

Profil 8:

**Netzwerke – Strukturen von Wissen,
Akteuren und Prozessen in der
beruflichen Bildung**

**Digitale Festschrift
für BÄRBEL FÜRSTENAU**



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

(Technische Universität Dresden)

**Modellierungsansatz zur Analyse der Sequenzierung von
Aussagen in Texten**

Online unter:

https://www.bwpat.de/profil8_fuerstenaу/duewel_etal_profil8.pdf

in

bwp@ Profil 8 | September 2023

**Netzwerke – Strukturen von Wissen, Akteuren und Prozessen in
der beruflichen Bildung**

Teil 5: Forschungsmethodische Beiträge: Erfassung subjektiven Theorien
und Analyse von Netzwerken

Hrsg. v. **Mandy Hommel, Carmela Aprea & Karin Heinrichs**

www.bwpat.de | ISSN 1618-8543 | bwp@ 2001–2023



www.bwpat.de



Herausgeber von **bwp@** : Karin Büchter, Franz Gramlinger, H.-Hugo Kremer, Nicole Naeve-Stoß, Karl Wilbers & Lars Windelband

Berufs- und Wirtschaftspädagogik - online

Modellierungsansatz zur Analyse der Sequenzierung von Aussagen in Texten

Abstract

Aufgaben so zu stellen und zu sequenzieren, dass Lernende eine aktive Auseinandersetzung mit dem Aneignungsgegenstand vollziehen, setzt voraus, die lernhaltigen Inhaltsrelationen – also lernbedeutungsvolle Wissensstrukturen – eines Themas zu identifizieren. Für die Gestaltung problemorientierter Lehr-Lernprozesse sind Erkenntnisfragen oder Gestaltungsaufgaben zu ermitteln, deren Bewältigung die Erarbeitung eben dieser lernhaltigen Inhaltsrelationen durch die Lernenden herausfordert.

Lehramtsstudierende haben oft Schwierigkeiten, die lernhaltigen Inhaltsrelationen eines Themas zu erkennen und zu strukturieren. Ursache dieser Schwierigkeiten ist häufig eine unzureichende inhaltliche Auseinandersetzung mit dem zu unterrichtenden Sachverhalt). Erschwert wird diese, wenn die für die Inhaltsaufbereitung genutzten Textquellen, die fachwissenschaftlichen Lehrbücher, Lücken in den Argumentationslinien aufweisen. Die bisherigen Vorarbeiten zur Problemanalyse fokussierten zunächst darauf, verschiedene Textquellen gezielt anhand der thematisierten Inhaltsaussagen zu analysieren und zu vergleichen. Das methodische Design ausgehend von Konstruktionsprinzipien für Concept Maps sowie die kategoriale Systematisierung der so gewonnenen Propositionen basieren auf den Vorarbeiten von Fürstenau (2001).

In diesem Beitrag wird ein Ansatz modelliert, über den eine Sequenzierung von Aussagen in fachbezogenen Texten, wie z. B. auch in Unterrichtsverlaufsplanungen, in standardisierter Form dargestellt werden kann. Ein Instrumentarium, das sowohl die thematisierten Aussagen als auch deren Sequenzierung abbildet, könnte ein wichtiger Meilenstein sowohl für die fachdidaktische Analyse von Texten als auch für die hochschuldidaktische Lehre sein, um Lehramtsstudierende bei der Planung folgerichtiger Lehr-Lern-Settings entlang von Problemlöseprozessen zu unterstützen.

Quality of lines of argumentation in processes of reasoning

Giving tasks to learners to activate them cognitively requires the identification of content relations which are significant for the subject matter to be learnt. For designing problem-oriented teaching scenarios, epistemic questions or creative tasks challenging learners to elaborate on these content relations are to be determined.

Student teachers often have difficulties in recognizing and structuring the relevant content relations of a subject matter. This can often be attributed to an insufficient elaboration on the subject matter to be taught. This elaboration process is challenged by the references, the scientific textbooks, which show incomplete lines of argumentation. Previous research in analysing this problem focused on analysing and comparing references according to propositions mentioned in the texts. The research design starting from the principle of constructing concept maps to the categorial classification of their propositions is based on research by Fürstenau (2001).

In this paper, an approach is modelled to depict in a standardized way the sequencing of propositions in specialized texts, as for example in lesson plans. Such an instrument which depicts not only the propositions occurring in the text but also their sequencing would be a milestone for the didactic analysis of texts and for the teaching of student teachers at the university to support student teachers when planning the logical steps in problem-oriented learning scenarios.

Schlüsselwörter: *kognitive Aktivierung, Problemlöseprozesse, Erkenntnisprozesse, Schließverfahren*

Keywords: *cognitive activation, problem solving processes, processes of reasoning, inferences*

1 Problemhintergrund und Forschungsfrage

1.1 Herausforderungen bei der Analyse von Argumentationslinien in chemiebezogenen Texten

Problemlöse- und Erkenntnisprozesse zu fördern gehört zur Kernaufgabe von Lehrkräften. Diese ist definiert als „die gezielte und nach wissenschaftlichen Erkenntnissen gestaltete Planung, Organisation und Reflexion von Lehr- und Lernprozessen [...]“ (KMK 2004, 3). Die Tatsache, dass Unterricht noch zu wenige Lernanlässe bietet, die eine aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit den Lerninhalten herausfordern (vgl. Baumert/Kunter 2011; Minnameier 2021), verdeutlicht die Notwendigkeit, den Aspekt der Problemlöse- und Erkenntnisprozesse aus fach-/berufsdidaktischer Sicht stärker in den Blick zu nehmen.

Als wesentliches Gütekriterium qualitativ guten Unterrichts wurde neben Klassenführung und konstruktiver Unterstützung/Beziehungsstruktur die kognitive Aktivierung der Lernenden identifiziert (vgl. Baumert/Kunter 2011). Die kognitive Aktivierung, die Minnameier/Hermkes/Mach (2015, 842) als „Prozess der Induktion eines Problems beim Lernenden“ charakterisieren, wird vor allem über entsprechende Aufgaben initiiert (vgl. Kunter/Voss 2011, 88f.). Aufgaben so zu stellen und zu sequenzieren, dass Lernende zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Aneignungsgegenstand angeregt werden, erfordert für den Planungsprozess zunächst, die lernhaltigen Inhaltsrelationen – also lernbedeutsame Wissensstrukturen – eines Themas zu identifizieren. Daraufhin können Erkenntnisfragen oder Gestaltungsaufgaben (=Ausgangsproblemstellung) ermittelt werden, die für die Lernenden Probleme implizieren, deren Bewältigung die Erarbeitung eben dieser lernhaltigen Inhaltsrelationen herausfordern. Diese Auswahl- und Strukturierungsprozesse im Planungsprozess von Unterricht laufen iterativ ab.

Die methodische Gestaltung der Lehr-Lern-Settings mit dem besonderen Anspruch der kognitiven Aktivierung wird idealtypisch entlang des Problemlöseprozesses zu der ausgewählten Ausgangsproblemstellung und auf untergeordneter Ebene entlang der inhaltsadäquaten Erkenntnisprozesse ausgerichtet. Daraus ergibt sich die didaktische Linienführung für den

Unterricht, die über die Sequenzierung von Lernaufgaben zur Lösung der Ausgangsproblemstellung abgebildet wird.

Studierende im Lehramt haben oft Schwierigkeiten, die lernhaltigen Inhaltsrelationen eines Themas zu erkennen und zu strukturieren, insbesondere wenn die Inhalte in einen Anwendungskontext, wie z. B. der Lebens- und Arbeitswelt, gestellt werden sollen. Darüber hinaus fällt es ihnen schwer, die damit verbundenen potenziellen Probleme und impliziten Problemlöse- und Erkenntnisprozesse abzuleiten, was sich in ihren Unterrichtskonzepten in geringer kognitiver Aktivierung der Lernenden niederschlägt (vgl. Düwel/Niethammer 2017; Düwel/Hillegeist/Niethammer 2022). Vielfach werden die Lernenden mit Inhalten, unabhängig von zielgruppenadäquaten Bedeutungszusammenhängen konfrontiert, wodurch die Chancen zur Motivierung der Lernenden gering sind (zu Authentizität von Kontexten im Bildungsbereich vgl. Doyle 2000 in Gilbert/Justi 2016, 42ff.; zu pädagogisch begründeten Inhalten/Themen des Lehrens und Lernens in der Schule vgl. Klafki 1995, 96ff.). Werden die Studierenden explizit aufgefordert, problembasierte Lehr-Lern-Settings zu planen, sind die gewählten Ausgangsproblemstellungen oft zu komplex oder wenig authentisch. Die Aufgaben sind damit nicht passfähig zum Vorwissen der potenziellen Zielgruppe des avisierten Lehr-Lern-Settings. Zudem wird der Prozess der Auseinandersetzung häufig nicht folgerichtig aus der Problemstellung abgeleitet. D. h. formal werden zwar Teilziele und damit verbundene Fragestellungen und Aufgaben formuliert, die allerdings in der Sortierung und z. T. auch inhaltlich nicht passfähig zur Ausgangsproblemstellung sind.

Die Ursachen dieser Schwierigkeiten sind vielfältig. Häufig ist die inhaltliche Auseinandersetzung mit dem zu unterrichtenden Sachverhalt unzureichend (vgl. Düwel/Hillegeist/Niethammer 2022; Düwel 2020). Diese wird erschwert, wenn die für die Inhaltsaufbereitung genutzten Textquellen, die fachwissenschaftlichen Lehrbücher, Lücken in den Argumentationslinien aufweisen. Das liegt zum einen in der eher fachsystematischen statt problemorientierten Ordnung der Inhalte in Fachtexten begründet. Denn um den in Fachtexten dargelegten Inhaltsrelationen einen Bedeutungsgehalt zuschreiben zu können, bedarf es deren Kontextualisierung. Für die berufliche Bildung erhöht sich die Herausforderung für die Studierenden noch, da der Anspruch besteht, Inhalte im Kontext beruflicher Arbeitsaufgaben zu thematisieren.

