

Kodiermanual zur Beschreibung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse Studierender im Labor

1. Ableitung des Modells

Im Rahmen einer Studie zur Untersuchung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse von Studierenden im Labor (Sonnenschein 2019) ist an der Humboldt-Universität zu Berlin ein Instrument zur Abbildung von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen entwickelt und umfassend validiert worden. Es ermöglicht die Abbildung von Erkenntnisgewinnungsprozessen, die Proband*innen in Reallaborumgebungen zeigen, auf Basis von schriftlich oder auditiv fixierten verbalen Daten. Die Grundlage zur Beschreibung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse bildet das Modell wissenschaftlichen Denkens von Mayer (2007). Da im Rahmen dieser Studie Erkenntnisgewinnung als ein Zusammenspiel von kognitiven und metakognitiven Prozessen verstanden wird, wurde das Modell von Mayer um die Prozessvariable der Durchführung und die Personenvariable der metakognitiven Planung, Steuerung und Regulation des Experimentierprozesses erweitert (Abb. 1). Grundlegend beschreibt das Modell die Teilprozesse des Erkenntnisgewinnungsprozesses und orientiert sich an dem Verständnis von Erkenntnisgewinnung als iterativer Prozess der naturwissenschaftlich-experimentellen Problemlösung.

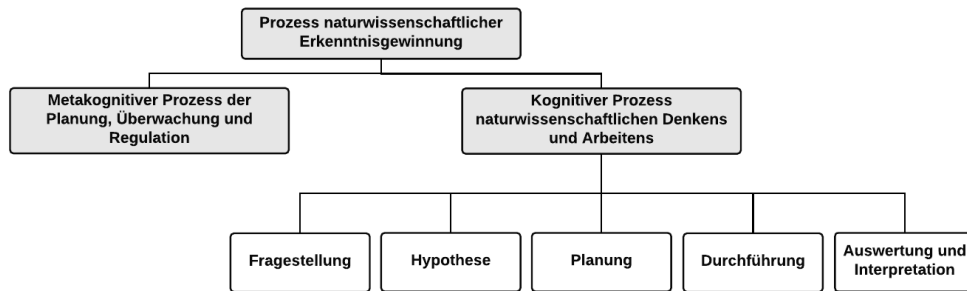


Abbildung 1. Modell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Sonnenschein, 2019, S. 20)

2. Struktur des Manuals

Basierend auf diesem Modell wurde ein Kodiermanual entwickelt, welches sich in drei Teilmanuale gliedern lässt (Abb. 2): Das Teilmanual A beschreibt die am Erkenntnisgewinnungsprozess beteiligten metakognitiven Prozesse und das Teilmanual B die für den Erkenntnisgewinnungsprozess wesentlichen kognitiven Prozesse naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens. Diese beiden Teilmanuale werden ergänzt um das Teilmanual C der studienbedingten und sonstigen Kategorien. Nach diesen drei basalen Teilbereichen können die Äußerungen der Proband*innen grundlegend klassifiziert werden.

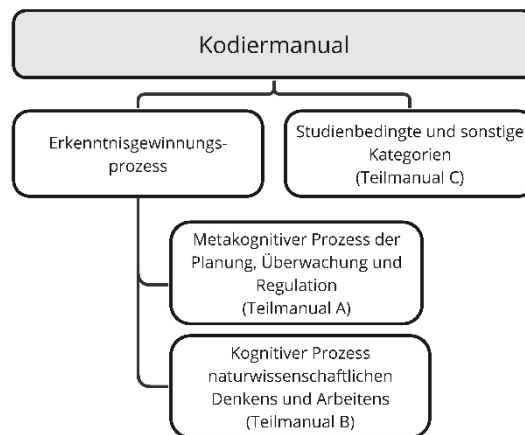


Abbildung 2. Grundstruktur des Kodiermanuals

Während das Teilmanual C zu studienbedingten und sonstigen Kategorien sowie das Teilmanual A zu den metakognitiven Äußerungen nur eine Ebene aufweisen, umfasst das zentrale Teilmanual B zur Beschreibung der kognitiven Prozesse naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens vier strukturgebende Ebenen (Abb. 3).

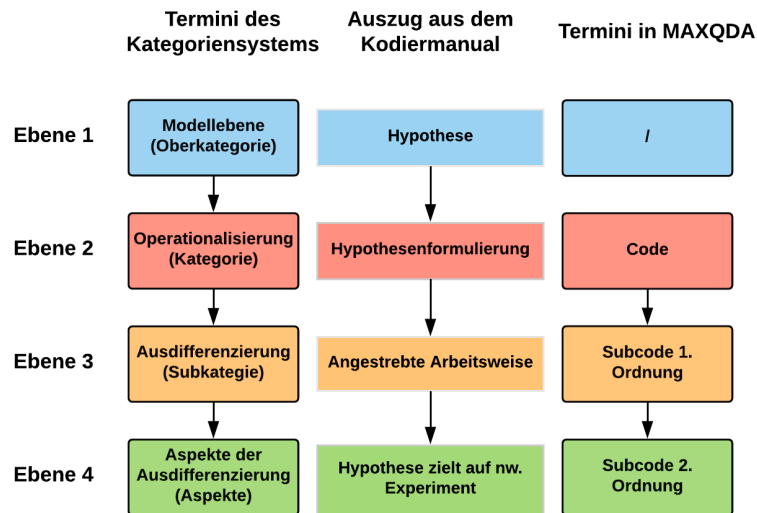


Abbildung 3. Veranschaulichung der Ebenen des Kodiermanuals für den Teilbereich B - Kognitiver Prozess naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens (Sonnenschein 2019, S. 59)

Grundlegend ist das Teilmanual B entsprechend des Modells (Abb.1) strukturiert. Auf der Modellebene (*Oberkategorien*) finden sich entsprechend die Teilprozesse „Fragestellung“, „Hypothese“, „Planung“, „Durchführung“ sowie „Auswertung und Interpretation“ und die phasenübergreifenden Aspekte „Nutzen von Materialien und Vorwissen“ sowie „Umgang mit Fehlern und Problemen“. Dem untergeordnet ist die Ebene der Operationalisierungen (*Kategorien*), in der sich die konkreten Codes als Ergebnis der Operationalisierung der Teilprozesse befinden. Diese Operationalisierungen können auf der dritten Ebene (*Subkategorien*) des Manuals noch weiter ausdifferenziert sein. Dies ist nur bei den Codes der Kategorien „Fragestellung“ und „Hypothese“ der Fall, die nochmals um Aspekte der Ausdifferenzierung erweitert sind, die die Art der Hypothese bzw. Fragestellung und die angestrebte Erkenntnismethode sowie deren Stellung im Untersuchungsprozess genauer spezifizieren. Ob und inwieweit die angestrebte Erkenntnismethode auch umgesetzt wurde, kann auf Ebene eines Absatzes, und somit über ein Kodiermanual, welches sich gemäß der qualitativen Inhaltsanalyse auf eine absatzweise Kodierung festlegt, nicht ermittelt werden. Dies erfolgt daher in einem gesonderten Kodierschritt (Schätzverfahren zur Passung von Planung und Umsetzung nach Kodierung der Daten). Darum beschränkt sich die Kodierung der (angestrebten) Erkenntnismethode auf die Kategorien „Fragestellung“ und „Hypothese“.

Die Ausdifferenzierungen der Codes „Fragestellung“ und „Hypothese“ befinden sich auf der vierten Ebene des Manuals, wobei Fragestellungen noch einmal differenziert ist in „Formulierung einer Zielstellung“ und „Formulierung einer Fragestellung“.

Da sich die Codes des Manuals auf den ersten drei Ebenen des Manuals (Oberkategorie, Kategorie und Subkategorie) jeweils disjunkt zueinander verhalten, können die einzelnen Codes bzw. Codes in Kombination mit einem Subcode als gleichberechtigte Kategorien nebeneinanderstehen.

Der Kodiervorgang erfolgt in zwei hintereinander ablaufenden Kodierprozessen. Jedem Absatz im Transkript muss eindeutig eine Kategorie (ein Code der zweiten Ebene des Kodiermanuals, vgl. Abb. 3)

zugeordnet werden. Für den Fall, dass im ersten Kodierprozess Codes der Kategorien „Formulierung einer Fragestellung“, „Formulierung einer Hypothese“ oder „Formulierung einer Zielstellung“ gewählt wurden, ist ein zweiter Kodierprozess notwendig, in dem den entsprechenden Absätzen die Aspekte der Ausdifferenzierung des jeweiligen Codes (Subcodes 1. und 2. Ordnung, vgl. Abb. 3) zugewiesen werden. Entsprechend der Anzahl an Ausdifferenzierungen werden jedem Absatz der bestmöglich passende Aspekt der jeweiligen Ausdifferenzierungen zugewiesen. Für die Kategorie „Hypothesenformulierung“ wird beispielsweise je ein Aspekt aus der Kategorie „Bezug zur Fragestellung“ sowie einer aus der Kategorie „Angestrebte Erkenntnismethode“ gewählt. Ein zweiter Kodierprozess für mit Subcodes wird nur bei Kodierungen von Fragestellungen, Hypothese oder Zielstellungen verwendet. Wird im ersten Schritt ein anderer Code auf Ebene 2 gewählt, so ist kein weiterer Kodierprozess notwendig.

