

**Frauke DÜWEL, Sigrun EICHHORN & Manuela
NIETHAMMER**

(Technische Universität Dresden)

**Entwicklung berufsdidaktischer Kompetenzen: Konzeptioneller
Ansatz zur Vernetzung von Disziplinwissen und
berufsdidaktischem Wissen**

Online unter:

http://www.bwpat.de/ausgabe37/duewel_etal_bwpat37.pdf

in

bwp@ Ausgabe Nr. 37 | Dezember 2019

**Berufs- und Wirtschaftspädagogik und ihr fachwissen-
schaftlicher Bezug**

Hrsg. v. **Tade Tramm, Martin Fischer, H.-Hugo Kremer & Lars Windelband**

www.bwpat.de | ISSN 1618-8543 | *bwp@* 2001–2019

bwp@

www.bwpat.de



Herausgeber von *bwp@* : Karin Büchter, Martin Fischer, Franz Gramlinger, H.-Hugo Kremer, Tade Tramm, Karl Wilbers & Lars Windelband

Berufs- und Wirtschaftspädagogik - online

Online: http://www.bwpat.de/ausgabe37/duewel_etal_bwpat37.pdf

Zentrale Aufgabe der beruflichen Didaktiken ist es, Studierende zu befähigen, fachwissenschaftliches und berufsdidaktisches Disziplinwissen zu verknüpfen, um berufsbezogene, potenziell mögliche Lernwege und Lernhürden zu antizipieren und berufsbildenden Unterricht so zu gestalten, dass Lernende in ihren Denkprozessen für die Auseinandersetzung mit Inhalten beruflicher Arbeit aktiviert werden.

Dies erfordert, fachwissenschaftliche Inhaltsstrukturen im Kontext beruflicher Arbeitsaufgaben zu erkennen und aus berufsdidaktischer Perspektive zu bewerten. Diese Inhaltsstrukturen werden in der Regel über Fachtexte erschlossen. Insofern besteht die Frage, welche Kriterien fachwissenschaftliche Lehrtexte für die berufs-/fachdidaktische Funktionalisierung erfüllen sollten. Dazu werden exemplarisch fachwissenschaftliche Lehrbuchtexte zu einem hoch komplexen berufsrelevanten Thema, der Chromatographie, analysiert.

Der Analyse wird ein Kategoriensystem zur sachlogischen Strukturierung bestehend aus Propositionen zugrunde gelegt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Argumentationslinien in den Texten lückenhaft sind. Daraus ergeben sich weitere Potenziale des gewählten methodischen Ansatzes z. B. zur Optimierung von Fachtexten und Analyse fachwissenschaftlicher Studienelemente.

Developing pedagogical content skills in vocational didactics: A conceptual approach for connecting specialized content knowledge with pedagogical content knowledge

A central task of teacher training in vocational didactics is to enable teacher training students to relate specialized content knowledge with pedagogical content knowledge so that they anticipate possible steps of reasoning as well as common learner conceptions and misconceptions. Thus they are supposed to design lessons such that learners are cognitively activated in the process of learning the content of vocational work.

This requires teacher training students to recognize organizing structures of the content related to vocational tasks and to reflect on them in terms of concepts of vocational didactics. These organizing structures of the content can generally be accessed via textbook texts. The question arises which criteria specialized texts have to fulfil for purposes of teaching specialized contents in vocational training contexts. Therefore specialized textbook texts on chromatography, a highly complex and vocationally relevant topic, are analysed.

For the analysis, a system of categories consisting of propositions based on the organizing structures of the specialized content has been designed. The results show that in the texts the lines of argumentation are incomplete. This methodological approach is likely to be applicable for optimizing specialized texts and analysing specialized elements of higher education studies.

Entwicklung berufsdidaktischer Kompetenzen: Konzeptioneller Ansatz zur Vernetzung von Disziplinwissen und berufsdidaktischem Wissen

1 Problemhintergrund

Herausragende Aufgabe der beruflichen Didaktiken ist es, eine Verknüpfung von fachwissenschaftlichem und berufsdidaktischem Wissen bei Studierenden so zu initiieren und zu unterstützen, dass fachwissenschaftliche und berufsrelevante Inhalte nicht nur als solche verinnerlicht, sondern so abstrahiert werden können, dass für beliebige Lerngegenstände die zugrundeliegenden Inhaltsstrukturen erkannt und aus berufsdidaktischer Perspektive, d. h. aus der Perspektive der Initiierung und Förderung der Auseinandersetzung mit Inhalten beruflicher Problemstellungen, bewertet werden können. Erst auf dieser Grundlage können darauf bezogene, potenziell mögliche Lernwege und Lernhürden antizipiert werden. Dies korrespondiert mit dem Anspruch, Studierende zu befähigen, Unterricht so zu gestalten, dass Lernende in ihren Denkprozessen aktiviert werden (vgl. Düwel/Niethammer 2017; Woitkowski 2015; Woitkowski 2011; Riese/Gramzow/Reinhold 2016; Gramzow/Riese/Reinhold 2013; Riese 2009). Dies entspricht den Zielvorgaben in den Bildungsstandards, nach denen Kinder und Jugendliche so zu bilden sind, dass sie als Erwachsene an der Gesellschaft als mündige Bürger/-innen und kompetente Fachkräfte oder Akademiker/-innen teilhaben können.

Die inhaltliche Auseinandersetzung mit Sachverhalten, ob als Lehrender oder Lernender, erfolgt in der Regel über Texte unterschiedlicher Art. Mündliche sowie schriftliche Fachtexte dienen im Wesentlichen der Repräsentation von Wissen oder Informationen im Speziellen (vgl. Hennings 1991, 5) zum Zweck der Aneignung durch andere. Ein solcher Wissenserwerb setzt voraus, dass die jeweiligen Sachverhalte so dargelegt werden, dass durch die Rezipienten Geltungsansprüche (ggf. auch strittige) thematisiert und mit Argumenten eingelöst oder kritisiert werden können. Diese Form des rationalen Handelns untersuchte Habermas (1987, 25). Er differenzierte die Begründbarkeit und damit Kritisierbarkeit von sprachlichen und nicht-sprachlichen, kommunikativen oder nicht-kommunikativen Handlungen als wesentlich, um Handlungen als rational einzustufen. Zudem sind nur kritisierbare Handlungen auch verbesserungsfähig, womit Optimierungsprozesse an rationales Handeln gebunden sind.

Damit spielen Argumentationen für Lernprozesse eine wichtige Rolle (Habermas 1987, 38f.). Aus hochschuldidaktischer Sicht sind die Beteiligten solcher Aushandlungsprozesse Studierende, die sich für die Ausarbeitung von Unterrichtskonzepten sowohl mit den zu unterrichtenden Sachverhalten (Fachwissen) als auch mit Aspekten der Gestaltung von Lehr-/Lernprozesse auseinandersetzen müssen (fachdidaktisches Wissen).

2 Forschungsfragen

Ein grundlegendes didaktisches Element des berufsbezogenen Unterrichts besteht darin, dass die Lernanlässe über berufliche Problemstellungen initiiert und die Lerngegenstände aus dem Kontext der Problemlösung abgeleitet werden (vgl. Bader/Schäfer 1998). Damit Lehramtsstudierende solche Problemstellungen für den Unterricht einsetzen können, müssen sie diese analysieren und sich zunächst selbst die zugrundeliegenden inhaltlichen Zusammenhänge – als potenzielle Lerngegenstände – erschließen, um daraus Wege der Erkenntnisgewinnung und entsprechende Aufgabenstellungen abzuleiten. Reicht das individuelle Wissen hierfür nicht aus, obliegt es den Studierenden/Lehrenden dieses über fachwissenschaftliche Lehrbücher zu erschließen. Um beurteilen zu können, welche Impulse durch die inhaltliche Aufbereitung in fachwissenschaftlichen Lehrbüchern für berufsdidaktische Entscheidungen gegeben werden, stellen sich folgende Forschungsfragen:

- wie vollständig sind Argumentationslinien fachwissenschaftlicher Lehrbuchtexte,
- erkennen Lehramtsstudierende die für die Problemstellung relevanten und damit lernrelevanten Textpassagen und
- sind sie in der Lage, die Begründungszusammenhänge auf berufsdidaktische Problemstellungen zu übertragen.

Der Beitrag fokussiert ausschließlich auf die erste Frage, die an einem Beispiel aus dem Berufsfeld Labor- und Prozesstechnik geklärt werden soll. Für Ausbildung und Arbeitspraxis im Beruf Chemielaborant/Chemielaborantin ist die Kompetenz, Stoffe chromatographisch zu untersuchen, relevant (vgl. Lernfeld 4). Dabei werden die physikalischen und gerätetechnischen Wissensgrundlagen besonders dann benötigt, wenn regelgeleitetes Handeln wie bei Routinearbeiten nicht weiterführt und Probleme wie z. B. die Auswahl/Optimierung der Bedingungen für die chromatographische Trennung zu bewältigen sind. Vor diesem Hintergrund werden fachwissenschaftliche Texte zum Thema „Chromatographie“ aus berufs-/fachdidaktischer Sicht analysiert und bewertet.

Bei dem Textvergleich werden auch englische Textquellen einbezogen, die eine bessere Adressatenorientierung gegenüber deutschen aufweisen, z. B. durch eine stärkere Verwendung metasprachlicher Elemente (advance organisers), eine bessere Ausgewogenheit in der Ausführung einzelner Propositionen und eine eher lineare Diskursstruktur (vgl. Göpferich 1995, 446f.).

Zur Analyse und Bewertung der Texte wird ein Experten-Concept Map zur sachlogischen Strukturierung der Inhalte erstellt, das im Besonderen die Begründungszusammenhänge der zum Thema zu betrachtenden Aspekte darstellt. Durch die Gegenüberstellung der in den Texten ausgeführten Begründungszusammenhänge wird die Güte der Texte beurteilt.

Der methodische Ansatz, der dem Textvergleich zugrunde gelegt wurde, kann gleichermaßen als Basis für die Analyse fachwissenschaftlicher Studienelemente dienen. Diese Dimension bleibt im vorliegenden Beitrag jedoch noch unberücksichtigt.