Zum anderen werden in fachwissenschaftlichen Lehrbüchern entscheidende Begründungszusammenhänge z. T. lückenhaft dargestellt. Die im Fachtext nicht explizit getroffenen Aussagen müssen vom Lesenden mitgedacht werden und somit aus dem Gedächtnis als Vorwissen abrufbar sein. Ist dieses Vorwissen nicht gegeben, ist die Nachvollziehbarkeit der im Fachtext dargestellten Inhaltsrelationen beeinträchtigt, sodass ein inhaltliches Tiefenverständnis nicht gefördert wird (vgl. Düwel/Eichhorn/Niethammer 2019; Düwel/Eichhorn/Niethammer im Druck; Düwel/Hillegeist/Niethammer 2022).

Die Ergebnisse dieser umfassenden Textanalysen von Lehrbuchtexten, aber auch studentischen Ausführungen in Unterrichtskonzepten (Düwel 2020, 2019; Düwel/Eichhorn/Niethammer 2019, im Druck; Düwel/Hillegeist/Niethammer 2022) basieren auf der klassischen qualitativen Inhaltsanalyse, bei der Propositionen als Codes verwendet wurden, um die zu analysierenden

Texte zu standardisieren und gezielt nach vorhandenen Inhaltsaussagen ausgewählter Argumentationslinien vergleichen zu können (vgl. Düwel 2020, 197ff.). Maßgeblich für die Entwicklung des auf Propositionen aufbauenden Kategoriensystems waren der Systemisierungsansatz zur sachlogischen Strukturierung von Inhaltsbereichen des Chemieunterrichtes nach Storz (1984, vgl. Storz/Wirsing 1987; Niethammer 2006) und Concept Maps als Instrument zur Darstellung der gegebenen Sachzusammenhänge. Um die in den Concept Maps enthaltenen Propositionen für die Datenauswertung nutzen zu können, sind Konstruktionsprinzipien einzuhalten (vgl. Düwel/Eichhorn/Niethammer 2019 in Anlehnung an Fürstenau 2001; Fürstenau/Trojahner/Knepper 2011). Die kategoriale Systemisierung der so gewonnenen Propositionslisten wurde in Anlehnung an Fürstenau (2001) entwickelt.

Über diesen methodischen Ansatz kann in den Textquellen die Lückenhaftigkeit der Darstellung lernhaltiger Inhaltsrelationen nachgewiesen werden. Unberücksichtigt bleibt bislang jedoch die Sequenzierung der in den Textquellen getroffenen Aussagen. Letztere ist allerdings unverzichtbar, wenn es um die Analyse der folgerichtigen Anordnung der Aussagen (Argumentationslinie) geht, wie sie für die Abfolge von im Unterricht thematisierten Denk- und Handlungsschritten zum Wissenserwerb des beruflichen Sach- und Handlungswissens erforderlich ist. Letzteres wird in Unterrichtskonzepten über die Gesprächsführung und die Lernaufgaben zur Lösung einer gegebenen Ausgangsproblemstellung im Kontext des jeweiligen Berufsfeldes abgebildet.

1.2 Forschungsfragen

In diesem Beitrag soll ein methodischer Ansatz modelliert werden, über den die Sequenzierung von Aussagen in chemiebezogenen Texten, einschließlich von Unterrichtskonzepten von Studierenden für das Fach Chemie, in standardisierter Form dargestellt und verglichen werden kann. Eine solche Standardisierung ist Voraussetzung dafür, die Güte der Sequenzierung von Aussagen in Texten (Argumentationslinie) aus fachdidaktischer Sicht zu beurteilen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich folgende Forschungsfrage:

Wie kann die Sequenzierung von Aussagen zur Lösung einer Ausgangsproblemstellung, einschließlich der durch Lehramtsstudierende zu antizipierenden Denk- und Handlungsschritte für den Unterricht, modelliert werden, um Texte (z. B. Ausschnitte aus Unterrichtskonzepten) für die Analyse zu standardisieren?

Dazu wird im Folgenden ein denkbarer Ansatz entwickelt, um Argumentationslinien entlang eines Problemlöseprozesses zu konzeptualisieren, über den Varianten der folgerichtigen Anordnung von Teilzielen und damit verbundenen Aussagen abgeleitet werden kann.

2 Ansatz zur Konzeptualisierung und Operationalisierung von Argumentationslinien

2.1 Handlungsregulation und Problemlöseprozesse als Bezugspunkte für die Gestaltung von Lehr-Lern-Settings

In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass kognitiv aktivierender Unterricht zu besseren Lernergebnissen der Schüler:innen führte (vgl. Kunter/Voss 2011, 89). Das kognitiv Aktivierende sind dabei u. a. herausfordernde, problemorientierte Aufgabenstellungen und deren Alltagsbezug (vgl. Kleickmann 2012, 7).

Die theoriebewusste Planung von Lehr-Lern-Settings, welche sowohl einen Bezug zu beruflichen Arbeitsaufgaben oder -situationen aufweisen als auch Prozesse der Wissenskonstruktion (= Erkenntnisprozesse) initiieren, setzt ein Verständnis der Wechselwirkungen zwischen der Handlungsregulation im Kontext beruflicher Arbeitsaufgaben sowie den impliziten Problemlöse- und Erkenntnisprozessen voraus. Theoretische Basis hierfür sind Ansätze zur psychischen Handlungsregulation sowie zur Charakterisierung von Problemlöse- und Erkenntnisprozessen, wobei arbeits- und lernpsychologische sowie erkenntnistheoretische Zugänge aufeinander bezogen werden (müssen).

Die Bewältigung von Arbeitsaufgaben entspricht einer Handlung, da sie an Ziele gebunden ist. Eine Handlung kann über die psychische Struktur in ihrem Wesen erschlossen werden. „Die psychische Strukturierung ist durch die Abhängigkeit von den Zielen der Arbeitstätigkeit eine inhaltlich bedingte Ordnung. Da sie des Weiteren die Regulierung der Arbeitstätigkeit auf das Ziel hin realisiert, ist sie eine inhaltlich bedingte funktionelle Ordnung- oder Ablauforganisation.“ (Hacker 1986, 109)

Folgende Komponenten der psychischen Regulation werden differenziert:

- „Richten (Bilden eines Ziels als Vorwegnahme und Vornahme);
- Orientieren (über Aufgabe, Ausführungsmöglichkeiten und Handlungsbedingungen);
- Entwerfen der Aktionsprogramme im Sinne des Bildens eines Ergebnis- und Tätigkeitsmodells;
- Entscheiden über Ausführungsweisen und Herbeiführen des Entschlusses (als Übergang zum Verwirklichen);
- Kontrollieren des Ausführens (als rückkoppelndes Vergleichen mit Ergebnis- und Tätigkeitsmodell, eine [reafferente] Sonderform des Orientierens). [...]
- Entwerfen und Entscheiden erfolgen immer am inneren Modell¹, das Kontrollieren vergleicht mit dem inneren Modell als der regulierenden Invariante.“ (Hacker 1986, 112).

¹ Das innere Modell oder auch die operativen Abbilder meint nach Hacker (1986) die Gesamtheit aller tätigkeitsregulierenden Gedächtnisrepräsentationen. Solche Repräsentation können Abbilder von Handlungsabläufen sein (auch unbewusste), Vorstellungen zu den Werkzeugen, Zielvorstellungen etc.

Diese inhaltlich bedingte funktionelle Ordnung oder Ablauforganisation ist bei neuartigen Aufgaben oft nicht ad hoc verfügbar, sondern muss zunächst erschlossen werden. Dies ist für den Einzelnen an das Lösen von Problemen gebunden.

Problemlösen bedeutet aus psychologischer Perspektive, Unterschiede zwischen einem gegebenen Zustand und einem Zielzustand mittels eines Operators zu reduzieren, wobei dieses „zielgerichtete Verhalten oft das Aufstellen von Teilzielen beinhaltet, um die Anwendung von Operatoren zu ermöglichen“ (Anderson 2013, 164). Während eine Aufgabe dadurch charakterisiert ist, dass dem Menschen alle Aspekte (Ausgangspunkt, Ziel und/oder Operatoren zur Zielerreichung) bekannt sind, zeichnen sich Probleme dadurch aus, dass einzelne oder auch zwei der Aspekte unklar sind (vgl. Dörner 1974, 10ff.). Damit wird eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Ausgangs-, dem Zielzustand und/oder dem Erwerben von Operatoren, welche psychische wie physische Prozesse umfassen können, erforderlich.

Diese vertiefte Auseinandersetzung schließt ein, dass die Differenz zwischen Ausgangs- und Zielzustand in einen „Satz von Unterschieden“ (Anderson 2013, 176; Satz i. S. v. Reihe; engl. *set*) und damit Teilzielen zerlegt werden kann. Dabei stellt das Finden eines geeigneten Operators bzw. das Beseitigen des Unterschieds, der die Anwendung des Operators blockiert, ein eigenständiges Operator-Teilziel dar (ebd., 164ff.). Dementsprechend wird dieser Prozess, der als eine Kaskade von Probleminduktionen aufgefasst werden kann, Mittel-Ziel-Analyse genannt (ebd.). Über die Mittel-Ziel-Analyse wird die Folgerichtigkeit des Problemlöseprozesses determiniert.

Für die Auswahl bzw. das Erwerben der Operatoren (i. S. v. (Er)Lernen neuer Denk- und Handlungsschritte zur Überwindung des Unterschieds) werden drei Varianten unterschieden (vgl. Anderson 2013, 167ff.), wobei jede der Varianten mit Erkenntnisprozessen verbunden sein kann, aber nicht sein muss. Da dieser Aspekt wesentlich für die Planung von Lehr-Lern-Settings und die weiteren Ausführungen zum avisierten Modellierungsansatz im Abschnitt 2.2.2 ist, werden die Varianten kurz skizziert.

