

7 Forschungsmethodik

In diesem Kapitel werden Methoden zur Datenerfassung bzgl. Vernetzungen in den drei Curriculumsrahmen diskutiert und die Auswahl der Methoden für die durchgeführte empirische Untersuchung vorgestellt.

Wenn dabei und im Folgenden von Vernetzungen die Rede ist, so beziehe ich mich ausschließlich auf fachsystematische Vernetzungen sowie Modellvernetzungen, entsprechend der im Kapitel 6 vorgenommenen Einschränkungen in den Forschungsfragen.

Im Abschnitt 7.1 werden in Frage kommende Methoden zur Datenerfassung bzgl. Vernetzungen in den einzelnen Curriculumsrahmen vorgestellt. Die spezielle Methode des Concept Mapping, die sich in besonderer Weise zur Aufnahme von Vernetzungen im deklarativen Wissen eignet, wird im Abschnitt 7.2 beschrieben. In Anlehnung daran werden Untersuchungsmethoden für den Rahmen des erreichten Curriculums entwickelt. Abschnitt 7.3 zeigt mögliche Fehlerquellen für die unterschiedlichen Methodiken auf und im Abschnitt 7.4 schließlich wird die Methodik für die empirische Untersuchung spezifiziert.

7.1 Methodik zur Datenerfassung in den Curriculumsrahmen

Grundsätzlich eignen sich als *Methoden zur Datenerfassung* bzgl. Vernetzungen

1) *im Rahmen des intendierten Curriculums:*

- Analysen von schulformbezogenen Lehrplänen/Richtlinien,
- Analysen von schulinternen Lehrplänen/Stoffverteilungsplänen oder anderen Absprachen unter Lehrern in Bezug auf die Planung des Unterrichts,
- Analysen von Schulbüchern,
- Analysen weiterer Unterrichtsmaterialien (z.B. Arbeitsblätter, Computer-software),

2) *im Rahmen des implementierten Curriculums:*

- Befragungen von Lehrern,
- Unterrichtsbeobachtungen, die Lehrer im Blickfeld haben,

3) *im Rahmen des erreichten Curriculums:*

- Unterrichtsbeobachtungen, die Schüler im Blickfeld haben,
- Tests mit Schülern
für das tatsächlich erreichte Curriculum,
- Befragungen von Lehrern
für das aus Lehrersicht erreichte Curriculum.

Es sollen an dieser Stelle nicht alle Methoden diskutiert werden, sondern nur jene, die für die empirische Untersuchung entsprechend der Forschungsfragen geeignet erscheinen. Dabei geht es in jedem Fall auch darum, entsprechend der Graphenstruktur vernetzten Wissens (vgl. Kapitel 3.1) Methoden zu beschreiben, die einer Überführung von erhobenem Datenmaterial in Graphen zwecks Repräsentation der interessierenden inhärenten Vernetzungen dienen.

Will man den Weg von Vernetzungen rund um ein Unterrichtsthema in Lehr- und Lernprozessen verfolgen, indem man die entsprechenden Vernetzungen in den drei Curriculumsrahmen vergleichend erhebt, so müssen sich die Untersuchungen im Rahmen des intendierten Curriculums und im Rahmen des implementierten Curriculums an der Auswahl der Schüler bzw. Schülergruppen orientieren, bei denen das erreichte Curriculum erhoben wird.

So ist im Rahmen des implementierten Curriculums nur der Unterricht zum betrachteten Thema zu berücksichtigen, an dem die an der Untersuchung beteiligten Schüler teilgenommen haben. Die Erhebungen im Rahmen des intendierten Curriculums reduzieren sich auf die Lehrpläne und Unterrichtsmaterialien, die der Planung genau dieses Unterrichts zugrunde lagen.

7.1.1 Methodik zur Datenerfassung im Rahmen des intendierten Curriculums

Die Durchführung der Untersuchungen erfolgt an drei verschiedenen Schulen, *Gymnasium A*, *Gymnasium B* und einer *Gesamtschule* in Nordrhein-Westfalen NRW (vgl. Kapitel 6.2). Im *Rahmen des intendierten Curriculums* müssen somit die Richtlinien und Lehrpläne für den Mathematikunterricht der Sekundarstufe I am Gymnasium in NRW und die Richtlinien Mathematik für die Gesamtschule in NRW im Hinblick auf das in der Untersuchung betrachtete Thema der linearen Gleichungssysteme und der dazu aufgeführten Vernetzungen analysiert werden. Weitere schulinterne Lehrpläne bzw. Stoffverteilungspläne oder andere zu berücksichtigende Absprachen der Lehrer gibt es an den beiden Gymnasien nicht; an der Gesamtschule ist lediglich ein Stoffverteilungsplan zu beachten. An allen drei Schulen wurden neben den Schulbüchern keine weiteren Materialien zur Planung des interessierenden Unterrichts eingesetzt.

In *Richtlinien* und *Stoffverteilungsplänen* lassen sich Vernetzungen aus den aufgeführten Lerninhalten und zusätzlichen Bemerkungen ausmachen. Die aufgeführten Lerninhalte entsprechen den im Unterricht zu vermittelnden Konzepten, sie können als Knotenmenge angesehen werden. Vernetzungen auf dieser Knotenmenge (das Herstellen von Bezügen/Verbindungen) werden zum Teil in den Bemerkungen der Lehrpläne explizit angegeben. Weitere Vernetzungen sind implizit in den aufgeführten Lerninhalten enthalten.

So ergeben sich fachsystematische Vernetzungen insbesondere, wenn

- zu einem Oberbegriff mehrere Unterbegriffe als Lerninhalte genannt werden (Oberbegriff-Unterbegriff-Relation),
- Klassifizierungen, Fallunterscheidungen, Sonderfälle Bestand der Lerninhalte sind,
- bestimmte Merkmale/Eigenschaften eines mathematischen Objekts zu den Lerninhalten gehören (Merkmalsvernetzung).

Werden verschiedene Repräsentationen desselben mathematischen Objekts als Lerninhalte aufgeführt, so beinhaltet dies implizit eine Modellvernetzung zwischen den Repräsentationen. Ferner werden Modellvernetzungen auch durch Anwendungsaufgaben als aufgeführte Lerninhalte eingefordert.

Zur Analyse der in einem *Schulbuch* dargestellten Vernetzungen zu einem Unterrichtsthema müssen Vernetzungsknoten samt ihren Beziehungen aus der Abhandlung dieses Themas im Schulbuch herausgefiltert werden. Man steht hier vor der Aufgabe, die Schulbuchdarstellung, die weitestgehend in einer linearen Textform erfolgt, in eine Graphenstruktur zu transformieren.

Erste Informationen über mögliche Vernetzungsknoten erhält man, indem man die Inhalte zur Thematik im Schulbuch betrachtet. Diese Inhalte werden durch Konzepte benannt, die dann als Knoten in Frage kommen.

In einem zweiten Schritt wird nach den im Buch aufgezeigten Beziehungen zwischen diesen Konzepten oder von diesen Konzepten mit anderen, im Schulbuch genannten, gefragt. Dabei muss die übergeordnete Zielsetzung der Reduktion auf fachsystematische Vernetzungen und Modellvernetzungen berücksichtigt werden.

Fachsystematische Vernetzungen ergeben sich vor allem durch

- das Vorstellen verschiedener Konzepte, die unter einem Oberbegriff zusammengefasst werden (Unterbegriff-Oberbegriff-Relation),
- Klassifikationen, Fallunterscheidungen bzw. das Aufzeigen von Sonderfällen,
- das Aufzeigen verschiedener Eigenschaften eines mathematischen Objekts (Merkmalsvernetzung),
- die Herleitung eines mathematischen Konzepts aus anderen Konzepten (Vernetzung durch Deduktion),
- die Angabe von Beweisen zu Sätzen, von Lösungsmengen zu Aufgaben (Zugehörigkeitsrelation).

Innermathematische Modellvernetzungen werden in Büchern entweder explizit angegeben oder durch Textaufgaben eingefordert.

Modellvernetzungen mit außermathematischen Anwendungen ergeben sich durch Textaufgaben zu verschiedenen nichtmathematischen Bereichen.

Nach diesen Betrachtungen müssen möglicherweise einige der herausgesuchten Konzepte als Vernetzungsknoten wieder gestrichen werden, sofern sie in keiner der fraglichen Beziehungen mit anderen Konzepten stehen, andere Konzepte werden in die Menge der Vernetzungsknoten neu aufgenommen. Durch diese Vorgehensweise wird eine Vervollständigung der Vernetzungsknoten erreicht und gleichzeitig werden auch die Relationen zwischen den einzelnen Knoten herausgestellt.

Nun kann es sich als notwendig erweisen, dass die Zahl der Vernetzungsknoten auf ein für die Untersuchung vertretbares Maß reduziert werden muss; die Zahl der Knoten sollte 30 nicht übersteigen. Eine Reduktion der Vernetzungsknoten kann durch eine Änderung des Detaillierungsgrades erfolgen, indem eine gröbere Auflösung des Netzwerkes gewählt wird.¹ Auch kann man die Zahl der Vernetzungsknoten sinnvoll reduzieren, indem man einzelne Konzepte oder Cluster von Konzepten, die im Netzwerk zur Thematik eher eine Randposition mit wenigen Verbindungen zum Kern einnehmen, vom Netzwerk abtrennt.

Hinweise auf zu verzeichnende Defizite bzw. Positiva im Rahmen des intendierten Curriculums geben

- die Reichhaltigkeit der in den Lehrplänen und einzelnen Schulbüchern dargestellten Beziehungen,
- die Vollständigkeit durchgeführter Fallunterscheidungen,
- die Vielfalt aufgezeigter Repräsentationen mathematischer Objekte,
- die Verschiedenartigkeit der durch Textaufgaben angesprochenen Bereiche,

gemessen an den Möglichkeiten Vernetzungen zur Thematik für den Unterricht in der Sekundarstufe I (vgl. Abschnitt 5.2.2) aufzuzeigen.

¹ Man nennt diesen Vorgang auch „Verdichten“ (englisch: chunking); für den umgekehrten Prozess ist der Begriff „Ausfalten“ (englisch: unfolding process) gebräuchlich (STEINER, 1996, S. 279-280).

7.1.2 Methodik zur Datenerfassung im Rahmen des implementierten Curriculums

Im *Rahmen des implementierten Curriculums* gibt es grundsätzlich die Möglichkeit, im Unterricht aufgezeigte Vernetzungen über Darstellungen der betroffenen Lehrperson zu erfahren (z.B. durch Lehrerinterviews) oder auf der Grundlage von Unterrichtsbeobachtungen aufzunehmen.

