprechend gering sind. Anschließend wird das Krankenhausplanungsproblem in allen drei Regionen ohne Berücksichtigung dieser Fachrichtungen gelöst.

Abschließend wird in Kapitel 6.2.4 untersucht, welchen Einfluss eine Abschwächung der Vorgaben zur Sicherstellung des Qualitätswettbewerbs hätte. Dazu werden die Nebenbedingungen zur Qualitätssicherung und Leistungsfähigkeit dahingehend geändert, dass jeder Bedarfspunkt zwar ein zweites Krankenhaus eines anderen Krankenhausunternehmens innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreicht, dieses Krankenhaus aber nicht zwingend die benötigte Fachrichtung anbieten muss. Anstelle eines aktiven Konkurrenzangebots besteht für die Krankenhäuser in dieser Konstellation nur die Bedrohung eines neuen Konkurrenzangebots.

Da die Eröffnung neuer Krankenhausstandorte aufgrund der vorhandenen Überkapazitäten ausgeschlossen wurde, wird kein Szenario untersucht, in dem die Lage der Krankenhausstandorte verändert wird. Dazu müssten in einer vorgelagerten Analyse zunächst geeignete Standorte für zusätzliche Krankenhäuser bestimmt werden. Dies übersteigt den Umfang der vorliegenden Arbeit.

6.2.1 Szenario 1: Erhöhung der zulässigen fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung

In der ersten Szenarioanalyse wird untersucht, welchen Einfluss die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in den drei ausgewählten Regionen hat. Dazu wird zunächst die zulässige Entfernung in der örtlichen Versorgung (ÖV) um 5,05 km und 10,1 km⁶⁶⁶ erhöht. Im Anschluss wird die zulässige Entfernung in der überörtlichen und überregionalen Versorgung (ÜÖÜR) um 10,1 km, 20,2 km und 30,3 km erhöht.

⁶⁶⁶ In Kapitel 5.3.2 wurden 30,3 km als fachrichtungsspezifische Maximalentfernung für die Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung festgelegt. Diese Entfernung wurde aus der für NRW ermittelten Durchschnittsgeschwindigkeit im motorisierten Individualverkehr (vgl. MiT 2010) abgeleitet und entspricht der Entfernung, die durchschnittlich innerhalb von 60 min zurückgelegt werden kann. Eine Ausweitung des Radius um 5,05 km (10,1 km/20,2 km/30,3 km) entspricht somit einer zusätzlichen Fahrzeit von 10 min (20 min/40 min/60 min).

6.2.1.1 Analyse der Ergebnisse von Szenario 1 für Region A

Analyse des effizienten Randes

Durch die sukzessive Ausweitung der zulässigen Maximalentfernung in der örtlichen Versorgung können in der Region A weitere Fachabteilungen geschlossen werden. Dementsprechend verlängert sich der effiziente Rand im Vergleich zum Basisszenario. Die Ausweitung der zulässigen Distanz in den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung bleibt hingegen ohne Auswirkung. Infolgedessen überlagern sich die effizienten Ränder für die unterschiedlichen maximalen Distanzen in Abbildung 6-7.

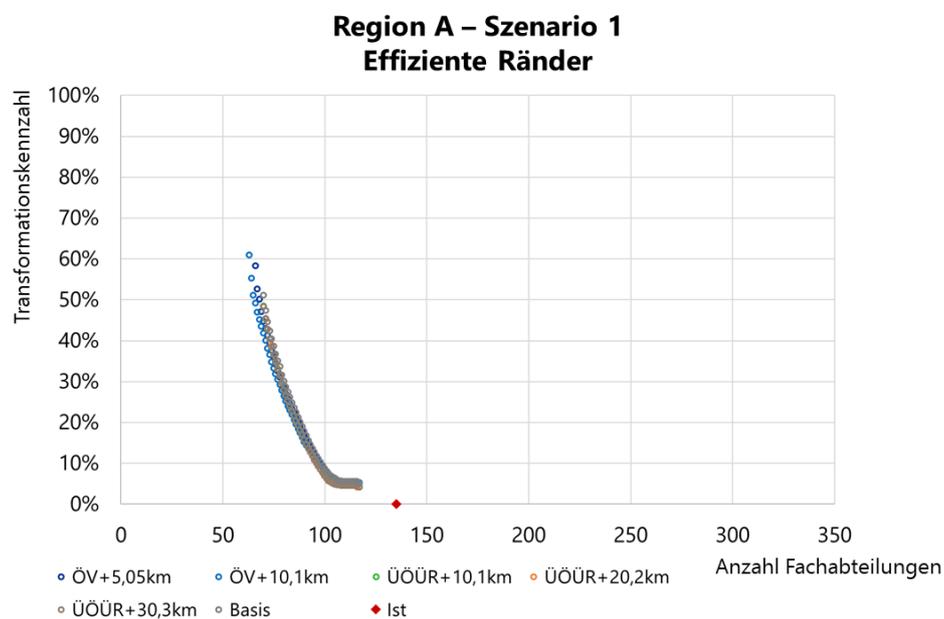


Abbildung 6-7: Effiziente Ränder für Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario

Zur Verdeutlichung des Verlaufs der effizienten Ränder zeigt Abbildung 6-8 einen vergrößerten Ausschnitt für den Bereich zwischen 80 und 90 lokalisierten Fachabteilungen.

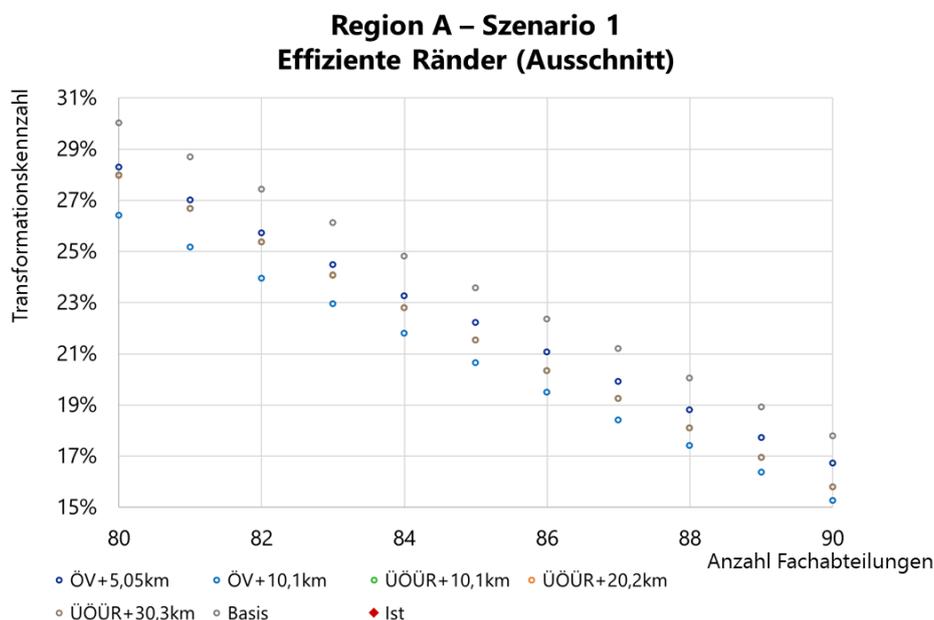


Abbildung 6-8: Ausschnitt der effizienten Ränder (vergrößert) in Region A in Szenario 1, Abschnitt 80 - 90 Fachabteilungen, im Vergleich zum Basisszenario⁶⁶⁷

Da die Erweiterung der Distanz in den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung ohne Auswirkung auf die Fachabteilungsanzahl bleibt, konzentriert sich die folgende Analyse ausschließlich auf die Fachrichtungen der örtlichen Versorgung.

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität

Liegt der Fokus der entscheidungsbefugten Personen auf der Systemrelevanz, hat die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung für die Fachrichtungen der örtlichen Versorgung im Vergleich zum Basisszenario minimale Auswirkungen auf die Anzahl der Fachabteilungen und deren durchschnittliche Größe. Die Fachabteilungsanzahl sinkt um eine Fachabteilung (beide Distanzen, vgl. Tabelle 6-29, S. 236) und die

⁶⁶⁷ Die Ergebnisse, die bei einer Erweiterung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung um 20,2 bzw. 10,1 km in der überörtlichen und überregionalen Versorgung erreicht werden, sind deckungsgleich mit den Ergebnissen, die bei einer Erweiterung derselben Distanz um 30,3 km erzielt werden. Sie verschwinden daher in der Darstellung in Abbildung 6-8 hinter den Koordinatenpaaren für ÜÖÜR+30,3km.

durchschnittliche Fachabteilungsgröße steigt im Mittel über alle Fachabteilungen um 0,4 Betten (vgl. Tabelle 6-30).

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	135		
Basisszenario	117	-13 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	116	-14 %	-1 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	116	-14 %	-1 %

Tabelle 6-29: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	52,3		
Basisszenario	45,0	-14 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	45,4	-13 %	+1 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	45,4	-13 %	+1 %

Tabelle 6-30: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität

Die Anzahl der Planbetten entspricht weitgehend den Werten des Basisszenarios (vgl. Tabelle 6-31). Die Transformationskennzahl bleibt konstant bei 5 %.

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	7.057			
Basisszenario	5.265	1.792	289	5 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	5.261	1.796	280	5 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	5.261	1.796	278	5 %

Tabelle 6-31: Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität

Die durchschnittliche Krankenhausgröße sinkt gegenüber dem Basisszenario um ein Bett (vgl. Tabelle 6-32, S. 237), da das Krankenhausplanungsproblem vier Krankenhausstandorte mehr als im Basisszenario beibehält.

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	353		
Basiszenario	310	-12 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	309	-12 %	-
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	309	-12 %	-

Tabelle 6-32: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basiszenario – Fokus Systemstabilität⁶⁶⁸

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung

Liegt der Fokus der entscheidungsbefugten Personen auf der Angebotsbündelung sinkt die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen auf 66 (+5,05 km) bzw. 63 Fachabteilungen (+10,1 km, vgl. Tabelle 6-33). Gegenüber dem Basiszenario sinkt die Fachabteilungsanzahl somit um 6 % (+5,05 km) bzw. 10 % (+10,1 km).

Die durchschnittliche Fachabteilungsgröße steigt um 4,4 Betten auf 78,8 Betten (+5,05 km), bzw. um 8,2 Betten auf 82,6 Betten (+10,1 km, vgl. Tabelle 6-34).

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	135		
Basiszenario	70	-48 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	66	-51 %	-6 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	63	-53 %	-10 %

Tabelle 6-33: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in der örtlichen Versorgung in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basiszenario – Fokus Angebotsbündelung

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungs- größe [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	52,3		
Basiszenario	74,4	+42 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	78,8	+51 %	+6 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	82,6	+58 %	+11 %

Tabelle 6-34: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basiszenario – Fokus Angebotsbündelung

⁶⁶⁸ Veränderungen im Bereich (-0,5 %; +0,5 %) werden hier und im Folgenden nicht ausgewiesen, da sie auf die nächste Ganzzahl auf 0 % auf- bzw. abgerundet werden.

Auch bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung bleibt die Anzahl der lokalisierten Betten in Region A bei zunehmender Distanz weitgehend konstant. Die Transformationskennzahl hingegen steigt mit zunehmender Entfernung (vgl. Tabelle 6-35).

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	7.057			
Basisszenario	5.209	1.848	2.658	51 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	5.203	1.854	3.031	58 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	5.203	1.854	3.167	61 %

Tabelle 6-35: Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region A in Szenario 1 im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung

Die durchschnittliche Krankenhausgröße steigt jeweils um 8 % gegenüber dem Basisszenario (vgl. Tabelle 6-36), da ein Krankenhausstandort eingespart werden kann.

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	353		
Basisszenario	401	+14 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	434	+23 %	+8 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	434	+23 %	+8 %

Tabelle 6-36: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region A in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung

Analyse des Preprocessings

In der dicht besiedelten Region A musste im Basisszenario nur die Nebenbedingung, die die Mindestfachabteilungsgröße steuert, flexibilisiert werden. Das im Basisszenario beobachtete diesbezügliche Missverhältnis von Angebot und Nachfrage kann durch die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung nicht behoben werden, so dass die Flexibilisierung weiterhin erforderlich ist.

Die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in der örtlichen Versorgung führt dazu, dass die Kennzahlen zur Gesamtkrankenhausmindest-, Gesamt-krankenhausricht- und Gesamtfachabteilungsmindestgröße sinken. Ursächlich sind die steigende Krankenhaus- und Fachabteilungsgröße, die aus der weiteren Reduzierung der

Fachabteilungsanzahl und der Schließung eines Krankenhausstandortes im Vergleich zum Basisszenario folgen.

Infolgedessen steigt der Wert der jeweils ersten Kennzahl (KPI 1). Da die Unterschreitung der Gesamtfachabteilungsmindestgröße konstant bleibt, steigt die Kennzahl, die das Verhältnis aus Unterschreitung und Gesamtfachabteilungsrichtgröße misst.

Tabelle 6-37 (S. 240) und Tabelle 6-38 (S. 241) fassen die Kennzahlen zur Analyse des Preprocessings in Region A in Szenario 1 zusammen.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basisszenario	Örtliche Versorgung + 5,05 km	Örtliche Versorgung + 10,1 km
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	0	0	0
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	0	0	0
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	0	0	0
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	0	0	0
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,74 / 0	0,74 / 0	0,74 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,09 / 0	2,2 / 0	2,2 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	1,96 / 0	2,10 / 0	2,2 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	3,09 / 0,14	3,29 / 0,15	3,45 / 0,16
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage

Tabelle 6-37: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region A in Szenario 1 zu lösen (Teil 1)

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basiszenario	Überörtliche und überregionale Versorgung +10,1 km	Überörtliche und überregionale Versorgung +20,2 km	Überörtliche und überregionale Versorgung +30,3 km
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	0	0	0	0
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	0	0	0	0
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	0	0	0	0
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	0	0	0	0
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,74 / 0	0,74 / 0	0,74 / 0	0,74 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,09 / 0	1,83 / 0	1,83 / 0	1,83 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	1,96 / 0	1,96 / 0	1,96 / 0	1,96 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	3,09 / 0,14	3,09 / 0,14	3,09 / 0,14	3,09 / 0,14
Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	

Tabelle 6-38: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region A in Szenario 1 zu lösen (Teil 2)

Zusammenfassung

Die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in der örtlichen Versorgung bewirkt, dass die Anzahl der Fachabteilungen, die für die Bedarfsdeckung in Region A benötigt werden, gegenüber dem Basisszenario nochmals sinkt – sofern das Ziel Angebotsbündelung präferiert wird. Dadurch steigen die durchschnittliche Fachabteilungs- und die durchschnittliche Krankenhausgröße. Die Vergrößerung der zulässigen Distanz erschließt damit zusätzliche Skaleneffekte (Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit).

Die Ausweitung der zulässigen Distanz auf die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung bleibt ohne Auswirkungen.

6.2.1.2 Analyse der Ergebnisse von Szenario 1 für Region B

Analyse des effizienten Randes

Auch in Region B führt die Ausweitung der zulässigen fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung dazu, dass die Anzahl der Fachabteilungen weiter reduziert werden kann – sowohl bei einer Ausweitung der Distanz in der örtlichen als auch in der überörtlichen und überregionalen Versorgung (vgl. Abbildung 6-9, S. 243).

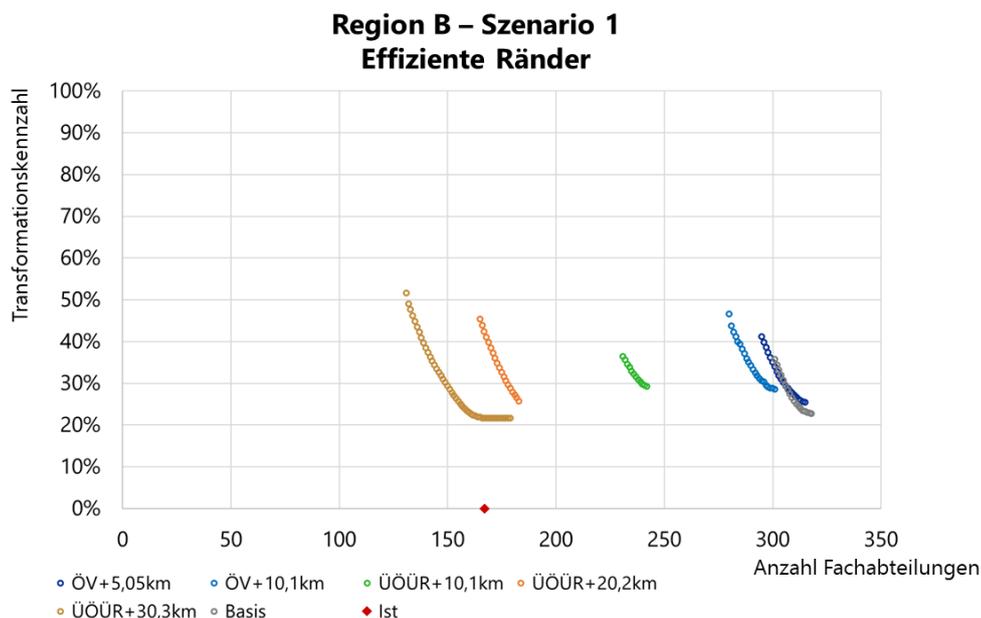


Abbildung 6-9: Effiziente Ränder für Region B in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario⁶⁶⁹

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität

Präferieren die Personen, die die Entscheidung treffen, das Ziel Systemstabilität, bewirkt die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in der örtlichen Versorgung einen Rückgang der Fachabteilungsanzahl um bis zu 5 % (+10,1 km) gegenüber dem Basisszenario (vgl. Tabelle 6-39, S. 244). Durch Ausweitung der zulässigen Distanz in der überörtlichen und überregionalen Versorgung kann die Anzahl der Fachabteilungen um 23 % (+10,1 km) bis 56 % (+30,3 km) verringert werden (vgl. Tabelle 6-39, S. 244). Dies wirkt sich positiv auf die durchschnittliche Fachabteilungsgröße aus, die im Vergleich zum Basisszenario um bis zu 6 % (örtliche Versorgung + 10,1 km) bzw. bis zu 75 % (überörtliche und überregionale Versorgung +30,3 km) steigt (vgl. Tabelle 6-40, S. 244).

⁶⁶⁹ Für die Distanzerweiterungen von +10,1 km in der örtlichen Versorgung sowie +10,1 km und 20,2 km in der überörtlichen und überregionalen Versorgung wurde ein Optimalitätsgap von 3 % (örtliche Versorgung + 10,1 km) bzw. 2 % (überörtliche und überregionale Versorgung +10,1 km und +20,2 km) zugelassen, um die Lösungsgeschwindigkeit zu erhöhen. Nach der Berechnung von jeweils sechs Instanzen zeigte sich, dass ein geringerer Gap auch nach 24 Stunden Rechenzeit nicht erreicht werden kann.

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	167		
Basisszenario	318	+90 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	315	+89 %	-1 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	301	+80 %	-5 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+10,1 km	242	+45 %	-24 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+20,2 km	183	+10 %	-42 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+30,3 km	178	+7 %	-44 %

Tabelle 6-39: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B in Szenario 1 – Fokus Systemstabilität

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	46,8		
Basisszenario	21,6	-54 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	22,0	-53 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	23,0	-51 %	+6 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+10,1 km	28,0	-40 %	+30 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+20,2 km	36,8	-21 %	+70 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+30,3 km	37,9	-19 %	+75 %

Tabelle 6-40: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region B in Szenario 1 – Fokus Systemstabilität

Es bleibt jedoch festzuhalten, dass die Fachabteilungsanzahl der Iststruktur durch die Ausweitung der Distanz nicht erreicht werden kann. Auch die durchschnittliche Fachabteilungsgröße der Iststruktur (46,8 Betten) wird in allen untersuchten Entfernungen unterschritten.

Hinsichtlich der durchschnittlichen Krankenhausgröße ist das Ergebnis nicht einheitlich. Die Ausdehnung der zulässigen Distanz in der örtlichen Versorgung führt zu einem Anstieg der durchschnittlichen Krankenhausgröße von 275 Betten im Basisszenario auf bis zu 288 Betten (+ 10,1 km, vgl. Tabelle 6-41, S. 245). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Anzahl der lokalisierten Betten gegenüber dem Basisszenario steigt (vgl. Tabelle 6-42, S. 245), weil nur noch drei statt zwölf Bedarfspunkte durch die Nachbarregionen abgedeckt werden müssen.

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	313		
Basisszenario	275	-12 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	277	-12 %	+1 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	288	-8 %	+5 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+10,1 km	272	-13 %	-1 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+20,2 km	270	-14 %	-2 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+30,3 km	270	-14 %	-2 %

Tabelle 6-41: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region B in Szenario 1 – Fokus Systemstabilität

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transfor- mations- kennzahl
Iststruktur	7.816			
Basisszenario	6.873	943	1.561	23 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	6.926	890	1.759	25 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	6.910	906	1.969	28 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+10,1 km	6.786	1.030	1.983	29 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+20,2 km	6.730	1.086	1.727	26 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+30,3 km	6.738	1.078	1.452	22 %

Tabelle 6-42: Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region B in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität

In der überörtlichen und überregionalen Versorgung sinkt hingegen die durchschnittliche Krankenhausgröße um bis zu 2 % (vgl. Tabelle 6-41). Dies liegt daran, dass das Krankenhausplanungsproblem bei steigender Distanz weniger Planbetten lokalisiert und somit die aufzurundenden Bruchteilsbedarfe abnehmen (vgl. Tabelle 6-42). Auch im Hinblick auf die durchschnittliche Krankenhausgröße ist abschließend festzuhalten, dass der in der Iststruktur beobachtete Wert von 313 Betten durch keine der untersuchten Distanzerweiterungen erreicht werden kann.

Die Transformationskennzahl steigt mit zunehmender Distanz in den Fachrichtungen der örtlichen Versorgung auf bis zu 28 % (+10,1 km, vgl. Tabelle 6-42). Bei einer Ausweitung der zulässigen Entfernung in den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung steigt die Transformationskennzahl zunächst auf 29 % an (+10,1 km) und sinkt dann bis auf 22 % ab (+30,3 km). Ursächlich dafür ist, dass die steigende Distanz eine größere Konsolidierung von Bruchteilsbedarfen ermöglicht und Verschiebungen

von Betten zwischen Krankenhausstandorten und Fachrichtungen vermieden werden können.

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung

Liegt der Fokus der entscheidungsbefugten Personen auf dem Ziel Angebotsbündelung, führt die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in der örtlichen Versorgung zu einem Rückgang der Fachabteilungsanzahl von 7 % gegenüber dem Basisszenario (vgl. Tabelle 6-43). Damit liegt die lokalisierte Fachabteilungsanzahl 68 % über der Iststruktur. Erst die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung um mindestens 20,2 km führt dazu, dass weniger Fachabteilungen lokalisiert werden als in der Iststruktur.

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	167		
Basisszenario	301	+80 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	295	+77 %	-2 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	280	+68 %	-7 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+10,1 km	231	+38 %	-23 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+20,2 km	165	-1 %	-45 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+30,3 km	131	-22 %	-56 %

Tabelle 6-43: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B in Szenario 1 – Fokus Angebotsbündelung

Mit sinkender Fachabteilungsanzahl steigt, wie erwartet, die durchschnittliche Fachabteilungsgröße um bis zu 9 % (Ausweitung der Distanz in der örtlichen Versorgung um 10,1 km) bzw. 127 % (Verdopplung der Distanz in der überörtlichen und überregionalen Versorgung) gegenüber dem Basisszenario (vgl. Tabelle 6-44, S. 247). Die durchschnittliche Fachabteilungsgröße von 46,8 Betten in der Iststruktur kann dabei nur erreicht werden, wenn die zulässige Entfernung in der überörtlichen und überregionalen Versorgung verdoppelt wird.

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	46,8		
Basisszenario	22,4	-52 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	23,2	-50 %	+4 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	24,5	-48 %	+9 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+10,1 km	29,3	-37 %	+31 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+20,2 km	40,7	-13 %	+83 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+30,3 km	50,9	+9 %	+127 %

Tabelle 6-44: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region B in Szenario 1 – Fokus Angebotsbündelung

Die durchschnittliche Krankenhausgröße liegt in Szenario 1 ebenfalls oberhalb des Basis-szenarios, erreicht aber in keiner der untersuchten Distanzerweiterungen den Wert der Iststruktur (vgl. Tabelle 6-45).

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	313		
Basisszenario	269	-14 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	286	-9 %	+6 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	286	-9 %	+6 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+10,1 km	294	-6 %	+9 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+20,2 km	292	-7 %	+9 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+30,3 km	303	-3 %	+13 %

Tabelle 6-45: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region B in Szenario 1 – Fokus Angebotsbündelung

Die Ausweitung der Distanz in der örtlichen Versorgung führt dazu, dass die Anzahl der lokalisierten Planbetten steigt (vgl. Tabelle 6-46, S. 248). Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Anteil des Bedarfs, der durch die umliegenden Regionen gedeckt werden muss, von 1,9 % auf 0,1 % (+5,05 km/+10,1 km) sinkt. Gegenüber dem Basisszenario entspricht dies einem Rückgang von 94 % (vgl. Tabelle 6-47, S. 248).

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	7.816			
Basisszenario	6.731	1.085	2.404	36 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	6.855	961	2.823	41 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	6.862	954	3.196	47 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+10,1 km	6.767	1.049	2.458	36 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+20,2 km	6.716	1.100	3.043	45 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+30,3 km	6.674	1.142	3.438	52 %

Tabelle 6-46: Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region B in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung

Szenario	Bettenbedarf in der örtlichen Versorgung, abgedeckt durch Nachbarregionen [Betten]	Δ zum Basisszenario [%]
Basisszenario	55,7	
Szenario 1 – Distanz ÖV +5,05 km	3,6	-94 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	3,4	-94 %

Tabelle 6-47: Summe der Bedarfe (in Betten), die in Region B in Szenario 1 durch Nachbarregionen gedeckt werden im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung

In den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung bewirkt eine Ausdehnung der zulässigen Distanz um 10,1 km, dass mehr Planbetten lokalisiert werden als im Basisszenario (vgl. Tabelle 6-47). Dies ist darauf zurückzuführen, dass in dieser Variante ein um 1 % höherer Gap als im Basisszenario zugelassen wird. Steigt die Distanz weiter – auf 50,5 km bzw. 60,6 km sinkt die Anzahl der lokalisierten Planbetten (vgl. Tabelle 6-47,) durch die Zusammenfassung von Bruchteilsbedarfen.

Die Transformationskennzahl steigt mit der Ausweitung der zulässigen Maximalentfernung – sowohl in der örtlichen als auch in der überörtlichen und überregionalen Versorgung – an. Einzig für die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in der überörtlichen und überregionalen Versorgung um 10,1 km wird der gleiche Wert der Transformationskennzahl realisiert wie im Basisszenario. Dies ist dadurch begründet, dass die Anzahl der Fachabteilungen, die bei absoluter Präferenz der Angebotsbündelung lokalisiert werden, mit zunehmender Distanz sinkt.

Analyse des Preprocessings

Im Basisszenario können innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung vier Bedarfspunkte in der örtlichen Versorgung nicht abgedeckt werden. Sofern die zulässige Distanz um mindestens 5,05 km auf 25,05 km erweitert wird, können alle Bedarfspunkte abgedeckt werden. Gleichzeitig sinkt die Anzahl der Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen, für die keine Doppelabdeckung erreicht werden kann.

Es ist jedoch zu beachten, dass es sich in beiden Fällen um einen reinen Klassifikationseffekt und nicht um eine tatsächliche Verbesserung der Erreichbarkeit handelt.

Auswirkungen auf den Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit können erst bei einer zusätzlichen Distanz von 10,1 km in der örtlichen Versorgung beobachtet werden.

Eine zulässige Distanz von 30,1 km in der örtlichen Versorgung bewirkt in Region B, dass alle Krankenhäuser die definierte Mindestgröße erreichen, und dass die Behandlungsangebote so gebündelt werden können, dass die Planbettenanzahl theoretisch ausreicht, um die Fachabteilungsmindestgröße zu erfüllen. Aufgrund eines geografischen und inhaltlichen Missverhältnisses von Angebot und Nachfrage muss die Nebenbedingung zur Fachabteilungsmindestgröße jedoch weiterhin flexibilisiert werden.

Die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in der überörtlichen und überregionalen Versorgung bleibt ohne Auswirkung auf die Anzahl der nicht abgedeckten Bedarfspunkte. Sie führt jedoch dazu, dass die Anzahl der Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen mit einfacher Abdeckung bzw. mehrfacher Abdeckung durch das gleiche Krankenhausunternehmen sinken. Auch hierbei handelt es sich um einen rein klassifikatorischen Effekt.

Je weniger Fachabteilungen durch die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung lokalisiert werden müssen, desto mehr sinken die erforderliche Gesamtkrankenhausricht- und Gesamtfachabteilungsmindestgröße und desto größer werden die verbleibenden Fachabteilungen. Dementsprechend steigt die Kennzahl, die das Verhältnis aus Planbetten und Referenzgröße misst, mit steigender Entfernung, während gleichzeitig die zweite Kennzahl, die das Verhältnis aus der Unterschreitung der Referenzgröße und der Referenzgröße misst, mit zunehmender Distanz sinkt.

Wird die fachrichtungsspezifische Maximalentfernung in den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung um mindestens 10,1 km ausgeweitet, ändert sich die Interpretation der Kennzahlen zur Fachabteilungsmindestgröße. Ab dieser Entfernung reicht die Nachfrage aus, um den Schwellenwert der Gesamtfachabteilungsmindestgröße zu erfüllen, die geografische Verteilung der Nachfrage verhindert jedoch, dass in 17 Fachrichtungen alle lokalisierten Fachabteilungen die notwendige Fachabteilungsmindestgröße erreichen. In weiteren acht Fachabteilungen liegt ein inhaltliches Missverhältnis vor, da die Nachfrage in der gesamten Region B nicht ausreicht, um zwei Fachabteilungen, die größer als die Mindestgröße sind, zu lokalisieren.

Ab einer Überschreitung der zulässigen Distanz in der überörtlichen und überregionalen Versorgung um mindestens 20,2 km ändert sich zudem die Interpretation der Kennzahlen zur Krankenhausrichtgröße. Die Fachabteilungsanzahl ist ausreichend klein, damit die allozierbare Nachfrage die Gesamtkrankenhausrichtgröße überschreiten kann. Jedoch besteht auch diesbezüglich ein geografisches Missverhältnis zwischen Angebot und Nachfrage.

Tabelle 6-48 (S. 251) und Tabelle 6-49 (S. 252) fassen abschließend die Ergebnisse der Preprocessings für Region B in Szenario 1 zusammen.

Zusammenfassung

Durch die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung können in Region B, verglichen mit dem Basisszenario, eine geringere Anzahl größerer Fachabteilungen in größeren Krankenhausstandorten lokalisiert werden. Abhängig von der Zielsetzung kann bei einer Verdoppelung der Distanz in der überörtlichen und überregionalen Versorgung eine geringere Anzahl größerer Fachabteilungen als in der Iststruktur realisiert werden. Bezogen auf die Kennzahlen des Grundsatzes der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit ist festzuhalten, dass die Nachfrage entweder zu gering ist, um die Vorgaben zu erfüllen oder zu zerstreut ist, um die Vorgaben zu Krankenhausmindest-, Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgröße hinreichend zu erfüllen. Einzig eine Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in der örtlichen Versorgung um 10,1 km führt dazu, dass die Krankenhausmindestgröße für alle Krankenhausstandorte erreicht werden kann.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basis	Örtliche Versorgung + 5,05 km	Örtliche Versorgung + 10,1 km
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	4	0	0
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	11 km	-	-
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	104	45	27
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	168	69	27
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,86 / 0	0,88 / 0	0,88 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,28 / 0,03	2,42 / 0,03	2,42 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,59 / 0,53	0,62 / 0,54	0,66 / 0,52
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,93 / 0,49	0,97 / 0,48	1,03 / 0,46
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Geografisches und inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage

Tabelle 6-48: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region B in Szenario 1 zu lösen (Teil 1)

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basis	Überörtliche und überregionale Versorgung +10,1 km	Überörtliche und überregionale Versorgung +20,2 km	Überörtliche und überregionale Versorgung +30,3 km
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	4	4	4	4
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	11 km	11 km	11 km	11 km
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	104	77	77	77
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	168	141	141	141
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,86 / 0	0,87 / 0	0,86 / 0	0,85 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,28 / 0,03	2,50 / 0,03	2,48 / 0,03	2,58 / 0,04
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,59 / 0,53	0,74 / 0,40	1,04 / 0,27	1,23 / 0,30
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,93 / 0,49	1,22 / 0,33	1,68 / 0,29	2,10 / 0,21
Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Geografisches und inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches und inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches und inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	

Tabelle 6-49: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region B in Szenario 1 zu lösen (Teil 2)

6.2.1.3 Analyse der Ergebnisse von Szenario 1 für Region C

Analyse des effizienten Randes

In Region C liegt auch in Szenario 1 kein effizienter Rand vor (vgl. Abbildung 6-10). Für jede der untersuchten Distanzerweiterungen existiert eine optimale Lösung, die unabhängig vom Fokus der Entscheidenden ist.

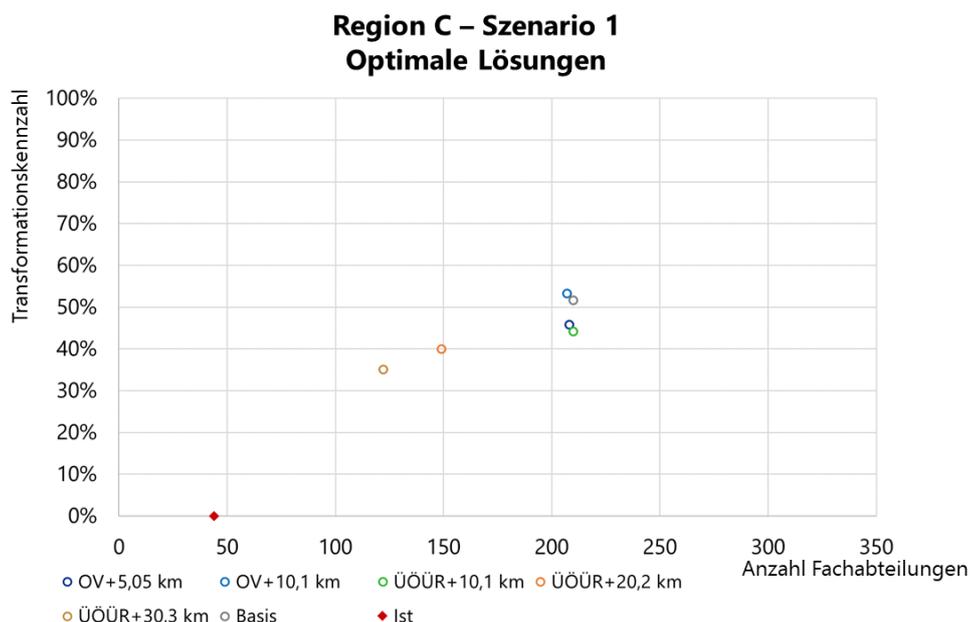


Abbildung 6-10: Optimale Lösungen für Region C in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario

Analyse der Planstruktur

Die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in der örtlichen Versorgung hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen (vgl. Tabelle 6-50, S. 254) und ihre durchschnittliche Größe (vgl. Tabelle 6-51, S. 254). Ebenso sind für eine Ausweitung der zulässigen Distanz in der überörtlichen und überregionalen Versorgung um +10,1 km keine Effekte zu beobachten (vgl. Tabelle 6-50 und Tabelle 6-51, beide S. 254).

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	44		
Basisszenario	210	+377 %	
Szenario 1 – ÖV+5,05 km	208	+373 %	-1 %
Szenario 1 – ÖV+10,1 km	207	+370 %	-1 %
Szenario 1 – ÜÖÜR+10,1 km	210	+377 %	-
Szenario 1 – ÜÖÜR+20,2 km	149	+239 %	-29 %
Szenario 1 – ÜÖÜR+30,3 km	122	+177 %	-42 %

Tabelle 6-50: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region C in Szenario 1 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	41,5		
Basisszenario	8,1	-80 %	
Szenario 1 – ÖV+5,05 km	7,9	-81 %	-2 %
Szenario 1 – ÖV+10,1 km	7,7	-81 %	-5 %
Szenario 1 – ÜÖÜR+10,1 km	8,2	-80 %	+1 %
Szenario 1 – ÜÖÜR+20,2 km	11,1	-73 %	+37 %
Szenario 1 – ÜÖÜR+30,3 km	13,5	-67 %	+67 %

Tabelle 6-51: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Region C in Szenario 1 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur

Erst wenn die zulässige Distanz in den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung auf 50,5 km steigt, sinkt die Anzahl der zu lokalisierenden Fachabteilungen auf 149 Fachabteilungen (-29 %, vgl. Tabelle 6-50) während gleichzeitig die durchschnittliche Fachabteilungsgröße auf 11,1 Betten ansteigt (+37 %, vgl. Tabelle 6-51). Die Verdopplung der zulässigen Entfernung in der überörtlichen und überregionalen Versorgung ermöglicht eine weitere Reduzierung der Fachabteilungsanzahl und einen Anstieg der durchschnittlichen Fachabteilungsgröße. Jedoch werden fast dreimal so viele Fachabteilungen lokalisiert wie in der Iststruktur. Die durchschnittliche Fachabteilungsgröße liegt mit 13,5 Betten um 67 % unterhalb der Iststruktur.

In Region C werden in jeder Variante von Szenario 1 zehn Krankenhäuser lokalisiert – ebenso wie im Basisszenario. Die durchschnittliche Krankenhausgröße bleibt unverändert klein (Variante +10,1 km in der überörtlichen und überregionalen Versorgung) bzw. schrumpft gegenüber dem Basisszenario (alle anderen Varianten, vgl. Tabelle 6-52, S. 255). Der Grund hierfür ist die Zusammenfassung von Bruchteilsbedarfen, die dazu führt,

dass in diesen Varianten weniger Planbetten lokalisiert werden müssen als im Basisszenario (vgl. Tabelle 6-53).

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	166		
Basisszenario	171	+3 %	
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	165	-1 %	-4 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	159	-4 %	-7 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+10,1 km	172	+4 %	+1 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+20,2 km	165	-1 %	-4 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+30,3 km	165	-1 %	-4 %

Tabelle 6-52: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region C in Szenario 1 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transfor- mations- kennzahl
Iststruktur	1.826			
Basisszenario	1.707	119	881	52 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+5,05 km	1.645	181	753	46 %
Szenario 1 – Distanz ÖV+10,1 km	1.585	241	844	53 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+10,1 km	1.715	111	758	44 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+20,2 km	1.650	176	660	40 %
Szenario 1 – Distanz ÜÖÜR+30,3 km	1.650	176	580	35 %

Tabelle 6-53: Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region C in Szenario 1 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario

Die Ausweitung der zulässigen Distanz in der örtlichen Versorgung bewirkt, dass die Transformationskennzahl zunächst auf 46 % zurückgeht (+5,05 km) und anschließend auf 53 % ansteigt (+10,1 km, vgl. Tabelle 6-53). Wird die zulässige fachrichtungsspezifische Maximalentfernung in den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung ausgeweitet, sinkt die Transformationskennzahl auf bis zu 35 % (+30,3 km). Dies bedeutet, dass mit steigender fachrichtungsspezifischer Maximalentfernung weniger Anpassungen erforderlich sind, um die Iststruktur in die Planstruktur zu überführen.

Analyse des Preprocessings

Die Ausweitung der Distanz in der örtlichen Versorgung bewirkt in Region C, dass die Anzahl der nicht abgedeckten Bedarfspunkte und die Anzahl der nicht doppelt abge-

deckten Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen sinkt (vgl. Tabelle 6-54, S. 257).⁶⁷⁰ Zudem sinkt die Anzahl der allokierten und aufzurundenden Bruchteilsbedarfe mit zunehmender fachrichtungsspezifischer Maximalentfernung. Infolgedessen sinkt die Auslastung der Krankenhausstandorte sowie das Verhältnis aus Planbetten und Krankenhausmindestgröße.

Die geografische Verteilung von Angebot und Nachfrage kann erst ab einer Erweiterung des Radius von 10,1 km in Einklang gebracht werden. Auf die Interpretation der Kennzahlen zur wirtschaftlichen Sicherung bleibt die Ausweitung der Distanz in der örtlichen Versorgung ebenso ohne Effekt, wie auf die Entwicklung der Einzelkennzahlen zu Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgröße.

Die Ausweitung der zulässigen Entfernung in den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung bleibt in Region C ohne Einfluss auf die Anzahl der abgedeckten Bedarfspunkte (vgl. Tabelle 6-55, S. 258). Die Gesamtdistanz, die von diesen Bedarfspunkten zusätzlich zurückgelegt werden muss, um das jeweils nächstgelegene Behandlungsangebot zu erreichen, sinkt um 28 %.⁶⁷¹ Zudem sinkt die Anzahl der nicht doppelt abgedeckten Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen im ersten Schritt um 58 % bzw. 60 % (+10,1 km) und in einem zweiten Schritt um 16 % bzw. 20 % (+20,2 km).⁶⁷²

Die Vergrößerung der zulässigen Distanz führt in den Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung ab einem Plus von 20,2 km zu einer Reduktion der Fachabteilungsanzahl und damit zu einer Zusammenfassung von Bruchteilsbedarfen. Dies hat einen positiven Effekt auf die Auslastung und – ab einer Ausweitung um mindestens 20,2 km – auf die Kongruenz von Angebot und Nachfrage.

⁶⁷⁰ Wie bereits im Rahmen der Analyse der Ergebnisse von Region B erläutert wurde, handelt es sich dabei ausschließlich um einen Klassifikationseffekt und nicht um eine Verbesserung der Abdeckung.

⁶⁷¹ Vgl. Anmerkung in Fußnote 670

⁶⁷² Vgl. Anmerkung in Fußnote 670

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basis	Örtliche Versorgung + 5,05 km	Örtliche Versorgung + 10,1 km
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	15	5	3
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	322 km	157 km	103 km
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	842	704	629
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	1.061	919	823
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,93 / 0,01	0,90 / 0,003	0,87 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	1,63 / 0,02	1,57 / 0,04	1,51 / 0,04
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,21 / 0,79	0,21 / 0,79	0,20 / 0,8
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,34 / 0,71	0,33 / 0,73	0,32 / 0,72
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen

Tabelle 6-54: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region C in Szenario 1 zu lösen (Teil 1)

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basis	Überörtliche und überregionale Versorgung +10,1 km	Überörtliche und überregionale Versorgung +20,2 km	Überörtliche und überregionale Versorgung +30,3 km
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	15	15	15	15
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	322 km	233 km	233 km	233 km
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	842	355	297	297
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	1.061	424	341	341
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,93 / 0,01	0,94 / 0,002	0,90 / 0	0,90 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	1,63 / 0,02	1,63 / 0,03	1,57 / 0,03	1,57 / 0,03
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage			
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,21 / 0,79	0,22 / 0,78	0,29 / 0,71	0,35 / 0,66
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen			
Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,34 / 0,71	0,34 / 0,71	0,46 / 0,61	0,56 / 0,55
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen			

Tabelle 6-55: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das angepasste Krankenhausplanungsproblem in Region C in Szenario 1 zu lösen (Teil 2)

Jedoch bleibt die Ausweitung der zulässigen Distanz auch in der überörtlichen und überregionalen Versorgung ohne Einfluss auf die Interpretation der Kennzahlen der wirtschaftlichen Sicherung – auch wenn die Kennzahlen sich deutlicher verändern als bei einer Ausweitung der Distanz in der örtlichen Versorgung. Der Rückgang der Fachabteilungsanzahl führt dazu, dass die Gesamtkrankenhausrichtgröße (um -38 %) und die Gesamtfachabteilungsmindestgröße (um -42 %) sinken. Dadurch steigt der Wert der jeweils ersten und sinkt der Wert der jeweils zweiten Kennzahl zur Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgröße.

Zusammenfassung

Die Erweiterung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung führt in Region C nur in der überörtlichen und überregionalen Versorgung zu einer deutlichen Reduktion der Anzahl der benötigten Fachabteilungen gegenüber dem Basisszenario. Im Vergleich mit der Iststruktur bleibt die benötigte Anzahl Fachabteilungen auch bei einer Verdopplung der Distanz mit 122 Fachabteilungen weiterhin hoch und die durchschnittliche Größe der Fachabteilungen mit 13,5 Betten weiterhin sehr⁶⁷³ klein. Die Kennzahlen zur wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit verbessern sich leicht im Vergleich zum Basisszenario, jedoch ohne Effekt auf die Interpretation der Ergebnisse. Somit kann durch die alleinige Ausweitung der zulässigen Distanz in Region C keine wirtschaftlich arbeitende Krankenhausstruktur etabliert werden.

⁶⁷³ Basierend auf den Richtwerten der PpUGV 2018 gelten im Rahmen dieser Arbeit folgende Grenzen zur Klassifizierung der Fachabteilungsgröße:

Klassifikation	Definition	Grenzen
Sehr klein	Weniger als ein Viertel der definierten Mindestgröße	Geburtshilfe, Geriatrie, Unfallchirurgie: ≤ 5 Betten Kinder- und Jugendheilkunde: ≤ 9 Betten Alle weiteren: ≤ 6 Betten
Klein	Weniger als die Hälfte der definierten Mindestgröße	Geburtshilfe: 6 - 8 Betten Geriatrie, Unfallchirurgie: 6 - 10 Betten Kinder- und Jugendheilkunde: 10 - 18 Betten Alle weiteren: 7 - 12 Betten
Durchschnittlich	Zwischen der Hälfte und der doppelten definierten Mindestgröße	Geburtshilfe: 9 - 34 Betten Geriatrie, Unfallchirurgie: 11 - 40 Betten Kinder- und Jugendheilkunde: 19 - 72 Betten Alle weiteren: 13 - 48 Betten
Groß	Mehr als doppelt so groß wie die definierte Mindestgröße	Geburtshilfe: 35 - 68 Betten Geriatrie, Unfallchirurgie: 41 - 80 Betten Kinder- und Jugendheilkunde: 73 - 144 Betten Alle weiteren: 49 - 96 Betten
Sehr groß	Mehr als viermal so groß wie die definierte Mindestgröße	Geburtshilfe: ≥ 69 Betten Geriatrie, Unfallchirurgie: ≥ 81 Betten Kinder- und Jugendheilkunde: ≥ 73 Betten Alle weiteren: ≥ 49 Betten

6.2.1.4 Schlussfolgerungen aus Szenario 1

Eine Ausweitung der zulässigen fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung ist eine geeignete Maßnahme um die geografisch verteilt auftretenden Behandlungsbedarfe in einer kleineren Anzahl Fachabteilungen zu konsolidieren.

Die Ausweitung der Distanz in der überörtlichen und überregionalen Versorgung ermöglicht in Region A eine noch stärkere Konsolidierung der Krankenhausstrukturen.

Dabei ist jedoch zu beachten, dass in der Allgemeinen Chirurgie und Allgemeinen Inneren Medizin drei Fachabteilungen mit über 500 Betten gebildet werden. In der Geburtshilfe entsteht eine Fachabteilung mit 36 Betten und eine Fachabteilung mit 105 Betten. Dies entspräche 7.426 Geburten pro Jahr⁶⁷⁴. Vor diesem Hintergrund ist zu überlegen, ob und für welche Fachrichtungen, neben der bereits implementierten Vorgabe zur Mindestbettenanzahl, zusätzlich eine Vorgabe zur Maximalbettenanzahl gemacht werden sollte, um diseconomies of scale zu vermeiden.

In Region B kann durch die Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in der überörtlichen und überregionalen Versorgung erreicht werden, dass, bei entsprechender Präferenz, weniger Fachabteilungen lokalisiert werden als in der Iststruktur. Bei einer Verdoppelung dieser Distanz übertrifft die durchschnittliche Fachabteilungsgröße zudem den Wert der Iststruktur.

In Region C hingegen reicht auch eine Verdopplung der zulässigen Distanz in der überörtlichen und überregionalen Versorgung nicht aus, um wirtschaftliche Fachabteilungen und Krankenhäuser zu bilden. Zwar entspricht die durchschnittliche Krankenhausgröße weitgehend dem in der Iststruktur beobachteten Wert, jedoch liegt dies daran, dass Bedarfe, die zuvor in benachbarten Regionen gedeckt wurden, in die Region C zurückgeholt werden. Aus den im Rahmen des Preprocessings ermittelten Kennzahlen zur wirtschaftlichen Sicherung folgt, dass nur 22 % bis 35 % der Betten, die zum Erreichen der Gesamtkrankenhausrichtgröße benötigt würden, und nur 34 % bis 54 % der Betten, die zum Erreichen der Gesamtfachabteilungsmindestgröße benötigt würden, lokalisiert werden.

⁶⁷⁴ Zur Erläuterung der Umrechnung vgl. Fußnote 609

Für Region B und C gilt somit weiterhin, dass zu viele zu kleine Fachabteilungen lokalisiert werden, die die Realisierung von Skaleneffekten erschweren bzw. verhindern. Dementsprechend reicht die alleinige Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung nicht aus, um die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass die Krankenhausstruktur alle Vorgaben der acht Grundsätze der Krankenhausplanung erfüllt.