1. **Lernen durch Instruktion** bedeutet, dass die Operatoren, die für die Beseitigung der Unterschiede zwischen Zustand und Zielzustand geeignet/nötig sind, vorgegeben werden, z. B. mittels Experimentieranweisung oder Rechenalgorithmus. Das Handlungsschema kann als solches übernommen werden. Sollen die enthaltenen Operatoren (jeder Prozessschritt in der Instruktion) jedoch verstanden werden, müsste explizit begründet werden, welcher Unterschied durch den jeweiligen Operator reduziert wird und warum dieser dafür besonders geeignet ist (Wirkprinzip, Einflussfaktoren o. ä.). Ohne diese vertiefte Auseinandersetzung, die Erkenntnisprozesse einschließt, wird nur ein Handlungsschema übernommen, welches regelgeleitetes Handeln, aber kein Reagieren in Situationen mit veränderten Bedingungen ermöglicht.
2. Beim **Lernen am Beispiel** muss die zur Lösung eines Problems nötige Operation aus einer bekannten Problemlösung/einem bekannten Handlungsschema extrahiert und auf die Lösung eines anderen Problems übertragen werden (Bilden von Analogien). Das heißt, der aus einem anderen Kontext bekannte Operator muss erinnert und als relevant

für die gegebene Situation (Differenz Ausgangs- und Zielzustand) erkannt werden, was letztlich auch Erkenntnisprozesse voraussetzt.

3. Für das **Entdecken von Operatoren** (auch Erfahrungslernen) durch die Lernenden selbst werden in Abhängigkeit der psychischen Prozesse zwei Varianten unterschieden: Operatoren können durch einfache Assoziationen oder über die Erarbeitung eines mentalen Modells entdeckt werden. Im Besonderen die zweite Variante basiert auf Erkenntnisprozessen. Die Erarbeitung des mentalen Modells entspricht einer Wissenskonstruktion, welche das Generieren des Operators – zunächst als Hypothese, die nachfolgend zu prüfen ist – ermöglicht. Die Wissenskonstruktion schließt die Analyse von Ausgangs- und Zielzustand ein.

Über die Aspekte der Mittel-Ziel-Analyse sowie die Varianten des Erwerbs von Operatoren wird deutlich, dass ein Problemlöseprozess mit Erkenntnisprozessen verbunden sein kann, aber nicht muss. Das ist insofern bedeutsam, da hierüber erklärt werden kann, warum selbst lernendenzentrierte Lehr-Lern-Settings wie Projektlernen, experimenteller oder auch aufgabenbasierter Unterricht nicht zwingend Erkenntnisprozesse auslösen und damit kognitiv aktivierend sein müssen, wenn neu zu erwerbende Operatoren vorgegeben werden. Die Gestaltung kognitiv aktivierender Lehr-Lern-Settings erfordert vor allem eine Mittel-Ziel-Analyse, auf deren Grundlage die mit der Problemlösung verbundene Probleminduktion und Problemanalyse für die Lernenden aufbereitet und die damit verbundenen Erkenntnisprozesse herausgestellt werden.

Für die Analyse derartiger Passagen innerhalb von Texten sind verschiedene Zugänge – im Sinne von Stufen der Konkretheit – möglich und nötig. Im Folgenden wird die Ebene der Erkenntnisprozesse – also die Prozesse der Wissenskonstruktion – in ihrer logischen Struktur betrachtet. Über diese Mikroebene der Betrachtung wird das Ziel verfolgt, einen Ansatz für die Bewertung der folgerichtigen Sequenzierung von Aussagen und den damit verbundenen Denk- und Handlungsschritten bei der Lösung berufsbezogener Probleme zu generieren und hierüber die Argumentationsstrukturen im Lehr-Lern-Setting sichtbar zu machen.

2.2 Argumentationslinien als Spiegelung von Erkenntnisprozessen

2.2.1 Theoretische Modellierung der Erkenntnisprozesse

Für die Gestaltung problemorientierter Lehr-Lern-Settings ist die Fokussierung auf die Erkenntnisprozesse, im Besonderen auf die jeweils inhaltsbezogenen elementaren und fundamentalen Lernchancen², bedeutsam. Erst auf dieser Betrachtungsebene kann bewertet werden, inwiefern Lernaufgaben im didaktischen Setting für die Lernenden kognitiv aktivierend sind

² Klafki (1964, 444) definiert als „elementar“ (mit Blick auf die Sache) das am besonderen Fall erfahrbare und zu erkennende dahinterliegende allgemeine Prinzip. Fundamental“ dagegen ist charakterisiert als Grunderfahrungen und -erlebnisse mit Blick auf die Lernenden, durch die in besonderer Weise Einsichten gewonnen werden. Hier geht es um das „Zugänglichwerden großer ‚Grundrichtungen‘ oder ‚Dimensionen‘ der Mensch-Wirklichkeits-Beziehung, z. B. die Erfahrung des ‚Ästhetischen‘, der ‚Erkenntnissuche‘, des ‚Politischen‘ [...]“ (Klafki zitiert nach Jank/Meyer 1991, 220; Zitat stammt aus Briefwechsel von 2001).

und geeignete Methoden für die Wissenskonstruktion sowie erkenntnisunterstützenden Mittel abgeleitet werden. Der Anspruch besteht darin, dass Lehr-Lern-Prozesse in Spiegelung möglicher Erkenntniswege und damit auch folgerichtig initiiert werden. Nachfolgend werden wesentliche Erkenntniswege modelliert und miteinander in Beziehung gesetzt, um ein Konstrukt zu entwerfen, das die Analyse der Sequenzierung von Aussagen in Textquellen (Argumentationslinien) über die Analyse der im Text enthaltenen Inhaltsrelationen hinaus ermöglicht.

Für die kognitive Aktivierung ist die Probleminduktion zentral, denn für Lernende muss ein Anlass gegeben sein, sich mit einem Thema näher zu beschäftigen (Minnameier 2021, 206). In der beruflichen Ausbildung werden die Lernenden idealtypisch mit beruflichen Aufgaben konfrontiert, deren Bewältigung (über alle Phasen der Handlungsregulation) Probleme aufwerfen kann. So können bestimmte Zustände (Ist- vs. Sollzustand) und/oder die Operatoren (Methoden und Maßnahmen), die zur Unterschiedsreduktion geeignet sind (vgl. Anderson 2013, 164ff.), unbekannt sein. Für ein vertieftes Verständnis der einer Problemstellung zugrunde liegenden Begründungszusammenhänge ist anzustreben, dass das Erwerben der Operatoren mit Erkenntnisprozessen verbunden wird, z. B. Entdecken von Operatoren über die Erarbeitung mentaler Modelle.

Die Erkenntnisprozesse folgen der Logik der drei Schließverfahren (Abduktion, Deduktion und Induktion). Jedem der drei Schließverfahren sind die drei Schritte der Wissenskonstruktion (*colligation*, *observation*, *judg(e)ment*) untergeordnet (s. Tabelle 1 nach Minnameier 2017, 185). Der besseren Lesbarkeit wegen werden in der Tabelle die von Minnameier (2017) verwendeten Logik-Symbole durch die Entsprechungen im Wortlaut ersetzt.

Wird über die Probleminduktion eine Frage aufgeworfen, die mit dem bisherigen Theorieverständnis nicht vereinbar ist, wäre diese Frage Ausgangspunkt des logischen Schließverfahrens der Abduktion. Diese Frage kann sich sowohl auf die Charakterisierung gegebener und gewünschter Zustände als auch auf die Wahl oder Handhabung geeigneter Operatoren beziehen. Zur Klärung der Frage werden Fakten gesucht und miteinander in Beziehung gesetzt (*colligation*). Daraus entstehen neue Erklärungsansätze (Hypothesen), die das bestehende Theorieverständnis erweitern (*observation*).³ Diese Hypothesen sind zu prüfen, ob damit der beobachtete Fall tatsächlich erklärt werden kann (*judg(e)ment*). Hierzu werden mögliche Konsequenzen (= Prognose sowie empirisch prüfbare Aussage, E), die sich aus den Hypothesen, ggf. unter Hinzuziehen weiterer, bereits bekannter Prämissen, ergeben, abgeleitet und in empirisch prüfbare Aussagen überführt (deduktive *colligation* und *observation*). Das abschließende Urteil (*judg(e)ment*), die abgeleitete Aussage (empirisch prüfbare Aussage, E) überprüfen zu müssen, ist Ausgangspunkt der Induktion, bei der die Prüfung durchzuführen ist, wobei hierfür ggf. zunächst geeignete Methoden zu entwerfen sind (*colligation*). Über die empirischen Daten eines weiteren Falles/mehrerer weiterer Fälle wird die Prognose verifiziert oder falsifiziert (induktive

³ Nach Piaget'schem Verständnis (Piaget 1976) entspräche dieser Erkenntnisgewinn der Akkommodation (bisherige Modellvorstellungen werden erweitert, weil der neue Fall (C), die verblüffende Tatsache, nicht mehr mit bisherigen Modellvorstellungen vereinbar ist, d. h. nicht mehr assimilierbar ist.

observation). Im nächsten Schritt erfolgt die Verallgemeinerung von dem spezifischen, untersuchten Fall/den Fällen auf eine übergeordnete Menge/Klasse (*judg(e)ment*). D. h., die zugrundeliegenden Schließverfahren determinieren, ob abduktiv vom Fall (Erscheinung) auf eine ungesicherte Hypothese (Wesen)⁴, deduktiv von der Hypothese auf eine besondere, empirisch prüfbare Konsequenz oder induktiv die Hypothese über den Fall hinaus verifiziert oder falsifiziert wird.⁵ Werden mehrere konkurrierende Hypothesen überprüft, würde letztendlich mit der verifizierten Hypothese auf die beste Erklärung geschlossen (vgl. Minnameier 2004).

Solche Erkenntnisprozesse sind über die Denk- und Handlungsschritte im Lehr-Lern-Setting abzubilden, womit Kriterien für eine erkenntnistheoretische Sequenzierung gesetzt werden. Im folgenden Abschnitt werden diese Erkenntnisschritte exemplarisch für Erarbeitung der elektrochemischen Spannungsreihe untersetzt. An diesem Beispiel wird dann im Abschnitt 2.3 die Funktionalisierung des modellierten Ansatzes für die Datenanalyse hinsichtlich der Sequenzierung der in Texten getroffenen Aussagen zur hier ausgewählten Problemstellung skizziert.

