

Benutzerhandbuch

B&B

**Programmsystem zur
Berechnung und Bemessung
allgemeiner Tragwerke**

Universität-Gesamthochschule-Essen

Fachbereich Bauwesen

Fachgebiet Baumechanik-Statik

Prof. Dr.-Ing. Georg Thierauf

08/99

1 Das Programmsystem B&B

1.1 Ergänzende Informationen zu B&B

Außer dem vorliegenden Benutzerhandbuch sind folgende ergänzende Informationen erhältlich:

- Theoriehandbuch B&B
- Instationäre Temperaturberechnung – B&B_T

1.2 Allgemeine Programminformation

Das Programmsystem B&B (Berechnung und Bemessung) wurde an der Universität-Gesamthochschule-Essen entwickelt. Es arbeitet nach der Methode der Finiten Elemente und ermöglicht die Berechnung komplexer Strukturen aus dem Anlagen-, Stahl- und Maschinenbau sowie dem Bauwesen. Die Konstruktionen können mit linienhaften, flächenhaften und volumenhaften Elementen abgebildet werden. Beliebige Kombinationen der Elemente sind möglich. Zum Elementumfang des Programms gehören Federn, Stäbe, Balken, Scheiben, Platten, Schalen und Volumenelemente. Für die Berechnung wird die Verschiebungsmethode benutzt.

Zur Beschränkung des Eingabeaufwandes stehen für alle knoten- und elementbezogenen Größen umfangreiche Generierungsmöglichkeiten zur Verfügung, die im Verlauf der Datenaufbereitung automatisch in Einzeldaten umgewandelt werden.

Logische und formale Bedingungen und Zusammenhänge der Eingabedaten werden einer umfangreichen Fehlerprüfung unterzogen. Auftretende Fehler werden durch selbsterläuternde Fehlermeldungen beschrieben. Ursprung und Art der Fehlerbedingung werden angegeben und ermöglichen somit eine schnelle Korrektur der Eingabedaten.

Fehlerbedingungen, die nicht unbedingt zum Programmabbruch führen, werden als Warnungen gekennzeichnet.

Als Kontrollmöglichkeit können die aufbereiteten Strukturdaten (Knoten-, Element- und Lastdaten) in Listenform ausgegeben werden.

Die Ausgabe der Berechnungsergebnisse kann nach Art und Umfang gesteuert werden, so daß die Ausgabe von Verformungen, Schnittkräften und Spannungen auf bestimmte

Knoten- und Elementbereiche beschränkt werden kann.

Systemdaten und Berechnungsergebnisse lassen sich über ein Nachverarbeitungsprogramm in aufbereiteter Form graphisch darstellen.

Es können ebene oder räumliche Tragwerke, bestehend aus Stäben und Balkenelementen in beliebiger Lage berechnet werden.

Ebene Systeme werden vom Programm selbständig erkannt.

Der Balken enthält optional Querschubdeformationen, die Lage der Drillruheachse kann frei gewählt werden. Exzentrische Anschlüsse an den Knoten und beliebige Stabendgelenke (Momenten-, Querkraft- und Normalkraftgelenke) sind möglich. Ihre Lage und Wirkungsrichtung kann durch lokale Knotenkoordinatensysteme frei gewählt werden.

Als Belastung sind Kombinationen aus Knotenlasten, Knotenmomenten und beliebigen Elementlasten innerhalb eines Lastfalls zulässig. Die Lasten können hierbei auf frei wählbare Knotenkoordinatensysteme bezogen werden. Die Ergebnisse sind Verschiebungen und Verdrehungen der Knotenpunkte, alle Schnittgrößen und Normalspannungen, sowie die Auflagerkräfte. Die Berechnungsergebnisse werden auch für Zwischenknoten an beliebigen Stellen innerhalb des Stabelementes entlang der Schwerachse optional ausgegeben.

Die Berechnung von Scheibentragwerken (ebener Spannungszustand, ebener Verzerrungszustand), allgemeiner Platten- und Schalenstrukturen mit beliebigen Randbedingungen ist möglich. Als Belastungsgrößen können Knotenkräfte, Knotenmomente, Temperatur- und Flächenlasten in beliebiger Kombination innerhalb eines Lastfalls vorgegeben werden. Alle Lasten können bezüglich frei wählbaren Knotenkoordinatensysteme angegeben werden. Volumenkräfte aus Eigengewicht in frei wählbaren Richtungen werden vom Programm ermittelt und können mit in die Berechnung einbezogen werden. Die Ergebnisse sind Knotenverschiebungen und Knotenverdrehungen, alle Schnittgrößen und Normalspannungen, sowie die Auflagerkräfte. Die Berechnungsergebnisse werden für beliebige Punkte des Elementes ausgegeben.

Die Berechnung von volumenhaften Strukturen unter beliebigen Randbedingungen ist möglich. Die Belastungsgrößen können aus Knotenkräften und Knotenmomenten, aus Eigengewicht und Temperatur in beliebiger Kombination innerhalb eines Lastfalls bestehen. Die Ergebnisse sind Knotenverschiebungen und Spannungen an beliebigen Punkten des Elementes.

Unter gemischten Tragwerken werden Tragwerke verstanden, deren statische Modelle nicht durch einen Elementtyp beschrieben werden können. Für die Untersuchung solcher Systeme lassen sich in B&B Federn, Stäbe, Balken, Scheiben, Platten, Schalen und Volumenelemente in beliebiger Form kombinieren. Als Belastungsgrößen können hierbei entsprechend den verwendeten Elementtypen definierte Größen vorgegeben werden. Die Berechnungsergebnisse hängen ebenfalls in Art und Umfang von den jeweils verwendeten Elementtypen ab. Die an Knotenpunkten vorhandenen und definierten Verschiebungs- und Verdrehungsmöglichkeiten können in Übereinstimmung mit der Theorie vorgegeben

werden. Nicht vorgeschriebene Verschiebungs- und Verdrehungsmöglichkeiten, die im Widerspruch zu den definierten Größen der verwendeten Elementtypen stehen, werden vom Programm automatisch erkannt und unterdrückt.

2 Elemente und Koordinatensysteme

2.1 Elementkatalog mit Berechnungsmöglichkeiten

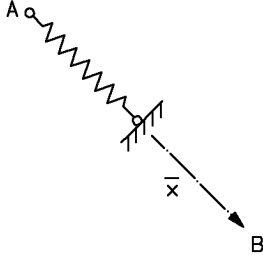
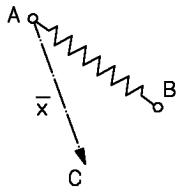
Auf den folgenden Seiten sind die einzelnen Elemente mit den zugehörigen Einsatz- und Belastungsmöglichkeiten angegeben. Ausführliche Ableitungen mit den relevanten Matrizen sind im Theoriehandbuch, Kapitel 4 zu finden.

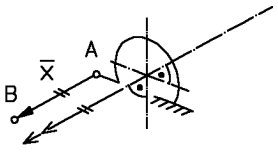
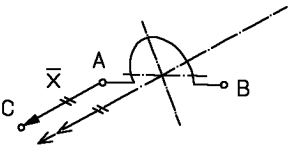
Tabelle 2.1 gibt eine Übersicht über die verfügbaren Elemente.

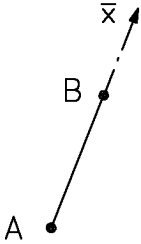
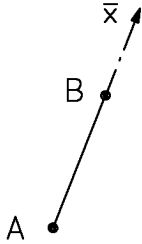
Typ	Element	Knoten
001	Senkfeder	A B
002	Senkfeder	A B C
011	Drehfeder	A B
012	Drehfeder	A B C
101	Fachwerkstab	A B
102	Seil	A B
111	Balken	A B C
112	Balken	A B C
201	Dreieck-Scheibe	A B C
202	Dreieck-Membrane	A B C
204	Rechteck-Scheibe	A B C D
205	Viereck-Scheibe	A B C D
211	Dreieck-Faltwerk	A B C
212	Dreieck-Faltwerk	A B C
214	Rechteck-Faltwerk	A B C D
215	Viereck-Faltwerk	A B C D
217	Viereck-Schalen	A B C D
221	Dreieck-Scheibe	A B C D E F
225	Viereck-Scheibe	A B C D E F G H
301	Tetraeder	A B C D
303	Pentaeder	A B C D E F
305	Hexaeder	A B C D E F G H
311	Tetraeder	A B C D E ... H
313	Pentaeder	A B C D E F G H I ... P
315	Hexaeder	A B C D E F G H I J ... T

Tabelle 2.1: Verfügbare Elemente

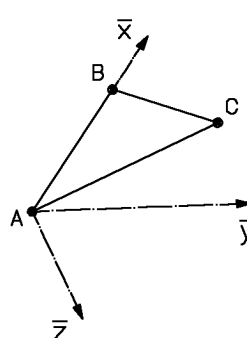
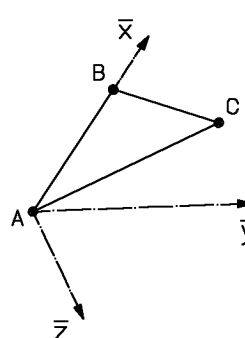
Auf den folgenden Seiten sind die Elemente einzeln beschrieben.

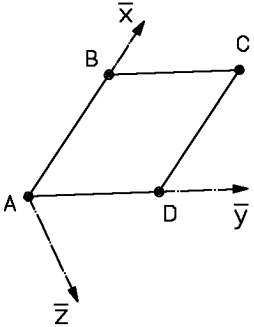
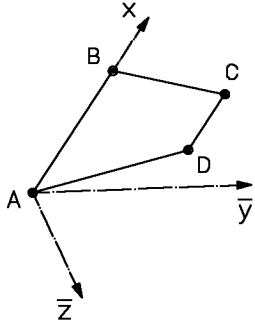
Elementbezeichnung		Federelement	Federelement
Elementtyp		001	002
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilitaet		
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung		
	physikalisch nichtlineare Berechnung	●	●
	elastische Bettung		
	Stahlbetonbemessung		
	Formoptimierung		
Belastung	Volumenlasten		
	Linienlasten		
	Flaechenlasten		
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur		
	Vorspannung		
	Traegheitskraefte	●	●
Bemerkungen			
● = uneingeschraenkt einsetzbar ● = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung			

Elementbezeichnung		Federelement	Federelement
Elementtyp		011	012
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilitaet		
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung		
	physikalisch nichtlineare Berechnung	●	●
	elastische Bettung		
	Stahlbetonbemessung		
	Formoptimierung		
Belastung	Volumenlasten		
	Linienlasten		
	Flaechenlasten		
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur		
	Vorspannung		
	Traegheitskraefte	●	●
Bemerkungen			
● = uneingeschraenkt einsetzbar ○ = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung			

Elementbezeichnung		Fachwerkelement	Seilelement
Elementtyp		101	102
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	◐
	lineare Stabilität	●	
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung	●	●
	physikalisch nichtlineare Berechnung	●	●
	elastische Bettung		
	Stahlbetonbemessung	●	
	Formoptimierung		
Belastung	Volumenlasten	●	●
	Linienlasten		
	Flächenlasten		
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur	●	●
	Vorspannung	●	●
	Traegheitskraefte	●	●
Bemerkungen			Materialgesetz mit Datensatz 18 eingeben.
● = uneingeschraenkt einsetzbar ◐ = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung			

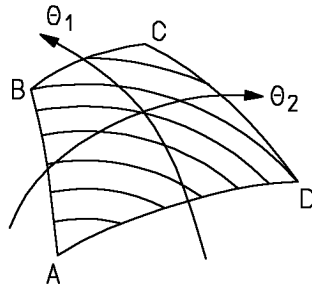
Elementbezeichnung		Balkenelement	Balkenelement
Elementtyp		111	112
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilitaet	●	●
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung	●	●
	physikalisch nichtlineare Berechnung		
	elastische Bettung	●	●
	Stahlbetonbemessung	●	○
	Formoptimierung		
Belastung	Volumenlasten	●	●
	Linienlasten	●	●
	Flaechenlasten		
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur	●	●
	Vorspannung	●	●
	Traegheitskraefte	●	●
Bemerkungen		mit Schubdeformationen	veraenderungliche Steifigkeiten
		● = uneingeschraenkt einsetzbar	● = Anwendung durch Theorie beschraenkt
			○ = in Vorbereitung

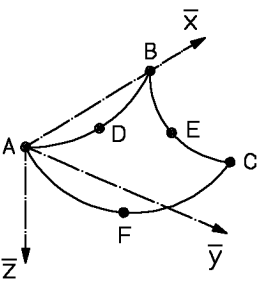
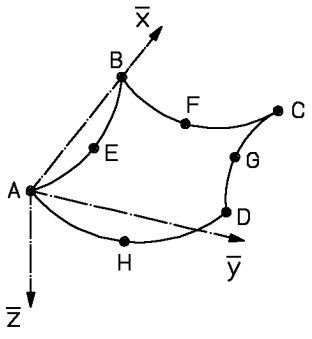
Elementbezeichnung		Scheibenelement	Membranelement
Elementtyp		201	202
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilitaet		
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung	●	●
	physikalisch nichtlineare Berechnung	○	○
	elastische Bettung		
	Stahlbetonbemessung	●	
	Formoptimierung		
Belastung	Volumenlasten	●	●
	Linienlasten	○	○
	Flaechenlasten	●	●
	nichtkonservative Lasten		●
	Temperatur	●	●
	Vorspannung	●	●
	Traagheitskraefte	●	●
Bemerkungen			
		● = uneingeschraenkt einsetzbar	● = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung

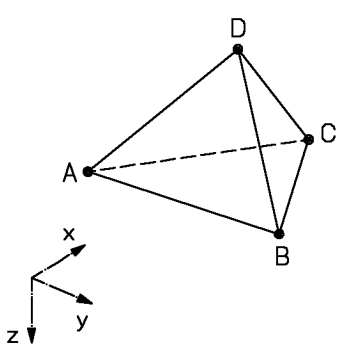
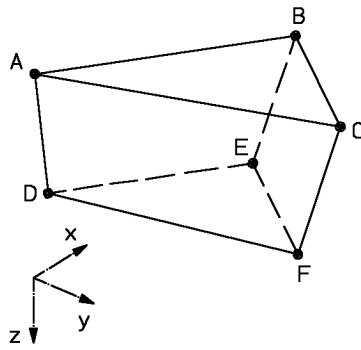
Elementbezeichnung		Scheibenelement	Scheibenelement
Elementtyp		204	205
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilitaet		
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung		●
	physikalisch nichtlineare Berechnung	○	○
	elastische Bettung		
	Stahlbetonbemessung	●	●
	Formoptimierung		
Belastung	Volumenlasten	●	●
	Linienlasten	○	○
	Flaechenlasten	●	●
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur	●	●
	Vorspannung	●	●
	Traegheitskraefte	●	●
Bemerkungen			
● = uneingeschraenkt einsetzbar ● = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung			

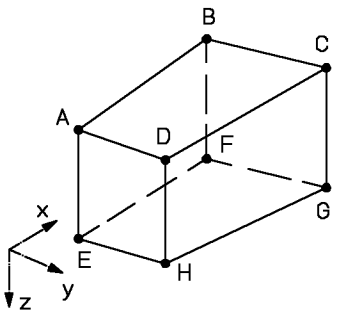
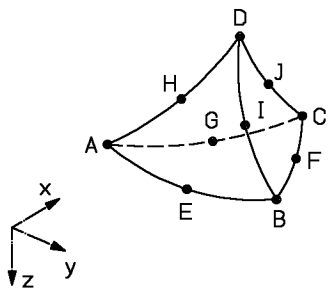
Elementbezeichnung		Faltwerkelement	Faltwerkelement
Elementtyp		211	212
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilitaet	●	●
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung	○	○
	physikalisch nichtlineare Berechnung		
	elastische Bettung	●	●
	Stahlbetonbemessung	●	●
	Formoptimierung		
Belastung	Volumenlasten	●	●
	Linienlasten	○	○
	Flaechenlasten	●	●
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur	●	●
	Vorspannung	●	●
	Traagheitskraefte	●	●
Bemerkungen		konform	nicht konform
		● = uneingeschraenkt einsetzbar	● = Anwendung durch Theorie beschraenkt
		○ = in Vorbereitung	

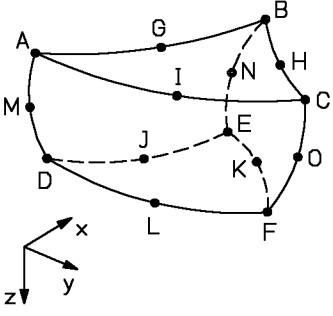
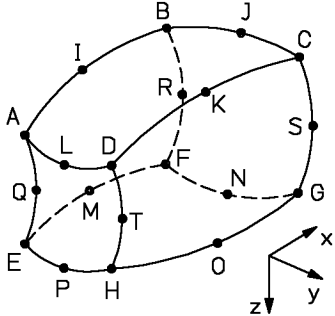
Elementbezeichnung		Faltwerkelement	Faltwerkelement
Elementtyp		214	215
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilitaet	●	●
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung		
	physikalisch nichtlineare Berechnung		
	elastische Bettung	●	●
	Stahlbetonbemessung	●	●
	Formoptimierung		
Belastung	Volumenlasten	●	●
	Linienlasten	○	○
	Flaechenlasten	●	●
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur	●	●
	Vorspannung	●	●
	Traegheitskraefte	●	●
Bemerkungen		nicht konform	konform
		● = uneingeschraenkt einsetzbar	● = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung

Elementbezeichnung		Schalenelement	
Elementtyp		217	
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	
	lineare Stabilitaet	○	
	Dynamik	○	
	geometrisch nichtlineare Berechnung	●	
	physikalisch nichtlineare Berechnung		
	elastische Bettung		
	Stahlbetonbemessung	○	
	Formoptimierung		
Belastung	Volumenlasten	●	
	Linienlasten	○	
	Flaechenlasten	●	
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur	○	
	Vorspannung	○	
	Traagheitskraefte		
Bemerkungen		konform	
● = uneingeschraenkt einsetzbar ● = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung			

Elementbezeichnung		Scheibenelement mit Zwischenknoten	Scheibenelement mit Zwischenknoten
Elementtyp		221	225
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilitaet		
	Dynamik	○	○
	geometrisch nichtlineare Berechnung	○	○
	physikalisch nichtlineare Berechnung	○	○
	elastische Bettung		
	Stahlbetonbemessung	●	●
	Formoptimierung		
Belastung	Volumenlasten	●	●
	Linienlasten	○	○
	Flaechenlasten	○	○
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur	●	●
	Vorspannung	○	○
	Traegheitskraefte	○	○
Bemerkungen			
● = uneingeschraenkt einsetzbar ● = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung			

Elementbezeichnung		Volumenelement	Volumenelement
Elementtyp		301	303
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilität	●	●
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung	○	○
	physikalisch nichtlineare Berechnung	○	○
	elastische Bettung		
	Stahlbetonbemessung		
	Formoptimierung	○	○
Belastung	Volumenlasten	●	●
	Linienlasten	○	○
	Flächenlasten	○	○
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur	●	●
	Vorspannung		
	Traegheitskraefte	●	●
Bemerkungen			
● = uneingeschraenkt einsetzbar ● = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung			

Elementbezeichnung		Volumenelement	Volumenelement mit Zwischenknoten
Elementtyp		305	311
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilitaet	●	●
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung	○	○
	physikalisch nichtlineare Berechnung	○	○
	elastische Bettung		
	Stahlbetonbemessung		
	Formoptimierung	○	○
Belastung	Volumenlasten	●	●
	Linienlasten	○	○
	Flaechenlasten	○	○
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur	●	●
	Vorspannung		
	Traagheitskraefte	●	●
Bemerkungen			
● = uneingeschraenkt einsetzbar ● = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung			

Elementbezeichnung		Volumenelement mit Zwischenknoten	Volumenelement mit Zwischenknoten
Elementtyp		313	315
Darstellung der Elemente			
Berechnung	lineare Berechnung	●	●
	lineare Stabilität	●	●
	Dynamik	●	●
	geometrisch nichtlineare Berechnung	○	○
	physikalisch nichtlineare Berechnung	○	○
	elastische Bettung		
	Stahlbetonbemessung		
	Formoptimierung	○	○
Belastung	Volumenlasten	●	●
	Linienlasten	○	○
	Flächenlasten	○	○
	nichtkonservative Lasten		
	Temperatur	●	●
	Vorspannung		
	Traegheitskraefte	●	●
Bemerkungen			
● = uneingeschraenkt einsetzbar ● = Anwendung durch Theorie beschraenkt ○ = in Vorbereitung			

2.2 Koordinatensysteme

Die Berechnung wird in einem oder mehreren rechtshändigen, kartesischen Koordinatensystemen durchgeführt. Zur Anpassung an schiefe Randbedingungen stehen lokale, auf Knoten bezogene Koordinatensysteme zur Verfügung.

Bezugssysteme

Zur Definition der Knotenkoordinaten stehen drei Arten von Bezugssystemen zur Verfügung:

- rechtshändige, kartesische Koordinatensysteme,
- Zylinderkoordinatensysteme,
- Kugelkoordinatensysteme.

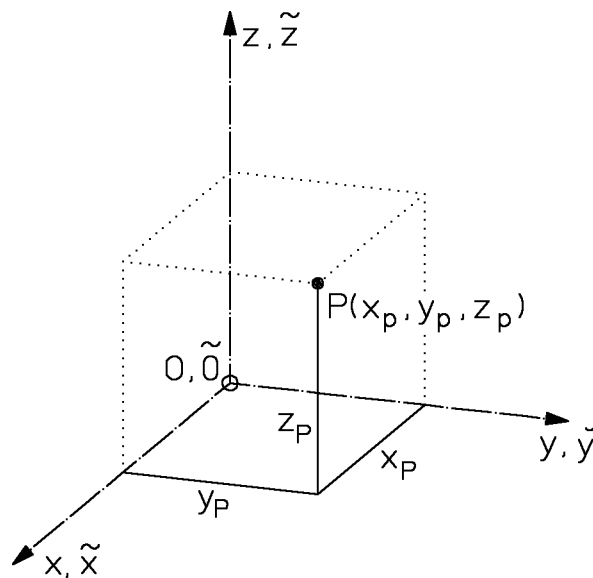


Abbildung 2.1: Kartesische Koordinaten

Das in Bild 2.1 dargestellte kartesische Koordinatensystem entspricht dem für die rechnerinterne Darstellung verwendeten globalen Bezugssystem x, y, z sowie den für eine komplexe Geometriebeschreibung hilfreichen lokalen Bezugssystemen $\tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{z}$. Die drei Koordinatenachsen stehen senkrecht aufeinander und bilden ein Rechtssystem. Die Lage eines Punktes $P(x_P, y_P, z_P)$ wird in einem kartesischen Koordinatensystem durch die auf die Koordinatenachse projizierten Abstände x_P, y_P und z_P , festgelegt.

Zylinderkoordinatensysteme (Bild 2.2) beschreiben die Lage eines Punktes $P(r, \varphi, L)$ durch den auf die Polarebene (r, φ) projizierten Abstand r zum Ursprung 0 , den Polarwinkel φ und die Zylinderkoordinate L , die den rechtwinkligen Abstand des Punktes zu

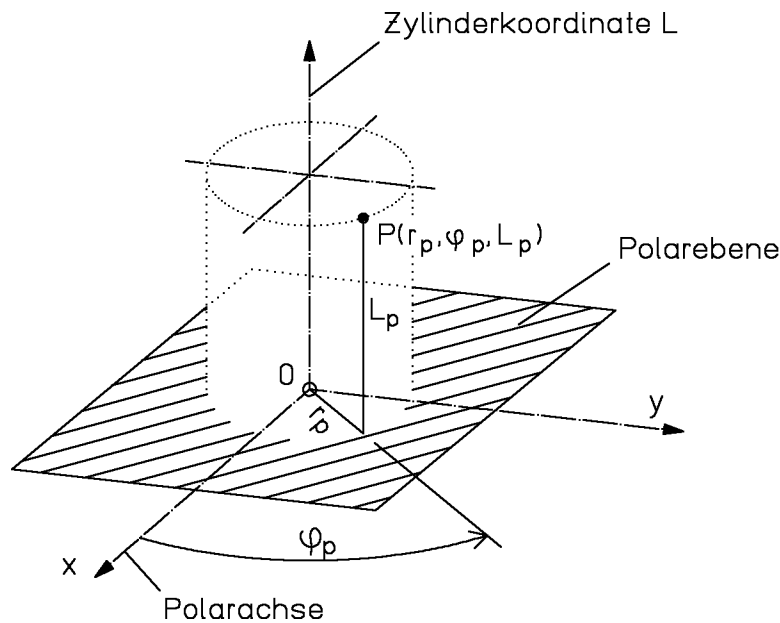


Abbildung 2.2: Zylinderkoordinaten

der Polarebene ergibt. Wenn die z -Achse mit der Zylinderlängskoordinate übereinstimmt, gelten die folgenden Transformationsbeziehungen.

Transformation: kartesisch \rightarrow zylindrisch	zylindrisch \rightarrow kartesisch
$r = \sqrt{x^2 + y^2}$	$x = r \cdot \cos(\varphi)$
$\varphi = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$	$y = r \cdot \sin(\varphi)$
$L = z$	$z = L$

In einem Kugelkoordinatensystem wird ein Punkt $P(r, \varphi, \varrho)$ durch den Abstand r vom Ursprung 0 und durch die beiden räumlichen Winkel φ und ϱ definiert. Den positiven Drehsinn der Winkel zeigt Bild 2.3. Hier lauten die zugehörigen Transformationsbeziehungen:

Transformation: kartesisch \rightarrow Kugel	Kugel \rightarrow kartesisch
$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$	$x = r \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\varrho)$
$\varphi = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$	$y = r \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\varrho)$
$\varrho = \arctan\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z}\right)$	$z = r \cdot \cos(\varrho)$

Die Verwendung von verschiedenen lokalen Bezugssystemen erfordert eine Umwandlung der lokalen kartesischen $\tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{z}$ in globale kartesische Koordinaten x, y, z . Diese Transformation setzt sich aus einem translatorischen und einen rotatorischen Anteil zusammen.

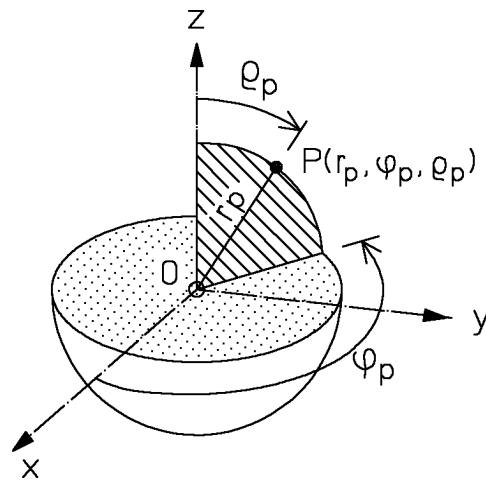


Abbildung 2.3: Kugelkoordinaten

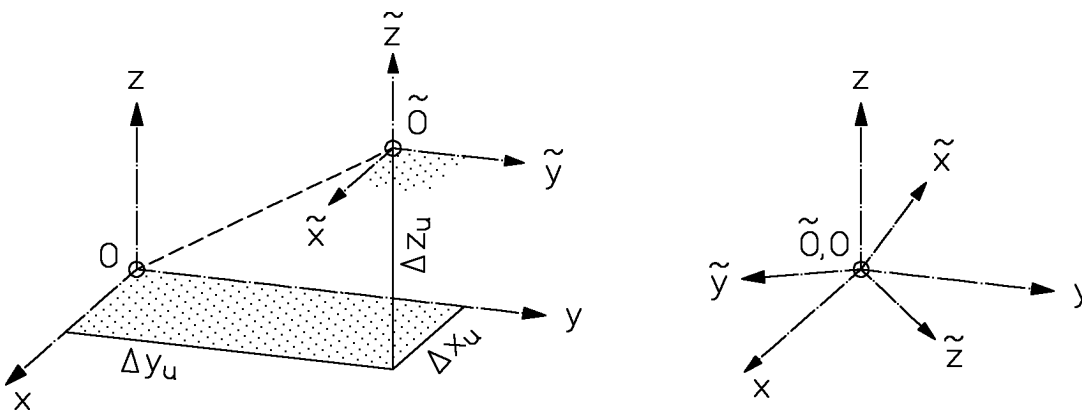


Abbildung 2.4: Translation des kartesischen Koordinatensystems

Der translatorische Anteil dieser Transformation entsteht durch die unterschiedliche Lage der Koordinatenursprünge 0 und $\tilde{0}$ der beiden Bezugssysteme, so wie er in Bild 2.4 dargestellt ist. Hat der Ursprung $\tilde{0}$ in bezug auf 0 die Koordinaten Δx_u , Δy_u , Δz_u so gilt:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{x} \\ \tilde{y} \\ \tilde{z} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x_u \\ \Delta y_u \\ \Delta z_u \end{bmatrix}$$

Der rotatorische Anteil der Transformation entsteht durch die verschiedenen Achsrichtungen der beiden Bezugssysteme. Die Transformationsbeziehungen lassen sich leicht über die Richtungscosinusse c_{ij} der 9 Raumdrehwinkel α_{ij} beschreiben: $c_{ij} = \cos(\alpha_{ij})$.

Jeder Winkel α_{ij} wird durch den Winkel definiert, den die Achse i ($i = \tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{z}$) des lokalen Bezugssystems gegenüber der Achse j ($j = x, y, z$) des globalen Bezugssystems bildet (s.

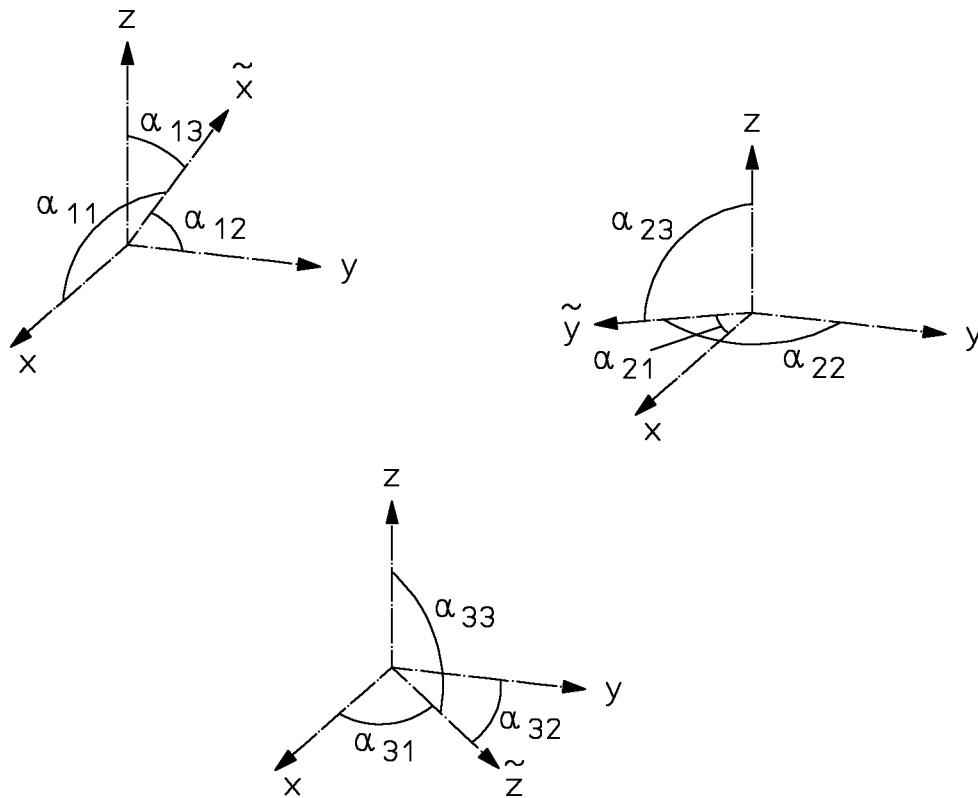


Abbildung 2.5: Definition der Raumdrehwinkel

Bild 2.5). Die Transformationsbeziehungen lauten damit:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{x} \\ \tilde{y} \\ \tilde{z} \end{bmatrix}$$

Faßt man die beiden Anteile zusammen, so läßt sich der folgende Zusammenhang zwischen den lokalen und den globalen kartesischen Koordinaten aufstellen:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x_u \\ \Delta y_u \\ \Delta z_u \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{x} \\ \tilde{y} \\ \tilde{z} \end{bmatrix}$$

In Tabelle 2.2 sind die Eingabemöglichkeiten für Knotenkoordinaten zusammengefaßt. Alle Knotenkoordinaten werden für die Berechnung in das globale Bezugssystem transformiert und unabhängig vom Koordinatensystem der Eingabe im Ausgabeprotokoll ausgegeben.