Bei der Wahl der Methode ist zu berücksichtigen, dass bei der durchzuführenden Untersuchung der Einfluss des Parameters *Zeit* auf das erreichte Curriculum in Bezug auf den Zeitraum seit Vermittlung der Lerninhalte bis zur Aufnahme des erreichten Curriculums erörtert werden soll. Sollten zur Aufnahme von Vernetzungen im Rahmen des implementierten Curriculums Unterrichtsbeobachtungen erfolgen, so müssen sich daher die nachfolgenden Untersuchungen im Rahmen des erreichten Curriculums über einen längeren Zeitraum (von mehreren Monaten oder Jahren) verteilen.

Um schneller zu Untersuchungsergebnissen zu gelangen, wird ein anderer Weg bestritten: In die Untersuchungen im Rahmen des erreichten Curriculums werden Schülergruppen verschiedener Jahrgänge einbezogen, so dass der Unterricht zu der Thematik für die Schüler der einzelnen Lerngruppen unterschiedlich lange zurückliegt.¹ Als Methode zur Aufnahme von Vernetzungen im Rahmen des implementierten Curriculums dienen *Lehrerinterviews*. Befragt werden die Lehrer der interessierenden Schülergruppen, die den Unterricht zur Thematik der linearen Gleichungssysteme erteilt haben.

Bei der Konzipierung des Fragenkatalogs für die Lehrerinterviews (vgl. auch Kapitel 7.4) ist zu beachten, dass Lehrer auf der Grundlage des intendierten Curriculums unterrichten. Vernetzungen im Rahmen des implementierten Curriculums werden daher auf der Grundlage der Bestandsaufnahmen im Rahmen des intendierten Curriculums erfasst. Im Interview wird erfragt, welche einzelnen im Rahmen des intendierten Curriculums ausgemachten Vernetzungen von den Lehrern im Unterricht aufgezeigt wurden und welche darüber hinausgehenden Vernetzungen dargeboten wurden.²

¹ Zur Problematik dieser Vorgehensweise und speziellen Konsequenzen für die Wahl der Lerngruppen siehe 7.4.

² Der Gebrauch des Begriffs „Vernetzung“, von dem Lehrer im Hinblick auf Mathematikunterricht bestenfalls eine sehr vage Begriffsvorstellung haben, wird dabei vermieden; vielmehr wird über synonyme sprachliche Umschreibungen nach einzelnen Vernetzungen gefragt.

Dazu wird zunächst nach den Unterrichtsinhalten zur betrachteten Thematik gefragt; diese werden durch Konzepte benannt, die dann als Vernetzungsknoten oder auch als Cluster von Vernetzungsknoten in Frage kommen. Danach werden die Lehrer gefragt, wie sie den Unterrichtsstoff inhaltlich integriert haben, welche Bezüge sie zwischen einzelnen Lerninhalten aufgezeigt haben. Hieraus ergeben sich im Unterricht dargebotene Vernetzungen. Spezielle Fragen nach vorgenommenen Kategorisierungen, aufgezeigten Sonderfällen, vorgenommenen Modellierungen u.s.w., die sich insbesondere auch auf erhobene Vernetzungen im Rahmen des intendierten Curriculums beziehen, runden das Bild um Vernetzungen im Rahmen des implementierten Curriculums weiter ab.

Eine Präzisierung der Methodik erfolgt unter 7.4.

7.1.3 Methodik zur Datenerfassung im Rahmen des erreichten Curriculums

Neben dem von Schülern tatsächlich erreichten Curriculum soll auch das aus Lehrersicht erreichte Curriculum erfasst werden (vgl. Kapitel 6, Forschungsfrage 1.3; zur Begründung vgl. Kapitel 4.2). Entsprechend muss auch die Methodik der Datenerfassung differenziert werden.

Das *aus Lehrersicht erreichte Curriculum* muss von den betroffenen Lehrern selbst angegeben werden. Im *Lehrerinterview* zur Ergründung von Vernetzungen im Rahmen des implementierten Curriculums werden die Lehrer daher zusätzlich auch nach den aus ihrer Sicht von den Schülern vorrangig gelernten Vernetzungen gefragt. Dabei werden sowohl Einschätzungen der Lehrer bezüglich besonderer Zusammenhänge, die von den Schülern gelernt und behalten wurden, eingeholt, als auch bezüglich der Fähigkeit der Schüler ihr Wissen um Zusammenhänge beim Problemlösen erfolgreich anzuwenden, speziell auch Textaufgaben zu modellieren.

Da entsprechend der Forschungsfrage 1.3.1 nur grobe Einschätzungen der Lehrer bzgl. vorrangig im Schülerwissen vorhandenen Vernetzungen eingeholt werden sollen, sind detaillierte Fragen nach einzelnen gelernten Vernetzungen nicht vorgesehen.

Im Rahmen des von den Schülern *erreichten Curriculums* sind als Methoden zur Erfassung von Vernetzungen prinzipiell Unterrichtsbeobachtungen oder Schülertests

möglich. Da in die durchzuführenden Untersuchungen Schülergruppen verschiedener Jahrgänge einbezogen werden, bei denen der Unterricht zur betrachteten Thematik bereits unterschiedlich lange zurückliegt (vgl. Abschnitt 7.1.2), werden zur Aufnahme von Vernetzungen im erreichten Curriculum *Schülertests* durchgeführt.

Die Gestaltung der Schülertests muss dabei der Tatsache Rechnung tragen, dass Vernetzungen sowohl im deklarativen Wissen auftreten, als auch bei einem verständigen, aktiven Bewegen in Netzwerkstrukturen im Zuge von Problemlösungsprozessen.

Deklaratives Wissen, d.h. Wissen um Begriffe in ihrer Beziehungshaltigkeit und somit auch Wissen um Vernetzungen, lässt sich vorteilhafterweise direkt mittels graphischer Darstellungen aufnehmen (vgl. Abschnitt 7.2.1). Hierfür eignen sich in besonderer Weise *Concept Maps*¹. Die Technik des Concept Mapping und die Möglichkeit, auf dieser Grundlage Vernetzungen auszumachen, werden im Abschnitt 7.2 erläutert.

Die *Fähigkeit der Schüler mittels verständigem Vernetzen erfolgreich Probleme zu lösen*, muss anhand von Problemstellungen ausgetestet werden. Diese müssen so formuliert sein, dass sie mit im Unterricht behandeltem Wissen lösbar sind. Ferner sollten die Aufgabenstellungen den Schülern nicht bereits bekannt sein, so dass möglicherweise auswendig gelernte und nicht verstandene Lösungsverfahren nicht zum Tragen kommen können.

Bei der durchzuführenden Untersuchung wird der Frage nachgegangen, ob Schüler ihr deklaratives Wissen um Vernetzungen, sofern vorhanden, überhaupt erfolgreich zur Lösung der gestellten Aufgaben einsetzen können, die einzelnen Strategien der Schüler beim Problemlösen werden nicht analysiert. Dabei beschränkt sich die Untersuchung auf einige wenige Aufgaben, die so gestellt werden, dass insbesondere Modellvernetzungen für ihre Lösung nötig sind, da in diesem Bereich Schwachstellen deutscher Schüler vermutet werden.

Die Fähigkeit zum Modellieren von Anwendungsaufgaben kann anhand konkret vorgelegter Textaufgaben getestet werden. Dabei müssen die Aufgaben so gewählt sein, dass ein Scheitern bei der Textumsetzung aufgrund beim Schüler nicht vorhandener Kenntnisse, die spezifisch für einen bestimmten Anwendungsbereich (z.B. Physik) sind, ausgeschlossen werden kann.

¹ "The most useful and best researched of the conceptual relationship measures is the concept map" (DUIT, TREAGUST & MANSFIELD, 1996).

7.2 Die Methode des Concept Mapping

7.2.1 Darstellung von Wissensnetzen

Will man Muster vernetzten Wissens von Individuen erheben, so muss man geeignete Darstellungsmöglichkeiten für diese finden.

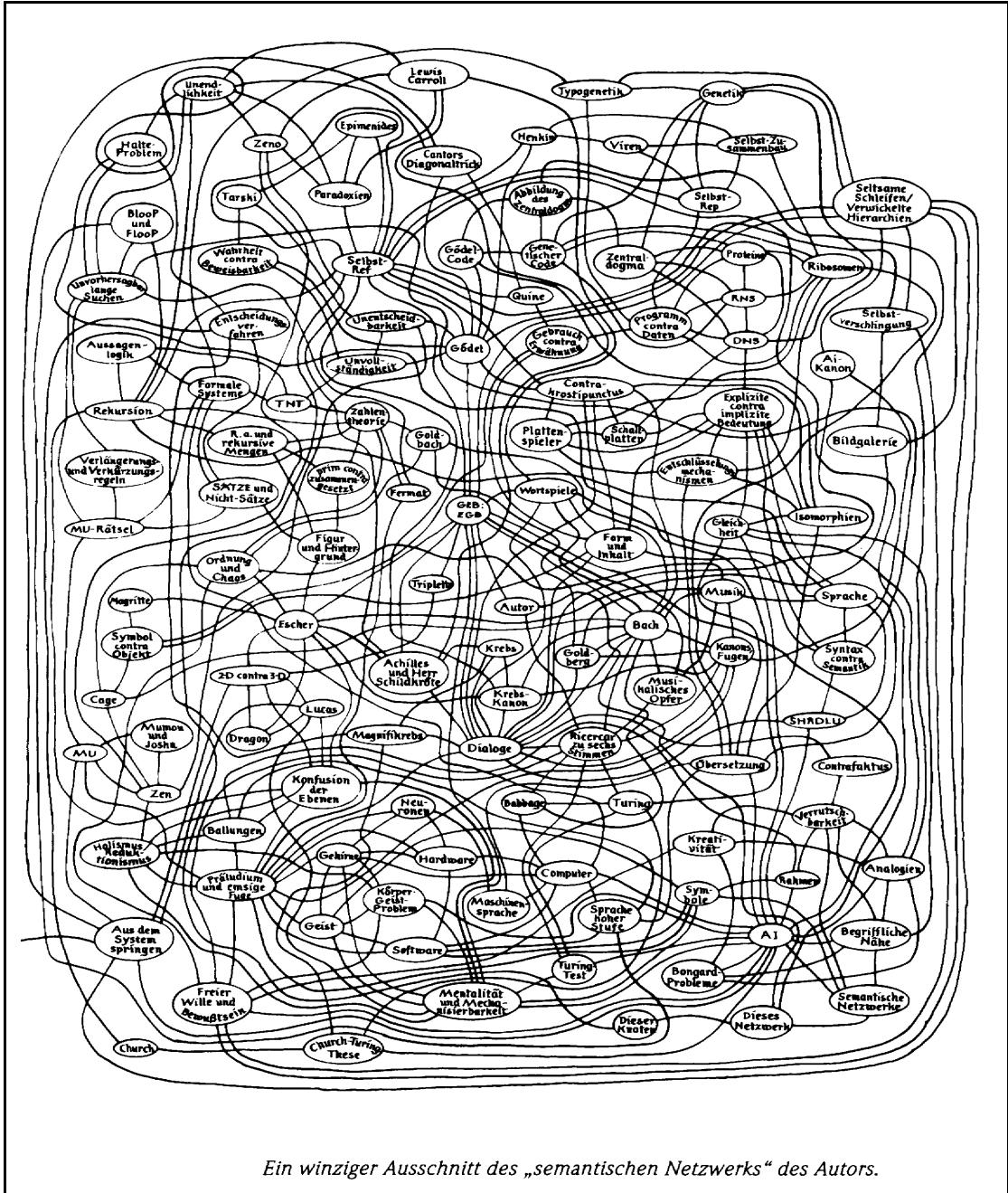
In den üblichen sprachlichen Umschreibungen werden vernetzte Gegenstände vorwiegend in Textform vorgestellt. Diese *Texte sind linear geordnet*: von links nach rechts, von oben nach unten. Auch erfahren wir mittels der Sprache vernetzte Begriffe *nacheinander*, in einer *linear fortschreitenden Zeit*.