⁴ Nach Storz/Wirsing (1987, 61f.) auch regressiv-reduktives Vorgehen.

⁵ Nach Storz/Wirsing (1987, 60ff.) auch progressiv-reduktives Vorgehen, unter dem die Deduktion von der aus Lernendensicht ungesicherten Hypothese auf die empirische Hypothese und deren Überprüfung durch Induktion subsumiert werden. Vgl. hierzu auch Minnameier (2004; in Anlehnung an Peirce), Düwel (2020, 48ff.).

Tabelle 1: Formales Modell der untergeordneten schlussfolgernden Vorgänge (inferential (sub)processes) (nach Minnameier 2017, 185)

	Abduktion	Deduktion	Induktion
Kolligation (Colligation)	Rekombinieren der Aspekte, über die der Fall (C = Case), erklärungsbedürftiges Problem, erklärt werden kann.	Hypothese (H) aus Abduktion und passende Prämissen (P) aus Vorwissen sind Ausgangspunkt für das Ableiten notwendiger Konsequenzen (= Prognose sowie empirisch prüfbare Aussage, E ⁶)	Die empirisch prüfbare Aussage (E) wird in Zusammenhang mit den experimentellen Daten eines weiteren Falles/mehrerer weiterer Fälle gebracht.
Observation⁷ (Observation)	Der beobachtete Fall (erklärungsbedürftiges Problem) induziert Absicht, eine theoretische/erklärende Hypothese (H) zu finden, die, wenn wahr, den Fall (C) erklärt.	H und P werden als relevant erachtet, um notwendige Konsequenzen abzuleiten, insbesondere die empirisch prüfbare Aussage, E)	Beobachtung aus Experiment bestätigen (ggf. falsifizieren) die experimentell prüfbare Aussage (E) als Indiz für die Gültigkeit der theoretischen/erklärenden Hypothese aus Abduktion und falsifizieren, ggf. konkurrierende Hypothesen.
Urteil (Judg(e)ment)	Hypothese (ggf. konkurrierende H) gefunden, die abschließend zu prüfen ist (= Ausgangspunkt für Deduktion), ob damit der Fall (C) tatsächlich erklärt kann.	empirisch prüfbare Aussage (E) ist gefunden, als notwendige Konsequenz aus H und P Abgeleitete Aussage ist empirisch an einem Fall/weiteren Fällen zu überprüfen (= Ausgangspunkt für Induktion)	theoretische Hypothese gilt als verifiziert, d. h. H gilt zur Erklärung des besonderen Falls (C). ⁸ Damit wird auch von dem/den geprüften Fall/Fällen auf alle Fälle einer Gesamtheit verallgemeinert werden. Wird Hypothese falsifiziert, dann ist dies ein neuer Fall (C) als Ausgangspunkt für Abduktion

2.2.2 Modellierung möglicher Erkenntniswege am Beispiel der Erarbeitung der elektrochemischen Spannungsreihe

Für die exemplarische Darlegung möglicher Argumentationslinien wird die Erarbeitung der elektrochemischen Spannungsreihe (elSpR) als ein Inhaltsausschnitt der Elektrochemie gewählt. Das Thema, das an die Erfahrungswelt von Schüler:innen anknüpft, wird sowohl im Chemieunterricht der Sekundarstufe II als auch in der beruflichen Ausbildung im naturwissenschaftlichen Berufsfeld behandelt.

⁶ Dies entspricht der empirisch prüfbaren Hypothese in Minnameier (2017, 185); da darin zwei Denkschritte enthalten sind, kennzeichnen wir diese durch die Begriffe „Prognose“ als echte bedingte Vorhersage und „empirisch prüfbare Aussage“. Von der retroaktiv gewonnenen Hypothese werden echte bedingte Vorhersagen abgeleitet, die so variiert werden, dass sie jedes Merkmal der Hypothese überprüfen/abbilden; mögliche Vorhersagen werden überprüft (wie wahr die Hypothese ist; welcher Teil ihrer Vorwegnahme verifiziert wird) (CP 2.759 und 7.216).

⁷ Schließt das Feststellen und Bemerkten von Sachverhalten ein.

⁸ Peirce unterscheidet drei Varianten induktiver Schlüsse, um sie klar von abduktiven Schlüssen abzugrenzen (CP: 7.208; vgl. Düwel 2020, 53). Hier ist es nach Peirce eine qualitative Induktion (einschließlich der nicht überprüften Fälle dieser Art).

Batterien als Spannungsquelle sind bekannt. Um jedoch zu erklären, wie diese Art der Spannung und letztlich die Bereitstellung elektrischer Energie zustande kommt, bedarf es verschiedener Modellvorstellungen zu den ablaufenden Prozessen. Es muss z. B. bekannt sein, dass sich Elektronen als frei bewegliche Ladungsträger in Metallen zwischen zwei Polen bewegen und die Bewegung/Beschleunigung der Elektronen durch die Potentialdifferenz, d. h., der elektrischen Spannung zwischen diesen beiden Polen, ausgelöst wird.

Die Erklärung der Potentialdifferenz basiert auf dem Verständnis der Prozesse an den beiden Polen, also an der Phasengrenze zwischen Elektrode und Elektrolyt (= Halbzelle). Die hier stattfindenden Redoxreaktionen führen im stromlosen Zustand zur Einstellung einer elektrochemischen Doppelschicht durch das Gleichgewicht zwischen überschüssigen Elektronen in der (Metall)Elektrode und positiv geladenen Ionen im Elektrolyten. Durch diese Ladungstrennung entsteht ein Potential, welches stoffspezifisch ist. Über die Kopplung zweier Elektroden wird durch die gegebene Potentialdifferenz beider Halbzellen der Stromfluss induziert. Das Potential einer Halbzelle ist nicht direkt messbar. Messbar sind nur Potentialdifferenzen zwischen zwei, mittels Stromschlüssel miteinander verbundenen, Halbzellen. Um dennoch Halbzellenpotenziale miteinander vergleichen zu können, werden diese jeweils gegen eine Bezugselektrode mit konstantem Potential (Standardwasserstoffelektrode) gemessen, deren Potential unter Standardbedingungen auf 0 Volt festgelegt wird. Die Redoxpaare der anderen Halbzellen (Metall/Metallion) können so nach ihrer Potentialdifferenz zur Standardwasserstoffelektrode geordnet werden. Diese Ordnung wird elektrochemische Spannungsreihe (eSpR) bezeichnet. Über die Stellung eines Metalls in der eSpR lässt sich ableiten, ob es im Vergleich zu einem anderen mehr oder weniger leicht oxidiert wird und damit eher unedel bzw. edel ist. Das Phänomen des freiwilligen Abscheidens eines Metalls aus seiner Lösung (= Reduktion) ist nur beobachtbar, wenn ein anderes Metall in Lösung geht (Oxidation) und hierdurch Elektronen für die Reduktion liefert.

Die Auseinandersetzung mit den elektrochemischen Zusammenhängen kann über verschiedene berufliche Aufgaben/übergeordnete Problemstellung motiviert werden, wodurch auch die Folgerichtigkeit der Problemlösung determiniert wird. So kann der „Fall“ sowohl über technische, welche gesellschaftliche Aspekte einschließen können, als auch naturwissenschaftliche Betrachtungen initiiert werden:

- a) Zugang über technische Gestaltungsfragen, z. B.
 - die Batterie/der Akkumulator als Spannungsquelle für elektrische Konsumenten ist für konkrete Anwendungsbeispiele zu optimieren,
 - für das Galvanisieren von Bauteilen ist zu klären, welche Spannung jeweils eine optimale Beschichtung ermöglicht.
- b) Zugang über naturwissenschaftlichen Erkenntnisfragen, z. B. indem Phänomene zu erklären sind, wie

- ein Metallstab (Metall A) wird in eine Elektrolytlösung (enthält Kationen⁹ von Metall B) getaucht; dabei scheidet sich Metall B am Metallstab ab; umgekehrt allerdings nicht
- zwei Halbzellen werden im Stromkreis kombiniert, wodurch ein Verbraucher, wie ein Ventilator oder ein Leuchtmittel, „angetrieben“ wird.

Um die damit verbundenen Problemstellungen lösen zu können, bedarf es Modellvorstellungen zu den oben skizzierten Prozessen, inklusive deren Beschreibung mittels Fachbegriffen wie Halbzelle, Ladungstrennung, Potenzial. D. h., um mögliche Erkenntnisprozesse folgerichtig sequenzieren zu können, müssen alle Aspekte der Problemlösung in eine hierarchische Abfolge von Teilfragen/-zielen zerlegt werden. Diese können sich – im Sinne der psychologischen Charakterisierung von Problemen (vgl. Anderson, 2013) – sowohl auf die Charakterisierung von themenspezifischen Ausgangs- und Zielzuständen als auch auf Operatoren zur Unterschiedsreduktion beziehen. Über die Abfolge der Teilfragen und deren Beantwortung (Erschließen von Begründungszusammenhängen) werden Argumentationslinien entfaltet, die die didaktische Linienführung für den Unterricht fundieren.

Im Folgenden wird eine mögliche Argumentationslinie zur Erarbeitung der eISpR skizziert, an der Aspekte der folgerichtigen Sequenzierung von Aussagen bzw. Denk- und Handlungsschritten diskutiert werden können.

Die Erarbeitung der eISpR – als quantitativ definierte Anordnung von Redoxpaaren nach deren Oxidationsbestreben – ist das übergeordnete Ziel. Ein damit verbundenes Phänomen ist das (un)freiwillige Abfließen von Redoxreaktionen, was sich im (fehlenden) Abscheiden von Metallen aus deren Salzlösung zeigt. Nach der Erarbeitung sollten Lernende die qualitativen und quantitativen Zusammenhänge zum (elektrochemischen) Oxidations-/Reduktionsbestreben der Elemente verstanden haben, um Voraussagen über das Reaktionsverhalten beliebiger Redoxpaar-Kombinationen machen zu können.