Bezugssystem	Eingabewerte		
kartesisch	x -Koordinate	y -Koordinate	z -Koordinate
zylindrisch	Radius	Winkel zur Polarachse	Längskoordinate
Kugel	Radius	Winkel zur 1. Polarachse	Winkel zur 2. Polarachse

Tabelle 2.2: Eingabe von Knotenkoordinaten

Schiefe Randbedingungen

Die Berücksichtigung von schiefen Randbedingungen ist durch die Anwendung von den in Bild 2.6 dargestellten lokalen Knotenkoordinatensystemen möglich. Lokale Knotenkoordinatensysteme beziehen sich auf einen Knoten. Durch die Angabe eines zweiten Knotens wird die Richtung der 1-Achse des lokalen Koordinatensystems definiert. Zusammen mit einem dritten Knoten ergibt sich eine Ebene. Die 2-Achse des lokalen Bezugssystems liegt in dieser Ebene. Die 1- und 2-Achse bilden einen rechten Winkel. Die 3-Achse ergibt sich als Ergänzung zu einem rechtshändigen, kartesischen Koordinatensystem (s. Tabelle 2.3). Das lokale Knotenkoordinatensystem dient lediglich der Transformation von Berechnungsgrößen. Die Ergebnisse werden ohne Rücksicht auf lokale Bezugssysteme stets im globalen, kartesischen Koordinatensystem ausgegeben.

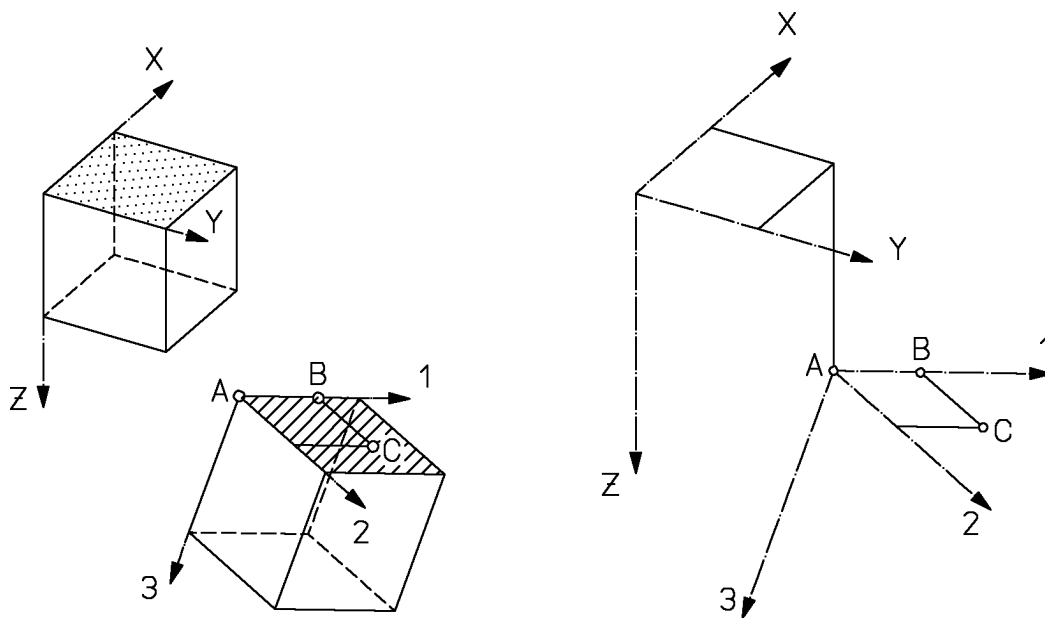


Abbildung 2.6: Lokales Knotenkoordinatensystem

Achse	Richtung
1	von Knoten A nach Knoten B
2	in der Ebene der Knoten $A-B-C$ senkrecht auf Achse 1, positiv in der Halbebene des Knotens C
3	senkrecht zur Ebene $A-B-C$, positive Richtung durch Ergänzung der Koordinatenachsen 1-2-3 zu einem Rechtssystem

Tabelle 2.3: Beschreibung eines lokalen Knotenkoordinatensystems

Ein- und Ausgabe knotenbezogener Größen

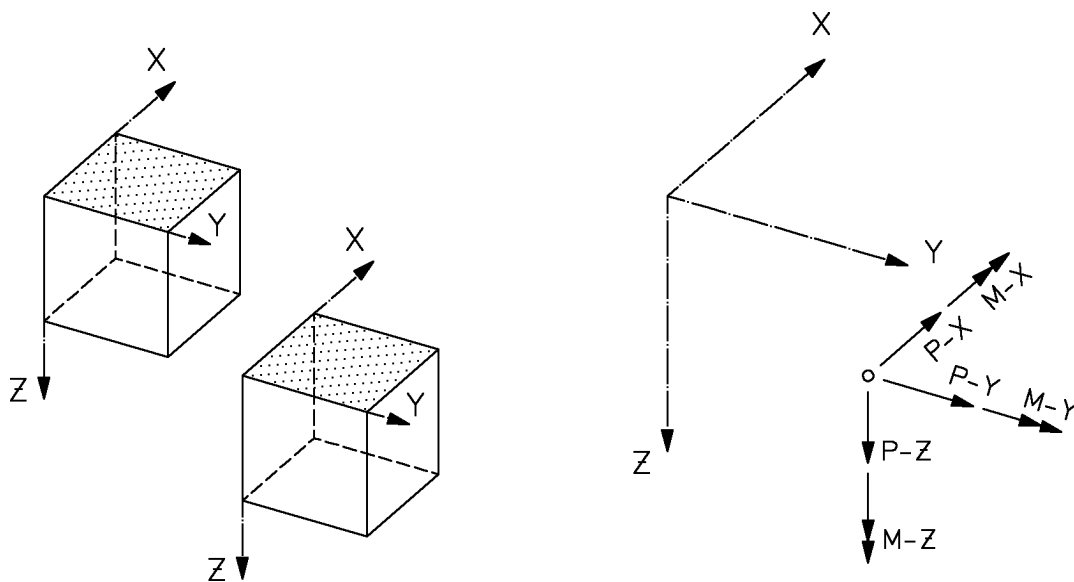


Abbildung 2.7: Knotenkräfte und Auflagerreaktionen im globalen Koordinatensystem

Lasten und Vorverformungen können als richtungsgebundene Größen im globalen, kartesischen Koordinatensystem oder in einem knotenbezogenen lokalen Koordinatensystem eingegeben werden. Im Bild 2.7 sind Einzellasten $P-x$, $P-y$ und $P-z$ und Einzelmomente $M-x$, $M-y$ und $M-z$ im globalen, kartesischen Koordinatensystem dargestellt. Sofern für einen Knoten ein lokales Koordinatensystem definiert wurde, können Beanspruchungen wahlweise im globalen oder im lokalen Koordinatensystem eingegeben werden. Die Lasten im lokalen Knotenkoordinatensystem stellt Bild 2.8 dar.

Die Ausgabe der Lasten, Verformungen und Auflagerkräfte erfolgt bezogen auf das globale Koordinatensystem (Bild 2.7).

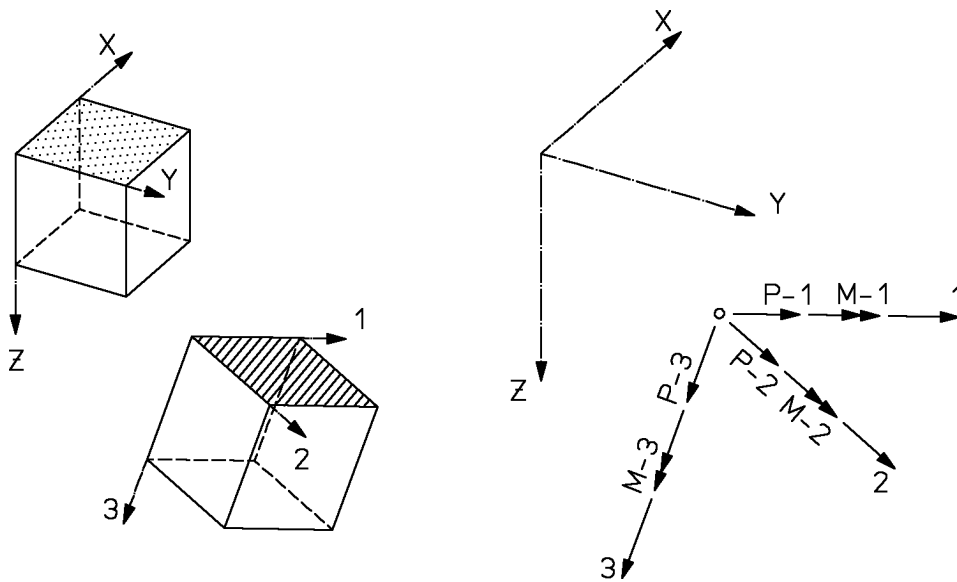


Abbildung 2.8: Knotenkräfte im lokalen Knotenkoordinatensystem

Elementkoordinatensysteme

Für elementbezogene Daten werden grundsätzlich elementbezogene, lokale Koordinatensysteme verwendet. Auf diese Koordinatensysteme beziehen sich auch die Ergebnisse. Die Richtungen der Achsen der Koordinatensysteme für Elemente werden analog zu den lokalen Koordinatensystemen für Knoten aus den drei ersten Elementknoten gebildet (s. Absatz 2.1). Der Ursprung des Koordinatensystems liegt im Schwerpunkt bzw. in der Mittelfläche des zugehörigen Elementes.

3 Regeln für den Benutzer

3.1 Programmaufruf

Das Programm wird wie folgt aufgerufen:

$$\text{BUBREC } \sqcup \text{ Eingabedatei } \sqcup \text{ Projektdatei } \sqcup [-f],^1$$

wobei der volle Name der Eingabedatei einschließlich vorhandener Erweiterung angegeben werden muß. An den Namen der Projektdateien werden vom Programm Erweiterungen angefügt (s. Abs. 7.1, 8.1). Das Einlesen einer formatfreien Eingabedatei wird durch die Kommandozeilenoption “-f” vereinbart, z. B.

$$\text{BUBREC } \sqcup \text{ beispiel.ein } \sqcup \text{ beispiel } \sqcup -f$$

Wird die Option “-f” nicht vorgegeben, so wird die Eingabedatei formatgebunden eingelesen. Bei der formatfreien Eingabe werden die Datenfelder einer Eingabezeile stets durch ein Leerzeichen getrennt.

Nach dem Rechenlauf enthält die Datei <Projektdatei.prt> eine Auflistung der Eingabedaten, eventuelle Warnungen und Fehlermeldungen (Kap. 4) und das Ablaufprotokoll, das während des Programmablaufs am Bildschirm angezeigt wird.

3.2 Programmgrenzen

	Maximale Anzahl
Knoten	50000 (10000 bei Volumenelementen)
Elemente	25000
Lastfälle	30
Materialgruppen	10
Querschnittsgruppen	200
Freiheitsgrade pro Knoten	6

¹ \sqcup wird als Symbol für ein Leerzeichen verwendet.

Die größten Knoten-, Element- und Gruppennummern sind mit der oben angegebenen maximalen Anzahl identisch. Diese Festlegung gilt nicht für Lastfallnummern. Hierbei darf die Differenz zwischen der höchsten und der niedrigsten Lastfallnummer nicht größer als 29 sein. Falls Knoten- bzw. Elementnummern > 9999 eingegeben werden, ist die formatfreie Eingabe zu wählen.

3.3 Dateneingabe

Alle Daten mit Ausnahme der Belastungsdaten müssen in aufsteigender Reihenfolge der Datensatzkennung (NDS, s. Abs. 5.1) angegeben werden. Innerhalb der gleichen Datensätze überschreiben nachfolgende Daten die zuvor eingelesenen.

3.4 Eingabe von Belastungsdaten

Sämtliche Belastungsdaten müssen nach Lastfällen geordnet sein und in aufsteigender Reihenfolge der Lastfallnummern eingegeben werden.

Innerhalb des gleichen Lastfalls können die verschiedenen Datensätze (NDS 40–49) in beliebiger Reihenfolge auftreten. Die einzelnen Lastarten sind innerhalb eines Lastfalls frei kombinierbar. Sämtliche in einem Lastfall auftretende Belastungen werden summiert.

3.5 Datenkontrolllauf

Bei größeren Systemen empfiehlt es sich, vor der Berechnung einen Datenkontrolllauf zur Überprüfung der Topologiedaten durchzuführen. Hierbei müssen die Belastungsdaten noch nicht vorhanden sein.

Ein solcher Datenkontrolllauf ist auch zur Bestimmung der Größe der Arbeitsdateien sinnvoll. Die Größe der Arbeitsdateien wird im Ausgabeprotokoll auf der vorletzten Seite ausgedruckt.

3.6 Kommentarzeilen

Eingabezeilen mit der Datensatznummer 0 bzw. mit Leerzeichen in den Spalten 1 bis 3 werden als Kommentarzeilen zur Erläuterung der Eingabedaten interpretiert. Sie dürfen an beliebiger Stelle eingefügt werden.

3.7 Formate

Integer (I): Formattyp für ganzzahlige Werte ohne Dezimalpunkt, ggf. mit Vorzeichen. Die *Eintragung* hat rechtsbündig zu erfolgen, wobei *Leerspalten* als Null-Eintragung interpretiert werden.

Real (R): Formattyp für Dezimalzahlen, ggf. mit Vorzeichen. Der *Dezimalpunkt* kann an beliebiger Stelle im Feld stehen. Sofern nur Stellen vor dem Dezimalpunkt einzugeben sind, kann die Eintragung rechtsbündig ohne Dezimalpunkt erfolgen. *Leerspalten* werden als Null-Eintragung interpretiert. Reicht die Spaltenzahl der Formatfelder für die Darstellung der Dezimalzahl nicht aus, können Werte in exponentieller Schreibweise eingegeben werden (E-Konstanten gemäß den üblichen FORTRAN-Eingabekonventionen).

Text (A): Formattyp für Texte. *Leerspalten* sind **nicht** mit Null-Eintragungen identisch.

3.8 Bildungsvorschriften

Um den Eingabeaufwand zu verringern, sind in einer Vielzahl von Datensätzen Bildungsvorschriften vorgesehen. Sie erlauben es nicht nur einzelnen Knoten bzw. Elementen, sondern gesamten Knoten- bzw. Elementbereichen Werte zuzuordnen. Bildungsvorschriften bestehen aus mindestens drei Eingabedaten:

NNA = Nummer des Anfangsknotens bzw. -elementes

NNE1 = Nummer des Endknotens bzw. -elementes

NSW1 = Schrittweite in Richtung NNE1

NNE2 = Nummer des Endknotens bzw. -elementes

NSW2 = Schrittweite in Richtung NNE2

NNE3 = Nummer des Endelementes

NSW3 = Schrittweite in Richtung NNE3

Der durch eine Bildungsvorschrift definierte Knoten- bzw. Elementbereich umfaßt folgende Einzelnummern:

$$N = NNA + Ni * NSW1 * sign(NNE1 - NNA) \\ + Nj * NSW2 * sign(NNE2 - NNA) \\ + Nk * NSW3 * sign(NNE3 - NNA)$$

$$\text{mit } Ni = 0 \dots N1 = \frac{NNE1 - NNA}{NSW1}, \quad Nj = 0 \dots N2 = \frac{NNE2 - NNA}{NSW2}$$

und $N_k = 0 \dots N_3 = \frac{NNE_3 - NNA}{NSW_3}$

Für die Eingabedaten der Bildungsvorschriften gelten die formalen Einschränkungen:

$$NNA \neq NNE_n \quad (\text{jedoch nicht notwendigerweise } NNA < NNE_n)$$

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NNE_n - NNA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

Voraussetzung für die Anwendung der Bildungsvorschriften ist, daß die Endknoten bzw. Endelemente NNE_1 , NNE_2 bzw. NNE_3 bereits eingegeben oder durch andere Bildungsvorschriften definiert wurden.

Die Anwendung der Bildungsvorschrift auf Knotenkoordinaten hat zur Folge, daß mit den Knotennummern NKA , NKE_1 , NKE_2 nur Rechteck- bzw. Parallelogrammnetze gebildet werden können. Durch die Angabe einer dritten Endknotennummer NKE_{12} in Datensatz 23 wird diese Einschränkung aufgehoben, so daß auch Vierecknetze gebildet werden können (Bild 3.1).

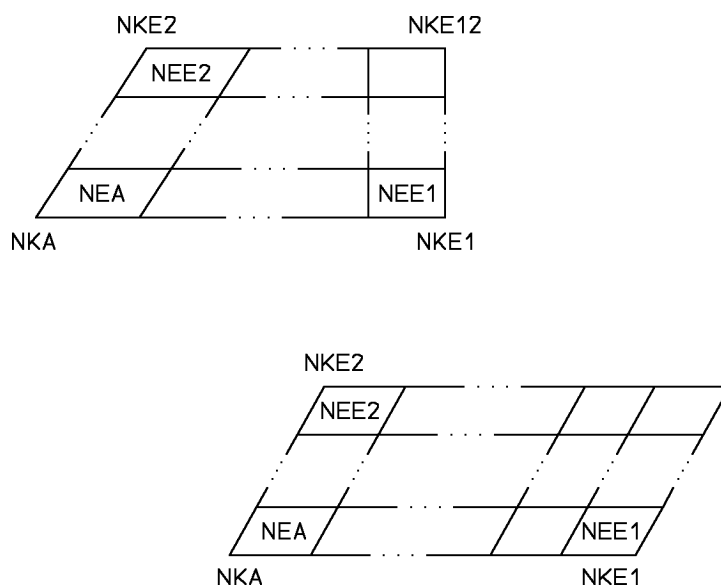


Abbildung 3.1: Generierung von Vierecknetzen

Durch die Definition von Zylinder- bzw. Kugelkoordinatensystemen können diese Netze auch auf Zylinder- bzw. Kugelflächen abgebildet werden.

Für den Endknoten NKE_{12} gelten die Einschränkungen der Endknoten NKE_1 und NKE_2 .

3.9 Kraft-, Längen- und Zeiteinheiten

Die Eingabedaten werden in **einheitlichen** frei wählbaren Maßeinheiten erstellt. Die Rechenergebnisse werden in diesen Einheiten ausgedruckt.

3.10 Knotendaten

Knotennumerierung

Um die Rechenzeiten zu verringern, ist die Numerierung der Knoten so vorzunehmen, daß die maximale Differenz der Nummern zweier zu dem gleichen Element gehörender Knoten (Bandbreite) möglichst klein wird.

An dem Beispiel einer einfachen Struktur werden gute und schlechte Numerierung gezeigt.

4	8	12							
3	7	11							
2	6	10							
1	5	9							

gut (maximale Differenz = 4)

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

schlecht (maximale Differenz = 10)

Abbildung 3.2: Numerierungsbeispiel

Eine schlechte Numerierung der Knoten kann durch die Option “Bandbreiten- bzw. Hüllenminimierung” (s. Abs. 5.2) verbessert werden.

Lücken in Knotennummern

Lücken in den Knotennummern haben keinen Einfluß auf die Bandbreite. Man füge sie nach Bedarf ein, um die Bildungsvorschriften besser nutzen zu können oder um spätere Erweiterungen des finiten Netzes ohne großen Aufwand zu ermöglichen.

3.11 Verformungsfreiheitsgrade

Grundsätzlich dürfen nur diejenigen Verformungsfreiheitsgrade in die Berechnung eingehen, bei denen keine Verformung vorgegeben ist.

Die richtige Festlegung der möglichen Freiheitsgrade hängt von den am Knoten angeschlossenen Elementen ab. Hierbei spielen Lage im Raum, Anzahl der Elemente, Elementtyp, Material- und Querschnittswerte eine Rolle.

Durch die Definition von Freiheitsgraden kann der Anwender das Verformungsverhalten des Tragwerkes vorgeben. Dafür stehen drei Freiheitsgradtypen zur Verfügung:

- 0 – Verformung vorgegeben,
- 1 – Verformung frei,
- – Verformung nicht in der Systemmodellierung enthalten.

Den bei der Berechnung berücksichtigten Freiheitsgraden der Verformung werden fortlaufende Nummern zugeordnet, die im Ausgabeprotokoll der Knotendaten zu Kontrollzwecken ausgewiesen sind. Für die im Ausgabeprotokoll mit “A” gekennzeichneten Freiheitsgrade der Verformung werden Haltekräfte (Lagerkräfte) berechnet.

Die mit “U” gekennzeichneten Freiheitsgrade sind von der Berechnung ausgeschlossen. Für die Reduzierung des Berechnungsaufwandes (Speicherplatz, Rechenzeit) und der Ergebnissausgabe ist es grundsätzlich sinnvoll, so wenig Freiheitsgrade wie möglich bei der Berechnung zu berücksichtigen. Unberücksichtigten Freiheitsgraden darf jedoch keine Steifigkeit zugewiesen werden. Lasten in Richtung dieser Freiheitsgrade gehen nicht in die Berechnung ein.

3.12 Elementdaten

Numerierung der Elemente

Die Elementnummern werden bei der Eingabe der Elemente vom Benutzer vorgegeben. Hierbei erhalten gebildete Elemente ihre Nummer entsprechend der Schrittweite (Datensatz 37). Bei der Eingabe der Elemente ist man in der Festlegung der Elementnummern frei. Lücken in Elementnummern können von Vorteil sein, um eine übersichtliche Numerierung zu erhalten oder um nachträglich Elemente einfügen zu können.

Reihenfolge der Knoten

Die Reihenfolge der Knoten definiert ein elementeigenes Koordinatensystem $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$. In ihm können Zusatzdaten erforderlich werden, die die Resultate bestimmen.

- Schnittkräfte und Spannungen in Scheiben und Platten haben nur dann dieselbe Bedeutung und gleiche Vorzeichendefinition, wenn die \bar{x} -Richtung der Elemente die gleiche ist und der Umfahrungssinn gleich bleibt. Ist der Umfahrungssinn zweier Elemente verschieden, vertauschen sich die Seiten ($\bar{z}+$) und ($\bar{z}-$). Bei Scheiben ändern sich die Vorzeichen der Schubkräfte und Schubspannungen, bei Platten zusätzlich die der Momente.
- Die Definition der lokalen Achsen bei Balken beeinflusst:
 - Querschnittswerte,
 - Balkenendgelenke,
 - Spannungspunkte,
 - Exzentrizitäten,
 - Balkenlasten,
 - Resultate (Schnittkräfte, Spannungen, Bewehrung).

3.13 Lastdaten

Werden Knotenlasten für Knoten mit undefinierten Freiheitsgraden eingegeben, so werden die Lastkomponenten für die undefinierten Freiheitsgrade unterdrückt.

Flächenlasten und Massenmatrizen werden auch für die Elemente mit E-Modul = 0 berechnet.

3.14 Stahlbetonbemessung

Elementen, für die keine Bemessung durchgeführt werden soll, kann im Datensatz 180 die Bemessungsmaterialgruppe NBMA = 0 zugeordnet werden.

Anders als im Berechnungsteil werden Längen- und Kräfteinheit innerhalb des Bemessungsteiles ausgewertet.

Soll für bestimmte Elementgruppen für die Druckausgabe eine Maximumsuche durchgeführt werden, so sollten mehrere Querschnittsgruppen eingeführt werden, auch wenn die Querschnittsabmessungen gleich sind. Bei den Elementen innerhalb dieser Querschnittsgruppen ist darauf zu achten, daß sie gleiche Orientierung im Raum (s. Elementdaten, Reihenfolge der Knoten, Abs. 5.4.6) besitzen und bei Balken zusätzlich dieselbe Zwischenknotengruppe zugeordnet bekommen haben.

Empfehlung: Bei der Bemessung von Unter- bzw. Überzügen, d. h. bei an Plattenelemente exzentrisch angeschlossenen Rechteckbalkenelementen, sollte wegen der Schnittkraftsprünge an den Endknoten die Bemessung im Zwischenknoten $\bar{x}/L = 0.5$ durchgeführt werden.

4 Fehlerprüfung

Alle Eingabedaten werden einer umfangreichen Fehlerprüfung unterzogen. Die dabei erkannten Fehler werden in Form von selbsterläuternden Meldungen in das Ausgabeprotokoll gedruckt.

Die Gesamtfehlerprüfung der Eingabedaten besteht aus zwei Stufen, der formalen und der logischen Fehlerprüfung.

4.1 Formale Prüfung der Dateneingabe

Während der formalen Fehlerprüfung werden die folgenden Fehlermöglichkeiten geprüft:

- Gültigkeit der Datensatznummer (NDS),
- Reihenfolge der Datensätze,
- Reihenfolge und Anzahl der Lastfälle,
- Richtigkeit des Typs der Eingabedaten in den einzelnen Formatfeldern,
- Gültigkeit von Bildungsvorschriften,
- Vollständigkeit der Eingabe.

Etwaige auftretende Fehler werden durch Ausgabe entsprechender Meldungen gekennzeichnet, die den Ursprung und die Art der Fehlerbedingung erläutern. Je nach Tragweite des auftretenden Fehlers wird bei der Ausgabe der Meldungen unterschieden zwischen

- Fehlern, bei deren Auftreten der Programmablauf nach Abschluß der Vorabprüfung abgebrochen wird, und
- Warnungen, die auf mögliche Fehlerbedingungen hinweisen, bei denen jedoch die Berechnung fortgeführt wird.

Die Gesamtzahl der Fehler und Warnungen ist innerhalb der Vorabprüfung auf 100 begrenzt. Bei Erreichen dieser Grenze wird der Programmablauf abgebrochen.

4.2 Logische Prüfung der Dateneingabe

Die Fehlerprüfung der Dateneingabe umfaßt die formale und logische Prüfung aller Eingabedaten einschließlich der Prüfung logischer Zusammenhänge mit den zuvor eingegebenen Datenbeständen. Auftretende Fehler werden durch Ausgabe entsprechender Meldungen gekennzeichnet, die den Ursprung und die Art des Fehlers unter Bezugnahme auf die in der Eingabebeschreibung gegebenen Erläuterungen beschreibt. Ebenso wie bei der Vorabprüfung werden zwei Arten von Meldungen unterschieden:

- Fehler, bei deren Auftreten die betreffenden Daten in ihrer Gesamtheit nicht übernommen werden. Die restliche Fehlerprüfung wird unter diesen Bedingungen fortgesetzt, unabhängig davon, ob sich zusätzliche Fehler als Folge der nicht übernommenen Eingabedaten ergeben oder nicht.
- Warnungen, die auf mögliche Fehlerbedingungen hinweisen, bei denen jedoch die Berechnung fortgeführt wird.

Nach Abschluß der Fehlerprüfung erfolgt für die fehlerfreien Eingabedaten die Druckausgabe. Eine Weiterverarbeitung der Daten ist beim Auftreten von Fehlern nicht möglich. Die maximale Anzahl der während der Fehlerprüfung ausgegebenen Fehlermeldungen und Warnungen beträgt 100. Bei Erreichen dieser Grenze wird der Programmlauf abgebrochen.

5 Eingabedaten

5.1 Übersicht über die Datensätze

In den Tabellen 5.3 – 5.10 ist eine Übersicht über die Datensätze gegeben, die eingegeben werden können.

Datensätze	NDS*	Erläuterung
Kennzeichnung des Projektes	10	Haupttext für jeden Seitenkopf
	11	Zusatztext für das Deckblatt
	12	Projektnummer (für das Deckblatt)

Tabelle 5.1: Ausgabertext

Datensätze	NDS	Erläuterung
Programmsteuerung	13	Steuergrößen für Programmablauf und -ausgabe
	14	Steuergrößen für die Stabilitätsuntersuchung
	15	Steuergrößen für die nichtlineare Berechnung
	16	Zusatzdaten für die nichtlineare Berechnung

Tabelle 5.2: Steuerung

Datensätze	NDS*	Erläuterung
Kennung für die Formoptimierung	17	Mode-Nummer und Restriktionskenner

Tabelle 5.3: Steuerdaten für die Formoptimierung

* Kennung des Datensatzes

Datensätze	NDS	Erläuterung
Funktionen	18	Material-, Bettungsgesetze

Tabelle 5.4: Funktionen

Datensätze	NDS	Erläuterung
Knotenkoordinaten	23	Eingabe einzelner Knoten und Bildung von Knoten durch Interpolation
Freiheitsgrade	24	Freiheitsgrade der Knoten im globalen oder lokalen kartesischen Koordinatensystem
	25	Kopplung von Freiheitsgraden

Tabelle 5.5: Knotendaten

Datensätze	NDS	Erläuterung
Geometriedaten	28	Eingabe der Geometrie-Elemente

Tabelle 5.6: Geometrie-Elemente

Datensätze	NDS	Erläuterung
Materialangaben	30	Materialgruppen
Querschnittsangaben	31	Querschnittsgruppen
Zusatzdaten für Balkenelemente	32	Balkenexzentrizitäten
	33	Querschnittspunkte zur Ausgabe von Spannungen
	34	Balkenendgelenke
Zusatzpunkte	35	zur Ausgabe von Schnittkräften, Spannungen, Bewehrung
Elemente	36	Gruppenzuordnung
	37	Elementtyp, Elementknoten

Tabelle 5.7: Elementdaten

Datensätze	NDS	Erläuterung
Lastarten	40	Knotenlasten in globalen bzw. lokalen Koordinatensystemen
	41	Linienlasten bei Flächen- und Volumenelementen
	42	Flächenlasten bei Volumenelementen
	43	Volumenlasten
	44	Flächenlasten bei Flächenelementen
	45	Zwangsverformungen von Lagerknoten
	46	Streckenlasten bei Linienelementen
	47	Temperatur
	48	Vorspannung, Vordehnung, Elementvorverformung
	49	Linearkombinationen von Lastfällen

Tabelle 5.8: Belastungsdaten

Datensätze	NDS	Erläuterung
	61	Kenngößen für die dynamische Berechnung
Eigenfrequenzen	62	Kenngößen für die Eigenfrequenzberechnung
Zeitintegration	63	Zeitkenngößen
	64	Parameter für das Newmark-Verfahren
Dämpfung	66	Orthogonale Dämpfung
	67	Modale Dämpfung
Strom	69	Stromdaten
	70	Kenngößen für Auflagerbeschleunigungen
	71	Dynamische Knotenlasten
	75	Auflagerbeschleunigungen

Tabelle 5.9: Dynamikdaten

Datensätze	NDS	Erläuterung
Steuerung des Bemessungsteiles	91	Bemessungskenner bzw. Lastvergrößerungsfaktoren für die nichtlineare Berechnung
	113	Ausgabesteuerung des Bemessungsteiles
zusätzliche Materialangaben	131	Stahlbetonbemessungsmaterialgruppe
Zusatzdaten für Flächenelemente	132	Bewehrungsrichtungen
	134	Bemessungsgruppen
Zusatzdaten für Balkenelemente	135	Abmessungen der Standardquerschnitte
	136	Zusatzbedingungen
zusätzliche Elementdaten	180	Gruppenzuordnung

Tabelle 5.10: Bemessungsdaten

Datensätze	NDS	Erläuterung
Algorithmen	201	Steuerungsdaten für die Optimierungsalgorithmen
zusätzliche Querschnittsgruppenspezifische Werte	221	gruppenspezifische Werte
Optimierungsvariable	231	Variable mit Schranken, Gruppenzugehörigkeit, ϵ -Werte
Nebenbedingungen	233	Variablenlinking
	236	Verformungsnebenbedingungen

Tabelle 5.11: Optimierungsdaten

5.2 Texte und Steuergrößen

5.2.1 Projektbezeichnung

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt
1 – 3	ND	I	Datensatznummer: 10
5 – 52	Text	A	Haupttext zur Bezeichnung des Projektes

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 11
5 – 52	Text	A	Zusatztext

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 12
5 – 12	NRPR	A	Projektnummer

Die Datensätze 10, 11 und 12 müssen genau einmal verwendet werden.