3 Grundlagen zur Beurteilung von Argumentationslinien in naturwissenschaftlich-technischen Texten

Begründungszusammenhänge zu naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten basieren auch auf Daten, die empirisch gewonnen wurden. Bei solchen empirischen Fragestellungen geht es bspw. um Untersuchungen zum Reaktionsverhalten von Stoffen einer Stoffklasse oder um das Einstellen optimaler Verhaltensbedingungen bei der Analyse eines Stoffes/Stoffgemisches, um möglichst präzise die Zusammensetzung (quantitative Analyse) und die Struktur-Eigenschaftsbeziehungen (qualitative Analyse) des jeweiligen Stoffes/Stoffgemisches bestimmen zu können. Aus den so gewonnenen experimentellen Daten werden Regeln abgeleitet (induktives Vorgehen), die auf ihre Validität und Reproduzierbarkeit überprüft werden (progressiv-reduktives Vorgehen). Die Frage nach den Ursachen der beobachtbaren Phänomene kann nur auf der Basis von Hypothesen zum Aufbau der Stoffe – im Sinne von Modellvorstellungen – beantwortet werden (regressiv-reduktives Vorgehen). Auf diese Weise wurden und werden Theorien über Stoffe, Stoffsysteme sowie Methoden/Verfahren zu deren Synthese und Analyse gewonnen.

Zur Betrachtung von Argumentationslinien in naturwissenschaftlich-technischen Texten nutzen wir Grundlagen aus der Argumentationsforschung. Darin werden deduktive und induktive (also nicht-deduktive) Argumente unterschieden. Für die Analyse von Argumenten werden diese in die Normalform überführt (vgl. Beckermann 2003, 7ff.):

(P1) erste Prämisse

(Pn) n-te Prämisse

(K) Konklusion

Charakteristisch für die Normalform ist:

1. Alle Prämissen und die Konklusion sind ausformuliert.
2. Alles, was weder Prämisse noch Konklusion ist, entfällt.
3. Die Prämissen stehen getrennt voneinander und nummeriert am Anfang des Arguments.
4. Die Konklusion am Ende des Arguments wird gekennzeichnet durch ein ‘Also‘.

Zur Beurteilung der Güte eines Arguments wird die Gültigkeit und Schlüssigkeit betrachtet. Argumente sind gültig, wenn die Konklusion logisch aus den Prämissen folgt. Die Wahrheit der Prämissen spricht somit dafür, dass auch die Konklusion wahr sein muss. Ist eine der Prämissen nicht wahr, dann kann das Argument zwar gültig sein, aber nicht schlüssig. Schlüssig ist ein Argument genau dann, wenn es gültig ist und alle Prämissen wahr sind (vgl. Beckermann 2003, 27).

Entsprechend der Normalform eines Argumentes können die den Theorien zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten als Konklusionen betrachtet werden, die auf Prämissen (Aussagen/Regeln) beruhen, die sich u. a. auf empirische Befunde von Einzelfällen stützen. Die somit zu betrachtenden Argumente sind daher als induktive bzw. nicht-deduktive Argumente einzuordnen. Im Unterschied zu deduktiv schlüssigen Argumenten, ist ein nicht-deduktives Argu-

ment nicht deduktiv gültig, aber schlüssig, wenn alle seine Prämissen wahr sind (Beckermann 2003, 33). Wesentliches Merkmal induktiver Argumente ist, dass die Güte des empirischen Befundes entscheidend für den Wahrheitsgehalt der Prämissen und damit für die Schlüssigkeit des Arguments ist. Die Themen im Fach Chemie beziehen sich auf sehr gut erforschte Sachverhalte, so dass der Wahrheitsgehalt der Prämissen sehr hoch ist.

Da es in den zu analysierenden Texten um ein naturwissenschaftlich-technisches Thema geht, beschränken sich die Ausführungen zu Funktion, Struktur und Güte von Argumentationen im Rahmen dieser Publikation auf relevante Aspekte in naturwissenschaftlichen Kontexten. Primär geht es in diesen Kontexten darum, beobachtbare Phänomene (Quaestio) mit Hilfe von Gesetzmäßigkeiten (Prämissen und Schließregeln, auch Argument) zu erklären, die entweder bekannt sind oder gefunden bzw. erschlossen werden müssen. Diese Herangehensweise entspricht der Definition nach Klein (1980, 19; vgl. Habermas 1987, 38f.), wonach eine Argumentation der Versuch ist, etwas kollektiv Fragliches (die Konklusion oder Quaestio) mit Hilfe des kollektiv Geltenden (Prämissen und Schließregeln, auch Argument) in kollektiv Geltendes (Antwort auf Quaestio) zu überführen. Diese Definition bezieht sich zwar auf eine sprachwissenschaftliche Betrachtung von Argumentationen, wie sie in Alltagskontexten vorkommen können, ist aber auch auf Argumentationen in naturwissenschaftlichen Kontexten übertragbar.

Ein Argument lässt sich als Baumgraph darstellen, dessen Kanten bzw. Teilbäume legitime Übergänge bezeichnen und dessen Wurzel die Antwort auf die Quaestio ist.

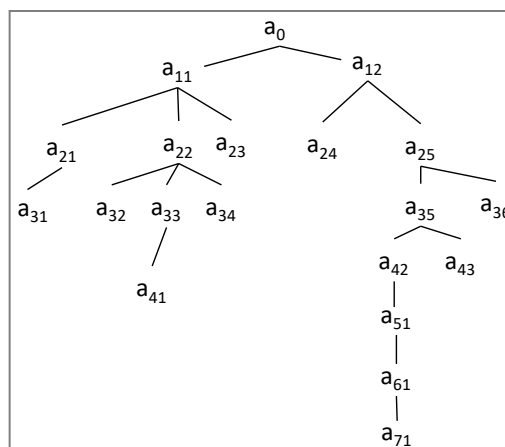


Abbildung 1: Darstellung eines Arguments als Baumgraph (Klein 1980, 15)

Je nach Vorwissen kann eine Argumentation an unterschiedlichen Knotenpunkten ansetzen. Jeder Knotenpunkt für sich kann zur Quaestio werden und der Linie folgend vom nächsten Knotenpunkt gestützt werden. Somit ist der Aufbau einer Argumentation je nach Komplexität der Quaestio mehr oder weniger verzweigt aufgebaut. Der Begriff „Argumentationslinie“ ist daher nicht immer als linear verlaufend zu verstehen, sondern in der kaskadenähnlichen Folge aufeinander aufbauender Prämissen zur Stützung der Antwort auf die jeweilige Quaestio.

4 Analyse und Beurteilung fachwissenschaftlicher Lehrbuchtexte mit Hilfe von Concept Maps aus berufs-/fachdidaktischer Sicht

Ein Instrument, um Argumentationslinien eines Textes (dessen Sachlogik) darzustellen, sind Concept Maps. Dazu muss der Text auf propositionale Inhaltseinheiten (in Form von Aussagesätzen) heruntergebrochen werden, die in dem Concept Map durch jeweils zwei Begriffe (Konzepte) und ihrer Relation zueinander dargestellt werden. Die auf diese Weise visualisierten Argumentationslinien sind mit dem Baumdiagramm in Abbildung 1 vergleichbar. Derartige sachlogische Strukturierungsansätze für Stoff- und Prozessaspekte im Kontext naturwissenschaftlicher und technischer Betrachtungen sind die Grundlage der Inhaltsaufbereitung und -analyse für den Unterricht in den Lernfeldern des Berufsfeldes der Labor- und Prozesstechnik (gleichermaßen auch im Fach Chemie) und werden in Form von Schemata visualisiert.

4.1 Sachlogische Strukturierungsansätze für die berufs- und fachdidaktische Analyse

Die Inhaltsbereiche in den Lernfeldern des Berufsfeldes der Labor- und Prozesstechnik umfassen u. a. zwei wesentliche Aspekte, den Stoffaspekt und den Prozessaspekt. Diese beiden Aspekte werden auch in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Fach Chemie berücksichtigt, wonach der Kompetenzbereich Fachwissen in Basiskonzepte untergliedert wird, auf die die unterrichtsrelevanten chemischen Fachinhalte mit den zugehörigen naturwissenschaftlichen Fachbegriffen zurückgeführt werden können. Die Basiskonzepte orientieren auf

- Stoff-Teilchen-Beziehungen,
- Struktur-Eigenschafts-Beziehungen,
- chemischen Reaktion und
- energetischen Betrachtung bei Stoffumwandlungen (vgl. KMK 2005, 8).

Die Basiskonzepte zu Stoff-Teilchen-Beziehungen sowie Struktur-Eigenschafts-Beziehungen verweisen auf den Stoffaspekt, während die Basiskonzepte zu chemischen Reaktionen und energetischen Betrachtungen bei Stoffumwandlungen den Reaktionsaspekt untersetzen.

Beide Aspekte werden sowohl im Chemieunterricht als auch bei der unterrichtlichen Umsetzung der Lernfelder im Berufsfeld Labor- und Prozesstechnik nicht nur aus naturwissenschaftlicher (Substanz- bzw. Reaktionsaspekt), sondern weitergehend auch aus technischer (Material- bzw. Verfahrensaspekt) oder gesellschaftlicher Perspektive thematisiert (vgl. Storz/Wirsing 1987, 31). Die logischen Zusammenhänge, die zu einem Sachverhalt hergestellt werden können, sind in allgemeinen Schemata dargestellt (s. Abbildung 2).

Da bei der Erarbeitung des Themas „Chromatographie“ der Prozessaspekt zunächst im Vordergrund steht, wird an diesem beispielhaft das allgemeine Schema zur sachlogischen Strukturierung von Inhalten erläutert. Bei der Betrachtung des Trenn- und Analysenverfahrens „Chromatographie“ aus Sicht stehen die unterschiedlichen Eigenschaften der Analyten des zu trennenden Stoffgemisches im Mittelpunkt, die das Verhalten des Stoffes unter gegebenen Bedingungen begründen und seine Auftrennung ermöglichen. Aus technischer Perspektive tritt die Apparatur in den Vordergrund. Sie kann als konstruktive Lösung für die Umsetzung

der gewünschten Operationen und die Sicherung der (Verhaltens)bedingungen verstanden werden (s. Abbildung 2). Die jeweiligen bedeutsamen Relationen können in einem Concept Map konkretisiert werden (s. Abbildung 4).