Der Aspekt des freiwilligen Ablaufens elektrochemischer Redoxreaktionen wird im Chemieunterricht in der Sekundarstufe II, im Lernbereich 3 der 11. Klassenstufe des Gymnasiums bzw. im Lernfeld 15 im Ausbildungsberuf Chemielaborant:in, thematisiert. Somit kann Vorwissen zu Basiskonzepten, die für die Erarbeitung der Zusammenhänge erforderlich sind, vorausgesetzt werden.

Zur Reaktivierung des Vorwissens können die Lernenden mit einer entsprechenden Situation konfrontiert werden, die zu erklären ist. So müssten sie aufgrund ihres Vorwissens zu Redoxreaktionen und den mit edlen und unedlen Metallen verbundenen Eigenschaften (leichter reduzierbar/oxidierbar), aufgefordert werden, Prognosen für das Reaktionsverhalten verschiedener Metalle/Metallsalzlösungen (hier Cu/ZnSO₄ und Zn/CuSO₄) formulieren. Zur Überprüfung dient eine Experimentieranordnung, bei der der jeweilige Metallstab in eine Elektrolytlösung getaucht wird.

⁹ positiv geladene Ionen; Metallkationen können durch Aufnahme von Elektronen zum Metall reduziert werden

Die dazu erforderlichen Denkschritte, die in dieser Reaktivierung des Vorwissens zum Tragen kommen, sind vereinfacht in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Erkenntnisschritte zur Reaktivierung des Vorwissens zu Redoxreaktionen und den mit edlen/unedlen Metallen verbundenen Eigenschaften (nach Minnameier 2017, 185)

	Deduktion	Induktion
Kolligation (Colligation)	theoretische Hypothesen (H) und passende Prämissen (P) aus Vorwissen: H: Je edler das Metall, desto höher ist das Reduktionsbestreben (Bestreben der Metallkationen Elektronen aufzunehmen) bzw. geringer das Oxidationsbestreben (Bestreben der Metalle Elektronen abzugeben). P: Kupfer ist edler als Zink.	Zu E1: Cu scheidet sich ab Zu E2: keine Reaktionserscheinungen
Beobachtung (Observation)	Aus theoretischer Hypothese abgeleitete Prognosen und darüber die empirisch prüfbareren Aussagen (E): E1, Zn-Blech in CuSO₄-Lsg: Da Kupfer edler ist als Zink, werden Cu ²⁺ -Ionen durch Aufnahme der von Zn abgegebenen Elektronen reduziert, d. h. <i>Cu wird sich am Zn-Stab abscheiden.</i> E2, Cu-Blech in ZnSO₄-Lsg: Da Kupfer edler ist als Zink, wird Cu nicht oxidieren, also können die Zn ²⁺ -Ionen in der Lösung nicht reduziert werden, d. h. <i>es gibt keine Reaktionserscheinungen.</i>	Beobachtung aus Experiment bestätigen H
Urteil (Judg(e)ment)	Durchführung der Experimente sind Ausgangspunkt für Induktion, um Prognose bzw. <i>empirisch prüfbarere Aussagen</i> als notwendige Konsequenz der Hypothese und den Prämissen zu überprüfen.	H ist verifiziert

Legende: H: Hypothese; P: Prämisse(n), passend zu H; E: Prognose/abgeleitete empirisch prüfbare Aussage

Es wird deutlich, wie sorgsam die Aussagen ausgewählt und angeordnet werden müssen, sodass der deduktive Schluss auf den besonderen Fall (hier die Prognosen E1 und E2) logisch gültig ist. Um auf den besonderen Fall schließen zu können, wird nicht nur die Hypothese benötigt, sondern auch die Prämisse über die Stoffeigenschaft (edel/unedel). In Unterrichtskonzepten werden Lernende oftmals aufgefordert, zuerst die Prognose zu nennen, die dann begründet werden muss. Erst über die Begründung wird deutlich, ob die Lernenden geraten haben oder in Gedanken die Prognose als notwendige Konsequenz aus der Hypothese und der passenden Prämisse abgeleitet haben. Um Lernenden bewusst zu machen, dass sie ihr bestehendes Regelwissen angewandt haben, wäre eine Verdeutlichung der in Tabelle 2 dargestellten Schrittfolge wichtig.

Über die Reaktivierung des Vorwissens wird die Basis für die Probleminduktion geschaffen, indem der Bedarf bzw. die Zweckmäßigkeit herausgestellt wird, die Elemente nach ihrem Oxidations- bzw. Reduktionsbestreben über eine quantifizierbare, messbare Größe zu ordnen. Hier-

über können das Reaktionsverhalten eindeutig vorausgesagt und Reaktionserscheinungen optimiert werden. Letzteres ist entscheidend, um zu verstehen, wie Redoxpaare für Batterien/Akkumulatoren ausgewählt werden, um eine definierte Zielspannung zu erreichen.

Um zu entscheiden, welche Teilfragen zur Problemlösung zu klären und in welcher Reihenfolge diese folgerichtig angeordnet sind, wird eine Mittel-Zielanalyse nach Anderson (2013, 176) vorgenommen. Aus der Mittel-Ziel-Analyse ergeben sich zusammenfassend folgende aufeinander aufbauenden Teilziele bzw. Aufgaben. Hierüber wird letztlich die didaktische Linienführung in einem Text oder einem Lehr-Lern-Setting fundiert.

Ziel: Ermittle einen Ansatz/eine messbare Größe zur Ordnung der Metalle/Nichtmetalle nach ihrem Oxidations-/ Reduktionsbestreben

- 1.1 Teilziel: Erkunde das Ox./Red.-Bestrebens verschiedener Metalle in Abhängigkeit verschiedener Metallionen in Elektrolytlösungen (experimentelle Daten zu verschiedenen Metallredoxpaar-Kombinationen)
- 1.2 Teilziel: Ermittle Regel, nach der Metalle nach Oxidations-/Reduktionsbestreben geordnet werden können (Systematisierung der experimentellen Daten nach Häufigkeit der Reaktionserscheinung)
- 1.3 Teilziel: Charakterisiere die Prozesse, die auf der Teilchenebene (Reaktionsmechanismus) stattfinden (qualitativ)
- 1.4 Teilziel: Ermittle messbare Effekte, die durch die Prozesse an der Phasengrenze zwischen Metall (Elektronenleiter) und Elektrolyt (Ionenleiter), die zur Einstellung der Gleichgewichtslage führen, gegeben sind
- 1.5 Teilziel: Ermittle geeignete Methode, das Potenzial zu bestimmen
- 1.6 Teilziel: Ermittle Potenziale der untersuchten Metalle unter standardisierten Bedingungen
- 1.7 Teilziel: Sage das Reaktionsverhaltens ausgewählter Redoxpaare voraus (Anwendung der eI_{SpR})

Die jeweiligen Teilziele können für die Lernenden wiederum Probleme (Unterschiede zwischen Ist- und Sollzustand) induzieren, weshalb über die Mittel-Zielanalyse untergeordnete Teilziele zur Eliminierung der jeweils bestehenden Unterschiede abgeleitet werden müssen. Diese potenziellen Ableitungen werden im Folgenden sukzessive dargestellt.

Das übergeordnete Ziel besteht darin, einen Ansatz zur Ordnung der Metalle/Nichtmetalle nach ihrem Oxidations-/Reduktionsbestreben zu modellieren, dessen Ausprägung in Form einer messbaren Größe beschrieben werden kann. Den Lernenden ist bekannt, dass sich die Metalle/Nichtmetalle in ihrem Oxidations-/Reduktionsbestreben unterscheiden, wobei dieses Verhalten bislang nur empirisch zugänglich ist. Nicht bekannt ist Ihnen jedoch die messbare Größe, über die das Verhalten der Metalle/Nichtmetalle systematisiert und theoretisch vorhergesagt werden kann. Für die Lösung des Problems ist zunächst das bekannte Wissen zu reaktivieren und zu systematisieren, um auf dieser Basis einen Lösungsansatz abzuleiten.

Daraus ergibt sich das erste Teilziel, das Oxidations-/Reduktionsbestreben vieler verschiedener Metalle in Abhängigkeit verschiedener Metallsalzlösungen systematisch zu erkunden, was die Notwendigkeit einschließt, eine geeignete Versuchsanordnung zu generieren. Das zweite Teilziel besteht darin, die gewonnenen Daten zu systematisieren.

Jedes der Teilziele kann wiederum in weitere Teilziele untergliedert werden, wenn die Operatoren für die Reduzierung der Unterschiede erst noch entdeckt oder über Analogien abgeleitet werden sollen. Werden die Operatoren mittels Instruktion vorgegeben, wird die Mittel-Zielanalyse dadurch beendet. Der bestehende Unterschied zwischen Ausgangs- und Zielzustand kann somit durch die bereitgestellte Operation eliminiert werden.

1.	Ziel:	Ermittle einen Ansatz/eine messbare Größe zur Ordnung der Metalle/Nichtmetalle nach ihrem Oxidations-/Reduktionsbestreben	
2.		Der Unterschied besteht darin, dass das Oxidations-/Reduktionsbestreben verschiedener Metalle/Nichtmetalle noch nicht eindeutig systematisiert bzw. vorausgesagt werden kann.	
3.		1.1 Teilziel:	Erkunde das Oxidations-/Reduktionsbestreben verschiedener Metalle in Abhängigkeit verschiedener Metallionen in Elektrolytlösungen
4.		Aufgabe	Operatoren bestehen darin, eine Versuchsanordnung zur Variation der Elektrolytlösung als unabhängige Variable zu entwickeln (1) und die Erkundung durchzuführen (2).
5.			Operator 1 unklar, da Versuchsanordnung nicht bekannt. Diese kann entdeckt oder über Instruktion vorgegeben werden. Operator 2 ist bekannt.
6.			Wende Operatoren an (systematisches Erkunden des Ox./Red.-Bestreben)
7.			Teilziel erreicht (experimentelle Daten zu verschiedenen Metallredoxpaar-Kombinationen erhalten, die noch ausgewertet werden müssen)
8.		Der Unterschied besteht darin, dass die Regel, nach der die Metalle nach Oxidations-/Reduktionsbestreben geordnet werden können, nicht bekannt ist	
9.		1.2 Teilziel:	Ermittle Regel, nach der Metalle nach Oxidations-/Reduktionsbestreben geordnet werden können
10.		Aufgabe	Der Operator besteht darin, die experimentellen Daten zu systematisieren, um eine Regel zur Ordnung der Metalle nach Oxidations-/Reduktionsbestreben abzuleiten.
11.			Operator unklar, da Kriterium (Anzahl der Fälle, in denen Metallabscheidung als Reaktionserscheinung beobachtbar ist) unbekannt, Operator kann (assoziativ) entdeckt oder über Instruktion vorgegeben werden.
12.			Wende Operator an (systematisiere die Daten nach dem genannten Kriterium)
13.		Teilziel erreicht (Metalle werden nach Anzahl der Fälle, in denen Metallabscheidung beobachtbar ist, nach Oxidations-/Reduktionsbestreben geordnet)	

Abbildung 1: Teilziele im Rahmen der systematischen Erkundung des Oxidations-/Reduktionsbestrebens der Metalle (Darstellung nach Anderson 2013, 176)

In diesem Abschnitt des Problemlöseprozesses ist der Induktionsschluss als Erkenntnisprozess integriert. Die hierfür notwendigen Erkenntnisschritte werden in Tabelle 3 geordnet dargestellt.