5.2.2 Steuergrößen

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 13	
7	KFT07	I	Kennung für Vorhalten der temporären Dateien	(13.1)
8	KONTR	I	Kennung für Datenkontrolllauf	(13.2)
9	KMIN	I	Kennung für automatische Bandbreitenminimierung	(13.3)
11 – 12	DIM1	A	Zeiteinheit	(13.4)
13 – 14	DIM2	A	Krafteinheit	(13.4)
15 – 16	DIM3	A	Längeneinheit	(13.4)
			Kennung für Ausgabe:	
17 – 18	LIST(1)	I	Knotendaten	(13.5)
19 – 20	LIST(2)	I	Gruppendaten	(13.5)
21 – 22	LIST(3)	I	Elementdaten	(13.5)
23 – 24	LIST(4)	I	Knotenlasten	(13.6)
25 – 26	LIST(5)	I	Knotenverformungen	(13.5)
27 – 28	LIST(6)	I	Schnittkräfte	(13.5)
29 – 30	LIST(7)	I	Spannungen	(13.7)
31 – 32	LIST(8)	I	Auflagerkräfte	(13.6)

Der Datensatz 13 muß genau einmal verwendet werden.

(13.1) KFT07 = 0: Projektdateien werden nicht erzeugt.

= 9: Projektdateien werden erzeugt für die Ausgabe in eine Datei
(Kap. 7) und auf den Bildschirm (Kap. 8).

(13.2) KONTR = 0: vollständige Berechnung

= 1: Datenkontrolllauf

(13.3) KMIN = 0: keine automatische Minimierung der Bandbreite bzw. Hülle
(s. Theoriehandbuch, Kap. 5)

= 1: automatische Minimierung der Bandbreite

= 2: automatische Minimierung der Hülle

- (13.4) Ist die Zeiteinheit nicht vorgegeben, wird vom Programm die Einheit Sekunde “s” gewählt.
Ist die Kräfteinheit nicht vorgegeben, wird vom Programm die Einheit “kN” gewählt.
Ist die Längeneinheit nicht vorgegeben, wird vom Programm die Einheit “cm” gewählt.
Abgesehen vom Stahlbetonteil haben die Einheiten keine Auswirkung auf die Berechnung, sie dienen nur zur Kennzeichnung der Ausgabedaten.
- (13.5) $LIST(i) \neq 0$: Es erfolgt keine Ausgabe der entsprechenden Daten.
- (13.6) Bei der Ausgabe der Knotenlasten bzw. Auflagerkräfte bedeutet im einzelnen:
 $LIST(i) = 0$: Es werden alle Knotenlasten bzw. Auflagerkräfte ausgegeben
= 1: Es werden keine Knotenlasten bzw. Auflagerkräfte ausgegeben
= 2: Zur globalen Gleichgewichtskontrolle wird nur die Summe der Knotenlasten bzw. der Auflager- und Bettungskräfte ausgegeben.
- (13.7) Bei der Ausgabe der Spannungen für Flächen- und Volumenelemente bedeutet im einzelnen:
 $LIST(7) = 0$: Es werden alle Spannungen ausgegeben.
= 1: Es werden keine Spannungen ausgegeben.
= 2: Es werden bei Flächenelementen nur die Spannungen im lokalen Elementkoordinatensystem ausgegeben.
= 3: Es werden nur die Hauptspannungen ausgegeben.

Die Extremwerte der Verschiebungen und Auflagerkräfte in der Batchvariante des Programmaufrufs sowie der Schnittkräfte und Spannungen für die einzelnen Querschnittsgruppen werden immer ausgegeben.

Die Kenner für die Ausgabe werden vom Druckprogramm BUBPRT noch einmal abgefragt und können dort geändert werden.

Eine detaillierte Festlegung der Ausgabeliste wird im Rahmen der B&B-Programmoberfläche angeboten.

5.2.3 Steuergrößen für den Stabilitätsnachweis

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 14	
5 – 6	ISTEI	I	Kenner für die geometrischen Steifigkeitsmatrizen	(14.1)
7 – 8	IKIPP	I	Nachweiskenner	(14.2)
9 – 12	LASTA	I	Lastfallnummer	(14.3)
13 – 16	MXQ	I	maximal zul. Anzahl der Iterationsschritte	
17 – 24	EPQ	R	Fehlerschranke	(14.4)
33 – 36	EWQ	I	Anzahl der zu suchenden Eigenwerte, wobei der erste gefundene Eigenwert positiv ist	(14.5)
37 – 40	KONEW	I	Anzahl der Kontrolleigenwerte	(14.6)

Der Datensatz 14 muß verwendet werden, wenn eine Stabilitätsuntersuchung durchgeführt werden soll.

- (14.1) $ISTEI = 0$: keine Berücksichtigung von Knotenverdrehungen im Ansatz für die geometrischen Steifigkeitsmatrizen (s. Theoriehandbuch, Kap. 4)
 $= 1$: mit Berücksichtigung von Knotenverdrehungen im Ansatz für die geometrischen Steifigkeitsmatrizen
- (14.2) IKIPP wird nur bei der Berechnung von Stabtragwerken ausgewertet.
 $IKIPP = 0$: ohne Biegedrillknicken
 $\neq 0$: mit Biegedrillknicken
- (14.3) Nummer des Lastfalles, für den eine Stabilitätsuntersuchung durchgeführt werden soll.
- (14.4) Die Iteration wird abgebrochen, wenn MXQ überschritten oder das Konvergenzkriterium erfüllt ist (s. Theoriehandbuch, Kap. 3).
- (14.5) $1 \leq EWQ \leq 22$
- (14.6) Zur Verbesserung der Konvergenz wird mit $EWQ + KONEW$ Eigenformen iteriert (s. Theoriehandbuch, Kap. 6).
Bedingung: $KONEW \geq \min\{8; \max\{EWQ; 2\}\}$

5.2.4 Steuergrößen für die nichtlineare Berechnung

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 15	
5 – 6	ISTEI	I	Kenner für die geometrischen Steifigkeitsmatrizen	(15.1)
9 – 12	IGEOM	I	Kenner für die Art der nichtlinearen Berechnung	(15.2)
13 – 20	EPSV	R	Fehlerschranke für Verformungen	(15.3)
21 – 28	EPSK	R	Fehlerschranke für Kräfte	(15.3)
29 – 32	MAXGE	I	maximal zul. Gesamtanzahl des Neuaufbaus des Gleichungssystems	(15.3)
33 – 36	MAXR1	I	maximal zul. Anzahl der Iterationen durch Neuaufbau der rechten Seiten	

Der Datensatz 15 muß verwendet werden, wenn eine nichtlineare Berechnung durchgeführt werden soll.

(15.1) $ISTEI = 0$: keine Berücksichtigung von Knotenverdrehungen (wenn $IGEOM < 4$) oder von Anfangsspannungsmatrizen (wenn $IGEOM = 4$) im Ansatz für die geometrischen Steifigkeitsmatrizen (s. Theoriehandbuch, Kap. 4)
 $= 1$: mit Berücksichtigung von Knotenverdrehungen (wenn $IGEOM < 4$) oder von Anfangsspannungsmatrizen (wenn $IGEOM = 4$) im Ansatz für die geometrischen Steifigkeitsmatrizen

(15.2) $IGEOM = 0$: physikalisch nichtlinear
 $= 2$: geometrisch nichtlineare Berechnung mit umgeformter Lagrange'scher Formulierung für Fachwerk (Elementtyp 101), Seile (Elementtyp 102) und Balken (Elementtyp 111, 112)
 $= 3$: physikalisch und geometrisch nichtlinear
 $= 4$: geometrisch nichtlineare Berechnung mit totaler Lagrange'scher Formulierung für Schalen (Elementtyp 217) und Balken (Elementtyp 111)

(15.3) Die Fehlerschranken sind dimensionsbehaftet.
 Die Iteration wird abgebrochen, wenn das jeweilige Konvergenzkriterium erfüllt ist (s. Theoriehandbuch, Kap. 3) oder wenn MAXGE überschritten ist.

5.2.5 Zusatzdaten für die nichtlineare Berechnung

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 16	(16.1)
9 – 12	NIL	I	Lastfallnummer	
13 – 18	FIN(1)	R	1. Lastinkrement	
19 – 24	FIN(2)	R	2. Lastinkrement	
25 – 30	FIN(3)	R	3. Lastinkrement	
31 – 36	FIN(4)	R	4. Lastinkrement	
37 – 42	FIN(5)	R	5. Lastinkrement	
43 – 48	FIN(6)	R	6. Lastinkrement	
49 – 54	FIN(7)	R	7. Lastinkrement	
55 – 60	FIN(8)	R	8. Lastinkrement	
61 – 66	FIN(9)	R	9. Lastinkrement	(16.2)
67 – 72	FIN(10)	R	10. Lastinkrement	

Für jeden Lastfall, für den eine nichtlineare Berechnung durchgeführt werden soll, muß ein Datensatz 16 eingegeben werden.

(16.1) Nummer des Lastfalls aus der linearen Berechnung

(16.2) Der Lastfaktor im Schritt i ergibt sich aus der Summe der Inkremente von 1 bis i .

5.2.6 Steuergrößen für die Formoptimierung

Im Datensatz 17 werden Steuergrößen für die Formoptimierung angegeben.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS		Datensatznummer: 17	
5 – 8	NRMOD	I	Optimierungsart	(17.1)
9 – 12	KEFRM	I	Kenner für Restriktionen	(17.2)

(17.1) NRMOD = 110 : Formoptimierung einer Bogenstaumauer

(17.2) KEFRM = 1 : Elementspannung, querschnittweise

= 2 : Knotenspannung, querschnittweise

= 3 : Elementspannung,

= 4 : Knotenspannung,

= 5 : Schwerpunktspannung,

} Bei der Bogenstaumauer elementweise,
sonst querschnittweise

= 6 : Knotenspannung, für alle Eckknoten der Elemente der Bogenstaumauer und für jeden Lastfall

= 13 : Elementspannung,

= 14 : Knotenspannung,

= 15 : Schwerpunktspannung,

} Bei der Bogenstaumauer elementweise,
sonst querschnittweise, jedoch für jeden
Lastfall

5.2.7 Material- und Bettungsgesetze

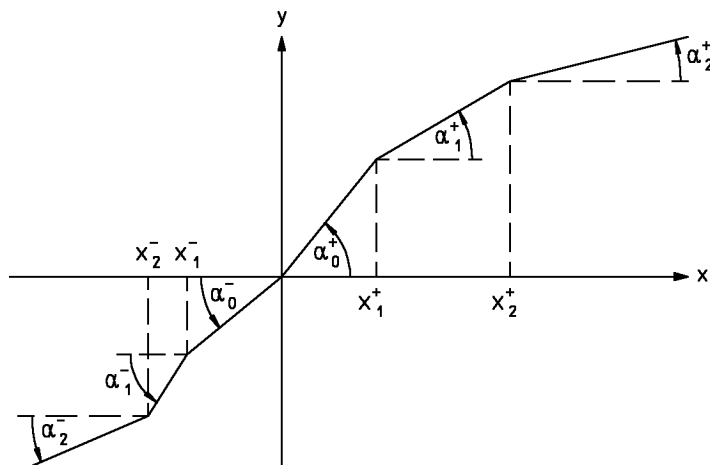
In dieser Datenart werden Funktionen beschrieben, die in den Datenarten 30 bzw. 36 zugeordnet werden können.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 18	
7 – 8	KE	I	Kenner	(18.2)
9 – 12	NFUN	I	Nr. der Funktion	(18.1)
13 – 22	DY0	R	Ableitung	(18.3)
23 – 32	X1	R	Abszissenwert	(18.3)
33 – 42	DY1	R	Ableitung	(18.3)
43 – 52	X2	R	Abszissenwert	(18.3)
53 – 62	DY2	R	Ableitung	(18.3)

(18.1) Bedingung: $1 \leq \text{NFUN} \leq 20$

(18.2) KE = 1: positiver Definitions- und Wertebereich
 KE = 2: negativer Definitions- und Wertebereich

(18.3) Bedingungen: $\text{DY0} \geq 0 = \tan \alpha_0$
 $\text{DY1} \geq 0 = \tan \alpha_1$
 $\text{DY2} \geq 0 = \tan \alpha_2$



5.3 Knotendaten

5.3.1 Bildung von Knoten

Knotenkoordinaten können in einem kartesischen Koordinatensystem, einem Zylinder- oder einem Kugelkoordinatensystem eingegeben werden.

Zwischen einem Anfangsknoten und den Endknoten werden die Nummern und Koordinaten neuer Knoten durch lineare bzw. quadratische Interpolation ermittelt. Die Art der Unterteilung (und damit die Anzahl der zu bildenden Knoten) wird durch Angabe einer konstanten Schrittweite der Knotennummern festgelegt.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 23	
5 – 6	KI	I	Kennung für die Art der Interpolation	(23.4)
7 – 8	KE	I	Kennung für die Art des Koordinatensystems	(23.3)
9 – 12	NKA	I	Anfangsknoten	(23.1)
13 – 20	XA	R		
21 – 28	YA	R	Koordinaten des Anfangsknotens	
29 – 36	ZA	R		
37 – 40	NKE12	I	Zusatzknoten	(23.1), (23.2)
53 – 56	NKE1	I	Endknoten 1	(23.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NKE1	(23.1)
61 – 64	NKE2	I	Endknoten 2	(23.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NKE2	(23.1)

Der Datensatz 23 muß mindestens einmal verwendet werden.

(23.1) Einzelknoten: $1 \leq NKA \leq 9999$

$$NKE_n = NSW_n = 0$$

Knotenbereich: $1 \leq NKA \neq NKE_n \leq 9999$

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NKE_n - NKA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

(23.2) Siehe Erläuterungen zu den Bildungsvorschriften (Kap. 3.8)

(23.3) Das Koordinatensystem wird durch folgende Werte beschrieben (s. Abs. 2.2):

	KE	XA	YA	ZA
kartesische Koordinaten	0	X	Y	Z
Zylinderkoordinaten	1	R	PHI	Z
Kugelkoordinaten	2	R	PHI	RHO

PHI und RHO sind in Altgrad einzugeben.

(23.4) KI = 0: lineare bzw. bilineare Interpolation
KI = 1: 1-dimensionale quadratische Interpolation von NKA über NKE12
nach NKE1 mit Schrittweite NSW1

5.3.2 Freiheitsgrade

Freiheitsgrade können im Datensatz 24 als vorhanden, unterdrückt oder undefiniert vorgegeben werden. Sie können sich auf das globale oder ein lokales kartesisches Knotenkoordinatensystem beziehen (s. Abs. 2.2).

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 24	
9 – 12	NKA	I	Anfangsknoten	(24.1)
15	T-X/T-1	A		
16	T-Y/T-2	A		
17	T-Z/T-3	A	Freiheitsgrade im globalen/lokalen	
18	R-X/R-1	A	kartesischen Koordinatensystem	(24.2)
19	R-Y/R-2	A		
20	R-Z/R-3	A		
21 – 24	NKB	I	Richtungsknoten des lokalen kartesischen	(24.1),
25 – 28	NKC	I	Knotenkoordinatensystems	(24.3)
53 – 56	NKE1	I	Endknoten 1	(24.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NKE1	(24.1)
61 – 64	NKE2	I	Endknoten 2	(24.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NKE2	(24.1)

(24.1) Einzelknoten: $1 \leq NKA \leq 9999$

$$NKE_n = NSW_n = 0$$

Knotenbereich: $1 \leq NKA \neq NKE_n \leq 9999$

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NKE_n - NKA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

Gesamtknoten: $NKA = NKE_n = NSW_n = 0$

- (24.2) Die Freiheitsgrade (FG) beziehen sich auf die Verformungskomponenten T-X, ..., R-Z bzw. T-1, ..., R-3 in Richtung der globalen bzw. lokalen Koordinatenachsen. T = Translation, R = Rotation
- FG = 0: der zugehörige Freiheitsgrad ist unterdrückt,
 FG = 1: der zugehörige Freiheitsgrad ist vorhanden,
 FG = \square : der zugehörige Freiheitsgrad ist undefiniert, d.h. er ist nicht Bestandteil der zugrundeliegenden Idealisierung; ihm darf keine Steifigkeit zugewiesen werden.
- (24.3) Werden keine Richtungsknoten angegeben, so sind die Achsen des lokalen Koordinatensystems parallel zu den Achsen des globalen Koordinatensystems. Das lokale kartesische Koordinatensystem, in dem die Freiheitsgrade des Knoten NKA definiert sind, wird durch den Knoten NKA und die Richtungsknoten NKB und NKC beschrieben. Die Richtungsknoten eines zu bildenden Knotens werden durch lineare Interpolation zwischen den Richtungsknoten des Anfangsknoten NKA und den Richtungsknoten der Endknoten NKE1 bzw. NKE2 ermittelt.

5.3.3 Freiheitsgradkopplung

Durch die Kopplung von Freiheitsgraden können den Freiwerten von verschiedenen Knoten gemeinsame Unbekannte zugewiesen werden.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 25	
9 – 12	NKA	I	Anfangsknoten	(25.1)
15	T-X/T-1	A	gekoppelte Freiheitsgrade	(25.2)
16	T-Y/T-2	A		
17	T-Z/T-3	A		
18	R-X/R-1	A		
19	R-Y/R-2	A		
20	R-Z/R-3	A		
21 – 24	NKB	I	zu koppelnder Knoten	(25.1)
53 – 56	NKE1	I	Endknoten 1	(25.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NKE1	(25.1)
61 – 64	NKE2	I	Endknoten 2	(25.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NKE2	(25.1)

(25.1) Einzelknoten: $1 \leq NKA \leq 9999$

$$NKE_n = NSW_n = 0$$

Knotenbereich: $1 \leq NKA \neq NKE_n \leq 9999$

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NKE_n - NKA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

Die Generierungsvorschrift für den Knoten NKA wird auf NKB sinngemäß angewendet. Die Knotendifferenz zwischen den beiden gekoppelten Knoten bleibt konstant.

- (25.2) Den Freiheitsgradkomponenten (FG) der zu koppelnden Knoten (Anm.(24.2)) wird die gleiche Unbekannte zugewiesen, wenn $FG = 1$ ist. Bei der Angabe von $FG = 0$ oder $FG = \blacksquare$ bleiben die Freiheitsgrade ungekoppelt.

An vom Nutzer vorgegebenen lokalen Knotenkoordinatensystemen können Freiheitsgrade gekoppelt werden, an vom Programm automatisch festgelegten Freiheitsgraden darf solches nicht geschehen (s. Theoriehandbuch, Kap.3.1.2).

Es dürfen nur vorhandene Freiheitsgrade gekoppelt werden. Auflager- und undefinierte Freiheitsgrade dürfen nicht gekoppelt werden.

5.3.4 Geometrielemente

Im Datensatz 28 werden die Geometrielemente durch Angabe ihrer Typnummer und ihrer Bezugs-elemente (Knoten, Linien oder Flächen) beschrieben.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 28	
5 – 8	KTYP	I	Typ des Geometrielementes	(28.1)
9 – 12	NGE	I	Nummer des Geometrielementes	(28.2)
13 – 16	Nk(1)	I	1. Bezugselement	(28.3)
17 – 20	Nk(2)	I	2. Bezugselement	(28.3)
21 – 24	Nk(3)	I	3. Bezugselement	(28.3)
25 – 28	Nk(4)	I	4. Bezugselement	(28.3)
29 – 32	Nk(5)	I	5. Bezugselement	(28.3)
33 – 36	Nk(6)	I	6. Bezugselement	(28.3)
37 – 40	Nk(7)	I	7. Bezugselement	(28.3)
41 – 44	Nk(8)	I	8. Bezugselement	(28.3)
45 – 48	Nk(9)	I	9. Bezugselement	(28.3)
49 – 52	Nk(10)	I	10. Bezugselement	(28.3)

(28.1) KTYP = 101: Linie

= 110: Splines

(28.2) NGE entsprechend Bild 5.2

(28.3) Die Bezugselemente für Linien und Splines sind geometrische Knoten.

5.4 Elementdaten

5.4.1 Materialgruppen

Die Materialangaben der Elemente werden im Datensatz 30 beschrieben. Elementen mit gleichen Materialkonstanten wird eine Materialgruppe im Datensatz 36 zugeordnet.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 30	
5 – 6	KM1	I	Materialgesetz (NDS 18)	(30.4)
9 – 12	NMAT	I	Nr. der Materialgruppe	(30.1)
13 – 22	EMOD	R	Elastizitätsmodul bzw. Federsteifigkeit (s. NDS 31)	(30.2)
23 – 32	NUE	R	Querkontraktionszahl	(30.2)
33 – 42	GAMMA	R	spezifisches Gewicht	(30.3)
43 – 52	ALPHAT	R	Temperaturausdehnungskoeffizient	(30.3)

Der Datensatz 30 muß mindestens einmal verwendet werden.

(30.1) Bedingung: $1 \leq \text{NMAT} \leq 10$

(30.2) Bedingungen: $\text{EMOD} \geq 0$
 $0 \leq \text{NUE} < 0.5$

(30.3) Bedingungen: $\text{GAMMA} \geq 0$
 $\text{ALPHAT} \geq 0$

(30.4) Für physikalisch nichtlineare Berechnungen können den Materialgruppen im Datensatz 18 eingegebene Materialgesetze zugeordnet werden.

5.4.2 Querschnittsdaten

Die Querschnittsangaben der Elemente werden im Datensatz 31 beschrieben. Elementen mit gleichen Querschnittswerten wird eine Querschnittsgruppe im Datensatz 36 zugeordnet.

Da die Querschnittswerte des Balkenelementes (Elementtyp 111, 112) von den Querschnittswerten der anderen Elementtypen stark abweichen, werden sie getrennt beschrieben.

5.4.2.1 Querschnittsgruppen (Federn, Fachwerkstäbe, Scheiben, Platten, Schalen)

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 31	
9 – 12	NQUE	I	Nr. der Querschnittsgruppe	(31.2)
13 – 22	A	R	Querschnittsfläche bzw. Querschnittsdicke	(31.3)

Der Datensatz 31 muß mindestens einmal verwendet werden, wenn Elemente mit dem Typ < 300 (s. NDS 37) vorhanden sind.

(31.1) Bedingung: $1 \leq \text{NQUE} \leq 200$

(31.2) Bedingung: $A > 0$

Bei Federelementen muß A als Faktor für die Steifigkeit und für die Einzelmassen eingegeben werden.

5.4.2.2 Querschnittsgruppen (Balkenelemente: Typ 111, 112) (Explizite Vorgabe der Querschnittswerte)

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 31	
5 – 6	NEPS	I	Typ der Querschnittsgruppe (=0)	(31.1)
9 – 12	NQUE	I	Nr. der Querschnittsgruppe	(31.2)
13 – 22	A	R	Querschnittsfläche	(31.3)
23 – 32	I1	R	Torsionsträgheitsmoment	(31.4)
33 – 42	I2	R	Trägheitsmomente für Biegung um die	
43 – 52	I3	R	Hauptträgheitsachsen \bar{y}' bzw. \bar{z}'	(31.5)
53 – 60	AQ2	R	Schubquerschnittsflächen für Schub in Richtung	
61 – 68	AQ3	R	der Hauptträgheitsachsen \bar{y}' bzw. \bar{z}'	(31.6)
69 – 76	AQ23	R	Koppelterm der Schubquerschnittsflächen	(31.6)

Der Datensatz 31 muß mindestens einmal verwendet werden, wenn Balkenelemente vorhanden sind.

(31.1) Der Typ der Querschnittsgruppe legt fest, ob Querschnittswerte explizit (NEPS = 0) vorgegeben werden, oder ob Querschnittswerte implizit (NEPS = 1) über Vorgabe einer Profilbezeichnung festgelegt werden sollen.

(31.2) Bedingung: $1 \leq \text{NQUE} \leq 200$

(31.3) Bedingung: $A > 0$

(31.4) Bedingungen: $I1 \geq 0$
 $I2 \geq 0$
 $I3 \geq 0$

(31.5) Sind die Querschnittswerte AQ2, AQ3, AQ23 nicht vorgegeben, so werden die Schubverformungen des Balkenelementes vernachlässigt (Bernoulli-Balken).

Bedingungen: $AQ2 \geq 0$

$AQ3 \geq 0$

Zusatzbedingung, sofern $AQ23 \neq 0$: $AQ23 * AQ23 > AQ2 * AQ3 > 0$

AQ2, AQ3 und AQ23 werden nur bei Typ 111 interpretiert.

5.4.2.3 Querschnittsgruppen (Balkenelemente: Typ 111, 112) (Implizite Vorgabe der Querschnittswerte durch Vorgabe einer Profilbezeichnung)

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 31	
5 – 6	NEPS	I	Typ der Querschnittsgruppe (=1)	(31.1)
9 – 12	NQUE	I	Nr. der Querschnittsgruppe	(31.2)
13 – 52	A	R	Profilbezeichnung	(31.3)

Der Datensatz 31 muß mindestens einmal verwendet werden, wenn Balkenelemente vorhanden sind.

(31.1) Der Typ der Querschnittsgruppe legt fest, ob Querschnittswerte explizit (NEPS = 0) vorgegeben werden, oder ob Querschnittswerte implizit (NEPS = 1) über Vorgabe einer Profilbezeichnung festgelegt werden sollen.

(31.2) Bedingung: $1 \leq \text{NQUE} \leq 200$

(31.3) Als Bezeichnung muß eine Profilbezeichnung vorgegeben werden, die eindeutig auf ein Profil der Profildatenbank "PROFILE.PB" verweist.

Pflege der Profildatenbank

Alle Profildaten der Profildatenbank liegen vor in der ASCII-Datei "PROFILE.ASC". Diese Datei kann mit jedem Editor gepflegt werden. Es ist jedoch darauf zu achten, daß das Dateiformat (s. Formatbeschreibung) streng eingehalten wird.

Die Umsetzung der ASCII-Profildatenbank in die Datenbank, aus der die Profildaten entnommen werden, erfolgt mit dem Programm BUBREC.

Aufruf: *BUBREC-b*

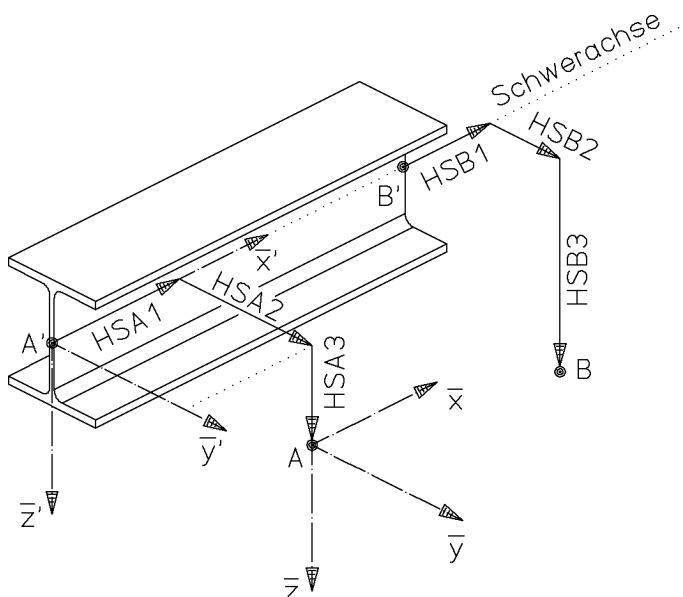
5.4.2.4 Balkenexzentrizitäten

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 32	
9 – 12	NQUE	I	Nr. der Querschnittsgruppe	(32.1)
13 – 20	HSA1	R	Exzentrizitäten der Schwerachse und der Hauptträgheitsachsen	(32.2)
21 – 28	HSA2	R		
29 – 36	HSA3	R		
37 – 44	HSB1	R		
45 – 52	HSB2	R		
53 – 60	HSB3	R		
61 – 68	HSM2	R	Exzentrizitäten der Drillruheachse	(32.3)
69 – 76	HSM3	R		

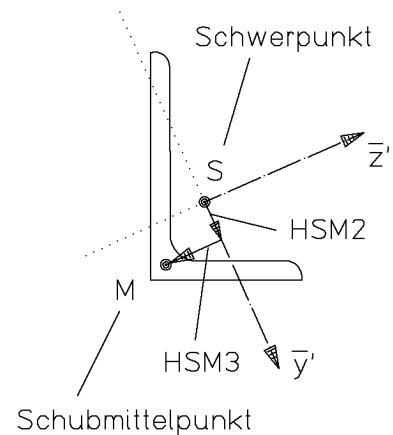
(32.1) Bedingung: $1 \leq NQUE \leq 200$

Die Querschnittsgruppe muß im Datensatz 31 definiert worden sein.

(32.2)



(32.3)



HSM2 und HSM3 werden nur bei Typ 111 interpretiert.

5.4.2.5 Balkenspannungspunkte

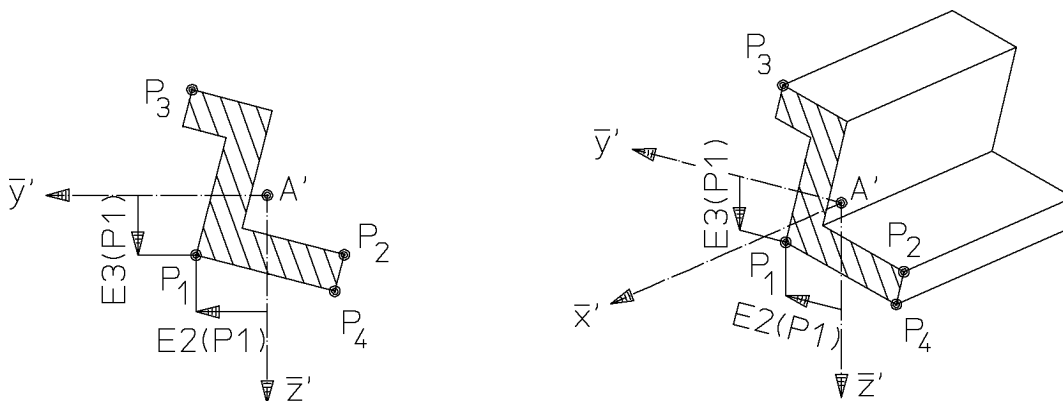
Im Datensatz 33 können jeweils bis zu vier Querschnittspunkte festgelegt werden, in denen Normalspannungen infolge Normalkraft und Biegung berechnet werden sollen.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 33	
9 – 12	NQUE	I	Nr. der Querschnittsgruppe	(33.1)
13 – 20	E2(P1)	R	Querschnittskordinaten des Spannungspunktes 1	(33.2)
21 – 28	E3(P1)	R		
29 – 36	E2(P2)	R	Querschnittskordinaten des Spannungspunktes 2	(33.2)
37 – 44	E3(P2)	R		
45 – 52	E2(P3)	R	Querschnittskordinaten des Spannungspunktes 3	(33.2)
53 – 60	E3(P3)	R		
61 – 68	E2(P4)	R	Querschnittskordinaten des Spannungspunktes 4	(33.2)
69 – 76	E3(P4)	R		

(33.1) Bedingung: $1 \leq \text{NQUE} \leq 200$

Die Querschnittsgruppe muß im Datensatz 31 definiert worden sein.