6.2.2 Szenario 2: Integrierte Lösung der Regionen A und B

Durch die Auswahl des Autonomieansatzes (vgl. Kapitel 2.1.2) ist die Berücksichtigung regionenübergreifender Behandlungsbedarfe im Krankenhausplanungsproblem auf die systemrelevanten Angebote beschränkt. Dies bedeutet, dass Menschen nur in angrenzenden Versorgungsgebieten behandelt werden dürfen, wenn sie innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung kein Krankenhaus in der eigenen Region erreichen können. Dadurch wird sichergestellt, dass es in den Grenzregionen nicht zu einer Unterversorgung kommt. Gleichzeitig bleibt in den Grenzregionen bestehendes Konsolidierungspotential ungenutzt. Dieses Dilemma kann durch eine Vergrößerung der Planungsregion verringert werden.

In der folgenden Szenarioanalyse (Szenario 2) wird deswegen untersucht, welchen Effekt die gemeinsame Betrachtung der Regionen A und B (im Folgenden als Region A+B bezeichnet) auf die Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems hat. Diese Ergebnisse werden mit der Summe der Ergebnisse der Einzellösungen (im Folgenden als aggregiertes Basisszenario bezeichnet) verglichen.

6.2.2.1 Analyse der Ergebnisse von Szenario 2

Analyse der Iststruktur

Die Iststruktur der kombinierten Region A+B besteht aus 302 Fachabteilungen in 31 somatischen Fachrichtungen. Insgesamt sind in der Region A+B 14.873 Krankenhausbetten zur Versorgung der Bevölkerung vorhanden. Abbildung 6-11 zeigt die geografische Verteilung der Bedarfspunkte und die Lage der 45 Krankenhausstandorte, die in der Iststruktur bestehen, sowie die gemeinsame Grenze zwischen den beiden Versorgungsgebieten.

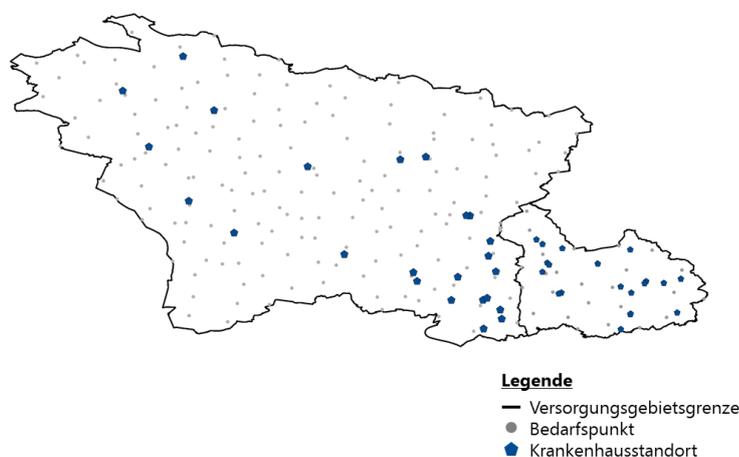


Abbildung 6-11: Lage und geografische Verteilung der Krankenhäuser und Bedarfspunkte in der Iststruktur in Region A+B⁶⁷⁵

Analyse des effizienten Randes

Durch die gemeinsame Betrachtung der Regionen A und B sinkt die Anzahl der insgesamt lokalisierten Fachabteilungen (vgl. Abbildung 6-12, S. 263). Die Transformationskennzahlen, die für die beiden Extrempunkte erzielt werden, unterscheiden sich je nach Instanz um +/- 1 % von denen des Basisszenarios.

⁶⁷⁵ Eigene Darstellung unter Verwendung der Daten von MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

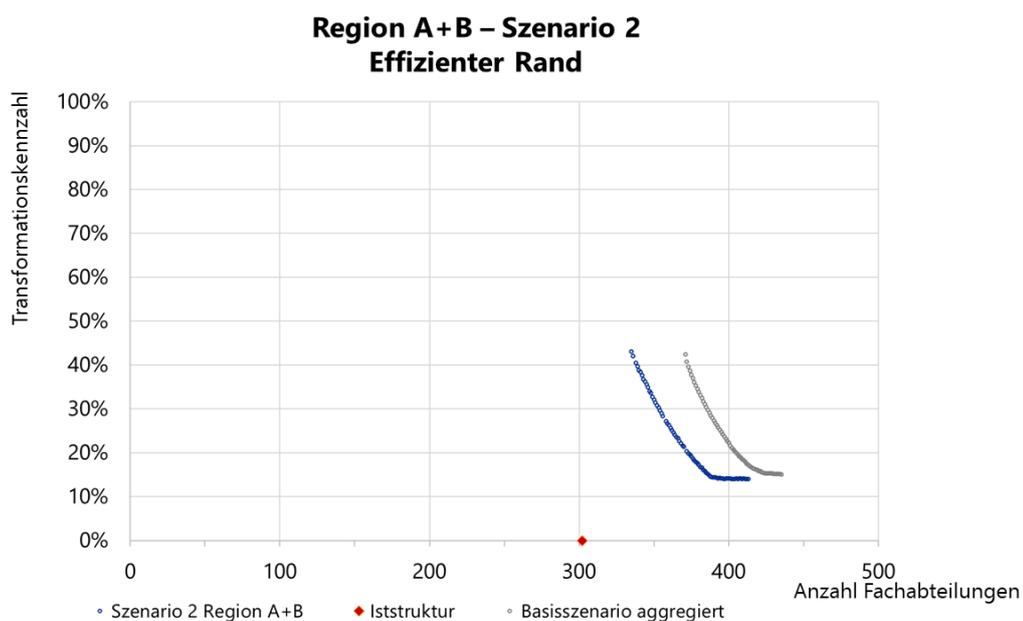


Abbildung 6-12: Effizienter Rand für Region A+B in Szenario 2 im Vergleich zur Iststruktur und zum aggregierten Basisszenario⁶⁷⁶

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität

Liegt der Fokus der entscheidungsbefugten Personen auf der Systemstabilität werden 12.146 Betten in 413 Fachabteilungen lokalisiert (vgl. Tabelle 6-56 und Tabelle 6-57, S. 264). Dies sind 22 Fachabteilungen weniger als im aggregierten Basisszenario (-5 %). Die Transformationskennzahl sinkt gegenüber dem Basisszenario um 1 %.

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	14.873			
Basisszenario (aggregiert) – Fokus Systemstabilität	12.138	2.735	1.850	15 %
Szenario 2 – Fokus Systemstabilität	12.146	2.727	1.704	14 %

Tabelle 6-56: Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 2 im Vergleich zum aggregierten Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

⁶⁷⁶ Die Instanzen mit 337, 357 und 371 Fachabteilungen sind in Szenario 2 innerhalb von 24 Stunden nicht lösbar und werden daher im hier gezeigten effizienten Rand nicht dargestellt.

Szenario	Anzahl Fach- abteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	302		
Basisszenario (aggregiert) – Fokus Systemstabilität	435	+44 %	
Szenario 2 – Fokus Systemstabilität	413	+37 %	-5 %

Tabelle 6-57: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A+B in Szenario 2 im Vergleich zum aggregierten Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Die durchschnittliche Fachabteilungsgröße steigt um 17 % gegenüber dem aggregierten Basisszenario (vgl. Tabelle 6-58).

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungs- größe [Betten]	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	49,2		
Basisszenario (aggregiert) - Fokus Systemstabilität	25,2	-49 %	
Szenario 2 - Fokus Systemstabilität	29,4	-40 %	+17 %

Tabelle 6-58: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 2 in Region A+B im Vergleich zum (aggregierten) Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Die durchschnittliche Krankenhausgröße beträgt wie im Basisszenario 289 Betten (vgl. Tabelle 6-59). Sie liegt um 13 % unter der durchschnittlichen Krankenhausgröße der Iststruktur und sinkt somit unterproportional zum Bettenabbau.

Szenario	Durchschnittliche Krankenhaus- größe [Betten]	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	331		
Basisszenario (aggregiert) - Fokus Systemstabilität	289	-13 %	
Szenario 2 - Fokus Systemstabilität	289	-13 %	-

Tabelle 6-59: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 2 in Region A+B im Vergleich zum (aggregierten) Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung

Liegt der Fokus der Personen, die die Entscheidung treffen, auf der Angebotsbündelung lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem 11.876 Betten in 335 Fachabteilungen (vgl. Tabelle 6-60, und Tabelle 6-61, beide S. 265). Die Anzahl der Fachabteilungen geht gegenüber dem aggregierten Basisszenario um 10 % zurück.

In der örtlichen Versorgung werden zwischen 17 und 23 Fachabteilungen, in der überörtlichen und überregionalen Versorgung 9 bis 11 Fachabteilungen lokalisiert.

Um diese Planstruktur zu realisieren, müssen im Vergleich zur Iststruktur 2.997 Betten (-20 %) abgebaut und 5.110 Betten zwischen Fachabteilungen und Krankenhäusern verschoben werden (vgl. Tabelle 6-60). Die Transformationskennzahl steigt um 1 % auf 43 %.

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	14.873			
Basisszenario (aggregiert) -) - Fokus Angebotsbündelung	11.940	2.933	5.062	42 %
Szenario 2 - Fokus Angebotsbündelung	11.876	2.997	5.110	43 %

Tabelle 6-60: Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 2 im Vergleich zum aggregierten Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	302		
Basisszenario (aggregiert) - Fokus Angebotsbündelung	371	+23 %	
Szenario 2 - Fokus Angebotsbündelung	335	+11 %	-10 %

Tabelle 6-61: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A+B in Szenario 2 im Vergleich zum aggregierten Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Die durchschnittliche Fachabteilungsgröße steigt im Mittel über alle Fachabteilungen um 23 % gegenüber dem aggregierten Basisszenario (vgl. Tabelle 6-62).

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	49,2		
Basisszenario (aggregiert) - Fokus Angebotsbündelung	28,8	-41 %	
Szenario 2 - Fokus Angebotsbündelung	35,5	-28 %	+23 %

Tabelle 6-62: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 2 in Region A+B im Vergleich zum (aggregierten) Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Obwohl im Vergleich zur Iststruktur 20 % aller Planbetten abgebaut werden (vgl. Tabelle 6-60, S. 265), sinkt die durchschnittliche Größe der Krankenhausstandorte nur um 3 % (vgl. Tabelle 6-63). Sie liegt mit 321 Betten um 2 % oberhalb des im aggregierten Basisszenario beobachteten Wertes. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Vergleich zum aggregierten Basisszenario ein Krankenhausstandort geschlossen wird.

Szenario	Durchschnittliche Krankenhaus- größe [Betten]	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	331		
Basisszenario (aggregiert) - Fokus Angebotsbündelung	314	-5 %	
Szenario 2 - Fokus Angebotsbündelung	321	-3 %	+2 %

Tabelle 6-63: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 2 in Region A+B im Vergleich zum (aggregierten) Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Analyse des Preprocessings

Die kombinierte Betrachtung der Regionen A und B hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Interpretation der Kennzahlen zur Analyse der Preprocessings (vgl. Tabelle 6-64, S. 267).

Mit vier Bedarfspunkten sind genauso viele Bedarfspunkte in mindestens einer Fachrichtung nicht innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung abgedeckt, wie im aggregierten Basisszenario. Die Kennzahlen hinsichtlich der nicht doppelt abgedeckten Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen verbessern sich gegenüber dem aggregierten Basisszenario um jeweils vier Relationen auf 100 Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen, die nur ein Krankenhaus, und 164 Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen, die nur Krankenhäuser des gleichen Unternehmens erreichen können.

Durch die gemeinsame Betrachtung der Regionen A und B können die Vorgaben des Grundsatzes der wirtschaftlichen Sicherung besser erfüllt werden als im aggregierten Basisszenario. Insgesamt müssen weniger Fachabteilungen und Krankenhäuser lokalisiert werden. Außerdem sinkt die Gesamtkrankensrichtgröße. Dies zeigt sich daran, dass der Wert der jeweils ersten Kennzahl (KPI 1) für die Krankenhausmindest-, Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgröße steigt (vgl. Tabelle 6-64, S. 267). Die Veränderung ist jedoch zu gering, um Einfluss auf die Beurteilung der Kennzahlen des Grundsatzes der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit zu haben.

Auch auf die notwendige Flexibilisierung des Grundsatzes der Strukturkontinuität hat die aggregierte Lösung keine Auswirkung.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Aggregiertes Basisszenario	Szenario 2
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	4	4
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	11 km	11 km
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	104	100
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	168	164
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,80 / 0	0,80 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,19 / 0,02	2,23 / 0,02
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,85 / 0,43	0,91 / 0,46
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	1,34 / 0,42	1,48 / 0,42
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage

Tabelle 6-64: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region A+B in Szenario 2 zu lösen

6.2.2.2 Schlussfolgerungen aus Szenario 2

Die Vergrößerung der Planungsregion erschließt zusätzliches Konsolidierungspotential. Auch wenn die gemeinsame Grenze der Regionen A und B in beiden Regionen einen relativ kleinen Anteil der Gesamtgrenze ausmacht (vgl. Abbildung 6-11, S. 262) können durch die gemeinsame Betrachtung der Regionen A und B im Krankenhausplanungspro-

blem bis zu 10 % weniger Fachabteilungen lokalisiert werden als bei getrennter Betrachtung der Regionen.

Die kombinierte Betrachtung dieser benachbarten Planungsregionen reicht jedoch nicht aus, damit alle Krankenhausstandorte und Fachabteilungen die Vorgaben zur Abbildung der Grundsätze der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung, der Qualität und Leistungsfähigkeit sowie der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit erfüllen können.

6.2.3 Szenario 3: Ausschluss von Fachrichtungen mit landesweit geringen Bedarfen

In allen drei Regionen führt die Prämisse der Doppelabdeckung zu einem Aufbau von Fachabteilungen in mehreren Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung. Diese Fachrichtungen sind in der Iststruktur maximal mit einer Fachabteilung vertreten. In Kombination mit der Prämisse der Reduktion der landesweiten Planbettenzahlen entstehen in einigen Fachrichtungen sehr kleine Fachabteilungen.

Es könnte daher sinnvoll sein, Fachrichtungen mit landesweit geringen Bedarfen nicht auf der Ebene der Versorgungsgebiete zu planen. Als Fachrichtungen mit landesweit geringen Bedarfen werden im Folgenden jene Fachrichtungen verstanden, deren landesweite Bedarfe nicht ausreichen, um in jeder Region mindestens zwei Fachabteilungen zu lokalisieren, die größer sind als die in Kapitel 5.3.7 definierte Fachabteilungsrichtgröße. Diese Fachrichtungen werden in Tabelle 6-65 (S. 269) identifiziert und im weiteren Verlauf dieser Arbeit als überregionale Fachrichtungen bezeichnet.

Fachrichtung	Maximal mögliche Anzahl Fachabteilungen gemäß Richtgröße	Klassifikationsvorschlag ⁶⁷⁷	Klassifikation Landeskrankenhausplan 2001 ⁶⁷⁸
Augenheilkunde	97	überörtlich	örtlich
Chirurgie/Allgemeine Chirurgie	218	örtlich	örtlich
Chirurgie/Gefäßchirurgie	53	überörtlich	überörtlich
Chirurgie/Herzchirurgie	16	überregional	- (⁶⁷⁹)
Chirurgie/Kinderchirurgie	16	überregional	überregional
Chirurgie/Orthopädie	71	überörtlich	überörtlich
Chirurgie/Unfallchirurgie	119	überörtlich	überörtlich
Chirurgie/Plastische Chirurgie	11	überregional	überregional
Chirurgie/Thoraxchirurgie	27	überregional	überregional
Chirurgie/Viszeralchirurgie	47	überörtlich	überörtlich
Frauenheilkunde	140	örtlich	örtlich
Geburtshilfe	142	örtlich	örtlich
Geriatric	99	überörtlich	überörtlich
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	236	überörtlich	örtlich
Haut- und Geschlechtskrankheiten	20	überregional	überörtlich
Allgemeine Innere Medizin	277	örtlich	örtlich
Innere Medizin/Angiologie	6	überregional	überregional
Innere Medizin/Endokrinologie	9	überregional	überregional
Innere Medizin/Gastroenterologie	81	überörtlich	überörtlich
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	43	überörtlich	überörtlich
Innere Medizin/Kardiologie	90	überörtlich	überörtlich
Innere Medizin/Nephrologie	40	überörtlich	überörtlich
Innere Medizin/Pneumologie	30	überregional	überregional
Innere Medizin/Rheumatologie	16	überregional	überregional
Kinder- und Jugendmedizin	76	überörtlich	überörtlich
Mund-Kiefer-Gesichts Chirurgie	24	überregional	überörtlich
Neurochirurgie	22	überregional	überörtlich
Neurologie	85	überörtlich	überörtlich
Nuklearmedizin	20	überregional	überörtlich
Strahlenheilkunde	35	überörtlich	überörtlich
Urologie	89	überörtlich	überörtlich

Tabelle 6-65: Klassifikation der Fachrichtungen in überörtlich und überregional basierend auf dem landesweiten Bedarf und der Fachabteilungsrichtgröße⁶⁸⁰

⁶⁷⁷ Die Klassifikation von Allgemeiner Chirurgie, Allgemeiner Innerer Medizin, Frauenheilkunde und Geburtshilfe als Fachrichtungen der örtlichen Versorgung erfolgt basierend auf den Angaben in MGEPA NRW 2013b, S. 33.

⁶⁷⁸ An dieser Stelle wird die niedrigste Versorgungsstufe gemäß des NRW Landeskrankenhausplans 2001 (vgl. MFJFG NRW 2002, S. 74) ausgewiesen, auch wenn eine Fachrichtung in dieser Stufe nur eingeschränkt vorzuhalten war.

⁶⁷⁹ Die Herzchirurgie war im Landeskrankenhausplan 2001 als besonderes Leistungsangebot ausgewiesen (vgl. MFJFG NRW 2002, S. 73) und wurde nicht in eine Versorgungsstufe eingeordnet.

⁶⁸⁰ Eigene Darstellung unter Berücksichtigung der Angaben in MFJFG NRW 2002

Dabei fällt auf, dass alle Fachrichtungen, die im Landeskrankenhausplan 2001 als überregionale Fachrichtungen klassifiziert waren, auch nach dieser Definition als überregional eingeordnet werden. Darüber hinaus werden die Fachrichtungen für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Neurochirurgie und Nuklearmedizin als überregional klassifiziert.

Im Anschluss wird das Krankenhausplanungsproblem für alle drei Regionen nur für die Fachrichtungen der örtlichen⁶⁸¹ und überörtlichen Versorgung⁶⁸² gelöst.

6.2.3.1 Analyse der Ergebnisse von Szenario 3 für Region A

Analyse der Iststruktur

Wird das Krankenhausplanungsproblem nur auf die Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung angewendet, entfallen 12 Fachrichtungen aus der Betrachtung, die in der Iststruktur der Region A mit 18 Fachabteilungen und 836 Krankenhausbetten vertreten waren. Im Vergleich zum Basisszenario entfallen 24 Fachabteilungen (je zwei pro Fachrichtung der überregionalen Versorgung) und 429 Krankenhausbetten (Systemstabilität) bzw. 430 Krankenhausbetten (Angebotsbündelung).

Analyse der Ergebnisse

Die ausschließliche Betrachtung der Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung bewirkt, dass die Anzahl der Fachabteilungen stärker sinkt als im Basisszenario (vgl. Tabelle 6-66, S. 271). Zudem steigt die durchschnittliche Fachabteilungsgröße stärker (Fokus Angebotsbündelung) bzw. nimmt weniger stark ab (Fokus Systemstabilität) als im Basisszenario.

⁶⁸¹ Die Fachrichtungen der örtlichen Versorgung werden durch den Landeskrankenhausplan NRW definiert (vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 3)

⁶⁸² Als Fachrichtungen der überörtlichen Versorgung werden im Folgenden jene Fachrichtung verstanden, die nicht der örtlichen Versorgung zuzurechnen sind und in denen der landesweite Bedarf ausreicht, um in jedem Versorgungsgebiet mindestens zwei Fachabteilungen zu lokalisieren, die größer sind als die Fachabteilungsrichtgröße.

Zielsetzung	Szenario	Veränderung der Fachabteilungsanzahl gegenüber der Iststruktur	Veränderung der durchschnittlichen Fach- abteilungsgröße gegenüber der Iststruktur
Fokus Systemstabilität	Basisszenario	-13 %	-14 %
	Szenario 3	-21 %	-2 %
Fokus Angebotsbündelung	Basisszenario	-48 %	+42 %
	Szenario 3	-61 %	+ 95 %

Tabelle 6-66: Veränderung der Fachabteilungsanzahl und durchschnittlichen Fachabteilungsgröße in Region A im Basisszenario und Szenario 3 gegenüber der Iststruktur⁶⁸³

Analyse des Preprocessings

Auch wenn die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung nicht im Krankenhausplanungsproblem berücksichtigt werden, muss weiterhin die Nebenbedingung, die die Fachabteilungsmindestgröße steuert, flexibilisiert werden (vgl. Tabelle 6-67, S. 272). Die Summe der Betten, mit denen die Mindestfachabteilungsgröße unterschritten wird, ist dabei sowohl absolut als auch relativ niedriger als im Basisszenario.

Zusammenfassung

Somit ist davon auszugehen, dass die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung die Konsolidierung der Krankenhausstruktur in Region A negativ beeinflussen.

⁶⁸³ Für die Berechnung der Veränderung im Basisszenario werden alle 31 Fachrichtungen betrachtet. Für die Berechnung der Veränderung in Szenario 3 nur die Fachrichtung der 19 Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basisszenario	Szenario 3
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	0	0
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	-	-
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	0	0
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	0	0
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,74 / 0	0,77 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,09 / 0	2,02 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	1,96 / 0	2,55 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	3,09 / 0,14	4,31 / 0,02
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage

Tabelle 6-67: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region A in Szenario 3 zu lösen⁶⁸⁴

6.2.3.2 Analyse der Ergebnisse von Szenario 3 für Region B

Analyse der Iststruktur

Ohne die 12 Fachrichtungen der überregionalen Versorgung besteht die Iststruktur der Region B aus 25 Krankenhäusern mit 7.076 Betten in 149 Fachabteilungen. Dies sind 18 Fachabteilungen und 740 Betten weniger als bei der Betrachtung von allen 31 somatischen Fachrichtungen. Im Vergleich zum Basisszenario entfallen 100 Fachabteilungen

⁶⁸⁴ Als Bezugsgröße der Kapazitätsauslastung werden nur die existierenden Betten in den Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung herangezogen.

und 637 Betten (Fokus Systemstabilität) bzw. 109 Fachabteilungen und 588 Betten (Fokus Angebotsbündelung).

Analyse der Ergebnisse

Auch in Region B nimmt die Anzahl der Fachabteilungen weniger stark zu und die durchschnittliche Fachabteilungsgröße sinkt weniger stark als im Basisszenario (vgl. Tabelle 6-68).

Zielsetzung	Szenario	Veränderung der Fachabteilungsanzahl gegenüber der Iststruktur	Veränderung der durchschnittlichen Fachabteilungsgröße gegenüber der Iststruktur
Fokus Systemstabilität	Basisszenario	+90 %	-54 %
	Szenario 3	+46 %	-40 %
Fokus Angebotsbündelung	Basisszenario	+80 %	-52 %
	Szenario 3	+29 %	-32 %

Tabelle 6-68: Veränderung der Fachabteilungsanzahl und durchschnittlichen Fachabteilungsgröße in Region B im Basisszenario und Szenario 3 gegenüber der Iststruktur⁶⁸⁵

Analyse des Preprocessings

In Region B müssen bei Nichtbetrachtung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung Flexibilisierungen vorgenommen werden (vgl. Tabelle 6-69, S. 274).

Die Bewertung der Abdeckung ändert sich im Hinblick auf die Einfachabdeckung nicht und im Hinblick auf die Doppelabdeckung nur geringfügig. 12 % der nicht durch zwei Fachabteilungen bzw. 7 % der nicht durch zwei, zu unterschiedlichen Krankenhausunternehmen gehörenden, Fachabteilungen abgedeckten Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen entfallen auf die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung.

Im Vergleich mit dem Basisszenario ändert sich jedoch die Beurteilung der Kennzahlen zur Fachabteilungsmindestgröße. In Szenario 3 werden in allen Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung genügend Betten lokalisiert, um theoretisch die Mindestgröße aller Fachabteilungen einhalten zu können. Auch wenn die Nachfrage in den Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung theoretisch ausreicht, um die Anforderungen an die Mindestfachabteilungsgröße zu erfüllen, führen die Größe

⁶⁸⁵ Für die Berechnung der Veränderung im Basisszenario werden alle 31 Fachrichtungen betrachtet. Für die Berechnung der Veränderung in Szenario 3 nur die Fachrichtung der 19 Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung.

der Versorgungsregion und die Position der Krankenhausstandorte zu einem geografischen Missverhältnis zwischen Angebot und Nachfrage.

Die Kennzahlen zur Bewertung des Grundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit verschlechtern sich im Vergleich zum Basisszenario, da insbesondere Fachrichtungen der örtlichen Versorgung von der fehlenden Doppelabdeckung betroffen sind.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basisszenario	Szenario 3
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	4	4
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	11 km	11 km
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	104	92
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	168	156
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,86 / 0	0,88 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,28 / 0,03	2,29 / 0,03
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,59 / 0,53	0,80 / 0,42
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgaben zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgaben zu erfüllen
Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,93 / 0,49	1,35 / 0,28
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgaben zu erfüllen	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage

Tabelle 6-69: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region B in Szenario 3 zu lösen im Vergleich zum Basisszenario⁶⁸⁶

⁶⁸⁶ Als Bezugsgröße der Kapazitätsauslastung werden nur die existierenden Betten in den Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung herangezogen.

Zusammenfassung

Somit ist auch für Region B festzuhalten, dass die Nichtbetrachtung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung eine kompaktere und wirtschaftlichere Krankenhausstruktur ermöglicht. Mit 198 (Fokus Angebotsbündelung) bis 218 (Fokus Systemstabilität) lokalisierten Fachabteilungen werden in Region B jedoch weiterhin mehr Fachabteilungen als in der Iststruktur geplant.

6.2.3.3 Analyse der Ergebnisse von Szenario 3 für Region C

Analyse der Iststruktur

Die Fachabteilungen der überregionalen Versorgung sind in der Iststruktur der Region C, mit Ausnahme einer Fachabteilung für Rheumatologie, nicht vertreten. Die Iststruktur in den Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung besteht dementsprechend aus 43 Fachabteilungen und 1.806 Betten.

Werden die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung bei der Restrukturierung der Krankenhausstruktur außer Acht gelassen, besteht die Krankenhausstruktur in Region C in Szenario 3 aus 129 Fachabteilungen und 1.558 Betten. Dies sind 81 Fachabteilungen und 149 Betten weniger als im Basisszenario.

Analyse der Ergebnisse

Werden die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung aus der Betrachtung ausgeklammert, steigt auch in Region C die Anzahl der Fachabteilungen weniger stark, und die durchschnittliche Fachabteilungsgröße sinkt weniger stark als im Basisszenario (vgl. Tabelle 6-70).

Szenario	Veränderung der Fachabteilungsanzahl gegenüber der Iststruktur	Veränderung der durchschnittlichen Fach- abteilungsgröße gegenüber der Iststruktur
Basisszenario	+377 %	-80 %
Szenario 3	+200 %	-71 %

Tabelle 6-70: Veränderung der Fachabteilungsanzahl und durchschnittlichen Fachabteilungsgröße in Region B im Basisszenario und Szenario 3 gegenüber der Iststruktur⁶⁸⁷

⁶⁸⁷ Für die Berechnung der Veränderung im Basisszenario werden alle 31 Fachrichtungen betrachtet. Für die Berechnung der Veränderung in Szenario 3 nur die Fachrichtung der 19 Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung.

Analyse des Preprocessing

In Region C müssen auch in Szenario 3 weiterhin sieben Nebenbedingungen flexibilisiert werden (vgl. Tabelle 6-71).

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basisszenario	Szenario 3
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	15	15
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	322 km	285 km
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	842	608
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	1.061	750
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,93 / 0,001	0,86 / 0,005
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	1,63 / 0,02	1,48 / 0,04
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,21 / 0,79	0,30 / 0,70
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,34 / 0,71	0,51 / 0,59
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen

Tabelle 6-71: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region C in Szenario 3 zu lösen⁶⁸⁸

⁶⁸⁸ Als Bezugsgröße der Kapazitätsauslastung werden nur die existierenden Betten in den Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung herangezogen.

15 Bedarfspunkte sind weiterhin in mindestens einer Fachrichtung nicht innerhalb der zulässigen Entfernung abgedeckt. Jedoch sinkt die Gesamtdistanz, die die dort lebenden Menschen zusätzlich zurücklegen müssen, um das nächstgelegene stationäre Behandlungsangebot zu erreichen von 322 km auf 285 km (-11 %). Zudem sinkt der Anteil der nicht durch zwei Fachabteilungen abgedeckten Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen um 28 % und der Anteil der nicht durch zwei verschiedene Krankenhausunternehmen abgedeckten Bedarfspunkt-Fachrichtungskombinationen um 29 %.

Die Kennzahlen, die jeweils die lokalisierten Planbetten ins Verhältnis zu Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgröße setzen, verbessern sich ebenfalls im Vergleich zum Basisszenario. Folglich werden in Szenario 3 weniger Kleinstabteilungen lokalisiert als im Basisszenario.

Zusammenfassung

In Region C führt die ausschließliche Betrachtung der Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung dazu, dass das Krankenhausnetzwerk weniger stark wächst. Dennoch verhindert die große Anzahl kleiner Fachabteilungen weiterhin die Etablierung einer wirtschaftlichen Krankenhausstruktur in der gering besiedelten Region.

6.2.3.4 Schlussfolgerungen aus Szenario 3

Durch die Nichtberücksichtigung der 12 Fachrichtungen der überregionalen Versorgung fällt der Rückgang der Fachabteilungsanzahl stärker aus (Region A) bzw. erfolgt der Anstieg der Fachabteilungsanzahl weniger stark als im Basisszenario (Region B und C). Darüber hinaus ist in allen drei Regionen ein positiver Effekt für die Kennzahlen der wirtschaftlichen Sicherung zu beobachten.

Somit erscheint es sinnvoll, die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung nicht auf Ebene der Versorgungsgebiete, sondern landesweit zu planen.

Es ist jedoch festzuhalten, dass in den Regionen mit mittlerer und geringer Besiedlungsdichte zur Sicherstellung der gleichwertigen Lebensverhältnisse weiterhin viele Krankenhäuser und Fachabteilungen lokalisiert werden, die den Anforderungen an wirtschaftliche Sicherung und Kostengünstigkeit nicht gerecht werden können.

Die landesweite Planung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung kann daher nur eine von mehreren Maßnahmen sein, die eingesetzt werden, um wirtschaftliche Krankenhausstrukturen zu etablieren.

6.2.4 Szenario 4: Verzicht auf die doppelte Abdeckung durch zwei Fachabteilungen

Im Basisszenario hat sich gezeigt, dass in den Regionen mit mittlerer und geringer Besiedlungsdichte der auftretende Bedarf im Verhältnis zur geografischen Ausdehnung in vielen Fachrichtungen nicht ausreicht, um die Wirtschaftlichkeit und Kostengünstigkeit der lokalisierten Fachabteilungen bei konsequenter Doppelabdeckung innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung sicherzustellen.

Deshalb werden die Surrogatkriterien zur Sicherstellung von Qualität und Leistungsfähigkeit in diesem vierten Szenario abgeschwächt. Jeder Bedarfspunkt muss nun innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung eine Fachabteilung in jeder Fachrichtung sowie ein weiteres Krankenhaus eines anderen Krankenhausunternehmens erreichen können. Es ist nicht mehr erforderlich, dass in einer Fachrichtung eine zweite Fachabteilung eines anderen Krankenhausunternehmens innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung lokalisiert wird.

Anstatt eines direkten Konkurrenzangebots innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung wird somit nur ein Krankenhaus lokalisiert, das potenziell konkurrierende Behandlungen anbieten könnte. Dieses Krankenhaus wird jedoch erst durch einen Markteintritt zu einem echten konkurrierenden Unternehmen.

6.2.4.1 Anpassung der Formulierung des Krankenhausplanungsproblems

Damit das Krankenhausplanungsproblem die abgeschwächten Vorgaben des Grundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit abbilden kann, muss die in Kapitel 4.1 vorgestellte mathematische Formulierung modifiziert werden, indem fünf neue Nebenbedingungen (45) – (49) eingeführt werden, die sicherstellen, dass jeder Bedarfspunkt mindestens die vorgegebene Anzahl Krankenhäuser bzw. Krankenhäuser unterschiedlicher Krankenhausunternehmen erreichen kann. Darüber hinaus sind zwei weitere Nebenbedingungen (50) und (51) notwendig, um die Wertebereiche der zusätzlich benötigten Variablen zu definieren.

In Nebenbedingung (45) zählt die neue ganzzahlige Variable $krankenhäuser_{r,w}$ die Anzahl der Krankenhäuser, die ein Bedarfspunkt ($r \in R^{Plan}$) der Planungsregion in einer Fachrichtung ($w \in W$) erreichen kann. Die Unterscheidung nach Fachrichtungen ($w \in W$) ist notwendig, da bezüglich der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung zwischen

Fachrichtungen der örtlichen und Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung unterschieden wird.

$krankenhäuser_{rw}$

$$= \sum_{h \in H^{Plan}} \sum_{n \in N^{Plan}} l_h * f_{rn} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} * \rho_{nh}^{Krankenhaus} \quad \forall w \in W, r \in R^{Plan} \quad (45)$$

Nebenbedingung (46) stellt anschließend sicher, dass in jeder Fachrichtung mindestens so viele Krankenhäuser erreicht werden können, wie durch den neuen Parameter *Min – destanzahlKrankenhäuser* vorgegeben.

$$krankenhäuser_{rw} \geq MindestanzahlKrankenhäuser \quad \forall w \in W, r \in R^{Plan} \quad (46)$$

In Nebenbedingung (47) wird die Anzahl der Krankenhäuser eines Krankenhausunternehmens ($b \in B$) ermittelt, die ein Bedarfspunkt der Planungsregion ($r \in R^{Plan}$) in einer Fachrichtung ($w \in W$) innerhalb der definierten Maximalentfernung erreichen kann. Dazu wird eine neue ganzzahlige Variable $krankenhausunternehmen_{rwb}$ definiert. Auch hier ist der Index w notwendig, weil für Fachrichtungen der örtlichen und für Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung unterschiedliche fachrichtungsspezifische Maximalentfernungen gelten.

$krankenhausunternehmen_{rwb}$

$$= \sum_{h \in H^{Plan}} \sum_{n \in N^{Plan}} l_h * f_{rn} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} * \rho_{nh}^{Krankenhaus} * \rho_{nb}^{Unternehmen} \quad \forall w \in W, r \in R^{Plan} \quad (47)$$

Die neue Binärvariable o_{rwb}^{KH} zeigt an, ob ein Bedarfspunkt der Planungsregion ($r \in R^{Plan}$) in einer Fachrichtung ($w \in W$) ein Krankenhaus eines bestimmten Krankenhausunternehmens ($b \in B$) erreichen kann. Zu diesem Zweck werden in Nebenbedingung (48) die Variablen o_{rwb}^{KH} und $krankenhausunternehmen_{rwb}$ verknüpft. Nebenbedingung (49) stellt anschließend sicher, dass jeder Bedarfspunkt der Planungsregion ($r \in R^{Plan}$) in jeder Fachrichtung ($w \in W$) mindestens so viele Krankenhäuser ($b \in B$), die zu

unterschiedlichen Krankenhausunternehmen gehören, erreichen kann, wie durch den neuen Parameter *MindestanzahlKrankenhausunternehmen* vorgegeben.

$$o_{rwb}^{KH} \leq \textit{krankenhausesunternehmen}_{rwb} \quad \forall b \in B, r \in R^{Plan}, w \in W \quad (48)$$

$$\sum_{b \in B} o_{rwb}^{KH} \geq \textit{MindestanzahlKrankenhausunternehmen} \quad \forall r \in R^{Plan}, w \in W \quad (49)$$

Die Nebenbedingungen (20) und (23) werden beibehalten, da beobachtet werden kann, dass sie die Lösungsgeschwindigkeit positiv beeinflussen. Um die modifizierten Vorgaben zur Doppelabdeckung abzubilden, werden die Werte der Parameter *MindestanzahlFachabteilungen* und *MindestanzahlUnternehmen* auf eins reduziert.

Nebenbedingung (50) und (51) schränken abschließend den Wertebereich der neuen Entscheidungsvariablen ein.

$$\textit{krankenhäuser}_{rw}, \textit{krankenhausesunternehmen}_{rwb} \in \mathbb{N}^0 \quad (50)$$

$$o_{rwb}^{KH} \in \{0; 1\} \quad (51)$$

Tabelle 6-72 bis Tabelle 6-74 (S. 280-S. 281) fassen die für die Anpassung des Krankenhausplanungsproblems notwendigen zusätzlichen Parameter und Variablen abschließend zusammen.

Datum/Parameter	Bedeutung des zugehörigen Datums/Parameters
<i>MindestanzahlKrankenhäuser</i>	Anzahl der Krankenhäuser, die ein Bedarfspunkt $r \in R$ in einer Fachrichtung $w \in W$ innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreichen können muss
<i>MindestanzahlKrankenhausunternehmen</i>	Anzahl der Krankenhäuser verschiedener Krankenhausunternehmen $b \in B$, die ein Bedarfspunkt $r \in R$ in einer Fachrichtung $w \in W$ innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreichen können muss

Tabelle 6-72: Zusätzliche Parameter für das Krankenhausplanungsproblem in Szenario 4

Variable	Bedeutung der Variable
$krankenh\u00e4user_{r,w}$	Anzahl der Krankenh\u00e4user, die ein Bedarfspunkt der Planungsregion $r \in R$ in einer Fachrichtung $w \in W$ erreichen kann
$krankenhausunternehmen_{r,w,b}$	Anzahl der Krankenh\u00e4user eines Unternehmens $b \in B$, die ein Bedarfspunkt der Planungsregion $r \in R$ in einer Fachrichtung $w \in W$ erreichen kann

Tabelle 6-73: Zus\u00e4tzliche ganzzahlige Variablen f\u00fcr das Krankenhausplanungsproblem in Szenario 4

Bin\u00e4rvariable	Bedeutung der Bin\u00e4rvariable
O_{rwb}^{KH}	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn ein Bedarfspunkt } r \in R \text{ mindestens eine Fachrichtung } w \in W \text{ betrieben durch ein Krankenhausunternehmen } b \in B \text{ in der Planungsregion oder in der Nachbarregion innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung erreichen kann} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$

Tabelle 6-74: Zus\u00e4tzliche Bin\u00e4rvariable f\u00fcr das Krankenhausplanungsproblem in Szenario 4

6.2.4.2 Analyse der Ergebnisse von Szenario 4 f\u00fcr Region A

Analyse des effizienten Randes

In Szenario 4 besteht der effiziente Rand in Region A aus 58 Instanzen (vgl. Abbildung 6-13, S. 282). Je nach Pr\u00e4ferenz der Entscheidenden lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem zwischen 50 und 108 Fachabteilungen.

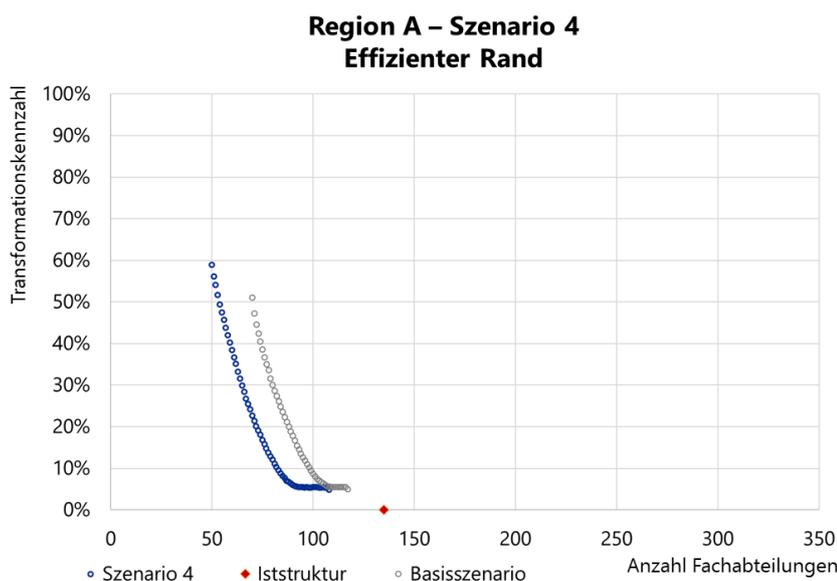


Abbildung 6-13: Effizienter Rand für Region A in Szenario 4 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität

Liegt der Fokus der Personen, die die Entscheidung treffen, auf der Systemstabilität, lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem 5.256 Betten (vgl. Tabelle 6-75) in 108 Fachabteilungen (vgl. Tabelle 6-76, S. 283). Gegenüber dem Basisszenario sinkt die Fachabteilungsanzahl um neun Fachabteilungen (-8 %), gegenüber der Iststruktur um 27 Fachabteilungen (-20 %). Die Transformationskennzahl verändert sich nicht gegenüber dem Basisszenario und beträgt weiterhin 5 %.

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	7.057			
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	5.265	1.792	289	5 %
Szenario 4 – Fokus Systemstabilität	5.256	1.801	279	5 %

Tabelle 6-75: Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	135		
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	117	-13 %	
Szenario 4 – Fokus Systemstabilität	108	-20 %	-8 %

Tabelle 6-76: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Die durchschnittliche Fachabteilungsgröße steigt um 8 % gegenüber dem Basisszenario. Mit durchschnittlich 48,7 Betten liegt sie damit weiterhin 7 % unter der Iststruktur (Tabelle 6-77).

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungs- größe [Betten]	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	52,3		
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	45,0	-14 %	
Szenario 4 – Fokus Systemstabilität	48,7	-7 %	+8 %

Tabelle 6-77: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Bei einem Fokus auf die Systemstabilität liegt die durchschnittliche Krankenhausgröße in Region A bei 292 Betten. Die durchschnittliche Krankenhausgröße des Basisszenarios wird somit um 6 % und die durchschnittliche Krankenhausgröße der Iststruktur um 17 % unterschritten (vgl. Tabelle 6-78).

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	353		
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	310	-12 %	
Szenario 4 – Fokus Systemstabilität	292	-17%	-6 %

Tabelle 6-78: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung

Liegt der Fokus der entscheidungsbefugten Personen auf der Angebotsbündelung, werden 5.193 Betten (vgl. Tabelle 6-79, S. 284) in 50 Fachabteilungen (vgl. Tabelle 6-80, S. 284) lokalisiert. Dies sind 20 Fachabteilungen weniger als im Basisszenario (-29 %). Gegenüber der Iststruktur verringert sich die Fachabteilungsanzahl um 63 %. Die Transformationskennzahl steigt auf 59 %.

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	7.057			
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	5.209	1.848	2.658	51 %
Szenario 4 - Fokus Angebotsbündelung	5.139	1.864	3.059	59 %

Tabelle 6-79: Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	135		
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	70	-48 %	
Szenario 4 - Fokus Angebotsbündelung	50	-63 %	-29 %

Tabelle 6-80: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region A in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur - Fokus Angebotsbündelung

Die durchschnittliche Fachabteilungsgröße steigt gegenüber dem Basisszenario um 40 % und verdoppelt sich gegenüber der Iststruktur (vgl. Tabelle 6-81).

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	52,3		
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	74,4	+42 %	
Szenario 4 - Fokus Angebotsbündelung	103,9	+99 %	+40 %

Tabelle 6-81: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur - Fokus Angebotsbündelung

Durch den Verzicht auf die Doppelabdeckung steigt die durchschnittliche Krankenhausgröße gegenüber dem Basisszenario nochmals um 18 % an (vgl. Tabelle 6-82). Sie liegt damit 119 Betten über der Iststruktur (+34 %).

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	353		
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	401	+14 %	
Szenario 4 - Fokus Angebotsbündelung	472	+34 %	+18 %

Tabelle 6-82: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 4 in Region A im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur - Fokus Angebotsbündelung

Analyse des Preprocessings

Die Interpretation der Kennzahlen zur Strukturkontinuität sowie wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit ändert sich im Vergleich zum Basisszenario nicht, auch wenn das Verhältnis aus lokalisierten Betten und Referenzgröße größer wird (vgl. Tabelle 6-83, S. 285). Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass die Krankenhausstrukturen stärker konsolidiert werden als im Basisszenario und die Gesamtkrankhausmindest-/Gesamtkrankhausricht-/Gesamtfachabteilungsmindestgröße somit sinkt.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basisszenario	Szenario 4
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	0	0
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	-	-
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,74 / 0	0,74 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,09 / 0	2,36 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	1,96 / 0	2,32 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage ausreichend und passend verteilt	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	3,09 / 0,14	4,35 / 0,05
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage

Tabelle 6-83: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region A in Szenario 4 zu lösen⁶⁸⁹

⁶⁸⁹ Die Kennzahlen zur Messung der Abweichung vom Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit werden nicht ausgewiesen, da die diesbezüglichen Vorgaben im Vergleich zum Basisszenario abgeschwächt wurden.

Zusammenfassung

Die Abschwächung der Vorgaben zur Sicherstellung des Grundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit führt in Region A zu größeren Fachabteilungen und bei Präferenz der Angebotsbündelung zu einer geringeren Anzahl größerer Krankenhäuser (11 statt 13 Krankenhausstandorte). Jedoch erreichen weiterhin fünf Fachabteilungen nicht die Vorgaben zur Sicherstellung des Grundsatzes der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit. Dabei handelt es sich jeweils um die einzige Fachabteilung in den Fachrichtungen für Angiologie, Endokrinologie, Kinderchirurgie, Nuklearmedizin und Plastische Chirurgie. In diesen Fachabteilungen ist die Nachfrage selbst in der Region mit hoher Besiedlungsdichte nicht ausreichend, um die erforderliche Fachabteilungsmindestgröße zu erreichen.

6.2.4.3 Analyse der Ergebnisse von Szenario 4 für Region B

Analyse des effizienten Randes

In Szenario 4 lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem zwischen 157 und 201 Fachabteilungen in Region B (vgl. Abbildung 6-14, S. 287). Die Transformationskennzahl steigt im Vergleich zum Basisszenario.⁶⁹⁰

⁶⁹⁰ Dabei ist jedoch zu beachten, dass bei der Lösung des Krankenhausplanungsproblems in diesem Szenario ein Optimalitätsgap von 4 % zugelassen wurde, um die Lösungsgeschwindigkeit zu erhöhen. Nach der Lösung der ersten sechs Instanzen zeigte sich, dass ein geringerer Gap in diesem Szenario auch nach 24 Stunden nicht erreicht werden kann.

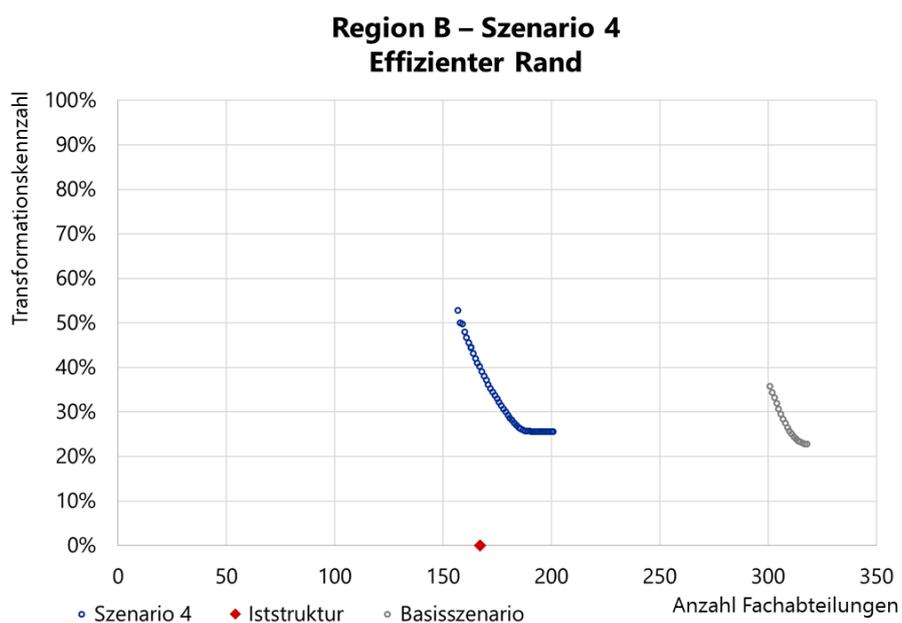


Abbildung 6-14: Effizienter Rand für Region B in Szenario 4 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität

Liegt der Fokus der Entscheidenden auf der Systemstabilität, lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem 6.777 Betten (vgl. Tabelle 6-84) in 201 Fachabteilungen (vgl. Tabelle 6-85, S. 288). Insgesamt sinkt die Anzahl der Fachabteilungen um 37 % gegenüber dem Basisszenario und liegt damit noch 20 % oberhalb der Fachabteilungsanzahl der Iststruktur. Die Transformationskennzahl steigt von 23 % auf 26 %.

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	7.816			
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	6.873	943	1.561	23 %
Szenario 4 – Fokus Systemstabilität	6.777	1.039	1.732	26 %

Tabelle 6-84: Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	167		
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	318	+90 %	
Szenario 4 – Fokus Systemstabilität	201	+20 %	-37 %

Tabelle 6-85: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität

Durch den Rückgang der Fachabteilungsanzahl steigt die durchschnittliche Fachabteilungsgröße um 56 % gegenüber dem Basisszenario, sie liegt mit 33,7 Betten weiterhin 28 % unterhalb des in der Iststruktur beobachteten Wertes (vgl. Tabelle 6-86).