Zur Abbildung z.B. in der Kodiersoftware MAXQDA werden dabei nur die zweite und ggf. dritte und vierte Ebene berücksichtigt, also nur die Kategorien, Subkategorien und Aspekte. Für die Auswertung werden die einzelnen Codes dann wieder der entsprechenden Oberkategorie zugeordnet, für die Kodierung selbst ist eine Erfassung der Oberkategorie aber nicht notwendig und erspart somit einen weiteren Kodierschritt.

Die entstandene Abfolge an Codes aus dem ersten und zweiten Kodierprozess werden dann zur weiteren Bearbeitung als Tabelle in einem Statistikprogramm (z. B. als Exceltabelle) ausgegeben. Die Ausgabe zweier Exceltabellen mit einer Auflistung aller vergebenen Codes und einer einfachen Auflistung ohne die Codes des zweiten Kodierdurchlaufs ist zum einen für die Berechnung der Beurteilerübereinstimmung (Intercoderreliabilität), zum anderen aber auch zur individuellen Auswertung der Daten relevant. Insgesamt umfasst das Kodiermanual 69 disjunkte Operationalisierungen, welche die Kategorien des Manuals und die Codes im ersten Kodierprozess darstellen. Dabei umfasst das Teilmanual C zu studienbedingten und sonstigen Kategorien fünf Codes, das Teilmanual A zur Metakognition einen Code und das zentrale Teilmanual B zum kognitiven Prozess naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens 63 Codes. Die Codes des Teilmanuals zum kognitiven Prozess naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens verteilen sich auf die sieben kognitiven Teilprozesse des Erkenntnisgewinnungsprozesses. Auf der vierten Ebene des Manuals, der Ebene der Aspekte bestimmter Ausdifferenzierungen, erfolgt insbesondere die Erfassung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in der Breite über die Methoden Experiment, Vergleich und Beobachtung. Diese Erfassung erfolgt für die Codes „Formulierung einer Fragestellung“ und „Formulierung einer Zielstellung“, die dem Teilprozess Fragestellung angehören, und für den Code „Formulierung einer Hypothese“, der dem Teilprozess Hypothese angehört. Die diesen Codes zugeordneten Absätze im Transkript werden in einem zweiten Kodierschritt u.a. danach beurteilt, ob sie auf eine naturwissenschaftliche Beobachtung, ein naturwissenschaftliches Experiment oder einen naturwissenschaftlichen Vergleich abzielen, oder ob keine dieser Kategorien zutreffend ist. Die Operationalisierungen der Erkenntnismethoden wurden nach Nehring (2014) sowie Meier und Wellnitz (2013) vorgenommen.

3. Reliabilitäten

Das Manual wurde in einer umfassenden Studie zur Beschreibung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen an der Humboldt-Universität zu Berlin an einer heterogenen Stichprobe von Fach- und Lehramtsstudierenden und für verschiedene Aufgaben innerhalb des Grundpraktikums der analytischen Chemie validiert. An der Vorstudie, die der Entwicklung des Manuals diente, nahmen N = 5 Studierende des Fachstudiengangs (Monobachelorstudiengangs) Chemie teil, die jeweils eine Aufgabe bearbeiteten. An der Hauptstudie nahmen N = 5 Studierende des Kombinationsbachelor-Studiengangs Chemie mit

Lehramtsoption sowie N = 5 Studierende des Fachstudiengangs (Monobachelorstudiengangs) Chemie und N = 4 Studierende des Master of Education mit dem Fach Chemie teil. Die Teilnehmer der Hauptstudie bearbeiteten jeweils drei Aufgaben. Die Reliabilität des Kodiermanuals wird dabei über eine unabhängige Doppelkodierung abgesichert.

Tabelle 1. Reliabilitäten für die einzelnen Teilbereiche des Manuals (Sonnenschein 2019, S.67)

	Cohen's Kappa*
Gesamtmanual	.84
Teilmanual A (kognitive Prozesse naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitseisen)	.84
Teilmanual B (metakognitiver Prozess der Planung, Überwachung und Regulation)	.85
Teilmanual C (Studienbedingte und sonstige Kategorien)	.84

* in der korrigierten Form nach Brennan & Prediger (1981)

Zur Reliabilitätsprüfung des in dieser Studie entwickelten Manuals wurden sechs Transkripte aus der Hauptstudie zufällig gezogen, wobei alle drei Probandenkohorten und alle drei laborpraktischen Aufgaben berücksichtigt wurden. Diese Stichprobe entspricht einem Anteil von 14% des Gesamtdatensatzes der Transkripte.

4. Vorgehen und allgemeine Hinweise

Kodiert werden Laut-Denken-Transkripte von Prozessen der Aufgabenbearbeitung und des wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens im (chemisch-analytischen) Labor. Dabei wird theoriegeleitet vorgegangen (Konstrukte werden der Beobachtung durch Operationalisierung zugänglich gemacht) und es werden induktive Ergänzungen des Kategoriensystems vorgenommen.

Kodierschritte: Das Kodiermanual umfasst drei Kodierschritte. Zunächst wird mittels einer Grobkodierung ein Überblick über das Transkript geschaffen. Im zweiten Schritt erfolgt die Feinkodierung des Prozesses, in der allen Absätzen des Transkripts ein Code aus den Teilmanualen A, B oder C zugeordnet wird. Wird dabei ein Code der Kategorie „Fragestellung“ oder „Hypothese“ ausgewählt, erfolgt eine weitere Feinkodierung dieser Kategorien entsprechend Abb. 2. Zuletzt erfolgt die Schätzung der Passung von Planung und Umsetzung im größeren Zusammenhang.

Ebene der Kodierung: Äußerungen zur Abbildung kognitiver Prozesse. Es werden nur sprachliche Äußerungen kodiert. Die Kodiereinheit ist eine logisch zusammenhängende Äußerung, meist ein Satz, und entspricht im Transkript einem Absatz.

Vorgehen: Jeder Absatz wird mit der Kategorie kodiert, die in diesem Absatz vorherrschend ist. Jeder Absatz wird für sich alleinstehend kodiert. Ist der Absatz für sich allein nicht zu interpretieren, dürfen der vorhergehende und der folgende Absatz zur Interpretation herangezogen werden.

Vorgehen bei der Verwendung eines Transkriptionsprogrammes (z.B. MAXQDA): Der Datensatz wird jeweils nur mit den entsprechend passenden Unterkategorien kodiert, nicht zusätzlich noch die Oberkategorien. So kann datensparsam gearbeitet werden.

Hinweis zur Zweitveröffentlichung: Kodierschritt 1 und 2 wurden bereits veröffentlicht unter: Sonnenschein, I. (2019). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsprozesse Studierender im Labor. (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 289). Berlin: Logos-Verlag.

Kodiermanual

1. Kodierschritt

Grobkodierung des Prozesses

Mit dem ersten Kodierschritt wird das zu transkribierende Transkript grob kodiert, um einen Überblick über das Transkript zu erhalten. Als Kategorien dienen die durch die Aufgabenstellungen formal vorgegebenen Arbeitsaufträge, die sich an den Phasen des Experimentierprozesses orientieren und einen Impuls für die jeweilige Phase geben sollen.

Überblick über das Manual

Code	Kategorie	Definition und Beschreibung	Ankerbeispiel	Literatur
T1	Beginn der Kodierung, Start der experimentellen Phase	Die Kodierung beginnt, sobald seitens der Studienleitung die Aufgabenstellung verlesen worden ist und ein Startimpuls zur Bearbeitung der Aufgaben gegeben wurde. Kodiert wird der letzte Satz des Testleiters, der dem Probanden den Startimpuls zum Bearbeiten der Aufgabe gibt.	Wenn du fertig bist, wie gesagt, dann nimmst du dir die Karte. (Vorstudie, Proband 01054435_C)	Doran, Lawrenz, & Helgeson (1994); Gerling (2013)
T2	Experimentelle Phase	Beginnt mit dem Geben der 2. Aufgabe seitens der Testleitung. Kodiert wird der letzte Satz des Testleiters, der dem Probanden den Startimpuls zum Bearbeiten der Aufgabe gibt.	Wenn du damit fertig bist, nimmst du dir Hilfekarte 1 und 2. (...), (...) Genau. Okay, Vorsicht (Lachen). (Vorstudie, Proband 01054435_C)	Doran et al. (1994), Gerling (2013)
T3	Postexperimentelle Phase	Beginnt mit dem Geben der 3. Aufgabe seitens der Testleitung. Kodiert wird der letzte Satz des Testleiters, der dem Probanden den Startimpuls zum Bearbeiten der Aufgabe gibt.	Ähm ich würde dich wieder bitten alle Teilaufgaben zu beantworten und wenn du fertig bist, ähm kriegst du von mir die nächsten Hilfekarten (okay). (Vorstudie, Proband 01054435_C)	Doran et al. (1994), Gerling (2013)

2. Kodierschritt

Feinkodierung des Prozesses

Mit dem 2. Kodierschritt erfolgt die Feinkodierung des Transkripts. Die Reihenfolge der Codes im Manual ist ausdrücklich nicht bestimmend für die Verwendung. Einziges Kriterium der Verwendung des Codes zum Kodieren eines Absatzes im Transkript ist die Definition und das illustrierende Ankerbeispiel im Manual. Für die Kodierung ist stets der am besten passende Code aus allen nachfolgenden, im Kodiermanual Absatz 2.1 – 2.4 beschriebenen Codes auszuwählen.