(33.2) Die Querschnittskordinaten der Spannungspunkte sind deren Abstände vom Querschnittsschwerpunkt in Richtung der Hauptträgheitsachsen \bar{y}' bzw. \bar{z}' .



Haben beide Koordinaten eines Spannungspunktes den Wert Null, entfällt der betreffende Spannungspunkt.

5.4.3 Balkenendgelenkgruppen

Im Datensatz 34 werden Gelenke an den Anfangs- und Endknoten der Balkenelemente (Typ 111 und 112) definiert. Die Gelenke sind im Querschnittsschwerpunkt angeordnet. Durch Einführung eines Gelenkes wird die zugehörige – im lokalen Elementkoordinatensystem definierte – Schnittkraft zu Null. Je Knoten können mehrere Gelenke in Kombinationen vorgegeben werden. Zulässig sind alle Kombinationen, die keine Starrkörperbewegungen erzeugen. Die zugehörigen Formfunktionen sind im Theoriehandbuch zusammengestellt (Abschn. 4.2.3). Die Gelenkgruppen werden im Datensatz 36 den Elementen zugeordnet.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 34	
9 – 12	NBAL	I	Nr. der Balkenendgelenkgruppe	(34.1)
			Gelenke am Anfangsknoten	
15	KA(1)	A	Normalkraft N	
16	KA(2)	A	Querkraft Q2	
17	KA(3)	A	Querkraft Q3	(34.2)
18	KA(4)	A	Torsionsmoment M1	
19	KA(5)	A	Biegemoment M2	
20	KA(6)	A	Biegemoment M3	
			Gelenke am Endknoten	
23	KB(1)	A	Normalkraft N	
24	KB(2)	A	Querkraft Q2	
25	KB(3)	A	Querkraft Q3	(34.2)
26	KB(4)	A	Torsionsmoment M1	
27	KB(5)	A	Biegemoment M2	
28	KB(6)	A	Biegemoment M3	

(34.1) Bedingung: $1 \leq \text{NBAL} \leq 50$

(34.2) $\text{KA}(i) = 0$ bzw. $\text{KB}(i) = 0$: Gelenk

$\text{KA}(i) \neq 0$ bzw. $\text{KB}(i) \neq 0$: kein Gelenk

Leerspalten werden als $\text{KA}(i) \neq 0$ bzw. $\text{KB}(i) \neq 0$ interpretiert.

5.4.4 Zwischenknotengruppen

Im Datensatz 35 werden Punkte definiert, an denen zusätzlich zum Anfangs- und Endpunkt bzw. zum Schwerpunkt Schnittkräfte und Spannungen berechnet werden. Sie können an beliebigen Stellen im Element angeordnet sein. Elemente mit gleicher Anordnung von Zwischenknoten werden zu einer Zwischenknotengruppe zusammengefaßt. Die Zuordnung zu den Elementen erfolgt im Datensatz 36.

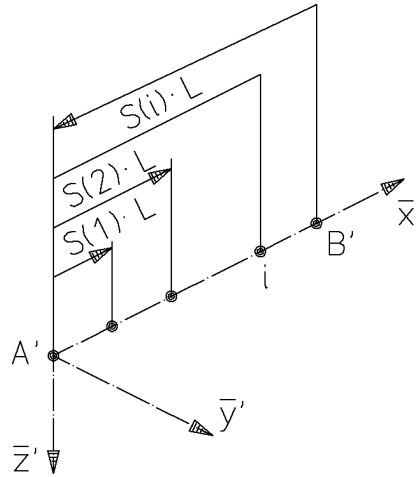
Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 35	
7 – 8	KE	I	KE = 0	(35.2)
9 – 12	NZWI	I	Nr. der Zwischenknotengruppe	(35.1)
13 – 18	S(1)	R		
19 – 24	S(2)	R		
25 – 30	S(3)	R		
31 – 36	S(4)	R		
37 – 42	S(5)	R	Koordinaten der Zwischenknoten	(35.2)
43 – 48	S(6)	R		
49 – 54	S(7)	R		
55 – 60	S(8)	R		
61 – 66	S(9)	R		
67 – 72	S(10)	R		

(35.1) Bedingung: $1 \leq \text{NZWI} \leq 10$

(35.2) bei Linienelementen

Die Koordinaten $S(i)$ sind die dimensionslosen Abstände der Punkte vom Anfangsknoten A' . Sie sind als Bruchteile der Gesamtlänge des Elementes anzugeben.

Bedingung: $0 < S(i) < 1$



bei Flächenelementen (jeweils 2 Einheitskoordinaten pro Zwischenknoten)

(s. Theoriehandbuch, Abs. 4.3.1)

Bedingungen: bei Viereckelementen: $|S(i)| \leq 1$

bei Dreieckelementen: $0 \leq S(i) \leq 1$

bei Volumenelementen (jeweils 3 Einheitskoordinaten pro Zwischenknoten)

(s. Theoriehandbuch, Abs. 4.4.1)

Bedingung: $|S(i)| \leq 1$

Bei Flächen- und Volumenelementen besteht alternativ die Möglichkeit, die Zusatzausgabe an den Elementknoten direkt über die Knotennummer zu definieren.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 35	
7 – 8	KE	I	KE = 1	
9 – 12	NZWI	I	Nr. der Zwischenknotengruppe	(35.1)
13 – 16	K01	I		
17 – 20	K02	I		
21 – 24	K03	I		
25 – 28	K04	I		
29 – 32	K05	I		
33 – 36	K06	I		
37 – 40	K07	I		
41 – 44	K08	I	Knotennummern	(35.2)
45 – 48	K09	I		
49 – 52	K10	I		
53 – 56	K11	I		
57 – 60	K12	I		
61 – 64	K13	I		
65 – 68	K14	I		
69 – 72	K15	I		
73 – 76	K16	I		

(35.1) Bedingung: $1 \leq \text{NZWI} \leq 10$

(35.2) Bedingung: $0 \leq \text{Ki} \leq 20$

A \cong 1

B \cong 2

⋮

s. Anmerkung zu Datensatz 37

T \cong 20

5.4.5 Zuweisung von Gruppennummern

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 36	
9 – 12	NEA	I	Anfangselement	(36.1)
13 – 16	NMAT	I	Materialgruppe (NDS 30)	(36.2), (36.4)
17 – 20	NQUE	I	Querschnittsgruppe (NDS 31–33)	(36.2), (36.4)
21 – 24	NBAL	I	Balkenendgelenkgruppe (NDS 34)	(36.2), (36.4)
25 – 28	NZWI	I	Zwischenknotengruppe (NDS 35)	(36.2), (36.4)
29 – 32	NBET	I	Bettungsfunktion (NDS 18)	(36.2), (36.3), (36.4)
41 – 44	NSTR	I	Strom-Nummer	(36.2)
53 – 56	NEE1	I	Endelement 1	(36.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(36.1)
61 – 64	NEE2	I	Endelement 2	(36.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NEE2	(36.1)

Der Datensatz 36 muß mindestens einmal verwendet werden.

- (36.1) Einzelelemente: $1 \leq NEA \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen
 $NEE_n = NSW_n = 0$
 Elementbereich: $1 \leq NEA \neq NEE_n \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen
 $NSW_n \geq 0$
 $\frac{NEE_n - NEA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$
Gesamtelemente: $NEA = NEE_n = NSW_n = 0$

- (36.2) Gruppenbereiche: $0 < NMA \leq 10$
 $0 \leq NQUE \leq 200$
 $0 \leq NBAL \leq 50$
 $0 \leq NZWI \leq 10$
 $0 \leq NBET \leq 20$
 $-3 \leq NSTR \leq 3$

- (36.3) Die Bettungsfunktionen (Bettungsziffern in negativer und positiver \bar{y} - oder \bar{z} -Richtung der Balkenelemente bzw. \bar{z} -Richtung der Plattenelemente) werden im Datensatz 18 beschrieben.

(36.4)

Typ	Element*)	Gruppe				
		MAT	QUE	BAL	ZWI	BET
001	Senkfeder	X	X			
002	Senkfeder	X	X			
011	Drehfeder	X	X			
012	Drehfeder	X	X			
101	Fachwerkstab	X	X			
102	Seil	X	X			
111	Balken	X	X	(X)	(X)	(X)
112	Balken	X	X	(X)	(X)	(X)
201	Dreieck-Scheibe	X	X		(X)	
202	Dreieck-Membrane	X	X		(X)	
204	Rechteck-Scheibe	X	X		(X)	
205	Viereck-Scheibe	X	X		(X)	
211	Dreieck-Faltwerk	X	X		(X)	(X)
212	Dreieck-Faltwerk	X	X		(X)	(X)
214	Rechteck-Faltwerk	X	X		(X)	(X)
215	Viereck-Faltwerk	X	X		(X)	(X)
217	Viereck-Schale	X	X		(X)	
221	Dreieck-Scheibe	X	X		(X)	
225	Viereck-Scheibe	X	X		(X)	
301	Tetraeder	X	(X)		(X)	
303	Pentaeder	X	(X)		(X)	
305	Hexaeder	X	(X)		(X)	
311	Tetraeder	X	(X)		(X)	
313	Pentaeder	X	(X)		(X)	
315	Hexaeder	X	(X)		(X)	

(X): Gruppe ist optional

*) Eine Kurzbeschreibung der Elementtypen ist im Abs. 2.1, eine Langbeschreibung im Theoriehandbuch, Kap. 4, angegeben.

5.4.6 Elementangaben

Im Datensatz 37 werden die Elemente durch Angabe ihrer Typnummer und ihrer Knoten beschrieben. Unterscheiden sich Elemente nur durch eine stets gleiche Differenz von Knotennummern, so können sie über eine Bildungsvorschrift (s. Abs. 3.8) beschrieben werden.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 37	
4	KE	A	Folgekartenkenner	(37.4)
5 – 8	KTYP	I	Elementtyp	(37.3)
9 – 12	NEA	I	Anfangselement	(37.1)
13 – 16	NK(1)	I	Knoten A	
17 – 20	NK(2)	I	Knoten B	
21 – 24	NK(3)	I	Knoten C	
25 – 28	NK(4)	I	Knoten D	(37.2)
29 – 32	NK(5)	I	Knoten E	(37.3)
33 – 36	NK(6)	I	Knoten F	
37 – 40	NK(7)	I	Knoten G	
41 – 44	NK(8)	I	Knoten H	
53 – 56	NEE1	I	Endelement 1	(37.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(37.1)
61 – 64	NEE2	I	Endelement 2	(37.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NEE2	(37.1)
69 – 72	NEE3	I	Endelement 3	(37.1)
73 – 76	NSW3	I	Schrittweite in Richtung NEE3	(37.1)

Der Datensatz 37 muß mindestens einmal verwendet werden.

1. Folgekarte

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
4	KE	A	Folgekartenkenner	(37.4)
13 – 16	NK(1)	I	Knoten I	(37.5)
17 – 20	NK(2)	I	Knoten J	
21 – 24	NK(3)	I	Knoten K	
25 – 28	NK(4)	I	Knoten L	
29 – 32	NK(5)	I	Knoten M	
33 – 36	NK(6)	I	Knoten N	
37 – 40	NK(7)	I	Knoten O	
41 – 44	NK(8)	I	Knoten P	

2. Folgekarte

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
13 – 16	NK(1)	I	Knoten Q	(37.5)
17 – 20	NK(2)	I	Knoten R	
21 – 24	NK(3)	I	Knoten S	
25 – 28	NK(4)	I	Knoten T	

(37.1) Einzelelemente: $1 \leq NEA \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen

$$NEE_n = NSW_n = 0$$

Elementbereich: $1 \leq NEA \neq NEE_n \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NEE_n - NEA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

(37.2) Die Knoten eines zu bildenden Elementes werden durch lineare Interpolation zwischen den Knoten des Anfangselementes NEA und den Knoten der Endelemente NEE1, NEE2 bzw. NEE3 ermittelt.

(37.3) Elementtyp und vorzugebende Knoten (s. Abs. 2.1 und Theoriehandbuch, Kap. 4)

Typ	Element	Knoten
001	Senkfeder	A B
002	Senkfeder	A B C
011	Drehfeder	A B
012	Drehfeder	A B C
101	Fachwerkstab	A B
102	Seil	A B
111	Balken	A B C
112	Balken	A B C
201	Dreieck-Scheibe	A B C
202	Dreieck-Membrane	A B C
204	Rechteck-Scheibe	A B C D
205	Viereck-Scheibe	A B C D
211	Dreieck-Faltwerk	A B C
212	Dreieck-Faltwerk	A B C
214	Rechteck-Faltwerk	A B C D
215	Viereck-Faltwerk	A B C D
217	Viereck-Schale	A B C D
221	Dreieck-Scheibe	A B C (D) (E) (F)*
225	Viereck-Scheibe	A B C D (E) (F) (G) (H)*
301	Tetraeder	A B C D
303	Pentaeder	A B C D E F
305	Hexaeder	A B C D E F G H
311	Tetraeder	A B C D (E) (F) (G) (H) (I) (J)*
313	Pentaeder	A B C D E F (G) (H) (I) ... (O)*
315	Hexaeder	A B C D E F G H (I) (J) ... (T)*

*: Knotennummern in (...) sind optional

(37.4) Ist der Kenner nicht gleich **■**, so wird bei Volumenelementen (Typ > 310) die nächste Karte als Folgekarte interpretiert.

(37.5) Ist die Knotennummer = 0, so wird der entsprechende Zwischenknoten nicht berücksichtigt.

5.5 Lastdaten

In den folgenden Datensätzen werden die Belastungsarten beschrieben. Jeder Lastfall wird durch seine Lastfallnummer gekennzeichnet. Alle Datensätze eines Lastfalles müssen hintereinander folgen und die gleiche Lastfallnummer tragen. Die Lastfälle müssen lückenlos in aufsteigender Reihenfolge numeriert werden.

Innerhalb eines Lastfalles können die Belastungsdaten unabhängig von der Belastungsart in beliebiger Reihenfolge vorgegeben werden. Alle Anteile werden grundsätzlich summiert.

Folgende Belastungsarten sind möglich:

- NDS = 40: Knotenlasten bezogen auf globale Richtungen
- NDS = 41: Knotenlasten bezogen auf lokale Richtungen
- NDS = 42: Linienlasten bei Flächen- und Volumenelementen
Flächenlasten bei Volumenelementen
- NDS = 43: Volumenlasten bezogen auf beliebige Richtungen
- NDS = 44: Flächenlasten bei Flächenelementen
- NDS = 45: Zwangsverformung von Lagerknoten
- NDS = 46: Streckenlasten bei Linienelementen
- NDS = 47: Temperatur
- NDS = 48: Vorspannung, Vordehnung, Elementvorverformung
- NDS = 49: Linearkombination von Lastfällen

Für die Lastfallnummern NLAS gilt:

$NRELF \leq NLAS \leq NRELF + 29$ mit $NRELF = \text{Nr. des ersten Lastfalls}$

5.5.1 Knotenlasten bezogen auf das globale kartesische Koordinatensystem

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 40	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer	
7 – 8	KE	I	Kennung der Belastungsart	(40.2)
9 – 12	NKA	I	Anfangsknoten	(40.1)
13 – 20	WX	R		
21 – 28	WY	R	Lastkomponenten	(40.2)
29 – 36	WZ	R		
– 52	KEM	I	Massekennung	(40.3)
53 – 56	NKE1	I	Endknoten 1	(40.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NKE1	(40.1)
61 – 64	NKE2	I	Endknoten 2	(40.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NKE2	(40.1)

(40.1) Einzelknoten: $1 \leq NKA \leq 9999$

$$NKE_n = NSW_n = 0$$

Knotenbereich: $1 \leq NKA \neq NKE_n \leq 9999$

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NKE_n - NKA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

(40.2) Die Eingabedaten sind die folgenden Lastkomponenten

	KE	WX	WY	WZ	Belastungsart
globales kartesisches	1	P-x	P-y	P-z	Einzellast
Koordinatensystem	2	M-x	M-y	M-z	Einzelmoment

(40.3) KEM = 0: Die eingegebene Last wirkt wie gewohnt als Last.

= 1: Die eingegebene Last wird umgerechnet und wirkt in alle Richtungen als Punktmasse.

= 2: Die eingegebene Last wird umgerechnet und wirkt in Richtung der in den Spalten 13 - 36 eingegebenen Lastkomponenten als Punktmasse.

5.5.2 Knotenlasten bezogen auf lokale Knotenkoordinatensysteme

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 41	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer	
7 – 8	KE	I	Kennung der Belastungsart	(41.2)
9 – 12	NKA	I	Anfangsknoten	(41.1)
13 – 20	W1	R		
21 – 28	W2	R	Lastkomponenten	(41.2)
29 – 36	W3	R		
53 – 56	NKE1	I	Endknoten 1	(41.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NKE1	(41.1)
61 – 64	NKE2	I	Endknoten 2	(41.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NKE2	(41.1)

(41.1) Einzelknoten: $1 \leq NKA \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen
 $NKE_n = NSW_n = 0$

Knotenbereich: $1 \leq NKA \neq NKE_n \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen
 $NSW_n > 0$
 $\frac{NKE_n - NKA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$

(41.2) Knotenlasten in Richtung der lokalen kartesischen Koordinatenachsen können nur an Knoten vorgegeben werden, an denen lokale Knotenkoordinatensysteme definiert sind.

	KE	W1	W2	W3	Belastungsart
lokales kartesisches	1	P-1	P-2	P-3	Einzellast
Koordinatensystem	2	M-1	M-2	M-3	Einzelmoment

(41.3) $KEM = 0$: Die eingegebene Last wirkt wie gewohnt als Last.
 $= 1$: Die eingegebene Last wird umgerechnet und wirkt in alle Richtungen als Punktmasse.
 $= 2$: Die eingegebene Last wird umgerechnet und wirkt in Richtung der in den Spalten 13 - 36 eingegebenen Lastkomponenten als Punktmasse.

5.5.3 Linienlasten bei Flächen- und Volumenelementen

Flächenlasten bei Volumenelementen

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 42	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer	
7 – 8	KE	I	Kennung der Belastungsart	(42.2)
9 – 12	NEA	I	Anfangselement	(42.1)
13 – 20	W1	R		
21 – 28	W2	R	Lastordinaten	
29 – 36	W3	R		
49 – 52	NRND	I	Randnummer	(42.3)
53 – 56	NKE1	I	Endelement 1	(42.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NKE1	(42.1)
61 – 64	NKE2	I	Endelement 2	(42.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NKE2	(42.1)

(42.1) Einzelelemente: $1 \leq NEA \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen

$$NEE_n = NSW_n = 0$$

Elementbereich: $1 \leq NEA \neq NEE_n \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NEE_n - NEA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

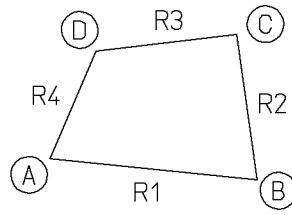
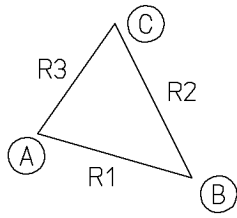
(42.2) KE = 01: gleichmäßige Linienlast (lokal)

KE = 05: gleichmäßige Flächenlast (lokal)

KE = 11: gleichmäßige Linienlast (global)

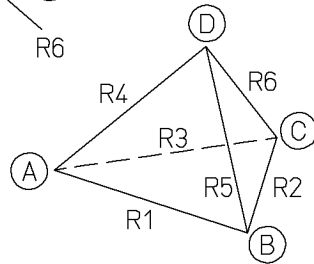
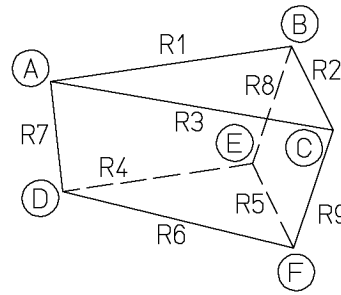
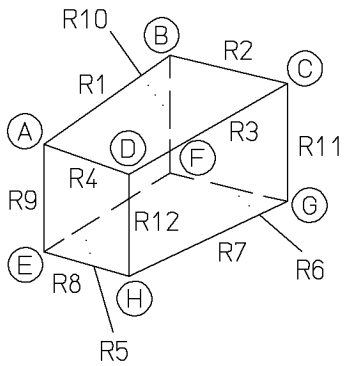
KE = 15: gleichmäßige Flächenlast (global)

(42.3) Flächenelemente (in Arbeit)

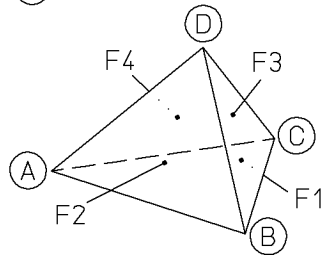
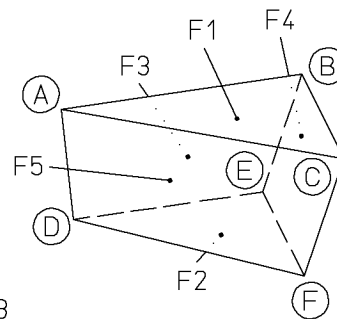
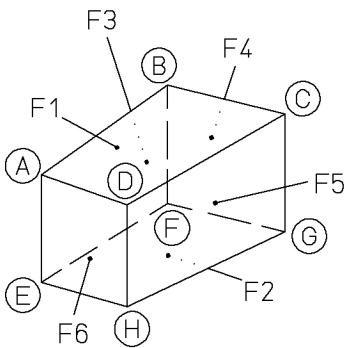


Volumenelemente

Linienelemente (in Arbeit)



Flächenbelastung



5.5.4 Volumenlasten (z.B. Eigengewicht)

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 43	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer	
9 – 12	NEA	I	Anfangselement	(43.1)
13 – 20	FAKTX	R		
21 – 28	FAKTY	R	Faktor der Volumenlastkomponenten	(43.2)
29 – 36	FAKTZ	R		
53 – 56	NEE1	I	Endelement 1	(43.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(43.1)
61 – 64	NEE2	I	Endelement 2	(43.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NEE2	(43.1)

(43.1) Einzelemente: $1 \leq NEA \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen

$$NEE_n = NSW_n = 0$$

Elementbereich: $1 \leq NEA \neq NEE_n \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NEE_n - NEA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

Gesamtelemente: $NEA = NEE_n = NSW_n = 0$

(43.2) Knotenkräfte infolge von Volumenlasten errechnen sich aus dem Volumen des Elementes multipliziert mit dem spezifischen Gewicht (Datensatz 30) und den angegebenen Faktoren für die Volumenlastkomponenten.

$$\text{Bedingung: } FAKTX^2 + FAKTY^2 + FAKTZ^2 = 1$$

5.5.5 Flächenlasten bei Flächenelementen

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 44	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer	
7 – 8	KE	I	Kennung der Belastungsart	(44.2)
9 – 12	NEA	I	Anfangselement	(44.1)
13 – 20	PX	R		
21 – 28	PY	R	Flächenlastkomponenten	(44.2)
29 – 36	PZ	R		
53 – 56	NEE1	I	Endelement 1	(44.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(44.1)
61 – 64	NEE2	I	Endelement 2	(44.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NEE2	(44.1)

(44.1) Einzelemente: $1 \leq NEA \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen

$$NEE_n = NSW_n = 0$$

Elementbereich: $1 \leq NEA \neq NEE_n \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NEE_n - NEA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

(44.2) Die Flächenlasten entsprechen den folgenden Belastungskomponenten.

	KE	PX	PY	PZ
lokale kartesische Koordinaten	0	P-1	P-2	P-3
	10	-	-	P-3
globale kartesische Koordinaten	1	P-x	P-y	P-z
	2	P-x	P-y	P-z
	3	P-x	P-y	P-z

Flächenlasten in Richtung der lokalen Koordinatenachsen können bei Flächenelementen ($200 < \text{Elementtyp} < 300$) vorgegeben werden.

Flächenlasten in Richtung der globalen Koordinatenachsen sind jedoch nur bei den Elementtypen 202 (Zug-Membrane) sowie Faltwerk- und Schalenelementen zulässig.

Im Gegensatz zu $\text{KE} = 3$ ist die Belastung bei $\text{KE} = 1$ und bei $\text{KE} = 2$ auf die projizierte Fläche bezogen.

$\text{KE} = 0$: Lokale kartesische Belastungen sind für gekrümmte Schalen (Elementtyp 217) nicht vorgesehen

$\text{KE} = 2$: wie $\text{KE} = 1$, aber nur Lasten senkrecht zur Elementebene (z.B. Windanströmung auf einen Zylinder)

$\text{KE} = 10$: nicht richtungstreue Belastung bei Membranen (Elementtyp 202) und Schalen (Elementtyp 217), z.B. Innendruck

5.5.6 Zwangsverformung von Lagerknoten

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 45	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer	
7 – 8	KE	I	Kennung der Verformungsart	(45.2)
9 – 12	NKA	I	Anfangsknoten	(45.1)
13 – 20	WX	R		
21 – 28	WY	R	Verformungskomponenten	(45.2)
29 – 36	WZ	R		
53 – 56	NKE1	I	Endknoten 1	(45.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NKE1	(45.1)
61 – 64	NKE2	I	Endknoten 2	(45.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NKE2	(45.1)

(45.1) Einzelknoten: $1 \leq NKA \leq 9999$

$$NKE_n = NSW_n = 0$$

Knotenbereich: $1 \leq NKA \neq NKE_n \leq 9999$

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NKE_n - NKA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

(45.2) Die Zwangsverformungen entsprechen den folgenden Verformungskomponenten:

	KE	WX	WY	WZ	Verformungsart
globales kartesisches bzw.	1	T-x	T-y	T-z	Translation
lokales Knoten-Koordinatensystem	2	R-x	R-y	R-z	Rotation

5.5.7 Streckenlasten bei Linienelementen

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 46	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer	
7 – 8	KE	I	Kennung der Belastungsart	(46.2)
9 – 12	NEA	I	Anfangselement	(46.1)
21 – 28	PA	R	Belastungswert am linken Knoten	(46.3)
37 – 44	PB	R	Belastungswert am rechten Knoten	(46.3)
– 52	KEM	I	Massekennung	(46.4)
53 – 56	NEE1	I	Endelement 1	(46.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(46.1)
61 – 64	NEE2	I	Endelement 2	(46.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NEE2	(46.1)

(46.1) Einzelelemente: $1 \leq NEA \leq 9999$

$$NEE_n = NSW_n = 0$$

Elementbereich: $1 \leq NEA \neq NEE_n \leq 9999$

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NEE_n - NEA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

(46.2) Die Kennung für die Belastungsart KE gibt an, um welche Kraft- oder Momentenkomponenten es sich bei den Belastungswerten des Datensatzes handelt.

KE = 1: P-1 Streckenlasten in Richtung der lokalen

KE = 2: P-2 elementeigenen Koordinatenachsen

KE = 3: P-3

KE = 4: M-1 Streckenmomente um die lokalen element-

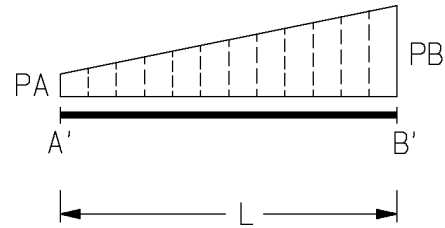
KE = 5: M-2 eigenen Koordinatenachsen

KE = 6: M-3

KE = 11 – 16: global

KE = 21 – 26: global, auf die Projektion bezogen

(46.3) Vorgabe von Streckenlasten



$$| PA | + | PB | > 0$$

- (46.4) KEM = 0: Die eingegebene Streckenlast wirkt wie gewohnt als Last.
 = 1: Die eingegebene Streckenlast wird in konzentrierte Punktmassen umgerechnet und wirkt in alle Richtungen.
 = 2: Die eingegebene Streckenlast wird in konzentrierte Punktmassen umgerechnet und wirkt in die jeweilige Richtung, die durch den Kenner KE in Spalte 7/8 eingegeben wurde.

5.5.8 Temperatur

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 47	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer	
9 – 12	NEA	I	Anfangselement	(47.1)
13 – 20	TS	R	Temperaturänderung in der Schwerachse	(47.2)
21 – 28	DT2	R	Temperaturdifferenz bzgl. \bar{y} - Achse	(47.2)
29 – 36	DT3	R	Temperaturdifferenz bzgl. \bar{z} - Achse	(47.2)
37 – 44	D2	R	Bezugsdicke für DT2	(47.2)
45 – 52	D3	R	Bezugsdicke für DT3	(47.2)
53 – 56	NEE1	I	Endelement 1	(47.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(47.1)
61 – 64	NEE2	I	Endelement 2	(47.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NEE2	(47.1)

(47.1) Einzelemente: $1 \leq NEA \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen

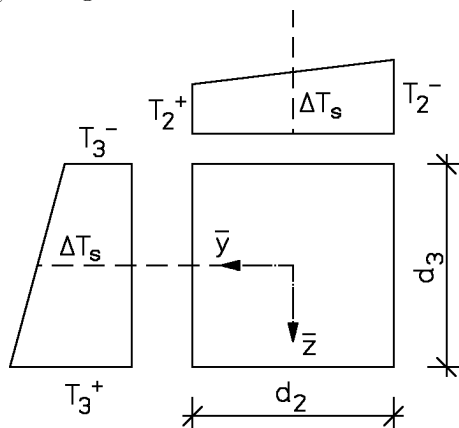
$$NEE_n = NSW_n = 0$$

Elementbereich: $1 \leq NEA \neq NEE_n \leq 9999$ bzw. 2000 bei Volumenelementen

$$NSW_n \geq 0$$

$$\frac{NEE_n - NEA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

(47.2) Vorgabe von Temperaturdifferenzen:



$$DT2 = T_2^+ - T_2^-; DT3 = T_3^+ - T_3^-$$

D2, D3 sind die Abstände der Bezugspunkte bei Elementtyp 111 und 112.

Für Platten wird nur DT3 ausgewertet und auf die Elementdicke bezogen.

Für Fachwerkstäbe und Scheiben wird nur die Temperatur TS in der Schwerachse bzw. in der Mittelfläche ausgewertet. Auch bei Volumenelementen wird nur TS ausgewertet.

5.5.9 Vorspannung, Vordehnung, Elementverformung

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 48	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer	
7 – 8	KE	I	Kennung der Belastungsart	(48.3)
9 – 12	NEA	I	Anfangselement	(48.1)
13 – 20 –	ZV1	R	Vorspannkraft, Vordehnung, Elementverformung	(48.2)
21 – 28	ZV2	R	”	
53 – 56	NEE1	I	Endelement 1	(48.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(48.1)
61 – 64	NEE1	I	Endelement 1	(48.1)
65 – 68	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(48.1)

(48.1) Einzelemente: $1 \leq NEA \leq 9999$

$$NEE_n = NSW_n = 0$$

Elementbereich: $1 \leq NEA \neq NEE_n \leq 9999$

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NEE_n - NEA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

(48.2) Die Werte sind vorzeichengerecht anzugeben. Der erste Wert bezieht sich auf die lokale \bar{x} -Richtung, der zweite - bei Flächenelementen - auf die lokale \bar{y} -Richtung.