Tabelle 3: Erkenntnisschritte zur Erkundung des Oxidations-/Reduktionsbestrebens ausgewählter Metalle (nach Minnameier 2017, 185)

	Induktion
Kolligation (Colligation)	weitere Experimente zur systematischen Untersuchung des Verhaltens von Redoxpaaren, wobei die Elektrolytlösung als AV variiert wird
Beobachtung (Observation)	Klassifizieren der Metalle nach Anzahl der Fälle, in denen Metallabscheidung aus verschiedenen Elektrolytlösungen beobachtbar ist
Urteil (Judg(e)ment)	H: Je häufiger sich ein Metall aus der Elektrolytlösung abscheidet, desto höher ist sein Reduktionsbestreben (Bestreben der Metallkationen Elektronen aufzunehmen) bzw. geringer sein Oxidationsbestreben (Bestreben der Metalle Elektronen abzugeben). Je häufiger sich das Metall aus der Elektrolytlösung abscheidet, desto edler ist es.

Legende: H: Hypothese; P: Prämisse(n), passend zu H; E: Prognose/abgeleitete empirisch prüfbare Aussage

Über das Experiment können die verschiedenen Metalle/Metallionen empirisch nach ihrem Reaktionsverhalten gereiht werden. Der Ansatz bietet jedoch keine messbare Größe, über die die Reihung begründet und das Reaktionsverhalten der Metalle/Metallionen vorausgesagt werden kann.

Im nächsten Schritt werden deshalb die Vorgänge auf Teilchenebene näher betrachtet, um eine qualitative Erklärung für die Reaktionsunterschiede zu suchen (s. Abbildung 3). Bekannt ist der Mechanismus der Redoxreaktionen, der auf dem Übergang von Elektronen beruht. Da Redoxreaktionen umkehrbar sind, stellt sich ein Gleichgewicht ein.

1.	Ziel:	Ermittle einen Ansatz/eine messbare Größe zur Ordnung der Metalle/Nichtmetalle nach ihrem Oxidations-/Reduktionsbestreben
14.		Unterschied besteht darin, die stoffbezogenen Phänomene mit den Vorgängen auf Teilchenebene in Verbindung zu bringen (Stoff-Teilchen-Konzept).
15.	1.3 Teilziel:	Charakterisiere die Prozesse, die auf der Teilchenebene (Reaktionsmechanismus) stattfinden (qualitativ)
16.	Aufgabe	Der Operator besteht darin, den Reaktionsmechanismus auf der Teilchenebene (Mikroebene) zu beschreiben (Reaktionsgleichung).
17.		Operator bekannt: Formulieren der Reaktionsgleichungen für die Teilprozesse der Redoxreaktionen
18.		Wende Operator an (beschreibe Reaktionsmechanismus ...)
19.		Teilziel erreicht (Reaktionsgleichung für Oxidation und Reduktion sind als GGW-Reaktionen aufgestellt (GGW-Lage ist Indiz für Reaktionsverhalten))

Abbildung 2: Teilziele im Rahmen der qualitativen Erklärung der Prozesse auf Teilchenebene (nach Anderson 2013, 176)

Die Gleichgewichtslage kann als ein Indiz für das experimentell festgestellte differente Reaktionsverhalten aufgegriffen werden, womit die übergeordnete Zielstellung konkretisiert werden kann: Gelänge es, die Lage des Gleichgewichts an der Phasengrenze eines Metalls/einer Metallionenlösung unter Standardbedingungen und im stromlosen Zustand zu bestimmen, wäre hierüber eine messbare Größe gegeben, über die die Metalle nach ihrem Oxidations-/Reduktionsbestreben geordnet werden können. Die Gleichgewichtslage selbst ist nicht direkt messbar. Zu fragen ist, welche anderen Phänomene mit der betrachteten Reaktion respektive den Vorgängen

an der Phasengrenze von Metallstab und Elektrolytlösung einhergehen. Auf Grundlage der Reaktionsgleichung wird ableitbar, dass an der Phasengrenze – in Abhängigkeit der Gleichgewichtslage – eine Ladungstrennung erfolgt. Aufgrund elektrostatischer Effekte kann geschlossen werden, dass eine elektrochemische Doppelschicht, die elementspezifisch unterschiedlich stark ausgeprägt ist, gebildet wird. Ladungstrennung und elektrochemische Doppelschicht bedingen die Entstehung eines Potentials an der Phasengrenze, womit eine physikalische Größe, über die die Gleichgewichtslage quantifiziert werden kann, ermittelt wurde. Die aufeinander aufbauenden Teilziele sind nachfolgend dargestellt.

1	Ziel:	Ermittle einen Ansatz/eine messbare Größe zur Ordnung der Metalle/Nichtmetalle nach ihrem Oxidations-/Reduktionsbestreben	
20.		Bedarf für Quantifizierung: Unterschied besteht darin, dass noch keine Größe bekannt ist, die die Gleichgewichtslage an der Phasengrenze Metall/Metallion charakterisiert.	
21.	1.4 Teilziel:	Ermittle messbare Effekte, die durch die Prozesse an der Phasengrenze zwischen Metall (Elektronenleiter) und Elektrolyt (Ionenleiter), die zur Einstellung der Gleichgewichtslage führen gegeben sind	
22.	Aufgabe	Der Operator besteht darin, die Prozesse auf Teilchenebene zu modellieren (Ladungstrennung, elektrochem. Doppelschicht), um messbare Effekte zu erkennen.	
23.		Operator (Modellierung) unklar, wird über Instruktion vorgegeben.	
24.		Wende Operator an (Modelliere die Prozesse an der Phasengrenze zwischen Metall und Elektrolyt, die zur Einstellung der Gleichgewichtslage führen)	
25.		Teilziel erreicht (Ladungstrennung und Modell der elektrochemischen Doppelschicht ist erarbeitet; Doppelschicht, die in Abhängigkeit der o.g. Gleichgewichtslage unterschiedlich ist, bedingt unterschiedliche Potential (= quantitative Größe)	

Abbildung 3: Teilziele im Rahmen der Modellierung der Prozesse an der Phasengrenze (nach Anderson 2013, 176)

Die mit der Suche nach einer messbaren Größe verbundenen Erkenntnisschritte, über die die Gleichgewichtslage von Redoxreaktionen quantitativ bestimmt werden kann, sind verkürzt in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Erkenntnisschritte zur Erklärung der Reaktionsunterschiede (nach Minnameier 2017, 185)

	Abduktion
Kolligation (Colligation)	C: Reaktionsunterschiede (hier Abscheiden der Metalle) Suche nach einer Erklärung
Beobachtung (Observation)	H1: Das Abscheiden der Metalle aus der Elektrolytlösung hängt davon ab, wie hoch das Oxidations-/ Reduktionsbestreben d. jeweiligen Metalle ist. H2: Das Oxidations-/Reduktionsbestreben wird von der Gleichgewichtslage der beteiligten Ladungsträger bestimmt (GGW-Lage determiniert Ladungstrennung und Bildung der elektrochem. Doppelschicht und bestimmt die Höhe des sich am Metallstab bildenden Potentials)
Urteil (Judg(e)ment)	H zur Erklärung von C ist abschließend zu prüfen und Ausgangspunkt für Deduktion.

Legende: C: Case (der besondere Fall); H: Hypothese

Die abduktiv gewonnene Hypothese, dass über das Oxidations-/Reduktionsbestreben der Metalle¹⁰ die Gleichgewichtslage der beteiligten Ladungsträger determiniert wird, die wiederum die Höhe des sich in der Halbzelle bildenden Potentials bestimmt, ist nun zu prüfen. Darüber ergeben sich die in Abbildung 5 dargestellten Teilziele. Zur Überprüfung der Hypothese ist es erforderlich, eine geeignete Methode zur Messung des Potentials zu finden. Dies stellt eine komplexere Problemstellung dar, deren Erschließung eine umfangreiche Mittel-Ziel-Analyse erfordert. Im vorliegenden Beispiel kann darauf nicht eingegangen werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Messmethode vorgegeben wird, die damit verbundenen Teilziele und Erkenntnisschritte werden nicht untersetzt.