2.1 Teilmanual A: Metakognitiver Prozess der Planung, Überwachung und Regulation

Code	Kategorie	Definition und Beschreibung	Ankerbeispiel	Literatur
MP	Prozesssteuernde und -regulierende Äußerungen	<p>Der Proband setzt sich mit seinen eigenen kognitiven Prozessen auseinander, denkt über kognitive Strategien nach:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Steuerung des eigenen Handelns (z.B. Planung der Abfolge der Handlungen, Abwägung des weiteren Tuns) · Regulierung des eigenen Handelns (laufendes Anpassen der aktuellen Handlung, Evaluation der Handlung) · Überwachung des eigenen Handelns · Orientierung im Labor, Orientierung im Umgang mit der Aufgabe · Planung des Handelns · Selbstreflektion <p>Kodierhinweis: Die Kategorie ist abzugrenzen von den Kategorien „explizite Nennung von Aspekten des naturwissenschaftlichen Experimentierprozesses“ und „Schwierigkeiten erkennen“. Bei gleichzeitig auftretenden kognitiven Prozessen und zeitlich stattfindenden Handlungen wird immer der zu Grunde liegende kognitive Prozess/ die zu Grunde liegende Handlung kodiert.</p>	<p>„Ich weiß nicht, was ich machen soll“ „Ich bin ein bisschen planlos heute“ (Vorstudie, Proband 07101078_C)</p> <p>„Okay, ähm (.) was ist jetzt das Experiment?“ „Habe ich irgendetwas falsch gemacht?“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	Induktiv entwickelt

2.2 Teilmanual B: Kognitiver Prozess naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens

Code	Kategorie	Definition und Beschreibung	Ankerbeispiel	Literatur
Übergeordnete Kategorien				
Mit Schwierigkeiten und Problemen umgehen				
Ü1	Schwierigkeiten/Probleme erkennen	<p>Der Proband artikuliert Probleme, Schwierigkeiten oder Einschränkungen in Bezug auf das aktuelle oder geplante Vorhaben/Handeln im Erkenntnisgewinnungsprozess. Diese Probleme wirken sich auf sein (geplantes) Handeln direkt aus und betreffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorwissen • Ablauf und Durchführung der Reaktionen • Eigenschaften der Proben, Chemikalien und technische Einschränkungen <p>Kodierhinweis: Abzugrenzen sind metakognitive, prozessregulierende und - steuernde Äußerungen, die sich oft in quasi-rhetorischen Fragen äußern, sowie beiläufige Erklärungen für aktuelles Handeln.</p>	<p>„Also man kann den Umschlag nicht wirklich erkennen, nicht gut, vor allem nicht, wenn es so eine trübe Lösung ist.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	<p>Arndt (2016) Gerling (2013) Schreiber et. al. (2009)</p>
Ü2	Lösungsvorschläge machen	<p>Der Proband</p> <ul style="list-style-type: none"> • macht Lösungsvorschläge für Probleme, Schwierigkeiten und Einschränkungen mit Bezug auf sein aktuelles oder geplantes Handeln im Erkenntnisgewinnungsprozess. • Der Proband artikuliert die Lösung für ein vorher aufgetretenes Problem /eine Schwierigkeit/ einen Fehler. <p>Diese Kategorie betrifft alle Lösungsvorschläge und Lösungswege.</p>	<p>„Also hätte ich es jetzt doch, doch filtrieren müssen, wobei es auch nicht viel gebracht hätte, das geht (..) einfach, die Lösung ist ebenso trüb, (..) also (..) ja.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	<p>Induktiv entwickelt</p>

Nutzen von Material und Vorwissen				
ÜA	Nutzen von Aufgabenstellungen	<p>Proband liest Aufgabenstellung laut vor, paraphrasiert sie oder äußert, dass er die Aufgabenstellung heranzieht.</p> <p>Kodierhinweis: Vergleiche mit der jeweiligen Aufgabenstellung in der Anlage.</p>	„Jetzt lese ich mir das mal durch hier“ (Vorstudie, 08034914_C)	Arndt (2016, S. 172)
ÜH	Nutzen von fachlichen Hilfestellungen	<p>Proband liest Hilfestellungen laut vor, entnimmt Informationen oder Werte und Daten, paraphrasiert den Inhalt des Materials oder äußert, dass er Informationen aus dem Material heranzieht.</p> <p>Kodierhinweis: Vergleiche mit der jeweiligen Aufgabenstellung in der Anlage.</p> <p><i>Gilt nicht für das Vorlesen/Ablesen der Materialien und Chemikalienliste, dieses wird mit DM „(Be-)Nennung und Auswahl von Materialien und Chemikalien“ kodiert.</i></p>	<p>„So und bei der Konzentration. Da steht jetzt hier, dass die Oxalsäure das Permanganat reduziert.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p> <p>„Gucke mir die Zusatzinformationen an, wie es ablaufen wird.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	Arndt (2016, S. 172)
ÜF	Vorwissen zum fachlichen Hintergrund aktivieren	<p>Proband nennt Informationen zum chemisch/physikalisch-fachlichen Hintergrund, die er nicht dem Material entnommen hat.</p> <p>Bemerkung: Vergleiche mit der jeweiligen Aufgabenstellung in der Anlage!</p>	<p>„Wasser ist ja ein polares Lösungsmittel“ (Gerling, 2013)</p> <p>„Also in dem Fall, kann ich davon ausgehen, ich kann nicht alkalisch arbeiten, weil sonst die Oxidation so schon mit Licht- und Luftsauerstoff passiert.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	Arndt (2016); Gerling (2013)
ÜV	Vorhersage	<p>Der Proband sagt vermutete Folgen experimenteller Handlungen oder einzelner Versuche (basierend auf Vorwissen) vorher.</p>	<p>„So, was jetzt passieren sollte, (.) ist wenn man die Iodkaliumiodidlösung reintropt, dann sollte es blau werden und die blaue Farbe sollte sofort wieder verschwinden, weil das Iod ja dann mit der Ascorbinsäure reagiert (.) und umgesetzt wird zu Iodid und Dehydroascorbinsäure.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	Meier & Wellnitz, 2013); Klahr & Dunbar (1988)

<p>ÜU</p>	<p>Vorwissen zu Untersuchungsmethoden und Verfahren aktivieren</p>	<p>Proband nennt ihm bekannte (analytische) Methoden und Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> · Nennung der Verfahren · Nennung von Gründen, die für oder gegen den Einsatz der Methode sprechen · Beschreibung der Verfahren mittels Informationen, die nicht dem gegebenen Material entstammen · Nennt Vorwissen oder wendet Vorwissen an zu speziellen Abläufen im (Analytik-)labor. 	<p>„Die Bürette läuft auch ziemlich gut und sie lässt sich sehr gut händeln, ich kann verschiedene Tropfstärken einstellen oder einen durchgehenden Strahl, das ist sehr gut.“ (Hauptstudie, Proband 30099971_C)</p>	<p>Induktiv entwickelt</p>
<p>ÜP</p>	<p>Nutzen von Prompts</p>	<p>Proband liest Prompts laut vor, entnimmt Informationen oder Hinweise oder paraphrasiert die Inhalte oder äußert, dass er die Prompts nun heranzieht.</p> <p>Kodierhinweis: <i>Vergleiche mit den metakognitiven Prompts, die als Teilaufgaben „zu beantwortende Teilaufgaben“ direkt auf dem Arbeitsblatt oder als zusätzliche Karten angeboten werden. Prompts im Anhang</i></p>	<p>„Okay alles klar, also (...) weshalb ist die Vorbereitungsaufgabe bedeutsam?“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	<p>Induktiv entwickelt</p>

Wissen über den Prozess des Experimentierens

E1	/Fragestellung explizit	<p>Äußerung des Probanden zum Teilaspekt „Fragestellung“ innerhalb des Prozesses naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Proband artikuliert die Notwendigkeit einer Fragestellung für sein weiteres Vorgehen. • Der Proband benennt seine Fragestellung als solche. 		Hacker (2005); Hasselhorn, (2010); Chin & Chia (2004)
E2	/Hypothese explizit	<p>Äußerung des Probanden zum Teilaspekt „Hypothese“ innerhalb des Prozesses naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Proband artikuliert die Notwendigkeit einer Hypothese für sein weiteres Vorgehen. • Der Proband benennt seine Hypothese als solche 		Hacker (2005); Hasselhorn, (2010); Chin & Chia (2004)
E3	/Planung explizit	<p>Äußerung des Probanden zum Teilaspekt „Planung“ innerhalb des Prozesses naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Proband artikuliert die Notwendigkeit einer Planung für sein weiteres Vorgehen. Er benutzt dazu die Worte Plan/Planung, Überlegung, überlegen, planen, oder Ähnliches. • Der Proband benennt seine Planung als solche, bzw. als Plan, Skizze. • Der Proband artikuliert das schriftliche Festhalten des weiteren Vorgehens. 		Hacker (2005); Hasselhorn, (2010); Chin & Chia (2004)
E4	/Auswertung explizit	<p>Äußerung des Probanden zum Teilaspekt „Auswertung“ innerhalb des Prozesses naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.</p>		Induktiv entwickelt