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungs- größe [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	46,8		
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	21,6	-54 %	
Szenario 4 – Fokus Systemstabilität	33,7	-28 %	+56 %

Tabelle 6-86: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität

Die Anzahl der Krankenhausstandorte bleibt konstant, so dass die durchschnittliche Krankenhausgröße aufgrund der gesunkenen Anzahl lokalisierter Betten nochmals geringfügig abnimmt (-1 % gegenüber dem Basisszenario, vgl. Tabelle 6-87).

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	313		
Basisszenario – Fokus Systemstabilität	275	-12 %	
Szenario 4 – Fokus Systemstabilität	271	-13 %	-1 %

Tabelle 6-87: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Systemstabilität

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung

Liegt der Fokus der entscheidungsbefugten Personen auf der Angebotsbündelung werden 6.695 Betten in 157 Fachabteilungen geplant (vgl. Tabelle 6-88 und Tabelle 6-89, beide S. 289). Der Verzicht auf die Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen und die Präferenz des Ziels Angebotsbündelung führen dazu, dass weniger Fachabteilungen

als in der Iststruktur (-6 %) und im Basisszenario (-48 %) lokalisiert werden. Um die Planstruktur herzustellen, müssen 53 % der maximal möglichen Anpassungsmaßnahmen durchgeführt werden (vgl. Tabelle 6-88).

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	7.816			
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	6.731	1.085	2.404	36 %
Szenario 4 - Fokus Angebotsbündelung	6.695	1.121	3.529	53 %

Tabelle 6-88: Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	167		
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	301	+80 %	
Szenario 4 - Fokus Angebotsbündelung	157	-6 %	-48 %

Tabelle 6-89: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region B in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung

Durch den Rückgang der lokalisierten Fachabteilungen steigt die durchschnittliche Fachabteilungsgröße um 91 % gegenüber dem Basisszenario. Mit 42,3 Betten liegt sie nur noch 9 % unterhalb der durchschnittlichen Fachabteilungsgröße der Iststruktur (vgl. Tabelle 6-90).

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	46,8		
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	22,4	-52 %	
Szenario 4 - Fokus Angebotsbündelung	42,6	-9 %	+91 %

Tabelle 6-90: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung

Gegenüber dem Basisszenario und der Iststruktur können zwei Krankenhausstandorte geschlossen werden, so dass die durchschnittliche Krankenhausgröße auf 291 Betten steigt (vgl. Tabelle 6-91, S. 290).

Szenario	Durchschnittliche Krankenhaus- größe [Betten]	Δ zur Ist- struktur [%]	Δ zum Basis- szenario [%]
Iststruktur	313		
Basisszenario - Fokus Angebotsbündelung	269	-14 %	
Szenario 4 - Fokus Angebotsbündelung	291	-7 %	+8 %

Tabelle 6-91: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Szenario 4 in Region B im Vergleich zum Basisszenario – Fokus Angebotsbündelung

Analyse des Preprocessings

Durch den Verzicht auf die Doppelabdeckung steigt auch in Region B das Verhältnis von Planbetten zur jeweiligen Referenzgröße an (vgl. Tabelle 6-92, S. 291). Dadurch ändert sich die Einschätzung der Kennzahlen zur Krankenhausrichtgröße und Fachabteilungsmindestgröße gegenüber dem Basisszenario. Durch die Änderung der Vorgaben reicht die Gesamtbettenanzahl aus, um die Anforderungen zu erfüllen. Die geografische Verteilung verhindert jedoch, dass alle Krankenhäuser und Fachabteilungen die definierte Richt- bzw. Mindestgröße erreichen. Hinsichtlich der Fachabteilungsmindestgröße liegt in 28 Fachrichtungen ein geografisches Missverhältnis vor, da aufgrund der Größe der Planungsregion und der Verteilung der Bedarfspunkte jeweils mehrere Fachrichtungen eröffnet werden müssen, die jedoch nicht alle die erforderliche Fachabteilungsmindestgröße erreichen. Darüber hinaus liegt in drei dieser 28 Fachrichtungen ein inhaltliches Missverhältnis vor, da die gesamte Nachfrage der Region nicht ausreicht, um selbst bei optimaler Verteilung der Nachfrage die erforderliche Mindestfachabteilungsgröße von 24 Betten zu erreichen.

Zusammenfassung

In Region B wird durch den Verzicht auf die Doppelabdeckung eine geringere Zahl größerer Fachabteilungen lokalisiert als im Basisszenario. Gleichzeitig steigt der Umfang der notwendigen Anpassungsmaßnahmen (d. h. Verschiebung von Betten zwischen Krankenhäusern und Fachabteilungen).

Liegt der Fokus der Personen, die die Entscheidung treffen, auf der Angebotsbündelung können im Vergleich zur Iststruktur 10 Fachabteilungen eingespart werden. Die Bündelung der Angebote bewirkt zudem, dass die durchschnittliche Krankenhaus- und Fachabteilungsgröße weniger stark sinken als die Anzahl der lokalisierten Betten.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basisszenario	Szenario 4
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	4	4
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	11 km	11 km
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,86 / 0	0,86 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,28 / 0,03	2,47 / 0,03
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
		Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,59 / 0,53
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgaben zu erfüllen	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
		Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,93 / 0,49
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgaben zu erfüllen	Geografisches und inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage

Tabelle 6-92: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region B in Szenario 3 zu lösen⁶⁹¹

6.2.4.4 Analyse der Ergebnisse von Szenario 4 für Region C

Analyse des effizienten Randes

Auch in Szenario 4 besteht der effiziente Rand in Region C aus einer einzigen Instanz (vgl. Abbildung 6-15, S. 292). Unabhängig von der Präferenzeinstellung lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem 1.690 Betten (vgl. Tabelle 6-93, S. 292) in 165 Fachabteilungen und 11 Krankenhäusern. Zur Herstellung der Planstruktur in Szenario 4 müssen 136 Betten in Region C abgebaut und 846 Betten zwischen Krankenhäusern und

⁶⁹¹ Die Kennzahlen zur Messung der Abweichung vom Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit werden nicht ausgewiesen, da die diesbezüglichen Vorgaben im Vergleich zum Basisszenario abgeschwächt wurden.

Fachabteilungen verschoben werden. Die Transformationskennzahl sinkt von 52 % im Basisszenario auf 50 % in Szenario 4.

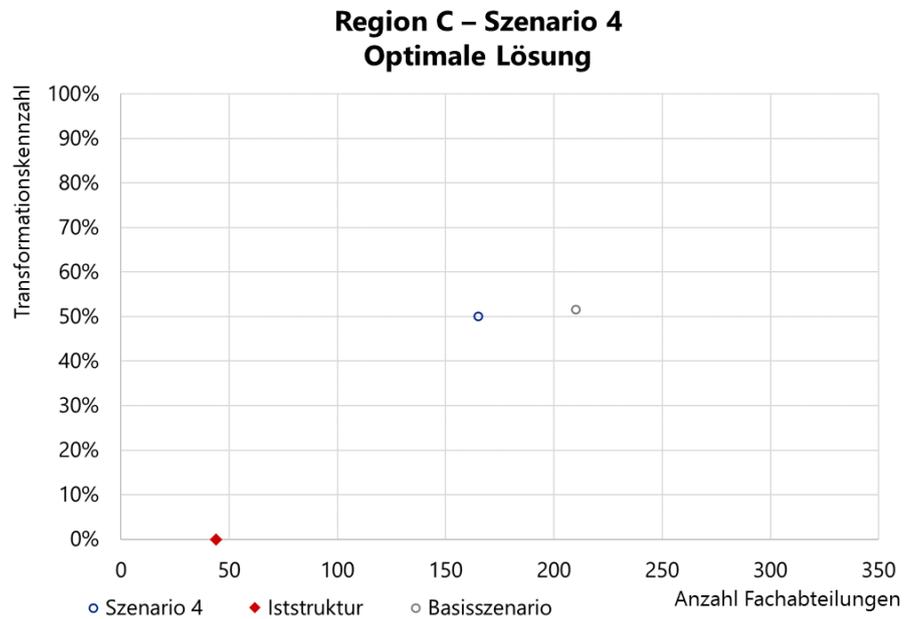


Abbildung 6-15: Optimale Lösung für Region C in Szenario 4 im Vergleich zur Iststruktur und zum Basisszenario

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	1.826			
Basisszenario	1.707	119	881	52 %
Szenario 4	1.690	136	846	50 %

Tabelle 6-93: Anzahl verschobener und abgebauter Betten in Region C in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur

Analyse der Planstruktur

Der Verzicht auf die Doppelabdeckung bewirkt, dass die Anzahl der Fachabteilungen um 21 % im Vergleich zum Basisszenario zurückgeht (vgl. Tabelle 6-94). Jedoch werden mit 165 Fachabteilungen immer noch nahezu dreimal so viele Fachabteilungen lokalisiert wie in der Iststruktur.

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	44		
Basisszenario	210	+377 %	
Szenario 4	165	+275 %	-21 %

Tabelle 6-94: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen in Region C in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario⁶⁹²

Durch die geringere Fachabteilungsanzahl steigt die durchschnittliche Fachabteilungsgröße um 26 % im Vergleich zum Basisszenario. Mit 10,2 Betten beträgt sie jedoch nur ein Viertel der Fachabteilungsgröße der Iststruktur (vgl. Tabelle 6-95).

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	41,5		
Basisszenario	8,1	-80 %	
Szenario 4	10,2	-75 %	+26 %

Tabelle 6-95: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in der Region C in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario

Die durchschnittliche Krankenhausgröße sinkt im Vergleich zur Iststruktur um 7 % und damit proportional zum Rückgang der Betten in Region C (vgl. Tabelle 6-96, S. 293). Es werden, wie in der Iststruktur, 11 Krankenhausstandorte benötigt, weshalb die durchschnittliche Krankenhausgröße im Vergleich zum Basisszenario um 10 % sinkt.

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Basisszenario [%]
Iststruktur	166		
Basisszenario	171	+3 %	
Szenario 4	154	-7 %	-10 %

Tabelle 6-96: Durchschnittliche Krankenhausgröße in Region C in Szenario 4 im Vergleich zum Basisszenario und zur Iststruktur

⁶⁹² Sofern mehrere gleichwertige optimale Lösungen für eine Instanz des effizienten Randes vorliegen (vgl. Kapitel 1.5), kann die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen je Fachrichtung von der hier ausgewiesenen Anzahl abweichen.

Analyse des Preprocessings

In Region C bleibt der Verzicht auf die doppelte Abdeckung jedes Bedarfspunktes ohne Auswirkung auf die Interpretation der Flexibilisierungskennzahlen, auch wenn der Kennzahlenwert im Vergleich zum Basisszenario jeweils leicht variiert (vgl. Tabelle 6-97, S. 294).

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Basisszenario	Szenario 4
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	15	15
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	322 km	322 km
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,93/ 0,01	0,93 / 0,01
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	1,63 / 0,02	1,51 / 0,08
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,21 / 0,79	0,26 / 0,74
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,34 / 0,71	0,43 / 0,65
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen

Tabelle 6-97: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region C in Szenario 4 zu lösen⁶⁹³

Die erste Kennzahl zur Krankenhausmindestgröße sinkt, weil die Gesamtanzahl der lokalisierten Krankenhausbetten sinkt und gleichzeitig ein Krankenhausstandort mehr⁶⁹⁴ als im Basisszenario eröffnet wird. Die zweite Kennzahl zur Krankenhausmindestgröße

⁶⁹³ Die Kennzahlen zur Messung der Abweichung vom Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit werden nicht ausgewiesen, da die diesbezüglichen Vorgaben im Vergleich zum Basisszenario abgeschwächt wurden.

⁶⁹⁴ Das in Kapitel 4.1 entwickelte Krankenhausplanungsproblem enthält keine Zielsetzung, die die Anzahl der lokalisierten Krankenhausstandorte minimiert. Sofern für einen Zielfunktionswert mehrere gleich gute Lösungen vorliegen (vgl. Kapitel 1.5 und Kapitel 7.3), kann die Anzahl der eröffneten Krankenhausstandorte zwischen verschiedenen optimalen Lösungen variieren.

steigt, da die notwendige Unterschreitung der Krankenhausmindestgröße – aufgrund des zusätzlichen Krankenhausstandortes – steigt.

Der Anstieg der jeweils ersten Kennzahl zur Krankenhausricht- und Fachabteilungsmindestgröße, ebenso wie der Rückgang der jeweils zweiten Kennzahl zu diesen Referenzgrößen, sind auf die sinkende Anzahl benötigter Fachabteilungen zurückzuführen.

Zusammenfassung

Aufgrund der geografischen Ausdehnung und der Verteilung der Bedarfspunkte führt der Verzicht auf die Doppelabdeckung nicht dazu, dass in der Region C eine wirtschaftliche Krankenhausstruktur etabliert werden kann. Es werden weiterhin fast viermal so viele Fachabteilungen geplant wie in der Iststruktur und diese Fachabteilungen weisen im Durchschnitt nur ein Viertel der Größe der Iststruktur auf.

6.2.4.5 Schlussfolgerungen aus Szenario 4

In Szenario 4 kann jeder Bedarfspunkt innerhalb der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung in jeder Fachrichtung eine Fachabteilung und ein weiteres Krankenhaus erreichen, das die jeweilige Fachrichtung nicht zwingend anbieten muss. Dabei handelt es sich um eine abgeschwächte Wettbewerbsbedingung.

In den drei betrachteten Regionen führt der Verzicht auf die Doppelabdeckung zu einer Reduktion der Anzahl der benötigten Fachabteilungen. Je nach Region und Präferenz beträgt die Reduktion zwischen 8 % und 48 %. Dadurch steigt in allen Szenarien die durchschnittliche Fachabteilungsgröße, je nach Region und Präferenz, um 8 % bis 91 % im Vergleich zum Basisszenario. Die definierte Mindestfachabteilungsgröße kann jedoch in keiner Region in allen Fachabteilungen erreicht werden. Außerdem erreichen in den Regionen B und C weiterhin nicht alle Krankenhäuser die definierte Krankenhausmindest- und Krankenhausrichtgröße.

In der Region C lokalisiert das Krankenhausplanungsproblem auch in Szenario 4 mehr Fachabteilungen als in der Iststruktur. In der Region B entscheidet die Präferenzeinstellung der entscheidungsbefugten Personen darüber, ob mehr oder weniger Fachabteilungen als in der Iststruktur lokalisiert werden.

Die Analyse der im Preprocessing ermittelten Flexibilisierungswerte zeigt, dass durch diese abgeschwächten Vorgaben zur Sicherstellung des Grundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit die notwendigen Abweichungen von der ermittelten Krankenhausrichtgröße sowie der definierten Fachabteilungsmindestgröße sinken. Dennoch ist das Krankenhausplanungsproblem weiterhin in allen drei Regionen nicht ohne Anpassung der hergeleiteten Inputdaten lösbar.

Daher ist festzuhalten, dass die Abschwächung der Vorgaben zur Sicherstellung des Grundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit dazu beitragen, eine geringere Anzahl größerer Fachabteilungen zu lokalisieren. Diese Veränderung ist jedoch nicht ausreichend, um in allen Regionen wirtschaftliche Krankenhausstrukturen zu schaffen.

Es muss daher sorgfältig abgewogen werden, ob die Bildung monopolistischer Behandlungsstrukturen – und die dadurch möglichen negativen Konsequenzen für die Qualität der Behandlung und Leistungsfähigkeit der Krankenhäuser – akzeptiert werden sollte.

6.3 Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Basisszenarios und der Szenarioanalysen

Die Lösung des Krankenhausplanungsproblems für das Basisszenario führt dazu, dass die Krankenhausstruktur nur in der dicht besiedelten Region A gegenüber der Iststruktur konsolidiert werden konnte. In den Regionen B und C mit mittlerer bzw. geringer Besiedlungsdichte bewirkten

- die Fixierung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung auf 20 km bzw. 30,3 km,
- die geforderte Doppelabdeckung in allen 31 somatischen Fachrichtungen,
- der Autonomieansatz und
- die Lage der bestehenden Krankenhausstandorte,

dass im Vergleich zur Iststruktur eine größere Anzahl kleinerer Fachabteilungen entstand. Dadurch wurde eine Krankenhausstruktur vorgeschlagen, die dem Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit nicht gerecht werden kann.

Deshalb wurden in Kapitel 6.2 vier Szenarioanalysen gerechnet, die das Ziel verfolgten, die Nachfrage, die einem Krankenhausstandort bzw. einer Fachabteilung zugeordnet

wird, zu erhöhen, so dass ein wirtschaftlicher Betrieb der lokalisierten Krankenhäuser und Fachabteilungen möglich wird.

In Szenario 1 wurde die zulässige fachrichtungsspezifische Maximalentfernung sukzessive ausgeweitet – in der örtlichen Versorgung von 20 km auf 25,05 km und 30,1 km sowie in der überörtlichen und überregionalen Versorgung von 30,3 km auf 40,4 km/50,5 km/60,6 km. Während die Krankenhausstruktur in Region A in Folge der Distanzerweiterung in der örtlichen Versorgung noch stärker konsolidiert werden kann, muss die Entfernung in der überörtlichen Versorgung in Region B verdoppelt werden, damit der effiziente Rand Instanzen enthält, die weniger Fachabteilungen planen als in der Iststruktur. In Region C ist die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen trotz Verdoppelung der Entfernung in der überörtlichen und überregionalen Versorgung immer noch mehr als viermal so hoch wie in der Iststruktur. Eine alleinige Ausweitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung bewirkt daher nicht, dass in allen Regionen wirtschaftliche Krankenhausstrukturen entstehen können. Zudem besteht das Risiko, dass in Regionen mit hoher Besiedlungsdichte sehr große Fachabteilungen entstehen, die für einen wirtschaftlichen Betrieb zu groß sind.

In Szenario 2 wurde das Krankenhausplanungsproblem simultan auf die benachbarten Regionen A und B angewendet. Durch die gemeinsame Betrachtung benachbarter Regionen können Konsolidierungspotentiale in den Grenzregionen realisiert werden, die im vorliegenden Fall dazu führten, dass die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen um bis zu 10 % verringert und die durchschnittliche Fachabteilungsgröße um bis zu 23 % gesteigert werden kann. Die Konsolidierungspotentiale, die sich aus der gemeinsamen Betrachtung ergeben, reichen nicht aus, um die Fachabteilungsanzahl der Iststruktur zu erreichen oder zu unterschreiten. Gemessen an der Gesamtlänge stellt die gemeinsame Grenze der beiden Regionen jedoch nur einen kleinen Abschnitt dar. Deswegen folgt aus den Ergebnissen des zweiten Szenarios, dass das Planungsgebiet für die Identifikation der neuen Krankenhausstruktur so groß wie möglich gewählt werden sollte. Die maximale Anzahl zusammenfassbarer Planungsregionen wird dabei durch die verfügbaren Rechenkapazitäten und die Effizienz der verfügbaren Lösungsverfahren bestimmt.

In Szenario 3 wurden die Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung nicht im Krankenhausplanungsproblem berücksichtigt. Ziel war es, zu analysieren, welchen Einfluss die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung auf die Grundsätze

der Krankenhausplanung und ihre Flexibilisierung hat. Dabei zeigt sich, dass die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung in allen Regionen entweder die Konsolidierung der Krankenhausstrukturen hemmen (Region A) oder den Anstieg der Fachabteilungsanzahl überdurchschnittlich treiben (Region B und C). Gleichzeitig wurde deutlich, dass der alleinige Ausschluss der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung aus der Planung auf Versorgungsgebietsebene nicht ausreicht, um wirtschaftliche Krankenhausstrukturen in den Regionen B und C herzustellen.

In Szenario 4 wurden die Vorgaben zu Qualität und Leistungsfähigkeit modifiziert. Durch den Verzicht auf die Doppelabdeckung sinkt die Anzahl der erforderlichen Fachabteilungen und die durchschnittliche Fachabteilungsgröße steigt gegenüber dem Basisszenario. Dennoch werden in der gering besiedelten Region C fast viermal so viele Fachabteilungen geplant, wie in der Iststruktur. In der Region B mit mittlerer Besiedlungsdichte determiniert die Präferenz der Entscheidenden, ob die durch das Krankenhausplanungsproblem identifizierte Krankenhausstruktur weniger Fachabteilungen aufweist als die Iststruktur. Dementsprechend reicht die alleinige Abschwächung der Qualitätsvorgaben nicht aus, um in allen Regionen wirtschaftliche Krankenhausstrukturen zu schaffen.

Aus den Ergebnissen des Basisszenarios und der vier Szenarioanalysen folgt, dass die in den Kapiteln 5.2 und 5.3 hergeleiteten Inputdaten modifiziert werden müssen, um wirtschaftliche Krankenhausstrukturen zu schaffen. Es hat sich zudem gezeigt, dass keine Einzelmaßnahme existiert, mit der dieses Ziel erreicht werden kann. Basierend auf den Erkenntnissen der durchgeführten Szenarioanalysen sollten daher

- die Planungsgebiete vergrößert werden,
- Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung landesweit in einem separaten Planungsschritt behandelt werden,
- die fachrichtungsspezifische Maximalentfernung in der örtlichen sowie in der überörtlichen Versorgung erhöht werden und
- die maximale Fachabteilungsgröße beschränkt werden, um die Entstehung von großen, ineffizienten Abteilungen zu verhindern.

Die Abschwächung der Vorgaben des Grundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit fördern monopolistische Behandlungsstrukturen. So ist zwar ein zweites Krankenhaus vorhanden, dieses bietet die benötigte Behandlung jedoch nicht an und stellt somit

keinen direktes Konkurrenzangebot dar. Es ist offensichtlich, dass für die existierende Fachabteilung ein geringerer Anreiz zur Qualitätsführerschaft besteht, da der Markteintritt einer neuen Fachabteilung der Genehmigung seitens der Gesundheitsbehörden bedarf (vgl. §§ 14 Abs. 5, 16 KHGG).

Vor dem Hintergrund des limitierten Einflusses auf die Wirtschaftlichkeit der Versorgungsstruktur in der gering besiedelten Region C wird dieser abgeschwächte Ansatz zur Abbildung der Qualität nicht weiterverfolgt, solange eine Planung der Krankenhausstruktur mit dem in Kapitel 4.2 formulierten qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem nicht möglich ist.

Die vier empfohlenen Maßnahmen werden im folgenden Kapitel 7 umgesetzt.

7 DAS ZWEISTUFIGE KRANKENHAUSPLANUNGSPROBLEM

In diesem Kapitel wird der mathematische Ansatz zur Krankenhausplanung abgewandelt, um die Erkenntnisse des Basisszenarios und der Szenarioanalysen zu reflektieren. Dazu wird eine zweistufige Vorgehensweise eingeführt, bei der zunächst jede Fachrichtung⁶⁹⁵ der überregionalen Versorgung mit einer Kombination aus drei Zentren- und Medianproblemen auf Landesebene geplant wird (Kapitel 7.1). Die Planung der überregionalen Versorgung muss vor der Planung der örtlichen und überörtlichen Versorgung erfolgen, um sicherzustellen, dass die Krankenhäuser, die für die überregionale Versorgung benötigt werden, weder geschlossen noch ausschließlich mit Angeboten der örtlichen und überörtlichen Versorgung belegt werden.

Im nächsten Schritt wird das Krankenhausplanungsproblem so modifiziert, dass die Erkenntnisse der vorherigen Planungsstufe berücksichtigt werden (Kapitel 7.2). Dazu wird

1. die zulässige fachrichtungsspezifische Maximalentfernung in den 19 Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung wird für bis zu 12 % der Bedarfe auf 33 km vergrößert,
2. die zulässige Distanz in der überörtlichen Versorgung für bis zu 12 % der Bedarfe auf 40,4 km ausgedehnt,
3. die maximale Fachabteilungsgröße in der örtlichen und überörtlichen Versorgung auf die doppelte Größe der bisher größten Fachabteilung in NRW beschränkt, um großen, möglicherweise ineffizienten Abteilungen, insbesondere in den Regionen mit hoher Besiedlungsdichte zu vermeiden, und
4. eine gemeinsame Planungsregion aus den aneinander angrenzenden Regionen A und B gebildet.

Diese zweistufige Vorgehensweise mit geänderten Inputdaten wird im Folgenden als Finalszenario bezeichnet.

Abbildung 7-1 (S. 301) illustriert die zweistufige Vorgehensweise des Finalszenarios.

⁶⁹⁵ Die getrennte Betrachtung nach Fachrichtungen erfolgt, um die Rechenzeit der mathematischen Modelle zu begrenzen.

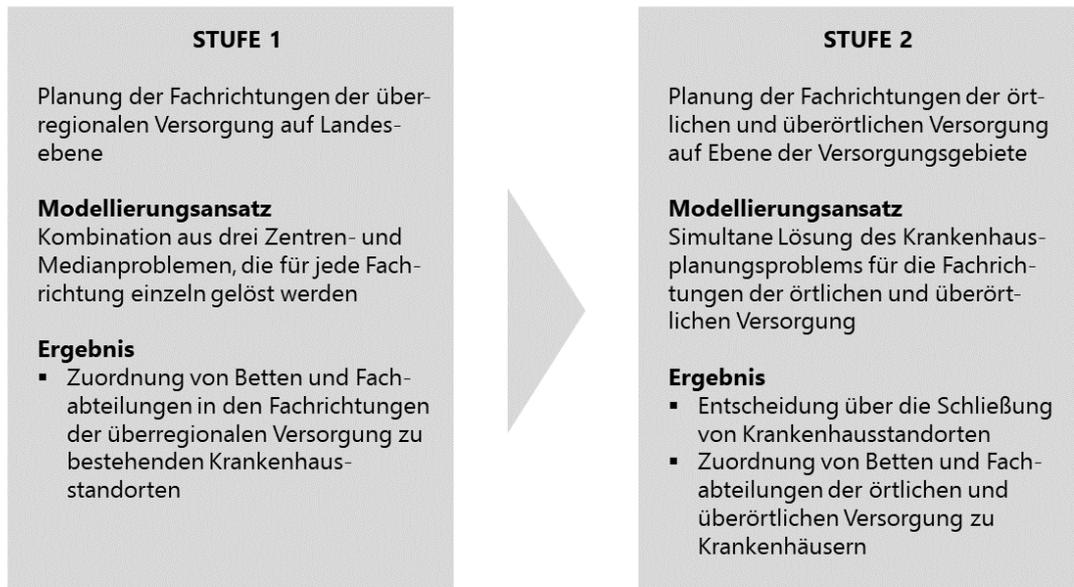


Abbildung 7-1: Illustration der Vorgehensweise im zweistufigen Krankenhausplanungsproblem

In Kapitel 7.3 werden abschließend exemplarisch für einen ausgewählten Zielfunktionswert multiple Lösungen für die kombinierte Region A+B sowie die gering besiedelte Region C bestimmt und analysiert.

7.1 Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung

7.1.1 Auswahl und Definition der mathematischen Modelle zur Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung

Für die Planung der überregionalen Versorgung eignen sich konventionelle Zentren- oder Medianprobleme. In Zentren- und Medianproblemen wird eine vorgegebene Anzahl Fachabteilungen lokalisiert.

Die Zielsetzung des Zentrenproblems ist, den am weitesten entfernten Bedarfspunkt möglichst nah an der nächstgelegenen Fachabteilung zu lokalisieren⁶⁹⁶. Somit legt das Zentrenproblem den Fokus auf einen einzelnen Bedarfspunkt.

Das Medianproblem hingegen betrachtet alle lokalisierten Bedarfspunkte und minimiert die Gesamtdistanz zur jeweils nächstgelegenen Fachabteilung⁶⁹⁷.

Zentren- und Medianprobleme sind etablierte Modellklassen der mathematischen Standortplanung (vgl. Kapitel 3.2.1).

Für die Restrukturierung der Behandlungsangebote sollte eine Kombination aus Zentren- und Medianproblemen angewendet werden, um sowohl die Bedürfnisse der am weitesten entfernt lebenden Personen als auch die Bedürfnisse der Gesamtbevölkerung zu reflektieren.

Im ersten Schritt wird für jede Fachrichtung ein Zentrenproblem gelöst, dass die maximale Distanz zwischen Bedarfspunkten und lokalisierten Fachabteilungen minimiert.

Anschließend wird diese maximale Distanz fixiert und in einem Medianproblem die Summe der Entfernungen zwischen allen Bedarfspunkten und den zugeordneten Fachabteilungen minimiert.

Die Planung der neuen Krankenhausstruktur springt von einer bestehenden Konfiguration aus Krankenhausstandorten, Fachabteilungen und Krankenhausbetten ab. Deshalb sollte die existierende Struktur auch bei der Planung der Behandlungsangebote der überörtlichen Versorgung berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wird abschließend ein weiteres Medianproblem gelöst, in dem sowohl die maximale Einzeldistanz als auch die Summe der Gesamtdistanzen fixiert sind, und dessen Zielfunktion die Abweichung von der bestehenden Krankenhausstruktur minimiert. Abbildung 7-2 fasst diese Vorgehensweise grafisch zusammen.

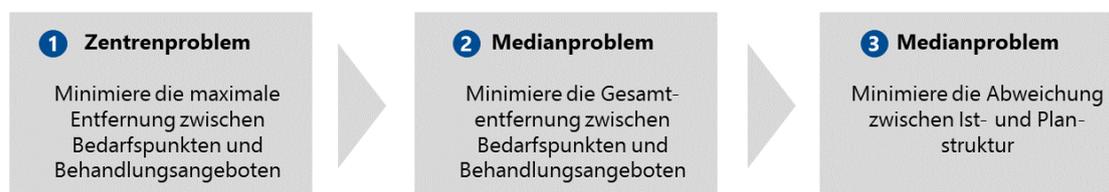


Abbildung 7-2: Kombination von Zentren- und Medianproblemen zur Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung

⁶⁹⁶ Vgl. Daskin 2013, S. 193

⁶⁹⁷ Vgl. Owen und Daskin 1998, S. 425

Eine Formulierung der klassischen Zentren- und Medianprobleme findet sich beispielsweise bei Daskin 2013. Bei den im Folgenden angewendeten Modellen handelt es sich um Abwandlungen dieser Grundmodelle, die auf die Krankenhausplanung in NRW angepasst wurden. Ihre Formulierungen finden sich (mit eigener, angepasster Notation) im Anhang ab S. 365.

7.1.2 Analyse der Ergebnisse der Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung

Die drei Zentren- und Medianprobleme werden ebenfalls auf einem Desktop-Computer mit 64 GB Arbeitsspeicher gelöst. Dazu werden die Software Aimms 4.78 und der Solver CPLEX 20.1 verwendet⁶⁹⁸. Ein Optimalitätsgap zur Verkürzung der Rechenzeit ist nicht notwendig.

Tabelle 7-1 (S. 304) fasst die Ergebnisse für alle Fachrichtungen der überregionalen Versorgung nach Anwendung des Zentren- und der beide Medianprobleme zusammen.

⁶⁹⁸ Seit der Berechnung der Ergebnisse des Basisszenarios und der Szenarioanalysen sind seitens der Softwarehersteller Aimms und IBM Programmupdates veröffentlicht worden, die für die Berechnung des Finalszenarios angewendet wurden. Die Versionierung des Solvers CPLEX springt von 12.10 auf 20.1, ohne dass die dazwischenliegenden Zahlen verwendet worden sind.

Fachrichtung	Entfernung	Fachabteilungen⁶⁹⁹	Zuteilung zu den repräsentativen Regionen
Chirurgie/Herzchirurgie	Maximal: 63,5 km Durchschnitt: 31,2 km	Ist: 14 Plan: 14	Region A: 1x 104 Betten Region B: 1x 52 Betten Region C: kein Angebot
Chirurgie/Kinderchirurgie	Maximal: 52,6 km Durchschnitt: 28,1 km	Ist: 15 Plan: 15	Region A: kein Angebot Region B: 1x 19 Betten Region C: kein Angebot
Chirurgie/Plastische Chirurgie	Maximal: 63,5 km Durchschnitt: 33,3 km	Ist: 18 Plan: 11	Region A: kein Angebot Region B: 1x 43 Betten Region C: kein Angebot
Chirurgie/Thoraxchirurgie	Maximal: 52,6 km Durchschnitt: 29,6 km	Ist: 13 Plan: 13	Region A: kein Angebot Region B: 1x 64 Betten Region C: 1x 20 Betten
Haut- und Geschlechtskrankheiten	Maximal: 46,7 km Durchschnitt: 25,2 km	Ist: 23 Plan: 20	Region A: 1x 173 Betten Region B: 1x 26 Betten Region C: 1x 12 Betten
Innere Medizin/Angiologie	Maximal: 95,8 km Durchschnitt: 44,8 km	Ist: 13 Plan: 6	Region A: 1x 36 Betten Region B: kein Angebot Region C: kein Angebot
Innere Medizin/Endokrinologie	Maximal: 86,3 km Durchschnitt: 39,7 km	Ist: 9 Plan: 9	Region A: 1x25 Betten Region B: kein Angebot Region C: kein Angebot
Innere Medizin/Pneumologie	Maximal: 37,8 km Durchschnitt: 21,4 km	Ist: 28 Plan: 28	Region A: kein Angebot Region B: 1x 190 Betten, 1x 32 Betten Region C: 1x 11 Betten
Innere Medizin/Rheumatologie	Maximal: 46,9 km Durchschnitt: 26,6 km	Ist: 19 Plan: 16	Region A: kein Angebot Region B: 1x 18 Betten Region C: 1x 9 Betten
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	Maximal: 44,7 km Durchschnitt: 22,5 km	Ist: 29 Plan: 24	Region A: kein Angebot Region B: 1x 10 Betten 1x 35 Betten Region C: 1x 5 Betten
Neurochirurgie	Maximal: 46,7 km Durchschnitt: 23,6 km	Ist: 25 Plan: 22	Region A: 1x 161 Betten Region B: 1x 37 Betten Region C: 1x 15 Betten
Nuklearmedizin	Maximal: 47,6 km Durchschnitt: 25,5 km	Ist: 26 Plan: 20	Region A: 1x 16 Betten Region B: 1x 4 Betten Region C: 1x 3 Betten

Tabelle 7-1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Lokalisierung der überregionalen Fachrichtungen

⁶⁹⁹ Die Anzahl der Fachabteilungen, die in der Planstruktur realisiert werden, entspricht der Zielvorgabe, die aus dem landesweiten Bettenbedarf und der Fachabteilungsrichtgröße hergeleitet wurde (vgl. Tabelle 6-65, S. 269).

Abweichend davon wird eine kleinere Anzahl Fachabteilungen gewählt, wenn in der Iststruktur weniger Fachabteilungen existieren.

Es zeigt sich, dass die Restrukturierung der Angebote der überörtlichen Versorgung zu einer Verlagerung der Angebote in Regionen mit geringer Besiedlungsdichte führt. Der Gesamtanteil der Fachabteilungen der überregionalen Versorgung steigt in den Regionen mit geringer Besiedlungsdichte von 0 % auf 17 % und der Anteil der Planbetten verdoppelt sich von 3 % auf 7 % (vgl. Tabelle 7-2). Aufgrund der Höhe der zugeordneten Nachfrage und der größeren Anzahl Fachabteilungen sinkt jedoch gleichzeitig die durchschnittliche Fachabteilungsgröße von 26,1 Betten auf 17,2 Betten.

Kennzahl	Besiedlungsdichte	Iststruktur			Planstruktur		
		Hoch	Mittel	Gering	Hoch	Mittel	Gering
Anteil Fachabteilungen der überregionalen Versorgung [%]		23 %	77 %	0 %	14 %	69 %	17 %
Anteil Betten der überregionalen Versorgung [%]		35 %	62 %	3 %	30 %	63 %	7 %
Durchschnittliche Fachabteilungsgröße in der überregionalen Versorgung [Betten]		40,5	34,6	26,1	83,1	35,4	17,2

Tabelle 7-2: Verteilung der Fachabteilungen und Planbetten in der überregionalen Versorgung nach der Besiedlungsdichte

In den Regionen mit hoher Besiedlungsdichte sinken der Anteil der Fachabteilungen in der überregionalen Versorgung (-39 %) sowie der Anteil der Betten in der überregionalen Versorgung (-14 %) am stärksten. Gleichzeitig nimmt die Fachabteilungsgröße der verbleibenden Fachabteilungen zu, so dass sich die durchschnittliche Fachabteilungsgröße im Vergleich zur Iststruktur mehr als verdoppelt (von 40,5 auf 83,1 Betten). Sie liegt damit mehr als viermal so hoch wie in den Regionen mit geringer Besiedlungsdichte (17,2 Betten) und mehr als doppelt so hoch wie in den Regionen mit mittlerer Besiedlungsdichte (35,4 Betten).

In der Iststruktur der dicht besiedelten Region A ist mindestens eine Fachabteilung in jeder der zwölf Fachrichtungen der überregionalen Versorgung vorhanden (insgesamt 18 Fachabteilungen). Im Rahmen der Restrukturierung werden Planbetten nur noch in sechs Fachrichtungen der überregionalen Versorgung (jeweils eine Fachabteilung) lokalisiert (vgl. Tabelle 7-1, S. 304). Die Anzahl der zugeteilten Planbetten sinkt von 837 auf 515 Betten (-38 %).

In der Region B mit mittlerer Besiedlungsdichte sinkt die Anzahl der Fachabteilungen von 18 auf 12 Fachabteilungen (vgl. Tabelle 7-1, S. 304). Die Anzahl der Planbetten verringert sich um 28 % von 740 auf 530 Betten.

In der gering besiedelten Region C ist in der Iststruktur nur eine Fachabteilung für Rheumatologie mit 20 Planbetten vorhanden. Im Rahmen der Restrukturierung werden sechs weitere Fachabteilungen in sechs Fachrichtungen der überregionalen Versorgung lokalisiert. Die Gesamtbettenanzahl in den Fachrichtungen der überregionalen Versorgung steigt auf 75 Betten (+275 %).

Aus Tabelle 7-1 (S. 304) wird darüber hinaus deutlich, dass die maximale und die durchschnittliche Entfernung nicht nur durch die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen beeinflusst werden. Ein weiterer Einflussfaktor sind die Fachabteilungen mit universitätsmedizinischem Status in der Iststruktur, die gemäß des Grundsatzes des differenzierten Angebotsspektrums nicht geschlossen werden können. So beträgt die maximale (durchschnittliche) Entfernung in der Herzchirurgie 63,5 km (31,2 km) bei 14 Fachabteilungen und in der Thoraxchirurgie 52,6 km (maximale Entfernung) bzw. 29,6 km (durchschnittliche Entfernung) bei 13 Fachabteilungen. Ursächlich für die größere maximale und durchschnittliche Entfernung in der Herzchirurgie ist, dass acht der 14 Fachabteilungen weiterhin Universitätskliniken zugeordnet werden. In der Thoraxchirurgie gehört in der Iststruktur eine Fachabteilung zu einer Universitätsklinik, so dass die neue Allokation flexibler geplant werden kann als in der Herzchirurgie. Abbildung 7-3 und Abbildung 7-4 (beide S. 307) illustrieren die unterschiedlichen Ist- und Planstrukturen in den Fachrichtungen für Herz- und Thoraxchirurgie.

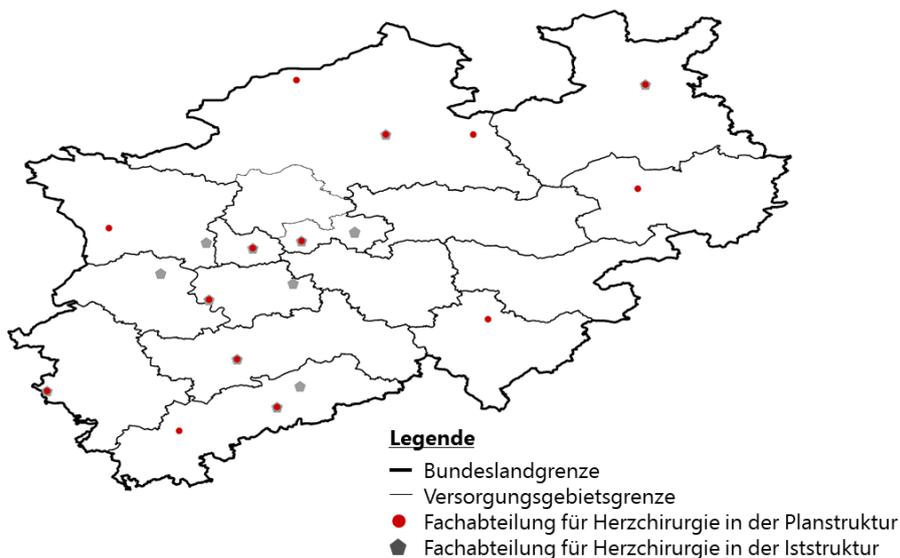


Abbildung 7-3: Lage der bestehenden und vorgeschlagenen Krankenhausstandorte für die Fachrichtung Herzchirurgie⁷⁰⁰

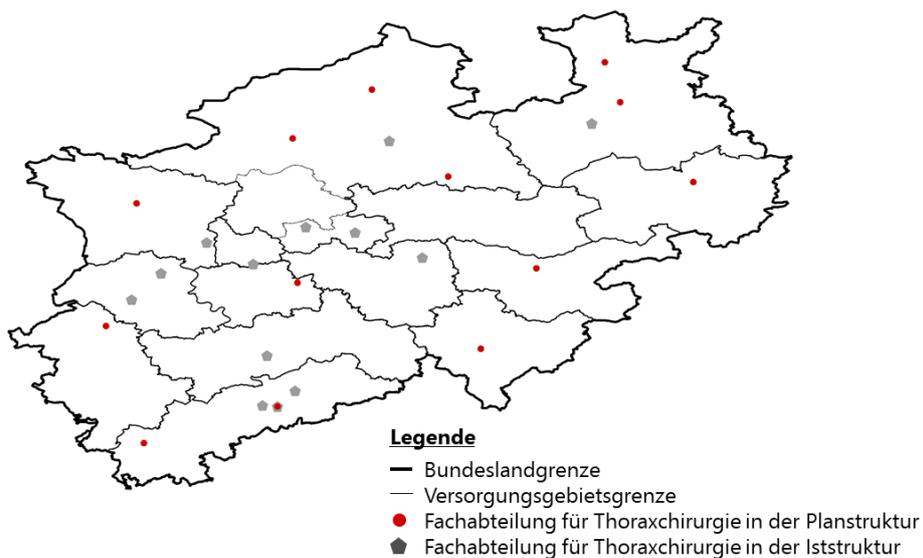


Abbildung 7-4: Lage der bestehenden und vorgeschlagenen Krankenhausstandorte für die Fachrichtung Thoraxchirurgie⁷⁰¹

⁷⁰⁰ Eigene Darstellung unter Verwendung der Daten von MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

⁷⁰¹ Eigene Darstellung unter Verwendung der Daten von MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

7.1.3 Neuberechnung der Krankenhausrichtgröße für die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung

Die Restrukturierung der Krankenhausversorgung in den Fachrichtungen der überregionalen Versorgung führt dazu, dass in 7 von 12 Fachrichtungen die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen reduziert wird (vgl. Tabelle 7-1, S. 304). Gleichzeitig sinkt die Anzahl der geplanten Betten in allen Fachrichtungen der überregionalen Versorgung mit Ausnahme der Neurologie (vgl. Tabelle 2-13, S. 72). Dementsprechend verändern sich die Lageparameter der Fachabteilungsgröße in den Fachrichtungen der überregionalen Versorgung (vgl. Tabelle 7-3). In vier Fachabteilungen (Angiologie, Endokrinologie, Nuklearmedizin und Thoraxchirurgie) steigt die Richtgröße im Vergleich zur Iststruktur. In den anderen acht Fachrichtungen der überregionalen Versorgung sinkt die Richtgröße. Für das modifizierte Krankenhausplanungsproblem, das im folgenden Planungsschritt für die Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung angewendet wird, sollte daher für jede Fachrichtung der überregionalen Versorgung die neue Medianabteilungsgröße als Richtgröße übernommen werden.

Fachrichtung	Richtgröße Iststruktur	Minimum	25 % - Quartil	Median = neue Richtgröße	75 % Quartil	Maximum
Chirurgie/Herzchirurgie	57	19	41	55	90	166
Chirurgie/Kinderchirurgie	19	4	7	18	22	78
Chirurgie/Plastische Chirurgie	33	10	20	26	46	91
Chirurgie/Thoraxchirurgie	25	12	21	28	64	213
Haut- und Geschlechtskrankheiten	46	12	25	29	63	173
Innere Medizin/Angiologie	20	10	13	24	33	36
Innere Medizin/Endokrinologie	21	13	16	23	26	32
Innere Medizin/Pneumologie	50	5	20	33	76	238
Innere Medizin/Rheumatologie	29	9	11	18	45	82
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	20	5	9	17	26	72
Neurochirurgie	62	11	33	52	77	163
Nuklearmedizin	7	2	4	8	9	20

Tabelle 7-3: Analyse der Lageparameter der Fachabteilungsgröße in den Fachrichtungen der überregionalen Versorgung im zweistufigen Planungsansatz im Vergleich zur Richtgröße in der Iststruktur⁷⁰²

⁷⁰² Eigene Darstellung basierend auf der Auswertung der Ergebnisse der Lokalisierung der Fachrichtungen der überörtlichen Versorgung und der Daten in MGEPA NRW 2013a (vgl. Tabelle 5-9, S. 195), alle ungeraden Zahlen wurden auf die nächste Ganzzahl aufgerundet

7.2 Lokalisierung der Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung

Die Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung werden weiterhin mit dem Krankenhausplanungsproblem lokalisiert. Aus zwei Gründen ist jedoch eine Anpassung der Modellformulierung notwendig:

- (1) Die Fachrichtungen der überörtlichen Versorgung sind bereits geplant, so dass bestimmte Krankenhausstandorte zwingend geöffnet bleiben müssen und in diesen Standorten ein Teil der vorhandenen Bettenkapazität bereits belegt ist.
- (2) Die Anforderung an die fachrichtungsspezifische Maximalentfernung in der örtlichen Versorgung lässt für bis zu 12 % der Bedarfspunkte eine größere Entfernung zu.

Dementsprechend werden im Folgenden zunächst die Änderungen in der Formulierung des Krankenhausplanungsproblems beschrieben (Kapitel 7.2.1). Anschließend werden in Kapitel 7.2.2 die Ergebnisse des Finalszenarios diskutiert.

7.2.1 Anpassung der Formulierung des Krankenhausplanungsproblems

7.2.1.1 Anpassung der Nebenbedingungen zur Abbildung der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung

Um im Modell zwischen der kürzeren und weiteren Distanz unterscheiden zu können, wird eine neue reellwertige Variable $bedarf_{rn}^{nah}$ eingeführt. Die neue Variable $bedarf_{rn}^{nah}$ beschreibt die Nachfrage eines Bedarfspunktes ($r \in R$), die innerhalb der ursprünglich definierten kürzeren Distanz abgedeckt wird. Analog wird ein neuer Binärindikator f_n^{nah} definiert, der den Wert eins annimmt, wenn ein Bedarfspunkt ($r \in R$) von einer Fachabteilung ($n \in N$) innerhalb der kürzeren Distanz abgedeckt werden kann.

Nebenbedingung (52) stellt sicher, dass der Anteil der Nachfrage der Planungsregion, der innerhalb der kürzeren Distanz abgedeckt werden muss, einen bestimmten Prozentsatz ($Anteil_w^{nah}$) überschreitet.

$$\sum_{r \in R^{Plan}} bedarf_{rn}^{nah} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} \geq \sum_{r \in R^{Plan}} Nachfrage_{rw} * Anteil_w^{nah} \quad \forall w \in W \quad (52)$$

Durch den Binärindikator f_n^{nah} und die Indikatorbedingung (53) wird garantiert, dass ein Bedarfspunkt ($r \in R$) nur dann innerhalb der kürzeren Distanz abgedeckt werden kann, wenn die Entfernung zwischen diesem Bedarfspunkt ($r \in R$) und der Fachabteilung ($n \in N$) kleiner gleich der kürzeren Distanz ist.

$$bedarf_{rn}^{nah} = 0 \quad \forall r, n \in \{R, N \mid f_n^{nah} = 0\} \quad (53)$$

Nebenbedingung (54) drückt die logische Beziehung zwischen den Variablen $bedarf_{rn}$ und $bedarf_{rn}^{nah}$ aus und dient der Laufzeitbeschleunigung.

$$bedarf_{rn} \geq bedarf_{rn}^{nah} \quad \forall r \in R, n \in N \quad (54)$$

7.2.1.2 Anpassung der Nebenbedingungen zur Abbildung der Strukturkontinuität

Die bereits in der vorgelagerten Stufe geplanten Betten der überregionalen Versorgung ($Planbetten_h^{UeReg}$) müssen bei der Anwendung des modifizierten Krankenhausplanungsproblems berücksichtigt werden. Deshalb werden in Nebenbedingung (55) die Betten, die den Krankenhausstandorten ($h \in H$) für die überregionale Versorgung bereits zugeordnet wurden, von der Kapazität der Krankenhausstandorte abgezogen. Nebenbedingung (55) ersetzt somit Nebenbedingung (22).

$$\sum_{n \in N^{Plan}} betten_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} \leq Kapazität_h - Planbetten_h^{UeReg} \quad \forall h \in H^{Plan} \quad (55)$$

7.2.1.3 Anpassung der Nebenbedingungen zur Abbildung der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit

Die geplanten Behandlungsangebote und -kapazitäten in den Fachrichtungen der überregionalen Versorgung müssen darüber hinaus bei der Formulierung der Nebenbedingungen, die den Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit abbilden, berücksichtigt werden.