1	Ziel:	Ermittle einen Ansatz/eine messbare Größe zur Ordnung der Metalle/Nichtmetalle nach ihrem Oxidations-/Reduktionsbestreben
26.		Der Unterschied besteht darin, dass das Potential der Halbzelle bestimmt werden muss, diese ist für sich genommen aber nicht messbar; d. h. Messmethode ist unbekannt.
27.	1.5 Teilziel:	Ermittle geeignete Methode, das Potential zu bestimmen
28.	Aufgabe	Der Operator besteht darin, eine geeignete Messmethode zu ermitteln.
29.		Operator unklar, aber Messmethode wird vorgegeben, d. h. Anwendung des Operators wird instruiert.
30.		Wende Operator an (ermittle geeignete Methode, das Potential zu messen)
31.		Teilziel erreicht (Ermittlung über die Messung der Potentialdifferenz zur Standardwasserstoffelektrode)
32.		Der Unterschied besteht darin, dass die Messwerte der Potentiale der untersuchten Metalle nicht bekannt sind.
33.	1.6 Teilziel:	Ermittle Potentiale der untersuchten Metalle unter standardisierten Bedingungen
34.	Aufgabe	Der Operator besteht darin, Messwerte der Potentiale der untersuchten Metalle zu ermitteln.
35.		Operator unklar, aber Messwerte sind in eISpR enthalten, die bereitgestellt wird; d. h. Anwendung des Operator wird instruiert.
36.		Wende Operator an (schreibe Messwerte der Normalpotentiale der untersuchten Metalle aus der Tabelle zur eISpR heraus)
37.		Teilziel erreicht (Normalpotentiale ausgewählter Metalle sind bekannt und deren Bedeutung für das jeweilige Reaktionsverhalten)
38.		Der Unterschied besteht darin, dass die Messwerte der eISpR genutzt werden, um das Verhalten von Metallen/ Metallionen in verschiedenen Konstellationen sowie die nutzbaren Redoxpotentiale vorauszusagen.
39.	1.7 Teilziel	Sage das Reaktionsverhalten ausgewählter Redoxpaare voraus
40.	Aufgabe	Der Operator besteht darin, das Reaktionsverhalten ausgewählter Redoxpaare anhand der Normalpotentialwerte aus der eISpR abzuleiten.
41.		Operator bekannt: über Standardpotentiale und die Potentialdifferenzen können die gewünschten Aussagen abgeleitet bzw. berechnet werden.
42.		Wende Operator an (bewerte Reaktionsverhalten der Metalle anhand der eISpR, d. h. der Stellung der untersuchten Metalle und ihrer Normalpotentiale)
43.		Teilziel erreicht (Anwendung der eISpR)
44.	Ziel erreicht	

Abbildung 4: Teilziele im Rahmen der Ermittlung der Potentiale von Halbzellen (nach Anderson 2013, 176)

Im Erkenntnisprozess ist entscheidend, den Zusammenhang zwischen der Potentialhöhe und dem Oxidations-/Reduktionsbestreben der Metalle herzustellen. Dieser wird verkürzt in Tabelle 5 dargestellt.

¹⁰ Betrifft auch Nichtmetalle, aber der Fokus in dem skizzierten Beispiel liegt zunächst auf den Metallen.

Tabelle 5: Erkenntnisschritte zur Überprüfung der abduktiv gewonnenen Hypothese (nach Minnameier 2017, 185)

	Deduktion	Induktion
Kolligation (Colligation)	H1: Das Abscheiden der Metalle aus der Elektrolytlösung hängt davon ab, wie hoch das Oxidations-/ Reduktionsbestreben d. jeweiligen Metalle ist. H2: Das Oxidations-/Reduktionsbestreben bestimmt die Gleichgewichtslage der beteiligten Ladungsträger und somit die Ladungstrennung an der elektrochem. Doppelschicht bzw. die Höhe des sich an der Phasengrenze bildenden Potentials) P1: Je edler das Metall, desto höher ist das Reduktionsbestreben. P2: Je höher das Normalpotential, desto höher ist das Reduktionsbestreben.	Cu hat ein höheres Normalpotential als Zn
Beobachtung (Observation)	Aus Hypothese abgeleitete Prognose: E: Cu scheidet sich im Experiment 1 ab, wird also reduziert. Daher wird Cu ein höheres Normalpotential als Zn haben.	Die Werte der elSpR bestätigen H
Urteil (Judg(e)ment)	Vergleich mit Werten der elSpR	H ist verifiziert, d. h. H gilt zur Erklärung der Reaktionsunterschiede

Legende: H: Hypothese; P: Prämisse(n), passend zu H; E: Prognose/abgeleitete empirisch prüfbare Aussage

Über den vorgestellten Ansatz hinaus, wären auch andere Reihungen der Teilziele denkbar, so können z. B. auch der Ansatz der Normalpotenziale (elSpR) vorgegeben und die Begründungszusammenhänge nachgeordnet erschlossen werden.

2.3 Funktionalisierung der modellierten Erkenntniswege für die Textanalyse

Nach dem vorgestellten Ansatz zur Erarbeitung der elSpR lassen sich sieben Teilziele (1.1 bis 1.7) ableiten. Um das jeweilige Teilziel zu erreichen, sind Aussagen in definierter Weise miteinander in Beziehung zu setzen. Die zweiteilige Darstellung der Teilziele im Rahmen konkreter Aufgabenstellungen und der innerhalb der Teilaufgaben zu leistenden Erkenntniswege bietet eine Basis bzw. Bezugsgröße für die Analyse der Sequenzierung von Aussagen in Texten.

Texte bzw. Unterrichtskonzepte zur Erarbeitung der elSpR können auf der Ebene der Teilziele und/oder auf der untergeordneten Ebene der Aussagen variieren, indem Teilziele/Aussagen unterschiedlich angeordnet werden oder fehlen. Möglich wäre auch, dass Teilziele/Aussagen berücksichtigt werden, die für die Erarbeitung der elSpR nicht zwingend erforderlich sind.

Die Datenanalyse der avisierten Texte erfordert einige Bedingungen bei der Aufbereitung der Texte und der Erstellung des Kategoriensystems, um Ergebnisse in der Form generieren zu können, wie sie für die Dateninterpretation erforderlich sind. Wie bei den bisherigen Textanalysen zu Argumentationslinien (vgl. Düwel 2020; Düwel/Eichhorn/Niethammer 2019, im

Druck; Düwel/Hillegeist/Niethammer 2022) wird die klassische qualitative Inhaltsanalyse angewandt, bei der nicht nur Propositionen, sondern auch die Teilziele als Codes verwendet werden, um verschiedene Textquellen (Lehrbücher und studentische Ausführungen in Unterrichtskonzepten) zu standardisieren und gezielt nach Inhaltsaussagen der zu den Teilzielen gehörenden Argumentationslinien vergleichen zu können (vgl. Düwel 2020, 197ff.). Die vorhandenen Codes werden in einer Codematrix dargestellt, wobei die Anordnung der Teilziele und Aussagen in der Codematrix dem von Experten erstellten Kategoriensystem entspricht. Sie sagt also noch nichts über die Teilziel- und Aussagensequenzierung in den Texten aus.

Tabelle 6 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt (von 5 Propositionen) einer Codematrix zu sachlogisch strukturierten Inhalten, die das Verstehen der Stromflusserzeugung in einem galvanischen Element fundieren (21 Propositionen) (Düwel/Niethammer, 2023). In den rechten Spalten wird zugeordnet, ob die Codes in zwei untersuchten Unterrichtskonzepten abgedeckt werden. In ähnlicher Weise können die Teilziele codiert und nachfolgend die Code-Abdeckung (Teilziele) in den verschiedenen Texten abgebildet werden.

Tabelle 6: Anzahl der in U1 und U2 vorkommenden Codes zur Erklärung der Entstehung des Stromflusses in galv. Element (Hmax, Codes = 21) (Düwel/Niethammer 2023)

Code	Funktion – Anwendung	U1	U2
	Wirkprinzip – Vorgänge in HZ (Reaktionsmechanismus)		
K05R_02	HZ-Reaktion mit Elektronenabgabe ist Oxidation	0	1
K05R_03	HZ-Reaktion mit Elektronenaufnahme ist Reduktion	0	1
	Wirkprinzip – Vorgänge in HZ (RE: Ladungstrennung u. Potenzialbildung)		
K06R_02	Elektronenabgabe an Phasengrenze führt zu Ladungstrennung	0	0
K06R_04	Ladungstrennung führt zu Potenzialbildung an Halbzelle	0	0
	Wirkprinzip – Quantifizierung RE 1 (Ladungstrennung u. Potenzialbildung)		
K07Q_01	Potenzial HZ nur messbar als Potentialdifferenz zweier HZ	0	1

K: Propositionskette; R: Reaktionsmechanismus; Q: Quantifizierung; RE: Reaktionserscheinung; U: Unterrichtskonzept

Um die Sequenzierung der Teilziele und der untersetzenden Aussagen eines Textes darstellen zu können, müssen die Segmente des Textes zu den jeweiligen Teilzielen als einzelne Dokumente angelegt werden. Die inhaltlichen Untersetzungen der jeweiligen Teilziele sind wiederum als Codes¹¹ angelegt, sodass jedes zu den Teilzielen angelegte Dokument entsprechend des Vorkommens der teilzielbezogenen Untersetzungen codiert wird. So lässt sich zu den Teilzielen eines jeden Ausgangsdokumentes eine Codematrix wie in Tabelle 6 darstellen. In jeder Spalte (entspricht einem Teilziel) ist ablesbar, welche Codes vorkommen. Die Reihenfolge der Spalten bildet die Sequenzierung der Teilziele des Ausgangsdokumentes ab.

Um zu vergleichen, wie sich die analysierten Ausgangsdokumente in der Untersetzung der jeweiligen Teilziele unterscheiden, lassen sich in einer Matrix Code-Konfigurationen darstellen, über die ablesbar ist, welche Code-Konfiguration welchem Ausgangsdokument und Teilziel zugeordnet ist. Das Prinzip der Darstellung von Code-Konfigurationen, wie es für diesen Analysenansatz vorgesehen ist, bezieht sich auf die Funktionalitäten der Software MAXQDA und kann in Düwel (2020, 255ff.) nachvollzogen werden.

¹¹ Das sind zum einen die Codes zu den Aussagen (Propositionen) der sachlogischen Strukturierung der Inhalte (s. Tabelle 6). Zum anderen sind es Codes zu den mit den Teilzielen verbundenen Operationen.