		<ul style="list-style-type: none"> · Der Proband artikuliert die Notwendigkeit der Auswertung für das Gelingen seines Vorhabens · Der Proband benennt sein Handeln als Auswertung. 		
E5	/Prozesshaftigkeit explizit	Explizite Äußerungen zum Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, insbesondere Äußerungen zur Prozesshaftigkeit; auch retrospektiv		Induktiv entwickelt

Präexperimentelle Phase				
Fragestellung				
FZ	Formuliert Zielstellung	Der Proband äußert sich zu seinem Vorhaben und formuliert eine Zielstellung Die Äußerung enthält weder Interrogativpronomen noch ist die syntaktische Struktur die einer Frage. Kodierhinweis: nur Kodieren, wenn Kategorien der Planung nicht zutreffend sind (PK, PV, PE, PT, PR)	„Meine Aufgabe ist es, den Ascorbinsäuregehalt zu messen“ (Vorstudie, Proband 08034914_C)	Kambach (2018)
FZA	Angestrebte Arbeitsweise			
FZA1	Formulierung zielt auf ein <u>Experiment</u>	Die Zielstellung fokussiert den Einfluss einer Variablen auf ein System/eine Umgebung/einen Vorgang.	„Aus den Materialien kann man auch ablesen, dass man am besten einen Ver- suchsaufbau konstruiert, wo man die Abhängigkeit (.) be- ziehungsweise die Wirkung von Schwer- metallen ähm auf die [...] Vitamin-C-Kon- zentration messen kann.“ (Hauptstudie, Proband KMA_11010815_C)	Induktiv entwickelt
FZA2	Formulierung zielt auf eine <u>naturwissenschaftliche Beobachtung</u>	Die Zielstellung zielt auf die Operationalisierung eines Merkmals/Aspekts des Systems mit dem Ziel, die Merkmalsausprägung erfassbar zu machen. Gegenstand ist die Operationalisierung von Merkmalen/Merkmalsausprägungen zum Zwecke der Quantifizierung	„Kann ich meinen ursprünglichen äh Plan (.) verwirklichen, in dem ich einfach nur eine Ascorbinsäurelösung herstelle (..) bekannter Konzentration und das dann einfach nur nachweisen möchte (.) mit Iodidlösung.“ (Hauptstudie, Proband MBA_05042186_C)	Induktiv entwickelt

FZA3	Formulierung zielt auf einen <u>naturwissenschaftlichen Vergleich</u>	Die Zielstellung fokussiert eine Relation zwischen mindestens zwei Objekten in Bezug auf ein oder mehrere Merkmale/Variablen.	„Ja also ich werde jetzt die Orange bestimmen und dann (.) ich glaube sogar die Zitrone und dann für heute, (..) wenn es geht ja, (.) damit ich vergleichen kann, wie viel ist im Saft, wie viel ist in der Orange.“ (Proband MBA_04105675_C)	Induktiv entwickelt
FZA4	Sonstiges Ziel	Die Zielstellung lässt sich keiner der drei Erkenntnismethoden zuordnen.	„Meine Aufgabe ist es, den Ascorbinsäuregehalt zu messen“ (Vorstudie, Proband 08034914_C)	Induktiv entwickelt

Formuliert Fragestellung

Definition im Anhang des Manuals

FFA	Angestrebte Arbeitsweise			
FFA1	Fragestellung zielt auf ein <u>Experiment</u>	Frage fokussiert den Einfluss einer Variablen auf ein System/eine Umgebung/einen Vorgang.	„Durch welche Faktoren wird der Ascorbinsäuregehalt einer Probe beeinflusst?“ (fiktives Beispiel)	Meier & Wellnitz (2013); Wellnitz & Mayer (2008)
FFA2	Fragestellung zielt auf eine <u>naturwissenschaftliche Beobachtung</u>	Frage zielt auf die Operationalisierung eines Merkmals/Aspekts des Systems mit dem Ziel, die Merkmalsausprägung erfassbar zu machen. Gegenstand ist die Operationalisierung von Merkmalen/Merkmalsausprägungen zum Zwecke der Quantifizierung	„Welches Verfahren eignet sich zur Analyse des Ascorbinsäuregehalts einer Probe?“ (fiktives Beispiel)	Meier & Wellnitz (2013); Wellnitz & Mayer, (2008)
FFA3	Fragestellung zielt auf einen <u>naturwissenschaftlichen Vergleich</u>	Die Frage fokussiert eine Relation zwischen mindestens zwei Objekten in Bezug auf ein oder mehrere Merkmale/Variablen.	„Wieviel Tannin befindet sich in den verschiedenen Teesorten [...]?“ (Hauptstudie, Proband KBA_31125634_G)	Meier & Wellnitz (2013); Wellnitz & Mayer, (2008)
FFA4	Sonstige Fragestellung	Die Fragestellung lässt sich keiner der drei Erkenntnismethoden zuordnen.		Induktiv entwickelt
FF	/Funktion der Fragestellung			

FF1	//Untersuchungsfragestellung	Fragestellung wird als leitende Fragestellung für eine nachfolgende Untersuchung geäußert. Wird im Folgenden dann immer kodiert, wenn die aktuell leitende Fragestellung genannt wird. Dies betrifft semantisch identische Umformulierungen ebenso wie wortgetreu Wiederholtes.	„Wie beeinflusst der Süßstoff die Reaktion? Gut, dass ist jetzt also meine Fragestellung.“	Gerling (2013)
FF2	//Geänderte Untersuchungsfragestellung	Fragestellung wird als leitende Fragestellung für eine nachfolgende Untersuchung explizit oder implizit geäußert und löst eine zuvor aufgestellte Fragestellung ab. Kodierhinweis: erneute semantisch identische Äußerungen der geänderten Untersuchungsfragestellung werden im weiteren Verlauf dann wieder mit FF1 kodiert, so dass FF2 nur die aktuelle Änderung der Untersuchungsfragestellung anzeigt.	/[in Relation zu vorherigen Untersuchungsfragestellung zu beurteilen!]	Gerling (2013)
FF3	//Alternative Fragestellung	Weitere Untersuchungsfragestellung, die explizit als alternative Fragestellung bezeichnet wird und nicht in einer experimentellen Handlung resultiert. <ul style="list-style-type: none"> • Fragestellung ist im Konjunktiv II formuliert • Fragestellung wird um einen Nebensatz oder weiteren Satz ergänzt, der erklärt, weshalb diese Fragestellung (momentan) nicht umsetzbar ist. 	/[in Relation zu vorherigen Untersuchungsfragestellung zu beurteilen!]	Gerling (2013)
FU	/Untersuchbarkeit			
FU1	//... absolut gegeben	Fragestellung bezieht sich auf reale Sachverhalte und ist mit den vorgegebenen Materialien bzw. im Labor zu findenden Geräten untersuchbar.	„Bei dem Gas handelt es sich um Kohlenstoffdioxid.“	Gerling (2013)
FU2	/... generell gegeben	Fragestellung ist generell empirisch untersuchbar, jedoch nicht mit den vorgegebenen Materialien bzw. mit denen in einem einfachen Labor verfügbaren Mitteln. Bspw. werden spezielle Analysegeräte o.a. benötigt.	„Wie viel Kohlenstoffdioxid ist in dem Wasser drin?“	Gerling (2013)

FU3	//... nicht gegeben	Fragestellung ist unter keinen Umständen experimentell untersuchbar.	„Man kann untersuchen, wie das wohl schmeckt, wenn ich alle Sorten Brausepulver reinkippe.“	Gerling (2013)
FU4	//... nicht bestimmbar	<ul style="list-style-type: none"> Die Fragestellung ist zu allgemein verfasst, so dass keine Aussagen zur Untersuchbarkeit möglich sind, ohne zu Interpretieren. Notwendige Operationalisierungen liegen nicht vor, abhängige und/oder unabhängige Variablen nicht genannt werden und/oder kein experimentelles Design vorgeschlagen wird. 	„Süßstoffe beeinflussen die Reaktion.“ (Gerling 2013)	Gerling (2013)
HR	Relevanz des Problems	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> erklärt, weshalb seine Untersuchung/ seine Fragestellung relevant sind hebt die Bedeutung des Vorhabens/ der Untersuchung/der Fragestellung hervor 	„Also denke ich mal, gibt es wahrscheinliche auch, muss man dann testen, ob nicht zu viel reingetan wird, weil ich denke mal zu viel Vitamin C ist dann auch schädlich.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)	Induktiv entwickelt
Hypothese				
HF	Hypothesenformulierung	Der Proband formuliert eine Hypothese, in dem er eine auf die Fragestellung bezogene Antwortvermutung aufstellt, die logisch und widerspruchsfrei formuliert wurde und mindestens theoretisch überprüfbar und falsifizierbar ist. Genaue Definition siehe Anhang.	„Ja und Brühtemperatur [...], je geringer die ist, dass weniger Tannine drin sind.“ (Proband KMA_09054955_G)	Arndt (2016) Bortz & Döring (2013), Popper (2005)
XHA	/Angestrebte Arbeitsweise			
XHA1	//Hypothese zielt auf ein naturwissenschaftliches <u>Experiment</u>	Die Hypothese fokussiert den Einfluss einer Variablen auf ein System/eine Umgebung/einen Vorgang.	„Ja und Brühtemperatur [...], je geringer die ist, dass weniger Tannine drin sind.“ (Proband KMA_09054955_G)	Meier & Wellnitz (2013); Wellnitz & Mayer, (2008)
XHA2	//Hypothese zielt auf eine naturwissenschaftliche <u>Beobachtung</u>	Die Hypothese beinhaltet eine Operationalisierung eines Merkmals/Aspekts des Systems, und thematisiert zumindest implizit erfassbare	„Der Gehalt an Ascorbinsäure in einer wässrigen Lösung lässt sich iodometrisch über die Menge an	Meier & Wellnitz (2013);