Bei der Bewertung, ob ein Krankenhaus die vorgegebene Mindestkrankenhausgröße erfüllt, müssen die bereits lokalisierten Krankenhausbetten der überregionalen Versorgung ($Planbetten_h^{UeReg}$) berücksichtigt werden. Deshalb wird Nebenbedingung (16) wie folgt geändert:

$$\sum_{n \in N^{Plan}} betten_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} + Planbetten_h^{UeReg} \geq \sum_{k \in K} Mindestbettenanzahl_k^{KH} * l_h * \tau_{hk}^{Typ} \quad \forall h \in H^{Plan} \quad (56)$$

Die bereits lokalisierten Betten beeinflussen zudem die Berechnung der Krankenhausrichtgröße. Deshalb werden in Nebenbedingung (57) die bereits allokierten Betten der überregionalen Versorgung ($Planbetten_h^{UeReg}$) und die Richtgröße des Krankenhausstandortes basierend auf den zugeordneten Fachrichtungen der überregionalen Versorgung ($Richtgröße_h^{UeReg}$) berücksichtigt. Nebenbedingung (57) ersetzt somit Nebenbedingung (17).

$$\sum_{n \in N^{Plan}} betten_n * \rho_{nh}^{Krankenhaus} + Planbetten_h^{UeReg} \geq \sum_{w \in W} \sum_{n \in N^{Plan}} Richtbettenanzahl_w * y_n * \rho_{nw}^{Fachrichtung} * \rho_{nh}^{Krankenhaus} + Richtgröße_h^{UeReg} \quad \forall h \in H^{Plan} \quad (57)$$

Nebenbedingung (57) stellt zudem gemeinsam mit Nebenbedingung (7) sicher, dass alle Krankenhausstandorte, denen in der vorgelagerten Modellierungsstufe überregionale Bedarfe zugewiesen wurden, geöffnet bleiben.

Nebenbedingung (58) greift die Notwendigkeit auf, sehr große und damit möglicherweise ineffiziente Fachabteilungen zu vermeiden. Deshalb wird die zulässige Fachabteilungsgröße auf ein Vielfaches (*faktor*)⁷⁰³ der größten Fachabteilung in der Iststruktur (*Istbetten_w^{Maximum}*) beschränkt.

$$betten_n \leq faktor * \sum_{w \in W} Istbetten_w^{Maximum} * \rho_{nw}^{Fachrichtung} \quad \forall n \in N \quad (58)$$

7.2.1.4 Einschränkung des Wertebereichs der zusätzlichen Variablen des modifizierten Krankenhausplanungsproblems

Nebenbedingung (59) schränkt den Wertebereich der zusätzlichen Variablen ein.

$$bedarf_{rn}^{nah} \in \mathbb{R} \quad (59)$$

7.2.1.5 Zusammenfassung der Modellelemente des modifizierten Krankenhausplanungsproblems

Tabelle 7-4 und Tabelle 7-5 (beide S. 313) fassen die für das angepasste Krankenhausplanungsproblem zusätzlich benötigten Modellelemente zusammen.

⁷⁰³ Bei der Implementierung des angepassten Krankenhausplanungsproblems im folgenden Kapitel 7.2.2 wird für diesen Faktor der Wert zwei gewählt.

Datum/Parameter	Bedeutung des zugehörigen Datums/Parameters
$Anteil_w^{Nah}$	Anteil der Nachfrage, der in einer Fachrichtung $w \in W$ innerhalb der kürzeren Distanz gedeckt werden muss
$faktor$	Vielfaches, um das die größte Fachabteilung der Planstruktur die größte Fachabteilung der Iststruktur ($Istbetten_w^{Maximum}$) überschreiten darf
$Istbetten_w^{Maximum}$	Anzahl der lokalisierten Betten in der größten Fachabteilung der Fachrichtung $w \in W$ in der Iststruktur
$Planbetten_h^{UeReg}$	Anzahl der Planbetten, die einem Krankenhaus $h \in H$ in den Fachrichtungen der überregionalen Versorgung zugeordnet worden sind
$Richtgröße_h^{UeReg}$	Richtgröße eines Krankenhauses $h \in H$ in den Fachrichtungen der überregionalen Versorgung

Tabelle 7-4: Zusätzliche Parameter für die Formulierung des angepassten Krankenhausplanungsproblems

Variable	Bedeutung der Variable
$bedarf_{rn}^{nah}$	Nachfrage (in Betten) von Bedarfspunkt $r \in R$, die Fachabteilung $n \in N$ innerhalb der kürzeren Distanz zugeordnet wird

Tabelle 7-5: Zusätzliche nicht-binäre Variablen für die Formulierung des angepassten Krankenhausplanungsproblems

7.2.2 Auswertung der Ergebnisse der Lokalisierung der Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung im Finalszenario

Das angepasste Krankenhausplanungsproblem wird auch im Finalszenario mit der Software Aimms in der Version 4.78 und dem CPLEX-Solver in der Version 20.1 gelöst⁷⁰⁴. Um vertretbare Lösungszeiten für die einzelnen Instanzen zu erreichen, wird der zulässige Optimalitätsgap auf 2 % erhöht. Insgesamt werden für die Lösung des Finalszenarios 76 Instanzen gerechnet.

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse des Finalszenarios für die kombinierte Region A+B (Kapitel 7.2.2.1) und anschließend für die gering besiedelte Region C (Kapitel 7.2.2.2) ausgewertet.

⁷⁰⁴ Zur Versionierung vgl. Anmerkungen in Fußnote 698

7.2.2.1 Auswertung der Ergebnisse des Finalszenarios für die kombinierte Region A+B

Analyse des effizienten Randes

Im Finalszenario besteht der effiziente Rand für die Region A+B aus 74 Instanzen⁷⁰⁵. Abbildung 7-5 zeigt den Verlauf des effizienten Randes.

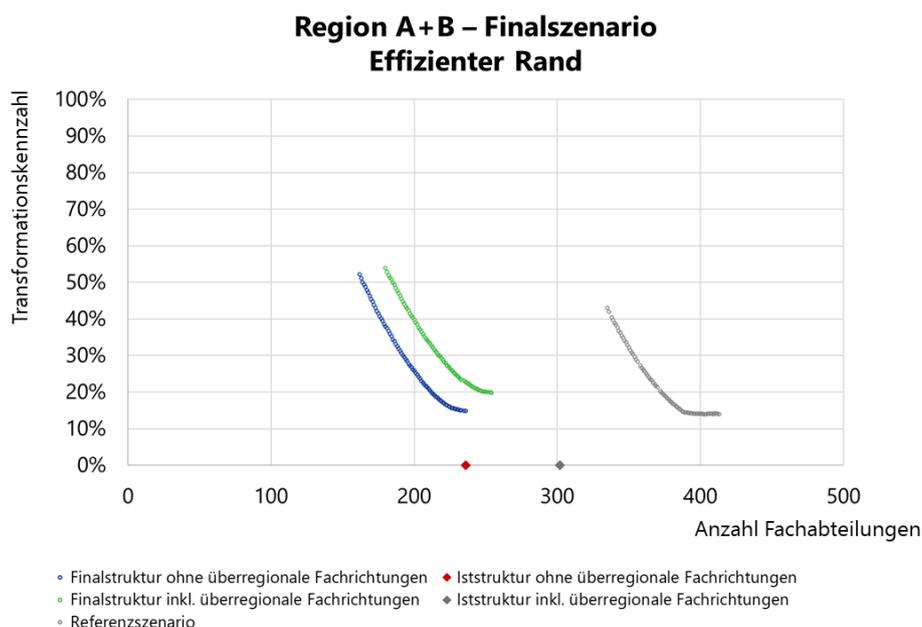


Abbildung 7-5: Effizienter Rand für Region A+B im Finalszenario im Vergleich zur Iststruktur und zum Referenzszenario

Bei ausschließlicher Betrachtung der Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung werden, je nach Präferenz der Entscheidenden, zwischen 162 (Fokus Angebotsbündelung) und 236 Fachabteilungen (Fokus Systemstabilität) geplant. Die Transformationskennzahl nimmt Werte zwischen 15 % (Fokus Systemstabilität) und 52 % (Fokus Angebotsbündelung) an.

Werden zusätzlich die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung in die Betrachtung einbezogen, werden in der kombinierten Region A+B zwischen 180 (Fokus Angebotsbündelung) und 254 Fachabteilungen (Fokus Systemstabilität) geplant. Die notwendige

⁷⁰⁵ Die Instanz mit 243 Fachabteilungen ist innerhalb von 24 Stunden nicht mit einem Gap kleiner gleich 2 % lösbar und wird daher in diesem effizienten Rand nicht angezeigt.

Verschiebung steigt – im Vergleich zur Betrachtung ohne die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung – um 2 % (Fokus Angebotsbündelung) bis 5 % (Fokus Systemstabilität). Dies bedeutet, dass die Anpassung der Versorgungsstrukturen in der überregionalen Versorgung einen stärkeren Einfluss auf die Krankenhausstruktur in der kombinierten Region hat als die Anpassung der Versorgungsstrukturen in der örtlichen und überörtlichen Versorgung.

Im Folgenden wird die vorgeschlagene Planstruktur für die kombinierte Region A+B einschließlich der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung analysiert. Dadurch können die Ergebnisse des Finalszenarios mit der Iststruktur und den Ergebnissen von Szenario 2 (im Folgenden als Referenzszenario bezeichnet) verglichen werden.

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Systemstabilität

In der kombinierten Region A+B werden im Finalszenario 12.114 Betten in 254 Fachabteilungen lokalisiert. Gegenüber der Iststruktur können 48 Fachabteilungen (-16 %) eingespart werden (vgl. Tabelle 7-6 und Tabelle 7-7).

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Referenzszenario [%]
Iststruktur	302		
Referenzszenario - Fokus Systemstabilität	413	+37 %	
Finalszenario - Fokus Systemstabilität	254	-16 %	-38 %

Tabelle 7-6: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen (örtlich, überörtlich und überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	14.873			
Referenzszenario - Fokus Systemstabilität	12.146	2.727	1.704	14 %
Finalszenario - Fokus Systemstabilität	12.114	2.759	2.400	15 %

Tabelle 7-7: Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten (örtlich, überörtlich und überregional) im Finalszenario in Region A+B im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Zu diesem Zweck werden 2.759 Betten abgebaut und 2.400 Betten zwischen Fachabteilungen und Krankenhäusern verschoben (vgl. Tabelle 7-7 und Tabelle 7-8, S. 316). Die Transformationskennzahl liegt mit 15 % nahezu auf dem Niveau des Referenzszenarios.

Fachrichtung	Landesweite Zielvorgabe ⁷⁰⁶ [%]	Iststruktur ⁷⁰⁷ [Betten]	Sollstruktur ⁷⁰⁸ [Betten]	Δ Sollstruktur zu Iststruktur [%]	Referenzszenario [Betten]	Planstruktur Fokus Systemstabilität [Betten]	Δ Planstruktur Fokus Systemstabilität zu Iststruktur [%]	Δ Planstruktur Fokus Systemstabilität zum Referenzszenario [%]
Augenheilkunde	-27 %	204	152	-25 %	108	105	-49 %	-4 %
Chirurgie ⁷⁰⁹	-15 %	4.703	3.806	-19 %	3.635	3.598	-23 %	-1 %
Frauenheilkunde/Geburtshilfe	-33 %	1.015	792	-22 %	786	783	-23 %	0 %
Geriatric	+29 %	721	789	+9 %	683	677	-6 %	+1 %
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	-31 %	381	285	-25 %	241	240	-37 %	0 %
Haut- und Geschlechtskrankheiten	-14 %	151	120	-21 %	127	199	+32 %	+55 %
Innere Medizin	-5 %	5.598	5.592	0 %	4.614	4.591	-18 %	-1 %
Kinder- und Jugendmedizin	-13 %	580	490	-16 %	493	490	-16 %	0 %
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	-28 %	91	81	-11 %	69	45	-51 %	-37 %
Neurochirurgie	-1 %	284	324	+14 %	186	198	-30 %	+6 %
Neurologie ⁷¹⁰	12 %	571	708		647	643		0 %
Nuklearmedizin	-39 %	20	20	0 %	27	20	0 %	-26 %
Strahlenheilkunde	-30 %	113	78	-31 %	80	78	-31 %	-3 %
Urologie	-10 %	441	463	+5 %	450	447	+1 %	0 %
Summe		14.873	13.700		12.146	12.114		
Δ in %	-11 %			-8%			-19%	0 %

Tabelle 7-8: Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region A+B in Iststruktur, Sollstruktur, Referenzszenario und Planstruktur des Finalszenarios – Fokus Systemstabilität⁷¹¹

Die durch das zweistufige Krankenhausplanungsproblem im Finalszenario vorgeschlagene durchschnittliche Reduktionsquote von 19 % fällt 1,7mal so hoch aus wie die

⁷⁰⁶ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.

⁷⁰⁷ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 633

⁷⁰⁸ Vgl. MGEPA NRW 2014, S. 62ff.

⁷⁰⁹ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 635

⁷¹⁰ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 636

⁷¹¹ Eigene Darstellung basierend auf den ermittelten Ergebnissen und den Angaben in MGEPA NRW 2013b und MGEPA NRW 2014 und der Ergebnisse des Referenz- sowie Finalszenarios

landesweite Zielvorgabe (11 %, vgl. Tabelle 7-8). Im Vergleich mit der durch das MGEPa NRW vorgeschlagenen Sollstruktur werden mehr als doppelt so viele Betten abgebaut. Die im Finalszenario erzielte Reduktionsquote entspricht im Durchschnitt der des Referenzszenarios, auch wenn die fachrichtungsspezifischen Einzelquoten variieren.

Liegt der Fokus der Personen, die die Entscheidung treffen, auf der Systemstabilität beträgt die durchschnittliche Fachabteilungsgröße im Finalszenario 47,7 Betten. Sie liegt damit nur noch 1,5 Betten unterhalb dem in der Iststruktur beobachteten Wert (-3 %) und 62 % oberhalb des Ergebnisses des Referenzszenarios (vgl. Tabelle 7-9).

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Referenzszenario [%]
Iststruktur	49,2		
Referenzszenario - Fokus Systemstabilität	29,4	-40 %	
Finalszenario - Fokus Systemstabilität	47,7	-3 %	+62 %

Tabelle 7-9: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Die durchschnittliche Krankenhausgröße sinkt im Vergleich zum Referenzszenario um ein Bett (vgl. Tabelle 7-10), da weiterhin 42 Krankenhausstandorte benötigt werden und die Anzahl der lokalisierten Betten um 32 Betten sinkt.

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Referenzszenario [%]
Iststruktur	331		
Referenzszenario - Fokus Systemstabilität	289	-13 %	
Finalszenario - Fokus Systemstabilität	288	-13 %	0 %

Tabelle 7-10: Durchschnittliche Krankenhausgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Systemstabilität

Analyse der Planstruktur bei absoluter Präferenz des Ziels Angebotsbündelung

Liegt der Fokus der Personen, die die Entscheidung treffen, auf dem Ziel Angebotsbündelung werden in der kombinierten Region A+B im Finalszenario 180 Fachabteilungen lokalisiert (vgl. Tabelle 7-11, S. 318). Dies sind 40 % weniger Fachabteilungen als in der Iststruktur und 46 % weniger Fachabteilungen als im Referenzszenario.

Szenario	Anzahl	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Referenzszenario [%]
Iststruktur	302		
Referenzszenario - Fokus Angebotsbündelung	335	+11 %	
Finalszenario - Fokus Angebotsbündelung	180	-40 %	-46 %

Tabelle 7-11: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen (örtlich, überörtlich und überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Im Vergleich zum Referenzszenario steigt die Transformationskennzahl von 43 % auf 54 % (vgl. Tabelle 7-12). Die Anzahl der lokalisierten Betten steigt gegenüber dem Referenzszenario (+1 %, vgl. Tabelle 7-12 und Tabelle 7-13, S. 319). Ebenso steigt die Anzahl der Betten die zwischen Fachabteilungen und Krankenhäusern verschoben werden. Insbesondere in den Fachrichtungen der überregionalen Versorgung sind, aufgrund der landesweiten Lokalisierung dieser Fachrichtungen, deutliche Abweichungen ($\geq |10\%$) in der Anzahl der lokalisierten Betten festzustellen.

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abgebauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transformationskennzahl
Iststruktur	14.873			
Referenzszenario - Fokus Angebotsbündelung	11.876	2.997	5.110	43 %
Finalszenario - Fokus Angebotsbündelung	11.988	2.885	6.457	54 %

Tabelle 7-12: Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten (örtlich, überörtlich und überregional) im Finalszenario in Region A+B im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Die mögliche Reduktionsquote fällt mit 19 % (vgl. Tabelle 7-13, S. 319) genauso hoch aus wie bei der zuvor analysierten Präferenzeinstellung Systemstabilität. Dies ist darauf zurückzuführen, dass unabhängig von der Präferenzeinstellung die gleiche Anzahl Planbetten lokalisiert wird.

Im Vergleich zum Referenzszenario sinkt die Reduktionsquote jedoch um 1 %, weil das Krankenhausplanungsproblem 112 Betten mehr lokalisiert als im Referenzszenario. Dieser Unterschied ist darauf zurückzuführen, dass im Finalszenario ein Optimalitätsgap von 2 % zugelassen wurde, während im Referenzszenario ein Optimalitätsgap von 1 % galt.

Fachrichtung	Landesweite Zielvorgabe ⁷¹² [%]	Iststruktur ⁷¹³ [Betten]	Sollstruktur ⁷¹⁴ [Betten]	Δ Sollstruktur zu Iststruktur [%]	Referenzszenario [Betten]	Planstruktur Fokus Angebotsbündelung [Betten]	Δ Planstruktur Fokus Angebotsbündelung zu Iststruktur [%]	Δ Planstruktur Fokus Angebotsbündelung zum Referenzszenario [%]
Augenheilkunde	-27 %	204	152	-25 %	101	104	-49 %	+3 %
Chirurgie ⁷¹⁵	-15 %	4.703	3.806	-19 %	3.553	3.561	-24 %	0 %
Frauenheilkunde/Geburtshilfe	-33 %	1.015	792	-22 %	755	765	-25 %	+1 %
Geriatric	+29 %	721	789	+9 %	667	667	-7 %	0 %
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	-31 %	381	285	-25 %	240	233	-39 %	-3 %
Haut- und Geschlechtskrankheiten	-14 %	151	120	-21 %	121	199	32 %	+64 %
Innere Medizin	-5 %	5.598	5.592	0 %	4.552	4.570	-18 %	0 %
Kinder- und Jugendmedizin	-13 %	580	490	-16 %	480	480	-17 %	0 %
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	-28 %	91	81	-11 %	62	45	-51 %	-27 %
Neurochirurgie	-1 %	284	324	+14 %	180	198	-30 %	+10 %
Neurologie ⁷¹⁶	12 %	571	708		633	633		0 %
Nuklearmedizin	-39 %	20	20	0 %	23	20	0 %	-13 %
Strahlenheilkunde	-30 %	113	78	-31 %	73	77	-32 %	+5 %
Urologie	-10 %	441	463	+5 %	436	436	-1 %	0 %
Summe		14.873	13.700		11.876	11.988		
Δ in %		-11 %		-8%			-19%	1%

Tabelle 7-13: Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region A+B in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur des Finalszenarios – Fokus Angebotsbündelung⁷¹⁷

⁷¹² Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.

⁷¹³ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 633

⁷¹⁴ Vgl. MGEPA NRW 2014, S. 62ff.

⁷¹⁵ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 635

⁷¹⁶ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 636

⁷¹⁷ Eigene Darstellung basierend auf den ermittelten Ergebnissen und den Angaben in MGEPA NRW 2013b und MGEPA NRW 2014 und der Ergebnisse des Referenz- sowie Finalszenarios

Mit 66,6 Betten nimmt die durchschnittliche Fachabteilungsgröße gegenüber der Iststruktur um 35 % und gegenüber dem Referenzszenario um 88 % zu (vgl. Tabelle 7-14). Die größte durchschnittliche Fachabteilungsgröße wird in der Allgemeinen Inneren Medizin mit 159 Betten pro Fachabteilung beobachtet. Die Spannweite liegt dabei zwischen 24 Betten in der kleinsten und 418 Betten in der größten Fachabteilung für Allgemeine Innere Medizin.

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungsgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Referenzszenario [%]
Iststruktur	49,2		
Referenzszenario - Fokus Angebotsbündelung	35,5	-28 %	
Finalszenario - Fokus Angebotsbündelung	66,6	+35 %	+88 %

Tabelle 7-14: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Auch die durchschnittliche Krankenhausgröße steigt gegenüber der Iststruktur (+17 %) und Referenzszenario (+21 %) an (vgl. Tabelle 7-15). Es werden 31 Krankenhausstandorte geplant. Dies sind sechs Krankenhausstandorte weniger als im Referenzszenario.

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Referenzszenario [%]
Iststruktur	331		
Referenzszenario - Fokus Angebotsbündelung	321	-3 %	
Finalszenario - Fokus Angebotsbündelung	387	+17 %	+21 %

Tabelle 7-15: Durchschnittliche Krankenhausgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region A+B im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur – Fokus Angebotsbündelung

Analyse des Preprocessings

Die Ausdehnung der zulässigen Entfernung für bis zu 12 % der Nachfrage führt dazu, dass alle Bedarfspunkte innerhalb der Entfernung als abgedeckt gelten (vgl. Tabelle 7-16, S. 321). Wie bereits erläutert, handelt es sich dabei um einen klassifikatorischen Effekt und nicht um eine reale Verbesserung der Abdeckung.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Referenzszenario	Finalszenario
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	4	0
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	11 km	0 km
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit (adjustiert für das Referenzszenario) ⁷¹⁸	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	88	0
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	152	0
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,80 / 0	0,80 / 0,006
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend und Verteilung passend	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	2,23 / 0,02	2,65 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Nachfrage ausreichend und passend verteilt
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,91 / 0,46	1,59 / 0,14
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering um Vorgaben zu erfüllen	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	1,48 / 0,42	2,75 / 0,08
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Geografisches und inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage

Tabelle 7-16: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region A+B im Finalszenario zu lösen

⁷¹⁸ Im Finalszenario werden die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung landesweit lokalisiert. Eine Klassifikation in abgedeckte und nicht abgedeckte Bedarfspunkte findet für die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung nicht statt. Deshalb müssen die Kennzahlen des Grundsatzes der Qualität und Leistungsfähigkeit des Referenzszenarios ohne die Fachabteilungen der überregionalen Versorgung neu berechnet werden, um Vergleichbarkeit herzustellen. Diese beiden Werte weichen daher von den Angaben in Tabelle 6-64 (S. 267) ab.

Dies gilt auch für die Kennzahlen, die die Konformität mit dem Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit messen. Innerhalb der erweiterten Distanz (33 km bzw. 40,4 km) erreichen alle Bedarfspunkte ein zweites Behandlungsangebot, das durch ein anderes Krankenhausunternehmen offeriert wird.

Die Verschlechterung der Kennzahl zur Krankenhauskapazität ist darauf zurückzuführen, dass die Betten in der überregionalen Versorgung nicht simultan, sondern sukzessiv geplant wurden und die Krankenhauskapazität im Rahmen der Sukzessivplanung nicht berücksichtigt wurde⁷¹⁹.

Die drei Kennzahlen, die zum Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit gehören, verbessern sich gegenüber dem Referenzszenario.

Die Krankenhausmindestgröße kann in allen Krankenhausstandorten überschritten werden. Die im Finalszenario erzielte Konsolidierung der Krankenhausstruktur bewirkt, dass das Verhältnis von Bedarf und Krankenhausrichtgröße ausreicht, damit jeder Krankenhausstandort die individuell berechnete Krankenhausrichtgröße überschreiten könnte. Aufgrund eines geografischen Missverhältnisses von Angebot und Nachfrage ist dies in acht Krankenhausstandorten jedoch nicht realisierbar.

Hinsichtlich der Fachabteilungsmindestgröße liegt weiterhin ein geografisches Missverhältnis zwischen Angebot und Nachfrage vor. Dieses führt dazu, dass in 17 Fachabteilungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung sowie drei Fachabteilungen der überregionalen Versorgung die Mindestfachabteilungsgröße nicht erreicht wird. Der Gesamtbedarf ist in allen 19 Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung ausreichend groß, um zwei Fachabteilungen zu lokalisieren, die die jeweilige Fachabteilungsmindestgröße überschreiten. Im Finalszenario liegt somit kein inhaltliches Missverhältnis in den Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung⁷²⁰ mehr vor.

⁷¹⁹ So werden einem Krankenhausstandort, der in der Iststruktur 26 somatische und 70 psychiatrische Betten aufweist, im Finalszenario 109 somatische Betten in fünf Fachrichtungen der überregionalen Versorgung zugewiesen

⁷²⁰ Da die Fachrichtungen der überregionalen Versorgung im Finalszenario auf Landesebene lokalisiert werden, kann für die kombinierte Region A+B sowie die Region C keine Aussage getroffen werden, ob diesbezüglich ein inhaltliches Missverhältnis vorliegt.

Zusammenfassung

Unabhängig vom Fokus der entscheidungsbefugten Personen werden im Finalszenario weniger Fachabteilungen lokalisiert als in der Iststruktur. Es werden 19 % der Planbetten abgebaut.

Liegt die Präferenz der Entscheidenden auf dem Ziel Systemstabilität, sinken die durchschnittlichen Fachabteilungs- (-3 %) und Krankenhausgrößen (-13 %). Diese Präferenzeinstellung wirkt sich somit negativ auf die möglichen Skaleneffekte der Leistungserbringung aus.

Liegt die Präferenz der Entscheidenden auf dem Ziel Angebotsbündelung, nehmen sowohl die durchschnittliche Fachabteilungs- als auch die durchschnittliche Krankenhausgröße zu, so dass davon auszugehen ist, dass die im Finalszenario vorgeschlagene Krankenhausstruktur in der kombinierten Region A+B den verbleibenden Krankenhäusern und Fachabteilungen die Realisierung von Skaleneffekten in der Leistungserbringung ermöglicht.

Vor diesem Hintergrund erscheint es ratsam, dass die beiden Ziele Systemstabilität und Angebotsbündelung so gewichtet werden, dass die neue Krankenhausstruktur im Hinblick auf durchschnittliche Fachabteilungs- und durchschnittliche Krankenhausgröße mindestens die Kennzahlen der Iststruktur erreicht.

7.2.2.2 Auswertung der Ergebnisse des Finalszenarios für Region C

Analyse des effizienten Randes

Die vorgeschlagene Krankenhausstruktur besteht in Region C auch im Finalszenario aus einer optimalen Lösung, die unabhängig von der Präferenzeinstellung und der Anzahl der betrachteten Fachrichtungen ist (vgl. Abbildung 7-6, S. 324). Werden zusätzlich die Fachrichtungen der überörtlichen Versorgung betrachtet, sinkt die Transformationskennzahl gegenüber der Nichtbetrachtung um 3 %, weil der Bettenabbau um 55 Betten weniger stark ausfällt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Finalszenarios mit dem Basisszenario verglichen, das im vorliegenden Fall das Referenzszenario darstellt.

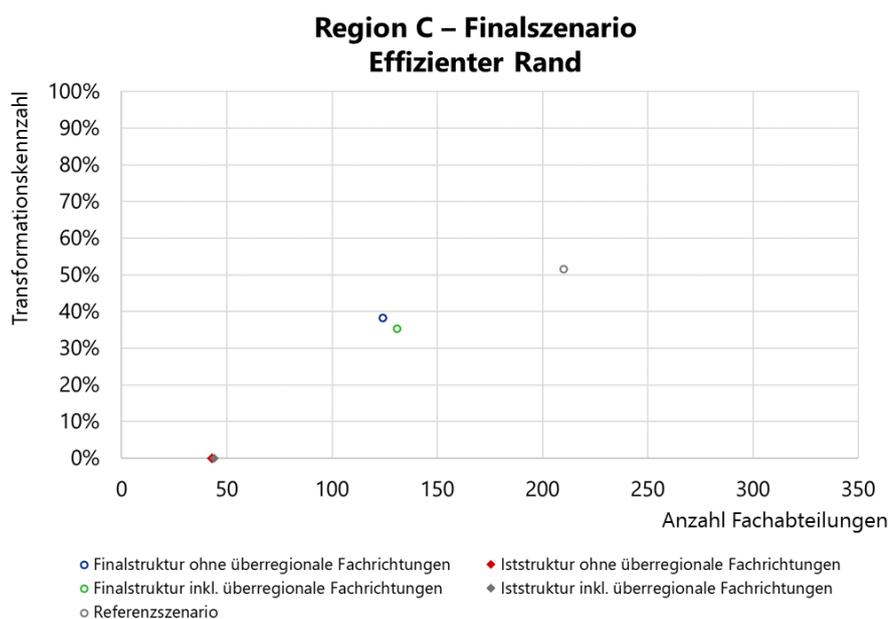


Abbildung 7-6: Optimale Lösung für Region C im Finalszenario im Vergleich zur Iststruktur und zum Referenzszenario

Analyse der Planstruktur

Im Finalszenario werden in Region C insgesamt 131 Fachabteilungen lokalisiert (vgl. Tabelle 7-17), davon sieben Fachrichtungen der überregionalen und 124 Fachabteilungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung. Dies sind dreimal so viele Fachabteilungen wie in der Iststruktur, jedoch 79 Fachabteilungen (-38 %) weniger als im Referenzszenario.

Szenario	Anzahl Fachabteilungen	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Referenzszenario [%]
Iststruktur	44		
Referenzszenario	210	+377 %	
Finalszenario	131	+198 %	-38 %

Tabelle 7-17: Anzahl lokalisierter Fachabteilungen (örtlich, überörtlich und überregional) in Region C im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur

Die Anzahl der benötigten Betten sinkt auf 1.490 Betten, da die Ausweitung der zulässigen Distanz die Zusammenfassung von Bruchteilsbedarfen ermöglicht (vgl. Tabelle 7-18, S. 325, und Tabelle 7-19, S. 326). Im Finalszenario ist somit eine Reduktion der Planbetten um 18 % möglich (Referenzszenario -7 %). Die mögliche Reduktion liegt damit über der landesweiten Zielvorgabe von -11 % und über dem Vorschlag des MGEPA NRW (-14 %).

Trotz der höheren Differenz aus Istbetten und Planbetten sinkt die Transformationskennzahl von 52 % im Referenzszenario auf 35 % im Finalszenario. Die im Finalszenario vorgeschlagene Krankenhausstruktur kann demzufolge mit weniger Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden als die des Referenzszenarios.

Fachrichtung	Landesweite Zielvorgabe ⁷²¹	Iststruktur ⁷²² [Betten]	Sollstruktur ⁷²³ [Betten]	Δ Sollstruktur zu Iststruktur [%]	Referenzszenario [Betten]	Planstruktur [Betten]	Δ Planstruktur zu Iststruktur [%]	Δ Planstruktur zum Referenzszenario [%]
Augenheilkunde	-27 %	9	0	-100 %	17	17	89 %	0 %
Chirurgie ⁷²⁴	-15 %	560	460	-18 %	509	444	-21 %	-13 %
Frauenheilkunde/Geburtshilfe	-33 %	116	83	-28 %	113	95	-18 %	-16 %
Geriatric	+29 %	48	67	+40 %	85	86	79 %	+1 %
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	-31 %	13	8	-38 %	34	33	154 %	-3 %
Haut- und Geschlechtskrankheiten	-14 %	0	0		18	12		-33 %
Innere Medizin	-5 %	760	716	-6 %	672	564	-26 %	-16 %
Kinder- und Jugendmedizin	-13 %	40	28	-30 %	62	63	58 %	+2 %
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	-28 %	0	0		12	5		-58 %
Neurochirurgie	-1 %	0	0		25	15		-40 %
Neurologie ⁷²⁵	12 %	223	180	-19 %	79	81	-64 %	+3 %
Nuklearmedizin	-39 %	0	0		7	3		-57 %
Strahlenheilkunde	-30 %	0	0		14	14		0 %
Urologie	-10 %	57	31	-46 %	60	58	2 %	-3 %
Summe		1.826	1.573		1.707	1.490		
Δ in %		-11 %		-14 %			-18 %	-13 %

Tabelle 7-18: Vergleich der lokalisierten Betten nach Hauptfachrichtungen mit der landesweiten Zielvorgabe in Region C in Iststruktur, Sollstruktur und Planstruktur des Finalszenarios⁷²⁶

⁷²¹ Vgl. MGEPA NRW 2013b, S. 73ff.

⁷²² Vgl. Erläuterungen in Fußnote 633

⁷²³ Vgl. MGEPA NRW 2014, S. 62ff.

⁷²⁴ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 635

⁷²⁵ Vgl. Erläuterungen in Fußnote 636

⁷²⁶ Eigene Darstellung basierend auf den ermittelten Ergebnissen und den Angaben in MGEPA NRW 2013b und MGEPA NRW 2014 sowie den Ergebnissen des Referenz- und Finalszenarios

Szenario	Anzahl lokalisierter Betten	Anzahl abge- bauter Betten	Anzahl verschobener Betten	Transfor- mations- kennzahl
Iststruktur	1.826			
Referenzszenario	1.707	119	881	52 %
Finalszenario	1.490	336	608	35 %

Tabelle 7-19: Anzahl lokalisierter, verschobener und abgebauter Betten (örtlich, überörtlich und überregional) im Finalszenario in Region C im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur

Die durchschnittliche Fachabteilungsgröße fällt auch im Finalszenario in Region C mit 11,4 Betten klein aus (vgl. Tabelle 7-20, S. 326). Die vier größten Fachabteilungen werden in der Allgemeinen Inneren Medizin mit 56 bis 70 Betten lokalisiert. In 17 von 19 Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen (alle außer Allgemeine Chirurgie und Allgemeine Innere Medizin) sowie zwei Fachrichtungen der überörtlichen Versorgung (Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie und Nuklearmedizin) werden 61 sehr kleine Fachabteilungen mit maximal 5 Krankenhausbetten geplant.

Szenario	Durchschnittliche Fachabteilungs- größe [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Referenz- szenario [%]
Iststruktur	41,5		
Referenzszenario	8,1	-80 %	
Finalszenario	11,4	-73 %	+41 %

Tabelle 7-20: Durchschnittliche Fachabteilungsgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region C im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur

Im Finalszenario werden ebenso wie im Referenzszenario 10 Krankenhausstandorte in Region C lokalisiert. Dies ist ein Standort weniger als in der Iststruktur. Durch den Rückgang der Anzahl der geplanten Krankenhausbetten sinkt die durchschnittliche Krankenhausgröße gegenüber dem Referenzszenario um 13 %. Obwohl die Anzahl der Krankenhausbetten um 18 % zurückgeht, liegt die durchschnittliche Krankenhausgröße mit 149 Betten nur 10 % unterhalb dem in der Iststruktur ermittelten Wert (vgl. Tabelle 7-21, S. 327).

Szenario	Durchschnittliche Krankenhausgröße [Betten]	Δ zur Iststruktur [%]	Δ zum Referenz- szenario [%]
Iststruktur	166		
Referenzszenario	171	+3 %	
Finalszenario	149	-10 %	-13 %

Tabelle 7-21: Durchschnittliche Krankenhausgröße (örtlich, überörtlich, überregional) in Region C im Finalszenario im Vergleich zum Referenzszenario und zur Iststruktur

Analyse des Preprocessings

Auch in Region C bewirkt die Ausweitung der zulässigen fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung, dass alle Bedarfspunkte als einfach abgedeckt gelten (vgl. Tabelle 7-22, S. 328). 15 Bedarfspunkte können in zwei bis 15 Fachrichtungen innerhalb der erweiterten Distanz kein alternatives Behandlungsangebot erreichen. Sechs weitere Bedarfspunkte erreichen in vier bzw. 18 Fachrichtungen innerhalb der erweiterten Distanz nur ein alternatives Behandlungsangebot des gleichen Krankenhausunternehmens.

Die Ausweitung der zulässigen Entfernung für maximal 12 % der Nachfrage ermöglicht darüber hinaus, dass an allen ausgewählten Krankenhausstandorten die Kapazitätsgrenze eingehalten werden kann.

Die Aussage der Kennzahlen, die die Konformität mit dem Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit messen, verändert sich nicht im Vergleich zum Referenzszenario.

Die Kennzahlen zur Krankenhausmindestgröße verschlechtern sich gegenüber dem Referenzszenario. Dies liegt daran, dass die gleiche Anzahl Krankenhausstandorte mit der jeweils gleichen Mindestbettenzahl eröffnet wird, jedoch 217 Betten weniger lokalisiert werden.

Die Kennzahlen zur Krankenhausrichtgröße und Fachabteilungsmindestgröße verbessern sich gegenüber dem Referenzszenario leicht, da anstelle von 24 nur noch sieben Fachabteilungen der überregionalen Versorgung geplant werden.

Planungsgrundsatz	Kennzahl	Referenzszenario	Finalszenario
Grundsatz der patienten- und bedarfsgerechten Versorgung	Anzahl nicht abgedeckter Bedarfspunkte	15	0
	Überschreitung der fachrichtungsspezifischen Maximalentfernung (Gesamtkilometer)	322 km	0 km
Grundsatz der Qualität und Leistungsfähigkeit (adjustiert für das Referenzszenario) ⁷²⁷	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen	608	82
	Summe der Unterschreitung der Doppelabdeckung durch zwei Fachabteilungen unterschiedlicher Krankenhausunternehmen	748	120
Grundsatz der Strukturkontinuität	Kapazität KPI 1/KPI 2	0,93 / 0,01	0,81 / 0
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Kapazität	Kapazität ausreichend aber Verteilung nicht passend	Kapazität ausreichend und Verteilung passend
Grundsatz der wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit	Krankenhausmindestgröße KPI 1/KPI 2	1,63 / 0,02	1,42 / 0,05
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausmindestgröße	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage
	Krankenhausrichtgröße KPI 1/KPI 2	0,21 / 0,79	0,29 / 0,71
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Krankenhausrichtgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen
	Fachabteilungsmindestgröße KPI 1/KPI 2	0,34 / 0,71	0,48 / 0,60
	Interpretation KPI zur Flexibilisierung der Fachabteilungsmindestgröße	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen

Tabelle 7-22: Analyse der notwendigen Flexibilisierungen der Inputdaten, um das Krankenhausplanungsproblem in Region C im Finalszenario zu lösen

⁷²⁷ Vgl. Anmerkungen in Fußnote 718 zur Erläuterung, warum diese Werte von den Angaben in Tabelle 6-28 (S. 230) und Tabelle 6-64 (S. 267) abweichen.

Zusammenfassung

Die Modifikationen, die in der Definition des Finalszenarios vorgenommen wurden, können eine Expansion der Krankenhausstruktur in Region C nicht verhindern. Wie auch im Referenzszenario werden weniger Betten (-19 % im Vergleich zur Iststruktur) mehr Fachabteilungen (+198 % im Vergleich zur Iststruktur) zugeteilt. Dabei fällt die beobachtete Expansion der Krankenhausstrukturen weniger stark aus als im Referenzszenario. Dennoch erreicht im Finalszenario kein Krankenhausstandort die erforderliche individuelle Krankenhausrichtgröße und 81 % der Fachabteilungen unterschreiten die definierte Fachabteilungsmindestgröße. Die Unterschreitung beträgt zwischen einem und 34 Betten (vgl. Abbildung 7-7) und liegt im Mittel bei 17,7 Betten. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die lokalisierten Krankenhausstandorte auch im Finalszenario nicht wirtschaftlich betrieben werden können.

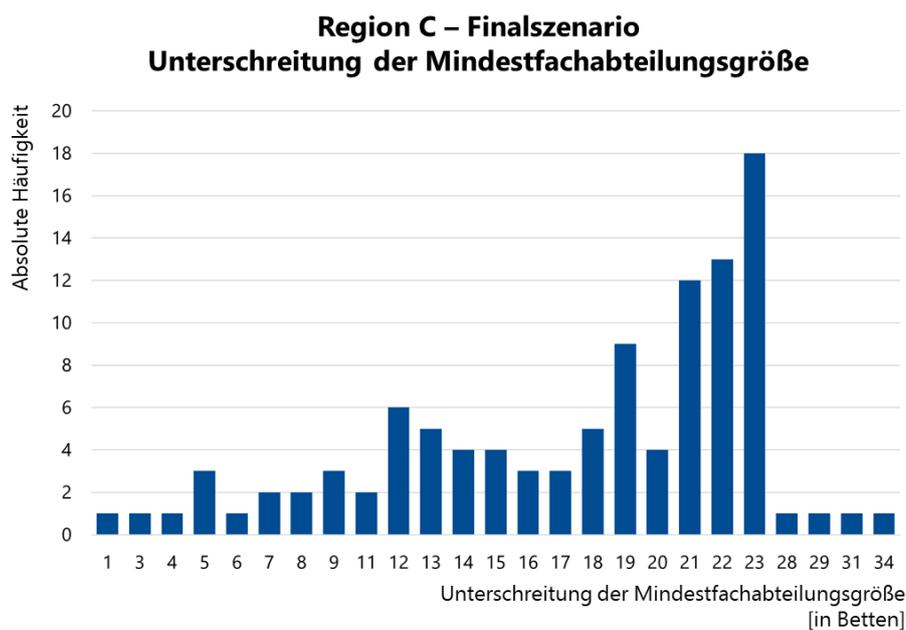


Abbildung 7-7: Absolute Häufigkeit der Unterschreitung der Mindestfachabteilungsgröße (in Betten) in Region C im Finalszenario

7.3 Identifikation von multiplen Lösungen im Finalszenario

In Kapitel 1.5 wurde dargelegt, dass ein Zielfunktionswert durch unterschiedliche Lösungen eines Optimierungsmodells erreicht werden kann. Diese Lösungen unterscheiden sich hinsichtlich der Werte, die die Entscheidungsvariablen annehmen⁷²⁸, nicht jedoch hinsichtlich des Zielerreichungsgrades. Dieses Phänomen wird als multiple Lösungen bezeichnet.

Ziel der Analyse der multiplen Lösungen ist, die beobachteten Variablenausprägungen in stabile und veränderliche Konfigurationen zu klassifizieren. Stabile Konfigurationen nehmen in allen gefundenen Lösungen den gleichen Variablenwert an. In veränderlichen Konfigurationen unterscheidet sich mindestens eine Variablenausprägung.

Multiple Lösungen können daher verwendet werden, um den finalen Auswahlprozess zu unterstützen. Die Klassifikation in stabile und veränderliche Konfigurationen vereinfacht den Auswahlprozess, da die Entscheidenden sich auf die veränderlichen Konfigurationen konzentrieren können.

Für die Reduzierung der Auswahlkomplexität sind im vorliegenden Entscheidungsansatz drei Konfigurationen relevant:

1. Welche Krankenhäuser werden in allen alternativen Lösungen lokalisiert? (**Stabile Krankenhauskonfiguration**)
2. Welche Fachabteilungs-Krankenhaus-Kombinationen werden in allen alternativen Lösungen lokalisiert? (**Stabile Fachabteilungskonfiguration**)
3. Welchen Fachabteilungs-Krankenhaus-Kombinationen wird in allen alternativen Lösungen die gleiche Anzahl Betten zugewiesen? (**Stabile Bettenkonfiguration**)

Im Folgenden werden für die kombinierte Region A+B (Kapitel 7.3.1) sowie die Region C (Kapitel 7.3.2) für die Annahmen des Finalszenarios multiple Lösungen bestimmt. Dazu werden in der kombinierten Region A+B die beiden Extrempunkte Systemstabilität und

⁷²⁸ Das heißt, es werden unterschiedliche Krankenhausstandorte ausgewählt, den ausgewählten Krankenhausstandorten werden unterschiedliche Fachabteilungen zugewiesen und den Fachabteilungen unterschiedlich viele Betten zugeordnet.

Angebotsbündelung gewählt. In der Region C liegt eine optimale Lösung vor, so dass einzig der Zielfunktionswert der optimalen Lösung zu betrachten ist.

Für die ausgewählten Zielfunktionswerte werden unter Verwendung des Solvers CPLEX 20.1 jeweils 1 Million Lösungen generiert und die besten⁷²⁹ 750 Lösungen⁷³⁰ in den Lösungspool übernommen.

Sofern nicht alle 750 Lösungen den gleichen Zielfunktionswert aufweisen, werden in den folgenden Analysen alle Lösungen berücksichtigt, deren Transformationskennzahl nicht mehr als 1 % vom niedrigsten Zielfunktionswert abweichen.

7.3.1 Auswertung der multiplen Lösungen für die kombinierte Region A+B

Analyse der stabilen und veränderlichen Konfigurationen für den Extrempunkt Systemstabilität

Präferieren die Personen, die die Entscheidung treffen, das Ziel Systemstabilität weist CPLEX im Lösungspool vier Zielfunktionswerte aus (vgl. Tabelle 7-23). In der folgenden Analyse werden die ersten beiden Lösungen berücksichtigt. Für diese Lösungen nimmt die Transformationskennzahl den gleichen Wert an (15 %) und der Zielfunktionswert liegt nur geringfügig oberhalb des erzielten Optimums (absolut 1 Bett, relativ +0,02 %).

Lösung	Zielfunktionswert⁷³¹	Transformationskennzahl⁷³²	Anteil Lösungen	Abweichung vom Optimum in %
# 1	5.531	15 %	0,13%	-
# 2	5.532	15 %	0,13%	0,02%
# 3 - # 750	5.950	17 %	99,73%	7,58%

Tabelle 7-23: Zielfunktionswerte für die besten 750 Lösungen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Systemstabilität

In den beiden betrachteten Lösungen werden dieselben Krankenhäuser eröffnet. Demzufolge sind alle Krankenhauskombinationen stabil. 39 von 41 Krankenhäusern mit

⁷²⁹ Aufgrund des zugelassenen Optimalitätsgap von 1 % und der Funktionsweise des Lösungsverfahrens, weisen nicht alle 750 Lösungen zwingend den gleichen Zielfunktionswert auf.

⁷³⁰ Eine größere Anzahl überstieg den verfügbaren Arbeitsspeicher des verwendeten Desktop-PCs.

⁷³¹ Der Zielfunktionswert misst die Anzahl der abgebauten und aufgebauten Betten.

⁷³² Ohne Berücksichtigung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung.

Angeboten der örtlichen und überörtlichen Versorgung weisen in beiden Lösungen die gleiche Anzahl Fachabteilungen auf. In zwei Krankenhäusern variiert die Anzahl der zugewiesenen Fachabteilungen um jeweils eine Fachabteilung.

Abbildung 7-8 bis Abbildung 7-10 (S. 332 – S. 333) zeigen die Lage der lokalisierten Krankenhausstandorte (Abbildung 7-8) sowie die Zuordnung der Fachrichtungen zu Krankenhäusern am Beispiel der Allgemeinen Inneren Medizin (Abbildung 7-9, S. 333) und der Augenheilkunde (Abbildung 7-10, S. 333). Diese beiden Fachrichtungen wurden ausgewählt, weil es sich um die Fachrichtungen mit den meisten (Allgemeine Innere Medizin) bzw. wenigsten Fachabteilungen (Augenheilkunde) in der kombinierten Region A+B handelt.

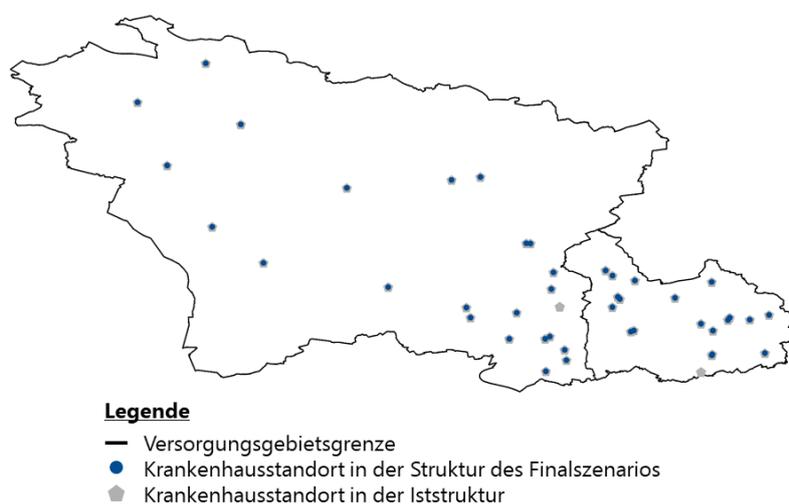


Abbildung 7-8: Lage der Krankenhausstandorte in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Systemstabilität⁷³³

Im Vergleich zum Referenzszenario wird in der Region A mit hoher und der Region B mit mittlerer Besiedlungsdichte jeweils ein Krankenhaus geschlossen (vgl. Abbildung 7-8). In der Fachrichtung Allgemeine Innere Medizin werden in der dicht besiedelten Region A alle Behandlungsangebote beibehalten. In der Region mit mittlerer Besiedlungsdichte (Region B) werden drei Fachabteilungen für Allgemeine Innere Medizin geschlossen (vgl. Abbildung 7-9, S. 333). In der Augenheilkunde findet auch bei Anwendung des Fokus Systemstabilität eine Neustrukturierung des Behandlungsangebots statt. Von fünf

⁷³³ Eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen des modifizierten Krankenhausplanungsproblems sowie der Informationen in MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

bestehenden Angeboten werden drei geschlossen, zwei davon in der Region mit hoher und eins in der Region mit mittlerer Besiedlungsdichte. Zudem werden in Region B fünf neue Fachabteilungen für Augenheilkunde eröffnet (vgl. Abbildung 7-10).