Demnach muss ein Wissensnetzwerk, das mit sprachlichen Mitteln beschrieben wird, nach und nach aufgebaut, gewoben werden, wobei einzelne Teile mit anderen in Beziehung gesetzt werden, so dass schließlich ein Gesamtgefüge entsteht. Hierbei ergeben sich allerdings Schwierigkeiten. „Wir stehen ... bei der Darstellung eines vernetzten Zusammenhangsgewebes vor dem in der Regel nur mangelhaft lösbaren Problem, dessen „Knotenpunkte“ in eine sinnvolle Reihenfolge zu bringen, weil bei jeder Reihung automatisch (zu) viele „Zusammenhangskanten“ verloren gehen“ (KIEßWETTER, 1993, S. 7). Außerdem wird die durch die Zeit linearisierte Darstellung von Netzwerkbestandteilen dem Charakter eines Netzes mit *koexistierenden* oft nicht linearen *Zusammenhängen* nicht gerecht.

Um vernetzte Gegenstände in ihrem Zusammenhanggefüge als Wissensbestand von Individuen sinnvoll aufnehmen und repräsentieren zu können, braucht man Darstellungen, die eine *simultane Erfassung des gesamten Netzes* bzw. des jeweils relevanten Netzwerkausschnittes gestatten. Man greift daher auf *bildliche Darstellungen* zurück, da man ein Bild als eine Einheit all seiner Elemente erfassen kann.

Wie die HOFSTADTERS Buch „Gödel, Escher, Bach“ (1995, S. 396) entnommene Darstellung in Abbildung 14 zeigt, lassen sich allerdings aus hochkomplizierten Netzwerken nur sehr kleine Ausschnitte bildlich repräsentieren und selbst solch ein kleiner Ausschnitt kann so komplex sein, dass seine Darstellung sehr unübersichtlich, eher verwirrend wirkt. Eine bildliche Darstellung erfordert daher eine (mitunter drastische) Reduzierung tatsächlich vorliegender Zusammenhänge.

Abbildung 14: Bildliche Darstellung eines winzigen Ausschnitts eines semantischen Netzwerks (entnommen dem Buch „Gödel, Escher, Bach“ von Douglas Hofstadter)



Je nachdem, unter welchem Aspekt die *Auswahl der dargestellten Vernetzungen* erfolgt, und *abhängig vom Verwendungszweck* der Darstellungen bedient man sich *unterschiedlicher Methoden der bildlichen Repräsentation*.¹ Für die Erfassung und Bewertung des *deklarativen Wissens* eines Individuums *rund um ein Thema*, speziell auch gerade von fachsystematischen Vernetzungen und Modellvernetzungen, eignen sich Concept Maps, die nachfolgend vorgestellt werden, in besonderer Weise.

7.2.2 Concept Mapping - Hintergründe und Form der Darstellung

*Concept Mapping*² ist eine Technik, bei der *Begriffe (concepts) rund um ein Thema* mit ihren *Beziehungen* untereinander *visualisiert* werden.

Eingeführt wurde diese Technik in den siebziger Jahren von *NOVAK*³, und zwar vornehmlich im naturwissenschaftlichen Unterricht, speziell in Biologie (vgl. *NOVAK & GOWIN*, 1984).

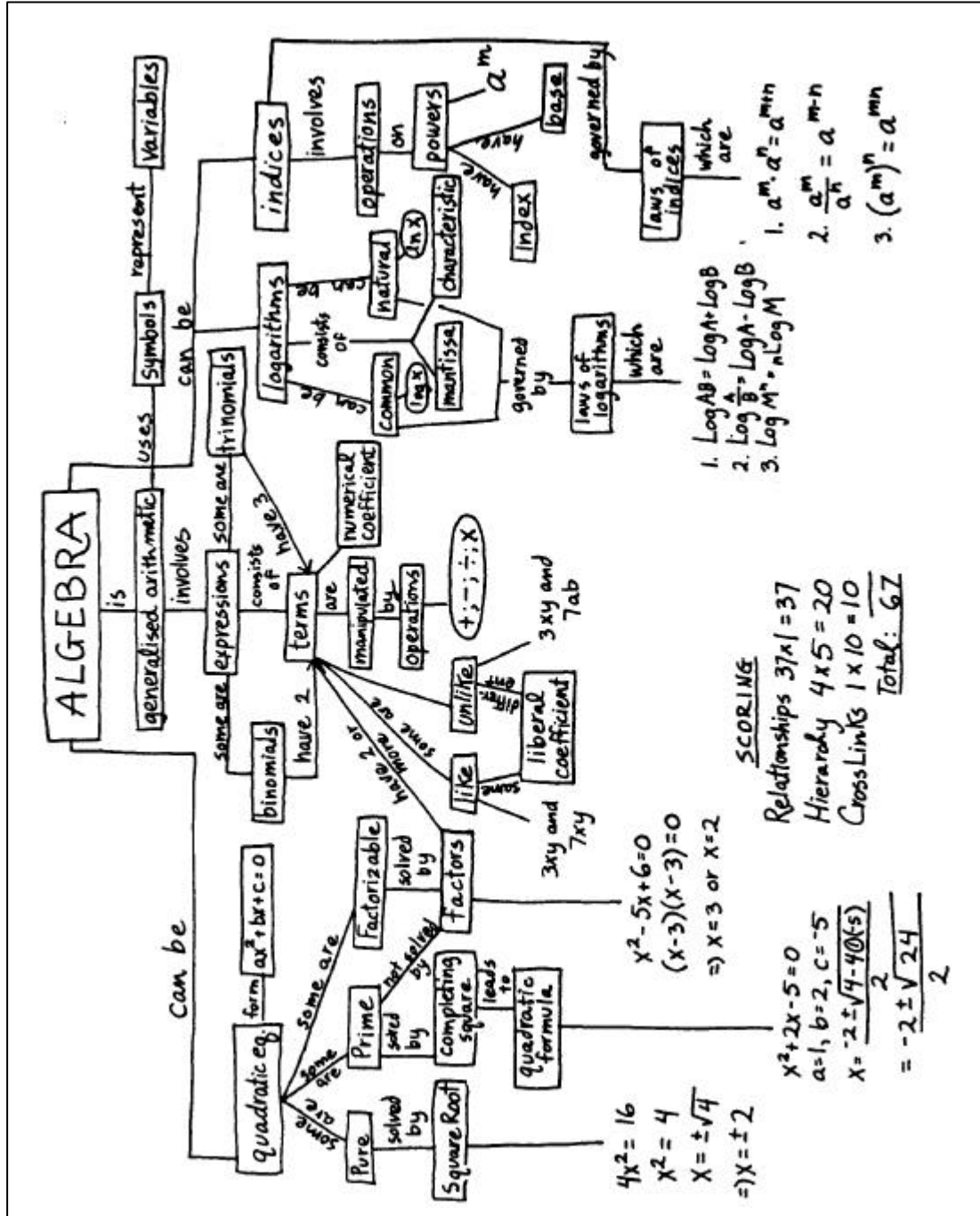
Die Entwicklung von Concept Maps *basiert auf AUSUBELS Lerntheorie*, die bereits bekannte Lerninhalte als wichtigsten Einflussfaktor für das Lernen ansieht (vgl. Abschnitt 4.1.2.1). Das, was ein Lernender bereits weiß, gilt es zu ermitteln und danach sollte unterrichtet werden (*AUSUBEL, NOVAK & HANESIAN*, 1980, S. 5).

¹ Bekannte Darstellungen in der *Mathematik* sind z.B. *Tabellen, graphische Darstellungen in Koordinatensystemen* oder *Flussdiagramme*. Zur Repräsentation vernetzter mathematischer Wissensinhalte eignen sich aber auch andere, Mathematikern und Lehrern weniger vertraute, Darstellungsformen, wie z.B. *Mind Maps* (vgl. z.B. *Brinkmann*, 2000a, 2001b, 2001c, 2002a), *Concept Maps* (vgl. z.B. *NOVAK & GOWIN*, 1984; *Brinkmann*, 1999, 2001b, 2001c), *Logische Graphen* (*LENNERSTAD*, 1996) oder Darstellungen gemäß der *Netzplantechnik* (vgl. z.B. *BRUNS*, 1992).

² Eine umfangreiche Zusammenstellung von Literatur zu Concept Mapping findet man bei *AL-KUNIFED & WANDERSEE* (1990).

³ Inzwischen werden unter Concept Mapping unterschiedliche Methoden verstanden, die in Anlehnung an *NOVAK & GOWIN* (1984) entwickelt wurden (vgl. z.B. *TROCHIM*, 1997; oder im deutschsprachigen Raum *HASEMANN*, 1993; *HASEMANN & MANSFIELD*, 1995; *REISS & ABEL*, 1999; *REISS & WELLSTEIN*, 1996).