		Merkmalsausprägungen: "System A zeigt das Merkmal X in der Ausprägung x" Wellnitz & Mayer (2008, S. 136)	umgesetzter Iodidlösung bestimmen." (fiktives Beispiel)	Wellnitz & Mayer, (2008)
XHA3	//Hypothese zielt auf einen naturwissenschaftlichen <u>Vergleich</u>	Der Gegenstand der Hypothese ist eine Relation, verschiedene Objekte oder Systeme werden hinsichtlich gemeinsamer Merkmalsausprägungen untersucht. "Die Systeme A und B gleichen sich im Merkmal X und unterscheiden sich im Merkmal Y"(Wellnitz & Mayer, 2008, S. 136)	Bei grünem und schwarzem Tee handelt es sich um unterschiedliche Färbungen desselben Produkts. (fiktives Beispiel)	Wellnitz & Mayer, (2008)
XHA 4	//sonstige Hypothese	Die Hypothese lässt sich keiner der drei Erkenntnismethoden zuordnen		Induktiv ergänzt
HB	/Bezug zur Fragestellung			
HB1	//... vollständig gegeben	Hypothese ergibt sich direkt aus der zuvor formulierten Fragestellung, d.h. die Äußerung entspricht einer begründeten Antwortvermutung auf die Frage Kodierhinweis: Abgleich mit der leitenden Untersuchungsfragestellung	/[in Relation zu vorherigen Untersuchungsfragestellung zu beurteilen!]	Gerling, (2013)
HB2	//... teilweise gegeben	Hypothese bezieht sich auf eine Teilmenge der Fragestellung oder steht mit ihr in Verbindung Kodierhinweis: Abgleich mit der leitenden Untersuchungsfragestellung	/[in Relation zu vorherigen Untersuchungsfragestellung zu beurteilen!]	Gerling, (2013)
HB3	//...nicht gegeben	Hypothese wird ad hoc formuliert und bezieht sich nicht auf eine zuvor formulierte Fragestellung. Kodierhinweis: Abgleich mit der leitenden Untersuchungsfragestellung	/[in Relation zu vorherigen Untersuchungsfragestellung zu beurteilen!]	Gerling, (2013)
P	Hypothesenprüfung/Hypothesen begründung	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · begründet die Wahl der Hypothese, · begründet die Sinnhaftigkeit der Hypothese, · oder gibt weiterführende Erläuterungen zur Hypothese. 		Arndt (2016)

V				
Variablenidentifizierung				
HV1	/unabhängige Variable/ Messgröße	Der Proband identifiziert eine Variable/Messgröße und expliziert, dass er diese in ihrer Ausprägung verändern möchte.		Gerling (2013) Gobert et al. (2012)
HV2	/abhängige Variable	Der Proband identifiziert eine Variable/Stellgröße und expliziert, dass er ihre Ausprägungsänderung messen möchte.		Gerling (2013) Gobert et al. (2012)
HV3	/Störvariable	Der Proband identifiziert eine Störvariable und expliziert, dass er diese konstant halten möchte.	„Ok, das heißt das Speise-Leinöl wäre somit nativ, da hab jetzt natürlich wieder eine Störung drin, weil das eine raffiniert ist und das andere (..) ähm (.) nativ, das heißt ich müsste zweimal natives nehmen.“ (Hauptstudie, Proband KBA_11051763_F)	Gerling (2013)
HV 4	/Variable allgemein	Der Proband nennt eine Variable. Er expliziert nicht, dass er sie untersuchen, konstant halten oder verändern möchte.	„Mit den Schwermetallen muss ich mir nachher auch noch etwas überlegen.“ (Hauptstudie, Proband 30099971_C)	Induktiv entwickelt
HO	Variablenoperationalisierung	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · nennt mess- oder beobachtbare Ausprägungen der Variable, · oder weist konkrete Beschreibungen und Eigenschaften einer Variablen zu. 	„Das heißt die Daten, die ich brauche, sind einmal [Ziehzeit] (..) Dauer des ja Aufenthalts des Teebeutels in dem heißen Wasser.“ (Hauptstudie, Proband KMA_28024631_G)	Arndt (2016)
Planung				
PK	Kontrollansatz geplant	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · Plant einen Kontrollversuch, oder · äußert, dass er einen Vergleichsstandard/ Kontrollansatz braucht. 	„Naja, Vorversuch, Vorversuch mit Ascorbinsäure (um zu) testen was bei einem Nachweis von Ascorbinsäure passiert.“ (Hauptstudie, Proband KMA_09054995_C)	Hammann et al. (2006); Hammann & Mayer (2012)
PE	eigenständiger Einzelversuch geplant	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · plant einen eigenständigen Versuch, z.B. eine Nachweisreaktion, oder · äußert einen eigenständigen Versuch. 	„Ich mache zum Beispiel die Glimmspannprobe.“	Gerling (2013)
PR	Versuchsreihe	Der Proband bezieht in seine aktuellen Planungsüberlegungen eine Versuchsreihe/ mehrere aufeinander bezogene Versuche mit ein.	„Ich mache das erst mit einem Paket, dann zwei.“	Gerling (2013)

PT	experimentellen Teilschritt geplant	<p>Der Proband äußert Planungen, die notwendiger Bestandteil des wissenschaftlichen Vorhabens sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Äußern eines experimentellen Teilschritts eines Experiments. • Äußerungen zu notwendigen Probenaufbereitungen, Chemikalienvorbereitung oder Darstellung. <p>Kodierhinweis: Abzugrenzen von „Vorwissen zu analytischen Verfahren“. Allgemeine Beschreibungen von analytischen Messverfahren sind Vorwissen.</p>	„Ich muss zuerst das Gas auffangen mit ...“	Gerling (2013)
PV	Vorhersage zum Experiment	<p>Der Proband</p> <ul style="list-style-type: none"> • trifft Vorhersagen mit Bezug auf die Reaktion • bezieht sich auf Planungsüberlegungen zum Start und Ende der Reaktion • sagt vermutete Folgen experimenteller Handlungen oder einzelner Versuche vorher. 		
PB	Planung (Be-) Nennung und Auswahl von Geräten und Chemikalien	<p>Der Proband</p> <ul style="list-style-type: none"> • nennt in der Planungsphase Geräte, Materialien, Apparaturen oder Chemikalien, die er benötigt, • fertigt eine Materialien- und Chemikalienliste für sein Vorhaben an, • geht die Geräte- und Chemikalienliste durch (und äußert, welche er benötigt), • benennt in der Planungsphase Geräte und Chemikalien, die er nicht benötigt • benennt in der Planungsphase Geräte und Chemikalien als (möglicherweise) geeignet/ ungeeignet für sein Vorhaben, • oder äußert, dass er die Materialien und Geräteleiste durchgeht. 	<p>„Also ich brauche (.) ich möchte Vitamin C nachweisen, dafür brauche ich Iod.“</p> <p>(Vorstudie, Proband 14078515_C)</p>	Induktiv entwickelt

PC	Planung Chemikalien und Ansatzgröße	<p>Der Proband</p> <ul style="list-style-type: none"> · berechnet, überschlägt, begründet den Einsatz bestimmter Chemikalien, bestimmter Mengen an Chemikalien, bestimmter Geräte und deren Volumina, · führt Rechnungen zur Berechnung der Ansatzgrößen aus, · begründet eingesetzte Chemikalien, · begründet eingesetzte Massen und Volumina, · oder nennt eingesetzte Massen und Volumina. 	<p>„Wie viel Ascorbinsäure ist ungefähr drin, damit ich, damit ich weiß, wie groß die Bürette sein soll.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	Induktiv entwickelt
PD	Datenaufbereitung geplant	<p>Proband plant graphische (in Form eines Diagramms), tabellarische oder mathematische Aufbereitung der Daten (Stöchiometrie berücksichtigen, Konzentrationen ausrechnen...)</p>	<p>„Ja ich weiß nicht, über das Volumen der Maßlösung, die ich verbraucht habe, kann ich ja im Endeffekt die Konzentration berechnen.“ (Vorstudie, Proband 21117459_C)</p>	Gerling (2013); Hamann et al. (2006)
PA	Auswertung geplant	<p>Proband äußert sich über die Art der Auswertung</p>	<p>„Aber wie man das beachtet, da müsste man wahrscheinlich ganz zum Schluss wahrscheinlich durch 5 teilen, wenn die anderen alle 1g haben.“ (Hauptstudie, Proband KMA_09054955)</p>	Gerling (2013)
PN	Notizen in der Planungsphase	<p>Der Proband äußert, dass er</p> <ul style="list-style-type: none"> · sich Notizen zum Ablauf des Untersuchungsprozesses macht, · oder anderweitig wichtige Sachen mit Bezug zum geplanten Vorhaben notiert. <p>Kodierhinweis: wird nur kodiert, wenn der Absatz ansonsten keine neue Information enthält, insbesondere ist zu prüfen, ob <i>Nutzen von fachlichen Hilfestellungen oder Planung (Be-)Nennung und Auswahl von Materialien und Chemikalien</i> nicht zutrifft.</p>	<p>„Ich schreibe auf, also ich, ich möchte Vitamin C nachweisen.“ (Vorstudie, Proband 14078515_C)</p>	Induktiv entwickelt

