

1. Einleitung

Im naturwissenschaftlichen Unterricht sollen neben konzeptbezogenen auch prozessbezogene Kompetenzen vermittelt werden, damit Schüler:innen eine naturwissenschaftliche Grundbildung ermöglicht wird (KMK, 2005). Zu den prozessbezogenen Kompetenzen gehört die Denk- und Arbeitsweise des Planens und Durchführens von Experimenten (Abd-El-Khalick et al., 2004). Die Ergebnisse der PISA Studie (*Programme for International Student Assessment*) von 2015 zeigen, dass die deutschen Schüler:innen die Teilkompetenz „naturwissenschaftliche Forschung bewerten und Untersuchungen planen“ im Mittel zwar leicht oberhalb des OECD-Durchschnittes erreichen, aber nach wie vor weit von den Mittelwerten der Länder an der Spitze der Studie entfernt sind. Laut einer Befragung von Schüler:innen steht das Planen von Experimenten selten im Fokus des naturwissenschaftlichen Unterrichts (Reiss et al., 2016). Anhand dieser Befundlage fällt auf, dass das Planen von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht weiter gefördert werden muss. Unterstützend kommt hinzu, dass diese Aktivität in den Kernlehrplänen des Faches Chemie im Bundesland Nordrhein-Westfalen verankert ist. Für die Sekundarstufe I wird im Fach Chemie vorgesehen, dass experimentelle Untersuchungen geplant, durchgeführt und ausgewertet werden (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019). Weiterführend wird im Rahmen des Kernlehrplans der Sekundarstufe II im Fach Chemie das Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie explizit als zu vermittelnde Kompetenz aufgelistet (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2022). Die Anwendung der Variablenkontrollstrategie ist notwendig, um mit Hilfe eines Experiments kausale Zusammenhänge untersuchen zu können. Schüler:innen stehen jedoch bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie vor Herausforderungen. Sie tendieren dazu, lediglich den Einfluss einer Ausprägung der unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable zu untersuchen. Zusätzlich werden die Ausprägungen der unabhängigen Variablen, wenn sie variiert werden, häufig unsystematisch variiert. In den meisten Fällen findet die Variation der unabhängigen Variable zusätzlich unter unkontrollierten Bedingungen statt, da Störvariablen nicht konstant gehalten werden. Häufig werden keinerlei Messgeräte genutzt oder ohne festgelegte Messzeit verwendet. Außerdem wird die Planung eines Kontrollansatzes oftmals vernachlässigt (Hammann et al., 2006; Ropohl & Scheuermann, 2017; Siler & Klahr, 2012). In diversen Untersuchungen wurden daher Formen der Lernunterstützung bei der Planung von Experimenten unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Lernerfolg analysiert (Hild et al., 2020; Ropohl & Scheuermann, 2018; Scheuermann, 2017; Wollenschläger, 2012; Wollenschläger et al., 2011, 2012).