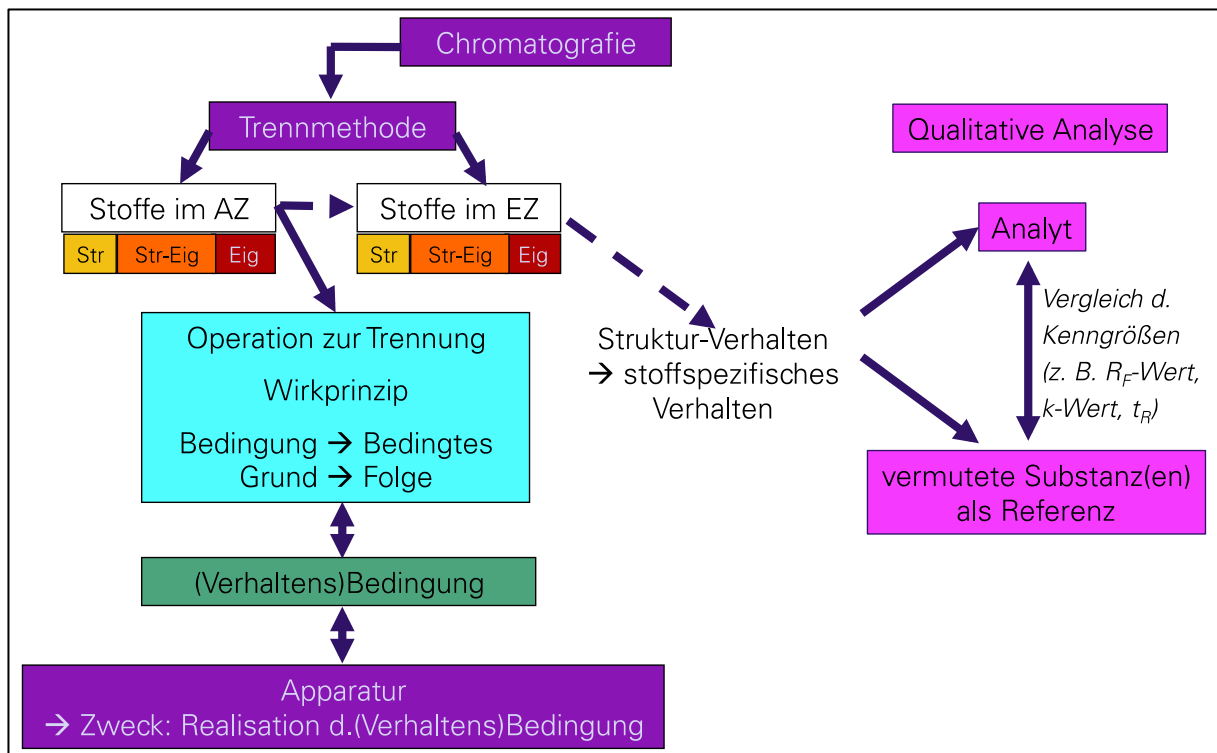


Abbildung 2: Kategorien der sachlogischen Strukturierung zur chromatografischen Trennung eines Stoffgemisches (vgl. Storz/Wirsing 1987; Niethammer 2006)

Zur Erklärung des stoffspezifischen Verhaltens beim Trennvorgang müssen Strukturmerkmale der Stoffe/Stoffgemische herangezogen werden. Dabei müssen die jeweiligen Betrachtungs-ebenen unterschieden werden (s. Abbildung 3).

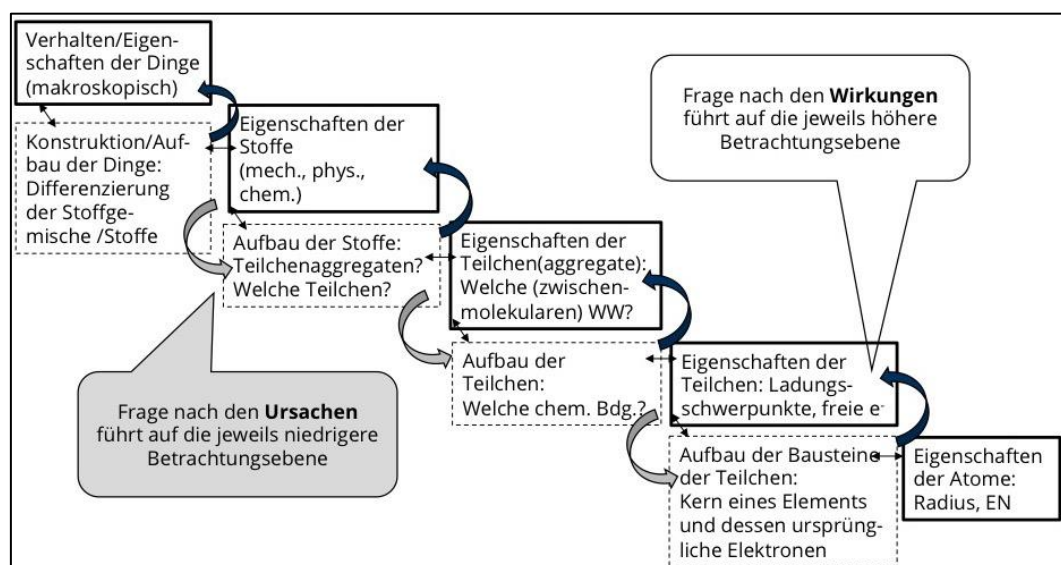


Abbildung 3: Betrachtungsebenen aufeinander aufbauender Grund-Folge-Beziehungen (Niethammer 2018; vgl. Storz/Wirsing 1987, 62f.)

Auf Grundlage dieser Überlegungen wurde das Experten-Concept-Map zum Thema „Chromatographie“ (s. Abbildung 4) erstellt, das auch alle Inhalte der zu analysierenden Texte abbildet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden nicht alle Propositionen dargestellt, die später bei der Analyse der Texte einbezogen werden.

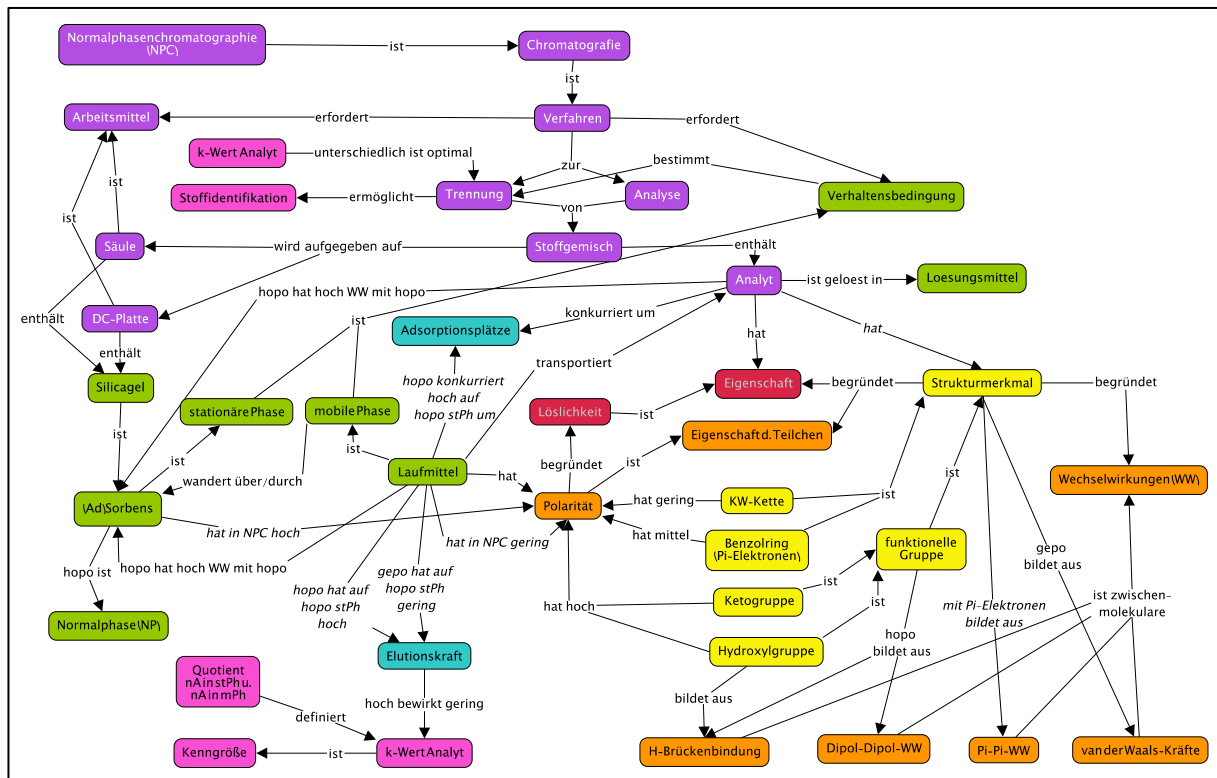


Abbildung 4: Experten-Concept Map Normalphasenchromatographie (NPC)

Damit Concept Maps konsistent erstellt werden, sind Konstruktionsprinzipien zu beachten (Düwel 2018, 43; vgl. Fürstenau 2018, 11ff.). Jede Proposition (Aussage) besteht aus Vorbereichskonzept, Relation und Nachbereichskonzept. Da im naturwissenschaftlichen Bereich Zustände und Vorgänge an Bedingungen geknüpft sind, müssen diese in den Relationen berücksichtigt werden (Relation ist dann *kursiv*). So lautet die Proposition, die den Zusammenhang beschreibt, dass das Laufmittel in der Normalphasenchromatographie (NPC) eine geringe Polarität besitzt: *Laufmittel* (Vorbereichskonzept) *hat in NPC gering* (Relation, wobei „in NPC“ die Bedingung ist) *Polarität* (Nachbereichskonzept).

Der Ausprägungsgrad „gering“ ist bei der Proposition „Laufmittel hat in NPC gering Polarität“ allerdings keine Bedingung, sondern die Spezifikation zum Nachbereichskonzept „Polarität“, die normalerweise zum Konzept hätte hinzugefügt werden müssen. Nur hätten dann das Konzept „Polarität“ wie auch andere Konzepte mit unterschiedlichen Ausprägungsgraden in allen Ausprägungsformen separat aufgeführt werden müssen. Dadurch würde das Concept Map sehr schnell unübersichtlich werden. Daher werden Spezifikationen der Vor- und Nachbereichskonzepte häufig mit der Relation zusammengeführt.