PS	Skizze	<p>Der Proband äußert, dass er eine Skizze zur Veranschaulichung des Versuchsaufbaus anfertigt. Kodiert werden alle Äußerungen, die sich der Skizzenzeichnung widmen.</p> <p>Kodierhinweis: wird nur kodiert, wenn der Absatz ansonsten keine neue Information enthält.</p>	<p>„Dementsprechend (...) zeichne ich erstmal einen Versuchsaufbau.“ (Hauptstudie, Proband MBA_05042186_C)</p>	<p>Hofstein, Navon, Kipnis, & Mamlok-Naaman (2005); Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlok-Naaman, (2005)</p>
----	--------	--	--	---

Experimentelle Phase

Durchführung

DC	(Be-)Nennung und Auswahl von Materialien und Chemikalien	<p>Der Proband nennt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geräte, Materialien, Apparaturen oder Chemikalien, die er benötigt bzw. fordert diese an, • benennt Gerät und Chemikalien, die er nicht benötigt, • benennt Geräte und Chemikalien als (möglicherweise) geeignet/ ungeeignet für sein Vorhaben, • oder er inspiziert gegebene Materialien und Chemikalien im Labor 	<p>Also ich gucke mir in den Materialien und Chemikalien an, was ich brauche. (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	<p>Arndt, (2016); Gerling, (2013); Schreiber et al., (2009)</p>
DP	(Be-)Nennung und Auswahl von Proben	<p>Der Proband</p> <ul style="list-style-type: none"> • wählt Proben, die er benötigt bzw. fordert diese an, • geht das Informationsmaterial durch und wählt, welche Proben er benötigt, • benennt Proben, die er nicht benötigt, • benennt Proben als geeignet/ ungeeignet für sein Vorhaben, • oder stellt Proben her (siehe Hinweis!). 	<p>„Gut, mit dem (...), (...) mit dem anderen Orangensaft nochmal 100 ml, (...) hier ist noch etwas drin.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	<p>Induktiv entwickelt</p>

		<p>Kodierhinweis: Variablenoperationalisierung steht nicht im Vordergrund, sonst dieses kodieren! Stellt der Proband die Proben her, sind alle Passagen, die sich der Probenherstellung widmen, mit diesem Code zu bezeichnen.</p>		
DN	<p>Nutzung und Funktion von Geräten sowie Aufbau, Abbau und Veränderung des Versuchs</p>	<p>Der Proband</p> <ul style="list-style-type: none"> · prüft die Funktionstüchtigkeit der Geräte und Materialien, · expliziert die Funktionsweise der Geräte oder Aufbauten, er beschreibt sein Handeln an den Geräten, Materialien oder Aufbauten in der Vor- und Nachbereitung des Versuchs (Vorbereitung von Geräten zum Einsatz; Befüllen, Leeren, Ablegen, Ausschalten, Reinigen von Geräten und Materialien), · oder expliziert das Aufbauen, Ab- bauen oder Umbauen eines Versuchs/Apparats. 	<p>„Äh so, also ich habe meine Bürette, ich habe mein Becherglas, ich gebe 10 ml da rein. Egal, (...) so dann lass ich die Bürette mal auslaufen (11 sec), gut.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)</p>	<p>Arndt (2016); Gerling (2013) Schreiber et al., (2009)</p>
DE	<p>Durchführung experimenteller Handlungen</p>	<p>Der Proband beschreibt/kommentiert sein aktuelles experimentelles Handeln am Experiment/Versuchsansatz/an der Probe. Experimentelles Handeln meint das aktive Eingreifen ins System zum Zweck der Variablenoperationalisierung, der Variablenmanipulation oder der Variablenkontrolle. Kodierhinweis: Diese Kategorie wird immer kodiert, wenn im Transkript besonders viel Zeit auf das Titrieren verwendet wird, auch, wenn in der betreffenden Äußerung noch andere Prozesse stattfinden. Auch das Definieren eines Startpunkts gehört zur Durchführung experimenteller Handlungen.</p>	<p>„Geben wir mal noch ein paar Tropfen von der Sulfid-Lösung dazu.“ (Videomaterial Arndt, 2016)</p>	<p>Arndt (2016); Gerling (2013); Schreiber et al. (2009)</p>
DK	<p>Kontrollansatz</p>	<p>Der Proband beschreibt, dass er einen Kontrollansatz oder eine Blindprobe durchführt.</p>	<p>„So, Blindprobe machen wir jetzt einfach mal da drin.“ (Hauptstudie, Pro- band_28039080_G)</p>	<p>Hammann et al. (2006)</p>

		Definition siehe Anhang		Hammann & Mayer (2012)
DV	Variablenkontrolle	<p>Der Proband führt eine gezielte Variablenkontrolle durch. Er äußert, dass er</p> <ul style="list-style-type: none"> · alle das Experiment beeinflussende Variablen konstant hält, oder · die Auswirkungen der unabhängigen Variable auf die Abhängige untersucht. 	„Ich mache die Reaktion dann ohne Süßstoff, mit Süßstoff und lasse alle anderen gleich.“ (Gerling, 2013)	Künsting et al. (2008)
DB	Beobachten	<p>Der Proband</p> <ul style="list-style-type: none"> · äußert Beobachtungen zu selbst durchgeführten Untersuchungen, indem er das Auftretens oder Nichtauftretens von Veränderungen beschreibt. Die Veränderungen sind mittel- oder unmittelbar beobachtbar. · beschreibt den Prozess des Beobachtens oder äußert, dass er jetzt Beobachtungen durchführt. 	„Super Umschlagspunkt, kann man ja richtig gut erkennen.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)	Hofstein et al. (2005)
DS	Schlussfolgerung aus der Beobachtung	<p>Der Proband zieht aus Beobachtungen zu selbst durchgeführten Untersuchungen Schlussfolgerungen. Die Beobachtung muss dabei nicht zwingend geäußert werden.</p>	„Man sieht jetzt, dass der Komplex sich bildet hat.“ (Vorstudie, Proband 08034914_C)	Induktiv entwickelt
DM	Messen	<p>Der Proband nimmt Messprozesse vor, indem er die Ausprägung eines Merkmals mit einer Skala abgleicht.</p> <p>Kodierhinweis speziell für diese Studie: Bei Absätzen, in denen bestimmen von Ausgangswerten der Titration und Start der Titration gemeinsam vorkommen, wird nur der Start der Titration berücksichtigt.</p>	„So das war jetzt ein halber, (.) 1 ml, 2 ml, 3 ml.“ (Vorstudie, Proband 08034914_C)	Bortz & Döring (2007, S. 65 f.)
DF	Festhalten von Daten, Beobachtungen, sonstigen	Der Proband äußert während der Durchführung das Fest Daten, Beobachtungen oder sonstigen relevanten Informationen, die bereits bekannt	„K-Classic hatte 0,5 (aufschreibend) hatte einen Verbrauch von 0,5 ml an Kaliumiodidlösung.“ (Hauptstudie, Proband KMA_11010815_C)	Arndt, (2016); Gerling, (2013);

Ergebnissen während der Durchführung

sind. Sind diese Informationen/Handlungen noch nicht bekannt, werden sie vorrangig kodiert.

Schreiber et al., (2009)

Postexperimentelle Phase

Auswertung und Interpretation

AR	Rückblickende Beschreibung des Vorgehens	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · fasst sein Vorgehen im Labor zusammen, · beschreibt rückblickend sein Vorgehen, · beschreibt einzelne Handlungen · nennt Handlungen und Ansätze, · die er schon bearbeitet hat, · oder nennt Vorgehen und/oder Ergebnisse bisheriger Versuche. 	„Ähm ich habe das Experiment mit der Blindprobe durchgeführt, mit dem 1g auf 100 ml durchgeführt und mit den 5 g auf 100 ml durchgeführt.“ (Hauptstudie, Pro- band KBA_06072772_C)	Induktiv entwickelt
----	---	---	--	---------------------

Datenaufbereitung

AA	Auswahl relevanter Daten	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · wählt einzelne (Roh-)daten aus, auf die er seine Interpretation stützt, · wählt einzelne (Roh-)daten /Teilergebnisse aus, die er weiterverarbeitet, · oder nennt Gründe für die Auswahl bestimmter Daten. 	„So und bei der dritten Flasche, da habe ich jetzt zweimal einen Verbrauch von 0,9 ml Iodidlösung.“ (Vorstudie, Proband 31125634_C).	Gerling (2013)
AD	Datenaufbereitung graphisch, tabellarisch oder mathematisch	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · trägt Daten graphisch auf, z.B. in einem Koordinatensystem, · fertigt Tabellen an, · nimmt mathematische Operationen vor, um die Rohdaten zu verarbeiten, · oder erzeugt Teilergebnisse. 	„Dann würde ich jetzt mir so ein kleines Diagramm/ das ist natürlich nur skizzenhaft.“ (Videomaterial Arndt, 2016)	Hammann et al. (2006), Arndt, (2016); Gerling, (2013); Schreiber et al., (2009)
AN	Notizen in der Auswertungsphase	Der Proband äußert, dass er <ul style="list-style-type: none"> · Berechnungen, aufbereitete Daten und Ergebnisse notiert, oder · sonstige in der Auswertungsphase wichtige Informationen notiert. 	„Nochmal hingeschrieben da, okay also Flasche und Vitamin C in 100 ml in mg.“ (Hauptstudie, Proband 31125634_C)	Induktiv entwickelt