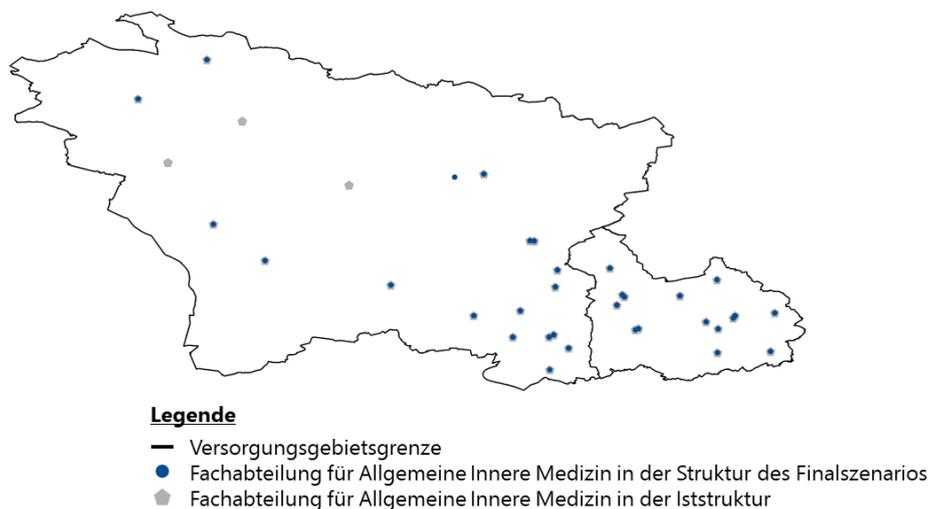


Abbildung 7-9: Lage der Fachabteilungen für Allgemeine Innere Medizin in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Systemstabilität⁷³⁴

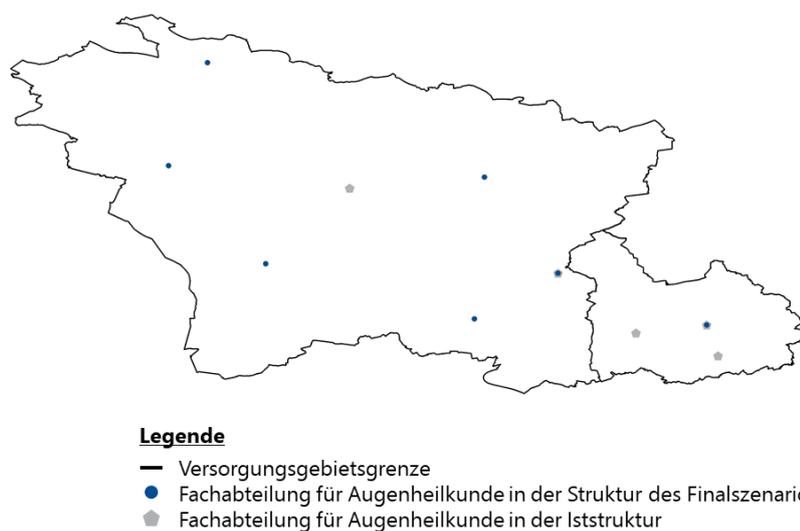


Abbildung 7-10: Lage der Fachabteilungen für Augenheilkunde in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Systemstabilität⁷³⁵

⁷³⁴ Eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen des modifizierten Krankenhausplanungsproblems sowie der Informationen in MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

⁷³⁵ Eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen des modifizierten Krankenhausplanungsproblems sowie der Informationen in MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

92 % aller Fachrichtungskombinationen, die in den Lösungen #1 und #2 vorkommen, weisen in beiden Lösungen die gleiche Anzahl Krankenhausbetten auf. Darunter befinden sich alle Fachabteilungen für Augenheilkunde, Allgemeine Chirurgie, Frauenheilkunde, Geriatrie, Kinder- und Jugendmedizin, Nephrologie, Neurologie, Unfallchirurgie und Urologie.

In 24 Fachrichtungskombinationen (vgl. Tabelle 7-24 und Tabelle 7-25, S. 334-S.335) unterscheidet sich die Anzahl der zugewiesenen Betten zwischen den beiden betrachteten Lösungen.

Fachrichtung	Krankenhaus	Zugewiesene Betten Lösung	
		# 1	# 2
Chirurgie/Gefäßchirurgie	AB-013	52	51
Chirurgie/Gefäßchirurgie	AB-018	10	11
Summe Chirurgie/Gefäßchirurgie		62	62
Chirurgie/Orthopädie	AB-007	85	89
Chirurgie/Orthopädie	AB-008	77	73
Summe Chirurgie/Orthopädie		162	162
Chirurgie/Viszeralchirurgie	AB-018	3	6
Chirurgie/Viszeralchirurgie	AB-029	35	29
Chirurgie/Viszeralchirurgie	AB-032	26	29
Summe Chirurgie/Viszeralchirurgie		64	64
Geburtshilfe	AB-001	19	21
Geburtshilfe	AB-018	17	15
Summe Geburtshilfe		36	36
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	AB-008	0	25
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	AB-034	85	64
Summe Hals-Nasen-Ohrenheilkunde		85	89

Tabelle 7-24: Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Systemstabilität (Teil 1)

Fachrichtung	Krankenhaus	Zugewiesene Betten Lösung	
		# 1	# 2
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-007	41	35
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-022	100	101
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-029	89	95
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-033	73	72
Summe Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin		303	303
Innere Medizin/Gastroenterologie	AB-009	24	0
Innere Medizin/Gastroenterologie	AB-032	27	46
Summe Innere Medizin/Gastroenterologie		51	46
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	AB-007	62	64
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	AB-018	15	13
Summe Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie		77	77
Innere Medizin/Kardiologie	AB-004	51	52
Innere Medizin/Kardiologie	AB-013	75	64
Innere Medizin/Kardiologie	AB-016	68	78
Summe Innere Medizin/Kardiologie		194	194
Strahlenheilkunde	AB-022	7	6
Strahlenheilkunde	AB-036	16	17
Summe Strahlenheilkunde		23	23

Tabelle 7-25: Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Systemstabilität (Teil 2)

In acht Fachrichtungen ist die Summe der lokalisierten Betten konstant, während in zwei Fachabteilungen die Summe der lokalisierten Betten um bis zu fünf Betten abweicht (Gastroenterologie und Hals-Nasen-Ohrenheilkunde).

Die abweichende Anzahl lokalisierter Betten zwischen verschiedenen Lösungen folgt aus der Verknüpfung der reelwertigen Variable $bedarf_{rn}$ und der ganzzahligen Variablen $betten_{rn}$ in Nebenbedingung (6).

Tabelle 7-26 (S. 336) illustriert exemplarisch anhand eines Bedarfspunktes (Z), zweier Fachabteilungen (1 und 2), die der gleichen Fachrichtung zuzuordnen sind, und zweier Lösungen (I und II), dass ein Bedarf von 15,5 Betten zwischen zwei Krankenhäusern so aufgeteilt werden kann, dass sowohl 16 als auch 17 Betten lokalisiert werden. Gleichzeitig

bleibt die Bettenanzahl in Fachabteilung 2 konstant, da die Differenz von 0,6 Betten nicht dazu führt, dass die nächste ganze Zahl überschritten wird. Je mehr Fachabteilungen in einer Region in einer Fachrichtung lokalisiert werden, desto größer kann die Differenz der insgesamt zugeordneten Betten in einer Fachabteilung ausfallen.

Fachabteilung	Lösung	I	II
	Variable		
1	$bedarf_{z1}$	9,7	10,4
	$betten_{z1}$	10	11
2	$bedarf_{z2}$	5,8	5,1
	$betten_{z2}$	6	6
Gesamt	$bedarf_{z1} + bedarf_{z2}$	15,5	15,5
	$bedarf_{z1} + bedarf_{z2}$	16	17

Tabelle 7-26: Illustration des Zusammenhangs zwischen Bedarfs- und Bettenzuordnung

Das Krankenhausplanungsproblem enthält darüber hinaus keine Zielfunktion, die die Anzahl der lokalisierten Betten minimiert. Dementsprechend können die entscheidungsbefugten Personen bei der Festlegung der neuen Krankenhausstruktur für die Bettenallokationen, die zwischen den Lösungen eine abweichende Gesamtbettenanzahl aufweisen, die Allokation mit der geringsten Gesamtsumme wählen. Dabei ist zu beachten, dass je Fachrichtung für alle Krankenhäuser die gleiche Lösung implementiert werden muss.

Würden im vorliegenden Fall für die Fachrichtungen Gastroenterologie und Hals-Nasen-Ohrenheilkunde in beiden Lösungen die Allokation mit der geringsten Gesamtbettenzahl implementiert, steigt die beobachtete Verschiebung in Lösung # 1 um fünf Betten und in Lösung # 2 um vier Betten (vgl. Tabelle 7-27, S. 337).⁷³⁶ Beide Lösungen weisen in diesem Fall den gleichen Zielfunktionswert auf, der um 0,09 % oberhalb des minimal möglichen Zielfunktionswertes liegt. Die Transformationskennzahl für beide Lösungen beträgt weiterhin 15 %.

⁷³⁶ Es ist möglich, dass ein Krankenhaus durch die manuelle Reduzierung der zugeordneten Betten die erforderliche Krankenhausmindestgröße oder Krankenhausrichtgröße unterschreitet. In diesem Fall müssen die entscheidungsbefugten Personen abwägen, ob sie die manuelle Korrektur zu Gunsten der Gesamtsystemwirtschaftlichkeit und zu Lasten der Wirtschaftlichkeit des betroffenen Krankenhauses vornehmen oder nicht.

Im vorliegenden Fall würde das Krankenhaus A-008 in Lösung # 2 die individuelle festgelegte Krankenhausrichtgröße um 12 Betten unterschreiten, wenn in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde die geringe Bettenanzahl aus Lösung # 1 übernommen würde.

Lösung	Zielfunktionswert aus Optimierungsläufen	Zielfunktionswert nach manueller Anpassung der Bettenanzahl
# 1	5.531	5.536
# 2	5.532	5.536

Tabelle 7-27: Zielfunktionswerte für die besten 750 Lösungen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Systemstabilität

Analyse der stabilen und veränderlichen Konfigurationen für den Extrempunkt Angebotsbündelung

Präferieren die Entscheidenden das Ziel Angebotsbündelung, weist der Zielfunktionswert der ersten zehn Lösungen die gleiche Transformationskennzahl auf (vgl. Tabelle 7-28). Diese zehn Lösungen werden im Folgenden im Hinblick auf ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede analysiert.

Lösung	Zielfunktionswert	Transformationskennzahl ⁷³⁷	Anteil Lösungen	Abweichung vom Optimum in %
# 1 - # 3	13.757	52 %	0,40 %	
# 4 - # 6	13.759	52 %	0,40 %	0,01 %
# 7	13.761	52 %	0,13 %	0,03 %
# 8	13.769	52 %	0,13 %	0,09 %
# 9	13.770	52 %	0,13 %	0,09 %
# 10	13.772	52 %	0,13 %	0,11 %
# 11 - # 750	14.546	56 %	98,67 %	5,74 %

Tabelle 7-28: Zielfunktionswerte für die besten 750 Lösungen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung

In allen zehn Lösungen, die CPLEX im Rahmen der Generierung der multiplen Lösungen ausgibt, werden 30⁷³⁸ von 43 Krankenhäusern eröffnet. Somit sind alle Krankenhauskombinationen stabil. Abbildung 7-11 (S. 338) visualisiert die Lage der eröffneten Krankenhausstandorte. Krankenhausschließungen sind insbesondere in der Region mit hoher Besiedlungsdichte zu beobachten. 8 von 17 Krankenhausstandorten werden in Region A

⁷³⁷ Ohne Berücksichtigung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung.

⁷³⁸ Damit wird bei der Generierung der multiplen Lösungen ein Krankenhausstandort weniger eröffnet als bei der Berechnung der optimalen Lösung für den Zielfunktionswert 162 in Kapitel 7.2.2.1. Dies ist aus methodischer Sicht unproblematisch, da das Krankenhausplanungsproblem keine Zielfunktion enthält, die die Anzahl der Krankenhausstandorte minimiert.

geschlossen (-47 %). In der Region mit mittlerer Besiedlungsdichte werden hingegen nur 3 von 24 Krankenhausstandorten geschlossen (-13 %).

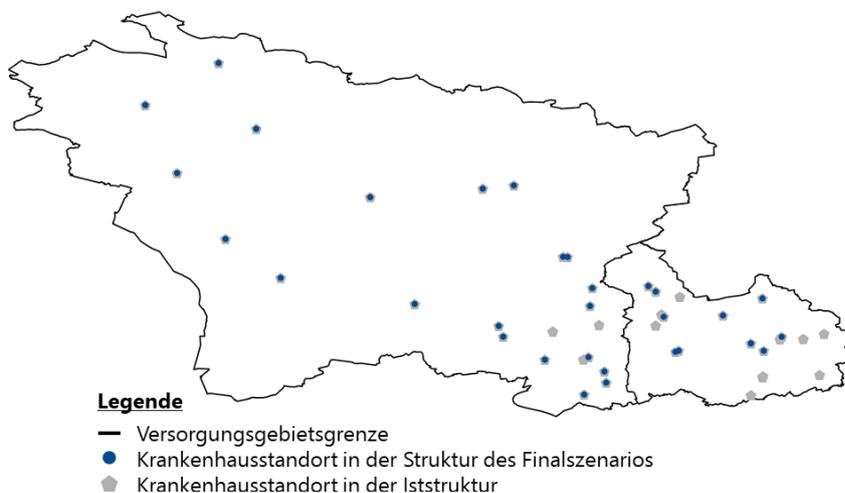


Abbildung 7-11: Lage der Krankenhausstandorte in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Angebotsbündelung⁷³⁹

Von 30 Krankenhausstandorten weisen 24 eine stabile Fachabteilungsanzahl auf. In sechs Krankenhausstandorten weicht die Anzahl der zugewiesenen Fachabteilungen um maximal eine Fachabteilung ab.

Von 162 lokalisierten Fachabteilungen in der örtlichen und überörtlichen Versorgung werden 159 den gleichen Krankenhausstandorten zugewiesen. Diese Allokationen sind demnach als stabil zu bezeichnen. Abbildung 7-12 und Abbildung 7-13 (beide S. 339) visualisieren die Lage der lokalisierten Fachabteilungen für Augenheilkunde (geringste Anzahl Fachabteilungen in der Region A+B) und Allgemeine Innere Medizin (höchste Anzahl Fachabteilungen in der Region A+B).

Aus Abbildung 7-12 (S. 339) wird deutlich, dass die Präferenz des Ziels Angebotsbündelung zu einer deutlichen Konsolidierung der Behandlungsstrukturen in der Allgemeinen Inneren Medizin führt. In der Region mit hoher Besiedlungsdichte bleiben 5 von 14 existierenden Angeboten bestehen (36 %). 8 Fachabteilungen werden geschlossen (-64 %). In der Region mit mittlerer Besiedlungsdichte werden 9 von 20 existierenden

⁷³⁹ Eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen des modifizierten Krankenhausplanungsproblems sowie der Informationen in MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

Fachabteilungen für Allgemeine Innere Medizin geschlossen (-45 %). 11 Fachabteilungen bleiben bestehen und eine Fachabteilung wird neu eröffnet.

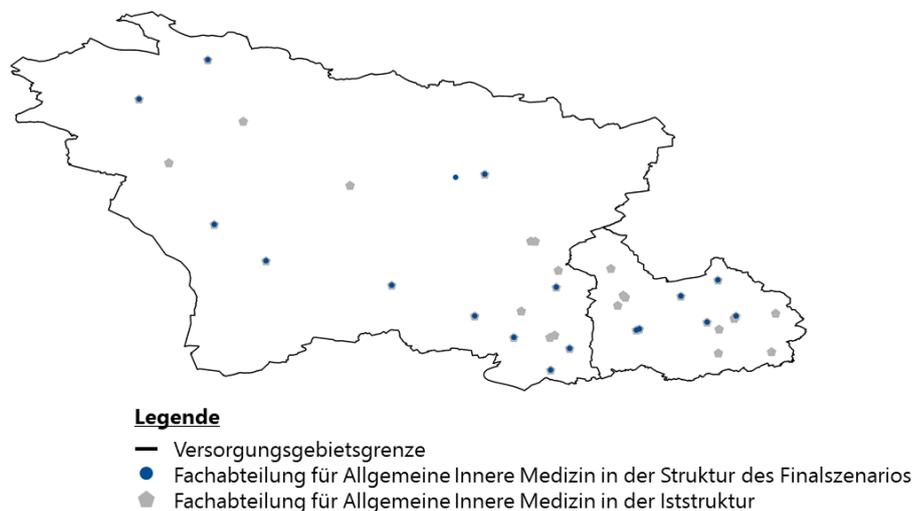


Abbildung 7-12: Lage der Fachabteilungen für Allgemeine Innere Medizin in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Angebotsbündelung⁷⁴⁰

Auf die Verteilung der Behandlungsangebote für Augenheilkunde hat die Präferenzeinstellung keine Auswirkung (vgl. Abbildung 7-13, S. 339).

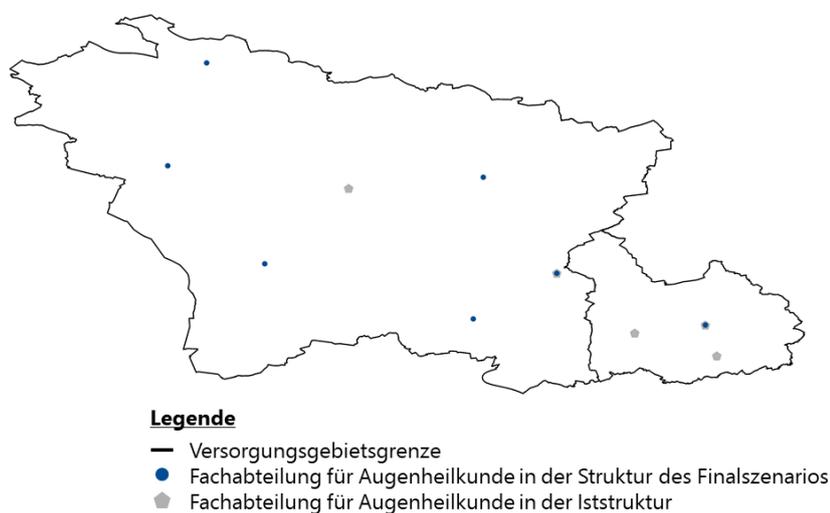


Abbildung 7-13: Lage der Fachabteilungen für Augenheilkunde in der Region A+B in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios – Fokus Angebotsbündelung⁷⁴¹

⁷⁴⁰ Eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen des modifizierten Krankenhausplanungsproblems sowie der Informationen in MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

⁷⁴¹ Eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen des modifizierten Krankenhausplanungsproblems sowie der Informationen in MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

Veränderliche Fachabteilungskombinationen treten in den Fachrichtungen für Strahlenheilkunde sowie Hämatologie und Onkologie auf. In der Hämatologie und Onkologie gibt es drei mögliche Konfigurationen bestehend aus jeweils zwei Krankenhäusern (vgl. Tabelle 7-29). In der Strahlenheilkunde existieren zwei mögliche Konfigurationen, in denen jeweils ein Krankenhaus eröffnet wird (vgl. Tabelle 7-30).

Lösung	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10
Krankenhaus										
AB-015					✓		✓			✓
AB-026	✓	✓	✓	✓		✓			✓	
AB-027					✓		✓	✓		✓
AB-035	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	

Tabelle 7-29: Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Hämatologie und Onkologie in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung

Lösung	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10
Krankenhaus										
AB-024					✓				✓	
AB-025	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓

Tabelle 7-30: Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Strahlenheilkunde in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung

Von den 165 möglichen Fachabteilungskombinationen weisen 110 in allen 10 Lösungen die gleiche Anzahl zugewiesener Betten auf. Diese Bettenkonfigurationen sind somit stabil. 55 Fachrichtungskombinationen weisen je nach Lösung eine unterschiedliche Anzahl geplanter Betten auf (vgl. Tabelle 7-31, S. 341, Tabelle 7-32, S. 342, und Tabelle 7-33, S. 343). Je nach Fachrichtung sind zwischen zwei (Gefäßchirurgie) und acht (Geriatric) unterschiedlichen Bettenallokationen zu Krankenhäusern möglich. In den folgenden Tabellen werden gleiche Bettenallokationen in der gleichen Farbe hervorgehoben.

Fachrichtung	Krankenhaus	Zugewiesene Betten in Lösung									
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
Augenheilkunde	AB-020	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
Augenheilkunde	AB-028	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23
Summe Augenheilkunde		29	29	29	29	29	29	29	29	28	28
Chirurgie/Allgemeine Chirurgie	AB-001	165	165	165	165	166	165	166	170	166	164
Chirurgie/Allgemeine Chirurgie	AB-019	35	35	35	35	35	35	35	35	34	33
Chirurgie/Allgemeine Chirurgie	AB-028	80	80	80	80	98	115	113	111	76	102
Chirurgie/Allgemeine Chirurgie	AB-029	68	68	68	68	49	33	34	32	72	49
Summe Chirurgie/Allgemeine Chirurgie		348	348	348	348	348	348	348	348	348	348
Chirurgie/Gefäßchirurgie	AB-018	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
Chirurgie/Gefäßchirurgie		4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
Chirurgie/Orthopädie	AB-011	282	282	282	282	282	283	283	282	282	283
Chirurgie/Orthopädie	AB-024	74	74	74	74	25	64	81	122	34	40
Chirurgie/Orthopädie	AB-027	82	82	82	82	98	88	61	24	99	124
Chirurgie/Orthopädie	AB-038	62	62	62	62	95	65	75	72	85	53
Summe Chirurgie/Orthopädie		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Chirurgie/Unfallchirurgie	AB-006	42	42	42	42	43	52	52	50	49	52
Chirurgie/Unfallchirurgie	AB-015	45	45	45	45	45	45	45	45	45	44
Chirurgie/Unfallchirurgie	AB-027	60	60	60	60	59	50	50	52	53	51
Summe Chirurgie/Unfallchirurgie		147	147	147	147	147	147	147	147	147	147
Chirurgie/Viszeralchirurgie	AB-015	36	36	36	36	44	39	28	47	24	27
Chirurgie/Viszeralchirurgie	AB-026	24	24	24	24	25	24	45	24	35	24
Chirurgie/Viszeralchirurgie	AB-038	37	37	37	37	28	34	24	26	38	46
Summe Chirurgie/Viszeralchirurgie		97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Frauenheilkunde	AB-001	75	75	75	75	74	75	74	70	74	76
Frauenheilkunde	AB-018	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4
Frauenheilkunde	AB-019	34	34	34	34	34	34	34	34	35	36
Frauenheilkunde	AB-024	36	36	36	36	37	36	37	41	38	36
Summe Frauenheilkunde		150	150	150	149	149	149	149	149	151	152
Geriatric	AB-015	217	212	212	212	169	209	188	206	229	203
Geriatric	AB-016	241	246	246	246	246	246	246	246	246	246
Geriatric	AB-026	29	29	29	29	106	42	54	30	44	117
Geriatric	AB-027	99	99	99	99	65	89	98	104	67	20
Summe Geriatric		586	586	586	586	586	586	586	586	586	586

Tabelle 7-31: Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung (Teil 1)

Fachrichtung	Krankenhaus	Zugewiesene Betten in Lösung									
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	AB-006	64	64	64	64	41	63	37	64	37	45
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	AB-027	29	29	29	29	24	43	24	35	51	24
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	AB-035	59	59	59	59	87	46	91	53	64	83
Summe Hals-Nasen-Ohrenheilkunde		152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-002	252	252	252	252	251	251	252	251	252	248
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-005	309	309	309	309	308	309	305	309	309	317
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-010	418	418	418	418	417	417	418	414	417	418
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-013	287	287	287	287	287	286	287	286	286	287
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-022	166	166	166	166	166	166	166	165	165	166
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-028	66	66	66	66	48	32	33	34	74	44
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-029	114	114	114	114	132	148	148	151	109	137
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	AB-032	415	415	415	415	418	418	418	417	415	410
Summe Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin		2.027	2.027	2.027	2.027	2.027	2.027	2.027	2.027	2.027	2.027
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	AB-006	42	42	42	42	64	33	59	34	62	52
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	AB-015	0	0	0	0	40	0	32	0	0	25
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	AB-018	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	AB-026	54	54	54	54	0	51	0	0	42	0
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	AB-027	0	0	0	0	24	0	37	55	0	51
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	AB-035	32	32	32	32	0	44	0	39	24	0
Summe Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie		142	142	143	143	143	143	143	143	143	143
Innere Medizin/Kardiologie	AB-005	279	279	279	279	279	279	279	279	279	271
Innere Medizin/Kardiologie	AB-006	24	24	24	24	24	24	24	24	24	32
Summe Innere Medizin/Kardiologie		303	303	303	303	303	303	303	303	303	303

Tabelle 7-32: Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung (Teil 2)

Fachrichtung	Krankenhaus	Zugewiesene Betten in Lösung									
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
Kinder- und Jugendmedizin	AB-029	51	51	51	51	52	52	51	50	52	47
Kinder- und Jugendmedizin	AB-032	225	225	225	225	224	224	225	226	224	229
Summe Kinder- und Jugendmedizin		276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
Neurologie	AB-006	59	59	59	59	59	59	59	59	59	50
Neurologie	AB-020	24	24	24	24	24	24	24	24	25	24
Neurologie	AB-028	45	45	45	45	45	44	45	46	41	46
Neurologie	AB-035	147	147	147	147	147	148	147	146	150	155
Summe Neurologie		275	275	275	275	275	275	275	275	275	275
Strahlenheilkunde	AB-015	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16
Strahlenheilkunde	AB-024	0	0	0	0	24	0	0	0	24	0
Strahlenheilkunde	AB-038	24	24	24	24	0	24	24	24	0	24
Summe Strahlenheilkunde		41	41	41	41	41	41	41	41	41	40
Urologie	AB-024	104	104	104	104	128	114	96	51	118	138
Urologie	AB-026	71	71	71	71	47	61	79	124	57	37
Summe Urologie		175	175	175	175	175	175	175	175	175	175

Tabelle 7-33: Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region A+B im Finalszenario – Fokus Angebotsbündelung (Teil 3)

Auch bei dieser Präferenzeinstellung variiert die Summe der geplanten Betten in den veränderlichen Bettenkonfigurationen in fünf Fachrichtungen (Augenheilkunde, Gefäßchirurgie, Frauenheilkunde, Hämatologie und Onkologie sowie Strahlenheilkunde). Die Ursache liegt, wie bereits beschrieben, in der unterschiedlichen Zuordnung der Bruchteilsbedarfe.

Zusammenfassung

Für die beiden Extrempunkte des effizienten Randes existieren in der kombinierten Region A+B im Finalszenario mehrere gleich gute Lösungen. Die entscheidungsbefugten Personen können die gewünschte Allokation von Krankenhäusern, Fachabteilungen und Betten aus diesen gleich guten Lösungen auswählen. Durch die Klassifikation der Allokationen in stabile und veränderliche Zuordnungen kann die Komplexität der Auswahlentscheidung in eine überschaubare Anzahl Einzelentscheidungen zerlegt werden. Liegt

der Fokus auf der Systemstabilität, müssen sich die Personen, die die Entscheidung fällen, mit der Planung von 24 Fachrichtungskombinationen auseinandersetzen. Diese betreffen 10 Fachrichtungen und 14 Krankenhäuser in zwei Lösungen. Liegt der Fokus auf der Angebotsbündelung, sind Entscheidungen in 55 Fachrichtungskombinationen in 16 Fachrichtungen und 21 Krankenhäusern zu treffen. Zur Auswahl stehen 10 verschiedenen Lösungen. Ohne die Beschränkung der Auswahlentscheidung auf die nicht stabilen Allokationen, müssten die entscheidungsbefugten Personen jeweils 798 mögliche Fachrichtungskombinationen in 19 Fachrichtungen und 42 Krankenhäusern berücksichtigen.

Für jede dieser Fachrichtungskombinationen schlägt das Krankenhausplanungsproblem eine zu lokalisierende Planbettenanzahl vor. Die entscheidungsbefugten Personen können diesen Vorschlag übernehmen oder – sofern die Gesamtzahl der Betten in einer Fachrichtung zwischen den gleich guten Lösungen abweicht – den Vorschlag mit der geringsten Zahl der lokalisierten Planbetten wählen⁷⁴². Der Vorschlag der Planbettenzahl je Fachrichtungskombination reduziert ebenfalls die Lösungskomplexität und trägt zur Beschleunigung des Entscheidungsprozesses in den regionalen Planungskonferenzen bei.

7.3.2 Auswertung der multiplen Lösungen für die Region C

In Region C weisen drei der generierten Lösungen die gleiche Transformationskennzahl auf (vgl. Tabelle 7-34, S. 344). Diese drei Lösungen werden im Folgenden im Hinblick auf die gewählten Krankenhausstandorte, Fachabteilungszuordnungen und Bettenzuweisungen analysiert.

Lösung	Zielfunktionswert	Transformationskennzahl⁷⁴³	Anteil Lösungen	Abweichung vom Optimum in %
# 1	1.469	38 %	0,13%	-
# 2	1.473	38 %	0,13%	0,27 %
# 3	1.475	38 %	0,13 %	0,41 %
# 4- # 750	1.511	40 %	99,61%	2,86 %

Tabelle 7-34: Zielfunktionswerte für die besten 750 Lösungen in Region C im Finalszenario

⁷⁴² Vgl. dazu die Anmerkungen in Fußnote 736

⁷⁴³ Ohne Berücksichtigung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung

In den drei betrachteten Lösungen werden die gleichen Krankenhausstandorte eröffnet. Dementsprechend ist die Krankenhauskonfiguration stabil. Abbildung 7-14 zeigt die Lage der ausgewählten Krankenhausstandorte im Vergleich zu den bestehenden Krankenhausstandorten der Iststruktur. Von 11 Krankenhausstandorten bleiben 10 in der Finalstruktur erhalten.

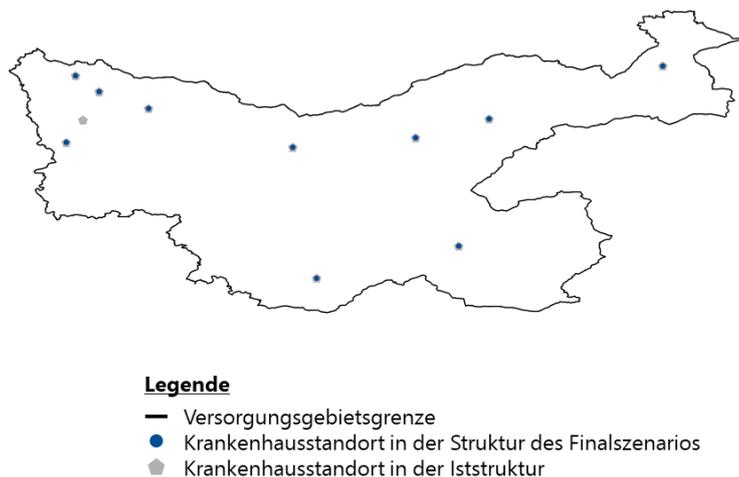


Abbildung 7-14: Lage der Krankenhausstandorte in der Region C in der Iststruktur und in der Struktur des Finalszenarios⁷⁴⁴

Im Finalszenario eröffnet das zweistufige Krankenhausplanungsproblem 124 Fachabteilungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung. 118 Fachabteilungskombinationen sind in den drei betrachteten Lösungen stabil. Für die verbleibenden sechs Allokationen von Krankenhäusern zu Fachrichtungen treten zwölf mögliche Kombinationen auf. Diese betreffen sechs Fachrichtungen (vgl. Tabelle 7-35 bis Tabelle 7-40, S. 345-S. 346 und drei Krankenhäuser. In jeder Fachrichtung sind zwei alternative Kombinationen möglich.

Krankenhaus	Lösung	# 1	# 2	# 3
C-010			✓	✓
C-011		✓		

Tabelle 7-35: Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Gefäßchirurgie in Region C im Finalszenario

⁷⁴⁴ Eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen des modifizierten Krankenhausplanungsproblems sowie der Informationen in MGEPA NRW 2013a; MGEPA NRW 2013b, S. 155ff.; Nordmann 2016; Statistische Ämter 2016

Krankenhaus	Lösung	# 1	# 2	# 3
	C-010	✓		
	C-011		✓	✓

Tabelle 7-36: Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Kardiologie in Region C im Finalszenario

Krankenhaus	Lösung	# 1	# 2	# 3
	C-009	✓		
	C-010		✓	✓

Tabelle 7-37: Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Nephrologie in Region C im Finalszenario

Krankenhaus	Lösung	# 1	# 2	# 3
	C-009	✓		
	C-010		✓	✓

Tabelle 7-38: Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Orthopädie in Region C im Finalszenario

Krankenhaus	Lösung	# 1	# 2	# 3
	C-009		✓	✓
	C-011	✓		

Tabelle 7-39: Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Strahlenheilkunde in Region C im Finalszenario

Krankenhaus	Lösung	# 1	# 2	# 3
	C-009		✓	✓
	C-011	✓		

Tabelle 7-40: Veränderliche Fachabteilungskombinationen in der Viszeralchirurgie in Region C im Finalszenario

In Region C variieren 45 % aller Bettenzuweisungen in ihrer Höhe zwischen den drei betrachteten Lösungen (vgl. Tabelle 7-41 bis Tabelle 7-43, S. 347-S. 349). Davon betroffen sind alle Fachrichtungen der überörtlichen Versorgung und die Fachrichtung Allgemeine Innere Medizin. Die Lösungen #2 und #3 unterscheiden sich dabei nur in Bezug auf die Fachrichtungen Augenheilkunde und Orthopädie. In den weiteren 15 Fachrichtungen mit

veränderlichen Bettenkonfigurationen weisen diese beiden Lösungen jeweils die gleiche Bettenzuordnung zu Krankenhäusern auf.

In allen Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung wird in den drei betrachteten Lösungen jeweils die gleiche Gesamtanzahl Betten lokalisiert.

Fachrichtung	Krankenhaus	Zugewiesene Betten in Lösung		
		#1	#2	#3
Augenheilkunde	C-001	5	5	4
Augenheilkunde	C-008	2	2	3
Summe Augenheilkunde		7	7	7
Chirurgie/Gefäßchirurgie	C-004	10	11	11
Chirurgie/Gefäßchirurgie	C-008	2	1	1
Chirurgie/Gefäßchirurgie	C-009	13	12	12
Chirurgie/Gefäßchirurgie	C-010	0	2	2
Chirurgie/Gefäßchirurgie	C-011	1	0	0
Summe Chirurgie/Gefäßchirurgie		26	26	26
Chirurgie/Orthopädie	C-001	2	2	3
Chirurgie/Orthopädie	C-003	4	1	1
Chirurgie/Orthopädie	C-008	3	3	2
Chirurgie/Orthopädie	C-009	15	0	0
Chirurgie/Orthopädie	C-010	0	18	18
Summe Chirurgie/Orthopädie		24	24	24
Chirurgie/Unfallchirurgie	C-001	2	1	1
Chirurgie/Unfallchirurgie	C-003	1	7	7
Chirurgie/Unfallchirurgie	C-008	8	1	1
Chirurgie/Unfallchirurgie	C-010	20	22	22
Summe Chirurgie/Unfallchirurgie		31	31	31
Chirurgie/Viszeralchirurgie	C-004	4	5	5
Chirurgie/Viszeralchirurgie	C-009	0	1	1
Chirurgie/Viszeralchirurgie	C-011	2	0	0
Summe Chirurgie/Viszeralchirurgie		6	6	6

Tabelle 7-41: Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region C im Finalszenario (Teil 1)

Fachrichtung	Krankenhaus	Zugewiesene Betten in Lösung		
		#1	#2	#3
Geriatrie	C-001	9	20	20
Geriatrie	C-002	9	7	7
Geriatrie	C-003	20	13	13
Geriatrie	C-011	23	21	21
Summe Geriatrie		61	61	61
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	C-001	3	2	2
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde	C-008	2	3	3
Summe Hals-Nasen-Ohrenheilkunde		5	5	5
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	C-001	47	38	38
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	C-002	30	29	29
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	C-003	48	56	56
Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin	C-008	24	26	26
Summe Innere Medizin/Allgemeine Innere Medizin		149	149	149
Innere Medizin/Gastroenterologie	C-001	3	1	1
Innere Medizin/Gastroenterologie	C-002	2	4	4
Innere Medizin/Gastroenterologie	C-003	19	17	17
Innere Medizin/Gastroenterologie	C-009	3	6	6
Innere Medizin/Gastroenterologie	C-011	17	16	16
Summe Innere Medizin/Gastroenterologie		44	44	44
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	C-001	2	1	1
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	C-002	2	3	3
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	C-003	11	12	12
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	C-005	7	8	8
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	C-009	5	2	2
Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie	C-011	4	5	5
Summe Innere Medizin/Hämatologie und Onkologie		31	31	31
Innere Medizin/Kardiologie	C-001	4	3	3
Innere Medizin/Kardiologie	C-002	8	9	9
Innere Medizin/Kardiologie	C-003	7	12	12
Innere Medizin/Kardiologie	C-010	24	0	0
Innere Medizin/Kardiologie	C-011	0	19	19
Summe Innere Medizin/Kardiologie		43	43	43

Tabelle 7-42: Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region C im Finalszenario (Teil 2)

Fachrichtung	Krankenhaus	Zugewiesene Betten in Lösung		
		#1	#2	#3
Innere Medizin/Nephrologie	C-009	1	0	0
Innere Medizin/Nephrologie	C-010	0	1	1
Summe Innere Medizin/Nephrologie		1	1	1
Kinder- und Jugendmedizin	C-001	6	4	4
Kinder- und Jugendmedizin	C-003	8	10	10
Summe Kinder- und Jugendmedizin		14	14	14
Neurologie	C-001	9	15	15
Neurologie	C-002	9	8	8
Neurologie	C-003	14	7	7
Neurologie	C-008	4	6	6
Summe Neurologie		36	36	36
Strahlenheilkunde	C-003	3	1	1
Strahlenheilkunde	C-008	1	3	3
Strahlenheilkunde	C-009	0	5	5
Strahlenheilkunde	C-011	5	0	0
Summe Strahlenheilkunde		9	9	9
Urologie	C-003	4	3	3
Urologie	C-008	4	5	5
Summe Urologie		8	8	8

Tabelle 7-43: Veränderliche Bettenkonfigurationen in Region C im Finalszenario (Teil 3)

Zusammenfassung

Ohne die Identifikation von stabilen und veränderlichen Allokationen müssten die entscheidungsbefugten Personen in Region C im Finalszenario die Zuweisung von 19 Fachrichtungen zu 11 Krankenhausstandorten diskutieren und dabei exakt 124 Fachabteilungen auswählen, um der optimalen Lösung zu entsprechen. Durch die Analyse der stabilen und veränderlichen Kombinationen reduziert sich die Anzahl der zu diskutierenden Fachrichtungskombinationen von 209 auf 12. Auch hier trägt der Vorschlag einer Planbettenallokation wesentlich zur Reduzierung der Entscheidungskomplexität bei.

7.4 Schlussfolgerungen aus dem Finalszenario

Für die Berechnung des Finalszenarios wurde das Krankenhausplanungsproblem in zwei Stufen aufgespalten. Die Fachrichtungen mit landesweit geringen Bedarfen (Fachrichtungen der überregionalen Versorgung) werden durch drei nacheinander angewendete Zentren- und Medianprobleme landesweit geplant. Infolgedessen ist eine Verlagerung von Behandlungsangeboten in Regionen mit mittlerer Besiedlungsdichte zu beobachten. Die Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung wurden anschließend unter Berücksichtigung der Ergebnisse der vorgelagerten Planungsstufe mit dem zu diesem Zweck modifizierten Krankenhausplanungsproblem geplant. Gleichzeitig wird die fachrichtungsspezifische Maximalentfernung für bis zu 12 % der Bedarfspunkte auf 33 km (örtliche Versorgung) bzw. 40,4 km (überörtliche und überregionale Versorgung) ausgedehnt, die Regionen A und B werden gemeinsam betrachtet und die maximale Fachabteilungsgröße wird begrenzt.

Die hierarchische Vorgehensweise und die Anpassung der Inputdaten bewirken, dass die Expansion der Fachabteilungsanzahl in Region A+B gestoppt und in Region C begrenzt werden kann. In Region A+B können zudem, bei entsprechender Wahl der Präferenzeinstellung, negative Effekte auf die Wirtschaftlichkeit der Krankenhausstrukturen vermieden werden. In Region C ist dies aufgrund der vorhandenen Krankenhaus-, Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur nicht möglich. In dieser Region entstehen auch im Finalszenario sehr kleine Fachabteilungen und Krankenhäuser, die nicht wirtschaftlich arbeiten können. Diese sind für die patienten- und bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung notwendig und müssen daher über Sicherstellungszuschläge nach § 5 KHEntgG subventioniert werden.

Die Komplexität der Entscheidungssituation führt dazu, dass für die Elemente des effizienten Randes mehrere Lösungen mit gleichen bzw. annähernd gleichem Zielfunktionswert vorliegen. Aufgrund der beobachteten Unsicherheiten der Entscheidungssituation, die sowohl aus den verwendeten Daten als auch aus dem jeweils zugelassenen Optimalitätsgap resultieren, werden alle Lösungen betrachtet, deren Transformationskennzahl maximal 1 % vom niedrigsten Zielfunktionswert abweicht. Für diese gleich guten Lösungen konnten stabile Krankenhaus-, Fachabteilungs- und Bettenkonfigurationen ermittelt werden, die die Komplexität der Entscheidungsfindung wesentlich reduzieren. Durch die Fokussierung auf die veränderlichen Allokationen wird die Entschei-

dung über die zukünftige Krankenhausstruktur in kleine Einzelentscheidungen zerlegt. Jede dieser Einzelentscheidungen hat eine Größe, die dem menschlichen Gehirn erlaubt, die damit verbundenen Effekte in Gänze zu erfassen.

8 DISKUSSION

8.1 Zusammenfassung der Erkenntnisse

Inspiziert von der Reaktion der Öffentlichkeit auf die Veröffentlichung des Krankenhausplans 2015 des Landes NRW wurde in der vorliegenden Arbeit ein strategischer Ansatz zur Planung von stationären Behandlungsangeboten in den somatischen Fachrichtungen in NRW entwickelt.

Dazu wurden zunächst acht Grundsätze der Krankenhausplanung aus den bundes- und landesrechtlichen Regelungen abgeleitet. Die Analyse der internationalen Literatur zur Krankenhausplanung ergab, dass ein Lösungsansatz für die spezifische Zielsetzung der deutschen bzw. nordrhein-westfälischen Krankenhausplanung, insbesondere im Hinblick auf alle acht Grundsätze, noch nicht existiert.

Aufgrund von Defiziten in den bestehenden Möglichkeiten zur Bewertung der Qualität des Behandlungsangebotes einer Fachabteilung oder eines Krankenhauses wurden zwei mathematische Optimierungsmodelle entwickelt, die den Aspekt der qualitativ hochwertigen Versorgung unterschiedlich abbilden.

Solange kein umfassendes System aus Qualitätskriterien und Bewertungsergebnissen vorliegt, eignet sich das (zweistufige) Krankenhausplanungsproblem, in dem der Aspekt der qualitativ hochwertigen Versorgung ersatzweise durch Wettbewerbsbedingungen abgebildet ist, um die Struktur des neuen Krankenhausnetzwerkes zu planen. Das qualitätsorientierte Krankenhausplanungsproblem zur Identifikation der qualitätsmaximalen Krankenhausstruktur wurde zudem mathematisch formuliert, konnte jedoch aufgrund der mangelnden Datenlage nicht im Rahmen einer Fallstudie angewendet werden.

Das Krankenhausplanungsproblem wurde auf drei Versorgungsgebiete des Landes NRW angewendet, die eine unterschiedlich hohe Bevölkerungsdichte aufweisen. Die Verteilung der Gebäude wurde aus frei verfügbaren Geodaten, die Bevölkerungsstruktur aus der Verknüpfung der Geodaten mit den fortgeschriebenen Zensusdaten und die bestehende Krankenhausstruktur aus den zuletzt veröffentlichten Feststellungsbescheiden abgeleitet. Die Rahmenbedingungen wurden im Basisszenario entsprechend

den gesetzlichen Vorgaben und – wo immer diese fehlten – anhand von Empfehlungen sachkundiger Personen ausgewählt. Im Rahmen der Analyse zeigte sich, dass die Wirtschaftlichkeit der Krankenhausstruktur in den Regionen mit geringer und mittlerer Besiedlungsdichte sowie in den Fachrichtungen mit landesweit geringen Bedarfen durch die Verteilung der Nachfrage und die aus den Wettbewerbsbedingungen resultierende Doppelabdeckung negativ beeinflusst wird. Anhand von vier Szenarioanalysen wurde analysiert, welche Rahmenbedingungen wie verändert werden müssen, um diesen Zielkonflikt aufzulösen bzw. abzuschwächen.

Es zeigte sich, dass eine zweistufige Vorgehensweise sinnvoll ist, bei der die Fachrichtungen mit landesweit geringen Bedarfen nicht auf Ebene der Versorgungsgebiete geplant werden. Diese Behandlungsstandorte werden so gewählt, dass die maximale Entfernung zwischen zu behandelnden Personen und Behandlungsangeboten (sowohl im ungünstigsten Einzelfall als auch in der Gesamtsumme) minimiert wird. Die Behandlungsstandorte für die Fachrichtungen der örtlichen und überörtlichen Versorgung wurden anschließend mit dem modifizierten Krankenhausplanungsproblem lokalisiert. Diese Modifikation ermöglicht, die Ergebnisse der vorherigen Planungsstufe zu berücksichtigen. Die zweistufige Vorgehensweise wurde ebenfalls auf eine Fallstudie angewendet. Aufgrund der in den Szenarioanalysen gewonnenen Erkenntnisse wurden im Finalszenario die Planungsregionen vergrößert, die maximal zulässige Entfernung erhöht und die maximale Fachabteilungsgröße beschränkt. Schließlich wurden exemplarisch für drei Lösungen des Finalszenarios multiple Lösungen generiert und stabile Krankenhaus-, Fachabteilungs- und Bettenkonfigurationen ermittelt.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelte strategische Planungsansatz erstmals ermöglicht, die Krankenhausstruktur entsprechend den geltenden gesetzlichen Vorgaben und den 6R der Krankenhausplanung durch die Anwendung eines analytischen Berechnungsverfahrens an die veränderten Rahmenbedingungen anzupassen. Dieser Ansatz und die daraus gewonnenen Erkenntnisse können von den an der Krankenhausplanung Mitwirkenden sowohl zur Abschätzung von Gesetzesfolgen, zur Bestimmung differenzierter Zielvorgaben, zur Evaluation von Planungsergebnissen und zur Generierung von Planungsalternativen eingesetzt werden.

Der entwickelte Planungsansatz ist auf andere Bundesländer sowie Länder mit vergleichbarem Gesundheitssystem übertragbar. Sofern Abweichungen in den (landes-) rechtlichen Vorschriften bestehen sind dafür ggf. einzelne Nebenbedingungen anzupassen.

8.2 Beantwortung der Forschungsfragen

Anhand der Erkenntnisse der untersuchten Szenarien (Basisszenario, Szenarioanalysen und Finalscenario) können die in Kapitel 1.6 definierten Forschungsfragen wie folgt beantwortet werden.

(1) Wie wirken die geltenden gesetzlichen Vorgaben zur Krankenhausplanung somatischer Fachgebiete auf unterschiedliche Siedlungsräume?

Die Wirkung der geltenden gesetzlichen Vorgaben unterscheidet sich in Abhängigkeit von der jeweiligen Besiedlungsdichte und der vorhandenen Krankenhausstruktur.

Die Region mit hoher Besiedlungsdichte verfügt in der bestehenden Krankenhausstruktur über eine große Anzahl Krankenhäuser und Fachabteilungen. Aus der räumlichen Nähe der Wohnorte und Krankenhäuser folgt ein großes Konsolidierungspotential für die Zusammenlegung von Behandlungsangeboten. Die Vorgaben zum Qualitätswettbewerb wirken sich nur auf die Wirtschaftlichkeit der Fachrichtungen mit landesweit geringen Bedarfen negativ aus.

In den Regionen mit mittlerer und geringer Besiedlungsdichte entstehen durch die Anwendung des Krankenhausplanungsproblems unwirtschaftliche Fachabteilungen und Krankenhäuser. Aufgrund der Bevölkerungsdichte und der Siedlungsstruktur besteht ein Zielkonflikt zwischen tolerierter Entfernung und Wirtschaftlichkeit der Krankenhausstrukturen. Je geringer die fachrichtungsspezifische Maximalentfernung gewählt wird, desto mehr Fachabteilungen werden geplant, deren Größe entsprechend klein ausfällt. Der geforderte Qualitätswettbewerb verschärft diese Situation zusätzlich. Dementsprechend ist festzuhalten, dass die in den Regionen mit mittlerer und geringer Besiedlungsdichte vorgefundenen Rahmenbedingungen bei der Formulierung der gesetzlichen Vorgaben zur Krankenhausplanung nur unzureichend berücksichtigt wurden.