1. Einleitung

Der Einsatz von Feedback wurde in diesen Studien als äußerst effektive Lernunterstützung herausgestellt, was bereits von Hattie und Timperley (2007) für den allgemeinen Bildungskontext bestätigt wurde. Die Ergebnisse der PISA Studie aus dem Jahr 2015 zeigen jedoch auf, dass Feedback, als ein wichtiges Unterrichtsqualitätsmerkmal, nur selten gegeben wird (Kleickmann et al., 2020; Reiss et al., 2016). In dieser Kategorie liegt Deutschland unterhalb des OECD-Durchschnittes (Reiss et al., 2016). Auch Fraser et al. (1987), Scheerens und Bosker (1997) sowie Seidel und Shavelson (2007) weisen auf die Notwendigkeit von regulierenden und überwachenden Funktionen beim Lehren und Lernen hin, die durch das Geben und Erhalten von Feedback erreicht werden können. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht bestätigen Forbes et al. (2020) die Wichtigkeit von Feedback als eine sichtbare Facette effektiven Lehrens und Lernens. Die Untersuchungen von Hild et al. (2020), Scheuermann (2017) sowie Wolenschläger et al. (2011, 2012) legen nahe, dass Feedback, speziell beim naturwissenschaftlichen Lernen, einen erheblichen Einfluss auf den Lernerfolg hat. Allerdings sind Situationen, in denen Feedback eingesetzt wird, um Experimente unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie zu planen, für Schüler:innen herausfordernd. In so einem Lernszenario müssen die Schüler:innen verschiedenste Informationen verarbeiten und miteinander verknüpfen, was eine kognitiv anspruchsvolle Aufgabe darstellt. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Auswirkungen von Feedback auf kognitive und affektive Schüler:innenmerkmale wie Cognitive Load, Motivation aber auch die wahrgenommene Kompetenzunterstützung zu untersuchen. Bisher wurden in früheren Studien hauptsächlich Variationen inhaltlicher Feedbackmerkmale untersucht und abgeleitet, dass Feedback stark differentiell wirkt. Daher besteht ein besonderes Interesse darin, zu untersuchen, wie sich vor allem die konkrete Gestaltung auf diverse kognitive und affektive Schüler:innenmerkmale auswirkt. Im Rahmen der ersten Untersuchung dieses Projektes wurden zunächst als unterstützend wahrgenommene Feedbackmerkmale aus den Bereichen Gestaltung und Inhalt beim Planen von Experimenten unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie untersucht. Basierend auf den Ergebnissen von Ropohl und Scheuermann (2018) wurde Feedback zur Förderung der Anwendung der Variablenkontrollstrategie, das sich durch eine weiterentwickelte inhaltliche aber vor allem gestalterische Aufbereitung auszeichnet, im Chemieunterricht eingesetzt und evaluiert. Zudem wurde in vorangegangenen Studien der Einfluss von Feedback auf kognitive und affektive Schüler:innenmerkmale wie den Cognitive Load, die Motivation und die wahrgenommene Kompetenzunterstützung untersucht und diskutiert. Die Befundlage in diesem Forschungsbereich ist nicht eindeutig. Im Rahmen der zweiten Untersuchung des Projektes wurden die Gestaltungsprinzipien der Cognitive Theory of Multimedia Learning für das Ausstellen von Feedback genutzt. Die Theorie von

Mayer (2001) stellt die Effektivität von Lernmaterial, bestehend aus einer Kombination von textlichen und bildlichen Informationsdarbietungen, in den Mittelpunkt. Diverse Studien belegen die Lernunterstützung von Material, welches sich an diesen Gestaltungsprinzipien orientiert. Basierend darauf wurden in der zweiten Untersuchung verschiedene Feedbackversionen, bestehend aus nur textlichen, nur bildlichen oder textlichen und bildlichen Informationen, hinsichtlich des Effekts auf kognitive und affektive Schüler:innenmerkmale sowie auf den Lernerfolg verglichen. Da sich das Feedback, bestehend aus einer Kombination aus textlichen und bildlichen Informationen, im Rahmen der zweiten Untersuchung als besonders unterstützend herausgestellt hat, wurde dieses in einer dritten Untersuchung weitergehend analysiert. Hierbei lag der Fokus auf der Untersuchung der Ausprägung von fachspezifischen Kompetenzen hinsichtlich des Planens eines Experiments unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie sowie des Cognitive Load im Verlauf der Lerngelegenheit. Abschließend wurde die Reflexionsfähigkeit der Schüler:innen hinsichtlich der Merkmale der Variablenkontrollstrategie bei der Experimentplanung sowie die Aufbereitung des Feedbacks, bestehend aus einer Kombination aus textlichen und bildlichen Informationen, tiefergehend in Interviews untersucht.

2. Theoretischer Hintergrund

Zunächst wird im theoretischen Hintergrund der Prozess der Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht dargelegt. Hierbei wird im Besonderen auf die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Experimentierens unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie eingegangen. Anschließend werden die bereits bekannten Herausforderungen der Schüler:innen beim experimentellen Anwenden der Variablenkontrollstrategie beschrieben. Im Anschluss daran wird die Unterstützungsmethode des lernbegleitenden Feedbacks erklärt. Dieses wird in den Prozess formativen Assessments eingeordnet und in seiner Lernwirksamkeit weitergehend erläutert. Daran anknüpfend werden Merkmale lernunterstützenden Feedbacks aufgeführt und Feedback als Methode zur Förderung der Variablenkontrollstrategie anhand vorangegangener empirischer Studien vorgestellt. Abschließend werden anhand Theorien kognitiver Belastung und der Selbstbestimmungstheorie der Motivation Bezüge zum Lernen mit Feedback hergestellt.