		Kodierhinweis: wird nur kodiert, wenn der Absatz sonst keine neue Information enthält; insbesondere ist zu prüfen, ob Datenaufbereitung (AD) nicht zutrifft.		
Datenanalyse				
AB1	Vergleich von (Roh-)daten	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · vergleicht Rohdaten untereinander · oder stellt Beziehungen zwischen Daten her. 	„[Das sind] auf jeden Fall weniger als bei dem Anderen“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)	Induktiv entwickelt
AB2	Berücksichtigung von Fehlern	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · berücksichtigt Einflussfehler und/oder Gerätefehler bei Daten, · berücksichtigt statistische Fehler bei der Beurteilung/ im Zusammenhang mit den Daten. Statistischen Fehlern sind zufällige Schwankungen des Messwerts, deren Ursache sich nicht beeinflussen lässt (statistische Schwankung), oder berücksichtigt sonstige Fehler in Bezug auf die Datenauswertung. Kodierhinweis: Nur in Bezug auf Datenerhebung, Messung und Datenaufbereitung kodieren.	„So hundertprozentig genau kann ich das jetzt nicht messen“ (Gerling, 2013).	Chinn & Malhotra, (2002)
AB3	Aussagen zum erwarteten Wert	Der Proband vergleicht die Daten mit dem von ihm erwarteten Ergebnis/Wert.	„Na ich schätze ja mal, dass es dann auch so bei 4,7 4,8 halten wird.“ (Hauptstudie, Proband KMA_28039080_G)	Induktiv entwickelt
AZ	Schlussfolgerung	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · zieht logische Schlüsse aus Zusammenhängen zwischen Daten. · begründet Zusammenhänge zwischen Daten. 	„[Der Wert liegt] knapp unter dem, was man im Kupfer hat und daraus kann man schließen, dass der 10 Minuten mehr in die oxidierte Form übergegangen ist als bei 1 Minute.“ (Hauptstudie, Proband KMA_11010815_C)	Arndt (2016)
Rückbezug zur Fragestellung				
RB1	/Fragestellung beantwortet	Der Proband erklärt seine Fragestellung als beantwortet	„Ja, also habe ich im Prinzip festgestellt, dass zumindest grüner Tee, schwarzer Tee und Ostfriesenmischung wohl unbedenklich sind, egal also zumindest, wenn man nicht total krank ist und	Induktiv entwickelt

		<ul style="list-style-type: none"> · Fragestellung wird als „beantwortet“, „bestätigt“, oder „korrekt/- richtig“ bezeichnet. · Antwortsatz mit Bezug zur Fragestellung wird formuliert. 	5l Tee am Tag trinkt.“ (Hauptstudie, Proband KBA_31125634_G)	
RB2	/Fragestellung nicht beantwortet	<p>Der Proband erklärt seine Fragestellung als nicht beantwortet</p> <ul style="list-style-type: none"> · Fragestellung wird als „nicht beantwortet“ oder „nicht bestätigt“ bezeichnet) · oder Antwortsatz mit Bezug zur Fragestellung wird formuliert. 	/[in Relation zu vorherigen Untersuchungsfragestellung zu beurteilen!]	Induktiv entwickelt
RB3	/sonstiger Bezug	<p>Der Proband erklärt seine Fragestellung als nicht vollständig beantwortet oder äußert allgemein, dass er sich auf seine Fragestellung bezieht.</p> <p>Kodierhinweis: Prüfen, ob nicht die Kategorien „Fragestellung“ oder „Formulierung neuer Untersuchungsfragestellungen“ eher zutreffen.</p>	/[in Relation zu vorherigen Untersuchungsfragestellung zu beurteilen!]	Induktiv entwickelt
Rückbezug zur Hypothese				
AH1	/Hypothese anerkannt	Der Proband erkennt die Forschungshypothese an. (Forschungshypothese wird als „verifiziert“, „bestätigt“, oder „korrekt/richtig“ bezeichnet)	„Sodass also ich weiterhin die Aussage aus der ersten Hypothese aufrechterhalten kann. (Material Arndt 2016)	Induktiv entwickelt
AH2	/Hypothese abgelehnt	Die Forschungshypothese wird als falsifiziert bezeichnet (Hypothese wird wieder aufgegriffen und als „falsch“, „falsifiziert“, „Nicht bestätigt“, "abgelehnt" o.ä. bezeichnet)	„Grüntee enthält mehr Tannine, das heißt also, wenn ich das auf meine Hypothese beziehe, (..) wurde sie falsifiziert, weil sich im Experiment rausgestellt hat, dass Grüntee mehr Tannin enthält als schwarzer Tee [...].“ (Hauptstudie, Proband KBA_30099971_G)	Induktiv entwickelt
AH3	/Hypothese modifiziert	Der Proband ändert auf Grundlage der Ergebnisse die Forschungshypothese. Auch, wenn eine Hypothese als bestätigt oder abgelehnt bezeichnet wird und dann eine modifizierte/ neue Hypothese auf Grundlage der Daten aufgestellt wird.	„[...] [d]as heißt also das müsste richtig gestellt werden meine Hypothese, das heißt also (..) grüner Tee, ach so sollte ich vielleicht direkt auf die Proben beziehen, da es ja immer unterschiedlich ist bezogen auf die Ernte und die Teeart.“ (Hauptstudie, Proband KBA_30099971_G)	Induktiv entwickelt

AH	/Sonstiger Bezug	Der Proband äußert sich allgemein über seine Hypothese, ohne diese als angenommen, abgelehnt oder zu modifizieren zu erklären.	„Gut, meine Hypothese, Hypothese war ja, das der Speiseölhersteller ein qualitativ höherwertiges Öl eigentlich her-stellt als ähm (.) der Hersteller von dem Olivenöl.“ (Hauptstudie, Proband KBA_11051763_F)	Induktiv entwickelt
Theorieeinbindung				
AT	Theorieeinbindung	Der Proband bindet seine Ergebnisse in eine ihm bekannte (naturwissenschaftliche) Theorie ein.	„Das könnte vielleicht wirklich daran liegen, dass Vitamin C mit Sauerstoff oxidiert wird.“ (Hauptstudie, Proband 31125634_C)	Gerling (2013)
Relevanz der Ergebnisse				
AE	Relevanz der Ergebnisse	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · erklärt, weshalb seine Ergebnisse relevant sind · hebt die Bedeutung seiner Ergebnisse hervor 		Induktiv entwickelt
Zusammenfassung der Ergebnisse				
AZ	Zusammenfassung der Ergebnisse	Kurze und knappe abschließende Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.	„Ich würde sagen als Ergebnis: der Zucker oder der Süßstoff beeinflusst die Dauer der Gasbildung nicht wesentlich“. (Gerling 2013)	Gerling (2013)
Bewertung des gesamten experimentellen Vorgehens				
AV	Bewertung des gesamten experimentellen Vorgehens	Der Proband <ul style="list-style-type: none"> · bewertet rückblickend sein Vorgehen / seine experimentelle Strategie, · expliziert Verbesserungen/Hinweise für nachfolgende Untersuchungen, · äußert sich zum Anspruch/Schwierigkeitsgrad der Aufgabe/des Experiments, · oder nennt Einschränkungen, unter denen seine Ergebnisse gültig sind. 	„Das war relativ ungenau, vor allem wenn die Büretten auslaufen und (.) ja das Vorgehen war jetzt nicht so super.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)	Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlook-Naaman (2005)
Formulierung neuer Untersuchungsfragestellungen				
AF	Formulierung neuer Untersuchungsfragestellungen	Der Proband entwickelt auf Grundlage seiner Ergebnisse neue Fragen/Fragestellungen.		Kipnis & Hofstein (2008)