Abbildung 15: Concept Map zur Algebra (entnommen dem Buch „Learning how to learn“ von Novak & Gowin, 1984)



AUSUBEL geht von der Annahme aus, dass gedächtnismäßig repräsentiertes Wissen hierarchisch strukturiert ist.¹ Dass die Repräsentation von Wissen im Gedächtnis Struktur hat, ist eine gemeinsame Grundannahme verschiedenster Forschungsrichtungen, wie z.B. der Gedächtnisforschung, der Künstliche Intelligenz-Forschung, Forschungsrichtungen der Psychologie oder der Lehr-Lern-Forschung (TERGAN, 1986, S. 3/4; vgl. auch JÜNGST, 1992, S. 7). Hinsichtlich des deklarativen Wissens wird angenommen, dass dieses im Gedächtnis (in propositionaler Form) in einer Netzwerkstruktur repräsentiert ist (KLIX, 1988; WENDER, 1988; vgl. auch Abschnitt 4.1.1.3).² In den siebziger Jahren wurden entsprechend mehrere Netzwerkmodelle entwickelt, mit einer weitgehend ähnlichen Grundstruktur: Wissensstrukturen werden als hierarchische und miteinander vernetzte gedächtnismäßige Repräsentationen angesehen (vgl. TERGAN, 1986, S. 42). Diese Annahme erlaubt es, deklaratives Wissen graphisch abzubilden. Dabei stellt der Graph ein Netzwerk dar, dessen Knoten für Begriffe (Konzepte) stehen und die oft gerichteten Verbindungen (Kanten) zwischen ihnen die Relation zwischen Begriffen darstellen (vgl. z.B. WENDER, 1988, S. 60).

Eine *Concept Map* ist ein solches Netzwerk. Somit eignen sich Concept Maps unter Voraussetzung der o.a. Annahme zur Repräsentation von mentalen Netzwerken und unterstützen damit die Aufdeckung kognitiver Strukturen eines Individuums (NOVAK, 1990, 1996; NOVAK & GOWIN, 1984). „Concept maps have been called the „windows to the mind“ of the students we teach“ (MALONE & DEKKERS, 1984, S. 231).

¹ BELL (1978, S. 231-232) führt aus: „Ausubel believes that each academic discipline can be uniquely structured into hierarchies of facts, skills, concepts and principles. General, inclusive concepts and principles that subsume less general and less inclusive facts, skills, concepts and principles are located at the top of each hierarchical structure. According to Ausubel, the objective of the educational system should be to identify and organize these information structures within each discipline and impart the structures in a meaningful manner to students. Teachers should organize information so that it will be related in a meaningful way to their students' existing cognitive structures.“ (Vgl. hierzu auch die Ausführungen unter 4.1.2.1.)

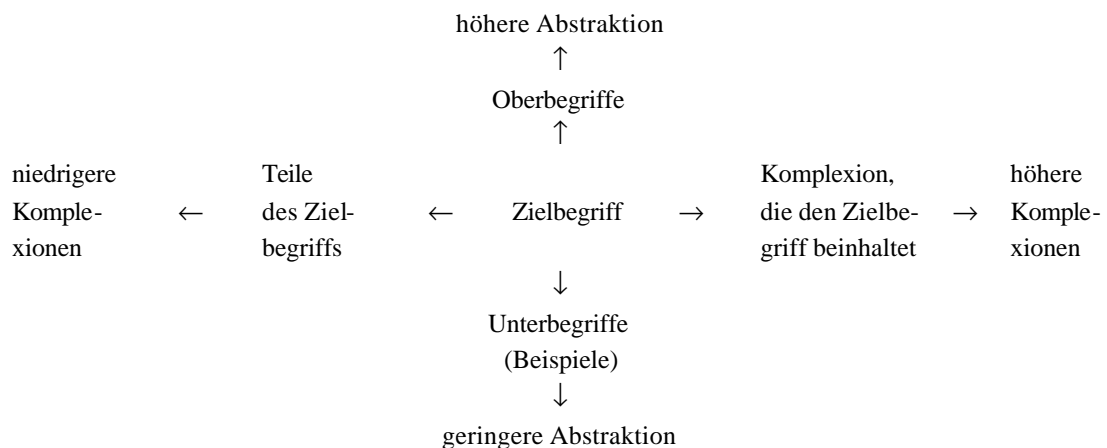
² „*Declarative knowledge* refers to the internal representation in the form of propositional (semantic) networks containing concepts and their relations“ (ELBAZ et al., 1986).

Entsprechend der Hypothese, dass das zu repräsentierende Wissen hierarchisch organisiert ist, haben Concept Maps eine *hierarchische Struktur*.

Das *Thema* wird ganz oben aufgeschrieben, darunter werden auf verschiedenen Ebenen *Begriffe* angeordnet, die in Beziehung zu diesem Thema stehen. Dabei werden allgemeinere, abstraktere Begriffe weiter oben angeordnet und spezielle, konkrete Begriffe weiter unten platziert.¹ Begriffe einer nachrangigen Hierarchieebene werden jeweils direkt unter die jeweiligen Begriffe der vorrangigen Hierarchieebene gesetzt, zu denen sie in unmittelbarer Beziehung stehen. Unter die letzte Begriffszeile können zu den hier aufgeführten einzelnen Begriffen jeweils *Beispiele* angegeben werden.

Begriffe verschiedener Ebenen, aber auch derselben Ebene werden mit Linien verbunden, sofern sie in Beziehung zueinander stehen. Auf den *Verbindungslinien*

¹ Nach DIN 2331 „Begriffssysteme und ihre Darstellung“ (1980) erfolgt die Strukturierung von Begriffszusammenhängen in zwei Hierarchiedimensionen, nämlich der Abstraktionsdimension („Abstraktionshierarchie“/„Abstraktionsbeziehung“) und der Komplexionsdimension („Komplexionshierarchie“/„Komplexionsbeziehung“). Hierarchieebenen der Abstraktionsdimension werden in der Zeichenebene in senkrechter Richtung angeordnet, Hierarchieebenen der Komplexionsdimension in waagerechter Richtung (vgl. JÜNGST, 1992, S. 12):



In der Abstraktionsdimension ist die hierarchiebestimmende Ordnungsrelation die Oberbegriff-Relation (Relation „ist ein Oberbegriff von“), in der Komplexionsdimension ist die hierarchiebestimmende Ordnungsrelation die Ganzes-Teil-Relation (Relation „hat als Teil“/„hat als Komponente“), (vgl. Abschnitt 3.3.1).

Fasst man bei der Ganzes-Teil-Relation das „Teil“ als den spezielleren, konkreteren Begriff auf und das „Ganze“ als allgemeineren, abstrakteren Begriff, so lässt sich durch diesen Perspektivenwechsel die Komplexionsdimension in die Abstraktionsdimension einfügen. Somit kann man auch im Sinne von Novak mit einer Hierarchiedimension in den Concept Maps auskommen.

wird durch *verbindende Wörter (linking words)* die *semantische Interpretation der Relation* zwischen den Begriffen verdeutlicht.¹

Der Übersichtlichkeit halber werden die einzelnen Begriffe eingekreist oder umrahmt. Dies gilt nicht für angeführte Beispiele am unteren Ende der Concept Map.

Durch die *hierarchische Struktur* der Concept Maps können insbesondere diejenigen *fachsystematischen Vernetzungen*, die einen hierarchischen Aufbau der Mathematik widerspiegeln, sichtbar werden (vgl. Abschnitt 3.3.1). Dabei werden fachsystematische Vernetzungen in der Regel durch Verbindungen zwischen Konzepten verschiedener Hierarchieebenen dargestellt (vgl. Abschnitt 4.1.2.1).

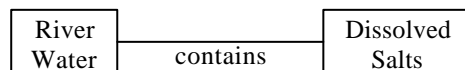
Modellvernetzungen lassen sich als Vernetzungen von Konzepten derselben Hierarchieebene darstellen (vgl. Abschnitt 4.1.2.2). Die bei Concept Maps vorgesehene Möglichkeit *Querverbindungen* anzugeben gestattet somit auch die Darstellung von Modellvernetzungen.

7.2.3 Die Technik des Concept Mapping und spezifische methodische Konsequenzen

Als ein *Grundproblem* muss konstatiert werden, dass *Concept Maps nur von Schülern erstellt werden können, die mit der entsprechenden Technik bereits vertraut sind*. Dies schränkt die methodische Verwendung von Concept Maps zur Aufnahme von Vernetzungen ein.

¹ Hierdurch wird der Grundannahme einer propositionalen Form der Wissensrepräsentation Rechnung getragen. Als Erläuterung führen Malone & Dekkers (1984, S. 222) an:

“The simplest concept map would consist of two concepts linked by „logical connectives“ (GARDNER, 1980) as in the following example:



The terms in the boxes are *concepts* and the verb or logical connective constitutes a *proposition*.”

REISS & ABEL (1999, S 177) stellen heraus, dass ein Prädikat (hier durch die verbindenden Wörter gegeben, vgl. auch Abschnitt 4.1.1.3) auch mehrere Argumente haben kann: „So beschreiben beispielsweise die Propositionen „hat_Kanten (12, Würfel)“ und „hat_Kanten (6, Tetraeder)“ eine Beziehung zwischen einer natürlichen Zahl und einem Körper.“ Durch die verschiedenen Prädikate sind also verschiedene Unterkategorien der Vernetzung gekennzeichnet.

Hinweise zur konkreten *Einführung von Concept Maps im Unterricht* findet man bei NOVAK & GOWIN (1984, S. 25-34). Die Autoren nehmen eine Differenzierung je nach Altersstufe der Schüler vor. Sie zeigen u.a. auf, wie man Schülern klarmachen kann, was Begriffe und verbindende Wörter sind und dass die Bedeutung eines Wortes individuumsabhängig ist und durch Lernen ausgebaut oder verändert werden kann. Vorübungen für die Aktivitäten des Concept Mapping werden von NOVAK & GOWIN (1984, S. 32-34) detailliert angegeben.¹ Es zeigt sich, dass die Einführung der Methode des Concept mapping sehr zeitaufwendig ist.

Die an der Untersuchung beteiligten Schüler sind leider mit der Technik des Concept Mapping nicht vertraut und es besteht auch nicht die Möglichkeit, sie kurzfristig in diese Technik einzuweisen. Es werden daher zur Erforschung des deklarativen Wissens der Schüler im Rahmen des erreichten Curriculums Testitems entwickelt, die der Methode des Concept Mapping angepasst sind, eine Kenntnis dieser Technik aber nicht voraussetzen.²

¹ So wird z.B. für Schüler ab der 7. Klasse folgende Vorgehensweise empfohlen:

- Die Schüler suchen zunächst aus einem Text Schlüsselbegriffe heraus.
- Diese werden an der Tafel oder mittels OHP aufgelistet.
- Im Klassengespräch wird ein Oberbegriff gefunden, der dann an die Spitze einer neuen Liste von Begriffen gesetzt wird. In dieser neuen Liste werden die Begriffe der ersten Liste in einer Reihenfolge von allgemeineren hin zu spezielleren angeordnet. Die in der Regel wenigen Differenzen über die Rangordnung der Begriffe sind nicht hinderlich, sondern sogar nützlich, zeigen sie doch den Schülern, dass es mehr als nur eine Interpretationsmöglichkeit eines Textes gibt.
- Man beginnt mit der Konstruktion der Concept Map, indem man sich an der Begriffshierarchie der letzten Liste orientiert.