(2) Wie viele somatische Krankenhausbetten können in einer Region in einer Fachrichtung abgebaut bzw. müssen in einer Region in einer Fachrichtung aufgebaut werden, damit die Krankenhausstruktur den 6R der Krankenhausplanung gerecht wird?

Die unterschiedliche Wirkung der regulatorischen Vorgaben auf Regionen mit unterschiedlicher Besiedlungsdichte führt dazu, dass die notwendigen Anpassungsmaßnahmen unterschiedlich ausfallen.

In der dicht besiedelten Region können im Basisszenario aufgrund der Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems mehr als doppelt so viele Betten abgebaut werden, wie im Landesdurchschnitt vorgesehen, und mehr als dreimal so viele Betten, wie durch das MGEPA NRW vorgeschlagen. Dies ist nicht nur auf bestehende Überkapazitäten zurückzuführen, sondern folgt aus dem gewählten Autonomieansatz für die Berücksichtigung der regionenübergreifenden Versorgung, der die Mitversorgung anderer Planungsregionen limitiert bzw. unterbindet.

In der Region mit mittlerer Besiedlungsdichte entspricht die durch das Krankenhausplanungsproblem vorgeschlagene Reduktionsquote nahezu der landesweiten Zielvorgabe. Jedoch werden 1,7mal so viele Betten abgebaut, wie durch das MGEPA NRW vorgeschlagen. Die Abweichung zwischen Plan- und Sollstruktur schwankt je nach Fachrichtung zwischen -38 % und +94 %.

Im Finalszenario werden die Regionen mit hoher und mittlerer Besiedlungsdichte gemeinsam betrachtet. Das ausgewiesene Reduktionspotential reflektiert den unterschiedlichen Siedlungscharakter und die unterschiedliche Bevölkerungsdichte der beiden Regionen. Mit 19 % ist das Bettenreduktionspotential 1,7mal so hoch wie der landesweite Durchschnitt und 2,4mal so hoch wie vom MGEPA NRW vorgesehen.

In der Region mit geringer Besiedlungsdichte weicht das Reduktionspotential im Basisszenario mit 7 % deutlich von der landesweiten Zielvorgabe von 11 % und dem Vorschlag des MGEPA NRW (-14 %) ab. Dies ist eine Folge des Autonomieansatzes, der zum Aufbau von Behandlungsangeboten in zuvor nicht lokalisierten Fachrichtungen führt. Im Finalszenario steigt das Reduktionspotential auf 18 %, da die

Fachrichtungen mit landesweit geringen Bedarfen nicht mehr auf Ebene der Versorgungsgebiete geplant werden. Somit können mehr Betten abgebaut werden als in der landesweiten Zielvorgabe und in der Sollstruktur des MGEPA NRW vorgesehen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass für jede Fachrichtung auf Ebene der Haupt- und Teilgebiete die Anzahl der benötigten Planbetten aus den Ergebnissen des Krankenhausplanungsproblems abgelesen werden kann. Somit ist der entwickelte Planungsansatz geeignet, Planbettenvorgaben für jede Versorgungsregion und jede Fachrichtung zu generieren.

Gleichzeitig zeigt sich, dass die durch MGEPA NRW skizzierte und ohne die Anwendung eines Optimierungsmodells ermittelte Zielvorgabe nicht den 6R der Krankenhausplanung entspricht.

8.3 Handlungsempfehlungen für die Beteiligten der Krankenhausplanung

Die Erkenntnisse des Krankenhausplanungsproblems können in NRW sowohl durch das Gesundheitsministerium⁷⁴⁵ als auch durch die Mitglieder der regionalen Planungskonferenzen⁷⁴⁶ genutzt werden.

(1) Handlungsempfehlungen für das Gesundheitsministerium basierend auf der Eignung des Planungsansatzes für die Gesetzesfolgenabschätzung

Die Planung der Krankenhausstruktur ausschließlich auf Ebene der Fachgebiete sollte nicht umgesetzt werden. Die Rücknahme der Planungstiefe führt dazu, dass die Diskussion, welches Krankenhaus welches Behandlungsangebot auf Teilgebietsebene vorhält, entweder (1) in die regionalen Planungskonferenzen verlagert wird oder (2) nicht mehr zentral koordiniert wird.

Sofern die Entscheidung über das Bettenangebot auf Teilgebietsebene in den regionalen Planungskonferenzen getroffen wird, müssten zunächst die nach

⁷⁴⁵ Das Gesundheitsministerium des Landes NRW verabschiedet die Rahmenvorgaben der Krankenhausplanung (§§ 12, 13 KHGG NRW). Diese beinhalten auch die Höhe des Gesamtbehandlungsangebots, die regionale Gliederung der Planung und die regionale Verteilung der Behandlungsangebote (§§ 13, 14 KHGG NRW). Darüber hinaus prüft das Gesundheitsministerium die regionalen Planungskonzepte (vgl. Fußnote 746) und gibt diese frei (§ 14 Abs. 3, 4 KHGG NRW).

⁷⁴⁶ Krankenhausträger und Verbände der Krankenkassen ordnen bei der Aufstellung der regionalen Planungskonzepte die zugewiesenen Betten den lokalen Krankenhausstandorten zu (§ 14 Abs. 1 KHGG NRW).

Hauptfachrichtungen ausgewiesenen Betten auf die Teilgebiete aufgeteilt werden. Dabei wird jede regionale Planungskonferenz unterschiedliche Kriterien für die Aufteilung nach Teilgebieten vornehmen.

Anschließend könnten die Behandlungsangebote nach Teilgebieten zu Krankenhäusern zugeteilt werden. In den Feststellungsbescheiden müssten die nach Teilgebieten differenzierten Kapazitäten wieder auf Fachgebietsebene aggregiert werden, so dass die Aufteilung der Behandlungskapazitäten in einem Fachgebiet rechtlich im Ermessen des Krankenhauses liegt. Dabei besteht die Gefahr, dass gewinnstarke Teilgebiete über- und gewinnschwache Teilgebiete unterversorgt werden, ohne dass dies in der Krankenhausplanung transparent wird.

Sofern die zentrale Koordinierung der Angebote in den Teilgebieten gänzlich aufgegeben wird, verstärkt dies die Gefahr der Fehlversorgung. Sofern die lokal auftretende Nachfrage nicht ausreicht, um Fachabteilungen wirtschaftlich betreiben zu können, kann es zu einer medizinischen Unterversorgung kommen. Gleichzeitig kann es durch eine lokal hohe Nachfrage zu einer Überversorgung in gewinnstarken Teilgebieten kommen. Auch hier besteht die Gefahr, dass diese Unter- bzw. Überversorgung in der aggregierten Planung nicht sichtbar wird.

Die im Landeskrankenhausplan 2015 festgelegte Maximalentfernung von 20 km in der örtlichen Versorgung erscheint für die Regionen mit geringer und mittlerer Besiedlungsdichte problematisch. Die Krankenhausedichte lässt in diesen Regionen nicht zu, dass alle Menschen innerhalb dieser Entfernung ein Krankenhaus, ein zweites Behandlungsangebot oder ein zweites Behandlungsangebot eines anderen Krankenhausunternehmens erreichen können. In der Frauenheilkunde und Geburtshilfe können darüber hinaus die erforderlichen Fachabteilungsmindest- und Fachabteilungsrichtgrößen nur in Ausnahmefällen erreicht werden. Dies gilt auch, wenn kein Qualitätswettbewerb aufgrund von räumlicher Nähe zwischen benachbarten Standorten forciert werden soll. Eine Ausweitung der maximalen Distanz auf 33 km⁷⁴⁷ würde einerseits die Benachteiligung von ungünstig gelegenen Wohnorten beenden und andererseits dazu beitragen, dass die Nachfrage stärker gebündelt werden kann. Die negativen Effekte, die aus der Vergrößerung der zulässigen Distanz, insbe-

⁷⁴⁷ Die Empfehlung für eine Ausweitung der maximalen Distanz auf 33 km resultiert aus der Verwendung der frei verfügbaren Geodaten sowie der um einen Straßenkorrekturfaktor angepassten Luftlinienentfernung. Wird stattdessen ein umfassenderer Datensatz sowie die tatsächliche Straßenentfernung verwendet (vgl. Kapitel 5.2.4) kann dieser Wert variieren.

sondere die Verlängerung von Fahrtzeiten, entstehen, müssen durch den beschleunigten Transport von Notfällen (z. B. durch den vermehrten Einsatz von Helikoptern) und niedrighschwellige Angebote zur Beförderung von Besuchenden (Shuttle-Angebote, Parkmöglichkeiten) kompensiert werden.

Für die Anwendung des Krankenhausplanungsproblems auf die Fachrichtungen der überörtlichen und überregionalen Versorgung sollten die gesetzgebenden Institutionen definieren, wann ein Behandlungsangebot als wohnortnah gilt. Aus den Ergebnissen dieser Arbeit folgt, dass eine zulässige Entfernung von 40,4 km⁷⁴⁸ nicht ausreichend ist, um in den Regionen mit einer niedrigen Besiedlungsdichte wirtschaftliche Fachabteilungen zu ermöglichen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit legen zudem nah, dass eine pauschale maximale Entfernungsvorgabe insbesondere in den Fachrichtungen der überörtlichen Versorgung nicht sinnvoll ist. Stattdessen sollten Legislative oder Exekutive festlegen, wie viele Fachabteilungen je Fachrichtung im gesamten Bundesland lokalisiert werden, und ob sich ihre Verteilung am schlechtesten Einzelfall oder an der Gesamtbevölkerung orientieren soll.

Je größer die Entfernung zwischen Wohnort und Behandlungsangebot wird, desto stärker wird die Bedeutung von beschleunigten Transportangeboten für Notfälle und niedrighschwellige Angebote zur Beförderung von Besuchenden. Letztere sollten bei großer zulässiger Entfernung zusätzlich um die Möglichkeit von leicht zugänglichen Unterkunftsmöglichkeiten für Angehörige ergänzt werden.

(2) Handlungsempfehlungen an das Gesundheitsministerium basierend auf der Eignung des Planungsansatzes für die Ableitung differenzierter Zielvorgaben

Der vorgestellte Planungsansatz eignet sich zur Bestimmung von differenzierten Planbettenzahlen für die verschiedenen Versorgungsgebiete und Fachrichtungen (vgl. Kapitel 8.2). Differenzierte Zielvorgaben sollten daher unabhängig von der bestehenden Krankenhausstruktur anhand der Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems getroffen werden. So kann verhindert werden, dass historisch gewachsene Fehlallokationen mit jeder Revision fortgeschrieben werden.

⁷⁴⁸ Vgl. Anmerkungen in Fußnote 747

Es zeigt sich, dass bei der Identifikation der neuen Krankenhausstruktur ein Zielkonflikt zwischen der Bündelung der Behandlungsangebote und der Stabilität der Versorgungsstrukturen besteht. Die Abwägung zwischen diesen gegenläufigen Zielsetzungen ist abhängig von der Präferenzeinstellung der entscheidungsbefugten Personen und wird, je nach Zusammensetzung des Entscheidungsgremiums und ggf. der betrachteten Planungsregion, unterschiedlich ausfallen.

Die Abwägung der beiden Ziele im Krankenhausplanungsproblem wirkt sich darüber hinaus auf die zukünftige qualitätsbasierte Planung aus. Je stärker die Krankenhausstruktur ohne die Berücksichtigung des tatsächlichen Qualitätsniveaus konsolidiert wird, desto weniger Angebote stehen später zur Auswahl.

Daher sollte die Gewichtung der beiden Zielsetzungen für alle regionalen Planungskonferenzen durch das Gesundheitsministerium vorgegeben werden.

(3) Handlungsempfehlungen für die Mitglieder der regionalen Planungskonferenzen basierend auf der Eignung des Planungsansatzes zur Alternativengenerierung

Die Mitglieder der regionalen Planungskonferenzen können das Krankenhausplanungsproblem nutzen, um alternative Krankenhausstrukturen zu generieren, die als Diskussionsgrundlage verwendet werden. Im Rahmen der Diskussion können sich die Beteiligten auf die Allokationen von Fachrichtungen zu Krankenhäusern und Betten zu Fachrichtungen konzentrieren, die sich zwischen den gefundenen Lösungen unterscheiden. Auf diese Weise wird der Zeitaufwand für die Entscheidungsfindung reduziert, da das komplexe Planungsproblem in für das menschliche Gehirn überschaubare Einzelteile aufgeteilt wird.

Idealerweise wählen die entscheidungsbefugten Personen bei der finalen Bestimmung der Krankenhausstruktur die gleiche Lösung für alle Fachrichtungen aus, da nur so gewährleistet werden kann, dass die Vorgaben zu Krankenhausmindest- und Krankenhausrichtgrößen eingehalten werden bzw. die Abweichung von den gesetzten Grenzen möglichst gering ist. Wie bereits erläutert, kann für jede Fachrichtung auch eine individuelle Allokation ausgewählt werden – mit den beschriebenen Risiken – solange innerhalb einer Fachrichtung für alle Krankenhäuser die gleiche Lösung implementiert wird.

(4) Handlungsempfehlungen an das Gesundheitsministerium basierend auf der Eignung des Planungsansatzes als Controlling- und Evaluationsinstrument

Das Gesundheitsministerium kann die Ergebnisse des Krankenhausplanungsproblems dazu nutzen, um die Güte der vorgeschlagenen Krankenhausstrukturen im Hinblick auf die Anzahl der lokalisierten Fachabteilungen und die 6R der Krankenhausplanung zu bewerten. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die regionalen Planungskonzepte die gewünschte Konsolidierung der Krankenhausstruktur in Abhängigkeit von der gewählten Präferenzeinstellung erreichen.

8.4 Aktuelle Entwicklungen und zukünftige Anwendbarkeit des entwickelten Planungsansatzes

In NRW wurde im Jahr 2017 eine neue Landesregierung gewählt, in dessen Folge auch die Ressortleitung für das Gesundheitsministerium wechselte. Da der Landeskrankenhausplan 2015 noch nicht durch regionale Planungskonzepte konkretisiert wurde und keine rechtskräftigen Feststellungsbescheide vorlagen, hat der neue Gesundheitsminister ein Gutachten zur Krankenhausplanung in Auftrag gegeben.

Dieses Gutachten empfiehlt u. a. die Behandlungskapazität der Krankenhausstandorte an Leistungsbereiche und -gruppen statt an Fachrichtungen sowie an Belegtage⁷⁴⁹ anstelle von Planbetten zu knüpfen.⁷⁵⁰ Dazu werden die somatischen Fachrichtungen in 25 Leistungsbereiche und 70 Leistungsgruppen mit medizinischen Hierarchiebeziehungen gegliedert.⁷⁵¹ Die Zuordnung von Leistungen einer Hierarchiestufe ist Voraussetzung dafür, dass Leistungen der nächsten (spezialisierteren) Hierarchiestufe ebenfalls zugeordnet werden können.⁷⁵² Die hierarchischen Beziehungen zwischen den verschiedenen Leistungsbereichen und -gruppen sind somit als sukzessiv-inklusiv zu charakterisieren.

⁷⁴⁹ Die Belegtage berechnen sich je Leistungsbereich als Produkt aus Krankenhaushäufigkeit und Verweildauer (vgl. PD et al. 2019, S. 58 und S. 239). Die Einheit Belegtage entspricht daher dem Zähler in Gleichung (2).

⁷⁵⁰ Vgl. PD et al. 2019, S. 240f., PD et al. 2019, S. 57 und 777

⁷⁵¹ Vgl. PD et al. 2019, S. 236

⁷⁵² Vgl. PD et al. 2019, S. 232

Um die neuen Steuerungsgrößen im Krankenhausplanungsproblem zu verwenden, wären die folgenden Anpassungen der mathematischen Formulierung notwendig:

1. Im Krankenhausplanungsproblem erfasst die Menge W die Art des geplanten Angebots. Ausgehend vom Landeskrankenhausplan 2015 sind dies in der vorliegenden Arbeit die somatischen Fach- und Teilgebiete. Sofern die Exekutive in einem zukünftigen Krankenhausplan zu einer Planung basierend auf Leistungsbereichen und -gruppen übergeht, können die Elemente der Menge W jederzeit durch die definierten Leistungsgruppen ersetzt werden. Infolgedessen müssen die Inputdaten, die sich auf die Elemente der Menge W beziehen, ebenfalls an die Verwendung von Leistungsgruppen angepasst werden.
2. Die Elemente der Menge N würden folglich nicht mehr die Kombination aus Fachrichtungen und Krankenhausstandorten, sondern die Kombination aus Leistungsgruppen und Krankenhausstandorten repräsentieren. Die Anzahl der Elemente, die in der Menge N enthalten sind, steigt dadurch um das 2,3fache.
3. Für die Abbildung der hierarchischen Beziehungen zwischen den verschiedenen Leistungsbereichen muss die Formulierung des Krankenhausplanungsproblems um eine neue Relationsmatrix (Hierarchiematrix) und eine neue Nebenbedingung analog zu der Formulierung in Nebenbedingung (24) ergänzt werden.
4. Die Einheit Belegtage würde die bislang verwendete Einheit Planbetten als kapazitative Steuerungsgröße ablösen. Sowohl die Nachfrage als auch das Angebot von Behandlungsleistungen müssten in der neuen Einheit gemessen werden. Diese Änderung betreffe auch das bestehende, in Betten erfasste Angebot sowie die Abweichung zwischen Plan- und Iststruktur.
5. Die Kriterien zur wirtschaftlichen Sicherung und Kostengünstigkeit werden im Krankenhausplanungsproblem über Mindest- und Richtgrößen für Fachabteilungen und Krankenhäuser abgebildet. Die Referenzgrößen basieren auf der derzeitigen Plangröße Betten. Bei einem Wechsel der Planungsgröße zu Belegtagen ist zu definieren, welche Leistungsgruppen von den gleichen pflegerischen und ärztlichen Fachkräften betreut werden. Diese Leistungsgruppen sollten dann für das Erreichen der Mindestgröße der jeweiligen medizinischen Einheit gebündelt betrachtet werden. Hierzu ist eine weitere

Relationsmatrix (Bündelungsmatrix) und eine weitere Nebenbedingung, ebenfalls in Anlehnung an Nebenbedingung (24), zu definieren. Der Referenzwert je wirtschaftlicher Kenngröße kann dabei entweder in Belegtagen oder in Betten angegeben werden. Im zweiten Fall müssen die Belegtage, durch die Berücksichtigung einer vorgegebenen Auslastung (Bettennutzungsgrad), in Planbetten umgerechnet werden.

6. Um dem Wechsel der Planungsgrößen Rechnung zu tragen, können darüber hinaus alle Parameter und Variablen, deren Bezeichnung auf Planbetten oder Fachrichtungen verweisen, umbenannt werden.

Insgesamt ist festzuhalten, dass nur geringe methodische Anpassungen notwendig sind, um im vorgestellten Planungsansatz Leistungsbereiche anstelle von Fachrichtungen und Belegtage anstelle von Planbetten zu berücksichtigen. Der größte Aufwand besteht dabei in der Erhebung bzw. Umrechnung der Istdaten sowie der Definition der Abhängigkeiten zwischen den Leistungsgruppen und der Grenzwerte für die neuen Steuerungsgrößen.

8.5 Weiterer Forschungsbedarf

Der vorgestellte strategische Planungsansatz kann dazu eingesetzt werden, die optimale Struktur des Krankenausnetzwerkes zu einem definierten Zeitpunkt zu bestimmen. Für die weiterführende Forschung in diesem Bereich bestehen Anknüpfungspunkte hinsichtlich der Rahmenbedingungen der Krankenhausplanung, der inhaltlichen Ausrichtung des Planungsansatzes und der methodischen Weiterentwicklung.

(1) Definition der Rahmenbedingungen der Krankenhausplanung

Bei der Definition der Fallstudie wurden Annahmen getroffen, ab welcher Mindest- und Richtgröße eine medizinische Einheit bzw. ein Krankenhaus wirtschaftlich arbeiten kann. Um die Unsicherheit zu eliminieren, die aus der Schätzung dieser Werte resultiert, sollte die Forschung dazu beitragen, Transparenz über die Kosten- und Erlösstrukturen von medizinischen Einheiten und Krankenhäusern zu schaffen. Basierend auf diesen Erkenntnissen können entweder belastbare Grenzwerte für die oben beschriebenen Größen abgeleitet oder ein gewinnorientiertes Planungsproblem entwickelt werden.

Das vorliegende Planungsproblem identifiziert die zu berücksichtigende Bevölkerung basierend auf dem Autonomieansatz. Die Qualität des Planungsergebnisses ließe sich dadurch verbessern, dass die Wahrscheinlichkeit, mit der sich erkrankte Menschen für ein bestimmtes Behandlungsangebot entscheiden, prognostizieren ließe. Dafür sind weiterführende Studien hinsichtlich der relevanten Einflussfaktoren für die Krankenhauswahl, unter Berücksichtigung konkreter Alternativen, notwendig.

An die Krankenhausstandorte, die in die zukünftige Krankenhausstruktur aufgenommen werden, wird der Anspruch gestellt, eine qualitativ hochwertige Behandlungsleistung zu erbringen. Daher sollte die beobachtete Behandlungsqualität in die Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes Behandlungsangebot einfließen. Derzeit fehlt es an einem belastbaren System aus Qualitätsindikatoren, das eine gesamtheitliche Bewertung der Qualität der erbrachten Leistungen zulässt. Dementsprechend ist ein umfassendes, dem MECE-Prinzip entsprechendes System aus Qualitätsindikatoren zu entwickeln sowie ihre Gewichtung untereinander zu definieren. Dieses System ist Voraussetzung dafür, dass die optimale Krankenhausstruktur mit einem (ggf. zweistufigen) qualitätsorientierten Krankenhausplanungsproblem identifiziert werden kann.

(2) Ausweitung des inhaltlichen Fokus der Krankenhausplanung

Der vorgestellte Planungsansatz berücksichtigt ausschließlich somatische Behandlungsangebote. Für die Neustrukturierung des gesamten Krankenhausnetzes muss der vorgestellte Planungsansatz um die Angebote der psychiatrischen Versorgung erweitert werden. Zu diesem Zweck sind die Rahmenbedingungen der psychiatrischen Versorgung zu erfassen und – sofern noch nicht ausreichend abgebildet – im Modell zu ergänzen.

(3) Methodische Weiterentwicklung des Planungsansatzes

Die Krankenhausplanung in Deutschland ist auf einen konkreten Zeitpunkt bezogen. Deswegen wurde in der vorliegenden Arbeit ein statischer Planungsansatz entwickelt. In der Realität verändern sich die Rahmenbedingungen der Krankenhausplanung im Zeitablauf (u. a. Zusammensetzung der Bevölkerung, die Verweildauer im Krankenhaus, die Krankenhaushäufigkeit). Der vorliegende Planungsansatz könnte daher zu einem explizit dynamischen Optimierungsmodell weiterentwickelt

werden. Dazu müssen die im Zeitablauf veränderlichen Einflussfaktoren identifiziert sowie die Werte für die betroffenen Inputdaten erhoben oder geschätzt werden. Darüber hinaus ist eine Nebenbedingung zu ergänzen, die festlegt, dass Krankenhausstandorte, die in einem bestimmten Intervall geschlossen werden, nicht wieder eröffnet werden können. Analog kann auf Ebene der medizinischen Einheiten festgelegt werden, dass eine geschlossene Einheit nicht oder frühestens nach einer bestimmten Anzahl Intervalle wieder geöffnet werden kann.

Durch die Erweiterung des Planungsansatzes um den Faktor Zeit steigt die Komplexität des Planungsproblems. Die bestehenden mathematischen Lösungsverfahren konnten bereits den statischen Planungsansatz in vertretbarer Zeit nur unter Akzeptanz eines Optimalitätsgaps lösen. Um die Ergebnisse dieser Erweiterung berechnen zu können, müssen die mathematischen Lösungsverfahren verbessert werden. Dies betrifft einerseits die Geschwindigkeit der Verfahren, mit denen eine optimale Lösung bestimmt werden kann, und andererseits die Entwicklung von Heuristiken.

Verbesserte Lösungsverfahren würden darüber hinaus ermöglichen, das betrachtete Gebiet zu vergrößern, um Konsolidierungspotentiale in den Grenzregionen zu realisieren. Außerdem könnte der Aggregationsradius von Gebäuden zu Bedarfspunkten bei verbesserten Lösungsverfahren reduziert werden, so dass die Genauigkeit der Planung zunimmt.

Der vorliegende Planungsansatz berücksichtigt ausschließlich bestehende Krankenhausstandorte. Für die weiterführende Planung der nordrhein-westfälischen Krankenhausstruktur, insbesondere in Regionen mit geringer und mittlerer Besiedlungsdichte, wäre darüber hinaus eine Idealplanung interessant, bei der die Krankenhausstandorte unabhängig von der bestehenden Krankenhausstruktur frei in der Ebene geplant werden. Die so gefundenen Standorte könnten (ggf. mit Strafkosten belegt) in der Restrukturierung der Krankenhausstruktur berücksichtigt werden, um Erreichbarkeit und Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

9 ANHANG

9.1 Formulierung der Zentren- und Medianprobleme zur Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung im Finalszenario

Im Folgenden werden die für die Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung in Kapitel 7.1 verwendeten, adaptierten Grundmodelle des Zentren- und Medianproblems in der Notation der vorliegenden Arbeit vorgestellt und kurz erläutert.

9.1.1 Formulierung des Zentrenproblems zur Minimierung der maximalen Distanz

Ziel des angewendeten Zentrenproblems ist, die maximale Distanz zwischen den Bedarfspunkten und dem jeweils zugeordneten medizinischen Angebot zu minimieren. Dadurch wird sichergestellt, dass eine wohnortnahe Versorgung für viele Bedarfspunkte nicht zu übermäßiger Härte für wenige oder einzelne Bedarfspunkte führt.

Die Zielfunktion (60) sowie die Nebenbedingungen (61) – (66) entsprechen dabei weitestgehend der Formulierung des Grundmodells des Zentrenproblems nach Daskin 2013⁷⁵³. Die vorgenommenen Anpassungen werden im Folgenden in den Fußnoten erläutert.

Die Zielfunktion (60) minimiert die maximale Distanz. Dazu wird eine neue reellwertige Variable *MaximaleDistanz* eingeführt.

$$\min \text{MaximaleDistanz} \tag{60}$$

⁷⁵³ Vgl. Daskin 2013, S. 199ff.

Nebenbedingung (61) legt fest, dass jeder Bedarfspunkt ($r \in R$) genau einer Fachabteilung ($n \in N$) zugeordnet wird. Dafür wird eine neue binärkodierte Variable x_{rn} definiert, die den Wert eins annimmt, wenn ein Bedarfspunkt ($r \in R$) einer Fachabteilung ($n \in N$) zugeordnet wird.⁷⁵⁴

$$\sum_{n \in N} x_{rn} = 1 \quad \forall r \in R \quad (61)$$

Mit Nebenbedingung (62) wird sichergestellt, dass die Summe der lokalisierten Fachabteilungen kleiner gleich der vorab definierten maximalen Anzahl Fachabteilungen (*AnzahlFachabteilungen*) ist.⁷⁵⁵

$$\sum_{n \in N} y_n \leq \text{AnzahlFachabteilungen} \quad (62)$$

Nebenbedingung (63) verknüpft die Variablen x_{rn} und y_n , so dass jede Fachabteilung, der Bedarfspunkte zugewiesen werden, eröffnet werden muss.

$$x_{rn} \leq y_n \quad \forall r \in R, n \in N \quad (63)$$

⁷⁵⁴ Das Grundmodell des Zentrenproblems nach Daskin 2013 ordnet Bedarfsanteile zu. Dadurch können die Bedarfe, die weniger als die weiteste Entfernung von ihrem zugeordneten Krankenhaus entfernt sind, auf mehrere Standorte aufgeteilt werden.

Im vorliegenden Zentrenproblem wird hingegen die für Medianprobleme typische Formulierung der Bedarfsdeckungsrestriktion bereits im Zentrenproblem verwendet, da

- (1) Nebenbedingung (61) für die Formulierung der Medianprobleme in Kapitel 9.1.2 und 9.1.3 übernommen wird und
- (2) es unwahrscheinlich ist, dass eine Bedarfssplittung stattfindet, wenn der gesamte Bedarf in einem unkapazitierten Medianproblem immer dem nächstgelegenen Krankenhausstandort zugeordnet wird.

⁷⁵⁵ Das Grundmodell nach Daskin 2013 fordert, dass die Anzahl der lokalisierten Standorte genau der Anzahl der vorgegebenen Standorte entsprechen muss. Bei der Krankenhausrestrukturierung wäre jedoch auch eine geringere Anzahl Standorte zu begünstigen, sofern dies mit einer geringeren maximalen Entfernung zu erzielen ist. Daher wird statt einer Gleichung eine Ungleichung gewählt.

Nebenbedingungen (64) stellt sicher, dass die Distanz ($Distanz_{rn}$) zwischen jedem Bedarfspunkt ($r \in R$) und der zugeordneten Fachabteilung ($n \in N$) kleiner ist als die maximale Distanz ($MaximaleDistanz$).

$$x_{rn} * Distanz_{rn} \leq MaximaleDistanz \quad \forall r \in R, n \in N \quad (64)$$

Die Nebenbedingungen (65) und (66) schränken den Wertebereich der Entscheidungsvariablen ein.

$$x_{rn}, y_n \in \{0; 1\} \quad \forall r \in R, n \in N \quad (65)$$

$$MaximaleDistanz \in \mathbb{R} \quad (66)$$

Die Nebenbedingungen (67) und (68) ergänzen die Formulierung des Grundmodells, um die Grundsätze des differenzierten Angebotsspektrums und der Strukturkontinuität abzubilden.

Abweichend vom Krankenhausplanungsproblem muss nicht jedes Universitätskrankenhaus jede Fachrichtung anbieten, um den Vorgaben des Grundsatzes des differenzierten Angebotsspektrums zu genügen. Andernfalls würden die neun schwerpunktmäßig in den Ballungsräumen liegenden Universitätskliniken die gleichmäßige Verteilung der Behandlungsangebote im gesamten Landesgebiet verhindern. Zudem wäre bei neun Universitätskliniken eine Lokalisierung von sechs Fachabteilungen für Angiologie nicht möglich. Dementsprechend wird für die Lokalisierung der Fachrichtungen der überregionalen Versorgung gefordert, dass alle Fachabteilungen mit universitätsmedizinischem Status erhalten bleiben müssen. Dies wird in Nebenbedingung (67) mathematisch abgebildet.

$$\gamma_n^{UK} * istabteilung_n \leq y_n \quad \forall n \in N \quad (67)$$

Die Vorgabe zum Grundsatz der Strukturkontinuität wird in Nebenbedingung (68) dahingehend modifiziert, dass ein Fachkrankenhaus nur diejenigen Fachrichtungen anbieten darf, die bereits in der Iststruktur zugeordnet worden sind. Dies ist notwendig, weil das formulierte Zentrenproblem unabhängig von den weiteren Fachrichtungen der überregionalen sowie örtlichen und überörtlichen Versorgung angewendet wird.

$$y_n \leq y_n^{FK} \quad \forall n \in N \quad (68)$$

9.1.2 Formulierung des Medianproblems zur Minimierung der Gesamtdistanz

Ziel des im zweiten Schritt angewendeten Medianproblems ist, die Entfernung zwischen allen Bedarfspunkten und den jeweils zugeordneten medizinischen Angeboten zu minimieren.⁷⁵⁶ Dadurch soll sichergestellt werden, dass die lokalisierten Fachabteilungen gleichmäßig verteilt werden. Bevölkerungsfreie Gebiete bleiben dabei unberücksichtigt.

Die Zielfunktion (69) minimiert die Distanz zwischen allen Bedarfspunkten ($r \in R$) und allen lokalisierten Fachabteilungen ($n \in N$) in der betrachteten Fachrichtung. Auf eine Gewichtung der Entfernung mit der bedarfspunktspezifischen Nachfrage wie bei Daskin 2013 wird verzichtet, da der verfassungsgemäße Auftrag, gleichwertige Lebensverhältnisse zu schaffen, unabhängig von der Anzahl der Menschen ist, die an einem Bedarfspunkt leben.

$$\min \sum_{r \in R} \sum_{n \in N} x_{rn} * Distanz_{rn} \quad (69)$$

Nebenbedingung (70) stellt sicher, dass dabei die in Stufe 1 ermittelte maximale Distanz für keine Bedarfspunkt-Fachabteilungs-Relation überschritten wird.

$$x_{rn} * Distanz_{rn} \leq MaximaleDistanz \quad (70)$$

Die Nebenbedingungen (61) – (68) werden weiterhin angewendet.

⁷⁵⁶ Auch das folgende Modell ist in Anlehnung an das Grundmodell des Medianproblems nach Daskin 2013 aufgestellt. Vgl. dazu Daskin 2013, S. 237ff.

9.1.3 Formulierung des Medianproblems zur Minimierung der Abweichung

Schließlich wird ein weiteres Medianproblem gelöst, das beim Vorliegen multipler Lösungen (vgl. Kapitel 1.5) diejenige Allokation auswählt, die am geringsten von der Istallokation abweicht.⁷⁵⁷ Dazu wird die Zielfunktion des klassischen Medianproblems ersetzt.

Die alternative Zielfunktion (71) minimiert die Abweichung zwischen der Iststruktur und der modelldefinierten neuen Krankenhausstruktur. Dazu werden zwei neue binärkodierte Variablen $abweichung_n^+$ und $abweichung_n^-$ eingeführt, die für jede Fachabteilung ($n \in N$) messen, ob diese Fachabteilung neu eröffnet ($abweichung_n^+ = 1$) oder geschlossen ($abweichung_n^- = 1$) wird. Diese Zielfunktion entspricht damit dem Ziel Systemstabilität, das im Krankenhausplanungsproblem in (31) formuliert wurde. Jedoch werden im vorliegenden Zentrenproblem Abteilungen statt Betten betrachtet.

$$\min \sum_{n \in N} abweichung_n^+ + abweichung_n^- \quad (71)$$

Um die Abweichung minimieren zu können, ermittelt Nebenbedingung (72), ob eine Fachabteilung im Vergleich zur Iststruktur beibehalten, neu lokalisiert oder abgebaut wird.

$$y_n = istabteilung_n + abweichung_n^+ - abweichung_n^- \quad \forall n \in N \quad (72)$$

Nebenbedingung (73) stellt sicher, dass entweder die Binärvariable $abweichung_n^+$ oder die Binärvariable $abweichung_n^-$ den Wert eins annimmt.

$$abweichung_n^+ + abweichung_n^- \leq 1 \quad \forall n \in N \quad (73)$$

⁷⁵⁷ Auch das folgende Modell ist in Anlehnung an das Grundmodell des Medianproblems nach Daskin 2013 aufgestellt. Vgl. dazu Daskin 2013, S. 237ff.

Mit Nebenbedingung (74) wird der Wertbereich der neu hinzugekommenen Variablen $abweichung_n^+$ und $abweichung_n^-$ eingeschränkt.

$$abweichung_n^+, abweichung_n^- \in \{0; 1\} \quad \forall n \in N \quad (74)$$

Die Nebenbedingungen (61) bis (68) und (70) finden weiterhin Anwendung.

9.1.4 Postprocessing

Nach Abschluss der dreistufigen Optimierung wird jede Bedarfspunkt-Fachabteilungs-zuordnung mit dem Bettenbedarf der jeweils zugeordneten Bedarfspunkte gewichtet und so die Fachabteilungsgröße jeder eröffneten Fachabteilung ermittelt. Bettenbruchteile werden auf die nächste ganze Zahl aufgerundet.

9.1.5 Zusammenfassung der zusätzlichen Modellelemente der Zentren- und Medianprobleme

Tabelle 9-1 bis Tabelle 9-3 (S. 370-S. 371) fassen die für die Formulierung der Zentren- und Medianprobleme notwendigen zusätzlichen Parameter und Variablen zusammen.

Datum/Parameter	Bedeutung des zugehörigen Datums/Parameters
<i>AnzahlFachabteilungen</i>	Maximale Anzahl Fachabteilungen, die in einer Fachrichtung der überregionalen Versorgung lokalisiert werden darf
<i>Distanz_{r,n}</i>	Entfernung zwischen Bedarfspunkt $r \in R$ und Fachabteilung $n \in N$

Tabelle 9-1: Zusätzliche Parameter für die Formulierung der Zentren- und Medianprobleme

Variable	Bedeutung der Variable
<i>MaximaleDistanz</i>	Maximale Distanz zwischen den Bedarfspunkten und der jeweils zugeordneten Fachabteilung

Tabelle 9-2: Zusätzliche nicht-binäre Variablen für die Formulierung der Zentren- und Medianprobleme

Variable	Bedeutung der Variable
x_{rn}	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn ein Bedarfspunkt } r \in R \text{ einer Fachabteilung } n \in N \text{ zugeordnet wird} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$
$abweichung_n^+ /$ $abweichung_n^-$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ wenn eine Fachrichtung } n \text{ neu eröffnet bzw. geschlossen wird} \\ 0 \text{ sonst} \end{array} \right.$

Tabelle 9-3: Zusätzliche Binärvariablen für die Formulierung der Zentren- und Medianprobleme

9.2 Analyse der Auswirkungen von alternativen Pflegekraftschlüsseln

Die Fachabteilungsmindestgröße wurde in Kapitel 5.3.6 für die Fallstudie wie folgt festgelegt:

1. Sofern in der Literatur eine Angabe existiert, ab wie vielen Betten eine Fachabteilung wirtschaftlich arbeiten kann, wird diese Zahl verwendet. Dies trifft für die Geburtshilfe sowie Kinder- und Jugendmedizin zu.
2. Andernfalls wird der in der PpUGV 2018 ausgewiesene Schlüssel zwischen zu behandelnden Patienten und Pflegekräften in der Nachtschicht herangezogen. Dies trifft auf die Fachrichtungen Geriatrie, Unfallchirurgie und Kardiologie zu.
3. Wenn die PpUGV 2018 die entsprechende Fachrichtung nicht abdeckt, wird der Pflegekraftschlüssel zu Grunde gelegt, bei dem eine Pflegekraft in der Nachtschicht die meisten Betten betreuen muss. In der PpUGV war dies die Kardiologie mit 24 Betten. Daher wurde für alle Fachrichtungen außer den bereits genannten eine Fachabteilungsmindestgröße von 24 Betten berücksichtigt.

In der PpUGV 2019 und PpUGV 2020 hat die Exekutive weitere Fachrichtungen aufgenommen und den Pflegekraftschlüssel in der Kardiologie angepasst (vgl. Tabelle 9-4, S. 372).

Fachrichtung	PpUGV 2018	PpUGV 2019	PpUGV 2020	In der Fallstudie berücksichtigter Wert
Geburtshilfe	-	-	-	17
Geriatrie, Unfallchirurgie	20	20	20	20
Herzchirurgie	-	15	15	24
Kardiologie	24	20	22	24
Kinder- und Jugendheilkunde	-	-	10	36
Neurologie	-	20	20	24
Weitere Fachrichtungen	-	-	-	24

Tabelle 9-4: Vergleich der Bettenanzahl, die eine Pflegekraft in der Nachtschicht betreuen muss, und in der Fallstudie berücksichtigte Mindestfachabteilungsgröße^{758,759}

⁷⁵⁸ Eigene Darstellung basierend auf § 6 Abs. 1 PpUGV 2018, § 6 Abs. 1 PpUGV 2019, § 6 Abs. 1 PpUGV 2020, es werden nur die Fachrichtungen aufgeführt, die im Rahmen dieser Arbeit betrachtet werden

⁷⁵⁹ Im Rahmen dieser Arbeit wird der geringste Pflegepersonalschlüssel der PpUGV als Mindestfachabteilungsgröße für alle Fachrichtungen herangezogen, die nicht in die PpUGV aufgenommen wurden (vgl. dazu Anmerkungen in Fußnote 614, S. 193). Dieser Wert wurde für die Jahre 2018 bis 2020 in der Kardiologie beobachtet und schwankte pro Jahr um zwei bis vier Betten.

Diese Abweichung zwischen berücksichtigter Fachabteilungsmindestgröße und letztgültiger Rechtslage kann die Ergebnisse der Fallstudien in Kapitel 6 und 7 wie folgt beeinflussen:

(1) Ausgewiesene Transformationskennzahlen

In PpUGV 2019 und PpUGV 2020 weist die Exekutive in Kardiologie, Herzchirurgie und Neurologie sowie in allen Fachrichtungen, für die die PpUGV 2018 keine Aussage trifft, einen niedrigeren Pflegekraftschlüssel aus als in der PpUGV 2018 (vgl. Tabelle 9-4, S. 372). Die im Rahmen dieser Arbeit ausgewiesenen Transformationskennzahlen und der daraus gebildete effiziente Rand sind daher größer oder gleich den Transformationskennzahlen, die realisiert würden, wenn die Pflegekraftschlüssel der PpUGV 2019 bzw. PpUGV 2020 bei der Berechnung verwendet würden. Die exemplarische Neuberechnung des effizienten Randes für die Region A im Basisszenario ergab, dass die die alternativen Pflegekraftschlüssel der PpUGV 2020 die realisierten Transformationskennzahlen um weniger als 1 % beeinflussen. Der Einfluss der variierenden Pflegepersonalschlüssel auf die in den Kapiteln 6 und 7 vorgestellten Ergebnisse ist daher als gering einzuschätzen.

(2) Kennzahlen zur Fachrichtungsmindestgröße im Preprocessing

Durch die niedrigeren Pflegekraftschlüssel der PpUGV 2019 und PpUGV 2020 können sich auch die Kennzahlen zur Fachrichtungsmindestgröße (beide KPI) ändern. Tabelle 9-5 bis Tabelle 9-9 (S. 375- S. 379) zeigen, dass sich dadurch nur in Region B in zwei Analysen (Basisszenario sowie Szenario 1 - ÖV+5,05 km) die Interpretation der Kennzahlen ändert. Werden die Vorgaben der PpUGV 2020 zu Grunde gelegt, reicht in diesen Analysen die Nachfrage in Region B grundsätzlich aus, um die Vorgaben zur Fachabteilungsmindestgröße zu erfüllen. Aufgrund der geografischen Ausdehnung der Region und der unterschiedlichen Höhe des Bedarfs in verschiedenen Fachrichtungen liegt jedoch ein geografisches und inhaltliches Missverhältnis zwischen Angebot und Nachfrage vor.

(3) Identifizierte Krankenhausstrukturen

Die Nebenbedingung, die die Fachabteilungsmindestgröße steuert, musste in allen Regionen und Szenarien flexibilisiert werden. Diese Flexibilisierung erfolgte in der vorliegenden Arbeit an vorletzter Stelle. Es kann daher sein, dass die Lösungsverfahren andere Krankenhausstrukturen – d.h. welches Krankenhaus bietet welche Fachabteilung mit wie vielen Betten an – identifizieren, wenn die neueren Zahlen der PpUGV 2020 zu

Grunde gelegt werden. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit den in Kapitel 7.3 identifizierten multiplen Lösungen von Bedeutung.

Die Auswirkungen alternativer Fachabteilungsmindestgrößen verdeutlichen daher noch einmal, dass die Ergebnisse dieser Arbeit nicht als Blaupause für die Definition einer neuen Krankenhausstruktur in NRW verwendet werden dürfen. Die im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Annahmen hinsichtlich der verwendeten Inputparameter müssen zunächst durch Vorgaben seitens Legislative, Exekutive sowie die an der Krankenhausplanung beteiligten Personen definiert werden. Erst dann kann die im Rahmen dieser Arbeit verwendete Methodik unter Berücksichtigung der abgestimmten Inputdaten verwendet werden, um die zukünftige Krankenhausstruktur zu identifizieren.