(48.3) $KE = 0$: Vorspannkraft

1: Vordehnung

2: Elementverformung in \bar{x} -Richtung am Knoten 1

3: Elementverformung in \bar{x} -Richtung am Knoten 2

5.5.10 Vorspannung im Massivbau

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 48	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer	
7 – 8	KE	I	Kennung der Belastungsrichtung	(48.2)
9 – 12	NEA	I	Anfangselement	(48.1)
13 – 20	ZV1	R	Vorspannkraft	
21 – 28	E1	R		
29 – 36	E2	R	Parameter der Spanngliedlage	(48.2)
37 – 44	E3	R		
49 – 52	NEL	I	Richtungsstab der Vorspannung bei Flächenelementen	(48.1), (48.2)
49 – 52	NEE1	I	Endelement 1	(48.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(48.1)
61 – 64	NEE2	I	Endelement 1	(48.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(48.1)

(48.1) Einzelemente: $1 \leq NEA \leq 9999$

$$NEE_n = NSW_n = 0$$

Elementbereich: $1 \leq NEA \neq NEE_n \leq 9999$

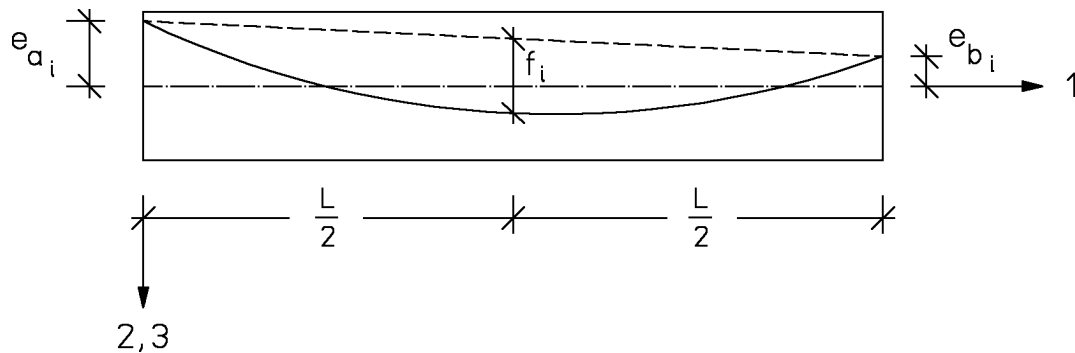
$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NEE_n - NEA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

(48.2) Bedeutung der Parameter:

	KE	E1	E2	E3	NEL
Fachwerkstab	–	–	–	–	–
Balkenelement	2	e_{a2}	e_{b2}	f_2	–
	3	e_{a3}	e_{b3}	f_3	–
Scheibenelement	–	–	–	–	NEL
Schalenelement	–	e	–	–	NEL

Die Spanngliedlage wird bei Balkenelementen wie folgt festgelegt



e_{a_i} , e_{b_i} sind die Ausmittungen des Spannglieds als Koordinate in lokaler i -Richtung. f_i ist der Parabelstich in lokaler i -Richtung, gemessen von der Verbindungslinie der Endpunkte.

Bei Schalen ist e die Ausmitte im Elementschwerpunkt in lokaler 3-Richtung.

NEL ist ein Element vom Typ 111, dessen Richtung die Vorspannrichtung bei Flächenelementen angibt. Seine Projektion muß eine Komponente in der Ebene des vorgespannten Tragwerkteils (an beliebiger Stelle) besitzen. Die Vorspannkraft wird bei Flächenelementen auf die Längeneinheit bezogen (z.B. kN/m).

5.5.11 Linearkombination von Lastfällen

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 49	
5 – 6	NLAS	I	Lastfallnummer der Linearkombination	
13 – 16	NLF(1)	I	Lastfallnummer	
17 – 24	FAK(1)	R	Faktor	
25 – 28	NLF(2)	I	Lastfallnummer	
29 – 36	FAK(2)	R	Faktor	
37 – 40	NLF(3)	I	Lastfallnummer	
41 – 48	FAK(3)	R	Faktor	
49 – 52	NLF(4)	I	Lastfallnummer	
53 – 60	FAK(4)	R	Faktor	
61 – 64	NLF(5)	I	Lastfallnummer	
65 – 72	FAK(5)	R	Faktor	

5.6 Dynamikdaten

5.6.1 Kenngrößen für die dynamische Berechnung

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 61	
5 – 6	IMAS	I	Kennung für die Massenmatrix	(61.1)
7 – 8	IDAM	I	Kennung für die Dämpfung	(61.2)
9 – 12	IDYN	I	Kennung für die dynamische Berechnung	(61.3)
13 – 14	STOCH	I	Kennung für Überlagerungsregel	(61.4)
15 – 16	AUFX	I	Kennung für Erregungsrichtung X	(61.5)
17 – 18	AUFY	I	Kennung für Erregungsrichtung Y	
19 – 20	AUFZ	I	Kennung für Erregungsrichtung Z	
21 – 28	G	R	Erdbeschleunigung	
– 29	KENDE	I	Kenner für DIN bzw. EC 8	(61.6)
– 30	A0(SSC)	I	Erdbebenzone/(subsoil class)	(61.7)
31 – 38	BWK (ALPHA)	R	Bauwerksklasse/(alpha)	(61.8)
39 – 46	KAPPA (BFQ)	R	Baugrundfaktor/(behaviour factor)	(61.9)
47 – 54	T_QUAKE	R	Erdbebendauer	(61.10)
55 – 62	DAEMPF	R	Dämpfung	(61.11)

(61.1) IMAS = 0: keine Berücksichtigung von Knotenverdrehungen im Ansatz für die konsistenten Massenmatrizen (s. Theoriehandbuch, Kap. 4)

= 1: mit Berücksichtigung von Knotenverdrehungen im Ansatz für die konsistenten Massenmatrizen

(61.2) IDAM = 0: ohne Dämpfung

= 1: orthogonale Dämpfung bei IDYN = 3

= 2: modale Dämpfung bei IDYN = 2

= 3: beliebige Besetzung der Dämpfungsmatrix (geplant)

(61.3) IDYN = 0: keine dynamische Berechnung

= 1: nur Eigenfrequenzberechnung

= 2: Antwortspektrenverfahren

= 3: Numerische Integration

- (61.4) STOCH = 1: Überlagerung mit QCQ-Verfahren
 = 2: Überlagerung mit SRSS-Verfahren
 = 3: SUM/ABS-Verfahren
 = 4: CQC-TA-Verfahren
 = 5: Integrierte Wechselwirkungsfaktoren aus dem Antwortspektrum der DIN 4149
 = 6: Integrierte Wechselwirkungsfaktoren aus dem Antwortspektrum des EC 8
- (61.5) AUFX,Y,Z = 0: Die jeweilige globale Erregungsrichtung wird beim Antwortspektrenverfahren berücksichtigt (1) oder nicht berücksichtigt (0).
 = 1: Wird keine Erregungsrichtung vorgegeben, so wird mit der globalen X-Erregungsrichtung gerechnet.
- (61.6) KENDE = 1: Es wird nach DIN 4149 gerechnet
 = 2: Es wird nach EC 8 gerechnet

Die folgenden drei Einträge wurden doppelt belegt:

- (61. 7) A0 = 1 ... 4: Die Einträge entsprechen den Erdbebenzonen 1 - 4.
 für KENDE = 1: Den jeweiligen Erdbebenzonen werden gemäß DIN 4149 Regelwerte für die Horizontalbeschleunigung zugewiesen.

Erdbebenzone 1	$a_0 = 0,25 \text{ m/s}^2$
Erdbebenzone 2	$a_0 = 0,40 \text{ m/s}^2$
Erdbebenzone 3	$a_0 = 0,65 \text{ m/s}^2$
Erdbebenzone 4	$a_0 = 1,00 \text{ m/s}^2$

SSC = 1...3: Siehe EC 8 (subsoil class)
für KENDE = 2:

1	s	= 1,0
	beta	= 2,5
	tb	= 0,10
	tc	= 0,40
	td	= 3,0
	kd1	= 2/3
	kd2	= 5/3
2	s	= 1,0
	beta	= 2,5
	tb	= 0,15
	tc	= 0,60
	td	= 3,0
	kd1	= 2/3
	kd2	= 5/3
3	s	= 0,9
	beta	= 2,5
	tb	= 0,20
	tc	= 0,80
	td	= 3,0
	kd1	= 2/3
	kd2	= 5/3

(61.8) BWK = 1...3: Die Einträge entsprechen den Bauwerksklassen 1 - 3
für KENDE = 1: Durch sie werden Abminderungsfaktoren berechnet:

Bauwerksklasse	Erdbebenzone			
	1	2	3	4
1	0,5	0,6	0,7	0,8
2	0,6	0,7	0,8	0,9
3	0,7	0,8	0,9	1,0

ALPHA Siehe EC 8
für KENDE = 2 :

- (61.9) KAPPA > 0 Kappa entspricht dem Baugrundfaktor gemäß DIN 4149.
für KENDE = 1 : Falls keine genaueren Werte bekannt sind, kann folgende Abschätzung verwendet werden:

Bei harten Festgesteinen (z. B. Granit, Kalkstein, Basalt, harter Sandstein) in gleichmäßig festem Verbund	$\chi = 1,0$
Bei weichen Festgesteinen (z. B. weicher Sandstein, Schiefertone, Mergelstein) und bei wechselnder Schichtung oder starker Klüftung	$\chi = 1,1$ bis $1,2$
Bei Lockergesteinen (z. B. nichtbindige Böden wie Kiese, Sande, bindige Böden, Schluffe oder Tone mit einer Konsistenz besser als steif)	$\chi = 1,2$ bis $1,4$

BFQ Siehe EC 8 (behaviour factor q).
für KENDE = 2

- (61.10) T-QUAKE > 0 Erdbebendauer für CQC-TA-Verfahren.

- (61.11) DAEMPF > 0 Dämpfung (in der Regel = 0,05)

5.6.2 Kenngrößen für die Eigenfrequenzberechnung

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 62	
9 – 12	NEIR	I	Anzahl der gesuchten Eigenfrequenzen	(62.1)
13 – 16	NEIK	I	Anzahl der Kontrollfrequenzen	(62.1)
17 – 20	ITDY	I	max. Anzahl der Iterationen	
21 – 28	EPSD	R	Fehlerschranke	

- (62.1) Zur Verbesserung der Konvergenz wird mit NEIR + NEIK Eigenformen iteriert (s. Theoriehandbuch, Kap. 6).

Bedingung: $NEIR \geq 1$
 $NEIK \geq \min\{NEIR, 8\}$
 $NEIR + NEIK \leq 30$

5.6.3 Zeitkenngrößen

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 63	
9 – 12	KEN0	I	Kennung für die Anfangsbedingungen	(63.1)
13 – 20	TAFG	R	Anfangszeitpunkt	
21 – 28	TEND	R	Endzeitpunkt	
29 – 36	DT	R	Zeitschrittweite	

- (63.1) KEN0 = 0: Anfangsverformungen ergeben sich aus einer statischen Berechnung, Anfangsgeschwindigkeiten werden zu Null angenommen
- = 1: Anfangsverformungen ergeben sich aus einer statischen Berechnung, Anfangsgeschwindigkeiten ergeben sich aus zwei statischen Berechnungen über Vorwärtsdifferenzen.
- = 2: Anfangsverformungen und -geschwindigkeiten werden vom Benutzer angegeben (geplant).

Bemerkung: Die Anfangsbeschleunigungen werden immer zu Null angenommen.

5.6.4 Parameter für das Newmark-Verfahren

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 64	
13 – 20	GAMA	R	Integrationsparameter γ	(64.1)
21 – 28	BETA	R	Integrationsparameter β	(64.1)

(64.1) s. Theoriehandbuch, Kap. 7

5.6.5 Orthogonale Dämpfung

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 66	
13 – 20	DMPA	R	Proportionalitätsfaktor a	(66.1)
21 – 28	DMPB	R	Proportionalitätsfaktor b	(66.1)

(66.1) Mit den Faktoren a, b wird eine konsistente Dämpfungsmatrix aus Massen- und Steifigkeitsmatrizen gebildet:

$$\underline{C} = a \underline{M} + b \underline{K}$$

(s. Theoriehandbuch, Abs. 3.6)

5.6.6 Modale Dämpfung

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 67	(67.1)
9 – 12	NFA	I	Nummer der Eigenform	
13 – 20	DA	R	Maß der Dämpfung	
53 – 56	NFE	I	Letzte Eigenform	
57 – 60	NSW	I	Schrittweite	

(67.1) s. Theoriehandbuch, Abs. 3.6

5.6.7 Stromdaten

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 69	
13 – 20	IK	R	Dauerkurzschlußstrom in $[kA]$	(69.1)
21 – 28	ALPHA	R	Phasenwinkel in $[\circ]$	
29 – 36	TAU	R	Zeitkonstante des abklingenden Gleichstromgliedes	(69.2)
37 – 44	RAD	R	Leiterradius	(69.3)

(69.1) Bedingung: $0 < IK < 1000 [kA]$

(69.2) Bedingung: $0 < TAU \leq 10 [s]$

(69.3) Bedingung: $0.005 [m] < RAD \leq 0.5 [m]$

5.6.8 Kenngrößen für Auflagerbeschleunigungen (Erdbebenlastfall bei Direktintegration)

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 70	
7 – 8	KX	I	Parameter zur Definition der zu berücksichtigenden Komponenten	(70.1),
9 – 10	KY	I		(70.2)
11 – 12	KZ	I		
13 – 20	SKALX	R	Skalierungsfaktor der X-Komponente	(70.2)
21 – 28	SKALY	R	Skalierungsfaktor der Y-Komponente	(70.2)
29 – 36	SKALZ	R	Skalierungsfaktor der Z-Komponente	(70.2)

Der Datensatz 70 vorhanden sein, wenn mit Auflagerbeschleunigungen gerechnet werden soll.

(70.1) KX, KY, KZ = 0: Die Komponente wird nicht berücksichtigt.
= 1: Die Komponente wird berücksichtigt.

(70.2) X, Y, Z beziehen sich auf das globale kartesische Koordinatensystem.

5.6.9 Zeitabhängige Knotenlasten

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 71	
7 – 8	KE	I	Kennung der Belastungsart	(71.3)
9 – 12	NKA	I	Anfangsknoten	(71.1)
13 – 20	WX	R		
21 – 28	WY	R	Lastkomponenten	(71.3)
29 – 36	WZ	R		
37 – 44	ZP	R	Zeitpunkt	(71.2)
53 – 56	NKE1	I	Endknoten 1	(71.1)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NKE1	(71.1)
61 – 64	NKE2	I	Endknoten 2	(71.1)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NKE2	(71.1)

Bemerkung: Alle zu einem Zeitpunkt gehörenden Knotenlasten müssen hintereinander definiert werden.

Es müssen mindestens 2 Zeitpunkte vorhanden sein.

(71.1) Einzelknoten: $1 \leq NKA \leq 9999$

$$NKE_n = NSW_n = 0$$

Knotenbereich: $1 \leq NKA \neq NKE_n \leq 9999$

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NKE_n - NKA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

(71.2) Die Zeitpunkte müssen in aufsteigender Reihenfolge eingegeben werden.

(71.3) Die Eingabedaten sind die folgenden Lastkomponenten:

	KE	WX	WY	WZ	Belastungsart
globales kartesisches	1	P-x	P-y	P-z	Einzellast
Koordinatensystem	2	M-x	M-y	M-z	Einzelmoment

5.6.10 Komponenten der Auflagerbeschleunigungen (Erdbebenlastfall bei Direktintegration)

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 75	
13 – 20	AUFX	R	Komponente in X-Richtung	(75.1)
21 – 28	AUFY	R	Komponente in Y-Richtung	(75.1)
29 – 36	AUFZ	R	Komponente in Z-Richtung	(75.1)
37 – 44	ZEIT	R	Zeitpunkt	(75.2)

Es müssen mindestens 2 Datensätze vorhanden sein, wenn mit Auflagerbeschleunigungen gerechnet werden soll.

(75.1) X, Y, Z beziehen sich auf das globale kartesische Koordinatensystem.

(75.2) Die Zeitpunkte müssen in aufsteigender Reihenfolge eingegeben werden.

5.7 Bemessungsdaten

5.7.1 Bemessungskenner

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 91	
13 – 16	NLF(1)	I	Lastfallnummer	
17 – 24	KEN(1)	R	Kenner	(91.1)
25 – 28	NLF(2)	I	Lastfallnummer	
29 – 36	KEN(2)	R	Kenner	(91.1)
37 – 40	NLF(3)	I	Lastfallnummer	
41 – 48	KEN(3)	R	Kenner	(91.1)
49 – 52	NLF(4)	I	Lastfallnummer	
53 – 60	KEN(4)	R	Kenner	(91.1)
61 – 64	NLF(5)	I	Lastfallnummer	
65 – 72	KEN(5)	R	Kenner	(91.1)

Der Datensatz 91 muß verwendet werden, wenn bemessen werden soll.

(91.1) KEN(i) = 0: Für den Lastfall i wird keine Bemessung durchgeführt.

> 0: Für den Lastfall i wird eine Bemessung durchgeführt.

1: Lastfall für DIN 1045

2: Grundkombination für EC 2

3: Außergewöhnliche Kombination für EC 2

5.7.2 Ausgabesteuerung des Bemessungsteiles

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 113	
17 – 18	LISTB(1)	I	Kenner für die Listensteuerung	(113.1)
19 – 20	LISTB(2)	I	der Ausgabe des Bemessungsteils	
21 – 22	ECDIN	I	Kenner für die Bemessungsnorm	(113.2)

(113.1) LISTB(i) \neq 0: Es wird keine Ausgabeliste gedruckt

LISTB(1): Ausgabe der Bemessungsgruppendaten

LISTB(2): Bewehrungsausgabe für alle Elemente,
bei Flächenelementen für alle Elemente, deren Bewehrung größer
als die in Datensatz 134 vorgegebene Mindestbewehrung ist oder
die rechnerische Schubbewehrung benötigen.

(113.2) ECDIN = 0: Bemessung nach DIN 1045

ECDIN = 1: Bemessung nach EC 2

ECDIN = 2: Bemessung nach DIN 1045 mit elementweise gemittelten Schnittkräften

ECDIN = 3: Bemessung nach EC 2 mit elementweise gemittelten Schnittkräften

Die Extremwerte für die einzelnen Querschnittsgruppen werden immer ausgegeben.

5.7.3 Bemessungsmaterialgruppen

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 131	
9 – 12	NBMA	I	Nr. der Bemessungsmaterialgruppe	(131.1)
13 – 20	BMAT(1)	R	Rechenfestigkeit des Betons β_R bzw. f_{cK}	(131.2)
21 – 28	BMAT(2)	R	max. Stahldehnung in ‰	(131.3)
29 – 36	BMAT(3)	R	E-Modul Betonstahl E_{bst}	(131.2)
37 – 44	BMAT(4)	R	Streckgrenze des Stahles β_S bzw. f_{yK}	(131.4)
45 – 52	BMAT(5)	R	zul τ_{011} bzw. τ_{Rd}	
53 – 60	BMAT(6)	R	zul τ_{012} bzw. α_s	(131. 5)
61 – 68	BMAT(7)	R	zul τ_{02} bzw. θ	
69 – 76	BMAT(8)	R	zul τ_{03} bzw. 0	

Der Datensatz 131 muß mindestens einmal verwendet werden, wenn bemessen werden soll.

(131.1) $1 \leq \text{NBMA} \leq 10$

(131.2) Betonfestigkeitsklassen

$\beta_R > 0, E_{bst} > 0$ (s. NDS 30), $\beta_S > 0$ (DIN 1045)

$f_{ck} > 0, E_{cm} > 0$ (s. NDS 30), $f_{yk} > 0$ (EC 2)

DIN 1045, Tab. 1

Betongruppe	Festigkeits- klasse	Rechenfestigkeit β_R [N/mm ²]	Nennndruckfestigkeit β_{WN} [N/mm ²]	E-Modul E_b [N/mm ²]
B I	B15	10,5	15	26.000
	B25	17,5	25	30.000
B II	B35	23,0	35	34.000
	B45	27,0	45	37.000
	B55	30,0	55	39.000

EC2, (entsprechend der DIN V ENV 206)

Festigkeits- klasse	Zylinderdruckfestigkeit $f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	Würfeldruckfestigkeit $f_{ck,cube}$ [N/mm ²]	E-Modul E_{cm} [N/mm ²]
C 12/15	12	15	26.000
C 16/20	16	20	27.500
C 20/25	20	25	29.000
C 25/30	25	30	30.500
C 30/37	30	37	32.000
C 35/45	35	45	33.500
C 40/50	40	50	35.000
C 45/55	45	55	36.000
C 50/60	50	60	37.000

(131.3) max. Stahldehnung für die Bemessung (DAfStb-Richtlinie)

Max. Stahldehnung [‰]	BSt 420	BSt 500	S 500
DIN 1045	5	5	–
EC 2	-	-	20

(131.4) Eigenschaften der Betonstähle

Bezeichnung	BSt 420	BSt 500	S 500
Gültige Norm	DIN 1045	DIN 1045	EC 2
Streckgrenze β_S [N/mm] ²	420	500	500
Zugfestigkeit β_Z [N/mm] ²	500	550	550
E-Modul E_s [N/mm] ²	210.000	210.000	200.000

(131.5) Grundwerte der Schubspannungen:

Für die Berechnung nach DIN 1045:

Grenzen der Grundwerte der Schubspannungen τ_0 unter Gebrauchslast:

$$\text{BMAT}(5) \equiv \tau_{011} > 0$$

$$\text{BMAT}(6) \equiv \tau_{012} > 0$$

$$\text{BMAT}(7) \equiv \tau_{02} > 0$$

$$\text{BMAT}(8) \equiv \tau_{03} > 0 \quad (= \tau_{02}, \text{ wenn kein Rippenstahl verwendet wird})$$

Für τ_{011} muß entweder τ_{011a} oder τ_{011b} eingegeben werden, je nachdem ob mit gestaffelter Bewehrung gerechnet wird oder nicht.

DIN 1045, Abs. 17.5.5, Tab. 13:

Bereich	Bauteil	$\max \tau_0$	Grundwerte der Schubspannung τ_0 [N/mm ²] für				
			B15	B25	B35	B 45	B55
1	Platten	τ_{011a}	0.23	0.35	0.40	0.50	0.55
		τ_{011b}	0.35	0.50	0.60	0.70	0.80
	Balken	τ_{012}	0.50	0.75	1.00	1.10	1.25
2	Platten	τ_{02}					
	Balken		1.20	1.80	2.40	2.70	3.00
3	Balken	τ_{03}	2.00	3.00	4.00	4.50	5.00
			nur bei d bzw. $d_0 > 45$ cm und Rippenstahl				

Für die Berechnung nach EC 2:

BMAT(5) $\equiv \tau_{Rd} > 0$ Grundwert der Schubspannung (DAfStb-Ri., Tab. R4, 1993)

BMAT(6) $\equiv \alpha_s$ Neigungswinkel der Schubbewehrung zur Bauteillängsachse; $30^\circ \leq \alpha_s \leq 90^\circ$

BMAT(7) $\equiv \theta$ Druckstrebenneigung; $30^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ (für BMAT (7) = 0 oder unzulässige Eingaben wird $\theta = 45^\circ$ gesetzt)

BMAT(8) $\equiv 0$ (wird bei der Bemessung nach EC 2 nicht verwendet.)

 τ_{Rd} -Richtwerte (DAfStb-Richtlinie zur Anwendung von EC 2 T1 [Tab.R4]):

Grundwerte der Schubspannung τ_{Rd} [N/mm ²]									
Beton	C10/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
τ_{Rd}	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,33

5.7.4 Bewehrungsrichtungen bei Flächenelementen

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 132	
7 – 8	KB2	I	Winkelkennung	(132.1)
9 – 12	NGR1	I	Nr. der Richtungsgruppe	(132.2)
13 – 20	RKO(1)	R	\bar{x} - bzw. x -Koordinate	
21 – 28	RKO(2)	R	\bar{y} - bzw. y -Koordinate	
29 – 36	RKO(3)	R	z -Koordinate	(132.3)
37 – 44	WIN(2)	R	Winkel zwischen ξ - und η -Richtung	
45 – 52	WIN(3)	R	Winkel zwischen η - und φ -Richtung	(132.4)

Der Datensatz 132 muß verwendet werden, wenn Flächenelemente bemessen werden sollen.

(132.1) KB2 = 0: Winkel beziehen sich auf das lokale Elementkoordinatensystem
 = 1: Ebene der Bewehrungsrichtung geht durch die globale x-Achse
 = 2: Ebene der Bewehrungsrichtung geht durch die globale y-Achse
 = 3: Ebene der Bewehrungsrichtung geht durch die globale z-Achse
 (s. Definition der 1. Bewehrungsrichtung und Beispiele in Bild 5.1)

(132.2) $1 \leq \text{NGR1} \leq 20$

(132.3) $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ bzw. x, y, z : Koordinaten zur Beschreibung der Bewehrungsebene

(132.4) ξ, η, φ : Bewehrungsrichtungen in Grad

Für die Berechnung nach DIN 1045:

WIN(2) > 0; WIN(2) < WIN(3) bei dreibahniger Bewehrung

Für die Berechnung nach EC2:

WIN(2) $\equiv 90^\circ$; WIN(3) $\equiv 0$, da nur zweibahnige, orthogonale Bewehrung verwendet wird.

Zur Definition der 1. Bewehrungsrichtung

Die 1. Bewehrungsrichtung wird grundsätzlich durch den Schnitt zweier Ebenen definiert. Eine Ebene ist immer die \bar{x} - \bar{y} -Ebene des elementeigenen Koordinatensystems. Die zweite Ebene wird in Abhängigkeit vom Parameter KB2 definiert:

Für KB2 = 0 wird sie durch die elementeigene z -Achse und einen Vektor, der durch die Punkte P1 = (0;0;0) und P2 = (RKO(1);RKO(2);0) im elementeigenen Koordinatensystem beschrieben wird, aufgespannt.

Für $KB2 \neq 0$ wird sie durch die durch KB2 definierte globale Achse (s. Beispiele in Bild 5.1) und einen Vektor, der durch die Punkte $P1 = (0;0;0)$ und $P2 = (RKO(1); RKO(2); RKO(3))$ im globalen Koordinatensystem beschrieben wird, aufgespannt.

Der Winkel ξ der 1. Bewehrungsrichtung ist der Winkel zwischen der elementeigenen \bar{x} -Achse und dieser – in den Nullpunkt des elementeigenen Koordinatensystems parallelverschobenen – Schnittgeraden in positiver Drehrichtung.

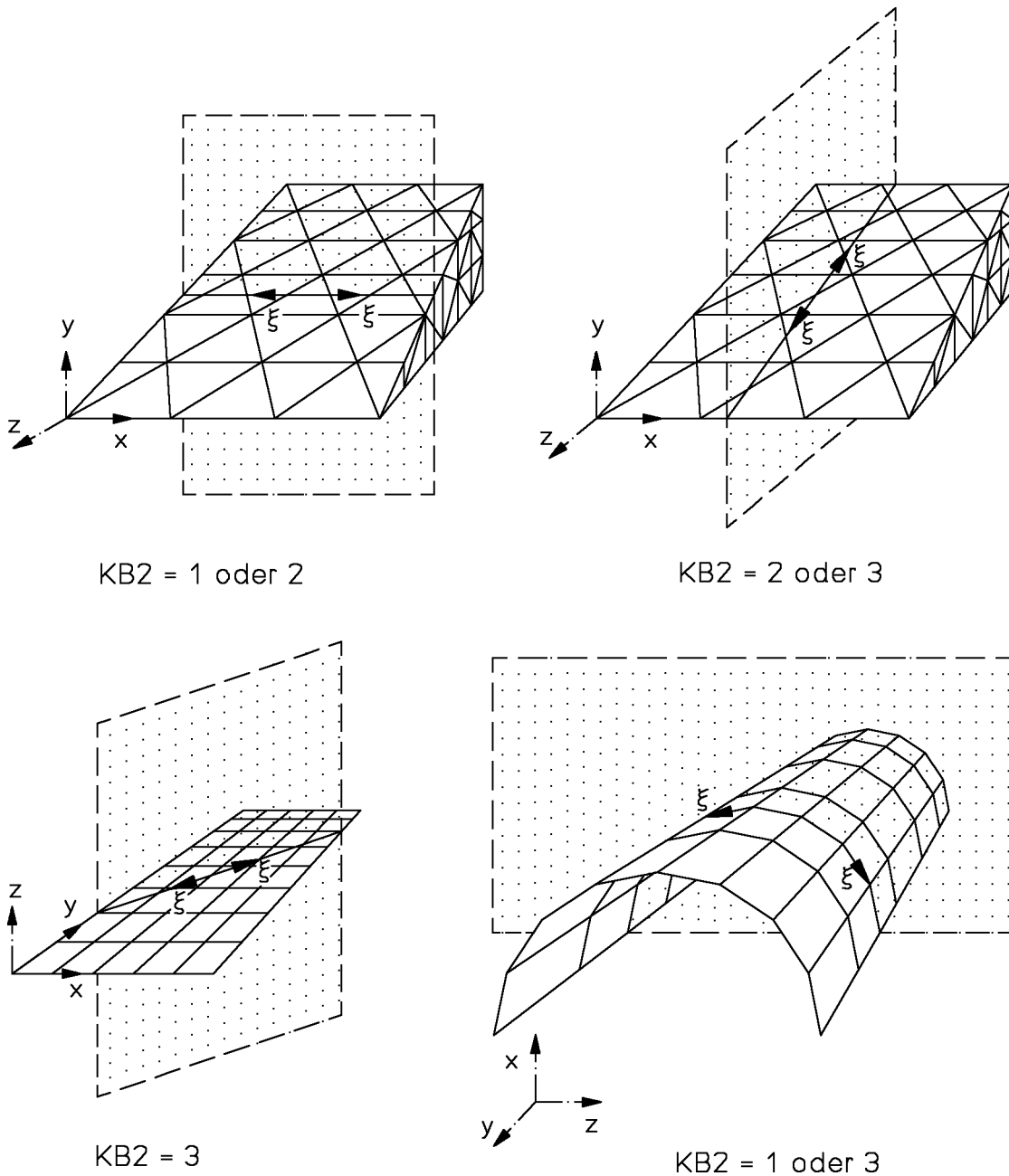


Abbildung 5.1: Beispiele für die Definition der 2. Ebene im globalen Koordinatensystem

5.7.5 Bemessungsgruppen für Flächenelemente

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 134	
9 – 12	NGR2	I	Nr. der Bemessungsgruppe	(134.1)
13 – 20	ASMIN	R	Mindestbewehrungsprozentsatz	(134.2)
21 – 28	D11	R		
29 – 36	D12	R	Randabstände d_{1i}	(134.3)
37 – 44	D13	R		

Der Datensatz 134 muß verwendet werden, wenn Platten-, Faltwerk-oder Schalenelemente bemessen werden sollen.

$$(134.1) \quad 1 \leq \text{NGR2} \leq 20$$

$$(134.2) \quad 0 \leq \text{ASMIN} \leq 9 \text{ (je Richtung) für die Mindestbiegebewehrung.}$$

Die Mindestschubbewehrung wird vom Programm automatisch ermittelt.