Die Propositionen des Experten-Concept Maps können den Inhaltsaspekten der sachlogischen Strukturierung (SLS, s. Abbildung 2) entsprechend zugeordnet werden (vgl. korrespondierende Farbgebung). Die Hauptkategorien sind:

Tabelle 1: Kategoriensystem nach den Inhaltsaspekten der sachlogischen Strukturierung

01 Verfahren (V)	02 Verhaltensbedingungen (B)	03 Analyt (A)	04 qualitative Analyse (Q)	05 Wirkprinzip (W)
Definition Arbeitsmittel Applikationsform Analyt	Verhaltensbedingungen bei der Trennung Auswirkung d. Laufmittel auf Trennergebnis	Charakterisierung der Analyten u. der mit dem Analyten in WW tretenden Stoffe (LM u. stPh) – Strukturmerkmale – Polarität – Stärke WW d. Analyten mit stPh u. LM	Trennergebnisse – Kenngrößen Stoffidentifikation	Trennprinzip Adsorption und WW zwischen – Adsorbens – Laufmittel – Analyt Elutionswirkung Laufmittel allg. Struktur-Eigenschaftsbeziehungen Charakterisierung möglicher WW – Dipol-Dipol – H-Brückenbindung – π - π -Transferkräfte – van der Waals-Kräfte

4.2 Fachtextvergleich zum Thema „Chromatographie“ auf der Grundlage der Propositionen eines Experten-Concept-Maps

Verglichen werden die Kapitel zum Thema „Chromatographie“ aus fünf fachwissenschaftlichen Lehrbüchern, vier aus dem Bereich Studium und Wissenschaft (darunter ein englisches Lehrbuch) und ein Lehrbuch aus dem berufsbildenden Bereich. Die Lehrbücher wurden somit für einen vergleichbaren Adressatenkreis verfasst.

Zur Analyse wurden jeweils Segmente – im Sinne inhaltlich zusammenhängender Textpassagen (s. Tabelle 9 und Tabelle 10) – ausgewählt und codiert. Die Segmente beziehen sich auf die Aspekte der fünf Hauptkategorien (s. Tabelle 1). Grundlage für die qualitative Inhaltsanalyse der Texte war eine Propositionsliste mit 114 Propositionen, die aus dem Experten-Concept-Map (Abbildung 4) abgeleitet und nach Aspekten der sachlogischen Strukturierung der Inhalte zur Trennung und Analyse eines Stoffgemisches geordnet wurde (s. Abbildung 2 und Tabelle 1). Jede Proposition stellt einen Code dar, so dass in den weiteren Ausführungen für die Propositionen die Bezeichnung Code verwendet wird.

In Tabelle 2 sind die Anzahl der analysierten Segmente sowie die in den Segmenten der jeweiligen fachwissenschaftlichen Lehrbücher vorkommenden Codes (absolute Häufigkeit) und deren Abdeckungsgrad (relative Häufigkeit) dargestellt. Die ausgezählten Häufigkeiten wurden binarisiert, d. h. dass nur das Vorkommen der Codes gezählt wurde.

Tabelle 2: Anzahl der analysierten Segmente sowie Anzahl der in den Quellen vorkommenden Codes und deren Abdeckungsgrad ($H_{\max, \text{Codes}} = 114$)

	E17	D06	D14	D16	D13
Anz. Segmente	63	68	62	55	50
abs. H	90	52	51	44	37
rel. H	79 %	46 %	45 %	39 %	32 %

E17: Snyder, Lloyd R./Kirkland, Joseph J./Dolan, John W. (2010): *Introduction to Modern Liquid Chromatography*, 3. Aufl., Hoboken: Wiley & Sons.

D06: Schwedt, Georg (1986): *Chromatographische Trennmethode. Theoretische Grundlagen, Techniken und analytische Anwendungen*, 2. Aufl., Stuttgart: Thieme.

D14: Cammann, Karl (Hrsg.) (2001): *Instrumentelle Analytische Chemie. Verfahren, Anwendungen, Qualitätssicherung*, GA, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

D16: Otto, Matthias (2006): *Analytische Chemie (German Edition)*, 3. Aufl., Weinheim: Wiley-VCH.

D13: Katzer, Gisela/Katzer, Franz (2006): *Fachtheorie nach Lernfeldern für Chemielaboranten 1*, 1. Aufl., Stuttgart: Holland + Josenhans.

$H_{\max, \text{Codes}}$: maximale Anzahl Codes; abs. H: absolute Häufigkeit (binarisiert); rel. H: relative Häufigkeit

Rein quantitativ hat die Quelle E17 den höchsten Abdeckungsgrad der Codes (79 %). Die qualitativen Unterschiede der Texte werden anhand von drei inhaltlichen Schwerpunkten diskutiert:

- Beschreibung des Verfahrens, der allgemeinen Verhaltensbedingungen und der Trennergebnisse (Abschnitt 4.2.1)
- Struktur-Eigenschaftsbeziehungen der am Trennprozess beteiligten Komponenten (Abschnitt 4.2.2) und
- Begründungszusammenhänge zur Erklärung der Elutionswirkung von Laufmitteln in der Normalphasenchromatographie (NPC) (Abschnitt 4.2.3).

Da unter diesen Gesichtspunkten Zusammenhänge betrachtet werden, stammen die ausgewählten Codes nicht nur aus einer der fünf Hauptkategorien des Kategoriensystems (s. Tabelle 1).

Zu jedem der Inhaltsauschnitte wird zunächst das Vorkommen der Codes im jeweiligen Gesamtdokument betrachtet (s. Tabelle 3, Tabelle 5 und Tabelle 7). Diese Tabellen stellen eine Code-Matrix dar, aus der zum einen der Abdeckungsgrad (rel. H) der einzelnen Codes über alle analysierten Quellen hinweg (rechte Spalte) und zum anderen der Abdeckungsgrad (rel. H) der einzelnen Codes innerhalb der jeweiligen Quelle (letzte Zeile) abgelesen werden kann.

Qualitative Unterschiede in den Argumentationslinien der Texte können daran festgemacht werden, wie viele Codes (Propositionen) in einem Segment auftreten und inwiefern diese miteinander verknüpft sind. Anzahl und Verknüpfung der Codes dienen insofern als Indikatoren, dass Zusammenhänge – im Sinne gültiger und schlüssiger Argumente – dargelegt werden.

Um diese qualitativen Unterschiede der fünf Quellen herauszustellen, werden die Code-Konfigurationen innerhalb der codierten Segmente analysiert (s. Tabelle 4, Tabelle 6 und

Tabelle 8). Aus der Code-Konfiguration kann abgelesen werden, in wie vielen Segmenten der jeweiligen Quellen welche Codes gleichzeitig vorkommen.

4.2.1 Beschreibung des Verfahrens, der allgemeinen Verhaltensbedingungen und der Trennergebnisse

Die Codes, die sich allgemein auf die Beschreibung des Verfahrens, die grundlegenden Verhaltensbedingungen und die daraus resultierenden Ergebnisse beziehen, werden von allen Quellen nahezu gleichermaßen gut abgebildet. Der Code K32W_01 ist die Konklusion, während die anderen Codes die Prämissen darstellen. Entscheidend sind dabei die Codes K32W_02 und K32W_04, über die nachvollziehbar ist, wie es zur unterschiedlichen Retention d. Analyten kommt. Diese beiden Aussagen werden in der Quelle D06 vernachlässigt.

Tabelle 3: Anzahl der in den Quellen vorkommenden Codes (abs. H) und deren Abdeckungsgrad (rel. H) zur Beschreibung des Verfahrens, der allgemeinen Verhaltensbedingungen und der Trennergebnisse ($H_{\max, \text{Codes}} = 10$)

Verhaltensbedingungen und daraus resultierendes Trennergebnis	Studium u. Wissenschaft				BB	rel. H
	E17	D06	D14	D16	D13	je Code
01 Verfahren\K01V_Definition						
K01V_01 Chromatografie ist Verfahren	1	1	1	1	1	100%
K02V_AM DC-Platte						
02V_06 Silicagel/DC-Platte ist Stationäre Phase	1	1	1	1	1	100%
02V_07 Silicagel/stationäre Phase ist Verhaltensbedingung	1	1	1	1	1	100%
K02V_AM Entwicklungskammer und LM						
K02V_10 Laufmittel ist mobile Phase	1	1	1	1	1	100%
K02V_11 Laufmittel ist Verhaltensbedingung	1	1	1	1	1	100%
04 Qualitative Analyse						
K13Q_allg. Verh.-bed. u. Trennung; Def. Kenngrößen						
K13Q_01 Verhaltensbedingung bestimmt Trennung	1	1	1	1	1	100%
K13Q_04 Laufstrecke Analyt unterschiedl. ist optimal Trennung	1	1	1	1	1	100%
05 Wirkprinzip						
K32W_Analyt Trennung, Retention u. Laufstrecke						
K32W_01 Retention unterschiedlich bewirkt Trennung Analyt	1	1	1	1	1	100%
K32W_02 Analyt gering adsorb. hat gering Retention/hoch RF/gering k	1	0	1	1	1	80%
K32W_04 Analyt hoch adsorbiert hat hoch Retention/gering RF/hoch k	1	0	1	1	1	80%
abs. H	10	8	10	10	10	
rel. H	100%	80%	100%	100%	100%	

In der Darstellung der Code-Konfigurationen (s. Tabelle 4) werden nur die Ergebnisse einbezogen, bei denen mind. drei der Codes innerhalb eines Segmentes vorkommen. Auffallend ist, dass die Quelle D13 nicht ein Textsegment mit mindestens drei der zehn ausgewählten Codes aufweist, obwohl alle Codes in den codierten Segmenten vorkommen. Der Leser ist daher stärker gefordert, bereits getätigte Aussagen, im Gedächtnis zu behalten, wenn auf sie in anderen Segmenten nur implizit Bezug genommen wird. Das kann an folgendem Beispiel veranschaulicht werden:

„Die Komponenten legen in gleicher Zeit verschieden große Strecken zurück. Sie durchwandern die Säule in unterschiedlicher Zeit. Der Stoff mit der geringsten Adsorptionsneigung erscheint zuerst am Säulenende.

Stärker polare Stoffe benötigen eine längere Zeit.“ (Katzner/Katzner 2006, 232)

Die Autoren treffen Aussagen zu den beobachtbaren Erscheinungen und unterscheiden zwischen Stoffen mit geringer Adsorptionsneigung und Stoffen, die stärker polar sind. Sie setzen voraus, dass den Rezipienten dieses Textabschnittes klar ist,

1. dass die Analyten sich nur bei einer polaren stationären Phase so verhalten,
2. dass bei Stoffen mit geringer Adsorptionsneigung gering polare Stoffe gemeint sind,
3. dass polare Stoffe eine höhere Adsorptionsneigung haben, weil sie starke Wechselwirkungen mit einer polaren stationären Phase eingehen.