Verbindende Wörter werden zunächst für direkte Verbindungen zwischen Begriffen aufeinanderfolgender Hierarchiestufen gesucht. Bei der Wahl sollte der Lehrer helfen.

Es ist vorteilhaft, wenn Schüler die einzelnen Begriffe und verbindenden Wörter jeweils auf rechteckige Kärtchen schreiben, die dann mit wachsender Einsicht in die Organisation der Map umgeordnet werden können.

- Man sucht als nächstes nach Querverbindungen zwischen verschiedenen Ästen der Concept Map. Bei ihrer Beschriftung sollte der Lehrer abermals hilfreich zur Seite stehen.
- Die Concept Map wird umgebaut, falls dies zu einer besseren Darstellung der Bedeutungszusammenhänge führt. Die Schüler sollten erfahren, dass hierzu manchmal mehrere Rekonstruktionen der Map erforderlich sind.

...

² JÜNGST (1992, S. 48) bemerkt bezüglich einer Wissensdiagnose mittels Concept Mapping: „Soll die Begriffsnetzdarstellung im Rahmen der Vermittlung von Begriffen ... als Erhebungsmethode

Zunächst müssen *Schlüsselbegriffe* zur betrachteten Thematik bereitgestellt werden. Ist man hauptsächlich an den Relationen zwischen Begriffen interessiert, so wird man die Begriffe für eine Concept Map vorgeben. In diesem Fall lassen sich von verschiedenen Personen angefertigte Concept Maps auch besser vergleichen. Andererseits muss man bedenken, dass bei dieser Vorgehensweise eine bestimmte Struktur der Concept Maps mehr oder weniger erzwungen wird, wobei gleichzeitig eine Wiedergabe des gesamten Verständnisses der Testpersonen zu dem betrachteten Thema verhindert wird (HASEMANN & MANSFIELD, 1995, S. 64).

Eine geringfügige Kompensation dieses Mangels kann dadurch erreicht werden, dass man die Testpersonen dazu auffordert, die vorgegebene Menge von Begriffen durch weitere Begriffe zu ergänzen, die mit dem Thema in Verbindung gebracht werden.

Lässt man die Testpersonen selber alle Begriffe finden, die sie für relevant halten, so besteht die Gefahr einer Fehldeutung, wenn bestimmte Begriffe und Relationen in der Concept Map einer Testperson nicht aufgrund von Unkenntnis nicht aufgezeigt wurden, sondern weil diese Testperson zu dem Zeitpunkt der Erstellung der Concept Map an diese Begriffe nicht gedacht hat.

Eine Vorgabe der Begriffe ließe demgegenüber die Folgerung zu, dass diejenigen Begriffe, die die Testperson nicht in der Concept Map eingebaut hat, ihr entweder nicht bekannt sind, oder diese Begriffe von der Testperson nicht sinnvoll mit anderen verbunden werden können.

Aufgrund dieser Vorüberlegungen werden in der durchzuführenden Untersuchung die verschiedenen Vorgehensweisen kombiniert. Die Schüler müssen zunächst in einem Brain Storming selber Begriffe angeben, die sie mit der vorgegebenen Thematik in Verbindung bringen (*erster Untersuchungsschritt*). In einem *zweiten Schritt* wird ihnen dann eine Begriffsliste vorgelegt, aus der die dem Thema zuzuordnenden Begriffe herausgesucht (angekreuzt) werden sollen und die durch weitere Begriffe zum Thema ergänzt werden kann.

Somit wird sichergestellt, dass jeder Schüler die Begriffe, die er mit dem Thema verbindet, relativ vollständig vorliegen hat.

Danach sollen jeweils mehrere der Begriffe, die sich aus Sicht der Schüler unter gemeinsamen Aspekten zusammenfassen lassen, gebündelt werden; der Bündelungs-

verwendet werden, setzt dies voraus, daß die Schüler dieses Verfahren kennen, ja beherrschen. Ist dies (noch) nicht der Fall, so muß das Wissen auf anderen Wegen erfaßt werden und kann dann – um etwa mit der geplanten Zielstruktur und/oder anderen Schülerwissensstrukturen verglichen zu werden – vom Erhebenden ... in eine concept-map übersetzt werden. Um dies zu erleichtern, scheint es zweckmäßig, nach Elementen und/oder Relationen zu fragen, und zwar in der Form von offenen Fragen oder Auswahlantworten bzw. indem man angegebene Elemente und/oder Relationen strukturangemessen ordnen läßt.“

aspekt sollte von den Schülern nach Möglichkeit ebenfalls angegeben werden (*dritter Untersuchungsschritt*). Daraus kann man Rückschlüsse ziehen, unter welchen Aspekten Schüler Verbindungen sehen.

Gebündelte Begriffe sind (in etwa) auf gleicher Hierarchieebene anzusiedeln, die Bündelungsaspekte i.d.R. auf einer jeweils ranghöheren Hierarchieebene.¹ Insbesondere fachsystematische Vernetzungen dürften hier sichtbar werden, wenn z.B. mehrere Unterbegriffe unter einem Oberbegriff zusammengefasst werden, mehrere Eigenschaften eines mathematischen Objekts unter diesem Objekt genannt werden, mehrere Unterfälle oder Kategorien zu einem Konzept aufgeführt werden. Aber auch Modellvernetzungen können sich hier zeigen, wenn verschiedene Interpretationen eines mathematischen Objekts zusammengefasst werden.

Die Begriffsbündelungen entsprechen Teilen individueller Concept Maps; das Zusammenfügen dieser Teile zu Concept Maps kann, wie oben ausgeführt, von den zu testenden Schülern nicht verlangt werden. Da Begriffsbündelungen, denen Modellvernetzungen zugrunde liegen, nicht so naheliegend sein dürften, wie solche unter fachsystematischen Aspekten, wird den Schülern noch eine unvollständige Concept Map vorgelegt, in der Begriffe und Querverbindungen zu ergänzen sind, die speziell Modellvernetzungen ausmachen (*vierter Untersuchungsschritt*).

7.2.4 Bewertung von Concept Maps

Für Concept Maps sind *Bewertungssysteme* entwickelt worden, wodurch die *Qualität des jeweils dargestellten Netzwerks* in gewisser Weise *messbar* wird. Es ist zu überlegen, ob es sinnvoll ist, ein Bewertungssystem für Concept Maps für die Auswertung der Untersuchungsergebnisse zu übernehmen oder abzuwandeln.

Ein komplexes Bewertungssystem wird von NOVAK & GOWIN (1984, S. 36, 107) angegeben. Dabei werden den in der Map eingebundenen

- Begriffen,
- den gültigen Hierarchiestufen,
- den gültigen Verbindungen und Querverbindungen,
- den angegebenen Relationen und

¹ Hierarchieebenen sind hierbei im Sinne des Concept Mapping als Abstraktionsebenen zu verstehen (vgl. Abschnitt 7.2.2).

- den angegebenen Beispielen

Punktezahlen zugeordnet. Das Verhältnis der Punkte für Elemente unterschiedlicher zu bewertender Objektgruppen ist dabei nicht genau festgelegt; es wird nur ein bestimmter Rahmen empfohlen.¹ Somit bleibt dem Bewertenden ein gewisser Spielraum bei der Punkteverteilung überlassen, wodurch eine Anpassung an den jeweils speziell betrachteten Themenbereich möglich ist, aber sich auch eine gewisse Bewertungswillkürlichkeit ergibt.

Novak schlägt auch vor, als Vergleichsmaßstab für die Concept Maps, die von Schülern erstellt werden, eine „*Kriteriums-Concept Map*“ anzufertigen. Die Punktwertung einer Schülermap kann dann in Relation zur Punktezahl der Kriteriums-Concept Map gesetzt und somit in Prozent angegeben werden. Wendet man diese Technik an, so könnten zu bewertende Concept Maps sogar besser als die Kriteriums-Concept Map sein und somit mehr als 100% erhalten.

Der Vorschlag, mit Kriteriums-Concept Maps zu arbeiten, ist von Forschern in der Regel nicht aufgegriffen worden, da jede Concept Map eine individuelle Beschaffenheit hat, die abhängig ist von individuellen Lernerfahrungen und Reflexionen über diese, so dass es keine ideale Map als absolutes Vergleichskriterium geben kann (vgl. HASEMANN & MANSFIELD, 1995, S. 47).

Es wird auch bemängelt, dass die Aussagekraft und die Zuverlässigkeit der Bewertung verloren gehen, wenn die Einzelbewertungen einer Concept Map zu einer „Gesamtnote“ zusammengezogen werden, zumal spezifische Schwächen oder Missverständnisse bei dieser Gesamtbewertung nicht mehr zu erkennen wären (STUART, 1985, S. 77/80).

Stuart weist auch darauf hin, dass es bei der Anwendung von Novaks Bewertungssystem durchaus möglich ist, dass zwei Concept Maps mit ähnlichen Einzelbewertungen qualitativ unterschiedlich sein können, da die Qualität der aufgezeigten Relationen in der Bewertung nicht berücksichtigt wird. Eine Beurteilung der Qualität der Relationen erfordert aber ein Urteil des Bewertenden, das wiederum einen subjektiven Charakter aufweist.

¹ NOVAK & GOWIN (1984, S. 107) schlagen z.B. vor, jede gültige Hierarchiestufe mit X mal soviel Punkten zu bewerten wie eine gültige Verbindung (mit entsprechender Beschriftung). Sie führen aus: „The value of X is arbitrary, but because maps have many more relationships than hierarchies, and because valid hierarchies signal progressive differentiation and integrative reconciliation of concept meanings, it seems reasonable and valid to score each level of the hierarchy 3 to 10 times as much as each relationship.“ Jede gültige Querverbindung sollte zwei bis drei mal mehr Punkte erhalten als eine Hierarchiestufe, da Querverbindungen bessere Indikatoren für sinnerfülltes Lernen sein können als Hierarchiestufen. ... Man erkennt bereits an diesen wenigen Beispielen den Ermessungsspielraum, den eine Bewertung einer Concept Map zulässt.

Auf eine weitere Schwäche der Bewertung von Concept Maps weist Novak selber hin: Nicht jede aufgezeigte Relation zwischen Begriffen ist ein Hinweis auf sinnvolles Lernen, sie könnte auch auswendig gelernt sein (NOVAK & GOWIN, 1984, S. 107).

Da *Novaks Bewertungssystem für Concept Maps unbefriedigend* ist, haben Forscher, die die Methode des Concept Mapping verwendet haben, abgeänderte, eigene Bewertungssysteme entwickelt; ein optimales Verfahren scheint es aber nicht zu geben.

Von einer Punktebewertung der einzelnen Angaben der Schüler wird in der durchzuführenden Untersuchung abgesehen, da jeder Bewertungsmaßstab subjektive Qualitätsurteile enthält.