Für die Berechnung nach DIN 1045:

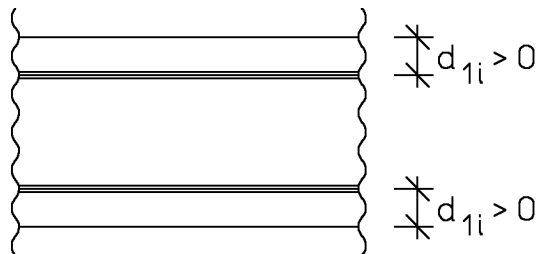
Mindestbewehrung für $\tau = 0,4\tau_0$

Für die Berechnung nach EC2:

Bei Platten ist eine Mindestschubbewehrung in Falle einer rechnerisch erforderlichen Schubbewehrung einzuhalten:

$$\rho_{w,min}^{\text{Platte}} = 0,6 \cdot \rho_{w,min}^{\text{Balken}} \text{ (s. Datensatz 134 für Stabelemente)}$$

$$(134.3) \quad d_{1i}, i = 1, 2, 3 \text{ beziehen sich auf die im Datensatz 132 eingegebenen Bewehrungsrichtungen.}$$



Die Abstände beziehen sich auf den Bewehrungsschwerpunkt.

5.7.6 Bemessungsgruppen für Stabelemente

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 134	
9 – 12	NGR2	I	Nr. der Bemessungsgruppe	(134.1)
13 – 20	ASMIN	R	Mindestbewehrungsprozentsatz	(134.2)
21 – 28	D11	R	Randabstand d_{11}	(134.3)
29 – 36	D12	R	Randabstand d_{12}	(134.3)
49	KNA	I	Bemessungskennzeichen des Anfangsknotens	(134.4)
50	KNB	I	Bemessungskennzeichen des Endknotens	(134.4)
51	KN(1)	I		
52	KN(2)	I		
53	KN(3)	I		
54	KN(4)	I		
55	KN(5)	I	Bemessungskennzeichen der Zwischenknoten	
56	KN(6)	I	aus Datensatz 35	(134.4)
57	KN(7)	I		
58	KN(8)	I		
59	KN(9)	I		
60	KN(10)	I		

Der Datensatz 134 muß verwendet werden, wenn Balkenelemente bemessen werden sollen.

$$(134.1) \quad 1 \leq \text{NGR2} \leq 20$$

(134.2) $0 \leq \text{ASMIN} \leq 9$ (je Richtung) für die Mindestbiegebewehrung.

Die Mindestschubbewehrung wird vom Programm automatisch ermittelt.

Für die Berechnung nach DIN 1045:

Mindestbewehrung für $\tau = 0.4\tau_0$

Für die Berechnung nach EC2:

$$\rho_w = A_{sw} / (s_w \cdot b_w \sin \alpha) \geq \rho_{w,min}(\rho_{w,min} \text{ EC2, Tabelle 5.5})$$

mit:

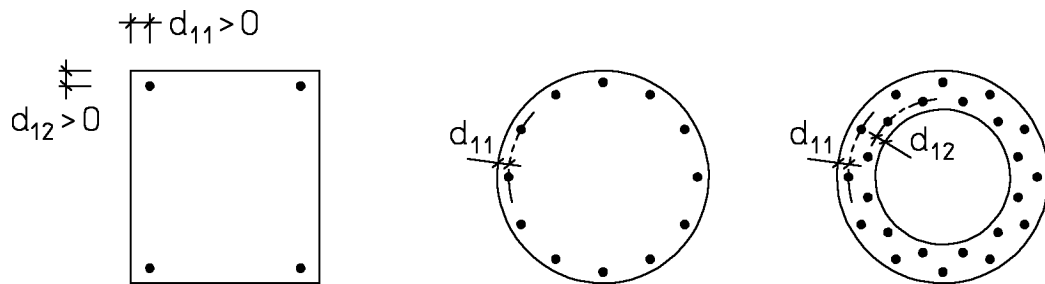
ρ_w Schubbewehrungsgrad

A_{sw} Querschnittsfläche der Schubbewehrung im Schnitt

s_w Abstand der Schubbewehrung in Richtung der Bauteilachse

Betonfestigkeitsklasse	$\rho_{w,min}$ für S 500
C12/15 und C20/25	0.0007
C25/30 und C35/45	0.0011
C40/50 und C50/60	0.0013

(134.3) d_{1i} , $i = 1, 2, 3$ beziehen sich auf die im Datensatz 132 eingegebenen Bewehrungsrichtungen.



Die Abstände beziehen sich auf den Bewehrungsschwerpunkt

(134.4) Die Bemessungskennzeichen werden dem Anfangs-, dem End- und – wenn vorhanden – den Zwischenknoten zugeordnet.

KNA, KNB, KN(i) = 0: keine Bemessung

$1 \leq \text{KNA, KNB, KN}(i) \leq 5$: gleiche Bewehrung für Stellen mit gleicher Zahl

(Das bezieht sich auf die Ausgabe für alle Querschnittsgruppen (s. NDS 113) und die Maximumsuche bei der nichtlinearen Berechnung.)

5.7.7 Zusatzdaten zu den Balkenquerschnittsgruppen

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 135	
5 – 6	ITYP	I	Kennung zum Profiltyp	(135.1)
7 – 8	KB4	I	Bewehrungskennung	(135.4)
9 – 12	NQUE	I	Nr. der Querschnittsgruppe	(135.2)
13 – 20	BTA(1)	R	Bauteilabmessungen	(135.3)
21 – 28	BTA(2)	R		
29 – 36	BTA(3)	R		
37 – 44	BTA(4)	R		
45 – 52	BTA(5)	R		
53 – 60	BTA(6)	R		
61 – 68	BTA(7)	R		
69 – 76	BTA(8)	R		

Der Datensatz 135 muß verwendet werden, wenn Balkenelemente bemessen werden sollen.

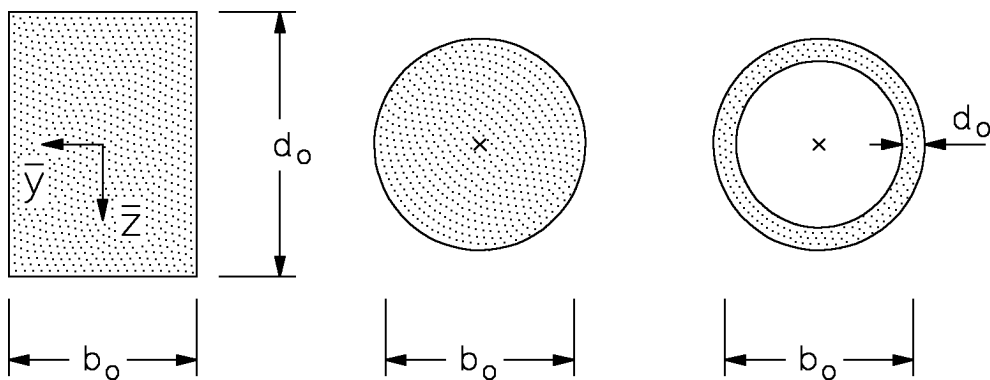
(135.1) Profiltypen (s. Theoriehandbuch, Abs. 3.7)

- 1 ≡ Rechteckquerschnitt
- 2 ≡ Kreisquerschnitt (für EC2 in Vorbereitung)
- 3 ≡ Kreisringquerschnitt (für EC2 in Vorbereitung)
- 21–29 ≡ Plattenbalken (in Vorbereitung)
- 30–39 ≡ Plattenbalken (in Vorbereitung)

(135.2) Nummer der (Balken-)Querschnittsgruppe aus dem Berechnungsteil (NDS 31)

(135.3) Bauteilabmessungen

$$\text{BTA}(1) = b_o, \text{BTA}(2) = d_o$$



(135.4) Bewehrungskennung (s. Bilder 5.9, 5.10, 5.14, 5.15)

Profiltyp	KB4	Bewehrung
Rechteck ITYP= 1	0	minimale Randbewehrung, wenn I_2 oder $I_3 = 0$ gesetzt: KB4 = 3, wenn I_2 und $I_3 \neq 0$
	1	Ränder $y+$, $y-$, jeweils $\frac{1}{2} \sum A_s$
	2	Ränder $z+$, $z-$, jeweils $\frac{1}{2} \sum A_s$
	3	alle 4 Ränder, jeweils $\frac{1}{4} \sum A_s$
	4	minimale Eckbewehrung, wenn I_2 oder $I_3 = 0$ gesetzt: KB4 = 3, wenn I_2 und $I_3 \neq 0$
	5	alle 4 Ecken, jeweils $\frac{1}{4} \sum A_s$
Kreis, Kreisring ITYP= 2,3	0	ringförmige Bewehrung

Zur Definition von I_2 und I_3 siehe NDS 31.

KB4 = 0,4 → ebener Biegeträger

KB4 = 1,2,3,5 → Stütze oder räumlicher Biegeträger

5.7.8 Zusatzbedingung bei Stabelementen

Mit Datensatz 136 kann bei nichtlinearer Berechnung und bei der Optimierung für zwei Balkenquerschnittsgruppen die Bewehrung an bestimmten Stellen im System gleichgesetzt werden.

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 136	
13 – 16	NQ1	I	1. Querschnittsgruppennummer	(136.1)
17 – 20	NK1	I	1. Bemessungskennzeichen	(136.2)
21 – 24	NQ2	I	2. Querschnittsgruppennummer	(136.1)
25 – 28	NK2	I	2. Bemessungskennzeichen	(136.2)

Anzahl der Datensätze: ≤ 10

(136.1) $1 \leq NQI \leq 200$

(136.2) $1 \leq NKI \leq 5$ (s. NDS 134)

5.7.9 Zuordnung von Gruppennummern

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 180	
5 – 6	KS1	I	Nachweiskenner	(180.1)
7 – 8	KB1	I	Nachweiskenner	(180.2)
9 – 12	NEA	I	Anfangselement	(180.3)
13 – 16	NBMA	I	Bemessungsmaterialgruppe (NDS 131)	(180.4)
17 – 20	NGR1	I	Richtungsgruppe (NDS 132)	
21 – 24	NGR2	I	Bemessungsgruppe (NDS 134)	
37 – 44	ACRIT	R	Fläche innerhalb des kritischen Rundschnittes	(180.5)
45 – 52	SIGVOR	R	Spannung aus Vorspannkraft	(180.6)
53 – 56	NEE1	I	Endelement 1	(180.3)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NEE1	(180.3)
61 – 64	NEE2	I	Endelement 2	(180.3)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NEE2	(180.3)
69 – 76	ALOAD	R	Lasteinleitungsfläche	(180.7)

Der Datensatz 180 muß vorhanden sein, wenn bemessen werden soll.

(180.1) bei Plattenelementen:

Für die Berechnung nach DIN 1045:

	KS1
Schubspannungsnachweis mit k_1	0
Schubspannungsnachweis mit k_2	1
Durchstanznachweis	2

(s. DIN 1045, Abs. 17.5.5)

Für die Berechnung nach EC 2:

Schubspannungsnachweis		KS1	
		Gestaffelte Feldbewehrung > 50%	Gestaffelte Feldbewehrung < 50%
	Standardverfahren	0	1
	Verfahren mit veränderlicher Druckstrebenneigung	2	3
Durchstanznachweis			
	Innenstütze	41	51
	Randstütze	42	52
	Eckstütze	43	53
	Rotationssymmetrische Beanspruchung	44	54

(s. EC 2, Abs. 4.3)

Bei Balkenelementen:

$$KS1 = 0 - 3$$

(180.2) Bei Platten-, Faltwerk- oder Schalenelementen (s. Theoriehandbuch, Abs. 3.7)

Für die Berechnung nach DIN 1045:

KB1 = 0: Transformation der Schnittkräfte auf Bemessungsmembrankräfte und -momente; Balkenbemessung in 2 Richtungen

= 1: Transformation der Schnittkräfte auf 2 Scheiben nach dem Verfahren von *Baumann* [BM 72]

Für die Berechnung nach EC 2:

KB1 = 0: Transformation der Schnittkräfte auf Bemessungsmembrankräfte und -momente; Balkenbemessung in 2 Richtungen

= 1: Transformation der Schnittkräfte auf 2 Scheiben nach dem Verfahren von *Lourenço/Figueiras* [LOU]

(180.3) Einzelemente: $1 \leq NEA \leq 9999$

$$NEE_n = NSW_n = 0$$

Elementbereich: $1 \leq NEA \neq NEE_n \leq 9999$

$$NSW_n > 0$$

$$\frac{NEE_n - NEA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$$

Gesamtelemente: $NEA = NEE_n = NSW_n = 0$

(180.4) Wenn für das (die) Element(e) keine Bemessung durchgeführt werden soll, muß $NBMA = 0$ gesetzt werden.

(180.5) ACRIT ist die Fläche innerhalb des kritischen Rundschnittes.

(180.6) $SIGVOR = \frac{N_{pd}}{A_c}$

mit: N_{pd} : Vorspannkraft ohne Spannkraftverlust,
 A_c : $d \cdot b_x$ bzw. $d \cdot b_y$,
 b_x, b_y : Breiten des kritischen Rundschnittes,
 d : Plattendicke.

(180.7) ALOAD ist die Lasteinleitungsfläche der Stützen- oder Einzelkräfte

Die Eingaben (180.5) bis (180.7) werden nur für eine Berechnung nach EC 2 benötigt.

5.8 Optimierungsdaten

5.8.1 Optimierungsalgorithmus

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 201	
5 – 6	IPRI	I	Ausgabesteuerung	(201.2)
7 – 8	MODE	I	Art der Durchführung	(201.3)
9 – 12	NALG	I	Nr. des Algorithmus	(201.1)
13 – 16	MAX1	I	Integer-Grenzwerte	(201.4)
17 – 20	MAX2	I		
21 – 28	GR1	R	Real-Grenzwerte	(201.5)
29 – 36	GR2	R		

(201.1) NALG = 1: NLPQL-Algorithmus mit quadratischen Unterproblemen (s. Theoriehandbuch, Kap. 8)

= 2: Methode der modifizierten Richtungen

= 3: sequentielle lineare Programmierung

(201.2) IPRI Steuerung der Ausgabe bei NALG = 1 über Kanal 89

= 0: keine Ausgabe

= 1: Ausgabe der Endergebnisse

= 2: zusätzliche Ausgabe nach jedem Iterationsschritt

= 3: mehr zusätzliche Ausgabe nach jedem Iterationsschritt

= 4: noch mehr zusätzliche Ausgabe nach jedem Iterationsschritt

(201.3) MODE Steuerung des Ablaufs der Optimierung bei NALG = 1

= 0: normaler Ablauf

= 10: Restart im Fehlerfall

= 20: wie MODE= 0 ohne "active-set- strategy"

= 30: wie MODE= 10 ohne "active-set- strategy"

(= 5, 15, 25, 35: wie MODE= 0, 10, 20, 30 und es wird ein erweitertes Problem gelöst)

(201.4) MAX1 > 0: maximale Anzahl Iterationen

MAX2 > 0: maximale Anzahl Funktionsaufrufe während der "line-search"

- (201.5) GR1 > 0: Abbruchgenauigkeit
 GR2 ≠ 0: Skalierungsgrenze bzw. Skalierungsfaktor
 > 0: Skalierung von f bzw. g_j mit $|f|^{-\frac{1}{2}}$ bzw. mit $|g_j|^{-\frac{1}{2}}$
 wenn gilt: f bzw. $g_j \geq \text{GR2}$
 < 0: Multiplikation von f mit $| \text{GR2} |$

Fehlermeldungen aus NLPQL

- IFAIL = 0: Optimalitätsbedingungen erfüllt, d.h. Konvergenz
 = 1: zu viele Iterationen
 = 2: Suchrichtung < 0
 = 3: “underflow” beim Aufstellen der Näherung der Hesse-Matrix
 = 4: zu viele Funktionsaufrufe während der “line- search”
 = 5: Arbeitsfeld unterdimensioniert
 = 7: Suchrichtung bei 0, aber immer noch unzulässig

aus dem quadratischen Unterproblem

- = 15: Arbeitsfeld unterdimensioniert
 = 20: Genauigkeit genügt nicht, fallende Funktionswerte zu bekommen
 = 20 + j: j-te Nebenbedingung inkonsistent

5.8.2 Optimierungsquerschnittsgruppe

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 221	
7 – 8	KWN	I	Nachweisverfahren	(221.2)
9 – 12	NQUE	I	Nr. der Querschnittsgruppe	(221.1)
13 – 16	IGRU1	I	Gruppenspezifische I-Werte	(221.3)
17 – 20	IGRU2	I		
21 – 28	GRU1	R	Gruppenspezifische R-Werte	(221.3)
29 – 36	GRU2	R		
37 – 44	GRU3	R		

(221.1) Nummer der Querschnittsgruppe aus dem Berechnungsteil

(221.2) KWN = 0: allgemeiner Vergleichsspannungsnachweis
 = 1: Stahlbeton nach DIN 1045

(221.3) Belegung in Abhängigkeit vom Werkstoff und vom Nachweisverfahren

allgemein (KWN = 0)

GRU1 < 0: minimal zulässige Spannung

GRU2 > 0: maximal zulässige Spannung

Stahlbeton (KWN = 1)

IGRU1 \geq 0: Nr. der Querschnittsgruppe der anschl. Elemente bei Balkenquerschnittsgruppen mit Exzentrizitäten

GRU1 \geq 0: zulässiger Längsbewehrungsprozentsatz
 (bei Flächenelementen für die Richtung mit der maximalen Bewehrung)

GRU2 \geq 1: Verhältnis der Kosten je Volumen- bzw. Gewichtseinheit von Stahl zu denen von Beton

GRU3 \geq 0: Verhältnis von Schalkkosten zu Betonkosten

5.8.3 Optimierungsvariable

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 231	
9 – 12	NVAR	I	Nr. der Variablen	(231.1)
13 – 16	NQUE	I	Nr. der Querschnittsgruppe	
17 – 20	IQUER	I	Variablenkennung	(231.2)
21 – 28	XMIN	R	untere Schranke	(231.3)
29 – 36	XMAX	R	obere Schranke	(231.3)
37 – 44	DELTA	R	Änderung der Variablen zur numerischen Gradientenbestimmung in %	(231.4)

(231.1) $1 \leq \text{NVAR} \leq 50$ lückenlos (auch innerhalb der Querschnittsgruppen), bei 1 beginnend

(231.2) $1 \leq \text{IQUER} \leq 8$ bei Balkenelementen (s. NDS 135)
 $\text{IQUER} = 0$ sonst $\rightarrow X = \text{FLA}(1)$ (s. NDS 31)

(231.3) $0 < \text{XMIN} \leq X \leq \text{XMAX}$

(231.4) $0 < \text{DELTA} \leq 10$

5.8.4 Variablenlinking

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 233	
7 – 8	KGLE	I	Kenner bzgl. der Art der Nebenbedingungen	(233.1)
9 – 12	NVA1	I	Nr. der 1. Variablen	(233.2)
13 – 16	NVA2	I	Nr. der 2. Variablen	(233.2)
21 – 28	CO1	R		
29 – 36	CO2	R	Konstante	(233.2)
37 – 44	CO3	R		

(233.1) $KGLE = 0$: Ungleichheitsnebenbedingung
 $\neq 0$: Gleichheitsnebenbedingung

(233.2) Nebenbedingung: $CO1 * X(NVA1) + CO2 * X(NVA2) + CO3 \geq 0$
mit $CO1, CO2 \neq 0$

Es müssen zuerst die Gleichheitsnebenbedingungen eingegeben werden!

5.8.5 Verformungsnebenbedingungen

Spalten	Symbol	Typ	Inhalt	Anm.
1 – 3	NDS	I	Datensatznummer: 236	
5 – 6	KMIMA	I	Nebenbedingungskenner	(236.1)
7 – 8	KFG	I	Freiheitsgradkenner	(236.2)
9 – 12	NKA	I	Anfangsknoten	(236.3)
13 – 20	WMIN	R	Verformungsschranken	(236.4)
21 – 28	WMAX	R		
53 – 56	NKE1	I	Endknoten 1	(236.3)
57 – 60	NSW1	I	Schrittweite in Richtung NKE1	(236.3)
61 – 64	NKE2	I	Endknoten 2	(236.3)
65 – 68	NSW2	I	Schrittweite in Richtung NKE2	(236.3)

(236.1) $KMIMA = 0$: untere und obere Grenze der Verformung
 $= -1$: nur untere Grenze der Verformung
 $= 1$: nur obere Grenze der Verformung

(236.2) $1 \leq KFG \leq 6$

(236.3) Einzelknoten: $1 \leq NKA \leq 9999$
 $NKE_n = NSW_n = 0$
Knotenbereich: $1 \leq NKA \neq NKE_n \leq 9999$
 $NSW_n > 0$
 $\frac{NKE_n - NKA}{NSW_n} = \text{ganzzahlig}$

Gesamtknoten: $NKA = NKE_n = NSW_n = 0$

(236.4) WMIN ist der Extremwert in negativer, WMAX derjenige in positiver Koordinatenrichtung.

6 Maskeneditor zur Erfassung und Bearbeitung formatgebundener Datensätze – PREP

Die Eingabedatensätze im FE-Programmsystem B&B können mit jedem beliebigen, dem Anwender vertrauten Editor oder Textverarbeitungsprogramm erstellt werden. Da die Datensätze formatgebunden vorliegen müssen (vgl. Beschreibung der einzelnen Datensätze) ist besonders auf die korrekte spaltenorientierte Positionierung der einzelnen Kenngrößen wie Knotennummern, Knotenkoordinaten, Elementnummern etc. zu achten. Zur Vereinfachung dieser fehleranfälliger Arbeit umfaßt der Leistungsumfang von B&B einen Maskeneditor, mit dem entweder unter Zuhilfenahme komfortabler Bildschirmmasken oder mit einem leistungsfähigen Bildschirmeditor die Datensätze erstellt und bearbeitet werden können.

Ein Wechsel zwischen diesen beiden Betriebsarten, im folgenden als *Edit-Modus* und *Masken-Modus* bezeichnet, ist jederzeit möglich. Die formale Fehlerprüfung der erzeugten Eingabedaten erfolgt unmittelbar bei der Eingabe. Während der Bearbeitung prüft das Programm PREP sämtliche Eingaben in Bezug auf zulässige Zeichen, erforderliche Pflichteingaben und zulässige Wertebereiche bei Zahleneingabe sowie die Mindest- und Maximalzahl der Datensätze. Über eine Hilfsfunktion kann ein Hilfsbildschirm zu dem gerade bearbeiteten Datensatz abgerufen werden.

Nach dem Aufruf von PREP mit:

PREP <Dateiname>
oder über Menue

meldet sich das Programm mit der dargestellten Maske im Edit-Modus. Wird bei Aufruf der Dateiname weggelassen, so lädt das Programm die zuletzt bearbeitete Datei. Fehlt diese Datei, dann meldet sich PREP mit einer neuen Eingabedatei, die den Mindestumfang notwendiger Datenarten enthält.

Durch Bewegen der Pfeiltasen $\downarrow \uparrow \leftarrow \rightarrow$ kann der Cursor in beliebige Eingabezeilen und zulässige Spalten innerhalb der Zeilen positioniert werden.

Die obersten und untersten zwei Zeilen des Bildschirms stellen Statuszeilen dar, denen allgemeine Informationen wie z.B.:

- Dateiname, der zur Zeit bearbeiteten Datei,
- aktueller Datensatz,
- Kenngrößenamen,
- Variablentyp,
- zul. min./max. Werte für Eingabe,
- Formattyp der Kenngröße,
- Zeilen- und Spaltenposition des Cursors

entnommen werden können. Ein Wechsel zwischen Edit- und Masken-Modus erfolgt über die Funktionstaste **F6**, der Wechsel zwischen Masken- und Edit-Modus mit **F5**.

Innerhalb eines Eingabefeldes stehen die Funktionen in Tabelle 6.1 zur Verfügung.

Taste	Funktion
Ins.	Modus Einfügen/Überschreiben
Cursor \leftarrow	Cursor ein Zeichen nach links
Cursor \rightarrow	Cursor ein Zeichen nach rechts
Entf.	Zeichen unter dem Cursor löschen
Backspace	Zeichen links vom Cursor löschen
Strg. Backspace	Eingabefeld komplett löschen
Strg. U	Eingabezeile wiederherstellen (undo)
Ende	Cursor an das Feldende
Pos. 1	Cursor zum Feldanfang

Tabelle 6.1: Funktionen beim Bearbeiten eines Eingabefeldes

Im *Masken-Modus* werden die Daten über Bildschirmmasken bearbeitet. Hierbei stehen die Funktionen in Tabelle 6.2 zur Verfügung.

Taste	Funktion
Cursor ↑ Tab	vorheriges Eingabefeld
Cursor ↓ Shift Tab	nächstes Eingabefeld
Bild ↑	vorheriger Datensatz
Bild ↓	nächster Datensatz
ESC	Beenden des Masken-Modus

Tabelle 6.2: Funktionen im Masken-Modus

Nach Drücken der ESC-Taste erscheint auf dem oberen Bildschirmrand eine Menuezeile, in der durch Betätigen der Pfeiltasten ↓ ↑ ← → weitere POP-UP-Menues angewählt werden können. Es werden folgende Funktionen bereitgestellt:

Datei – Laden
 – Speichern
 – Drucken
 – Ende

Suche – Suche
 – Tausche
 – Naechster Fehler
 – Vorher. Fehler
 – Zeile

Bearbeite – Markiere
 – In Puffer löschen
 – In Puffer kopieren
 – Aus Puffer einfügen
 – Datensatz frei
 – Datensatz einfügen
 – Datensatz löschen
 – Textbaustein
 – Zeileneditor

– Maskeneditor

Konfig. – Konfig. laden
 – Konfig. drucken
 – Farben
 – Tastencodes
 – Such-Pfade
 – Scrollbalken
 – Zeilennummer
 – Rahmen

Hilfe – Tastatur
 – Uebersicht Datens.
 – Datensatz

Das Verlassen der Kommando-Menues ist jederzeit über **ESC** möglich.

Bei der Erfassung der Eingabedaten über Eingabemasken im Edit-Modus stehen für die Ansteuerung der Masken und der Eingabefelder innerhalb der Maske die Funktionen in Tabelle 6.3 zur Verfügung.

Taste	Funktion
Cursor ↑	vorheriger Datensatz
Cursor ↓	nächster Datensatz
Bild ↑	eine Bildschirmseite zurück
Bild ↓	eine Bildschirmseite weiter
Tab	Eingabefeld nach rechts
Shift Tab	Eingabefeld nach links
ESC	Menue aktivieren

Tabelle 6.3: Funktionen im Edit-Modus

7 Ausgabe einer Liste

7.1 Programmaufruf

Das Druckprogramm wird durch

BUBPRT □ Projektdatei

aufgerufen, wobei Projektdatei der Name der Projektdateien (s. Abs. 3.1) ohne Erweiterung .prt bzw. .erg ist. Geschrieben wird in die Datei <Projektdatei.erg>, deren Inhalt überschrieben wird.

7.2 Ausgabe des Rechenteils

- Deckblatt mit Projektidentifikation, Datum und Zeit
- Aufbereitete Eingabedaten bestehend aus:
 - Knotenpunktdaten
 - lok. Knotenkoordinatensystemen
 - Materialgruppen
 - Querschnittsgruppen
 - Spannungsgruppen (Balken)
 - Balkenendgelenkgruppen
 - Zwischenknotengruppen
 - Elementdaten
 - Belastung pro Lastfall
- Berechnungsergebnisse
 - Verformungen
 - Schnittkräfte
 - Spannungen

- Auflagerkräfte
- Extremwerte
- Abschlußprotokoll

Der Ausdruck ist selbsterläuternd. Einige Besonderheiten werden erklärt:

Knotendaten: LK, * kennzeichnet Knoten mit lokalem Koordinatensystem,
NKB, NKC sind die Richtungsknoten von Knoten mit eingegebenem lokalen
Koordinatensystem

Elementdaten: Für die Elemente wird je nach Elementtyp eine charakteristische geometrische
Kenngröße errechnet und ausgegeben:

- L Elementlänge,
- A Elementfläche,
- V Elementvolumen.

Bemerkung: Der Inhalt der Liste kann in der B&B-Programmoberfläche detailliert festgelegt
werden. Die Steuerung der Listenzusammenstellung erfolgt durch zahlreiche Filter.
Die Filtereinstellungen werden abgespeichert und sind somit reproduzierbar.

Schnittkräfte bei Balkenelementen

Im Querschnittsschwerpunkt

N: Normalkraft

Q2: Querkraft in Richtung der Hauptträgheitsachse \bar{y}

Q3: Querkraft in Richtung der Hauptträgheitsachse \bar{z}

M1: Torsionsmoment \bar{z}

M2: Biegemoment um die Hauptträgheitsachse $\bar{y}^{(*)}$

M3: Biegemoment um die Hauptträgheitsachse $\bar{z}^{(*)}$

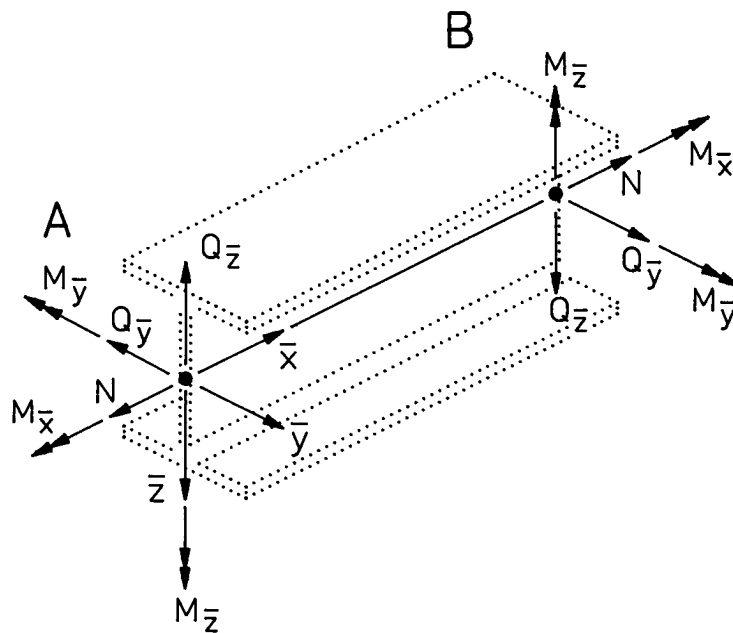


Bild 7.1: Positive Schnittkräfte am Anfangs- und am Endknoten

(*) Positive M2 bzw. M3 erzeugen Zug in positiver \bar{z} - bzw. \bar{y} -Richtung.