Demnach wurden nur folgende Codes zugeordnet:

- K13Q_04 Laufstrecke Analyt unterschiedlich ist optimal Trennung
- K32W_02 Analyt gering adsorbiert hat gering Retention/hoch RF/gering k

Auch wenn die Aussage des Codes „K32W_04 Analyt hoch adsorbiert hat hoch Retention/gering RF/hoch k“ implizit im Segment enthalten ist, wird der Code nicht zugeordnet.

Dem wird ein Segment aus der Quelle D16 gegenübergestellt, in dem fünf der zehn ausgewählten Codes vorkommen.

„Nach der Aufgabe der Probe verteilen sich die Komponenten zwischen der mobilen und der stationären Phase. Wird jetzt mobile Phase in Form des Eluenten laufend nachgeliefert, verteilen sich die Stoffe entlang der Säule zwischen frischer mobiler und stationärer Phase. Stärker an der stationären Phase zurückgehaltene Verbindungen brauchen länger als weniger stark wechselwirkende Substanzen. Idealerweise werden nach einer gewissen Elutionszeit die Verbindungen getrennt und können am Ausgang der Säule einzeln detektiert werden. [...] Die Trennung der Komponenten in einem Chromatogramm kann demnach prinzipiell verbessert werden, wenn entweder die Wanderungsgeschwindigkeiten der Substanzen gezielt verändert werden oder die Peakverbreiterung so gering wie möglich gehalten wird. Die Größen, die die Wanderungsgeschwindigkeit und die Peakverbreiterung beeinflussen, werden im einzelnen in den folgenden Abschnitten behandelt.“ (Otto 2006, 436)

Einschließlich der fünf Codes, die in der letzten Spalte der Tabelle 4 (Fall L) hervorgehoben wurden, sind in dem Segment folgende enthalten:

- K01V_06 Stoffgemisch enthält Analyt
- K02V_10 Laufmittel ist mobile Phase
- K13Q_01 Verhaltensbedingung bestimmt Trennung
- K20W_04 (Ad)Sorbens ist stationäre Phase
- K30W_01 Analyt hat WW mit (Ad)Sorbens
- K32W_01 Retention unterschiedlich bewirkt Trennung Analyt

- K32W_02 Analyt gering adsorb. hat gering Retention/hoch RF/gering k
- K32W_04 Analyt hoch adsorbiert hat hoch Retention/gering RF/hoch k

Vergleicht man die Segmente der Quellen D13 und D16, wird deutlich, dass die Trennung der Analyten durch unterschiedlich starke Retention an der stationären Phase in D16 sehr viel kleinschrittiger und konsistenter hergeleitet wird als in D13. Mit Hilfe der Code-Konfiguration können demnach auf effiziente Weise Fachtexte dahingehend beurteilt werden, wie gut Argumentationslinien innerhalb von Segmenten ausgeführt werden.

Tabelle 4: Codekonfiguration der Codes zur Beschreibung des Verfahrens, der allgemeinen Verhaltensbedingungen und der Trennergebnisse ($H_{\max, \text{Codes}} = 10$)

Fälle der in Segmenten vorkommenden Code-Konfiguration		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Anzahl Segmente, in denen Code-Konfiguration vorkommt		2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Quellen d. Segm. m. Code-Konf.	E17_Snyder	2	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
	D06_Schwedt	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	D14_Cammann	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	D16_Otto	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
	D13_Katzer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Anzahl Codes, die gleichzeitig in einem Segment vorkommen	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5
Codes, die für Code-Konfiguration ausgewählt wurden	K01V_01 Chromatografie ist Verfahren	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	K02V_06 Silicagel/DC-Platte ist stationäre Phase	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	K02V_07 Silicagel/stationäre Phase ist Verhaltensbedingung	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
	K02V_10 Laufmittel ist mobile Phase	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
	K02V_11 Laufmittel ist Verhaltensbedingung	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
	K13Q_01 Verhaltensbedingung bestimmt Trennung	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
	K13Q_04 Laufstrecke Analyt unterschiedl. ist optimal Trennung	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	K32W_01 Retention unterschiedlich bewirkt Trennung Analyt	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
	K32W_02 Analyt gering adsorb. hat gering Retention/hoch RF/gering k	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	K32W_04 Analyt hoch adsorbiert hat hoch Retention/gering RF/hoch k	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1

4.2.2 Struktur-Eigenschaftsbeziehungen der am Trennprozess beteiligten Komponenten

Um zu verstehen, warum Analyten unterschiedlich stark von der stationären Phase zurückgehalten werden, müssen Wechselwirkungsbeziehungen betrachtet werden, die die Analyten und die mobile und stationäre Phase jeweils miteinander eingehen können. Hinsichtlich der Ausführungen zu den zugrundeliegenden Struktur-Eigenschaftsbeziehungen der am Trennprozess beteiligten Komponenten (s. Tabelle 5) weisen die analysierten Quellen extreme Unterschiede auf.

Die fachwissenschaftlichen Lehrbücher D16 und D13 enthalten keine der Propositionen. Demgegenüber deckt das fachwissenschaftliche Lehrbuch E17 alle Propositionen ab. Die Quellen D16 und D13 (bedingt auch D14) bauen demnach auf diesem Vorwissen auf, ohne auf die betreffenden Strukturmerkmale wie z. B. unterschiedlich polare funktionelle Gruppen und die daraus resultierenden zwischenmolekularen Wechselwirkungen einzugehen.

Die Quelle E17 widmet diesen Grundlagen mehrere Absätze (acht Segmente, s. Tabelle 6) und enthält vor allem auch Absätze, in denen Strukturmerkmale und die jeweils damit in Beziehung stehenden zwischenmolekularen Wechselwirkungen benannt werden. Um zu sehen, wie gut diese Grundlagen in Zusammenhang mit den auf die Trennung einflussnehmenden Faktoren gebracht werden, sind die Ergebnisse in Abschnitt 4.2.3 besonders aufschlussreich.

Tabelle 5: Anzahl der in den Quellen vorkommenden Codes (abs. H) und deren Abdeckungsgrad (rel. H) zu Struktur-Eigenschaftsbeziehungen der am Trennprozess beteiligten Komponenten ($H_{\max, \text{Codes}} = 15$)

Struktur-Eigenschaftsbeziehungen	Studium D. u. W. Wissenschaft				BB	rel. H
	E17	D06	D14	D16	D13	je Code
05 Wirkprinzip \ K36W_Dipol-Dipol-WW						
K36W_01 Dipol-Dipol-Kräfte ist zwischenmolek. Wechselwirkung	1	1	0	0	0	40%
K36W_02 Dipol-Dipol-Kräfte ist hoch Wechselwirkung	1	0	0	0	0	20%
K36W_03 funkt. Gruppe hoch polar bildet aus Dipol-Dipol-Kräfte	1	0	0	0	0	20%
K36W_04 Hydroxylgruppe bildet aus Dipol-Dipol-Kräfte	1	0	1	0	0	40%
05 Wirkprinzip \ K37W_H-Brückenbindung						
K37W_01 H-Brückenbindung ist zwischenmolek. Wechselwirkung	1	1	0	0	0	40%
K37W_03 funkt. Gruppe hoch polar bildet aus H-Brückenbindung	1	1	0	0	0	40%
K37W_04 Hydroxylgruppe bildet aus H-Brückenbindung	1	1	1	0	0	60%
05 Wirkprinzip \ K38W_Pi-Pi-Transfer-Kräfte						
K38W_01 Pi-Pi-Transfer-Kräfte ist zwischenmolek. Wechselwirkung	1	1	0	0	0	40%
K38W_02 Pi-Pi-Transfer-Kräfte ist ind-Dipol Wechselwirkung	1	0	0	0	0	20%
K38W_04 StrM mit Pi-Elekt. bildet aus Pi-Pi-Transfer-Kräfte	1	0	0	0	0	20%
K38W_05 Benzolring bildet aus Pi-Pi-Transfer-Kräfte	1	0	0	0	0	20%
05 Wirkprinzip \ K39W_vanDerWaals-Kräfte						
K39W_01 vanDerWaals-Kräfte ist zwischenmolek. Wechselwirkung	1	1	0	0	0	40%
K39W_02 vanDerWaals-Kräfte ist ind-Dipol Wechselwirkung	1	0	0	0	0	20%
K39W_04 funkt. Gruppe gering polar bildet aus vanDerWaals-Kräfte	1	0	0	0	0	20%
K39W_06 Benzolring bildet aus vanDerWaals-Kräfte	1	0	0	0	0	20%
abs. H	15	6	2	0	0	
rel. H	100%	40%	13%	0%	0%	

Tabelle 6: Codekonfiguration der Codes zu Struktur-Eigenschaftsbeziehungen der am Trennprozess beteiligten Komponenten ($H_{\max, \text{Codes}} = 15$)

Fälle der in Segmenten vorkommenden Code-Konfiguration		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Anzahl Segmente, in denen Code-Konfiguration vorkommt		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Quellen d. Segm. z. m. Code-Konf.	E17_Snyder	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
	D06_Schwedt	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	D14_Cammann	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D16_Otto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D13_Katzer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl Codes, die gleichzeitig in einem Segment vorkommen		1	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	5
Codes, die für Code-Konfiguration ausgewählt wurden	K36W_01 Dipol-Dipol-Kräfte ist zwischenmolek. Wechselwirkung	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	K36W_02 Dipol-Dipol-Kräfte ist hoch Wechselwirkung	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	K36W_03 funkt. Gruppe hoch polar bildet aus Dipol-Dipol-Kräfte	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	K36W_04 Hydroxylgruppe bildet aus Dipol-Dipol-Kräfte	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	K37W_01 H-Brückenbindung ist zwischenmolek. Wechselwirkung	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	K37W_03 funkt. Gruppe hoch polar bildet aus H-Brückenbindung	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	K37W_04 Hydroxylgruppe bildet aus H-Brückenbindung	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	K38W_01 Pi-Pi-Transfer-Kräfte ist zwischenmolek. Wechselwirkung	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1
	K38W_02 Pi-Pi-Transfer-Kräfte ist ind-Dipol Wechselwirkung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	K38W_04 StrM mit Pi-Elekt. bildet aus Pi-Pi-Transfer-Kräfte	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	K38W_05 Benzolring bildet aus Pi-Pi-Transfer-Kräfte	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	K39W_01 vanDerWaals-Kräfte ist zwischenmolek. Wechselwirkung	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
	K39W_02 vanDerWaals-Kräfte ist ind-Dipol Wechselwirkung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	K39W_04 funkt. Gruppe gering polar bildet aus vanDerWaals-Kräfte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	K39W_06 Benzolring bildet aus vanDerWaals-Kräfte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

4.2.3 Begründungszusammenhänge zur Erklärung der Elutionswirkung von Laufmitteln in der Normalphasenchromatographie (NPC)

In der NPC ist das Verdrängungsprinzip entscheidend, um die Elutionswirkung unterschiedlich polarer Laufmittel zu verstehen. Eine vollständige Abdeckung, der für die Begründungszusammenhänge entscheidenden Codes erreicht nur die Quelle E17. Die anderen Quellen schneiden mit Abdeckungsgraden von 65 %, 53 % bzw. 29 % deutlich schlechter ab.