Statt dessen werden die angegebenen oder angekreuzten Begriffe, aufgezeigten Bündelungen bzw. Verbindungen zwischen Konzepten jeweils erfasst und qualitativ beurteilt. Des Weiteren werden die Häufigkeiten ihrer jeweiligen Nennung in einer jeden Lerngruppe angegeben. Letzteres gibt einen quantitativen Hinweis darauf, wie sehr bestimmte Vernetzungen im Wissen der Schüler einer jeden Lerngruppe vertreten sind.

7.3 Fehlerquellen

Die diskutierten Untersuchungsmethoden zur Erhebung von Vernetzungen in den drei Curriculumsrahmen sind mit einigen grundlegenden Schwierigkeiten verbunden, die zu Fehlerquellen führen.

Es ist zunächst zu berücksichtigen, dass alle genannten Untersuchungsbereiche eine Verständigung über das geschriebene oder das gesprochene Wort beinhalten. Somit ergeben sich Probleme aufgrund unterschiedlicher semantischer Interpretation.

- Darstellungen in Lehrplänen und in Schulbüchern können verschieden verstanden, ausgelegt oder gewichtet werden.
- Bei der Befragung von Lehrern und Schülern besteht grundsätzlich immer die Unsicherheit, dass der Befragte die Items anders als der Befragter bzw. Fragebogenautor versteht (GRIGUTSCH, 1994, S. 122) und dass der Untersuchende Antworten anders interpretiert, als sie gemeint waren.

Im Hinblick auf Interviews stellen COHEN & MANION (1994, S. 281-282) heraus, dass insbesondere gewisse Voreingenommenheiten sowohl seitens des Befragten als auch seitens des Interviewers zu Validitätsverlust führen können. Somit ist auch zu beachten, dass die vermeintlichen Erwartungen des Interviewers ein bestimmtes Antwortverhalten des Befragten induzieren (vgl. COHEN & MANION, 1994, S. 283).

Ferner muss man berücksichtigen, dass die Antworten von Befragten in einem Interview eine jeweils subjektive Interpretation der Sachlage, über die Auskunft erteilt wird, enthalten. Insbesondere braucht das, was Lehrer meinen, unterrichtet zu haben, nicht unbedingt mit dem übereinzustimmen, was sie tatsächlich unterrichtet haben.

Bei Aufnahmen im Rahmen des implementierten Curriculums durch ein Lehrerinterview kann man sich zudem auch nicht sicher sein, ob die von einem Lehrer dargestellte Sichtweise nicht durch beobachtete Erfolge oder Misserfolge bei den Schülerleistungen geprägt wurde. Ein Lehrer, der beobachtet, dass bestimmte Lerninhalte von den Schülern, die er unterrichtet hat, nicht beherrscht werden, wird möglicherweise behaupten, dass er diese Lerninhalte auch nicht mit der nötigen Intensität behandelt hat, sei es, weil er sich selber eventuelle Schwächen nicht

eingesteht oder sei es, weil er sich im Interview in einem möglichst guten Bild darstellen will.¹

Die Aufnahme von Vernetzungen im Rahmen des implementierten Curriculums durch Lehrerinterviews führt somit zu Daten, die durch die Brille der Lehrer gesehen sind bzw. durch die Darstellungen der einzelnen Lehrer gefärbt sind.

Bei der Erhebung von Vernetzungen im Schülerwissen kann es sein, dass

- aufgezeigte Vernetzungen von den Schülern nicht wirklich verstanden, sondern nur auswendig gelernt sind,
- vorgenommene Eintragungen zum Teil nicht gewusst, sondern nur erraten sind.

Umgekehrt lassen von den Schülern im Zuge der Tests nicht erbrachte Leistungen nicht unbedingt auf mangelndes Wissen schließen. Ein falsch oder unzureichend verstandener Arbeitsauftrag kann auch eine Ursache dafür sein, dass Wissensinhalte nicht wie erwartet zu Tage treten.

Die in diesem Kapitel aufgezeigten Grundbedenken sind typisch für qualitative mathematikdidaktische Untersuchungen. Da sich die Fehlerquellen nicht restlos ausschließen lassen, resultieren immer gewisse Unsicherheiten bzgl. gewonnener Ergebnisse. SCHOENFELD (2000, S. 649) bemerkt zu dieser Charakteristik mathematikdidaktischer Forschungsarbeit:

Findings are rarely definitive; they are usually suggestive. Evidence is not on the order of proof, but is cumulative, moving towards conclusions that can be considered to be beyond a reasonable doubt. ...

Mathematicians approaching this work should be open to a wide variety of ideas, understanding that the methods and perspectives to which they are accustomed do not apply to educational research in straightforward ways. They should not look for definitive answers but for ideas they can use. At the same time, all consumers and practitioners of research in mathematics education should be healthy skeptics.

Man kann lediglich versuchen, die Fehlerquellen zu minimieren; dies wird bei der Festlegung der spezifischen Methodik der Untersuchung (Abschnitt 7.4) angestrebt.

¹ Letzteres ist ein grundsätzliches Problem, das sich bei Interviews ergibt, wie z.B. TUCKMAN beobachtet hat: „TUCKMAN (1972), for example, has observed that when formulating her questions an interviewer has to consider the extent to which a question might influence the respondent to show herself in a good light ...” (COHEN & MANION, 1994, S. 283).

7.4 Spezifische Methodik der Untersuchung

Um die Validität der Untersuchung zu erhöhen, werden mehrere Schulen sowie Lehrer bzw. Klassen/Kurse¹ in die Untersuchung einbezogen („space triangulation“, vgl. COHEN & MANION, 1994, S. 236-241): Da jede Schule bzw. Klasse und auch jede Klasse zusammen mit jedem einzelnen Lehrer, der sie unterrichtet, eine soziale Subkultur bilden, könnten Untersuchungsergebnisse hiervon abhängig sein. Werden in eine Untersuchung mehrere solcher Subkulturen einbezogen und dabei etwa gleiche Ergebnisse gewonnen, so geben diese Untersuchungsergebnisse eher Hinweise auf mögliche allgemein bestehende Charakteristika.

Bei der Auswahl der Schülerklassen, die an der Untersuchung teilnehmen sollen, ist zu berücksichtigen, dass u.a. auch ermittelt werden soll, wie sich die Länge der *Zeitspanne* zwischen der Vermittlung der Lerninhalte zum Thema der linearen Gleichungssysteme und der Durchführung der Schülertests auf das erreichte Curriculum bezüglich Vernetzungen auswirkt. Für eine *Längsschnittuntersuchung* wäre es optimal jeweils dieselben Schüler nach unterschiedlichen Zeiträumen seit Behandlung des Themas im Unterricht zu testen. Um den Zeitraum für die Untersuchung zu verkürzen, werden Schüler unterschiedlicher Jahrgänge getestet (vgl. Abschnitt 7.1.2), die jedoch von jeweils derselben Lehrkraft unterrichtet worden sind, dies sowohl bei der Vermittlung des Unterrichtsstoffes, auf den sich die Tests beziehen, als auch in der gesamten Zeit danach bis zur Durchführung der Tests.

An den beiden Gymnasien, die an der Untersuchung beteiligt sind, können diese Voraussetzungen erfüllt werden. Am Gymnasium A werden die Schüler einer 8. Klasse und die Schüler des 11. Jahrgangs eines Lehrers getestet, am Gymnasium B die Schüler einer 9. Klasse und einer 10. Klasse, die jeweils bei derselben Lehrerin Unterricht haben. Der Unterricht zum Thema der linearen Gleichungssysteme erfolgte bei allen Schülern jeweils im 8. Schuljahr und die Thematik wurde seither nach Aussagen der betroffenen Lehrer auch nicht wieder im Unterricht aufgegriffen. So liegen für die Schüler eines jeden Jahrgangs unterschiedlich lange Zeiträume seit dem Unterricht zur betrachteten Thematik vor.

Im Vorfeld ist sichergestellt worden, dass die beiden betroffenen Lehrer den in den Tests betrachteten Unterrichtsstoff in jeder ihrer Lerngruppen in gleicher Weise im Unterricht behandelt haben. Unter dieser Prämisse und der Annahme, dass sich

¹ Die Untersuchung erfolgt an drei verschiedenen Schulen und in insgesamt sechs Klassen bzw. Kursen, an jeder Schule ist ein Lehrer beteiligt (vgl. Kapitel 6.2).

die an den Tests beteiligten Lerngruppen bezüglich ihrer Fähigkeiten und Einstellungen zur Zeit der Vermittlung der betrachteten Lerninhalte nicht wesentlich unterschieden, lassen sich die Ergebnisse aus den unterschiedlichen Klassenstufen eines jeden der beiden Gymnasien wie ein Längsschnitt interpretieren.

In der an der Studie beteiligten Gesamtschule ist eine Vorgehensweise in obigem Sinne leider nicht möglich, da hier bislang lediglich die Schüler eines einzigen Jahrgangs Unterricht zum Thema der linearen Gleichungssysteme erhalten haben.

Für die Untersuchung im *Rahmen des intendierten Curriculums* sind, wie bereits im Abschnitt 7.1 ausgeführt, die Richtlinien für die Sekundarstufe I des Gymnasiums sowie für die Gesamtschule und der Stoffverteilungsplan der Gesamtschule im Hinblick auf Vernetzungen zum fraglichen Thema zu analysieren; ferner die Schulbücher, die zu diesem Thema im Unterricht der beteiligten Schulklassen eingesetzt worden sind.

Die Vernetzungen, die dabei ausgemacht werden, werden den einzelnen Vernetzungskategorien (fachsystematische Vernetzung, Modellvernetzung) zugeordnet; fachsystematische Vernetzungen werden je nach dem jeweils relationsbestimmenden Aspekt weiter untergliedert. Die einzelnen Relationen werden benannt, um eine spätere Bezugnahme hierauf zu vereinfachen.

Eine zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse im Rahmen des intendierten Curriculums liefern *Netzwerke*, in denen für jede der beteiligten Schulen die erhobenen Vernetzungen graphisch dargestellt sind. Möglicherweise ist es sinnvoll, einige Knoten und Kanten bei der graphischen Darstellung nicht zu berücksichtigen, um die weitere Untersuchung auf eine vertretbare Netzwerkgröße zu reduzieren (vgl. Abschnitt 7.1).

Im *Rahmen des implementierten Curriculums* werden *Lehrerinterviews* durchgeführt. Die Interviews enthalten dabei auch Fragen, die sich auf vorrangige Vernetzungen im *Rahmen des erreichten Curriculums aus Lehrersicht* beziehen.

Da alle beteiligten Klassen des Gymnasiums A bzw. des Gymnasiums B jeweils bei derselben Lehrkraft Unterricht zum fraglichen Thema hatten, sind drei Lehrer zu befragen: Lehrer A vom Gymnasium A, Lehrer B vom Gymnasium B und Lehrer G von der Gesamtschule.