Normalspannungen bei Balkenelementen

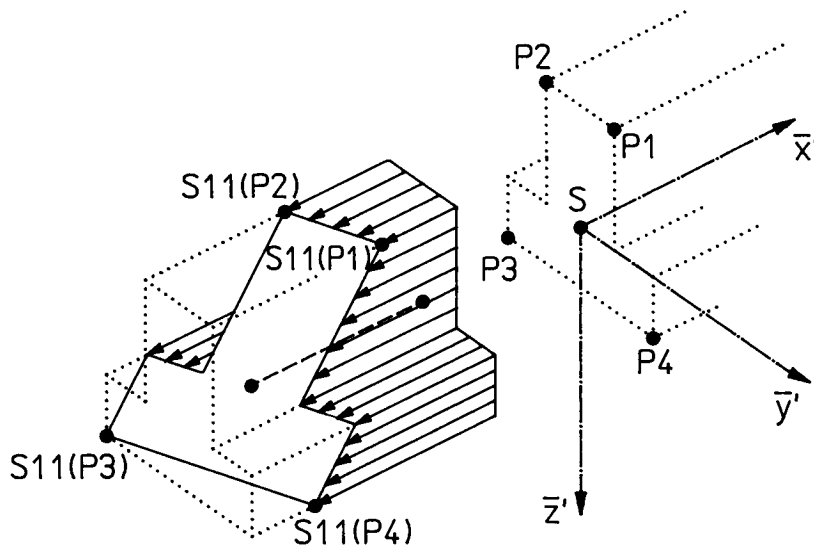


Bild 7.2: Normalspannungen

Schnittkräfte pro Längeneinheit bei Flächenelementen

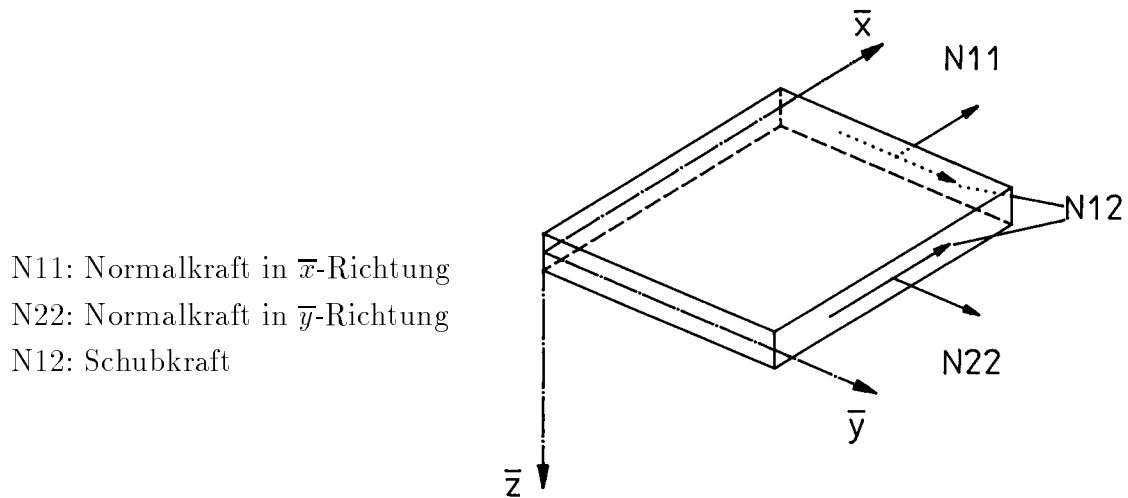


Bild 7.3: Membrankräfte

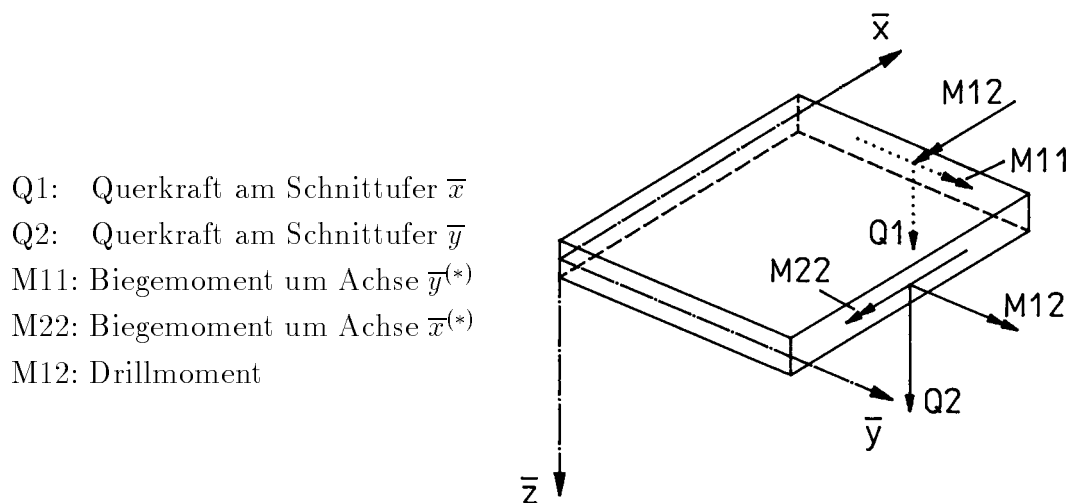


Bild 7.4: Plattenkräfte

(*) Positive M_{11} bzw. M_{22} erzeugen im 1. Quadranten Zug in positiver \bar{z} -Richtung.

Spannungen bei Scheiben- und Membranelementen

S11: Normalspannung in \bar{x} -Richtung
 S22: Normalspannung in \bar{y} -Richtung
 S12: Schubspannung

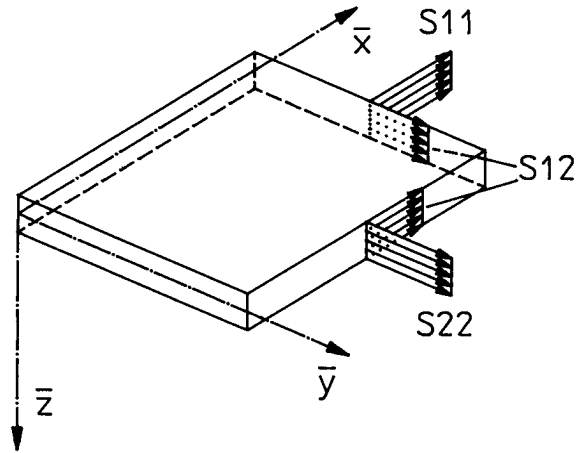


Bild 7.5: Spannungen im Element-Koordinatensystem

SI: größte Hauptspannung
 SII: kleinste Hauptspannung
 PHI: Winkel zwischen Achse \bar{x} und SI

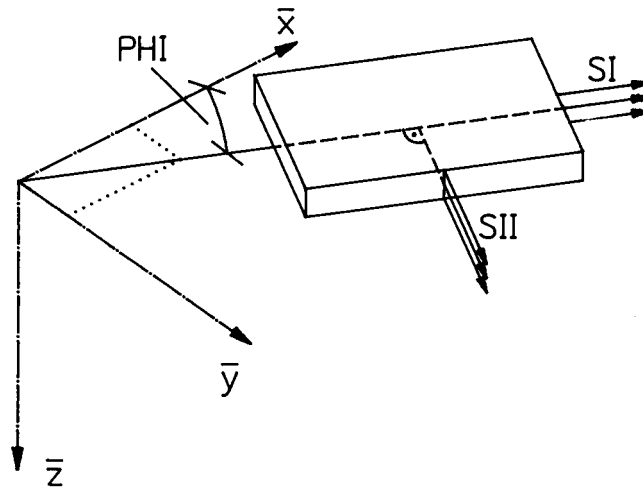
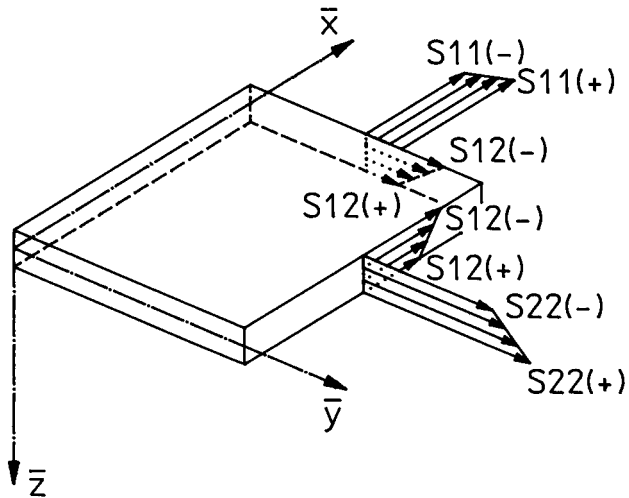


Bild 7.6: Hauptspannungen

Spannungen bei Schalenelementen



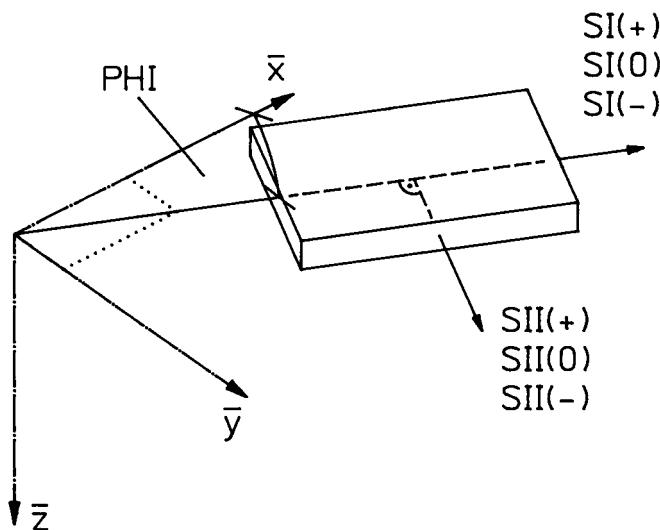
$S_{11}(+)$, $S_{11}(-)$ bzw. $S_{11}(0)$:
Normalspannung in \bar{x} -Richtung

$S_{22}(+)$, $S_{22}(-)$ bzw. $S_{22}(0)$:
Normalspannung in \bar{y} -Richtung

$S_{12}(+)$, $S_{12}(-)$ bzw. $S_{12}(0)$:
Schubspannung

$S_{ij}(0)$ sind die Spannungen
in der Mittelfläche.

Bild 7.7: Spannungen im Element-Koordinatensystem



$S_{I}(+)$, $S_{I}(-)$ bzw. $S_{I}(0)$:
größte Hauptspannungen

$S_{II}(+)$, $S_{II}(-)$ bzw. $S_{II}(0)$:
kleinste Hauptspannungen

$\text{PHI}(+)$, $\text{PHI}(-)$ bzw. $\text{PHI}(0)$:
Winkel zwischen Achse \bar{x}
und größter Hauptspannung

Bild 7.8: Hauptspannungen

7.3 Ausgabe des Stahlbetonteils

- Auflistung der zusätzlichen Eingabedaten
- zusätzliches Deckblatt mit Projektidentifikation, Datum und Zeit
- Warnungen und Fehlermeldungen
- Aufbereitete Eingabedaten bestehend aus:
 - Bemessungsmaterialgruppen,
 - Bemessungsquerschnittsgruppen,
 - Zusatzdaten für Balkenstandardquerschnitte,
 - erforderliche Stahlquerschnitte,
 - Verhältnisse von vorhandenen und zulässigen Schubspannungen.

Alle Daten werden in **festen Einheiten** ausgegeben, die Bewehrung in cm^2 , cm^2/m bzw. cm^2/m^2 . Die Schubbewehrung verläuft unter 90° .

Es besteht die Möglichkeit einer langen ausführlichen sowie einer kurzen Ausgabe, die über NDS 113 gesteuert wird. Die lange Ausgabe erfolgt für alle Elemente – außer bei Balkenelementen –, deren Bewehrung größer als die vorgegebene Mindestbewehrung ist, die kurze für die Maximalwerte > 0 der einzelnen Querschnittsgruppen.

In den folgenden Tabellen ist die ausführliche Ausgabe für die einzelnen Elementtypen beschrieben.

Fachwerkelemente

N	A_s	A_s/A_b	ε_0
-----	-------	-----------	-----------------

Param.	Dim.	Bedeutung
N	kN	Stabkraft
A_s	cm^2	Längsbewehrung
A_s/A_b	%	Längsbewehrungsprozentsatz
ε_0	$^0/_{00}$	Achsdehnung

Tabelle 7.1: Ausgabeparameter für Fachwerkelemente

Flächenelemente

Die Richtungswinkel ALPHA, BETA (, GAMMA) in der langen Ausgabe beziehen sich auf das elementeigene \bar{x} - \bar{y} -Koordinatensystem im mathematisch positiven Drehsinn; bei Scheibenelementen und bei Faltwerk- bzw. Schalenelementen, die nach /BN72/ bemessen werden, bezieht sich – bei 2 Bewehrungsrichtungen – der 3. Winkel auf die Richtung der aussteifenden Druckkraft, d.h. er kann für jeden Lastfall unterschiedlich sein. Die Indizes a, b (, c) beziehen sich auf die Bewehrungsrichtungen ALPHA, BETA (, GAMMA), + und – bei Faltwerk- bzw. Schalenelementen auf die \bar{x} -Achse im elementeigenen \bar{x} - \bar{y} - \bar{z} -Koordinatensystem.

Scheibenelemente

w_a	w_b	w_c
a_{sa}	a_{sb}	a_{sc}
a_{sa}/d	a_{sb}/d	a_{sc}/d

Param.	Dim.	Bedeutung
w_i	Grad	Winkel der Bewehrungsrichtung i auf die \bar{x} -Achse bezogen
n_i	kN/m	Normalkraft in Bewehrungsrichtung i
a_{si}	cm ² /m	Bewehrung in Bewehrungsrichtung i
a_{si}/d	%	Bewehrungsprozentsatz in Bewehrungsrichtung i

Tab. 7.2: Ausgabeparameter für Scheibenelemente

Platten-, Faltwerk-, Schalenelemente

w_a	w_b	(w_c)	
n_a	n_b	(n_c)	q_1
m_a	m_b	(m_c)	q_2
a_{sa}^+	a_{sb}^+	(a_{sc}^+)	a_{sq}
a_{sa}^-	a_{sb}^-	(a_{sc}^-)	v/zt_1
a_{sa}/d	a_{sb}/d	(a_{sc}/d)	v/zt_2

Tab. 7.3: Ausgabe bei Transformation auf Kräfte und Momente

w_a	w_b	w_c^+	w_c^-
n_a^+	n_b^+	n_c^+	q_1
n_a^-	n_b^-	n_c^-	q_2
a_{sa}^+	a_{sb}^+	a_{sc}^+	a_{sq}
a_{sa}^-	a_{sb}^-	a_{sc}^-	v/zt_1
a_{sa}/d	a_{sb}/d	a_{sc}/d	v/zt_2

Tab. 7.4: Ausgabe bei Transformation auf 2 Scheiben

Param.	Dim.	Bedeutung
w_i	Grad	Winkel der Bewehrungsrichtung i auf die \bar{x} -Achse bezogen
n_i	kN/m	Normalkraft in Bewehrungsrichtung i
m_i	kNm/m	Biegemoment (erzeugt Spannungen in Bewehrungsrichtung i)
a_{si}^+, a_{si}^-	cm ² /m	Biegebewehrung in Bewehrungsrichtung i + auf positiver, - auf negativer \bar{z} -Seite
a_{si}/d	%	Biegebewehrungsprozentsatz in Bewehrungsrichtung i
q_1, q_2	kN/m	Querkräfte in Richtung der \bar{x} - bzw. \bar{y} -Achse
a_{sq}	cm ² /m ²	Querkraftschubbewehrung
$v/zt_1, v/zt_2$	—	vorh./zul. Schubspannung aus $q_{res} = \sqrt{q_1^2 + q_2^2}$ <u>Ausgabe bei Berechnung nach DIN 1045:</u> v/zt_1 : max. τ_0/τ_{011} v/zt_2 : max. τ_0/τ_{02} <u>Ausgabe bei Berechnung nach EC2:</u> $VRd_1 \geq VSd$ v/zt_1 : $VSd/VRd1$ v/zt_1 : $VSd/VRd2$ $VRd1 < VSd$ v/zt_1 : $VSd/VRd3$ v/zt_2 : $VSd/VRd2$ <u>Anmerkung:</u> Bei dem Verfahren der veränderlichen Druckstrebenneigung wird $VRd3 = VSd$ gesetzt.

Tab. 7.5: Beschreibung der Ausgabeparameter

Balkenelemente

Die Bezeichnungen der einzelnen Ausgabedaten für die Standardquerschnitte sind im folgenden dargestellt.

Rechteckquerschnitt (ITYP = 1)

N	M_2	M_3	A_s/A_b
A_{sl}^{++}	A_{sl}^{+-}	A_{sl}^{-+}	A_{sl}^{--}
$\varepsilon_b \text{ min}$	$\varepsilon_s \text{ max}$	w las	w deh
h_{d2}	h_{d3}	z_2	z_3
Q_2	Q_3	M_1	
a_{sq2}	a_{sq3}	a_{sbt}	A_{slt}
$v/z \ q_2$	$v/z \ q_3$	$v/z \ t$	$v/z \ q_t$

Tab. 7.6: Ausgabe Eckbewehrung

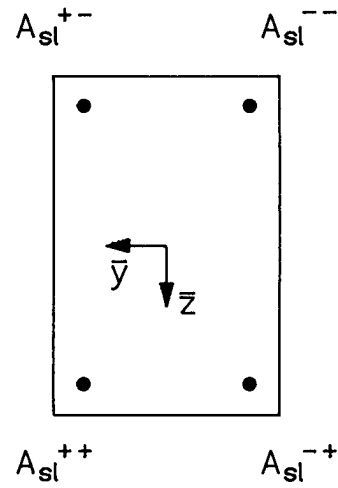


Bild 7.9: Eckbewehrung

N	M_2	M_3	A_s/A_b
A_{sl3}^+	A_{sl3}^-	A_{sl2}^+	A_{sl2}^-
$\varepsilon_b \text{ min}$	$\varepsilon_s \text{ max}$	w las	w deh
h_{d2}	h_{d3}	z_2	z_3
Q_2	Q_3	M_1	
a_{sq2}	a_{sq3}	a_{sbt}	A_{slt}
$v/z \ q_2$	$v/z \ q_3$	$v/z \ t$	$v/z \ q_t$

Tab. 7.7: Ausgabe Randbewehrung

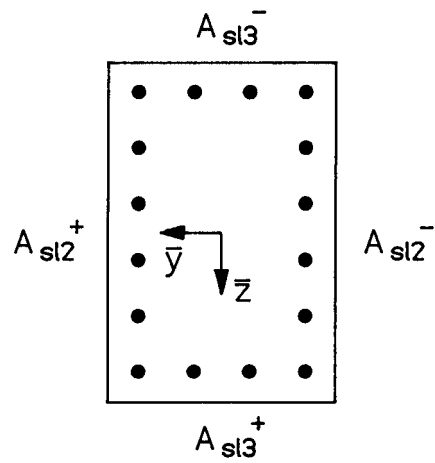


Bild 7.10: Randbewehrung

Param.	Dim.	Bedeutung
N	kN	Normalkraft
M_2, M_3	kNm	Biegemomente um die \bar{x} -, \bar{y} -Achse
A_s/A_b	%	Längsbewehrungsprozentsatz
A_{sl_i}	cm ²	Längsbewehrung (s. Bild 7.9 und 7.10)
ε_b min	‰	minimale Betondehnung
ε_s max	‰	maximale Stahldehnung
w las	Grad	Winkel der Belastungsebene = $\arctan(M_3/M_2)$
w deh	Grad	Winkel zwischen Belastungs- und Dehnungsebene
h_{d_2}, h_{d_3}	cm	Höhen der Druckzone (s. Bild 7.11)
z_2, z_3	cm	Hebelarme der inneren Kräfte (s. Bild 7.12)
Q_2, Q_3	kN	Querkräfte in Richtung der \bar{x} -, \bar{y} -Achse
M_1	kNm	Torsionsmoment
$a_{sq_{2,3}}$	cm ² /m	Querkraftbügelbewehrung (s. Bild 7.13)
a_{sbt}	cm ² /m	Torsionsbügelbewehrung (s. Bild 7.13)
A_{slt}	cm ²	Torsionslängsbewehrung (s. Bild 7.13)
$v/z q_{2,3}$	—	<p>vorh./zul. Querkraftschubspannungen</p> <p><u>Ausgabe bei Berechnung nach DIN 1045:</u></p> <p>$V/z q_{2,3}$: max. τ_0/zulτ</p> <p><u>Ausgabe bei Berechnung nach EC2:</u></p> <p>$VRd1 \geq VSd$</p> <p>$V/z q_{2,3}$: $VSd/VRd1$</p> <p>$VRd1 < VSd$</p> <p>$V/z q_{2,3}$: $VSd/VRd3$</p> <p><u>Anmerkung:</u></p> <p>Bei dem Verfahren der veränderlichen Druckstrebenneigung wird $VRd3 = VSd$ gesetzt.</p>

Param.	Dim.	Bedeutung
$v/z t$	—	vorh./zul. Torsionsschubspannungen <u>Ausgabe bei Berechnung nach DIN 1045:</u> $V/z t: \max. \tau_T / zul \tau_{02}$ <u>Ausgabe bei Berechnung nach EC2:</u> $V/z t: T S d / T R d 1$
$v/z q t$	—	vorh./zul. Querkraft- und Torsionsschubspannungen <u>Ausgabe bei Berechnung nach DIN 1045:</u> $v/z q t: \left(\frac{\max \tau_0}{zul \tau_{03}} \right) + \left(\frac{\max \tau_T}{zul \tau_{02}} \right)$ <u>Ausgabe bei Berechnung nach EC2:</u> $V/z q t: \left(\frac{T S d}{T R d 1} \right)^2 + \left(\frac{V S d}{V R d 2} \right)^2$

Tab. 7.8: Beschreibung der Ausgabeparameter: Rechteckquerschnitt

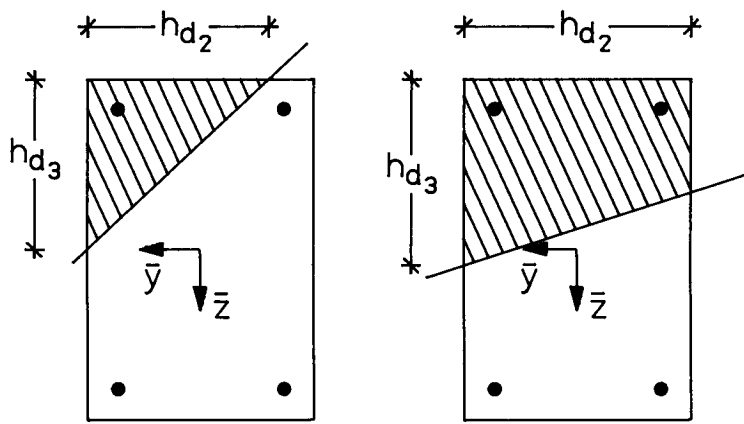


Bild 7.11: Höhen der Druckzone

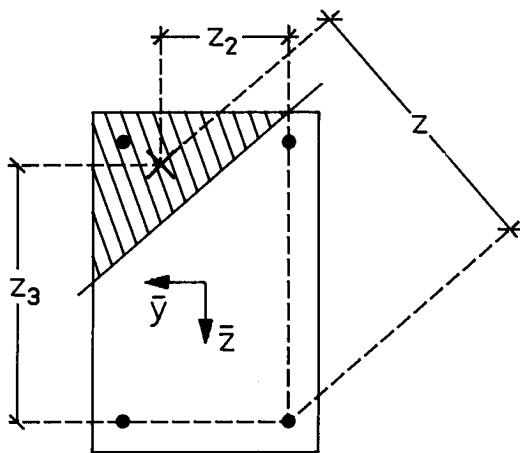


Bild 7.12: Hebelarme der inneren Kräfte

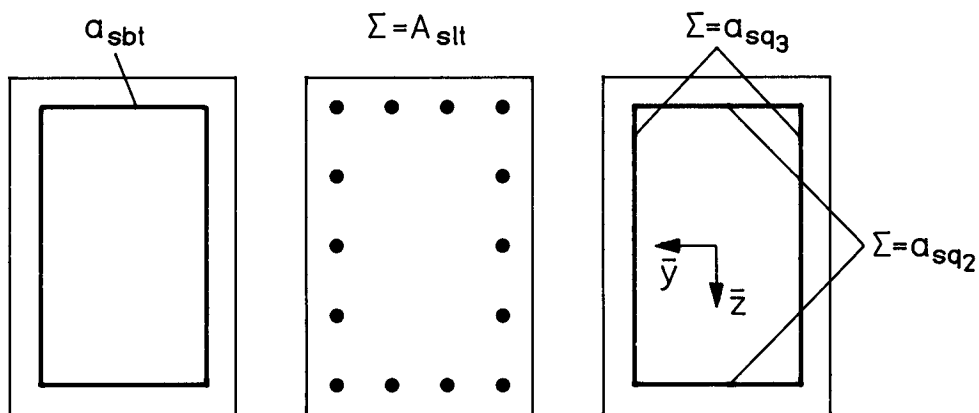


Bild 7.13: Querkraft- und Torsionsbewehrung

Kreis-, Kreisringquerschnitt (ITYP = 2,3)

N	M	Q	M_t
A_{sa}			A_s/A_b
$\varepsilon_b \text{ min}$	$\varepsilon_s \text{ max}$	h_d	z
a_{swq}		a_{swt}	A_{slt}
$v/z q$		$v/z t$	$v/z qt$

Tab. 7.9: Ausgabe Kreis

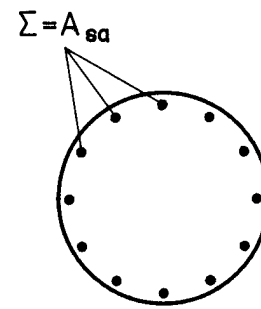


Bild 7.14: Kreis

N	M	Q	M_t
A_{sa}	A_{si}		A_s/A_b
$\varepsilon_b \text{ min}$	$\varepsilon_s \text{ max}$	h_d	z
a_{swq}		a_{swt}	A_{slt}
$v/z q$		$v/z t$	$v/z qt$

Tab. 7.10: Ausgabe Kreisring

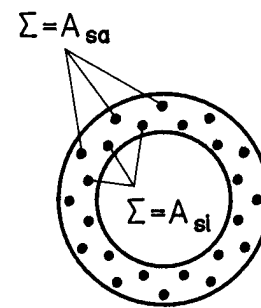


Bild 7.15: Kreisring

Param.	Dim.	Bedeutung
N	kN	Normalkraft
M	kNm	resultierendes Biegemoment
Q	kN	resultierende Querkraft
M_1	kNm	Torsionsmoment
A_{s_a}	cm ²	äußerer Bewehrungsring (s. Bilder 7.14/15)
A_{s_i}	cm ²	innerer Bewehrungsring (s. Bild 7.15)
$\varepsilon_b \text{ min}$	‰/‰	minimale Betondehnung
$\varepsilon_s \text{ max}$	‰/‰	maximale Stahldehnung
h_d	cm	Höhe der Druckzone (s. Bild 7.16)
z	cm	Hebelarm der inneren Kräfte (s. Bild 7.16)
a_{s_wq}	cm ² /m	Querkraftwendelbewehrung
a_{s_wt}	cm ² /m	Torsionswendelbewehrung
$A_{s_{lt}}$	cm ²	Torsionslängsbewehrung
$v/z \ q$	—	vorh./zul. Querkraftschubspannungen
$v/z \ t$	—	vorh./zul. Torsionsschubspannungen
$v/z \ q_t$	—	vorh./zul. Querkraft- und Torsionsschubspannungen

Tab. 7.11: Beschreibung der Ausgabeparameter: Kreis-, Kreisringquerschnitt

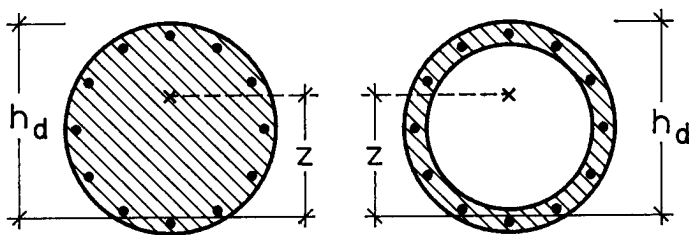


Bild 7.16: Höhen der Druckzone und Hebelarm der inneren Kräfte

8 Ausgabe einer Zeichnung

8.1 Programmaufruf

Der Postprozessor wird mit

BUBPOS

aufgerufen.

Die Verschachtelung ist in den Abbildungen 8.1 bis 8.8 dargestellt.