Tabelle 7: Anzahl der in den Quellen vorkommenden Codes (abs. H) und deren Abdeckungsgrad (rel. H) zur Erklärung der Elutionswirkung von Laufmitteln in NPC ($H_{\max} = 17$)

Elutionswirkung von Laufmitteln in NPC	Studium u. Wissenschaft				BB	rel. H
05 Wirkprinzip	E17	D06	D14	D16	D13	je Code
K20W_Adsorption Def. u. Adsorbens allg. Str-Eig-WW-Beziehungen						
K20W_03 Silicagel (Ad) Sorbens	1	1	1	1	1	100%
K20W_05 (Ad) Sorbens hochpolar (St) Normalphase (NP)	1	1	1	1	1	100%
K21W_Laufmittel allg. Str-Eig-WW-Beziehungen						
K21W_02 Laufmittel (Ad) bei NPC gering Polarität	1	0	1	1	1	80%
K22W_Laufmittel WW mit Analyt						
K22W_01 Laufmittel (Ad) WW mit Analyt	1	1	1	0	1	80%
K23W_Laufmittel Desorption Analyt						
K23W_01 Laufmittel desorbiert Analyt	1	1	1	0	1	80%
K25W_Laufmittel WW mit (Ad) Sorbens						
K25W_01 Laufmittel (Ad) WW mit (Ad) Sorbens	1	1	1	1	0	80%
K25W_03 LM hochpolar (Ad) hochpolar (Ad) Sorbens	1	0	0	0	0	20%
K25W_05 LM gepol (Ad) geringpolar (Ad) Sorbens	1	0	0	0	0	20%
K27W_Laufmittel Konkurrieren um Adsorptionsplätze						
K27W_01 Laufmittel konkurriert um Adsorptionsplätze	1	1	1	1	0	80%
K27W_02 LM gepol konkurriert gering auf hopo St Ph um Ads.-pl.	1	0	0	0	0	20%
K27W_03 LM hopo konkurriert hoch auf hopo St Ph um Ads.-pl.	1	0	0	0	0	20%
K29W_Analyt allg. Str-Eig-WW-Beziehungen						
K29W_08 Analyt (Ad) in NPC gering Polarität	1	0	0	1	0	40%
K31W_Analyt Konkurrieren um Adsorptionsplätze						
K31W_02 Analyt konkurriert um Adsorptionsplätze	1	1	1	1	0	80%
K33W_Eluotrope Reihe						
K33W_05 Laufmittel gepol (Ad) auf hopo St Ph gering Elutionskraft	1	0	1	1	0	60%
K33W_06 Laufmittel hopo (Ad) auf hopo St Ph hoch Elutionskraft	1	0	1	1	0	60%
K37W_H-Brückenbindung						
K37W_03 Funkt. Gruppe hochpolar bildet aus H-Brückenbindung	1	1	0	0	0	40%
K37W_04 Hydroxylgruppe bildet aus H-Brückenbindung	1	1	1	0	0	60%
abs. H	17	9	11	9	5	
rel. H	100%	53%	65%	53%	29%	

LM: Laufmittel; NPC: Normalphasenchromatographie; hopo: hochpolar; gepo: geringpolar; StPh: Stationäre Phase

Tabelle 8: Codekonfiguration der Propositionen/Codes zu Begründungszusammenhänge zur Erklärung der Elutionswirkung von Laufmitteln in NPC ($H_{\max} = 17$)

Fälle, die in Segmenten vorkommenden Code-Konfiguration		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Anzahl Segmente, in denen Code-Konfiguration vorkommt		5	4	3	2	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1
Quellenl. Segment m. Code-Konf.	E17_Snyder	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
	D06_Schwedt	3	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	D14_Cammann	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	D16_Otto	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	D13_Katzer	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl Codes, die gleichzeitig in einem Segment vorkommen		2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	5	11	
Codes, die für Code-Konfiguration ausgewählt wurden	K20W_03Silicagelst(Ad)Sorbens	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
	K20W_05(Ad)SorbenshochpolaristNormalphase(NP)	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
	K21W_02LaufmittelhatbeiNPCgeringPolarität	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	K22W_01LaufmittelhatWWmitAnalyt	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	K23W_01LaufmitteldesorbiertAnalyt	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	K25W_01LaufmittelhatWWmit(Ad)Sorbens	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
	K25W_03LMhochpolarhathochWWim.hochpolar(Ad)Sorbens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	K25W_01LMgepothatgeringWWmit(hopo)AdSorbens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	K27W_01LaufmittelkonkurriertumAdsorptionsplätze	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
	K27W_02LMgepothatgeringWWmit(hopo)stPhumAds.-pl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	K27W_03LM(hopo)konkurrierthochauf(hopo)stPhumAds.-pl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	K29W_08AnalythatinNPCgeringPolarität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	K31W_02AnalythatkonkurriertumAdsorptionsplätze	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
	K33W_05Laufmittelgepothatauf(hopo)stPhgeringElutionskraft	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
	K33W_06Laufmittel(hopo)thatauf(hopo)stPhhochElutionskraft	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
	K37W_03funkt.GruppehochpolarbildetausH-Brückenbindung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	K37W_04HydroxylgruppebildetausH-Brückenbindung	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

LM: Laufmittel; NPC: Normalphasenchromatographie; hopo: hochpolar; gepo: geringpolar; stPh: stationäre Phase

Zur Erklärung der Elutionswirkung unterschiedlich polarer Laufmittel gibt es unter den ausgewählten 17 Codes zwei Argumentationslinien. Die eine leitet die geringe Elutionswirkung gering polarer Laufmittel ab mit dem Code K35W_05 als Konklusion und die andere entsprechend die Elutionswirkung hoch polarer Laufmittel mit dem Code K35W_06 als Konklusion. Die anderen Codes sind die Prämissen. In der Quelle D06 fehlt in den relevanten Textpassagen der Verweis, dass die hohe Elutionskraft hoch polarer Laufmittel nur bei polaren stationären Phasen (NP) gilt. Demzufolge wurden auch die Codes K33W_05 und K33W_06 nicht zugeordnet. Am schlechtesten werden die Zusammenhänge in dem Lehrbuch D13 abgedeckt, das explizit für den berufsbildenden Bereich des Berufsfeldes Chemie konzipiert wurde. Es fehlen die entscheidenden Aussagen, um zu erklären, warum in der NPC bei zu polaren Laufmitteln die Analyten ungehindert die stationäre Phase passieren.

Hierbei ist das Verdrängungsprinzip entscheidend, bei dem sowohl das Laufmittel als auch die Analyten um die Adsorptionsplätze auf der stationären Phase konkurrieren. Je polarer das Laufmittel ist, desto stärker sind die Wechselwirkungen zwischen Laufmittel und stationärer Phase, so dass die Laufmittelmoleküle selbst von polaren Analyten nahezu nicht verdrängt werden können. Somit verbleiben die Analyten in der mobilen Phase und wandern nahezu ungehindert mit dieser mit.

Dieser Sachverhalt wird besonders gut in der Quelle E17 hergeleitet (s. Tabelle 9). In Tabelle 9 sind in der ersten Spalte die vier aufeinanderfolgenden Segmente aufgeführt, in denen fünf (Fall N), elf (Fall O), zwei (Fall G) bzw. vier (Fall M) der 17 ausgewählten Codes vorkommen. In der zweiten Spalte sind alle dem jeweiligen Segment zugeordneten Codes aufgeführt. Die Codes, die in den Segmenten vorkommen, jedoch nicht zu der Auswahl der 17 Codes der Argumentationslinie gehören, sind durch graue Schriftfarbe gekennzeichnet.

Tabelle 9: Segmente aus E17 (Snyder 2010) zur Erläuterung des Verdrängungsprinzips

Segmente E17	Alle zugeordneten der 114 Codes
Fall N: 5 Codes, einschließlich der Konklusion K33W_05 „Retention in NPC is best described by a displacement process, based on the fact that the silica surface is covered by a monolayer of solvent molecules that are adsorbed from the mobile phase [1, 5, 6]. Consequently, for a solute molecule to be retained in NPC, one or more previously adsorbed solvent molecules must be displaced from (leave) the silica surface in order to make room for the adsorbing solute. Displacement in NPC is illustrated in Figure 8.3a, b for a relatively nonpolar solute (chlorobenzene) and a weaker, less-polar mobile-phase solvent methylene chloride. When a molecule of chlorobenzene moves from the mobile phase in Figure 8.3a to the stationary phase in Figure 8.3b, one or more pre-adsorbed solvent molecules CH₂Cl₂ must be displaced from the stationary phase and return to the mobile phase. In this example the adsorbed solute molecule is assumed to lie flat on the surface of the silica, and to occupy an area that is indicated in Figure 8.3b by the dotted rectangle that surrounds the molecule of retained chlorobenzene. By reference to Figure 8.3a, it is seen that this same area was originally occupied by (approximately) two retained molecules of CH₂Cl₂. Consequently the resulting retention equilibrium can be written as [...]. The quantity n in Equation (8.1) is thus the ratio of molecular areas for the solute with relation to the mobile phase.“ (Snyder 2010, 366-367)	K20W_05 (Ad)Sorbens hoch polar ist Normalphase (NP) K20W_07 (Ad)Sorbens hat Oberfläche K25W_01 Laufmittel hat WW mit (Ad)Sorbens K26W_01 Laufmittel belegt Adsorptionsplaetze K27W_01 Laufmittel konkurriert um Adsorptionsplaetze K30W_01 Analyt hat WW mit (Ad)Sorbens K31W_02 Analyt konkurriert um Adsorptionsplaetze K33W_05 Laufmittel gepo hat auf hopo stPh gering Elutionskraft
Fall O: 11 Codes, ohne die Konklusionen K33W_05 und K33W_06 „The competition of solute and solvent molecules for a place on the silica surface will be affected by the interactions of each molecule with the mobile and stationary phases. Because polar interactions predominate in NPC, polar molecules of solute or solvent will interact much more strongly with the more-polar silica surface than with the less-polar mobile phase. As a first approximation we can ignore interactions between solute and solvent molecules and consider only interactions of the solute and solvent with the stationary phase. This allows the derivation of a simple equation for k as a function of the concentration of the B-solvent in a binary mobile phase A-B [1, 6]: $\log k = 10gk_A -$	K02V_10 Laufmittel ist mobile Phase K02V_13 Analyt/FG/V ist gelöst in Loesungsmittel K04B_02 Silicagel hat sehr hoch Polaritaet K20W_03 Silicagel ist (Ad)Sorbens K20W_04 (Ad)Sorbens ist stationäre Phase K20W_05 (Ad)Sorbens hoch polar ist Normalphase (NP) K20W_07 (Ad)Sorbens hat Oberfläche K20W_08 (Ad)Sorbens hat Adsorptionsplaetze K21W_02 Laufmittel hat bei NPC gering Polarität K22W_01 Laufmittel hat WW mit Analyt K22W_05 LM gering polar hat gering WW m. hoch polar Analyt K25W_01 Laufmittel hat WW mit (Ad)Sorbens K25W_03 LM hoch polar hat hoch WW m. hoch polar (Ad)Sorbens