Den Lehrern wird vor den Interviews ausdrücklich zugesichert, dass die Untersuchungsergebnisse vertraulich behandelt werden: weder die Namen der Lehrer noch die der Schulen werden veröffentlicht.¹

Den Lehrern wird mitgeteilt, dass Schülertests zu dem fraglichen Thema durchgeführt werden und die Ergebnisse dieser Tests im Hinblick auf das erworbene Schülerwissen mit den im Unterricht umgesetzten Lerninhalten verglichen werden. Ein Interesse der Lehrer, Inhalte anzugeben, auf die im Unterricht nicht wirklich eingegangen wurde, kann somit weitestgehend ausgeschlossen werden.

Die Interviews werden in einer lockeren Gesprächsatmosphäre geführt.² Als zeitlichen Rahmen werden etwa zwei Stunden angesetzt.

Die Fragen werden den Lehrern mündlich gestellt, um auf deren Antworten flexibel reagieren zu können. Als grobe Richtlinie für den Interviewer wird ein *Fragebogen* konzipiert; im Verlauf des Interviews kann entsprechend der von den Lehrern gegebenen Antworten vom Befragungskonzept abgewichen werden, es können zusätzliche Detailfragen gestellt werden. Vorzüge, die sich durch eine solche offene Frageweise ergeben, werden z.B. von COHEN & MANION (1994, S. 277) zusammengefasst:

Open-ended questions have a number of advantages: they are flexible; they allow the interviewer to probe so that she may go into more depth if she chooses, or to clear up any misunderstandings; they enable the interviewer to test the limits of the respondent's knowledge; they encourage co-operation and help establish rapport; and they allow the interviewer to make a truer assessment of what the respondent really believes. Open-ended situations can also result in unexpected or unanticipated answers which may suggest hitherto unthought-of relationships or hypotheses. A particular kind of open-ended question is the 'funnel'. This starts with a broad question or statement and then narrows down to more specific ones.

So wird auch beim durchzuführenden Interview das Prinzip verfolgt, dass erst weite Fragen gestellt werden, die dann entsprechend der im Verlauf der Befragung

¹ COHEN & MANION (1994, S. 283) weisen darauf hin, dass Anonymität zu mehr Ehrlichkeit führt. Anonymität kann jedoch bei Interviews, in denen sich Interviewer und Befragter gegenüber sitzen, vom Befragten nicht erwartet werden. Der Interviewer kann somit höchstens Vertraulichkeit zusichern: „A subject agreeing to a face-to-face interview ... can in no way expect anonymity. At most, the interviewer can promise confidentiality. The principal means of ensuring anonymity then, is not using the names of the participants or any other personal means of identification” (COHEN & MANION, 1994, S. 366-367).

² KITWOOD (1977) bemerkt: „At least for some purposes, it is necessary to generate a kind of conversation in which the 'respondent' feels at ease. In other words, the distinctively human element in the interview is necessary to its 'validity'. The more the interviewer becomes rational, calculating, and detached, the less likely the interview is to be perceived as a friendly transaction, and the more calculated the response also is likely to be.” (vgl. COHEN & MANION, 1994, S. 282).

gegebenen Antworten weiter eingengt werden. Dies wird bei der Konzeption des Fragebogens berücksichtigt (siehe unten).

Der größte Nachteil bei unstrukturierten, offenen Antworten ist, dass die erhaltenen Daten schwer zu kodieren und quantifizieren sind (vgl. COHEN & MANION, 1994, S. 279).

Für die spätere Auswertung der Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit werden vom Interviewer schriftlich Gesprächsaufzeichnungen angefertigt. Dies ist nicht ganz unproblematisch. COHEN & MANION (1994, S. 283) führen aus:

One of the problems that has to be considered when open-ended questions are used in the interview is that of developing a satisfactory method of recording replies. One way is to summarize responses in the course of the interview. This has the disadvantage of breaking the continuity of the interview and may result in bias because the interviewer may unconsciously emphasize responses that agree with her expectations and fail to note those that do not. It is sometimes possible to summarize an individual's responses at the end of the interview. Although this preserves the continuity of the interview, it is likely to induce greater bias because the delay may lead to the interviewer forgetting some of the details. It is these forgotten details that are most likely to be the ones that disagree with her own expectations.

Daher wird für die durchzuführende Untersuchung folgende Verfahrensweise festgelegt: Während der Interviews werden vom Interviewer nur kurze, eher stichpunktartige *Gesprächsnotizen* angefertigt. Dadurch bleibt der Gesprächsfluss weitgehend ungestört und gleichzeitig wird sichergestellt, dass alle in den Interviews angesprochenen Punkte festgehalten sind. Im Anschluss an die Interviews werden jeweils diese Aufzeichnungen vom Interviewer vervollständigt. Die kompletten Aufzeichnungen werden dem jeweils Befragten zur Kontrolle vorgelegt, so dass Fehlinterpretationen oder falsche Gewichtungen seitens des Interviewers weitgehend ausgeschlossen werden können. Diese Aufzeichnungen zu einem jedem Interview werden schließlich vom Untersuchenden noch in eine Netzwerkstruktur umgesetzt und dem jeweiligen Lehrer als zusätzliche Kontrolle gezeigt. Als graphische Darstellungsform wird die der Concept Map gewählt, da diese nicht nur angemessen Vernetzungen abbildet, sondern auch durch die propositionale Darstellung der verbindenden Relationen (vgl. Abschnitt 7.2.2) auch für nicht Eingeweihte gut verständlich ist.

Im Interview wird erfragt, welche der im Rahmen des intendierten Curriculums erhobenen Vernetzungen von den einzelnen Lehrern im Unterricht dargelegt worden sind und welche darüber hinausgehenden Vernetzungen zur Thematik vermittelt wurden.¹

¹ Der Gebrauch des Begriffs „Vernetzung“ wird dabei vermieden (vgl. Abschnitt 7.1.2).

Im Hinblick auf die Validität der Untersuchung muss sichergestellt sein, dass keine außergewöhnlichen Rahmenbedingungen, die den Unterricht und die Unterrichtsergebnisse hätten stark beeinträchtigen oder beeinflussen können, vorgelegen haben. Die Auskünfte hierüber werden ebenfalls im Interview eingeholt.

Schließlich werden die Lehrer gefragt, welche der im Unterricht vermittelten Vernetzungen aus ihrer Sicht im Wissen der Schüler verankert sind.

Im Folgenden werden die einzelnen vorab konzipierten Fragen für die Lehrerinterviews aufgeführt und kurz kommentiert.

1. Über welchen Zeitraum hinweg wurde das Thema der linearen Gleichungssysteme behandelt?

Es muss sichergestellt sein, dass die interessierende Thematik über einen ihr angemessenen Zeitraum hinweg, d.h. über mehrere Wochen, unterrichtet worden ist, ansonsten wird die Untersuchung hinfällig.

2. Welche Lerninhalte wurden vermittelt?

Erfolgte die Auswahl der Lerninhalte in Anlehnung an das Schulbuch / an Lehrpläne und wenn ja, in welchem Umfang? Wurden auch Lerninhalte vermittelt, die über die Darstellungen des Schulbuches / der Lehrpläne hinausgehen?

Diese Fragen sind sehr weit gefasst, um den zu interviewenden Lehrer nicht einzuengen und um nicht durch Vorgaben in den Fragen Interpretationen beim Lehrer zu implizieren, die eine vielleicht andere Nuance enthalten als seine freien Formulierungen.

3. Wie wurde der Stoff inhaltlich integriert?

Diese Frage ist immer noch weit gefasst, engt aber die Antworten auf Vernetzungsaspekte ein.

4. ...

Je nach Verlauf des Interviews und unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus dem Rahmen des intendierten Curriculums erfolgen unter 4. enger gefasste Fragen im Hinblick auf den Aufbau spezieller Vernetzungen im Unterricht. Es kann hier z.B. nach verschiedenen vorgenommenen Kategorisierungen im Hinblick auf fachsystematische Vernetzungen (vgl. 5.2.2.1) gefragt werden oder nach

aufgezeigten Querverbindungen zwischen Geometrie und Algebra, wodurch Modellvernetzungen erfolgen (vgl. 5.2.2.2).

5. *Konnten die Schüler im Unterricht die Beschreibung außermathematischer Anwendungen durch lineare Gleichungssysteme erfahren? Wenn ja: Um welche Anwendungen handelte es sich und in welchem Umfang wurden sie dargestellt? Hat ein fachübergreifender Unterricht zu diesem Thema stattgefunden?*

Hier wird nach den Modellvernetzungen mit außermathematischen Anwendungen gefragt, speziell auch mit Anwendungen aus den in 5.1 unter „Modellierungsaspekt“ aufgezeigten Gebieten.

6. *Wie wurden Beziehungen zwischen einzelnen Lerninhalten dargestellt? In welchen Bereichen wurde über das Schulbuch hinausgegangen; was wurde ergänzt, was wurde ersetzt, was wurde weggelassen? ...*

Für die Vermittlung von vernetzten Lerninhalten kann die Art und Weise ihrer Repräsentation im Unterricht von besonderer Bedeutung sein. Es wird daher abgeklärt, in welcher Weise Vernetzungen dargestellt wurden, insbesondere ob dabei von der Darstellungsweise im Schulbuch entscheidend abgewichen wurde.

7. *Wie schätzen Sie die motivationale Haltung der Schüler ein?*

Mit der siebenten Frage wird ausgelotet, inwieweit Schüler dem Unterrichtsstoff und seiner Darbietung mit einer besonderen emotionalen Haltung begegnet sind. Dies dient nicht einer detaillierten Untersuchung von Emotionsvernetzungen, es sollen nur bestimmte Grundstimmungen und Einstellungen, die sich in bemerkbarer Weise auf das erreichte Curriculum auswirken könnten, festgehalten werden.

8. *Gibt es besondere Zusammenhänge, die von den Schülern erfasst und behalten worden sind? Können die Schüler dieses Wissen um Zusammenhänge beim Lösen von Aufgaben und Problemen erfolgreich anwenden? Gelingt den Schülern das Modellieren von Textaufgaben mittels linearer Gleichungssysteme? Liegen Ihren Einschätzungen zwischenzeitliche Bestandsaufnahmen von Schülerkenntnissen zugrunde?*

Mit diesen Fragen sollen die Einschätzungen der Lehrer bzgl. der von Schülern gelernten Vernetzungen eingeholt werden.

Liegt die Behandlung des betrachteten Themenkomplexes länger zurück, so ist das Urteil der Lehrer von zwischenzeitlichen Überprüfungen der entsprechenden Schülerkenntnisse abhängig. Dies erklärt die Formulierung der letzten Frage.