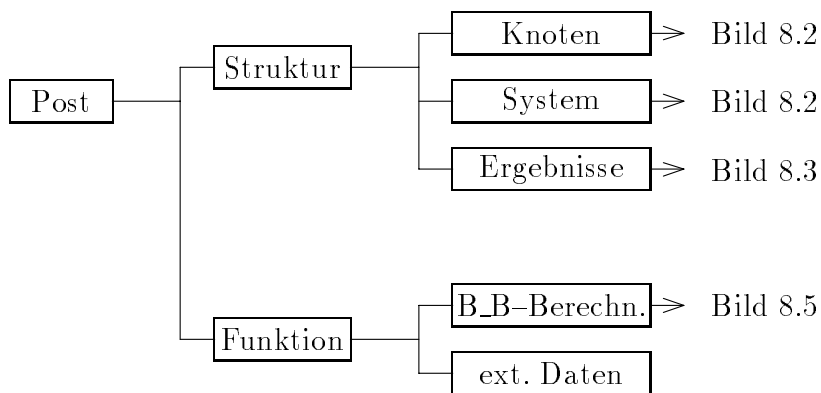


Abbildung 8.1: Linke Menueleiste – Übersicht Stufe 0 – 2

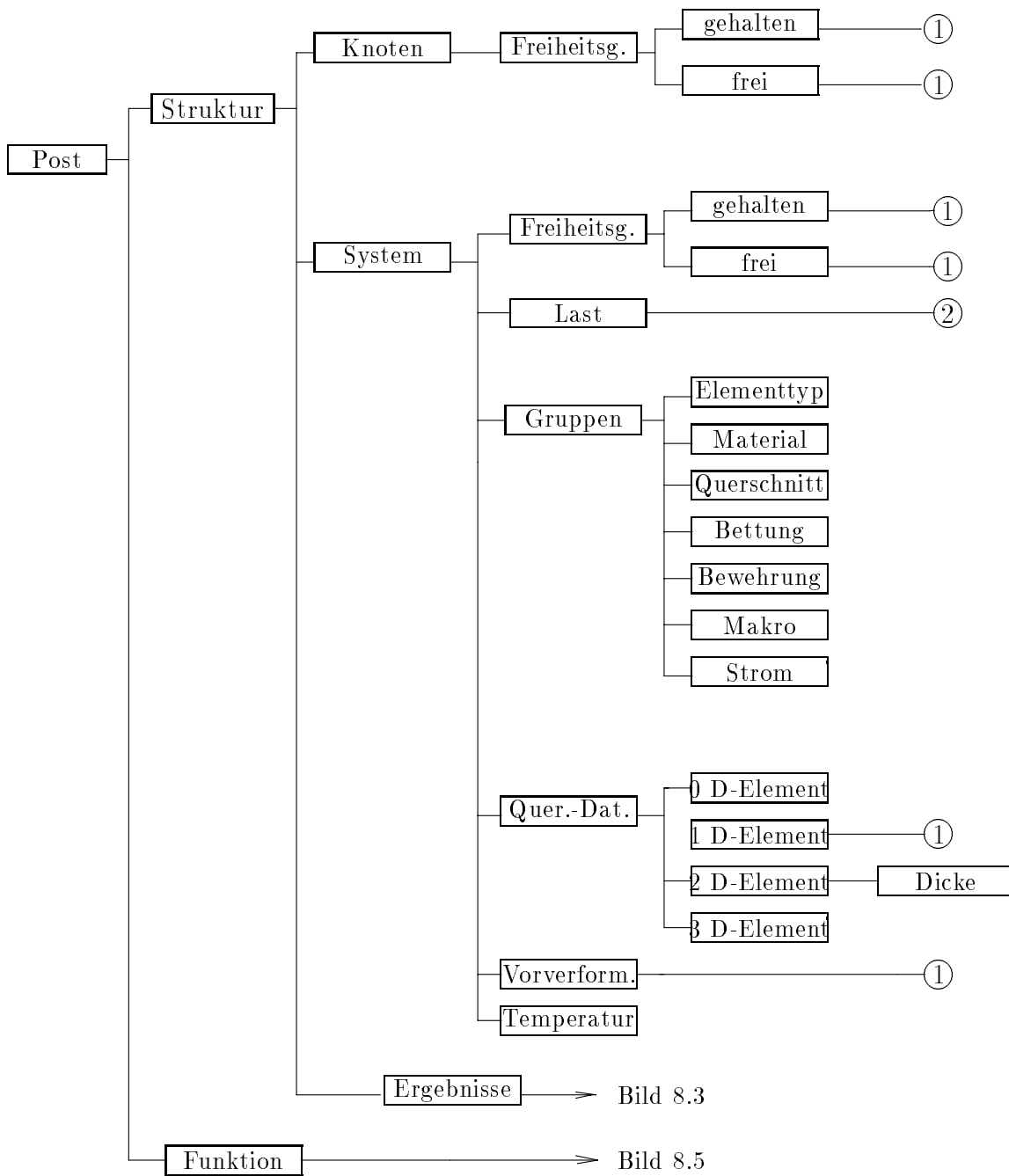


Abbildung 8.2: Linke Menueleiste – “Struktur” Teil 1

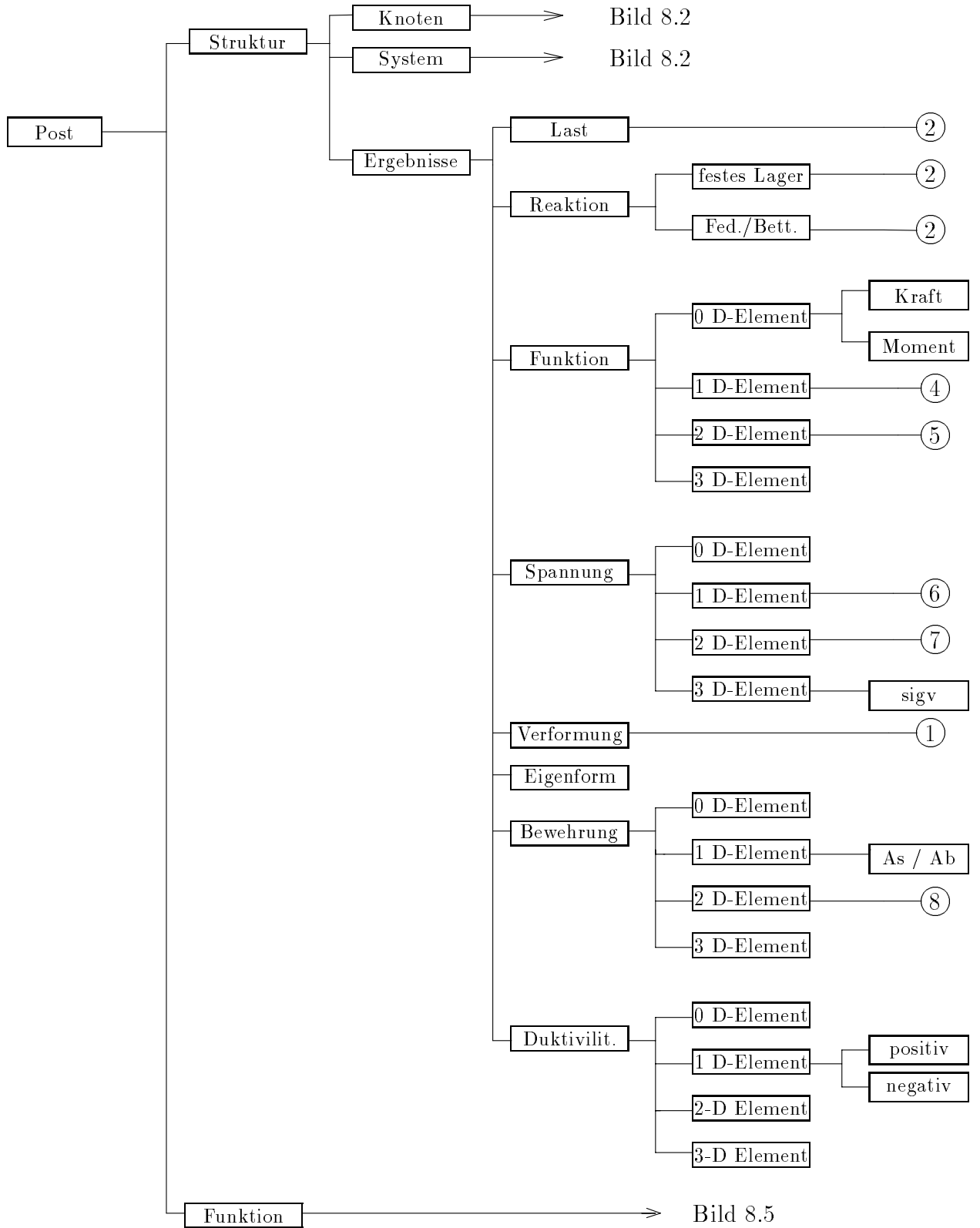


Abbildung 8.3: Linke Menueleiste – “Struktur” Teil 2

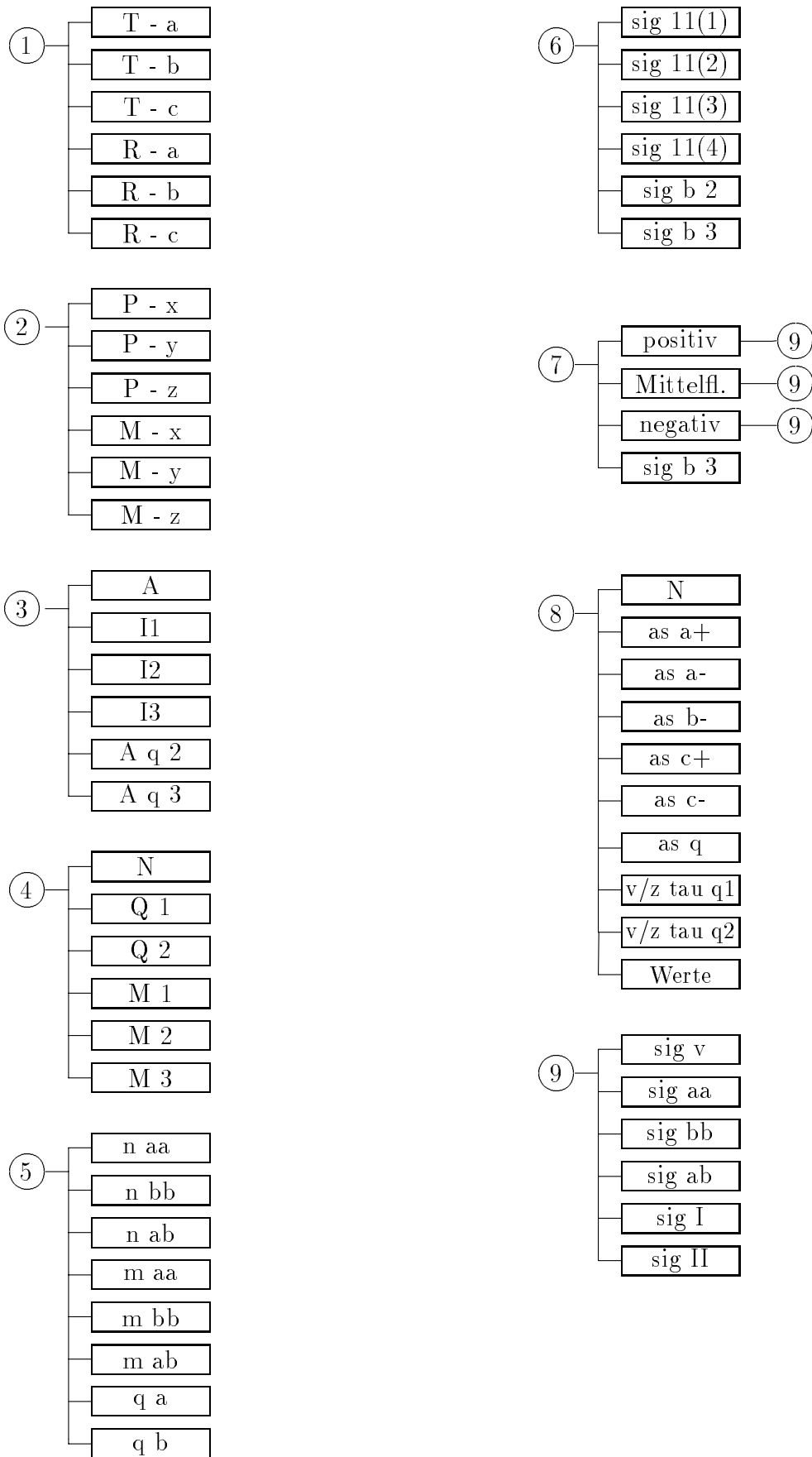


Abbildung 8.4: Linke Menueleiste – Komponenten

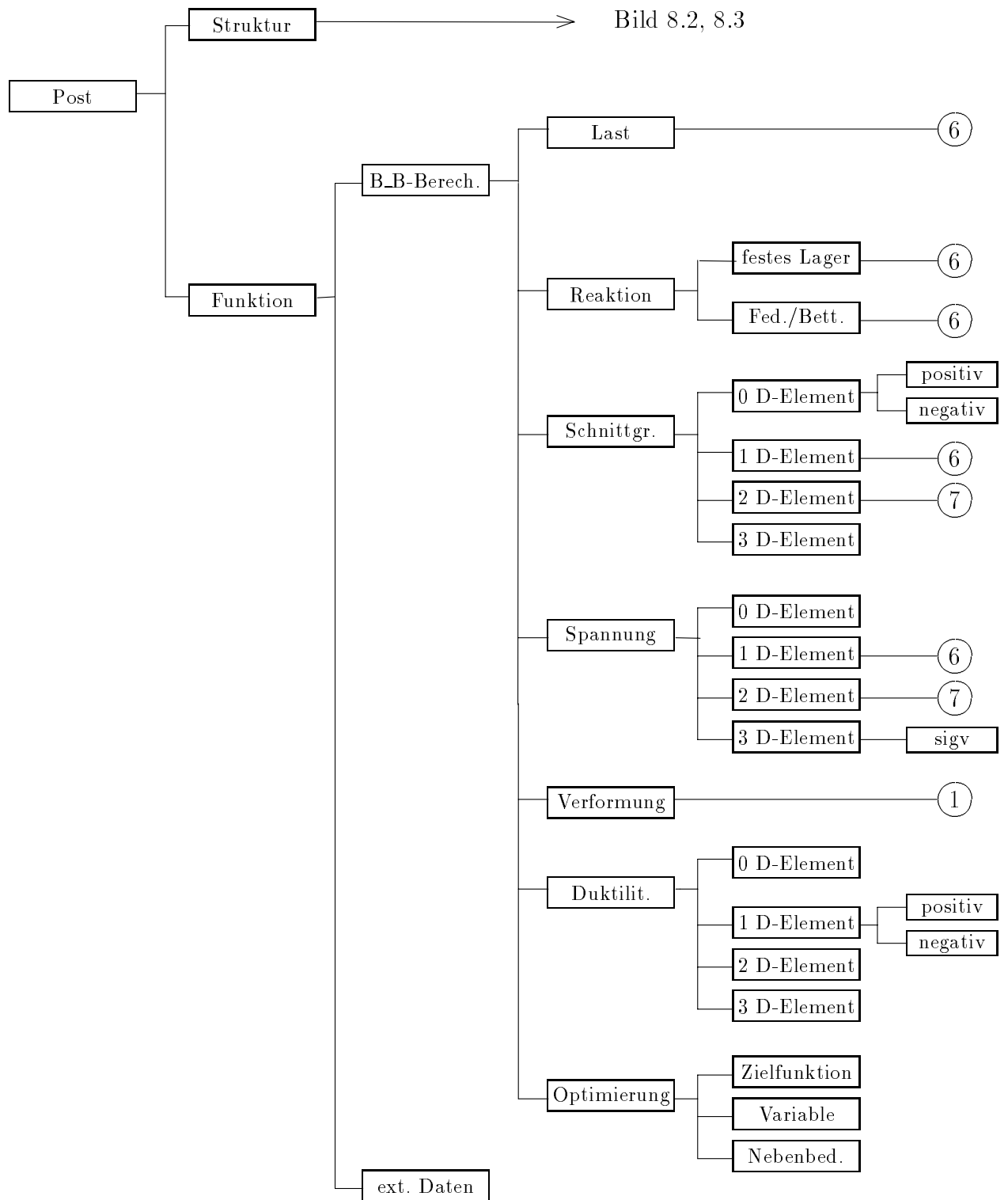


Abbildung 8.5: Linke Menueleiste – “Funktion”

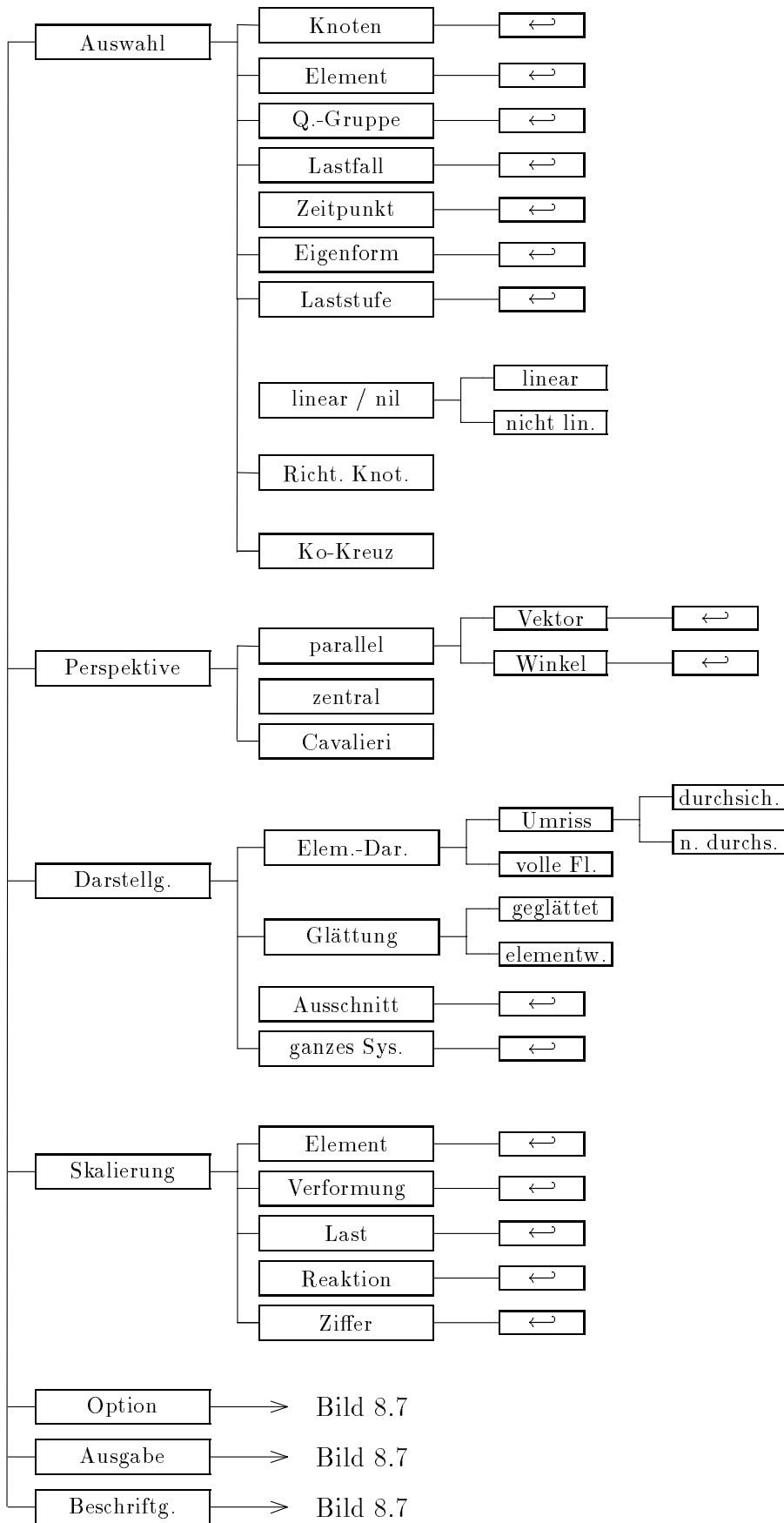


Abbildung 8.6: Rechte Menueleiste beim Anwählen von “Struktur” Teil 1

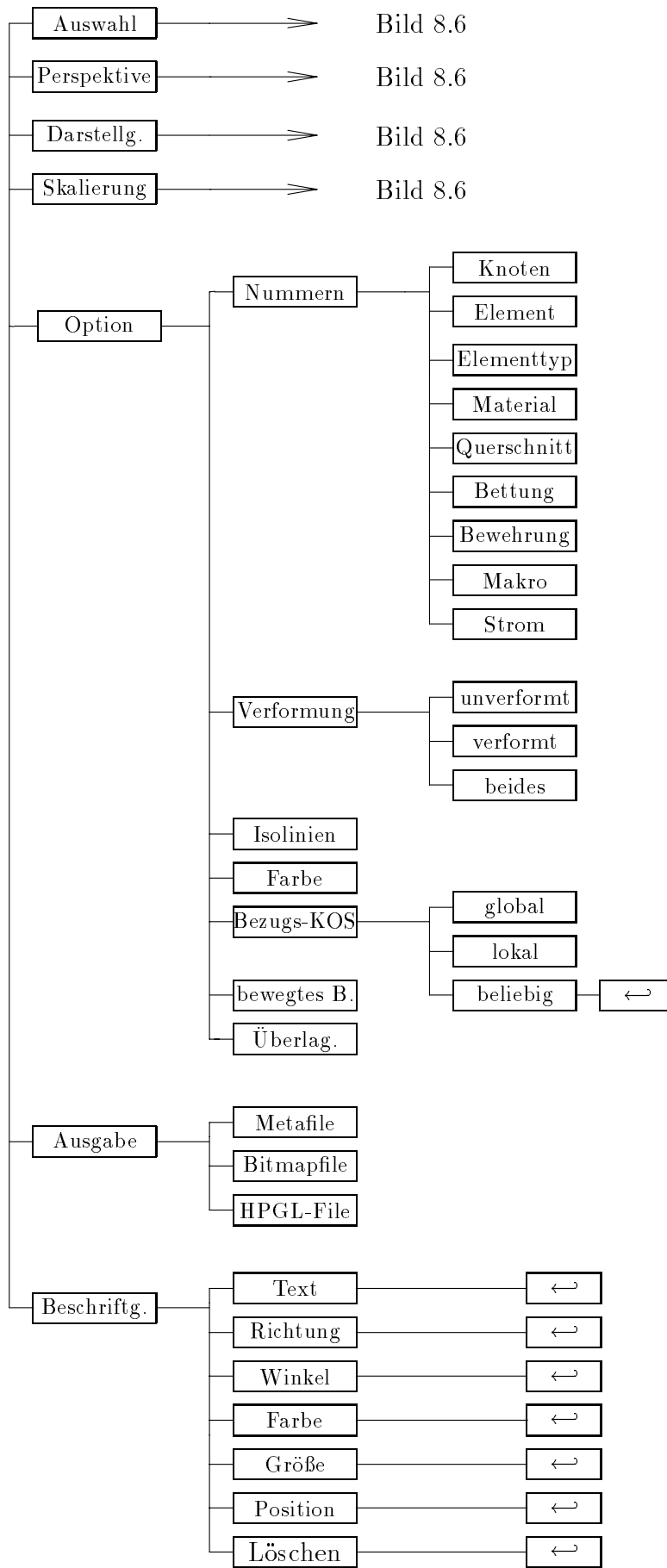


Abbildung 8.7: Rechte Menueleiste beim Anwählen von “Struktur” Teil 2

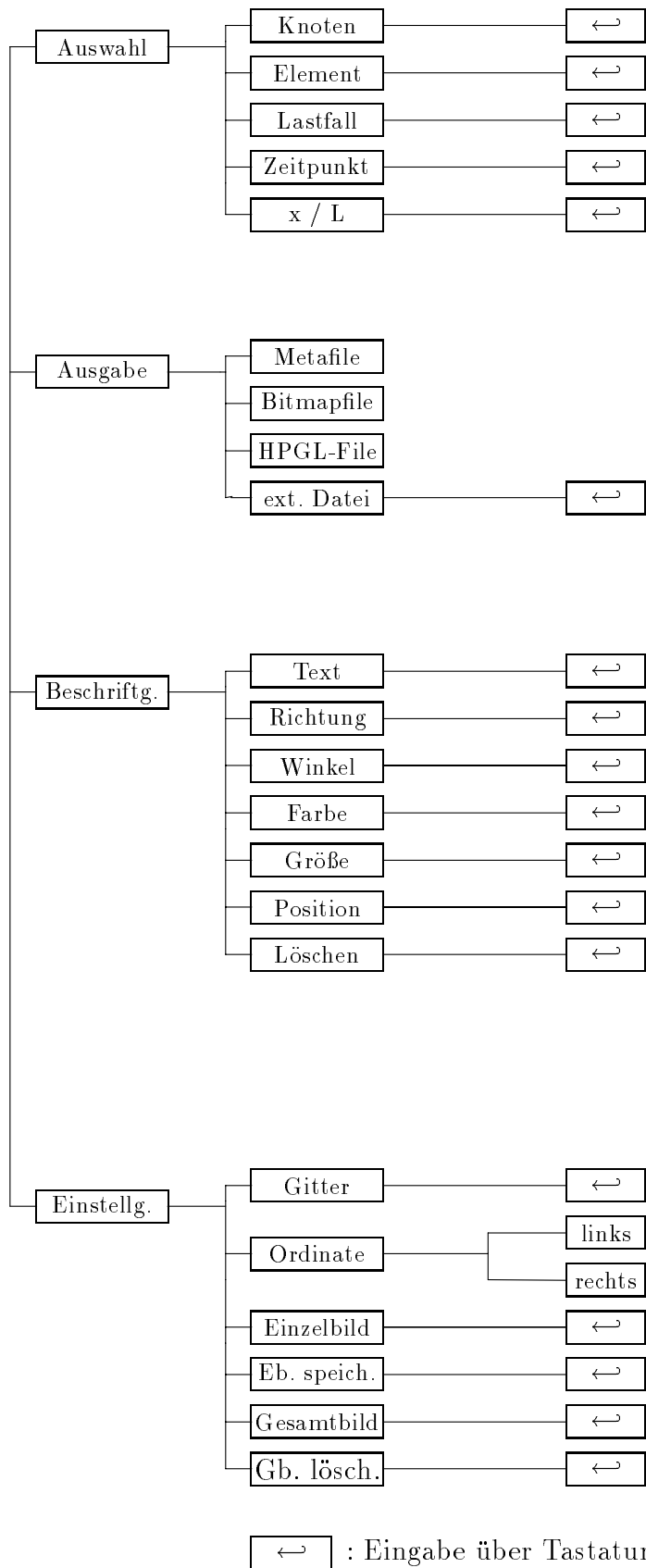


Abbildung 8.8: Rechte Menueleiste beim Anwählen von “Funktion”

9 Parallelversion der Betonoptimierung für die SP2

9.1 Hardware- und Software-Voraussetzungen

- Plattform: IBM, RS/6000 SP2 (Betriebssystem: Unix).
- Bibliotheken: MPI (Message Passing Interface).
- Compiler: mpixf für Fortran; mpcc für C.

9.2 Aktuelle Programmversion

Die aktuelle Programmversion liegt als BUBSP2.tar.Z - Datei vor. Die Datei enthält die folgenden Unterverzeichnisse mit den Programmteilen von B&B:

Rechenmodul:	/bub/bubrec/*.f, *.h
Ausgabemodul:	/bub/bubprt/*.f, *.h
Optimierungsmodul:	/bub/bubopt/*.f, *.h
Sequentielles Optimierungsmodul:	/bub/buboptseq/ *.f *.h
Dokumentation/Beispieldateien:	/bub/info/*.doc

In jedem Verzeichnis existiert ein Makefile mit dem Namen `make_sp2`. Dieses Makefile muß für die Erzeugung der ausführbaren Programme verwendet werden. In dem Verzeichnis `buboptseq` befindet sich eine sequentielle Version von BUBOPT für die SP2. Diese beinhaltet keine Verbindung mit der parallelen Programmbibliothek MPI. In dem Verzeichnis `info` befinden sich Dokumentationsdateien.

9.3 Installation der Parallelversion

Die Installation auf der Zielplattform erfolgt mit Hilfe der Datei BUBSP2.tar.Z. Die folgenden Schritte sind auszuführen:

- (a) Kopieren der Datei BUBSP2.tar.Z auf die Zielplattform.
- (b) Entkomprimieren der Datei BUBSP2.tar.Z: `uncompress BUBSP2.tar.Z`.
- (c) Auspacken der BUBSP2.tar Datei: `tar xvf BUBSP2.tar`.
- (d) Erzeugen der ausführbaren Programme durch Aufrufen von `make_sp2`:
 - `make -f $Directory/bub/bubrec/make_sp2`
 - `make -f $Directory/bub/bubprt/make_sp2`
 - `make -f $Directory/bub/bubopt/make_sp2`
 - `make -f $Directory/bub/buboptseq/make_sp2`
- (e) Löschen der Object - Dateien in den Unterverzeichnissen (aus Platzgründen).

Der Compiler gibt Warnungen aus, die jedoch keine Bedeutung haben, da diese nur Hinweise auf die Programmeffizienz sind.

9.4 Benutzung der Parallelversion

9.4.1 Interaktiver Start der einzelnen Module

9.4.2 Rechenmodul

Der Rechenteil von B&B wird wie in (3) beschrieben gestartet. Die Anzahl der Prozessoren wird vor dem Programmstart auf 1 gesetzt. Der Befehl `poe` initialisiert die Parallelumgebung. Das Programm wird wie folgt aufgerufen:

```
MP_PROCS = 1
poe BUB_Eingabedatei_Projektdatei
```

9.4.3 Ausgabemodul

Das Ausgabemodul von B&B wird wie in (7) beschrieben gestartet. Die Anzahl der Prozessoren wird vor dem Programmstart auf 1 gesetzt. Das Programm wird wie folgt aufgerufen:

```
MP_PROCS = 1
BUBPRT_Projektdatei
```

9.4.4 Optimierungsmodul

Die Voraussetzung für den Start des parallelen Optimierungsmoduls ist ein sequentieller Rechenlauf mit dem Rechenmodul von BUB. Anschließend wird BUBOPT aus dem glei-

chen Verzeichnis gestartet. Das Optimierungsmodul verteilt dann die Daten des sequentiellen Laufs auf die Prozessoren. Vor den Projektnamen muß */temp/* eingefügt werden, damit jeder Prozessor auf seinem lokalen Speicher rechnet. Das Programm wird wie folgt aufgerufen:

```
MP_PROCS = Anzahl der Prozessoren (> 1)
poe BUBOPT_□/temp/Projektdatei
```

Die Ergebnisdateien werden in das Verzeichnis *\$HOME/BUBOPT/* geschrieben. Bei nochmaligen Aufruf werden die letzten Ergebnisdateien überschrieben.

9.4.5 Start des Optimierungsmoduls aus dem Load-Leveler

Das parallele Optimierungsmodul wird in der Regel aus dem Load-Leveler gestartet. Der Load-Leveler verwaltet die Prozessoren und wird mit *xloadl&* gestartet. Auf jedem Prozessor läuft genau ein Job. Nach dem Einbringen des Jobs in den Load-Leveler erscheint dieser im Load-Leveler-Fenster und steht in der Warteschlange. Wenn genügend Prozessoren frei sind, beginnt der Rechenlauf. Der Start und das Ende eines Rechenlaufs werden dem Benutzer durch e-mails mitgeteilt. Zusätzlich wird in einem frei wählbaren Verzeichnis ein ERROR-File und ein NOTIZ-File abgelegt. Die Datei, die von dem Load-Leveler gelesen wird und den Berechnungsablauf steuert, ist die *.cmd*-Datei. Diese kann im Load-Leveler interaktiv erzeugt werden. Alternativ kann die *.cmd*-Datei mit Hilfe der Beispiel-Dateien in dem Verzeichnis *info* erzeugt werden. Nachfolgend ist beispielhaft eine *.cmd*-Datei für den Start des parallelen Optimierungsmoduls angegeben. Vor dem Start des parallelen Optimierungsmoduls muß der Rechenteil von B&B gestartet werden. Das *initialdir* in der *.cmd*-Datei muß auf das Verzeichnis gesetzt werden, in dem sich die aktuellen Eingabedaten und die erzeugten Ergebnisdateien des sequentiellen Programmlaufs befinden.

.cmd-Datei		
# !/bin/ksh		
# @ executable	= /usr/bin/poe	(Ausführbares Programm)
# @ arguments	= BUBOPT /temp/a.aus	(Programmargumente)
# @ input	= /dev/null	(Standardausgabe: Bildschirm)
# @ output	= ~/err/\$(Cluster).\$(Process).out	(ERROR-Datei)
# @ error	= ~/err/\$(Cluster).\$(Process).err	(NOTIZ-Datei)
# @ initialdir	= /u/iki330	(Verzeichnis mit Eingabedaten und den Daten des sequentiellen Programmlaufs)
# @ notify_user	= iki330@spo109	(e-mail Adresse des Benutzers)
# @ class	= poe-test	(Jobklasse)
# @ notification	= always	(Häufigkeit der e-mails)
# @ checkpoint	= no	(Checklauf)
# @ restart	= no	(Restart des Programms)
# @ requirements	= (Arch == „R6000 “) && (OpSys == „AIX41 “) && (Adapter == „hps-user “)	(Hardwareoptionen)
# @ min_processors	= 8	(Minimale Anzahl von Prozes- soren)
# @ max_processors	= 8	(Maximale Anzahl von Prozes- soren)
# @ job_type	= PARALLEL	(Art des Jobs)
# @ queue		(Abschicken des Jobs)

9.5 Arbeitsumgebung auf der SP2

Die Arbeitsumgebung für das Parallelrechnen besteht im wesentlichen aus den folgenden Softwarekomponenten:

Load-Leveler: Start von Paralleljobs (Start: *xloadl&*)

Informationstool: Beinhaltet Hilfen für die Parallelumgebung (Start: *info*)

Visualisierungstool: Visualisierung des parallelen Programmablaufs (Start: *vt*)

Literaturverzeichnis

- [BM72] Baumann, Th.:
Zur Frage der Netzbewehrung von Flächentragwerken
Der Bauingenieur, Vol. 47, Heft 10, 1972, 367-377
- [LOU] Lourenco, P. B.; Figueiras, J. A.:
Automatic Design of Reinforcement in Concrete Plates and Shells
Engineering Computations, Vol. 10, S. 519-541, Pineridge Press Ltd., 1993
- [DA 1] DafStb-Richtlinie zur Anwendung von Eurocode 2 -
Planung von Stahlbeton und Spannbetontragwerken
Ausg. 04.1993
- [DA 2] DafStb-Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 206,
Ausgabe 11.1991
- [GRA] Grasser, E.; Kupfer, H.; Pratsch, G.; Feix, J.:
Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen nach EC2 für Biegung, Längs-
kraft, Querkraft und Torsion,
Beton-Kalender, Teil 1, 1993
- [MAR] Marti, P.:
Design of Concrete Slabs for Transverse Shear
ACI Structural Journal, No. 87, S. 180 - 190, March - April 1990
- Normen**
- [DIN1045] Beton- und Stahlbeton-Bemessung und Ausführung, Juli 1988
- [EC2] Eurocode 2, Teil 1;
Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Grundlagen und Anwendungs-
regeln für den Hochbau, Ausg. 06.1992