Segmente E17	Alle zugeordneten der 114 Codes
Ass (8.2) where /ZA is the value of k for a nonpolar A-solvent (for which s is zero), As refers to the molecular area of the solute molecule, and the mobile-phase solvent strength ε can be calculated as a function of (1) the solvent strengths SA and SB of the pure A- and B-solvents, respectively, (2) the molecular area of the B-solvent, and (3) the concentration (%B) of the B-solvent in the mobile phase (see Eq. 8.5 in Section 8.2 following). “ (Snyder 2010, 368), 11 Codes	K25W_05 LM gepo hat gering WW mit hopo (Ad)Sorbens K26W_02 LM gepo belegt gering auf hopo stPh Adsorptionsplaetze K26W_03 LM hopo belegt hoch auf hopo stPh Adsorptionsplaetze K27W_01 Laufmittel konkurriert um Adsorptionsplaetze K27W_02 LM gepo konkurriert gering auf hopo stPh um Ads.-pl. K27W_03 LM hopo konkurriert hoch auf hopo stPh um Ads.-pl K30W_01 Analyt hat WW mit (Ad)Sorbens K30W_02 Analyt hopo hat hoch WW mit hopo (Ad)Sorbens K31W_02 Analyt konkurriert um Adsorptionsplaetze K33W_04a Laufmittel hat Elutionskraft K33W_04 Parameter Epsilon ist Kenngroesse fuer Elutionskraft
Fall G: 2 Codes, einschließlich der Konklusion K33W_06 Solvent strength in NPC depends on the polarity of the solvent; more polar solvents are stronger, resulting in smaller values of k for a sample. The strength of a pure solvent for unbonded silica as column packing can be expressed by the solvent-strength parameter E of Equation (8.2); for pure solvents, E will be referred to as E^0. As the value of E increases, the solvent becomes stronger, and solute k-values decrease. Values of E^0 for some commonly used NPC solvents are listed in Table 8.1; for additional values of E^0 for other pure B-solvents, see Appendix 1. (Snyder 2010, 370)	K33W_04a Laufmittel hat Elutionskraft K20W_05 (Ad)Sorbens hoch polar ist Normalphase (NP) K33W_04 Parameter Epsilon ist Kenngroesse fuer Elutionskraft K33W_06 Laufmittel hopo hat auf hopo stPh hoch Elutionskraft K33W_09 Elutionskraft hoch bewirkt gering k-Wert K33W_10 Elutionskraft gering bewirkt hoch k-Wert
Fall M: 4 Codes, einschließlich der Konklusionen K33W_05 und _06 „Figure 8.6 is a solvent nomograph for NPC with a silica column (similar to that for RPC in 6.11), which compares the strengths of different mobile-phase mixtures in terms of their values of E values at top of Fig. 8.6, calculated from Eq. 8.5). A change in E by 0.05 units will change values of k by roughly a factor of 2. For example, a mobile phase of 50% methylene chloride-hexane has $E = 0.24$ (dotted vertical line of Fig. 8.6).“ (Snyder 2010, 371)	K20W_03 Silicagel ist (Ad)Sorbens K20W_05 (Ad)Sorbens hoch polar ist Normalphase (NP) K33W_04a Laufmittel hat Elutionskraft K33W_04 Parameter Epsilon ist Kenngroesse fuer Elutionskraft K33W_05 Laufmittel gepo hat auf hopo stPh gering Elutionskraft K33W_06 Laufmittel hopo hat auf hopo stPh hoch Elutionskraft K33W_09 Elutionskraft hoch bewirkt gering k-Wert K33W_10 Elutionskraft gering bewirkt hoch k-Wert

Das erste Segment ist eine Hinführung zum Verdrängungsprozess, der in der NPC an der Silicageloberfläche stattfindet. Der Autor illustriert die Vorgänge an ausgewählten Beispielen in einer Abbildung und erläutert die Abbildung ausführlich im Text. Die Polaritäten der betrachteten Komponenten (Analyt, stationäre und mobile Phase) werden entsprechend charakterisiert. Das Textsegment aus dem die Konklusion hervorgeht (K33W_05) ist durch orange Schriftfarbe hervorgehoben. Der Begriff „Elutionskraft“ ist nur implizit gegeben, wird aber im dritten Segment konkretisiert.

Nach dieser Hinführung wird im zweiten Segment das Konkurrenzverhalten der am Trennvorgang beteiligten Komponenten anhand der Wechselwirkungsbeziehungen in Abhängigkeit von der Polarität der Komponenten erklärt.

Die Konklusionen K33W_05 und K33W_06 werden aus den vorhergehenden Segmenten im dritten und vierten Segment gezogen. Im vierten Segment geht allerdings die Unterscheidung der Elutionsstärken unterschiedlich polarer Laufmittel nur aus der Tabelle hervor, auf die im Segment verwiesen wird.

Eine Untersetzung der Begründungszusammenhänge zur Erklärung der Elutionswirkung unterschiedlich polarer Laufmittel in NPC ist in den Quellen (D06, D14, D16 und D13 (deutsche Fachtexte) in dieser detaillierten Form nicht gegeben (s. Tabelle 10). Zum Vergleich wurden drei Segmente ausgewählt (zwei aus D14 und ein Segment aus D16), in denen die Konklusionen K33W_05 und K33W_06 vorkamen.

Tabelle 10: Segmente aus D14 (Cammann 2001) und D16 (Otto 2006) zur Erläuterung des Verdrängungsprinzips

Segmente D14 und D16	Alle zugeordneten der 114 Codes
Fall D: 2 Codes (K33W_05 und K33W_06) „Wenn die Elutionskraft eines Alkans bei stark adsorbierten Analyten nicht ausreicht, wird die Polarität der mobilen Phase durch die Zugabe stärker polarer Lösemittel wie Tetrahydrofuran oder Dichlormethan erhöht. Noch polarer sind Eluenten wie Methanol oder Acetonitril“ (Cammann 2001, 6 – 14)	K33W_11 Elutionskraft hoch LM desorbiert hoch Analyt K32W_04 Analyt hoch adsorbiert hat hoch Retention/ge RF/hok K33W_Eluotrope Reihe\K33W_04a Laufmittel hat Elutionskraft K33W_05 Laufmittel gepo hat auf hopo stPh gering Elutionskraft K33W_06 Laufmittel hopo hat auf hopo stPh hoch Elutionskraft
Fall I: 3 Codes, einschließlich K33W_05 und K33W_06 „Mit Pentan als Eluent erreichen die Analyten in der NP-DC oder NP-HPLC die längsten Retentionszeiten, während sie mit Wasser bei gleicher Lineargeschwindigkeit der mobilen Phase nur noch wenig retardiert werden.“ (Cammann 2001, 6 – 14)	K20W_05 (Ad)Sorbens hoch polar ist Normalphase (NP) K33W_05 Laufmittel gepo hat auf hopo stPh gering Elutionskraft K33W_06 Laufmittel hopo hat auf hopo stPh hoch Elutionskraft K33W_11 Elutionskraft hoch LM desorbiert hoch Analyt K33W_Eluotrope Reihe\K33W_12 Elutionskraft gering LM desorbiert gering Analyt

Segmente D14 und D16	Alle zugeordneten der 114 Codes
Fall I: 3 Codes, einschließlich K33W_05 und K33W_06 „Die Werte für die Elutionsstärke in Tabelle 5-10 gelten daher vornehmlich erst einmal für die polaren stationären Phasen in der Adsorptionschromatographie an Kieselgel oder nach Division durch 0,8 auch für Aluminiumoxid. Verwendet man unpolare stationäre Phasen, kehrt sich auch die eluotrope Reihe um. Das stark polare Wasser besitzt zum Beispiel an Kohlenwasserstoffphasen gegenüber dem unpolaren Hexan eine geringe Elutionskraft. Man sollte daher Polarität und Elutionsstärke begrifflich auseinanderhalten, auch wenn sie für bestimmte Phasenkombinationen identisch sein können.“ (Otto 2006, 490)	K20W_04 (Ad)Sorbens ist stationäre Phase K20W_05 (Ad)Sorbens hoch polar ist Normalphase (NP) K20W_06 (Ad)Sorbens gering polar ist Umkehrphase (RP) K33W_01 eluotrope Reihe ist spezifisch fuer (Ad)Sorbens K33W_02 eluotrope Reihe ordnet nach Elutionskraft Laufmittel K33W_03 eluotrope Reihe ordnet nach Polaritaet Laufmittel K33W_05 Laufmittel gepo hat auf hopo stPh gering Elutionskraft K33W_06 Laufmittel hopo hat auf hopo stPh hoch Elutionskraft K33W_07 Laufmittel gepo hat auf gepo stPh hoch Elutionskraft K33W_08 Laufmittel hopo hat auf gepo stPh gering Elutionskraft

4.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Das englische fachwissenschaftliche Lehrbuch (E17) weist gegenüber den deutschen nahezu den doppelten Abdeckungsgrad der 114 Propositionen auf (E17: 79 %; D06: 46 %; D14: 45 % ; D16: 39 % und D13: 32 %). Die Beschreibung des Verfahrens, der allgemeinen Verhaltensbedingungen und der Trennergebnisse werden in allen Quellen ausreichend ausgeführt. Der große Unterschied im Abdeckungsgrad kommt am stärksten bei den Inhaltsbereichen „Struktur-Eigenschaftsbeziehungen der am Trennprozess beteiligten Komponenten“ und „Erklärung der Elutionswirkung von Laufmitteln“ zum Tragen.