2.3 Teilmanual C: Studienbedingte und sonstige Kategorien

Code	Kategorie	Definition und Beschreibung	Ankerbeispiel	Literatur
11	Instruktion seitens der Testleitung	Impulse seitens der Testleitung zum Beginn oder zum Ende des Prozesses. Die Instruktionen entsprechen mindestens semantisch den in der Handlungsanweisung vorgegebenen Instruktionen.	Okay, dann nimm dir bitte die erste Karte (.) und beantworte diese auch wieder laut denkend. (Vorstudie, Proband 01054435_C)	Gerling (2013)
12	Sonstige Äußerungen der Testleitung	Äußerungen oder Kommentare der Testleitung, die nichts mit der Aufgabe oder der Aufgabenbearbeitung zu tun haben. Insbesondere Hinweise zur Methode des Lauten Denkens, Nachfragen an den Probanden und Hinweise zum Auffinden von Materialien und Chemikalien sowie sonstige, nicht zur Aufgabe gehörende Kommunikation mit dem Probanden (Schutzkittel, Brille, Hinweise zur Technik/Kamera, Hinweise zum Ablauf, Hinweise zum persönlichen Code u.ä.).	Bitte laut denken! (Vorstudie, Proband 08034914_C)	Gerling (2013)
13	Sonstige Äußerungen des Probanden	Äußerungen oder Kommentare des Probanden, die nichts mit der Aufgabe oder der Aufgabenbearbeitung zu tun haben. Insbesondere Kommentare zur Methode des Lauten Denkens sowie sonstige, nicht zur Aufgabe gehörende Kommunikation mit dem Testleiter oder auf nicht direkt mit der Aufgabe zusammenhängende Vorbereitungen oder Gegebenheiten (Hinweise zu Schutzkittel/-Brille, Hinweise zur Technik/Kamera).	„Ah (laut), wo sind meine Zettel?“ „Soll ich noch sauber machen?“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)	Induktiv entwickelt
14	Sonstiges	Alle Äußerungen, die in keine der anderen Kategorien passen oder Sätze, die auch nach Berücksichtigung des vorhergehenden und folgenden Satzes nicht eindeutig in eine Kategorie passen.	„(...), (...), so.“ (Vorstudie, Proband 01054435_C)	Induktiv entwickelt
15	Störungen von außen	Störungen, Äußerungen, die weder vom Probanden noch von der Testleitung kommen, sondern von Dritten.	<i>Türklappern</i>	Induktiv entwickelt

Definitionen und Hinweise zum Kodieren mit dem Manual zum Experimentierprozess

Fragestellung:

Der Begriff „Fragestellung“ ist ausdrücklich abzugrenzen vom allgemeineren Begriff „Frage“. **Maßgeblich sind die Verwendung von Interrogativpronomen in Verbindung mit zu untersuchenden Variablen**, sowie der kontextuelle Bezug zum Experiment. Der Begriff bezieht sich nur auf Fragen, die an ein zu untersuchendes Objekt, an ein zu untersuchendes Phänomen gestellt werden. Ihnen kommt im Untersuchungsprozess eine wissensgenerierende Funktion zu (Neber & Anton, 2008). Die Äußerungen können dabei explizit als Fragestellung benannt werden oder aber implizit, indem geäußert wird, dass der Einfluss einer Variable untersuchen soll /einen Vergleich vornehmen werden soll/ ein Merkmal bzw. eine Merkmalsausprägung erfassbar machen werden soll.

Bei Fragestellungen, die unmittelbar nach ihrer Äußerung spezifiziert werden oder die nur halb geäußert werden und es offensichtlich scheint, dass es sich um einen zusammengehörenden Äußerungsprozess handelt, wird nur die letzte (spezifizierte) Version der Fragestellung kodiert.

Hypothese:

Im Regelfall ist es eine auf die Fragestellung bezogene Antwortvermutung, die logisch und widerspruchsfrei formuliert wurde. Entsprechend dem auf das kausale Experimentieren eingeschränkten Experimentbegriff wird die Hypothese als Formulierung, die einen kausalen Zusammenhang zwischen unabhängiger und abhängiger Variable vorgibt, definiert.

Blindprobe/Kontrollansatz:

Positive Blindprobe: Diese Blindprobe stellt sicher, dass die gewählte Nachweisreaktion auch funktioniert, indem eine positive Testung bewusst herbeigeführt wird, Es wird Analysesubstanz dem Ansatz beigefügt, um eine positive Reaktion zu provozieren.

Negative Blindprobe (auch Kontrollansatz genannt): Diese Blindprobe dient dem Vergleich, indem der Ansatz bewusst frei von der zu analysierenden Substanz gehalten wird, jedoch alle anderen Substanzen enthält. Es wird eine gezielte Variablenkontrolle durchgeführt.

Wissenschaftliches Experiment: In dieser Arbeit wird der Begriff des Experiments auf das kausale Experiment als hypothetisch-deduktives Vorgehen der Hypothesenprüfung eingeschränkt. Das Experiment zeichnet sich durch ein hypothesengeleitetes Vorgehen aus mit dem Zweck, den Einfluss einer durch die Hypothese vorgegebenen Größe (unabhängige Variable) auf eine zu beobachtende oder zu messende Größe (abhängige Variable) festzustellen.

Wissenschaftlicher Vergleich: Wissenschaftliches Vergleichen meint das planmäßige, zielgerichtete und kriterienstete Vergleichen zweier oder mehr Objekte in Bezug auf ein bestimmtes Merkmal (Wellnitz & Mayer 2013).

Wissenschaftliche Beobachtung: Beobachtung mit dem Ziel der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung meint einen systematischen, aktiven Prozess. Im Gegensatz zum Experiment wird bei der Beobachtung das zu beobachtende System oder Objekt nicht aktiv beeinflusst (Nehring 2014). Es können jedoch Hilfsmittel zur Operationalisierung der Merkmalsausprägung (in der Analytik z.B. Indikatoren) herangezogen werden.

3. Kodierschritt: Schätzverfahren zur Passung von Planung und Umsetzung

Die Untersuchung der Passung von Planung und Umsetzung der Experimentierprozesse ist mit dem reinen Fokus auf die kognitiven Prozesse des experimentellen Handelns nicht durchführbar. Ergänzend zum Kodiermanual für die Transkripte wird ein Rating-Fragebogen für das entsprechende Videomaterial entwickelt. Diese Kategorien beziehen sich auf den Experimentierprozess /die Bearbeitung der Aufgaben als Ganzes.

1. Der durchgeführte Versuch / das durchgeführte Experiment ist geeignet, die eingangs gestellte Fragestellung zu beantworten.

Trifft völlig zu		Trifft nicht zu	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Der durchgeführte Versuch / das durchgeführte Experiment bezieht sich auf die leitende Hypothese.

Trifft völlig zu		Trifft nicht zu	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Passung von Planung und Umsetzung. Welche der Aussagen trifft am ehesten auf die Umsetzung des Experiments zu?

Das realisierte Experiment/die Untersuchung entspricht weitgehend der Planung in der präexperimentellen Phase.	<input type="checkbox"/>
Das realisierte Experiment/die Untersuchung entspricht nur in Teilen der Planung in der präexperimentellen Phase. / Es wurde nur eine Teilmenge der geplanten Versuche durchgeführt.	<input type="checkbox"/>
Der eingangs geplante Versuch/ das eingangs geplante Experiment wurde nur zum Teil/ in Teilen umgesetzt.	<input type="checkbox"/>

Literaturverzeichnis

- Arndt, K. (2016). *Experimentierkompetenz erfassen. Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie*. (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 202). Berlin: Logos-Verlag.
- Bortz, J. & Döring, N. (2007). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler: Limitierte Sonderausgabe*: Springer-Verlag.
- Chin, C. & Chia, L.-G. (2004). Problem-based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science education*, 88 (5), 707–727.
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86 (2), 175–218. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Doran, R. L., Lawrenz, F. & Helgeson, S. (1994). Research on assessment in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning. A project of the National Science Teachers Association* (pp. 388–442). New York, NY: Macmillan.
- Gerling, I. (2013). *Entwicklung und Testung eines Kodiermanuals zur Abbildung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen von Lehramtsstudierenden in freien Experimentiersituationen*. Masterarbeit (unveröff.), Humboldt-Universität zu Berlin. Berlin.
- Gobert, J. D., Sao Pedro, M. A., Baker, R., Toto, E. & Montalvo, O. (2012). Leveraging Educational Data Mining for Real-Time Performance Assessment of Scientific Inquiry Skills within Microworlds. *Journal of Educational Data Mining*, 4(3), 104–143.
- Hacker, W. (2005). *Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Wissens-, Denk- und körperlicher Arbeit* (Schriften zur Arbeitspsychologie, Bd. 58, 2.). Bern: Huber.
- Hammann, M., Phan, T., Ehmer, M. & Bayerhuber, H. (2006). Fehlerfrei experimentieren. *MNU (Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht)*, 59(5), 292–299.
- Hasselhorn, M. (2010). Metakognition. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch pädagogische Psychologie* (Programm PVU, Psychologie-Verlags-Union, 4., überarb. und erw. Aufl, S. 541–547). Weinheim [u.a.]: Beltz.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (7), 791–806. <https://doi.org/10.1002/tea.20072>
- Kipnis, M. & Hofstein, A. (2008). The Inquiry Laboratory as a Source for Development of Metacognitive Skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(3), 601–627. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9066-y>
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1–48. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1201_1
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biomedizinischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–186). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Meier, M. & Wellnitz, N. (2013). Beobachten, Vergleichen und Experimentieren mit Wasserflohen. Biologische Erkenntnismethoden praktisch anwenden. *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule*, 62(1), 4–10.
- Neber, H. & Anton, M. A. (2008). Förderung praexperimenteller epistemischer Aktivitäten im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22 (2), 143–150. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.22.2.143>
- Nehring, A. (2014). *Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 177). Berlin: Logos-Verlag.
- Schreiber, N., Theysen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 8 (3), 92–101.
- Sonnenschein, I. (2019). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsprozesse Studierender im Labor. (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 289). Berlin: Logos-Verlag.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 335–345.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und-niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 7, 129–143.