Szenario	Region	Leistungskennzahlen	PpUGV 2018	PpUGV 2019	PpUGV 2020	Bewertung
Basis-szenario	Region A	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	3,09 / 0,14 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,69 / 0,13 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,42 / 0,14 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region B	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,93 / 0,49 Nachfrage zu gering, um Vorgaben zu erfüllen	1,11 / 0,46 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	1,03 / 0,48 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	Interpretation ändert sich
	Region C	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,34 / 0,71 Nachfrage zu gering, um Vorgaben zu erfüllen	0,40 / 0,68 Nachfrage zu gering, um Vorgaben zu erfüllen	0,37 / 0,69 Nachfrage zu gering, um Vorgaben zu erfüllen	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
Szenario 1	Region A – ÖV+5,05 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	3,29 / 0,15 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,90 / 0,14 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,62 / 0,15 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region A – ÖV+10,1 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	3,45 / 0,16 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	4,08 / 0,14 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,78 / 0,15 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region A – ÜÖÜR + 10,1 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	3,09 / 0,14 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,69 / 0,13 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,42 / 0,14 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse

Tabelle 9-5: Analyse der Kennzahlen zur Interpretation der Fachabteilungsmindestgröße bei alternativen Pflegekraftschlüsseln (Teil 1)

Szenario	Region	Leistungskennzahlen	PpUGV 2018	PpUGV 2019	PpUGV 2020	Bewertung
Szenario 1	Region A – ÜÖÜR + 20,2 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	3,09 / 0,14 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,69 / 0,13 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,42 / 0,14 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region A – ÜÖÜR + 30,3 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	3,09 / 0,14 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,69 / 0,13 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	3,42 / 0,14 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region B – ÖV+5,05 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,97 / 0,48 Nachfrage zu gering, um Vorgaben zu erfüllen	1,15 / 0,45 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	1,06 / 0,46 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	Interpretation ändert sich
	Region B – ÖV+10,1 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	1,03 / 0,46 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	1,21 / 0,43 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	1,12 / 0,45 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region B – ÜÖÜR + 10,1 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	1,22 / 0,33 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	1,45 / 0,29 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	1,35 / 0,30 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse

Tabelle 9-6: Analyse der Kennzahlen zur Interpretation der Fachabteilungsmindestgröße bei alternativen Pflegekraftschlüsseln (Teil 2)

Szenario	Region	Leistungskennzahlen	PpUGV 2018	PpUGV 2019	PpUGV 2020	Bewertung
Szenario 1	Region B – ÜÖÜR + 20,2 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	1,68 / 0,29 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	2,03 / 0,26 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	1,89 / 0,26 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region B – ÜÖÜR + 30,3 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	2,10 / 0,21 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	2,56 / 0,17 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	2,37 / 0,18 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region C – ÖV+5,05 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,33 / 0,73 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,39 / 0,69 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,36 / 0,71 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region C – ÖV+10,1 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,32 / 0,72 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,39 / 0,69 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,36 / 0,71 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region C – ÜÖÜR + 10,1 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,34 / 0,71 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,40 / 0,68 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,37 / 0,70 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region C – ÜÖÜR + 20,2 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,46 / 0,61 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,55 / 0,58 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,51 / 0,59 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse

Tabelle 9-7: Analyse der Kennzahlen zur Interpretation der Fachabteilungsmindestgröße bei alternativen Pflegekraftschlüsseln (Teil 3)

Szenario	Region	Leistungskennzahlen	PpUGV 2018	PpUGV 2019	PpUGV 2020	Bewertung
Szenario 1	Region C – ÜÖÜR + 30,3 km	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,56 / 0,55 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,67 / 0,51 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,62 / 0,53 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
Szenario 2	Region A+B	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	1,48 / 0,42 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	1,76 / 0,40 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	1,63 / 0,41 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
Szenario 3	Region A	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	4,31 / 0,02 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	5,08 / 0,01 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	4,74 / 0,01 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region B	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	1,35 / 0,28 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	1,57 / 0,25 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	1,47 / 0,27 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region C	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,51 / 0,59 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,59 / 0,56 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,55 / 0,57 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
Szenario 4	Region A	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	4,35 / 0,05 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	5,09 / 0,04 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	4,73 / 0,04 Inhaltliches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse

Tabelle 9-8: Analyse der Kennzahlen zur Interpretation der Fachabteilungsmindestgröße bei alternativen Pflegekraftschlüsseln (Teil 4)

Szenario	Region	Leistungskennzahlen	PpUGV 2018	PpUGV 2019	PpUGV 2020	Bewertung
Szenario 4	Region B	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	1,78 / 0,27 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	2,12 / 0,23 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	1,97 / 0,25 Geografisches und inhalt- liches Miss- verhältnis von Angebot und Nachfrage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region C	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,43 / 0,65 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,51 / 0,62 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,47 / 0,63 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
Final- szenario	Region A+B	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	2,75 / 0,08 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	3,25 / 0,08 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	3,02 / 0,09 Geografisches Missverhältnis von Angebot und Nach- frage	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse
	Region C	Fachabteilungs- mindestgröße KPI 1/KPI 2 Interpretation	0,48 / 0,60 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,55 / 0,57 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	0,51 / 0,58 Nachfrage zu gering, um Vorgabe zu erfüllen	Ohne Einfluss auf die Inter- pretation der Ergebnisse

Tabelle 9-9: Analyse der Kennzahlen zur Interpretation der Fachabteilungsmindestgröße bei alternativen Pflegekraftschlüsseln (Teil 5)

LITERATURVERZEICHNIS

- Abou-Dakn 2017 **Abou-Dakn, Michael (2017):** Eine Geburtsklinik muss sich aus den DRGs finanzieren können. Quelle: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/77877/Eine-Geburtsklinik-muss-sich-aus-den-DRGs-finanzieren-koennen>, Veröffentlichungsdatum: 01.09.2017, Abrufdatum: 25.07.2018.
- Aguiar Vallim Fo und Silva Mota 2012 **Aguiar Vallim Fo, Arnaldo R. de & Iara da Silva Mota (2012):** Optimization models in the location of healthcare facilities: a real case in Brazil. *Journal of Applied Operations Research* 4 (1), S. 37-50.
- AOK Bundesverband 2018 **AOK Bundesverband (2018):** Krankenhausstrukturen in Deutschland müssen zentralisiert werden. Quelle: https://www.aok-bv.de/imperia/md/aokbv/presse/pressemitteilungen/archiv/2018/02_pressemitteilung_pk_khr_2018.pdf, Veröffentlichungsdatum: 19.03.2018, Abrufdatum: 08.08.2019.
- ARGE IK 2020 **ARGE IK (2020):** ARGE-IK - Arbeitsgemeinschaft Institutionskennzeichen. Quelle: <https://www.dguv.de/arge-ik/index.jsp>, Veröffentlichungsdatum: unbekannt, Abrufdatum: 13.07.2020.
- ARL 2019 **Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2019):** Raumstruktur und Siedlungsstruktur. Quelle: <https://www.arl-net.de/de/lexica/de/raumstruktur-und-siedlungsstruktur>, Veröffentlichungsdatum: unbekannt, Abrufdatum: 31.07.2019.
- Augurzky 2015 **Augurzky, Boris (2015):** Verwendung von Betriebsmitteln für Investitionen. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem (Hrsg.), Krankenhausreport 2015 - Schwerpunkt: Strukturwandel. Stuttgart: Schattauer, S. 237-248.
- Augurzky 2016 **Augurzky, Boris (2016):** Probleme im stationären Sektor aus Sicht des Ökonomen. In: Jörg Jerosch & Claudia Linke (Hrsg.), Patientenzentrierte Medizin in Orthopädie und Unfallchirurgie. Berlin: Springer, S. 89-100.
- Augurzky et al. 2012 **Augurzky, Boris, Andreas Beivers & Hendrik Schmitz (2012):** Regionale Unterschiede in der stationären Versorgung: Das ländliche Krankenhaus im Fokus. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem

- (Hrsg.), Krankenhausreport 2012 - Schwerpunkt: Regionalität. Stuttgart: Schattauer, S. 19-31.
- Augurzky et al. 2014 **Augurzky, Boris, Andreas Beivers, Niels Staub & Caroline Veltkamp (2014):** Krankenhausplanung 2.0 - Endbericht zum Forschungsvorhaben des Verbandes der Ersatzkassen e. V. (vdek). Quelle: https://www.vdek.com/content/vdeksite/presse/pressemitteilungen/2014/pk_krankenhausplanung/jcr_content/par/download_0/file.res/84_Positionen%20der%20Ersatzkassen%20zur%20Krankenhausplanung_ansicht.pdf, Veröffentlichungsdatum: 21.10.2014, Abrufdatum: 14.06.2016.
- Augurzky et al. 2015 **Augurzky, Boris, Sebastian Krolop, Corinna Hentschker, Adam Pilny & Christoph M. Schmidt (2015):** Krankenhaus Rating Report 2015 - Bad Bank für Krankenhäuser: Krankenhausausstieg vor der Tür? Heidelberg: medhochzwei Verlag.
- Augurzky et al. 2016 **Augurzky, Boris, Ronald Janßen-Timmen, Adam Pilny, Hermann Rappen, Christiane Wuckel, Annika Emde, Robert Orsag & Birgitta Lorke (2016):** Investitionsbarometer NRW. Quelle: http://www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/rwi-pb_investitionsbarometer_nrw.pdf, Veröffentlichungsdatum: 25.04.2016, Abrufdatum: 26.11.2017.
- Augurzky et al. 2017 **Augurzky, Boris, Sebastian Krolop, Adam Pilny, Christoph M. Schmidt & Christiane Wuckel (2017):** Krankenhaus Rating Report 2017: Strukturfonds - Beginnt jetzt die große Konsolidierung? Heidelberg: medhochzwei Verlag.
- Augurzky et al. 2018 **Augurzky, Boris, Corinna Hentschker, Adam Pilny & Ansgar Wübker (2018):** Krankenhausreport 2018 – Schriftenreihe zur Gesundheitsanalyse Band 11. Quelle: <https://www.barmer.de/blob/162634/3ea28101bb150f7c32913b95a9eda325/data/dl-report-komplett.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 09.08.2018, Abrufdatum: 25.08.2019.
- Augurzky et al. 2020 **Augurzky, Boris, Sebastian Krolop, Adam Pilny, Christoph M. Schmidt & Christiane Wuckel (2020):** Krankenhaus Rating Report 2020 - Ende einer Ära. Aufbruch ins neue Jahrzehnt. Heidelberg: medhochzwei Verlag.
- Augurzky und Pilny 2018 **Augurzky, Boris & Adam Pilny (2018):** Der KHSG-Strukturfonds nach einem Jahr und Vorschlag zur

- Weiterentwicklung. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem (Hrsg.), Krankenhaus-Report 2018. Schwerpunkt: Bedarf- und Bedarfsgerechtigkeit. Stuttgart: Schatthauer, S. 131-148.
- AWMF 2019 **Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften (2019):** Stellungnahme der AWMF zum Vorbericht des Instituts für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG): "Planungsrelevante Qualitätsindikatoren. Weiterentwicklung zur Eignungsprüfung weiterer Indikatoren, Herstellung eines Fachabteilungsbezugs und zur Weiterentwicklung von Maßstäben und Kriterien zur Bewertung. Vorbericht; Stand 16.08.2019. In: Institut für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (Hrsg.), Planungsrelevante Qualitätsindikatoren - Stellungnahmen zum Vorbericht. Quelle: https://iqtig.org/dateien/berichte/2019/IQTIG_PlanQI-Weiterentwicklung_Stellungnahmen-zum-Vorbericht_2019-09-30.pdf, Veröffentlichungsdatum: 30.09.2019, Abrufdatum: 19.04.2020.
- Ballou et al. 2002 **Ballou, Ronald H., Handoko Rahardja & Noriaki Sakai (2002):** Selected country circuitry factors for road travel distance estimation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 36 (9), S. 843-848.
- Baray und Cliquet 2013 **Baray, Jérôme & Gérard Cliquet (2013):** Optimizing locations through a maximum covering/p-median hierarchical model: maternity hospitals in France. *Journal of Business Research* 66 (1), S. 127-132.
- Beck 2008 **Beck, Bernhard (2008):** Wohlstand, Markt und Staat - Eine Einführung in die Volkswirtschaftslehre (6. Auflage). Zürich: Compendio Bildungsmedien.
- Benneyan et al. 2012 **Benneyan, James C., Hande Musdal, Mehmet E. Ceyhan, Brian Shiner & Bradley V. Watts (2012):** Specialty care single and multi-period location-allocation models within the Veterans Health Administration. *Socio-Economic Planning Sciences* 46 (2), S. 136-148.
- Berens und Körling 1983 **Berens, Wolfgang & Franz-Josef Körling (1983):** Das Schätzen von realen Entfernungen bei der Warenverteilungsplanung mit gebietspaarspezifischen Umwegfaktoren. *OR Spectrum* 5 (2), S. 67-75.
- Berg 2013 **Berg, Bjorn P. (2013):** Location models in healthcare. In: Brian T. Denton (Hrsg.), *Handbook of Healthcare Operations Management*. New York: Springer, S. 387-402.

- Berlin et al. 1976 **Berlin, Geoffrey N., Charles S. ReVelle & D. Jack Elzinga (1976):** Determining ambulance-hospital locations for on-scene and hospital services. *Environment and Planning A: Economy and Space* 8 (5), S. 553-561.
- Beukers et al. 2014 **Beukers, Puck D. C., Ron G.M. Kemp & Marco Varkevisser (2014):** Patient hospital choice for hip replacement: empirical evidence from the Netherlands. *The European Journal of Health Economics* 15 (9), S. 927-936.
- Biermann et al. 2010 **Biermann, Janine, Anja Neumann, Alexander Hewer, Jürgen Wasem, Raimund Erbel & Till Neumann (2010):** Einfluss der demographischen Entwicklung auf die stationären Fallzahlen und Kosten deutscher Krankenhäuser. *Medizinische Klinik* 105 (12), S. 876-881.
- Birke und Schlaudt 2016 **Birke, Sebastian & Hans-Peter Schlaudt (2016):** Das Krankenhaus im ländlichen Raum - Wirtschaftsinstitution, Versorgungsträger und Imagefaktor. *Das Krankenhaus* 108 (4), S. 280-285.
- BMG 2017 **Bundesministerium für Gesundheit (2017):** Beschluss des Gemeinsamen Bundesausschusses vom 15. Dezember 2016, hier: Richtlinie zu planungsrelevanten Qualitätsindikatoren gemäß § 136 Absatz 1 SGB V i. V. m. § 136c Absatz 1 und Absatz 2 SGB V Erstfassung. Quelle: https://www.g-ba.de/downloads/40-268-4230/2016-12-15_PlanQI-RL_Erstfassung-PlanQI-RL_BMG.pdf, Veröffentlichungsdatum: 24.02.2017, Abrufdatum: 02.08.2019.
- Branas et al. 2000 **Branas, Charles C., Elisabeth J. MacKenzie & Charles S. ReVelle (2000):** A trauma resource allocation model for ambulances and hospitals. *Health Services Research* 35 (2), S. 489-507.
- Bruckenberg et al. 2006 **Bruckenberg, Ernst, Siegfried Klau & Hans-Peter Schwintowski (2006):** Krankenhausmärkte zwischen Regulierung und Wettbewerb. Berlin: Springer.
- Bruni et al. 2006 **Bruni, Maria E., Domenico Conforti, Nicola Sicilia & Sandro Trotta (2006):** A new organ transplantation location-allocation policy - a case study of Italy. *Health Care Management Science* 9 (2), S. 125-142.
- BT-Drs. 10/2095 **Deutscher Bundestag Drucksache 10/2095 (1984):** Gesetzentwurf der Bundesregierung - Entwurf eines Gesetzes zur Neuordnung der Krankenhausfinanzierung. Quelle: <http://dip21.bundestag.de/dip21/>

- [btd/10/020/1002095.pdf](#), Veröffentlichungsdatum: 10.10.1984, Abrufdatum: 24.05.2021.
- BT-Drs. 10/2565 **Deutscher Bundestag Drucksache 10/2565 (1984):** Beschlußempfehlung und Bericht des Ausschusses für Arbeit und Sozialordnung (11. Ausschuß) zu dem von der Bundesregierung eingebrachten Entwurf eines Gesetzes zur Neuordnung der Krankenhausfinanzierung – Drucksache 10/2095 - zu dem vom Bundesrat eingebrachten Entwurf eines Gesetzes zur Neuordnung der Krankenhausfinanzierung - Drucksache 10/2096. Quelle: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/10/025/1002565.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 05.12.1984, Abrufdatum: 24.05.2021.
- BT-Drs. 18/5372 **Deutscher Bundestag Drucksache 18/5372 (2015):** Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und SPD - Entwurf eines Gesetzes zur Reform der Strukturen der Krankenhausversorgung (Krankenhausstrukturgesetz - KHSG). Quelle: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/053/1805372.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 30.06.2015, Abrufdatum: 24.05.2021.
- BT-Drs. 18/5867 **Deutscher Bundestag Drucksache 18/5867 (2015):** Gesetzentwurf der Bundesregierung - Entwurf eines Gesetzes zur Reform der Strukturen der Krankenhausversorgung (Krankenhausstrukturgesetz – KHSG). Quelle: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/058/1805867.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 26.08.2015, Abrufdatum: 24.05.2021.
- BT-Drs. 9/570 **Deutscher Bundestag Drucksache 9/570 (1981):** Gesetzentwurf der Bundesregierung - Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gesetzes zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze (Krankenhaus-Kostendämpfungsgesetz). Quelle: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/09/005/0900570.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 12.06.1981, Abrufdatum: 24.05.2021.
- BT-Drs. VI/1874 **Deutscher Bundestag Drucksache VI/1874 (1971):** Gesetzentwurf der Bundesregierung - Entwurf eines Gesetzes zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze - KHG. Quelle: <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/06/018/0601874.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 25.02.1971, Abrufdatum: 24.05.2021.

- Bundesärztekammer 2015 **Bundesärztekammer (2015):** (Muster-) Weiterbildungsordnung für Ärzte 2003 in der Fassung vom 23.10.2015. Quelle: https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/Weiterbildung/MWBO.pdf, Veröffentlichungsdatum: 23.10.2015, Abrufdatum: 17.06.2016.
- Bundesärztekammer 2019 **Bundesärztekammer (2019):** Stellungnahme der Bundesärztekammer zum Vorbericht des IQTIG „Planungsrelevante Qualitätsindikatoren. Weiterentwicklung zur Eignungsprüfung weiterer Indikatoren, Herstellung eines Fachabteilungsbezugs und zur Entwicklung von Maßstäben und Kriterien zur Bewertung“. In: Institut für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (Hrsg.), Planungsrelevante Qualitätsindikatoren - Stellungnahmen zum Vorbericht. Quelle: https://iqtig.org/dateien/berichte/2019/IQTIG_PlanQI-Weiterentwicklung_Stellungnahmen-zum-Vorbericht_2019-09-30.pdf, Veröffentlichungsdatum: 30.09.2019, Abrufdatum: 19.04.2020.
- Busse et al. 2016 **Busse, Reinhard, Detlev Ganten, Stefan Huster, Erich R. Reinhardt, Norbert Suttorp & Urban Wiesing (2016):** Zum Verhältnis von Medizin und Ökonomie im deutschen Gesundheitssystem - 8 Thesen zur Weiterentwicklung zum Wohle der Patienten und der Gesellschaft. Quelle: https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/Leo_Diskussion_Medizin_und_Oekonomie_2016.pdf, Veröffentlichungsdatum: Oktober 2016, Abrufdatum: 27.05.2017.
- Calvo und Marks 1973 **Calvo, Alberto B. & David H. Marks (1973):** Location of health care facilities - an analytical approach. *Socio-Economic Planning Sciences* 7 (5), S. 407-422.
- Caramia und Dell'Olmo 2008 **Caramia, Massimiliano & Paolo Dell'Olmo (2008):** Multi-Objective Management in Freight Logistics. London: Springer.
- Cha 2007 **Cha, Sung-Hyuk (2007):** Comprehensive survey on distance/similarity measures between probability density functions. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* 4 (1), S. 300-307.
- Chen und Cheng 2010 **Chen, Chi-Chen & Shou-Hsia Cheng (2010):** Hospital competition and patient-perceived quality of care: evidence from a single-payer system in Taiwan. *Health Policy* 98 (1), S. 65-73.

- Cho et al. 2014 **Cho, Soo-Haeng, Hoon Jang, Taesik Lee & John Turner (2014):** Simultaneous location of trauma centers and helicopters for emergency medical service planning. *Operations Research* 62 (4), S. 751-771.
- Chu und Chu 2000 **Chu, Sydney C.K. & Lisa P. Chu (2000):** A modeling framework for hospital location and service allocation. *International Transactions in Operational Research* 7 (6), S. 539-568.
- Coenenberg et al. 2007 **Coenenberg, Adolf G., Thomas M. Fischer & Thomas Günther (2007):** Kostenrechnung und Kostenanalyse (6. Auflage). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Cooper et al. 2011 **Cooper, Zack, Stephen Gibbons, Simon Jones & Alistair McGuire (2011):** Does hospital competition save lives? Evidence from the English NHS patient choice reforms. *Economic Journal* 121 (554), S. F228-F260.
- Cordeau et al. 2006 **Cordeau, Jean-François, Federico Pasin & Marius M. Solomon (2006):** An integrated model for logistics network design. *Annals of Operations Research* 144 (1), S. 59-82.
- Côté et al. 2007 **Côté, Murray J., Siddharta S. Syam, Bruce W. Vogel & Diane C. Cowper (2007):** A mixed integer programming model to locate traumatic brain injury treatment units in the Department of Veterans Affairs - a case study. *Health Care Management Science* 10 (3), S. 253-267.
- Cruppé und Geraedts 2011 **Cruppé, Werner de & Max Geraedts (2011):** Wie wählen Patienten ein Krankenhaus für elektive operative Eingriffe? *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 54 (8), S. 951-957.
- Current et al. 2001 **Current, John, Mark S. Daskin & David Schilling (2001):** Discrete network location models. In: Zvi Drezner & Horst W. Hamacher (Hrsg.), *Facility Location - Applications and Theory*. Berlin: Springer, S. 81-118.
- Dash und Meredith 2010 **Dash, Penelope & David Meredith (2010):** When and how provider competition can improve health care delivery. Quelle: <https://www.mckinsey.com/industries/healthcare-systems-and-services/our-insights/when-and-how-provider-competition-can-improve-health-care-delivery>, Veröffentlichungsdatum: 01.11.2010, Abrufdatum: 19.09.2016.

- Daskin 2013 **Daskin, Mark S. (2013):** Network and Discrete Location - Models, Algorithms, and Applications (2. Auflage). Hoboken: Wiley.
- Daskin und Dean 2004 **Daskin, Mark S. & Latoya K. Dean (2004):** Location of health care facilities. In: Margaret L. Brandeau, François Sainfort & William P. Pierskalla (Hrsg.), Operations Research and Health Care. Boston: Kluwer Academic Publishers, S. 43-76.
- Destatis 2015 **Statistisches Bundesamt (2015):** Aus dem Krankenhaus entlassene vollstationäre Patientinnen und Patienten (einschl. Sterbe- und Stundenfälle) 2014 nach dem Wohnort (Land) des Patienten und dem Behandlungsort (Land) Sitz des Krankenhauses insgesamt (*unveröffentlichte nutzerspezifische Auswertung*).
- Destatis 2016a **Statistisches Bundesamt (2016a):** DRG-Statistik 2014 - Aus dem Krankenhaus entlassene vollstationäre Patienten (einschl. Sterbe- und Stundenfälle) nach Altersgruppen, Geschlecht und Fachabteilung) (mit der längsten Verweildauer) (*unveröffentlichte nutzerspezifische Auswertung*).
- Destatis 2016b **Statistisches Bundesamt (2016b):** Krankenhauspatienten: Deutschland, Jahre, Geschlecht, Altersgruppen, Fachabteilungen, Hauptdiagnose ICD-10 (1-Steller) (Tabelle 23131-0004). Quelle: <https://www-genesis.destatis.de/>, Veröffentlichungsdatum: 15.08.2016, Abrufdatum: 15.08.2016.
- Destatis 2017a **Statistisches Bundesamt (2017a):** Bevölkerungsstand: Bevölkerung nach Geschlecht und Altersjahren - Stichtag 31.12.2015 - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte (Tabelle 12411-0018). Quelle: <https://www-genesis.destatis.de/>, Veröffentlichungsdatum: 09.07.2017, Abrufdatum: 09.07.2017.
- Destatis 2017b **Statistisches Bundesamt (2017b):** Gemeinden in Deutschland nach Fläche, Bevölkerung und Postleitzahl am 31.03.2017. Quelle: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Gemeindeverzeichnis.html>, Veröffentlichungsdatum: 31.07.2017, Abrufdatum: 30.04.2017.
- Destatis 2018a **Statistisches Bundesamt (2018a):** Bevölkerung nach Altersjahren und Geschlecht 1950 - 2015 (*unveröffentlichte nutzerspezifische Auswertung*).

- Destatis 2018b **Statistisches Bundesamt (2018b):** Grunddaten der Krankenhäuser 2017 (Fachserie 12 Reihe 6.1.1). Quelle: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Publikationen/Downloads-Krankenhaeuser/grunddaten-krankenhaeuser-2120611177005.xlsx?_blob=publicationFile, Veröffentlichungsdatum: 01.11.2018, Abrufdatum: 25.08.2019.
- Destatis 2018c **Statistisches Bundesamt (2018c):** Kostennachweis der Krankenhäuser 2017 (Fachserie 12 Reihe 6.3). Quelle: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Krankenhaeuser/KostennachweisKrankenhaeuser2120630177005.xlsx?_blob=publicationFile, Veröffentlichungsdatum: 12.11.2018, Abrufdatum: 17.02.2019.
- Destatis 2018d **Statistisches Bundesamt (2018d):** Wie kann ich aus zwei Indexständen eine Veränderungsrate berechnen? Quelle: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Verbraucherpreisindex/FAQ/veraenderungsrage.html>, Veröffentlichungsdatum: unbekannt, Abrufdatum: 26.03.2018.
- Destatis 2020a **Statistisches Bundesamt (2020a):** Bevölkerung: Bundesländer, Stichtag 31.12.2017 (Tabelle 12411-0010). Quelle: <https://www-genesis.destatis.de/>, Veröffentlichungsdatum: 30.05.2020, Abrufdatum: 30.05.2020.
- Destatis 2020b **Statistisches Bundesamt (2020b):** Kostennachweis der Krankenhäuser 2017 (Fachserie 12 Reihe 6.3). Quelle: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Publikationen/Downloads-Krankenhaeuser/kostennachweis-krankenhaeuser-2120630177005.xlsx?_blob=publicationFile, Veröffentlichungsdatum: 12.11.2018, Abrufdatum: 30.05.2020.
- Destatis 2020c **Statistisches Bundesamt (2020c):** Krankenhauspatienten: Deutschland, Jahre, Geschlecht, Altersgruppen, Fachabteilungen, Hauptdiagnose ICD-10 (Tabelle 23131-0004). Quelle: <https://www-genesis.destatis.de/>, Veröffentlichungsdatum: 31.05.2020, Abrufdatum: 31.05.2020.
- Destatis 2020d **Statistisches Bundesamt (2020d):** Verbraucherpreisindex (inkl. Veränderungsraten): Deutschland, Jahre. Quelle: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=previous&levelindex=1&step=1&titel=Ergebnis&levelid=1590857795180&acceptscookies=false#abreadcrumb>, Veröffentlichungsdatum: 15.07.2020, Abrufdatum: 15.07.2020.

- Destatis 2020e **Statistisches Bundesamt (2020e):** VGR des Bundes - Arbeitnehmerentgelt, Löhne und Gehälter (Inländerkonzept): Deutschland, Jahre. Quelle: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1594994896634&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=81000-0007&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf#abreadcru mb>, Veröffentlichungsdatum: 17.07.2020, Abrufdatum: 17.07.2020.
- Destatis 2020f **Statistisches Bundesamt (2020f):** VGR des Bundes - Bruttowertschöpfung, Bruttoinlandsprodukt (nominal/preisbereinigt): Deutschland, Jahre. Quelle: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1594815581674&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=81000-0001&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf#abreadcru mb>, Veröffentlichungsdatum: 17.07.2020, Abrufdatum: 17.07.2020.
- Dettling und Würtenberger 2014 **Dettling, Heinz-Uwe & Thomas Würtenberger (2014):** § 1 Grundsatz. In: Heinz-Uwe Dettling, Alice Gerlach & Martin Altschwager (Hrsg.), Krankenhausrecht - Kommentar. München: Beck, S. 17-48.
- Deutscher Ethikrat 2016 **Deutscher Ethikrat (2016):** Patientenwohl als ethischer Maßstab für das Krankenhaus. Quelle: <http://www.ethikrat.org/dateien/pdf/stellungnahme-patientenwohl-als-ethischer-massstab-fuer-das-krankenhaus.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 05.04.2016, Abrufdatum: 05.01.2018.
- Deza und Deza 2006 **Deza, Elena & Michel-Marie Deza (2006):** Dictionary of Distances. Amsterdam: Elsevier.
- DGG 2019 **Deutsche Gesellschaft für Geriatrie (2019):** Zusatz-Weiterbildung Geriatrie. Quelle: <https://www.dggeriatrie.de/aus-und-weiterbildung/zusatz-weiterbildung-geriatrie>, Veröffentlichungsdatum: unbekannt, Abrufdatum: 15.03.2019.
- DGGG 2019 **Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V. (2019):** Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V. (DGGG) zum IQTIG-Vorbericht (Stand 16. August 2019)

- "Planungsrelevante Qualitätsindikatoren. Weiterentwicklung zur Eignungsprüfung weiterer Indikatoren, Herstellung eines Fachabteilungsbezugs und zur Weiterentwicklung von Maßstäben und Kriterien zur Bewertung". In: Institut für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (Hrsg.), Planungsrelevante Qualitätsindikatoren - Stellungnahmen zum Vorbericht. Quelle:
https://iqtig.org/dateien/berichte/2019/IQTIG_PlanQI-Weiterentwicklung_Stellungnahmen-zum-Vorbericht_2019-09-30.pdf, Veröffentlichungsdatum: 30.09.2019, Abrufdatum: 19.04.2020.
- DGPGM 2019 **Deutsche Gesellschaft für Pränatal- und Geburtsmedizin (2019):** Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Pränatal- und Geburtsmedizin e.V. (DGPGM) zum IQTIG-Vorbericht (Stand 16. August 2019) "Planungsrelevante Qualitätsindikatoren. Weiterentwicklung zur Eignungsprüfung weiterer Indikatoren, Herstellung eines Fachabteilungsbezugs und zur Weiterentwicklung von Maßstäben und Kriterien zur Bewertung". In: Institut für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (Hrsg.), Planungsrelevante Qualitätsindikatoren - Stellungnahmen zum Vorbericht. Quelle:
https://iqtig.org/dateien/berichte/2019/IQTIG_PlanQI-Weiterentwicklung_Stellungnahmen-zum-Vorbericht_2019-09-30.pdf, Veröffentlichungsdatum: 30.09.2019, Abrufdatum: 19.04.2020.
- Dietz und Bofinger 2015 **Dietz, Otmar & Werner Bofinger (2015):** Krankenhausfinanzierungsgesetz, Bundespflegesatzverordnung und Folgerecht - Kommentar. Wiesbaden: Kommunal- und Schulverlag.
- Disselkamp 2005 **Disselkamp, Marcus (2005):** Innovationsmanagement - Instrumente und Methoden zur Umsetzung im Unternehmen. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- DKG 2019a **Deutsche Krankenhausgesellschaft (2019a):** Bestandsaufnahme zur Krankenhausplanung und Investitionsfinanzierung in den Bundesländern, Stand: Dezember 2019. Quelle:
https://www.dkgev.de/fileadmin/default/Mediapool/1_DKG/1.7_Presse/1.7.1_Pressemitteilungen/2019/2019-12-19_Anhang_DKG_Bestandsaufnahme_KH-

- [Planung Investitionsfinanzierung.pdf](#), Veröffentlichungsdatum: Dezember 2019, Abrufdatum: 20.04.2020.
- DKG 2019b **Deutsche Krankenhausgesellschaft (2019b):** Stellungnahme vom 30. August 2019 zum Vorbericht des IQTIG "Planungsrelevante Qualitätsindikatoren" Stand 16. August 2019. In: Institut für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (Hrsg.), Planungsrelevante Qualitätsindikatoren - Stellungnahmen zum Vorbericht. Quelle: https://iqtig.org/dateien/berichte/2019/IQTIG_PlanQI-Weiterentwicklung_Stellungnahmen-zum-Vorbericht_2019-09-30.pdf, Veröffentlichungsdatum: 30.09.2019, Abrufdatum: 19.04.2020.
- DKI 2012 **DKI GmbH (2012):** Personalbedarfsermittlung im Krankenhaus (11. Auflage). Wuppertal: DKI GmbH.
- Domschke et al. 2015 **Domschke, Wolfgang, Andreas Drexl, Robert Klein & Armin Scholl (2015):** Einführung in Operations Research (9. Auflage). Berlin: Springer Gabler.
- Domschke und Drexl 1996 **Domschke, Wolfgang & Andreas Drexl (1996):** Logistik: Standorte (4. Auflage). München: De Gruyter Oldenbourg.
- Domschke und Scholl 2005 **Domschke Wolfgang & Armin Scholl (2005):** Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre - Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht (3. Auflage). Berlin: Springer.
- Donabedian 1980 **Donabedian, Avedis (1980):** Explorations in Quality Assessment and Monitoring. Ann Arbor: Health Administration Press.
- Drezner et al. 2002 **Drezner Zvi, Kathrin Klamroth, Anita Schöbel & George O. Wesolowsky (2002):** The Weber Problem. In: Zvi Drezner & Horst W. Hamacher (Hrsg.), Facility Location - Applications and Theory. Berlin: Springer, S. 1-36.
- DRV 2019 **Deutsche Rentenversicherung Bund (2019):** Rentenversicherung in Zeitreihen. Quelle: https://www.deutsche-rentenversicherung.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistiken-und-Berichte/statistikpublikationen/rv_in_zeitreihen.pdf?__blob=publicationFile&v=4, Veröffentlichungsdatum: 17.10.2019, Abrufdatum: 26.07.2020.

- Durst 2011 **Durst, Sebastian (2011):** Strategische Lieferantenentwicklung - Rahmenbedingungen, Optionen und Auswirkungen auf Abnehmer und Lieferant. Wiesbaden: Gabler.
- Ehrgott 2006 **Ehrgott, Matthias (2006):** A discussion of scalarization techniques for multiple objective integer programming. *Annals of Operations Research* 147 (1), S. 343-360.
- Eurostat 2018 **Statistisches Amt der Europäischen Union (2018):** Degree of urbanisation classification - 2011 revision. Quelle: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/31486.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 13.07.2018, Abrufdatum: 08.08.2019.
- Exworthy und Peckham 2006 **Exworthy, Mark & Stephen Peckham (2006):** Access, choice and travel -implications for health policy. *Social Policy and Administration* 40 (3), S. 267-287.
- Fischer 1986 **Fischer, Klaus (1986):** Wettbewerbliche Einheit und Fusionskontrolle. Berlin: Duncker und Humblot.
- Fleischmann et al. 2008 **Fleischmann, Bernhard, Herbert Meyr & Michael Wagner (2008):** Advanced Planning. In: Hartmut Stadtler & Christoph Kilger (Hrsg.), *Supply Chain Management and Advanced Planning*. Berlin: Springer, S. 81-106.
- Fleßa 2013 **Fleßa, Steffen (2013):** Grundzüge der Krankenhausbetriebslehre (2. Auflage). München: Oldenbourg.
- Freie und Hansestadt Hamburg 2016 **Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz, Amt für Gesundheit - Abteilung Versorgungsplanung G 14 (2016):** Krankenhausplan 2020 der Freien und Hansestadt Hamburg. Quelle: <http://www.hamburg.de/contentblob/4659138/801fc86b22508ccb2024996c7c0ce5ea/data/krankenhausplan2020-broschuere.pdf>, Veröffentlichungsdatum: Januar 2016, Abrufdatum: 09.05.2016.
- Fritz et al. 2003 **Fritz, Thomas, Christian Gilow & Dieter Paffrath (2003):** Instrumente des Operations Research in der praktischen Krankenhausplanung. In: Jürgen Klauber, Bernt-Peter Robra & Henner Schellschmidt (Hrsg.), *Krankenhaus-Report 2003 - Schwerpunkt: G-DRGs im Jahre 1*. Stuttgart: Schattauer, S. 149-172.
- Gahr et al. 2016 **Gahr, Manfred, Neeltje van den Berg, Angelika Beyer, Ulrike Stentzel & Wolfgang Hoffmann (2016):** Versorgungsepidemiologische Analyse der medizinischen Kinder- und Jugendversorgung in Deutschland. Quelle: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin>

- [/Dateien/5 Publikationen/Gesundheit/Berichte/Abschlussbericht_DAKJ_Versorgungsepidemiol_Analyse_der_Kinder- u_Jugendmedizin.pdf](#), Veröffentlichungsdatum: 31.05.2016, Abrufdatum: 08.08.2019.
- Galvão et al. 2002 **Galvão, Roberto D., Luis G. Acosta Espejo & Brian Boffey (2002):** A hierarchical model for the location of perinatal facilities in the municipality of Rio de Janeiro. *European Journal of Operational Research* 138 (3), S. 495-517.
- Garre et al. 2015 **Garre, Patrick, Birgit Schliemann & Karl-Heinz Schönbach (2015):** Reform und Reformbedarf in der Bedarfsplanung sowie fehlende sektorenübergreifende Ansätze. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem (Hrsg.), Krankenhaus-Report 2015 - Schwerpunkt: Strukturwandel. Stuttgart: Schattauer, S. 211-234.
- G-BA 2016a **Gemeinsamer Bundesausschuss (2016a):** Beschluss des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Beauftragung des IQTIG zu planungsrelevanten Qualitätsindikatoren gemäß § 136c Abs. 1 SGB V sowie für ein Verfahren zur Übermittlung einrichtungsbezogener Auswertungsergebnisse an die für die Krankenhausplanung zuständigen Behörden einschließlich Maßstäben und Kriterien zur Bewertung der Qualitätsergebnisse gemäß § 136c Abs. 2 SGB V. Quelle: https://www.g-ba.de/downloads/39-261-2552/2016-03-17_IQTIG-Beauftragung_planungsrelv_QI.pdf, Veröffentlichungsdatum: 17.03.2016, Abrufdatum: 20.04.2020.
- G-BA 2016b **Gemeinsamer Bundesausschuss (2016b):** Beschluss des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Liste der Qualitätsindikatoren gemäß § 136c Abs. 1 SGB V: Liste planungsrelevanter Qualitätsindikatoren. Quelle: https://www.g-ba.de/downloads/17-98-4313/2016-12-15_PlanQI-RL_Liste-planQI.pdf, Veröffentlichungsdatum: 15.12.2016, Abrufdatum: 08.04.2017.
- G-BA 2016c **Gemeinsamer Bundesausschuss (2016c):** Tragende Gründe zum Beschluss des Gemeinsamen Bundesausschusses über eine Richtlinie zu planungsrelevanten Qualitätsindikatoren gemäß § 136 Abs. 1 SGB V i.V.m. § 136c Abs. 1 und Abs. 2 SGB V - Richtlinie zu planungsrelevanten Qualitätsindikatoren – plan. QI-RL Erstfassung. Quelle: https://www.g-ba.de/downloads/40-268-4147/2016-12-15_PlanQI-RL_Erstfassung-PlanQI-RL_TrG.pdf,

Veröffentlichungsdatum: 15.12.2016, Abrufdatum:
08.04.2017.

G-BA 2020

Gemeinsamer Bundesausschuss (2020): Beschluss des Gemeinsamen Bundesausschusses über eine Beauftragung des IQTIG mit einer Neukonzeption der Entwicklung von planungsrelevanten Qualitätsindikatoren gemäß § 136c Absatz 1 SGB V. Quelle: https://www.g-ba.de/downloads/39-261-4218/2020-03-20_IQTIG-Beauftragung-IQTIG_plan-QI.pdf, Veröffentlichungsdatum: 20.03.2020, Abrufdatum: 20.04.2020.

G-BA 2021a

Gemeinsamer Bundesausschuss (2021a): Bericht des unparteiischen Vorsitzenden des Gemeinsamen Bundesausschusses (G-BA) gemäß § 91 Abs. 11 i.V.m. § 91 Abs. 2 S. 13 SGB V über die Einhaltung der Fristen bei Beratungsverfahren des G-BA an den Ausschuss für Gesundheit des Deutschen Bundestages. Quelle: <https://www.g-ba.de/downloads/17-98-5091/2021-03-31-PA-AfG-Bericht-Fristeneinhaltung.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 31.03.2021, Abrufdatum: 20.04.2021.

G-BA 2021b

Gemeinsamer Bundesausschuss (2021b): Beschluss des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Liste der Qualitätsindikatoren gemäß § 136c Abs. 1 SGB V: Liste planungsrelevanter Qualitätsindikatoren. Quelle: https://www.g-ba.de/downloads/17-98-4313/2016-12-15_PlanQI-RL_Liste-planQI.pdf, Veröffentlichungsdatum: 12.04.2021, Abrufdatum: 20.04.2021.

G-BA 2021c

Gemeinsamer Bundesausschuss (2021c): Richtlinie zu planungsrelevanten Qualitätsindikatoren gemäß § 136 Absatz 1 SGB V i. V. m. § 136c Absatz 1 und Absatz 2 SGB V – plan. QI-RL. Quelle: https://www.g-ba.de/downloads/62-492-2550/plan-QI-RL_2021-06-17_iK_2021-07-22.pdf, Veröffentlichungsdatum: 17.06.2021, Abrufdatum: 28.09.2021

GBE-Bund 2014

Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2014): Verweildauer je Fachrichtung. Quelle: <http://www.gbe-bund.de>, Veröffentlichungsdatum: 09.04.2017, Abrufdatum: 31.05.2016.

GBE-Bund 2019

Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2019): Fachabteilungen, Betten (Anzahl und je 100.000 Einwohner), Fälle, Berechnungs-/Belegungstage (jeweils Anzahl), Nutzungsgrad und Verweildauer in Krankenhäusern und Vorsorge- oder Rehabilitationseinrichtungen. Gliederungsmerkmale: Jahre, Deutschland,

Art der Fachabteilung. Quelle: <http://www.gbe-bund.de>,
Veröffentlichungsdatum: 09.10.2018, Abrufdatum:
01.08.2019.

GBE-Bund 2020a

Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2020a):
Betten in Krankenhäusern und Vorsorge- oder Reha-
bilitationseinrichtungen (Anzahl und je 100.000 Ein-
wohner, Nutzungsgrad und Fallzahl je Bett). Gliederungs-
merkmale: Jahre, Deutschland, Bettenart, Einrichtungs-
merkmale (Einrichtungsart/Bettenzahl/Art der Zulassung/
Träger). Quelle: <http://www.gbe-bund.de>, Veröffent-
lichungsdatum: 25.09.2018, Abrufdatum: 30.05.2020.

GBE-Bund 2020b

Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2020b):
Einnahmen und Ausgaben der gesetzlichen Krankenver-
sicherung (insgesamt in Mrd. €, je Mitglied in € und je
Versicherten in €). Gliederungsmerkmale: Jahre, Bundes-
gebiete. Quelle: www.gbe-bund.de, Veröffentli-
chungsdatum: 15.07.2020, Abrufdatum: 15.07.2020.

GBE-Bund 2020c

Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2020c):
Gesundheitsausgaben in Deutschland in Mio. €.
Gliederungsmerkmale: Jahre, Art der Einrichtung, Art der
Leistung, Ausgabenträger. Quelle: [http://www.gbe-
bund.de](http://www.gbe-
bund.de), Veröffentlichungsdatum: 12.05.2020,
Abrufdatum: 17.07.2020.

GBE-Bund 2020d

Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2020d):
Krankenhäuser und Vorsorge- oder Rehabilitationsein-
richtungen (Anzahl und je 100.000 Einwohner) sowie Auf-
enthalte (Fallzahl, Berechnungs-/Belegungstage und Ver-
weildauer). Gliederungsmerkmale: Jahre, Deutschland,
Einrichtungsmerkmale (Einrichtungsart/Bettenzahl/Trä-
ger/Art der Zulassung). Quelle: <http://www.gbe-bund.de>,
Veröffentlichungsdatum: 25.09.2018, Abrufdatum:
30.05.2020.

GBE-Bund 2020e

Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2020e):
Nichtärztliches Personal sowie Personal und Schüler/-
innen der Ausbildungsstätten in Krankenhäusern und
Vorsorge- oder Rehabilitationseinrichtungen. Glie-
derungsmerkmale: Jahre, Region, Beschäftigungsbereich,
Einrichtungsmerkmale. Quelle: <http://www.gbe-bund.de>,
Veröffentlichungsdatum: 08.11.2018, Abrufdatum:
31.05.2020.

GBE-Bund 2020f

Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2020f):
Private Kranken- und Pflegeversicherung, Beitragsein-
nahmen in Mio. €. Gliederungsmerkmale: Jahre,

- Deutschland, Versicherungsart. Quelle: www.gbe-bund.de, Veröffentlichungsdatum: 15.07.2020, Abrufdatum: 15.07.2020.
- Geofabrik 2016a **Geofabrik (2016a):** OpenStreetMap Data for this Region: Hessen. Quelle: <http://download.geofabrik.de/europe/germany/hessen-latest.shp.zip>, Veröffentlichungsdatum: 20.03.2016, Abrufdatum: 21.03.2016.
- Geofabrik 2016b **Geofabrik (2016b):** OpenStreetMap Data for this Region: Niedersachsen. Quelle: <http://download.geofabrik.de/europe/germany/niedersachsen-latest.shp.zip>, Veröffentlichungsdatum: 20.03.2016, Abrufdatum: 21.03.2016.
- Geofabrik 2016c **Geofabrik (2016c):** OpenStreetMap Data for this Region: Regierungsbezirk Arnsberg. Quelle: <http://download.geofabrik.de/europe/germany/nordrhein-westfalen/arnsberg-regbez-latest.shp.zip>, Veröffentlichungsdatum: 20.03.2016, Abrufdatum: 21.03.2016.
- Geofabrik 2016d **Geofabrik (2016d):** OpenStreetMap Data for this Region: Regierungsbezirk Detmold. Quelle: <http://download.geofabrik.de/europe/germany/nordrhein-westfalen/detmold-regbez-latest.shp.zip>, Veröffentlichungsdatum: 20.03.2016, Abrufdatum: 21.03.2016.
- Geofabrik 2016e **Geofabrik (2016e):** OpenStreetMap Data for this Region: Regierungsbezirk Düsseldorf. Quelle: <http://download.geofabrik.de/europe/germany/nordrhein-westfalen/duesseldorf-regbez-latest.shp.zip>, Veröffentlichungsdatum: 20.03.2016, Abrufdatum: 21.03.2016.
- Geofabrik 2016f **Geofabrik (2016f):** OpenStreetMap Data for this Region: Regierungsbezirk Köln. Quelle: <http://download.geofabrik.de/europe/germany/nordrhein-westfalen/koeln-regbez-latest.shp.zip>, Veröffentlichungsdatum: 20.03.2016, Abrufdatum: 21.03.2016.
- Geofabrik 2016g **Geofabrik (2016g):** OpenStreetMap Data for this Region: Regierungsbezirk Münster. Quelle: <http://download.geofabrik.de/europe/germany/nordrhein-westfalen/muenster-regbez-latest.shp.zip>, Veröffentlichungsdatum: 20.03.2016, Abrufdatum: 21.03.2016.
- Geofabrik 2016h **Geofabrik (2016h):** OpenStreetMap Data for this Region: Rheinland-Pfalz. Quelle: <http://download.geofabrik.de/europe/germany/rheinland-pfalz-latest.shp.zip>, Veröffentlichungsdatum: 20.03.2016, Abrufdatum: 21.03.2016.

- GEOportal.NRW 2021 **GEOportal.NRW (2021):** Geodatenbank des Landes Nordrhein-Westfalen. Quelle: <https://www.geoportal.nrw/>, Veröffentlichungsdatum: ohne Datum, Abrufdatum: 04.07.2021.
- Geraedts und Cruppé 2013 **Geraedts, Max & Werner de Cruppé (2013):** Krankenhauswahlverhalten chronisch Kranker - Abschlussbericht. Quelle: http://www.forschung-patientenorientierung.de/files/abschlussbericht_geraedts_krankenhauswahlverhalte_n-bmbf-01gx1047.pdf, Veröffentlichungsdatum: 31.12.2013, Abrufdatum: 29.03.2019.
- Geraedts und Cruppé 2015 **Geraedts, Max & Werner de Cruppé (2015):** Strukturwandel aus Patientenperspektive. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem (Hrsg.), Krankenhaus-Report 2015 - Schwerpunkt: Strukturwandel. Stuttgart: Schattauer, S. 115-126.
- GKV-Spitzenverband 2019 **GKV-Spitzenverband (2019):** Stellungnahme des GKV-Spitzenverbandes vom 29.08.2019 zum Vorbericht "Planungsrelevante Qualitätsindikatoren" des IQTIG vom 16.08.2019. In: Institut für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (Hrsg.), Planungsrelevante Qualitätsindikatoren - Stellungnahmen zum Vorbericht. Quelle: https://iqtig.org/dateien/berichte/2019/IQTIG_PlanQI-Weiterentwicklung_Stellungnahmen-zum-Vorbericht_2019-09-30.pdf, Veröffentlichungsdatum: 30.09.2019, Abrufdatum: 19.04.2020.
- Glöckner 2017 **Glöckner, Jochen (2017):** Kartellrecht - Recht gegen Wettbewerbsbeschränkungen (2. Auflage). Stuttgart: Kohlhammer.
- Goddard 2015 **Goddard, Maria (2015):** Competition in healthcare: good, bad or ugly? *International Journal of Health Policy and Management* 4 (9), S. 567-569.
- Goebels 2013 **Goebels, Wilfried (2013):** Krankenhausplan 2015 - NRW-Kliniken bauen 5200 Betten in der Chirurgie ab. Quelle: <http://www.general-anzeiger-bonn.de/news/politik/NRW-Kliniken-bauen-5200-Betten-in-der-Chirurgie-ab-article1105138.html>, Veröffentlichungsdatum: 24.07.2013, Abrufdatum: 10.01.2014.
- Google 2018a **Google Inc. (2018a):** Nutzungsbasierte Preisgestaltung. Quelle: <https://cloud.google.com/maps-platform/pricing/?hl=de>, Veröffentlichungsdatum: 16.07.2018, Abrufdatum: 07.11.2018.

- Google 2018b **Google Inc. (2018b):** Pricing Details. Quelle: <https://developers.google.com/maps/previous-pricing>, Veröffentlichungsdatum: 16.07.2018, Abrufdatum: 07.11.2018.
- Gottmann 2019 **Gottmann, Juliane (2019):** Produktionscontrolling. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Gravelle et al. 2014 **Gravelle, Hugh, Rita Santos & Luigi Siciliani (2014):** Does a hospital's quality depend on the quality of other hospitals? A spatial econometrics approach. *Regional Science and Urban Economics* 49 (Nov 2014), S. 203-216.
- Griffin et al. 2008 **Griffin, Paul M., Christian R. Scherrer & Julie L. Swann (2008):** Optimization of community health center locations and service offerings with statistical need estimation. *IIE Transactions* 40 (9), S. 880-892.
- Grundmann 2002 **Grundmann, Wolfgang (2002):** Operations Research - Formeln und Methoden. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Grunsky 2013 **Grunsky, Nina (2013):** Kliniken in Südwestfalen kritisieren NRW-Krankenhausplan. Quelle: <https://www.derwesten.de/region/sauer-und-siegerland/kliniken-in-suedwestfalen-kritisieren-nrw-krankenhausplan-id7489442.html>, Veröffentlichungsdatum: 16.01.2013, Abrufdatum: 11.03.2018.
- Gudehus 2012 **Gudehus, Timm (2012):** Logistik 2 - Netzwerke, Systeme und Lieferketten (4. Auflage). Berlin: Springer.
- Guerrero et al. 2015 **Guerrero, Francesca, Giovanna Miglionico & Filomena Olivito (2015):** An optimization-based tool for solving location and reorganization problems in healthcare. *IEEE 8th Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, 24. - 26.09.2015, Warschau, Polen. Quelle: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7341401>, Veröffentlichungsdatum: 03.12.2015, Abrufdatum: 25.02.2016.
- Guerrero et al. 2016 **Guerrero, Francesca, Giovanna Miglionico & Filomena Olivito (2016):** Location and reorganization problems - The Calabrian health care system. *European Journal of Operational Research* 250 (3), S. 939-954.
- Güneş und Yaman 2010 **Güneş, Evrim. D. & Hande Yaman (2010):** Health network mergers and hospital re-planning. *Journal of the Operational Research Society* 61 (2), S. 275-283.

- Guo et al. 2013 **Guo, Mengyu, Binfeng Li, Zhihai Zhang, Su Wu & Jie Song (2013):** Efficiency evaluation for allocating community-based health services. *Computers & Industrial Engineering* 65 (3), S. 395-401.
- Gutacker et al. 2016 **Gutacker, Nils, Luigi Siciliani, Giuseppe Moscelli & Hugh Gravelle (2016):** Choice of hospital: Which type of quality matters? *Journal of Health Economics* 50 (Dez 2014), S. 230-246.
- Haase und Hoppe 2008 **Haase, Knut & Mirko Hoppe (2008):** Standortplanung unter Wettbewerb - Teil 1: Grundlagen. Quelle: https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivw/ressourcen/dateien/diskuss/Diskussbtrg_2008_2_Hoppe.pdf?lang=de, Veröffentlichungsdatum: 20.05.2008, Abrufdatum: 08.08.2019.
- Hall und Lieberman 2013 **Hall, Robert E. & Marc Lieberman (2013):** Micro-economics - Principles and Applications (6. Auflage). Mason: Cengage Learning.
- Hamacher und Nickel 1998 **Hamacher, Horst W. & Stefan Nickel (1998):** Classification of location models. *Location Science* 6 (1-4), S. 229-242.
- Hanusch 2011 **Hanusch, Horst (2011):** Nutzen-Kosten-Analyse (3. Auflage). München: Vahlen.
- HCB 2016 **Institute for Health Care Business GmbH (2016):** Persönliches Gespräch am 22.08.2016 um 15:30 Uhr.
- Hillier und Lieberman 2015 **Hillier, Frederick S. & Gerald J. Lieberman (2015):** Introduction to Operations Research (10. Auflage). New York: McGraw-Hill Education.
- Hillsman und Rhoda 1978 **Hillsman, Edward L. & Richard Rhoda (1978):** Errors in measuring distances from populations to service centers. *The Annals of Regional Science* 12 (3), S. 74-88.
- Huml 2015 **Huml, Melanie (2015):** Wie "klein" darf ein Krankenhaus sein? *KU Gesundheitsmanagement* 8 (10), S. 42-43.
- IMA GDI.NRW 2021 **Interministeriellen Ausschusses zum Aufbau der Geodateninfrastruktur in NRW (2021):** GEOcodingMap.NRW. Quelle: <https://www.geoportal.nrw/geocodingmap>, Veröffentlichungsdatum: ohne Datum, Abrufdatum: 04.07.2021.
- Informa 2019 **Institute for Operations Research and the Management Sciences (2019):** Optimality Gap - Glossary. Quelle: https://glossary.informs.org/ver2/mpgwiki/index.php/Optimality_gap, Veröffentlichungsdatum: unbekannt, Abrufdatum: 09.08.2019.