Während im englischen Text sehr viel Wert darauf gelegt wird, das Wirkprinzip in kleinen aufeinander aufbauenden Denkschritten herzuleiten, werden viele Aussagen (Prämissen) zur Erklärung des Wirkprinzips in den deutschen Texten als Vorwissen vorausgesetzt. Für didaktische Überlegungen zur Erklärung der Begründungszusammenhänge des Trennvorgangs eines Stoffgemisches durch Chromatographie ist dieser Sachverhalt allerdings zentral.

5 Fazit und Ausblick

Mit der Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Vollständigkeit der Argumentationslinien fachwissenschaftlicher Texte auf der Grundlage des dargestellten Kategoriensystems beurteilt werden kann. Je nachdem wie vollständig inhaltliche Zusammenhänge in den Lehrbüchern unteretzt werden, wird die berufs-/fachdidaktische Funktionalisierung der in diesen Fachtexten dargestellten Sachverhalte erleichtert bzw. erschwert.

Die hier aufgezeigten Unterschiede in den Argumentationslinien von Texten konnten auch bei anderen Themen wie Erdölraffination (Düwel 2019; Düwel 2018) und Wasser (Düwel/Eichhorn/Niethammer 2020) nachgewiesen werden. Die bisher untersuchten englischsprachigen fachwissenschaftlichen Lehrbuchtexte (vgl. Düwel/Eichhorn/Niethammer 2020; Düwel 2019;

Düwel 2018) zeichnen zu vollziehende Denkschritte detailliert nach, womit sie einen wesentlichen Teil der Inhaltsaufbereitung liefern, durch die Impulse für eine lernerorientierte Unterrichtsgestaltung gegeben werden.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass fachwissenschaftliche Lehrbuchtexte (insbesondere die untersuchten deutschen Lehrbuchtexte) aus didaktischer Sicht das notwendige Zusammenhangswissen zur Lösung von Problemstellungen/Aufgaben nicht vollständig abbilden. Lehrende und Lehramtsstudierende müssen sich dessen bewusst sein und in den Texten inhaltliche Lücken erkennen und beheben, um Inhalte und deren Zusammenhänge möglichst vollständig abbilden zu können. Hierfür ist die sachlogische Strukturierung der Inhalte, wie sie der Textanalyse zugrunde gelegt wurde, eine notwendige Voraussetzung.

Sie ist somit nicht nur für die strukturierte Inhaltsanalyse von Textquellen, sondern auch für die Vervollständigung der durch die Texte nicht gelieferten Zusammenhänge ein nützliches Instrument. Auf der Grundlage der aus dem Experten-Concept-Map gewonnenen Propositionen, die nach den Aspekten der sachlogischen Strukturierung geordnet wurden, lassen sich Lehrtexte für den Unterricht verfassen und Aufgabenstellungen entwickeln, die insbesondere auf die Sachverhalte/Begründungszusammenhänge ausgerichtet sind, die in den fachwissenschaftlichen Lehrbuchtexten ausgelassen wurden. Darüber hinaus ist das Experten-Concept Map der Bezugspunkt für die Interpretation und Bewertung von Schülerantworten einschließlich der daraus erkennbaren Fehlvorstellungen.

Vor dem Hintergrund der Ausbildung von Lehramtsstudierenden wurden Effekte eines hochschuldidaktischen Ansatzes im Rahmen einer Dissertation untersucht, um den letzten beiden Forschungsfragen nachzugehen, ob Lehramtsstudierende die für die Problemstellung relevanten Textpassagen erkennen und dann in der Lage sind, Begründungszusammenhänge auf didaktische Problemstellungen zu übertragen. In dem Untersuchungsdesign wurden Studierende daher mit einer unterrichtsrelevanten Fallsituation konfrontiert, zu deren Lösung sie fachwissenschaftliche Inhalte recherchieren und adressatenbezogen aufbereiten mussten. Die Ergebnisse der Studie werden 2020 publiziert.

Literatur

Bader, R./Schäfer, B. (1998): Lernfelder gestalten. Vom komplexen Handlungsfeld zur didaktisch strukturierten Lernsituation. In: Die berufsbildende Schule. Zeitschrift des Bundesverbandes der Lehrerinnen und Lehrer an beruflichen Schulen, Jg. 50, H. 7/8, 229-234.

Beckermann, A. (2003): Einführung in die Logik. 2. Aufl. Berlin.

Cammann, Karl (Hrsg.) (2001): Instrumentelle Analytische Chemie. Verfahren, Anwendungen, Qualitätssicherung, GA, Heidelberg.

Düwel, F./Eichhorn, S./Niethammer, M. (2020): Fachdidaktische Einsatzfelder von Concept Maps im Bereich Chemie. In: Fürstenau, B./Ryssel, J. (Hrsg.): Concept Mapping als Lern- und Lehrstrategie einsetzen. Theoretische Grundlagen und Anwendungsbeispiele, Leverkusen.

Düwel, F. (2019): Analyse und Beurteilung von Lehrbuchtexten aus fachdidaktischer Sicht. In: Berufsbildung. Zeitschrift für Theorie-Praxis-Dialog, Jg. 73, H. 177, 23-26.

Düwel, F. (2018): Anwendung von Concept Maps als ergänzende Lernstrategie im fachbezogenen Englischunterricht. In: Fürstenau, B. (Hrsg.): Concept Mapping. Trainings- und Instruktionsbeispiele. Dresden, 37-54.

Düwel, F./Niethammer, M. (2017): Verstehensprozesse bei Lehramtsstudierenden im Fach Chemie initiieren. In: Maurer, C. (Hrsg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Zürich 2016, Münster, 420-423.

Fürstenau, B. (Hrsg.) (2018): Concept Mapping. Trainings- und Instruktionsbeispiele. Dresden.

Göpferich, S. (1995): Textsorten in Naturwissenschaften und Technik. Pragmatische Typologie - Kontrastierung - Translation, 1. Aufl., Tübingen.

Gramzow, Y./Riese, J./Reinhold, P. (2013): Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 19, 7–30.

Habermas, J. (1987): Theorie des kommunikativen Handelns. 4. Aufl. Frankfurt a.M.

Hennings, R.-D. (1991): Informations- und Wissensverarbeitung. Theoretische Grundlagen Wissensbasierter Systeme. 1. Aufl. Berlin.

Katzer, Gisela/Katzer, Franz (2006): Fachtheorie nach Lernfeldern für Chemielaboranten 1, 1. Aufl. Stuttgart.

Klein, W. (1980): Argumentation und Argument. In: Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik. Jg. 38/39, 9-57.

KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005): Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Bildungsabschluss. Beschluss vom 16.12.2004, München.

Niethammer, Manuela (2018): Wahl der richtigen Betrachtungsebene zur Erklärung von Eigenschaften. TU Dresden. Berufliche Fachrichtung Labor- und Prozess-technik. Vorlesungsfolie (unveröff.).

Niethammer, M. (2006): Berufliches Lernen und Lehren in Korrelation zur chemiebezogenen Facharbeit. Ansprüche und Gestaltungsansätze, 1. Aufl. Bielefeld.

Otto, Matthias (2006): Analytische Chemie (German Edition), 3. Aufl. Weinheim.

Riese, J. (2009): Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin.

Riese, J./Gramzow, Y./Reinhold, P. (2016): Analysen zum fachdidaktischen Wissen von angehenden Physiklehrkräften. In: Maurer, C. (Hrsg.): Authentizität und Lernen. Das Fach in der Fachdidaktik. Jahrestagung in Berlin 2015. Regensburg, 187-189.

Schwedt, G. (1986): Chromatographische Trennmethode. Theoretische Grundlagen, Techniken und analytische Anwendungen., 2. Aufl. Stuttgart.

Snyder, L. R./Kirkland, J. J./Dolan, J. W. (2010): Introduction to Modern Liquid Chromatography, 3. Aufl. Hoboken.

Storz, P./Wirsing, G. (Hrsg.) (1987): Unterrichtsmethodik Technische Chemie. Berufstheoretischer Unterricht. Leipzig.

Woitkowski, D./Riese, J./Reinhold, P. (2011): Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 17, H. 1, 289-313.

Woitkowski, D. (2015): Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung. Berlin.

Dieser Beitrag wurde dem **bwp@-Format**: ☒ **BERICHTE & REFLEXIONEN** zugeordnet.

Schlüsselwörter: Argumentationslinien, Begründungszusammenhänge, Concept Map, Chromatographie, Fachtextvergleich

Zitieren dieses Beitrages

Düwel, F./Eichhorn, S./Niethammer, M. (2019): Entwicklung berufsdidaktischer Kompetenzen: Konzeptioneller Ansatz zur Vernetzung von Disziplinwissen und berufsdidaktischem Wissen. In: *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, Ausgabe 37, 1-23. Online: http://www.bwpat.de/ausgabe37/duewel_et al_bwpat37.pdf (17.12.2019).

Die Autorinnen



Dipl.-Berufspäd. FRAUKE DÜWEL

Technische Universität Dresden
Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken, Berufliche Fachrichtung Labor- und Prozesstechnik und Didaktik der Chemie

Weberplatz 5, 01217 Dresden

frauke.duewel@tu-dresden.de

<https://tu-dresden.de/gsw/ew/ibbd/ct/fachrichtung/ma/Duewel-Frauke-Dipl-Berufspaed>



Dr. SIGRUN EICHHORN

Technische Universität Dresden
Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken, Berufliche
Fachrichtung Labor- und Prozesstechnik und Didaktik der Chemie
Weberplatz 5, 01217 Dresden

sigrun.eichhorn@tu-dresden.de

<https://tu-dresden.de/gsw/ew/ibbd/ct/fachrichtung/ma/Eichhorn-Sigrun-Dr-phil-Dipl-Chem>



Prof. Dr. MANUELA NIETHAMMER

Technische Universität Dresden
Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken
Professur Bautechnik, Holztechnik, Farbtechnik und Raumgestaltung/Berufliche Bildung
Berufliche Fachrichtung Labor- und Prozesstechnik, Didaktik der Chemie

Weberplatz 5, 01217 Dresden

manuela.niethammer@tu-dresden.de

<https://tu-dresden.de/gsw/ew/ibbd/btht/die-professur/inhaberin>