Zur Auswertung der Interviews werden die Antworten der Lehrer auf der Grundlage angefertigter Gesprächsnotizen sinngemäß und nach Fragen sortiert wiedergegeben und gegenübergestellt. Vernetzungen, die entsprechend der Lehrerantworten im Unterricht implementiert worden sind, werden mit den im Rahmen des intendierten Curriculums erhobenen abgeglichen; entsprechende im Rahmen des intendierten Curriculums eingeführte Bezeichnungen für einzelne Vernetzungen werden wiederverwendet. Zusammenfassende graphische Übersichten über Vernetzungen im Rahmen des implementierten Curriculums liefern abermals *Netzwerke*.

Im *Rahmen des erreichten Curriculums* werden *Schülertests* zur Aufnahme von Vernetzungen durchgeführt (siehe Anhang I, Testunterlagen).

Die Tests sind anonym, auf den Arbeitsbögen werden die Namen der Schüler nicht vermerkt. Somit darf man erwarten, dass Schüler ehrlicher sind, weniger versucht sind vom Nachbarn abzuschreiben. Die Schüler werden von dem jeweils Aufsichtführenden dazu angehalten selbständig, ernsthaft und gewissenhaft zu arbeiten. Sie werden darauf hingewiesen, dass die Tests bedeutungsvoll sind, letztlich im Dienste einer Verbesserung von Unterricht stehen und somit in Schülerinteresse sind.

Für die Bearbeitung der Testitems stehen zwei Unterrichtsstunden zur Verfügung, ein Zeitumfang, der für eine gründliche Bearbeitung der gestellten Aufgaben angemessen erscheint.

Die ersten vier Testschritte (vgl. 7.2.3) dienen der Erforschung des deklarativen Wissens der Schüler um fachsystematische Vernetzungen bzw. Modellvernetzungen zum Thema der linearen Gleichungssysteme in der Sekundarstufe I. In einem 5. Schritt wird geprüft, inwiefern Schüler in der Lage sind, Probleme mit Hilfe von Vernetzungen zu lösen; der 6. und letzte Untersuchungsschritt prüft die Fähigkeit der Schüler Textaufgaben zu modellieren.

Wie bereits in 7.2.3 ausgeführt, werden die ersten vier Untersuchungsschritte in *Anlehnung an die Methode des Concept Mapping* konzipiert:

Die Schüler sollen zunächst ganz frei alles aufschreiben, was sie mit der Thematik der linearen Gleichungssysteme verbinden (*erster Untersuchungsschritt*). Durch

dieses Brain Storming werden die dominierenden begrifflichen Inhalte, welche die Schüler bewusst in Beziehung mit der Thematik setzen, erfasst.

Es kann sein, dass den Schülern nicht alle Begriffe, die sie im Zusammenhang mit dem Thema kennen, sofort einfallen. Um beim Hervorholen von solchen im Gedächtnis tiefer verborgenen, nicht direkt präsenten Begriffen nachzuhelfen, wird im *zweiten Schritt* eine Liste von Begriffen vorgelegt, von denen die Schüler die mit dem Thema in Verbindung stehenden ankreuzen sollen.¹

Die Verteilung der Begriffslisten im Zuge der Tests erfolgt erst nach dem Einsammeln des Untersuchungsmaterials zum 1. Schritt, um nachträgliche Eintragungen von Begriffen der vorgegebenen Liste auf das Blatt zum Brain Storming zu unterbinden.

Folgende Kriterien sind maßgebend für die Auswahl der auf der Liste aufgeführten Begriffe:

- Die Auswahl der Begriffe, die in einem Zusammenhang mit linearen Gleichungssystemen stehen, beschränkt sich auf wesentliche Schlüsselbegriffe, für die die Schüler den entsprechenden Zusammenhang kennengelernt oder erfahren haben konnten. Erhebungen aus den Rahmen des intendierten und des implementierten Curriculums müssen hier berücksichtigt werden.
Falls ein Schüler noch weitere Begriffe in Verbindung mit dem Thema kennt, so besteht die Möglichkeit, die Liste mit diesen Begriffen zu ergänzen.
- Die auf der Liste auftretenden nicht zum Thema gehörenden, eventuell teils imaginären Begriffsbezeichnungen (Distraktoren) werden so ausgesucht, dass sie nicht unmittelbar, d.h. selbst ohne Kenntnis der Verknüpfungen zur Thematik, als nicht zugehörig eingestuft werden können.

Die Begriffsliste kann erst endgültig erstellt werden, wenn die Ergebnisse aus den Rahmen des intendierten und des implementierten Curriculums vorliegen; eine Präzisierung in dieser Hinsicht erfolgt in 8.3.1.

Die Begriffsliste aus dem zweiten Schritt dient dann als Arbeitsgrundlage für den *dritten Untersuchungsschritt*, der darin besteht, die Schüler einzelne Begriffe, die ihrer Meinung nach unter bestimmten Gesichtspunkten zusammengehören, bündeln zu lassen.

Man kann nicht davon ausgehen, dass die Schüler alle wesentlichen Verbindungen, die ihnen bewusst sind, durch die Begriffsbündelungen im dritten Schritt zum Ausdruck bringen. Um etwas mehr Aufschluss über diese Verbindungen

¹ Dies entspricht der multiple-choice- Aufgabenform.

zu erlangen, wird den Schülern im *vierten Untersuchungsschritt* eine unvollständige Concept Map zum Thema der linearen Gleichungssysteme vorgelegt, die ergänzt werden soll.¹ Dazu werden auf der Grundlage der Erhebungen im Rahmen des intendierten Curriculums für die einzelnen Schulen Concept Maps erstellt (8.1.2), diese ggf. aufgrund der Ergebnisse im Rahmen des implementierten Curriculums ergänzt, und in diesen Concept Maps als Vorlage für die Schüler einige Begriffe und Querverbindungen weggelassen. Eine Präzisierung des Untersuchungsmaterials für den 4. Schritt kann erst in 8.3.1 erfolgen.

In dem *fünften Untersuchungsschritt* wird der dynamische Umgang der Schüler mit einem Teil ihres Wissens um Vernetzungen zu linearen Gleichungssystemen geprüft, speziell der Umgang mit Vernetzungen zwischen algebraischen und geometrischen Darstellungen (Modellvernetzungen). Die Aufgabenstellungen werden dabei so gewählt, dass sie den Schülern aller Voraussicht nach fremd sind, also ähnliche Aufgaben weder in den verwendeten Schulbüchern stehen, noch im Unterricht behandelt wurden. Damit können hier keine erlernten und möglicherweise nicht verstandenen Routineverfahren zum Zuge kommen, die Schüler müssen aktiv ihr Wissen in seiner Beziehungshaltigkeit einsetzen.

Die endgültige Formulierung der Aufgaben kann erst nach den Erhebungen im Rahmen des intendierten und im Rahmen des implementierten Curriculums erfolgen.

Die Untersuchungen beschränken sich auf die Frage, ob Schüler überhaupt erfolgreich ihr Wissen - sofern vorhanden - einsetzen können; eine Analyse der einzelnen Strategien der Schüler beim Problemlösen wird nicht durchgeführt.

Im *sechsten Untersuchungsschritt* soll die Modellierungsfähigkeit der Schüler geprüft werden. Dazu sollen die Schüler erkennen, ob ein vorgegebenes Gleichungssystem ein Modell für ebenfalls vorgegebene Problemstellungen ist oder nicht. Umsetzungen von Texten über Modellvernetzungen sind hierbei vonnöten. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Rahmen des intendierten und des implementierten Curriculums werden die vorgegebenen Textaufgaben so konzipiert, dass die vorkommenden Größen möglichst bereits im Unterricht als Repräsentationen der beiden Variablen x und y eines linearen Gleichungssystems von zwei Gleichungen vorgestellt worden sind. Anwendungen aus Bereichen, für die zusätzliche spezifische bereichsbezogene Kenntnisse erforderlich sind (z.B. physikalische Kenntnisse), werden nicht in die Aufgaben einbezogen, um

¹ Diese Testform wird von JÜNGST (1992, S. 71) empfohlen, wenn es darum geht zu prüfen, was Schüler inhaltlich von dem in einer Concept Map repräsentierten Wissen behalten haben. Er führt aus, dass es „auf der Hand [liegt], i.S. eines 'Lückentests' bestimmte Knoten/Elemente und/oder Relationen zu ‚löschen‘ und die Ausfüllung dieser Lücken als Test zu fordern.“

auszuschließen, dass die Textumsetzung am Mangel solcher bereichsspezifischen Kenntnisse scheitert. In denjenigen Textaufgaben, die durch das vorgegebene Gleichungssystem nicht modelliert werden können, werden die Zahlenangaben so gewählt, dass dies nicht unmittelbar an den Zahlenwerten zu erkennen ist.

Die *Auswertung* der Schülertests erfolgt durch das Auszählen angegebener oder angekreuzter Begriffe (1. bis 4. Schritt), angegebener Bündelungen (3. Schritt), eingezeichneter Verbindungen (4. Schritt), richtig gelöster Aufgaben (5. Schritt) bzw. richtiger Modellzuordnungen (6. Schritt). Daraus werden für die einzelnen Lerngruppen jeweils die zugehörigen relativen Häufigkeiten ermittelt, wodurch sich die relativen Häufigkeiten aufgezeigter Vernetzungen ergeben.

Ein Vergleich der Ergebnisse für die Schüler des 8. Jahrgangs und des 11. Jahrgangs vom Gymnasium A bzw. des 9. Jahrgangs und des 10. Jahrgangs vom Gymnasium B gestattet Aussagen über eventuelle Einflüsse der *Zeit*, die seit Vermittlung der Lerninhalte bis zur Durchführung der Tests verstrichen ist.

Vernetzungen, die bei mehr als 50% der Schüler einer Lerngruppe ausgemacht werden können, werden als „*sicher*“ bezeichnet; sie werden für jede einzelne Lerngruppe in einem *Netzwerk* festgehalten.¹

Durch einen *Vergleich der Ergebnisse* in den drei Curriculumsrahmen, speziell der entsprechenden *Netzwerke*, sind für jede an der Untersuchung beteiligte Lerngruppe Aussagen zur **Übertragung von Vernetzungen** aus einem Rahmen zum nächsten möglich.

Erkenntnisse, die bei allen untersuchten Lerngruppen gleichermaßen gewonnen werden, liefern Hinweise auf mögliche allgemein bestehende Charakteristika.

¹ Die Wahl der 50%-Marke orientiert sich an der üblichen Notengebung in der Schule. Hier ist es gängige Praxis Leistungen mit „ausreichend“ (Note 4) oder besser zu bewerten, wenn mindestens die Hälfte der möglichen Punkte erreicht wurden.