- IQTIG 2016 **Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (2016):** Planungsrelevante Qualitätsindikatoren - Abschlussbericht zur Auswahl und Umsetzung. Quelle: https://iqtig.org/dateien/berichte/2016/IQTIG_Planungsrelevante-Qualitaetsindikatoren_Abschlussbericht.pdf, Veröffentlichungsdatum: 31.08.2016, Abrufdatum: 29.03.2019.
- IQTIG 2019 **Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (2019):** Planungsrelevante Qualitätsindikatoren - Weiterentwicklung zur Eignungsprüfung weiterer Indikatoren, Herstellung eines Fachabteilungsbezugs und zur Entwicklung von Maßstäben und Kriterien zur Bewertung. Abschlussbericht. Quelle: https://iqtig.org/dateien/berichte/2019/2019-09-30_IQTIG_PlanQI-Weiterentwicklung_Abschlussbericht_barrierefrei.pdf, Veröffentlichungsdatum: 30.09.2019, Abrufdatum: 19.04.2020.
- IT.NRW 2016a **Landesbetriebs Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2016a):** Bevölkerungsvorausrechnungen 2014 bis 2040 nach Altersjahren (91) und Geschlecht - Bevölkerungsvorausberechnung (Basisvariante) - kreisfreie Städte und Kreise (Tabelle 12421-03iz). Quelle: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online>, Veröffentlichungsdatum: 22.03.2016, Abrufdatum: 22.03.2016.
- IT.NRW 2016b **Landesbetriebs Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2016b):** Gemeindemodellrechnung 2014 bis 2040 - Basis - nach Altersjahren und Geschlecht - kreisangehörige Gemeinden - Stichtag (Tabelle 12411-02iz). Quelle: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online>, Veröffentlichungsdatum: 22.03.2016, Abrufdatum: 22.03.2016.
- Janda 2016 **Janda, Constanze (2016):** Medizinrecht (3. Auflage). Konstanz: UVK.
- Janker 2008 **Janker, Christian (2008):** Multivariate Lieferantenbewertung - Empirisch gestützte Konzeption eines anforderungsgerechten Bewertungssystems (2. Auflage). Wiesbaden: Gabler.
- Jánošiková 2009 Jánošiková, Ludmila (2009): Reduction of a hospital network as a multiple criteria optimisation problem. *Ekonomie a Management* 12 (3), S. 50-57.

- Johnson 1974 **Johnson, David S. (1974):** Approximation algorithms for combinatorial problems. *Journal of Computer and System Sciences* 9 (3), S. 256-278.
- Jünemann 1989 **Jünemann, Reinhardt (1989):** Materialfluß und Logistik - Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen. Berlin: Springer.
- Kallfaß 2006 **Kallfaß, Hermann (2006):** Räumlicher Wettbewerb zwischen allgemeinen Krankenhäusern. Quelle: <http://hdl.handle.net/10419/27982>, Veröffentlichungsdatum: Februar 2006, Abrufdatum: 27.01.2019.
- Kallrath 2013 **Kallrath, Josef (2013):** Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Kaltenborn 2010 **Kaltenborn, Markus (2010):** § 2 Verfassungsrechtliche Vorgaben für das Krankenhausrecht. In: Stefan Huster & Markus Kaltenborn (Hrsg.), Krankenhausrecht – Praxishandbuch zum Recht des Krankenhauswesens. München: Beck, S. 17-28.
- Kessler und Geppert 2005 **Kessler, Daniel & Jeffrey Geppert (2005):** The effects of competition on variation in the quality and cost of medical care. *Journal of Economics & Management Strategy* 14 (3), S. 571-589.
- Khodaparasti et al. 2017 **Khodaparasti, Sara, Hamid R. Maleki, Sohelya Jahedi, Maria E. Bruni & Patrizia Beraldi (2017):** Enhancing community based health programs in Iran: a multi-objective location-allocation model. *Health Care Management Science* 20 (4), S. 485-499.
- Kim und Kim 2013 **Kim, Dong-Guen & Yeong-Dae Kim (2013):** A lagrangian heuristic algorithm for a public healthcare facility location problem. *Annals of Operations Research* 206 (1), S. 221-240.
- Klein und Scholl 2011 **Klein, Robert & Armin Scholl (2011):** Planung und Entscheidung (2. Auflage). München: Vahlen.
- Klose und Drexl 2005 **Klose, Andreas & Andreas Drexl (2005):** Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Research* 162 (1), S. 4-29.
- Kopetsch 2001 **Kopetsch, Thomas (2001):** Gesundheitswesen am Scheideweg. *Wirtschaftsdienst* 81 (10), S. 589-594.
- Kopetsch 2006 **Kopetsch, Thomas (2006):** Gilt Romers's Law auch in Deutschland?, Eine empirische Untersuchung zur Überprüfung der These der Angebotsinduzierung im

- stationären Sektor des deutschen Gesundheitswesens. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 226 (6), S. 646-669.
- Koppe et al. 2012 **Koppe, Karl, Susanne Bethge & Axel C. Mühlbacher (2012):** Präferenzmessung im Krankenhaus - wissen, was den Patienten wirklich wichtig ist. *Gesundheitsökonomie & Qualitätsmanagement* 17 (3), S. 138-143.
- Kortevoß 2005 **Kortevoß, Axel (2005):** Krankenhausplanung unter Bedingung der German-Diagnosis Related Groups - Methodischer Beitrag zur Ausgestaltung ordnungspolitischer Handlungsoptionen der Bundesländer. Quelle: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/4826/1/Kortevoss_Axel.pdf, Veröffentlichungsdatum: 04.03.2005, Abrufdatum: 06.04.2018.
- Kumm 2018 **Kumm, Martin (2018):** Optimal constant multiplication using integer linear programming. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs* 65 (5), S. 567-571.
- Land Berlin 2015 **Senatsverwaltung für Gesundheit, Pflege und Gleichstellung des Landes Berlin (2015):** Krankenhausplan 2016 des Landes Berlin. Quelle: https://www.berlin.de/sen/gesundheit/assets/themen/stationaere-versorgung/krankenhausplan_2016.pdf, Veröffentlichungsdatum: 24.11.2015, Abrufdatum: 09.05.2016.
- Land NRW 2016 **Land NRW (2016):** NRW-Geobasisdaten sind ab 2017 kostenfrei online abrufbar. Quelle: <https://www.land.nrw/de/pressemitteilung/nrw-geobasisdaten-sind-ab-2017-kostenfrei-online-abrufbar>, Veröffentlichungsdatum: 07.10.2016, Abrufdatum: 04.07.2021.
- Laube und Rossé 2009 **Laube, Patrick & Francis Rossé (2009):** Anthropogeografie: Kulturen, Bevölkerung und Städte (3. Auflage). Zürich: Compendio Bildungsmedien.
- Leber und Scheller-Kreinsen 2012 **Leber, Wulf-Dietrich & David Scheller-Kreinsen (2012):** Von der Betten- zur Preissteuerung. *Gesundheits- und Sozialpolitik* 66 (4), S. 37-47.
- Leber und Scheller-Kreinsen 2015 **Leber, Wulf-Dietrich & David Scheller-Kreinsen (2015):** Marktaustritte sicherstellen - Zur Rolle rekursiver Simulationen bei der Strukturbereinigung im Krankenhaussektor. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem (Hrsg.), Krankenhaus-Report 2015 - Schwerpunkt: Strukturwandel. Stuttgart: Schattauer, S. 187-210.

- Leister und Stausberg 2007 **Leister, Jens & Jürgen Stausberg (2007):** Why do patients select a hospital? A conjoint analysis in two German hospitals. *Journal of Hospital Marketing & Public Relations* 17 (2), S. 13-31.
- Levine 2013 **Levine, Evan S. (2013):** Applying Analytics - a Practical Introduction. Boca Raton: CRC Press.
- Loos et al. 2016 **Loos, Stefan, Martin Albrecht, Guido Schiffhorst, Richard Ochmann & Meilin Möllenkamp (2016):** Faktencheck Krankenhausstruktur - Spezialisierung und Zentrenbildung. Quelle: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Faktencheck_Gesundheit/FC_Krankenhausstruktur_Studie_final.pdf, Veröffentlichungsdatum: 08.09.2016, Abrufdatum: 25.08.2019.
- Loos et al. 2019 **Loos, Stefan, Martin Albrecht & Karsten Zich (2019):** Zukunftsfähige Krankenhausversorgung - Simulation und Analyse einer Neustrukturierung der Krankenhausversorgung am Beispiel einer Versorgungsregion in Nordrhein-Westfalen. Quelle: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/VV_Bericht_KH-Landschaft_final.pdf, Veröffentlichungsdatum: 15.07.2019, Abrufdatum: 15.07.2019.
- Lovász 1975 **Lovász, Laszlo (1975):** On the ratio of optimal integral and fractional covers. *Discrete Mathematics* 13 (4), S. 383-390.
- LSNI 2019 **Landesamt für Statistik Niedersachsen (2019):** Bevölkerung nach Altersjahren (75) und Staatsangehörigkeit und Geschlecht (Kreis) zum 31.12.2015 (Tabelle A100001K). Quelle: <https://www1.nls.niedersachsen.de/Statistik/html/default.asp>, Veröffentlichungsdatum: 2019, Abrufdatum: 09.08.2019.
- Lüngen und Büscher 2011 **Lüngen, Markus & Guido Büscher (2011):** Wo in Deutschland sollten Krankenhäuser stehen? In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem (Hrsg.), Krankenhaus-Report 2011 - Schwerpunkt: Qualität durch Wettbewerb. Stuttgart: Schattauer, S. 197-208.
- Lüngen und Büscher 2012 **Lüngen, Markus & Guido Büscher (2012):** Auswirkungen einer Zentralisierung von Leistungen auf die Flächendeckung der Versorgung. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem (Hrsg.), Krankenhaus Report 2012 - Schwerpunkt: Regionalität. Stuttgart: Schattauer, S. 111-122.

- Lutz und Bussler 2015 **Lutz, Andreas & Christian Bussler (2015):** Die Businessplan-Mappe - 40 Beispiele aus der Praxis (4. Auflage). Wien: Linde.
- MAGS NRW 2021 **Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2021):** Krankenhausdatenbank Nordrhein-Westfalen. Quelle: <https://www.mags.nrw/krankenhausdatenbank>, Veröffentlichungsdatum: unbekannt, Abrufdatum: 24.04.2021.
- Mahar et al. 2011 **Mahar, Stephen, Kurt M. Bretthauer & Peter A. Salzarulo (2011):** Locating specialized service capacity in a multi-hospital network. *European Journal of Operational Research* 212 (3), S. 596-605.
- Malczewski und Ogryczak 1990 **Malczewski, Jacek & Włodzimierz Ogryczak (1990):** An interactive approach to the central facility location problem - locating paediatric hospitals in Warsaw. *Geographical Analysis* 22 (3), S. 244-258.
- Malzahn und Wehner 2013 **Malzahn, Jürgen & Christian Wehner (2013):** Von der Mengenorientierung zur qualitätsorientierten Kapazitätssteuerung. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem (Hrsg.), Krankenhaus-Report 2013 - Mengendynamik: mehr Menge, mehr Nutzen? Stuttgart: Schattauer, S. 223-241.
- Marburger Bund 2013 **Verband der angestellten und beamteten Ärztinnen und Ärzte Deutschlands e.V. (2013):** NRW will Kliniken nicht dem freien Spiel der Marktkräfte überlassen! Quelle: <https://www.marburger-bund.de/landesverbaende/nrw-rlp/artikel/allgemein/laenderpolitik/2013/nrw-will-kliniken-nicht-dem-freien-spiel-der-marktkraefte-ueberlassen>, Veröffentlichungsdatum: 26.07.2013, Abrufdatum: 11.03.2018.
- Marianov und Taborga 2001 **Marianov, Vladimir & Paulina Taborga (2001):** Optimal location of public health centres which provide free and paid services. *Journal of the Operational Research Society* 52 (4), S. 391-400.
- Marler und Arora 2004 **Marler, R. Timothy & Jasbir S. Arora (2004):** Survey of multi-objective optimization methods for engineering. *Structural and Multidisciplinary Optimization* 26 (6), S. 369-395.
- Marler und Arora 2010 **Marler, R. Timothy & Jasbir S. Arora (2010):** The weighted sum method for multi-objective optimization -

- new insights. *Structural and Multidisciplinary Optimization* 41 (6), S. 853-862.
- MASI ST 2014 **Ministerium für Arbeit, Soziales und Integration des Landes Sachsen-Anhalt (2014):** Beschluss der Landesregierung über den Krankenhausplan ab 2014 - Anlage 1. Quelle: <http://www.landesrecht.sachsen-anhalt.de/jportal/docs/anlage/vvst/pdf/VVST-212000-LReg-20140304-SF-A001.pdf;jsessionid=79D10422A2593743F66AD775A62CFA70.jp10>, Veröffentlichungsdatum: 03.04.2014, Abrufdatum: 31.07.2019.
- Mathar und Scheuring 2009 **Mathar, Hans-Joachim & Johannes Scheuring (2009):** Logistik für technische Kaufleute und HWD: Grundlagen mit Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten sowie Übungen. Zürich: Compendio Bildungsmedien.
- Mavrotas 2009 **Mavrotas, George (2009):** Effective implementation of the ϵ -constraint method in multi-objective mathematical programming problems. *Applied Mathematics and Computation* 213 (2), S. 455-465.
- Mehrez et al. 1996 **Mehrez, Abraham, Zilla Sinuany-Stern, Tal Arad-Geva & Shemuel Binyamin (1996):** On the implementation of quantitative facility location models - the case of a hospital in a rural region. *Journal of the Operational Research Society* 47 (5), S. 612-625.
- Mestre et al. 2012 **Mestre, Ana M., Mónica Oliveira Duarte & Ana P. Barbosa-Póvoa (2012):** Organizing hospitals into networks: a hierarchical and multiservice model to define location, supply and referrals in planned hospital systems. *OR Spectrum* 34 (2), S. 319-348.
- Mestre et al. 2015 **Mestre, Ana M., Mónica Oliveira Duarte & Ana P. Barbosa-Póvoa (2015):** Location-allocation approaches for hospital network planning under uncertainty. *European Journal of Operational Research* 240 (3), S. 791-806.
- MFJFG NRW 2002 **Ministerium für Frauen, Jugend, Familie und Gesundheit des Landes Nordrhein-Westfalen (2002):** Krankenhausplan 2001 des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: Ministerium für Frauen, Jugend, Familie und Gesundheit des Landes Nordrhein-Westfalen.
- MGEPA NRW 2012 **Ministerium für Gesundheit, Emanzipation, Pflege und Alter des Landes Nordrhein-Westfalen (2012):** Entwurf des Krankenhausplans NRW 2015 und schriftlicher Bericht des Ministeriums für Gesundheit, Emanzi-

- pation, Pflege und Alter zum Krankenhausplan (Landtagsvorlage 16/488). Quelle: <https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument?Id=MMV16/488>, Veröffentlichungsdatum: 30.12.2012, Abrufdatum: 29.08.2016.
- MGEPA NRW 2013a **Ministerium für Gesundheit, Emanzipation, Pflege und Alter des Landes Nordrhein-Westfalen (2013a):** Krankenhausdatenbank Nordrhein-Westfalen Quelle: <http://www.mgepa.nrw.de/krankenhausdb/index.php>, Veröffentlichungsdatum: unbekannt, Abrufdatum: 15.10.2013, *(Datenbestand in dieser Fassung nicht mehr online zugänglich)*.
- MGEPA NRW 2013b **Ministerium für Gesundheit, Emanzipation, Pflege und Alter des Landes Nordrhein-Westfalen (2013b):** Krankenhausplan NRW 2015. Quelle: <https://broschueren.nordrheinwestfalendirekt.de/herunterladen/der/datei/20130725-krankenhausplan-nrw-2015-pdf-1/von/krankenhausplan-nrw-2015/vom/mags/2732>, Veröffentlichungsdatum: 25.07.2013, Abrufdatum: 18.05.2016.
- MGEPA NRW 2014 **Ministerium für Gesundheit, Emanzipation, Pflege und Alter des Landes Nordrhein-Westfalen (2014):** Bericht des Ministeriums für Gesundheit, Emanzipation, Pflege und Alter zum Thema "Krankenhausrahmenplan NRW 2015 - Regionale Verteilung der stationären Angebote" für die Sitzung des Ausschusses für Arbeit, Gesundheit und Soziales am 19.03.2014 (Landtagsvorlage 16/1732). Quelle: <https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMV16-1732.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 13.03.2014, Abrufdatum: 29.08.2016.
- MiT 2010 **Mobilität in Tabellen (2010):** Durchschnittsgeschwindigkeit im motorisierten Individualverkehr nach Bundesland und Gemeindegröße Quelle: <http://www.htmldb-hosting.com/pls/htmldb/f?p=283:2:1007987742934436::N>, Veröffentlichungsdatum: Februar 2010, Abrufdatum: 09.06.2016, *(Datenbank nicht mehr online zugänglich)*.
- Mitropoulos et al. 2006 **Mitropoulos, Panagiotis, Ioannis Mitropoulos, Ioannis Giannikos & Aris Sissouras (2006):** A biobjective model for the locational planning of hospitals and health centers. *Health Care Management Science* 9 (2), S. 171-179.

- Mitropoulos et al. 2013 **Mitropoulos, Panagiotis, Ioannis Mitropoulos & Ioannis Giannikos (2013):** Combining DEA with location analysis for the effective consolidation of services in the health sector. *Computers & Operations Research* 40 (9), S. 2241-2250.
- Mohammadi et al. 2014 **Mohammadi, Mehrdad, Saleh Dehbari & Behnam Vahdani (2014):** Design of a bi-objective reliable healthcare network with finite capacity queue under service covering uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 72 (Dez 2014), S. 15-41.
- Möller 2010 **Möller, Gerhard (2010):** § 16D - Universitätskliniken. In: Stefan Huster & Markus Kaltenborn (Hrsg.), Krankenhausrecht. München: Beck, S. 556-570.
- Moore und ReVelle 1982 **Moore, George C. & Charles S. ReVelle (1982):** The hierarchical service location problem. *Management Science* 28 (7), S. 775-780.
- Mortenson et al. 2015 **Mortenson, Michael J., Neil F. Doherty & Stewart Robinson (2015):** Operational research from taylorism to terabytes - a research agenda for the analytics age. *European Journal of Operational Research* 241 (3), S. 583-595.
- Moscelli et al. 2016 **Moscelli, Giuseppe, Luigi Siciliani, Nils Gutacker & Hugh Gravelle (2016):** Location, quality and choice of hospital: evidence from England 2002-2013. *Regional Science and Urban Economics* 60 (Sep 2016), S. 112-124.
- Mousazadeh et al. 2016 **Mousazadeh, Mohammad, S. Ali Torabi & Mir S. Pishvae (2016):** Health service network design under epistemic uncertainty. In: Cengiz Kahraman, Uzay Kaymak & Adnan Yazici (Hrsg.), Fuzzy Logic in its 50th Year. Cham: Springer International Publishing, S. 257-281.
- MSAGD RP 2010 **Ministerium für Soziales, Arbeit, Gesundheit und Demografie des Landes Rheinland-Pfalz (2010):** Landeskrankenhausplan 2010. Quelle: http://msagd.rlp.de/fileadmin/msagd/Gesundheit_und_Pflege/GP_Dokumente/Landeskrankenhausplan_2010-2016.pdf, Veröffentlichungsdatum: Dezember 2010, Abrufdatum: 17.05.2016.
- MSGIV BB 2021a **Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (2021a):** Neuer Krankenhausplan des Landes Brandenburg im Amtsblatt veröffentlicht. Quelle:

- <https://msgiv.brandenburg.de/msgiv/de/presse/pressemitteilungen/detail/~23-07-2021-vierter-krankenhausplan#>, Veröffentlichungsdatum: 23.07.2021, Abrufdatum: 16.10.2021.
- MSGIV BB 2021b **Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (2021b):** Vierter Krankenhausplan des Landes Brandenburg. Quelle: https://bravors.brandenburg.de/br2/sixcms/media.php/76/Amtsblatt%2028S_21.pdf, Veröffentlichungsdatum: 22.06.2021, Abrufdatum: 16.10.2021.
- Müller und Schiefer 2015 **Müller, Heiko & Simon Schiefer (2015):** Leistungsreport der hessischen Plankrankenhäuser 1990-2013. Vorabexemplar (unveröffentlicht). Wiesbaden: HessenAgentur.
- Muth 2006 **Muth, James E. de (2006):** Basic Statistics and Pharmaceutical Statistical Applications (2. Auflage). Boca Raton: CRC Press.
- Naboureh und Safari 2016 **Naboureh, Khadijeh & Ebrahim Safari (2016):** A stochastic location-allocation model for specialized services in a multihospital system. *Advances in Operations Research* 2016 (4), S. 1-16.
- Neef 2008 **Neef, Andreas (2008):** Kartellrecht. Heidelberg: Müller.
- Neubauer und Minartz 2009 **Neubauer, Günter & Christof Minartz (2009):** Zentrierte Versorgung - Ziele und Optionen. In: Jürgen Klauber, Bernt-Peter Robra & Henner Schellschmidt (Hrsg.), Krankenhaus-Report 2008/2009 - Schwerpunkt: Versorgungszentren. Stuttgart: Schatthauer, S. 3-16.
- Neumann et al. 2013 **Neumann, Karsten, Patrick Gierling, Björn Peters & Jean Dietzel (2013):** Konsequenzen aus der Qualitätsmessung im Krankenhaus - Vorschläge auf Basis internationaler Beispiele (Studie für den Verband der Ersatzkassen). Quelle: https://www.vdek.com/presse/publikationen/jcr_content/par/download_7/file.res/iges_qualitaetsmessung_im_krankenhaus.pdf, Veröffentlichungsdatum: 11.11.2013, Abrufdatum: 30.01.2014.
- Ngatchou et al. 2005 **Ngatchou, Patrick N., Anahita Zarei & Mohamed A. El-Sharkawi (2005):** Pareto multi objective optimization. *13th International Conference on Intelligent Systems Application to Power Systems*, 6. - 10.11.2005, Arlington, USA. Quelle: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1599245>, Veröffentlichungsdatum: 27.02.2006, Abrufdatum: 07.08.2019.

- Nickel et al. 2011 **Nickel, Stefan, Oliver Stein & Karl-Heinz Waldmann (2011):** Operations Research. Berlin: Springer.
- NMSGG 2015 **Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Gesundheit und Gleichstellung (2015):** Niedersächsischer Krankenhausplan 2015. Quelle: https://www.ms.niedersachsen.de/startseite/gesundheit_pfleger_gesundheit/krankenhauser/krankenhausplanung/krankenhausplanung-14156.html, Veröffentlichungsdatum: 01.01.2015, Abrufdatum: 12.05.2016.
- Nordmann 2016 **Nordmann, Walter (2016):** OSM Boundaries Map 4.4.6. Quelle: <https://wambachers-osm.website/boundaries/>, Veröffentlichungsdatum: unbekannt, Abrufdatum: 01.09.2016.
- OECD 2020 **OECD (2020):** Curative (acute) beds per 1,000 population. Quelle: http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HEALTH_REAC#, Veröffentlichungsdatum: 30.05.2020, Abrufdatum: 30.05.2020.
- Owen und Daskin 1998 **Owen, Susan H. & Mark S. Daskin (1998):** Strategic facility location - a review. *European Journal of Operational Research* 111 (3), S. 423-447.
- PD et al. 2019 **Partnerschaft Deutschland, Lohfert & Lohert, TU Berlin (2019):** Gutachten Krankenhauslandschaft Nordrhein-Westfalen. Quelle: https://broschuerenservice.mags.nrw/files/download/pdf/gutachten-krankenhauslandschaft-nrw-komprimiert-pdf_von_gutachten-krankenhauslandschaft-nordrhein-westfalen_vom_mags_3137.pdf, Veröffentlichungsdatum: 13.09.2019, Abrufdatum: 21.04.2021.
- Pehlivan et al. 2014 **Pehlivan, Canan, Vincent Augusto & Xialoan Xie (2014):** Dynamic capacity planning and location of hierarchical service networks under service level constraints. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* 11 (3), S. 863-880.
- Pilny und Mennicken 2014 **Pilny, Adam & Roman Mennicken (2014):** Does hospital reputation influence the choice of hospital? *Ruhr Economic Papers* 516 (Nov 2014), S. 1-52.
- Pindyck und Rubinfeld 2018 **Pindyck, Robert S. & Daniel L. Rubinfeld (2018):** Mikroökonomie (9. Auflage). Halbergmoos: Pearson Education.
- Plastria 2002 **Plastria, Frank (2002):** Continuous covering location problems. In: Zvi Drezner & Horst W. Hamacher (Hrsg.),

- Facility Location - Applications and Theory. Berlin: Springer, S. 37-80.
- Prütting 2009 **Prütting, Dorothea (2009):** Krankenhausgestaltungsgesetz Nordrhein-Westfalen - Kommentar. Stuttgart: Kohlhammer.
- Quaas et al. 2014 **Quaas, Michael, Rüdiger Zuck & Thomas Clemens (2014):** Medizinrecht - Öffentliches Medizinrecht, Pflegeversicherungsrecht, Arzthaftpflichtrecht, Arztstrafrecht (3. Auflage). München: Beck.
- Rahman und Smith 2000 **Rahman, Shams-ur & David K. Smith (2000):** Use of location-allocation models in health service development planning in developing nations. *European Journal of Operational Research* 123 (3), S. 437-452.
- Rehborn 2011 **Rehborn, Martin (2011):** Unterschiedliche Trägerschaften und Rechtsformen der Krankenhäuser. In: Stephan Weth & Hans-Martin Bregger (Hrsg.), *Arbeitsrecht im Krankenhaus* (2. Auflage). Köln: Schmidt, S. 10-30.
- Rehborn und Thomae 2011 **Rehborn, Martin & Heike Thomae (2011):** § 30 Krankenhausplanung, Krankenhausfinanzierung, Versorgungsverträge. In: Rudolf Ratzel & Bernd Luxenburger (Hrsg.), *Handbuch Medizinrecht*. Bonn: Deutscher Anwaltverlag, S. 1329-1417.
- Reifferscheid et al. 2015 **Reifferscheid, Antonius, Dominik Thomas, Natalie Pomorin & Jürgen Wasem (2015):** Strukturwandel in der stationären Versorgung. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem (Hrsg.), *Krankenhaus-Report 2015 - Schwerpunkt: Strukturwandel*. Stuttgart: Schattauer, S. 3-12.
- ReVelle 1997 **ReVelle, Charles S. (1997):** A perspective on location science. *Location Science* 5 (1), S. 3-13.
- ReVelle und Eiselt 2005 **ReVelle, Charles S. & Horst A. Eiselt (2005):** Location analysis - a synthesis and survey. *European Journal of Operational Research* 165 (1), S. 1-19.
- ReVelle und Marianov 2013 **ReVelle, Charles & Vladimir Marianov (2013):** Location Analysis. In: Saul I. Gass & Michael C. Fu (Hrsg.), *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. Boston: Springer, S. 892-899.
- Rinsche und Schmid 2015 **Rinsche, Florian & Andreas Schmid (2015):** Der Strukturwandel im Krankenhausmarkt am Beispiel Bayerns: Unterschiede im Querschnitt und Entwicklungen

- im Zeitverlauf. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich & Jürgen Wasem (Hrsg.), Krankenhaus-Report 2015 - Schwerpunkt: Strukturwandel. Stuttgart: Schattauer, S. 41-60.
- Robra et al. 2003 **Robra, Bernt-Peter, Uwe Deh, Enno Swart, Stefan Felder & Ralf Dralle (2003):** Krankenhausplanung auf Grundlage von DRG. In: Jürgen Klauber, Bernt-Peter Robra & Henner Schellschmidt (Hrsg.), Krankenhaus-Report 2003 - Schwerpunkt: G-DRGs im Jahre 1. Stuttgart: Schattauer, S. 137-147.
- Rosing 1992 **Rosing, Kenneth E. (1992):** An optimal method for solving the (generalized) multi-Weber problem. *European Journal of Operational Research* 58 (3), S. 414-426.
- Rubin 2011 **Rubin, Paul (2011):** Perils of "big M". Quelle: <https://orinanobworld.blogspot.com/2011/07/perils-of-big-m.html>, Veröffentlichungsdatum: 11.17.2011, Abrufdatum: 07.08.2019.
- Rürup 1982 **Rürup, Bert (1982):** Die Nutzwertanalyse. *Wirtschaftswissenschaftliches Studium* 11 (3), S. 109-113.
- Ruth 1981 **Ruth, R. Jean (1981):** A mixed integer programming model for regional planning of a hospital inpatient service. *Management Science* 27 (5), S. 521-533.
- RWI 2016 **Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (2016):** Bilanzergebnisse der NRW Krankenhäuser nach Krankentyp und Krankenhausgröße (unveröffentlicht).
- Sadat et al. 2015 **Sadat, Somayeh, Hossein Abouee-Mehrzi & Michael W. Carter (2015):** Can hospitals compete on quality? Hospital competition. *Health Care Management Science* 18 (3), S. 376-388.
- Sanitbáñez et al. 2009 **Santibáñez, Pablo, Georgia Bekiou & Kenneth Yip (2009):** Fraser Health uses mathematical programming to plan its inpatient hospital network. *Interfaces* 39 (3), S. 196-208.
- Schawel und Billing 2018 **Schawel, Christian & Fabian Billing (2018):** Top 100 Management Tools. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Schenk et al. 2014 **Schenk, Michael, Siegfried Wirth & Egon Müller (2014):** Fabrikplanung und Fabrikbetrieb - Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik. Berlin: Springer.

- Schneider 2013 **Schneider, Anne (2013):** Krankenhausplan für NRW: Umbau des Kliniksystems (WDR 2 Sendemitschrift vom 17.04.2013). Quelle: <http://www.wdr2.de/aktuell/krankenhaeuser106.html>, Veröffentlichungsdatum: 18.04.2013, Abrufdatum: 10.01.2014.
- Scholz 2018 **Scholz, Daniel (2018):** Optimierung interaktiv. Berlin: Springer.
- Schönsleben 2016 **Schönsleben, Paul (2016):** Integral Logistics Management - Operations and Supply Chain Management within and across companies (5. Auflage). Boca Raton: CRC Press.
- Schwartz et al. 2005 **Schwartz, Lisa M., Steven Woloshin & John D. Birkmeyer (2005):** How do elderly patients decide where to go for major surgery? Telephone interview survey. *British Medical Journal* 331 (7520), S. 821-828.
- Schweikhart und Smith-Daniels 1993 **Schweikhart, Sharon B. & Vicki L. Smith-Daniels (1993):** Location and service mix decisions for a managed health care network. *Socio-Economic Planning Sciences* 27 (4), S. 289-302.
- Segall 2000 **Segall, R. S. (2000):** Some quantitative methods for determining capacities and locations of military emergency medical facilities. *Applied Mathematical Modelling* 24 (5-6), S. 365-389.
- SGPG BE 2021 **Senatsverwaltung für Gesundheit, Pflege und Gleichstellung des Landes Berlin (2021):** Senat beschließt Krankenhausplan 2020. Quelle: <https://www.berlin.de/rbmskzl/aktuelles/pressemitteilungen/2021/pressemitteilung.1125896.php>, Veröffentlichungsdatum: 14.09.2021, Abrufdatum: 16.10.2021.
- Shain und Roemer 1959 **Shain, Max & Milton I. Roemer (1959):** Hospital costs relate to the supply of beds. *Modern Hospital* 92 (4), S. 71-73.
- Shishebori und Babadi 2015 **Shishebori, Davood & Abolghasem Y. Babadi (2015):** Robust and reliable medical services network design under uncertain environment and system disruptions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 77 (Mai 2015), S. 268-288.
- Sinuany-Stern et al. 1995 **Sinuany-Stern, Zilla, Abraham Mehrez, Tal Arad-Geva, Shemuel Binyamin (1995):** The location of a hospital in a rural region - The case of the Negev. *Location Science* 3 (4), S. 255-266.

- Smith et al. 2009a **Smith, Honora K., Gilbert Laporte & Paul R. Harper (2009a):** Locational analysis: highlights of growth to maturity. *Journal of the Operational Research Society* 60 (1), S. S140-S148.
- Smith et al. 2009b **Smith, Honora K., Paul R. Harper, Chris N. Potts & Ann Thyle (2009b):** Planning sustainable community health schemes in rural areas of developing countries. *European Journal of Operational Research* 193 (3), S. 768-777.
- Smith et al. 2018 **Smith, Honora, Christine Currie, Pornpimol Chaiwuttisak & Andreas Kyprianou (2018):** Patient choice modelling: how do patients choose their hospitals? *Health Care Management Science* 21 (2), S. 259-268.
- Sodan 2012 **Sodan, Helge (2012):** Der Versorgungsauftrag des Plankrankenhauses. *GesundheitsRecht* 11 (11), S. 641-646.
- Starmans et al. 1997 **Starmans, Bert, Reiner Leidl & Grant Rhodes (1997):** A comparative study on cross-border hospital care in the Euregio Meuse-Rhine. *The European Journal of Public Health* 7 (suppl 3), S. 33-41.
- Statistische Ämter 2016 **Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2016):** Verzeichnis der Krankenhäuser und Vorsorge- oder Rehabilitationseinrichtungen in Deutschland - Stand 31.12.2014. Wiesbaden: Statistische Ämter des Bundes und der Länder.
- Steglich et al. 2016 **Steglich, Mike, Dieter Feige & Peter Klaus (2016):** Logistik-Entscheidungen - Modellbasierte Entscheidungsunterstützung in der Logistik mit LogisticsLab (2. Auflage). Berlin: De Gruyter Oldenbourg.
- Steller und Schwenzler 2016 **Steller, Joachim & Thomas Schwenzler (2016):** Im Wirtschaftlichkeits- Labyrinth verfangen? DRGs und ihre Folgen. In: Ulrich Deicher, Wolfgang Höppner & Joachim Steller (Hrsg.), Traumjob oder Albtraum - Chefarzt m/w. Berlin: Springer, S. 145-174.
- Stibbe 2009 **Stibbe, Rosemarie (2009):** Kostenmanagement - Methoden und Instrumente (3. Auflage). Berlin: Oldenbourg.
- STMGP 2019 **Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege (2019):** Stellungnahme zum Vorbericht des IQTIG "Planungsrelevante Qualitätsindikatoren. Weiterentwicklung zur Eignungsprüfung weiterer Indikatoren, Her-

- stellung eines Fachabteilungsbezugs und zur Entwicklung von Maßstäben und Kriterien zur Bewertung." (Stand 16.08.2019) In: Institut für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (Hrsg.), Planungsrelevante Qualitätsindikatoren - Stellungnahmen zum Vorbericht. Quelle: https://iqtig.org/dateien/berichte/2019/IQTIG_PlanQI-Weiterentwicklung_Stellungnahmen-zum-Vorbericht_2019-09-30.pdf, Veröffentlichungsdatum: 30.09.2019, Abrufdatum: 19.04.2020.
- Stollmann 2014 **Stollmann (2014):** Gesetz zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze - KHG. In: Dorothea Prütting (Hrsg.), Fachanwaltskommentar Medizinrecht (3. Auflage). Köln: Luchterhand, S. 1469-1536.
- Stollmann und Hermanns 2006 **Stollmann, Frank & Caspar D. Hermanns (2006):** Die jüngere Rechtsprechung zum Krankenhausrecht. Quelle: <http://www.hermanns-rechtsanwaelte.de/PDF/Berichte/KrankenhausrechtRechtsprechung%20-%20DVBl2007,475.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 2006, Abrufdatum: 01.08.2019.
- Stummer et al. 2004 **Stummer, Christian, Karl Doerner, Axel Focke & Kurt Heidenberger (2004):** Determining location and size of medical departments in a hospital network - a multiobjective decision support approach. *Health Care Management Science* 7 (1), S. 63-71.
- SVR Gesundheit 2012 **Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen (2012):** Sondergutachten 2012 - Wettbewerb an der Schnittstelle zwischen ambulanter und stationärer Gesundheitsversorgung (Kurzfassung). Quelle: http://www.svr-gesundheit.de/fileadmin/user_upload/Gutachten/2012/GA2012_Kurzfassung.pdf, Veröffentlichungsdatum: 20.06.2012, Abrufdatum: 05.01.2018.
- Syam und Côté 2010 **Syam, Siddhartha S. & Murray J. Côté (2010):** A location-allocation model for service providers with application to not-for-profit health care organizations. *Omega* 38 (3-4), S. 157-166.
- Syam und Côté 2012 **Syam, Siddhartha S. & Murray J. Côté (2012):** A comprehensive location-allocation method for specialized healthcare services. *Operations Research for Health Care* 1 (4), S. 73-83.

- Tchouaket et al. 2012 **Tchouaket, Eric N., Paul A. Lamarche, Lise Goulet & André P. Contandriopoulos (2012):** Health care system performance of 27 OECD countries. *The International Journal of Health Planning and Management* 27 (2), S. 104-129.
- Temme 2009 **Temme, Jarg (2009):** Discrete-Choice-Modelle. In: Sönke Albers, Daniel Klapper, Udo Konradt, Achim Walter & Joachim Wolf (Hrsg.), *Methodik der empirischen Forschung*. Wiesbaden: Gabler, S. 299-314.
- Thielscher 2012 **Thielscher, Christian (2012):** Medizinökonomie - Band 1: Das System der medizinischen Versorgung. Wiesbaden: Gabler.
- Thomas et al. 2015 **Thomas, Dominik, Andreas Reifferscheid, Natalie Pomorin, Axel Focke & Sonja Schillo (2015):** Krankenhausversorgung. In: Jürgen Wasem, Susanne Staudt & David Matusiewicz (Hrsg.), *Medizinmanagement: Grundlagen und Praxis*. Berlin: MWV, S. 223-266.
- Tien et al. 1983 **Tien, James M., Khalaf El-Tell & Gene R. Simons (1983):** Improved formulations to the hierarchical health facility location-allocation problem. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* SMC-13 (6), S. 1128-1132.
- UK RUB 2017 **Universitätsklinikum der Ruhr-Universität Bochum (2017):** Unsere Standorte. Quelle: <http://www.uk.rub.de/standorte/index.html.de>, Veröffentlichungsdatum: 01.12.2017, Abrufdatum: 06.11.2018.
- UNO 1948 **United Nations Organisation (1948):** Universal Declaration of Human Rights. Quelle: <http://www.un.org/en/universal-declaration-human-rights/index.html>, Veröffentlichungsdatum: 10.12.1948, Abrufdatum: 05.01.2018.
- UWH 2014 **Universität Witten/Herdecke (2014):** Kliniken der Universität Witten/Herdecke. Quelle: <http://www.uni-wh.de/gesundheit/fakultaet/kooperationen/kooperierende-kliniken/kliniken-der-universitaet-wittenherdecke/>, Veröffentlichungsdatum: 24.04.2014, Abrufdatum: 01.07.2016.
- Vahrenkamp und Mattfeld 2007 **Vahrenkamp, Richard & Dirk C. Mattfeld (2007):** Logistiknetzwerke - Modelle für Standortwahl und Tourenplanung. Wiesbaden: Gabler.

- Verter und Lapierre 2002 **Verter, Vedat & Sophie D. Lapierre (2002):** Location of preventive health care facilities. *Annals of Operations Research* 110 (1), S. 123-132.
- Vidyarthi und Kuzgunkaya 2015 **Vidyarthi, Navneet & Onur Kuzgunkaya (2015):** The impact of directed choice on the design of preventive healthcare facility network under congestion. *Health Care Management Science* 18 (4), S. 459-474.
- WD Dt. BT 2014 **Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag (2014):** Krankenhäuser in privater Trägerschaft – Rechtsgrundlagen, verfassungsrechtliche Vorgaben und Finanzierung (Ausarbeitung WD 9 - 3000 - 095/13).
Quelle: <https://www.bundestag.de/blob/410456/4e05aed207135be735046e76f13a107b/wd-9-095-13-pdf-data.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 04.02.2014, Abrufdatum: 06.03.2018.
- WD Dt. BT 2015 **Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag (2015):** Grundgesetzlicher Anspruch auf gesundheitliche Versorgung (Ausarbeitung WD 3 - 3000 - 089/15). Quelle: <https://www.bundestag.de/blob/405508/4dd5bf6452b5b3b824d8de6efdad39dd/wd-3-089-15-pdf-data.pdf>, Veröffentlichungsdatum: 21.04.2105, Abrufdatum: 06.03.2018.
- Wiegand 2005 **Wiegand, Jürgen (2005):** Handbuch Planungserfolg - Methoden, Zusammenarbeit und Management als integraler Prozess. Zürich: vdf.
- Wildmann 2007 **Wildmann, Lothar (2007):** Module der Volkswirtschaftslehre. München: Oldenbourg.
- Xiang et al. 2018 **Xiang, Mengyuan, Roberto Rossi, Belen Martin-Barragan & S. Armagan Tarim (2018):** Computing non-stationary (s, S) policies using mixed integer linear programming. *European Journal of Operational Research* 271 (2), S. 490-500.
- Zarrinpoor et al. 2018 **Zarrinpoor, Naeme, Mohammad S. Fallahnezhad & Mir S. Pishvaei (2018):** The design of a reliable and robust hierarchical health service network using an accelerated Benders decomposition algorithm. *European Journal of Operational Research* 265 (3), S. 1013-1032.
- Zhang et al. 2009 **Zhang, Yue, Oded Berman & Vedat Verter (2009):** Incorporating congestion in preventive healthcare facility network design. *European Journal of Operational Research* 198 (3), S. 922-935.

Zwicky 1966

Zwicky, Fritz (1966): Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild. München: Droemer Knaur.

RECHTSQUELLENVERZEICHNIS

(EG) Nr. 1370/2007

Verordnung (EG) Nr. 1379/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über öffentliche Personenverkehrsdienste auf Schiene und Straße und zur Aufhebung der Verordnungen (EWG) Nr. 1191/69 und (EWG) Nr. 1107/70 des Rates.

AG-KHG

Gesetz zur Ausführung des Krankenhausfinanzierungsgesetzes (AG-KHG) Vom 12. Dezember 1986 letzte berücksichtigte Änderung: § 4 geändert (Ges. v. 12.12.2018, GVOBl. 2019 S. 2).

BayKrG

Bayerisches Krankenhausgesetz (BayKrG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. März 2007 (GVBl. S. 288, BayRS 2126-8-G), das zuletzt durch § 1 Abs. 149 der Verordnung vom 26. März 2019 (GVBl. S. 98) geändert worden ist.

BbgKHEG

Gesetz zur Entwicklung der Krankenhäuser im Land Brandenburg (Brandenburgisches Krankenhausentwicklungsgesetz - BbgKHEG) vom 8. Juli 2009 (GVBl.I/09, [Nr. 13], S.310), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 30. April 2019 (GVBl.I/19, [Nr. 13]).

BremKrhG

Bremisches Krankenhausgesetz (BremKrhG) vom 12. April 2011 (Brem.GBl. S. 252), zuletzt geändert durch Nummer 2.1 in Verbindung mit Anlage 1 und Nummer 2.4 in Verbindung mit Anlage 4 der Bekanntmachung vom 2. August 2016 (Brem.GBl. S. 434, 474).

GG

Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2438) geändert worden ist.

GWB

Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. Juni 2013 (BGBl. I S. 1750, 3245), das zuletzt durch Artikel 10 Absatz 9 des Gesetzes vom 30. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3618) geändert worden ist.

- HKHG 2011** Zweites Gesetz zur Weiterentwicklung des Krankenhauswesens in Hessen (Hessisches Krankenhausgesetz 2011 - HKHG 2011) vom 21. Dezember 2010 (GVBl. I S. 587), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 13. September 2018 (GVBl. S. 599).
- HmbKHG** Hamburgisches Krankenhausgesetz (HmbKHG) vom 17. April 1991 (HmbGVBl. S. 127) BS Hbg 2126-1, zuletzt geändert durch Art. 8 des Gesetzes vom 17. Dezember 2018 (HmbGVBl. 2019 S. 5, 8).
- KHEntgG** Krankenhausentgeltgesetz vom 23. April 2002 (BGBl. I S. 1412, 1422), das zuletzt durch Artikel 14a des Gesetzes vom 6. Mai 2019 (BGBl. I S. 646) geändert worden ist.
- KHG** Krankenhausfinanzierungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. April 1991 (BGBl. I S. 886), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 10. Dezember 2015 (BGBl. I S. 2229) geändert worden ist.
- KHG LSA** Krankenhausgesetz Sachsen-Anhalt (KHG LSA) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. April 2005, letzte berücksichtigte Änderung: mehrfach geändert, §§ 1, 16 bis 18 und 20 neu eingefügt, §§ 3, 14e und 15 neu gefasst durch Artikel 1 des Gesetzes vom 6. Mai 2019 (GVBl. LSA S. 76).
- KHGG NRW** Krankenhausgestaltungsgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen (KHGG NRW) vom 11. Dezember 2007 (GV. NRW. S. 702, 2008 S. 157) zuletzt geändert durch Artikel 14 des Gesetzes vom 22. März 2018 (GV. NRW. S. 172).
- KHKG** Gesetz zur Änderung des Gesetzes zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze (Krankenhaus-Kostendämpfungsgesetz) vom 22. Dezember 1981, Bundesgesetzblatt Jahrgang 1981, Teil I Nr. 59, ausgegeben zu Bonn am 30. Dezember 1981, S. 1568 – 1577.
- KHSG** Gesetz zur Reform der Strukturen der Krankenhausversorgung (Krankenhausstrukturgesetz - KHSG) vom 10. Dezember 2015, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2015, Teil I Nr. 51, ausgegeben zu Bonn am 17. Dezember 2015, S. 2229 - 2253.
- LKG RLP** Landeskrankenhausgesetz (LKG) vom 28. November 1986 (GVBl. S. 342, BS 2126-3), zuletzt geändert durch Artikel 11 des Gesetzes vom 19. Dezember 2018 (GVBl. S. 448).

- LKG BE** Landeskrankenhausgesetz (LKG) vom 18. September 2011, letzte berücksichtigte Änderung: zuletzt geändert durch Artikel 15 des Gesetzes vom 02.02.2018 (GVBl. S. 160).
- LKHG** Landeskrankenhausgesetz Baden-Württemberg (LKHG) in der Fassung vom 29. November 2007, letzte berücksichtigte Änderung: mehrfach geändert durch Gesetz vom 24. Juli 2018 (GBl. S. 277).
- LKHG M-V** Krankenhausgesetz für das Land Mecklenburg-Vorpommern (Landeskrankenhausgesetz - LKHG M-V) vom 20. Mai 2011 (GVOBl. M-V S. 327), zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes vom 16. Mai 2018 (GVOBl. M-V S. 183).
- NKHG** Niedersächsisches Krankenhausgesetz (NKHG) vom 19. Januar 2012, letzte berücksichtigte Änderung: § 16 geändert durch Artikel 3 § 16 des Gesetzes vom 20.05.2019 (Nds. GVBl. S. 88)1).
- PpUGV 2018** Verordnung zur Festlegung von Pflegepersonaluntergrenzen in pflegesensitiven Bereichen in Krankenhäusern (Pflegepersonaluntergrenzen-Verordnung - PpUGV) vom 5. Oktober 2018, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 34, ausgegeben zu Bonn am 10. Oktober 2018, S. 1632-1645.
- PpUGV 2019** Verordnung zur Festlegung von Pflegepersonaluntergrenzen in pflegesensitiven Bereichen in Krankenhäusern (Pflegepersonaluntergrenzen-Verordnung - PpUGV) vom 28. Oktober 2019, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2019 Teil I Nr. 37, ausgegeben zu Bonn am 31. Oktober 2019, S. 1492-1507.
- PpUGV 2020** Verordnung zur Festlegung von Pflegepersonaluntergrenzen in pflegesensitiven Bereichen in Krankenhäusern (Pflegepersonaluntergrenzen-Verordnung - PpUGV) vom 9. November 2020, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 51, ausgegeben zu Bonn am 13. November 2002, S. 2357-2385.
- Richtlinie 2011/24/EU** Richtlinie 2011/24/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 über die Ausübung der Patientenrechte in der grenzüberschreitenden Gesundheitsversorgung.
- SächsKHG** Gesetz zur Neuordnung des Krankenhauswesens (Sächsisches Krankenhausgesetz - SächsKHG) vom 19. August 1993 (SächsGVBl. S. 675), zuletzt geändert durch

Artikel 18 des Gesetzes vom 26. April 2018 (SächsGVBl. S. 198).

SGB V

Das Fünfte Buch Sozialgesetzbuch – Gesetzliche Krankenversicherung – (Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Dezember 1988, BGBl. I S. 2477, 2482), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 12 des Gesetzes vom 17. Februar 2016 (BGBl. I S. 203) geändert worden ist.

SKHG SL

Saarländisches Krankenhausgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 6. November 2015 (Amtsbl. I S. 857), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 22. August 2018 (Amtsbl. I S. 674).

ThürKHG

Thüringer Krankenhausgesetz (ThürKHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. April 2003, letzte berücksichtigte Änderung: §§ 27, 27a und 27b, geändert durch Artikel 31 des Gesetzes vom 6. Juni 2018 (GVBl. S. 229, 268)