3 Fazit und Ausblick

3.1 Implikationen für die Analyse von Textquellen

Der hier vorgestellte Modellierungsansatz ermöglicht, verschiedene Texte nach der Sequenzierung teilzielspezifischer Inhalte (Aussagen) zu analysieren. Dazu wurde im letzten Abschnitt aufgezeigt, wie die Textdaten für die Analyse aufbereitet werden müssen, um Ergebnisdarstellungen in Form von Code-Konfigurationen und Codematrices zu generieren, über die Unterschiede in der inhaltlichen Untersetzung der Teilziele und die Sequenzierung der Aussagen zwischen verschiedenen Ausgangsdokumenten (z. B. Unterrichtskonzepten) verglichen werden können. Über den letzten Aspekt könnte bei der Analyse von Unterrichtskonzepten, je nach Sequenzierung der Teilziele, die Anschlussfähigkeit an verschiedene Ausgangslagen der Lernenden diskutiert werden, die eine der Gelingensbedingungen für die kognitive Aktivierung darstellt. Teilziele entfallen oder variieren in ihrer Reihung, je nachdem ob eigenständige Modellierungsschritte von Lernenden vollzogen werden sollen oder bestehende Modelle anzuwenden sind. Letzteres wäre in der kognitiven Aktivierung geringer einzustufen (vgl. Gilbert/Justi 2016, 59f.). Des Weiteren könnte für alle Textquellen bewertet werden, ob die teilzielspezifischen Inhalte vollständig und in welcher Reihung sie abgebildet sind. Darüber kann abgeleitet werden, wie hoch der Aufwand für die Inhaltsaufbereitung für die Rezipienten ist.

Die Sequenzierung auf der Ebene der Propositionen ist mit dem dargestellten Vorgehen noch nicht abbildbar. Das ist ein weiterführendes Ziel der Datenanalyse, um auch auf Ebene der Erkenntniswege die Folgerichtigkeit der Aussagen in Texten nachweisen zu können.

3.2 Implikationen für die hochschuldidaktische Lehre

Die Differenzierung von Teilzielen mit jeweiligen Aufgabenstellungen und die innerhalb der Teilaufgaben zu leistenden Erkenntnisprozesse verdeutlicht die Vielschichtigkeit der von Lernenden zu durchlaufenden Denk- und Handlungsschritte. Über die Aufschlüsselung der Teilziele lassen sich Unterrichtssequenzen gut abgrenzen. Die innerhalb der Teilziele verkürzt ausgeführten Erkenntnisprozesse fokussieren auf die wichtigsten Aussagen und ihren sachlogischen Bezügen zueinander, die bei einer Bedingungsabhandlung zu beachten sind. Diese sachlogische Anordnung der Aussagen ist in den Verlaufsplanungen studentischer Unterrichtskonzepte, in welchen Lehrer-Schüler-Interaktionen antizipiert werden, häufig nur ansatzweise zu erkennen. Studierenden fällt es in der Regel schon schwer, die Lernaufgabe in einen sinnstiftenden übergeordneten Kontext zu stellen (bzw. daraus für die Lernenden abzuleiten) und klar zu formulieren. Die Frage ist, ob die zweiteilige Darstellung von Teilzielen und die innerhalb der Teilaufgaben zu leistenden Erkenntnisprozesse Lehramtsstudierenden helfen könnte, eine Problemstellung bzw. den Problemlöseprozess zu gliedern und wesentliche Erkenntnisschritte untergeordnet herauszustellen.

Darüber hinaus lassen sich über die avisierte Analyse Qualitätsunterschiede von Unterrichtskonzepten und anderen Textquellen hinsichtlich kognitiver Aktivierung, Sequenzierung von Teilzielen und damit verbundenen Aufgaben vielseitig veranschaulichen und diskutieren.

Literatur

Anderson, J. R./Neuser-von Oettingen, K. (Übersetzer)/Plata, G. (Übersetzer) (2013): Kognitive Psychologie Lehrbuch, 7., erweiterte und überarbeitete, neu gestaltete Aufl. Berlin.

Apel, K.-O. (Hrsg.) (2015): C. S. Peirce. Schriften zum Pragmatismus und Pragmatizismus, 2. Aufl. Frankfurt a. M.

Baumert, J./Kunter, M. (2011): Das mathematikspezifische Wissen von Lehrkräften, kognitive Aktivierung im Unterricht und Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern. In: Kunter, M./Baumert, J./Blum, W./Klusmann, U. et al. (Hrsg.): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster u. a., 163-192.

Dörner, D. (1974): Die kognitive Organisation beim Problemlösen. Versuche zu einer kybernetischen Theorie der elementaren Informationsverarbeitungsprozesse beim Denken, 1. Aufl. Bern.

Düwel, F. (2020): Argumentationslinien in Lehr-Lernkontexten. Potenziale englischer Fachtexte zur Chromatografie und deren hochschuldidaktische Einbindung, Dissertation, Dresden.

Düwel, F./Eichhorn, S./Niethammer, M. (2019): Entwicklung berufsdidaktischer Kompetenzen. Konzeptioneller Ansatz zur Vernetzung von Disziplinwissen und berufsdidaktischem Wissen, bwp@ Nr. 37. Online:

http://www.bwpat.de/ausgabe37/duewel_et al_bwpat37.pdf (18.12.2019).

Düwel, F./Eichhorn, S./Niethammer, M. (im Druck): 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./Hillegeist, A./Niethammer, M. (2022): Qualität beruflicher Lernaufgaben. Implikationen für die fachliche und berufs-/fachdidaktische Professionalisierung von Lehrkräften. In: Anselmann, S./Faßbauer, U./Nepper, H./Windelband, L. (Hrsg.): Berufliche Arbeit und Berufsbildung zwischen Kontinuität und Innovation. Konferenzband zur 21. Tagung der Gewerblischen-Technischen Wissenschaften und ihren Didaktiken (GTW), Bielefeld.

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, 420-433.

Düwel, F./Niethammer, M. (2023): Güte von Argumentationslinien in Unterrichtskonzepten im Fach Chemie. In: Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Aachen 2022.

Düwel, F./Niethammer, M. (2023). Güte von Argumentationslinien in Unterrichtskonzepten im Fach Chemie. In: Van Vorst, H. (Hrsg.): Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt, 222-225. Online:

https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2023/05/Tagungsband_2023.pdf (24.05.2023).

Fürstenau, B. (2001): Aufbau und Evaluation betrieblichen Zusammenhangswissens. Möglichkeiten zur Abstimmung schulischen und betrieblichen Lernens in der Anfangsphase der Ausbildung von Industriekaufleuten, Habilitation an der Georg-August-Universität zu Göttingen.

Fürstenau, B./Trojahnner/Kneppers, L. (2011): Einführung Concept Mapping. Handout zum internationalen Projekt, Concept Mapping and Summary Writing as Learning Tools in Problem-Oriented Learning.

Gilbert, J. K./Justi, R. (2016): Modelling-based Teaching in Science Education, 1. Aufl. Switzerland.

Hacker, W. (1986): Arbeitspsychologie. 1. Aufl. Berlin.

Jank, W./Meyer, H. (1991): Didaktische Modelle, 5. stark überarb. u. aktual. Aufl. Frankfurt a. M.

Klafki, W. (1964): Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung, 3./4. durchges. u. erg. Aufl. Weinheim.

Klafki, W. (1995): Zum Problem der Inhalte des Lehrens und Lernens in der Schule aus der Sicht kritisch-konstruktiver Didaktik. In: Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft, 33, 91-102.

Kleickmann, T. (2012): Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. 1. Aufl. Kiel.

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.

Kunter, M./Voss, T. (2011): Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In: Kunter, M./Baumert, J./ Blum, W./Klusmann, U. et al. (Hrsg.): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster. 85-114.

Minnameier, G. (2004): Peirce-Suit of Truth. Why Inference to the Best Explanation and Abduction Ought Not to be Confused. In: Erkenntnis, 60, H. 1, 75-105.

Minnameier, G. (2012): What's Wrong With It? Kinds and Inferential Mechanics of Errors and Mistakes. In: Wuttke, E./Seifried, J. (Hrsg.): Learning from Errors at School and at Work. Opladen, 13-30.

Minnameier, G. (2017): Forms of Abduction and an Inferential Taxonomy. In: Magnani, L./Bertolotti, T. (Hrsg.): Springer Handbook of Model-Based Science. Cham, 175-196.

Minnameier, G. (2021): Lehren und Logik – ein Beitrag zur Bestimmung pädagogischer Professionalität. In: Beck, K./Oser, F. (Hrsg.): Resultate und Probleme der Berufsbildungsforschung. Bielefeld, 197-212

Minnameier, G./Hermkes, R./ Mach, H. (2015): Kognitive Aktivierung und Konstruktive Unterstützung als Prozessqualitäten des Lehrens und Lernens. In: Zeitschrift für Pädagogik, Jg. 61, H. 6, 837-856. <https://doi.org/10.25656/01:15429> (21.05.2023).

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

Peirce, Charles Sanders (CP): Collected papers of Charles Sanders Peirce (hrsg. v. Hartshorne, C./Weiss, P./Burks, A. W.), 8 Bde. 1932-1979. Cambridge.

Piaget, J. (1976): Die Äquilibration der kognitiven Strukturen. Stuttgart.

Storz, P. (1984): Zur Methodik des technologischen Unterrichts für Facharbeiterberufe mit Operateurprofil der stoffwandelnden Produktion. Ein Beitrag zu Theorie und Methodologie der Unterrichtsmethodik technischer Richtungen, an der TU Dresden zu Dresden.

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

VDI (2007): Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss. VDI Verein Deutscher Ingenieure. Düsseldorf.

VERBI Software (2022): MAXQDA 2022. Computerprogramm, VERBI Software 2022. Berlin.

Zitieren dieses Beitrags

Düwel, F./Niethammer, M./Eichhorn, S. (2023): Modellierungsansatz zur Analyse der Sequenzierung von Aussagen in Texten. In: bwp@ Profil 8: Netzwerke – Strukturen von Wissen, Akteuren und Prozessen in der beruflichen Bildung. Digitale Festschrift für Bärbel Fürstenau zum 60. Geburtstag, hrsg. v. Hommel, M./Aprea, C./Heinrichs, K., 1-25. Online: https://www.bwpat.de/profil8_fuerstenau/duewel_et al_profil8.pdf (14.09.2023).

Die Autorinnen



Dr. 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/duewelf/index>



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>



Dr. SIGRUN EICHHORN

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

Weberplatz 5, 01217 Dresden

sigrun.eichhorn@gmx.de