2.1 Das Experiment in den Naturwissenschaften

Im Rahmen des Prozesses der Erkenntnisgewinnung werden mit Hilfe des Anwendens naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen neue Erkenntnisse gewonnen. Den Arbeitsweisen kann somit eine gleichermaßen hohe Bedeutung zugeschrieben werden wie dem Prozess der Erkenntnisgewinnung selbst (Flick & Lederman, 2006; NRC, 2012; Osborne et al., 2003).

Um das Erlangen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung der Schüler:innen sicherzustellen, gilt es im Unterricht nicht nur fachspezifisches, sondern auch prozedurales Wissen, also Wissen über die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, zu vermitteln (NRC, 2012).

In der Literatur werden unterschiedliche Kontexte beschrieben, in denen der Prozess der Erkenntnisgewinnung stattfinden kann. So werden der Kontext des Handlungsfeldes der Naturwissenschaftler:innen, des Handlungsfeldes der Schüler:innen im naturwissenschaftlichen Unterricht, der Unterrichtskonzeption und der Unterrichtsmaterialien definiert (Furtak et al., 2012). Da die vorliegende Arbeit den Fokus auf den Kontext des Handlungsfeldes der Schüler:innen im naturwissenschaftlichen Unterricht legt, werden diese spezifischen Arbeitsweisen im Folgenden beschrieben. Rönnebeck et al. (2016) leiten aus der Theorie neun Arbeitsweisen ab: (1) Forschungsfragen formulieren, (2) Informationen recherchieren, (3) Hypothesen aufstellen, (4) Planen und Durchführen von Experimenten, (5) Analysieren und Interpretieren der gewonnenen Daten, (6) Ergebnisse erklären, (7) Modelle konstruieren, (8) Argumentation und

2. Theoretischer Hintergrund

Begründung mit Bezug auf Forschungsfragen und Hypothese, (9) Kommunikation während des Prozesses (Rönnebeck et al., 2016).

In der Phase der Vorbereitung (siehe Abbildung 1) beginnt mit dem Formulieren von Forschungsfragen und dem Aufstellen von Hypothesen der Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, in dem es gilt, z. B. mittels eines Experimentes diese Forschungsfragen zu überprüfen und Antworten auf die Hypothesen zu generieren (Schulz et al., 2012).

Beim Experimentieren, welches das Planen und Durchführen von Experimenten in der Phase der Durchführung umfasst, wird zwischen einer explorativen und konfirmatorischen Funktion unterschieden. Wird ein Experiment im explorativen Sinne geplant und durchgeführt, so liegt im Vorfeld keine Hypothese über den Einfluss einer unabhängigen auf eine abhängige Variable vor. Somit werden im Rahmen eines explorativen Experimentes sowohl relevante als auch irrelevante Variablen identifiziert, die einen Einfluss auf die abhängige Variable nehmen. Im Vergleich dazu steht das konfirmatorische Experiment. Dieses zeichnet sich durch das Überprüfen einer im Vorfeld festgelegten Hypothese aus. Hierbei wird der Einfluss einer konkreten unabhängigen Variable auf die abhängige Variable untersucht. Die Hypothese wird basierend auf diesen Daten verifiziert oder falsifiziert. Ebenezer et al. (2011) stellen heraus, dass das Planen und Durchführen von Experimenten meint, dass Schüler:innen Methoden und Verfahren für das Experimentieren logisch darlegen, geeignete Messgeräte verwenden, Sicherheitsvorkehrungen beachten und eine ausreichende Anzahl an Wiederholungsversuchen durchführen sollen, um die ermittelten Ergebnisse zu validieren. Unabhängig davon, ob ein exploratives oder konfirmatorisches Experiment geplant und durchgeführt wird, muss die Variablenkontrollstrategie angewendet werden. Die Anwendung der Variablenkontrollstrategie ermöglicht, dass mit Hilfe der gewonnenen Daten eindeutige kausale Zusammenhänge analysiert und interpretiert werden können, womit die Phase der Durchführung abgeschlossen ist (Chen & Klahr, 1999; Schulz et al., 2012). Abschließend erfolgt in der Phase der Auswertung das Erklären von Ergebnissen, das Konstruieren von Modellen und das Argumentieren und Begründen mit Bezug auf Forschungsfrage und Hypothese.

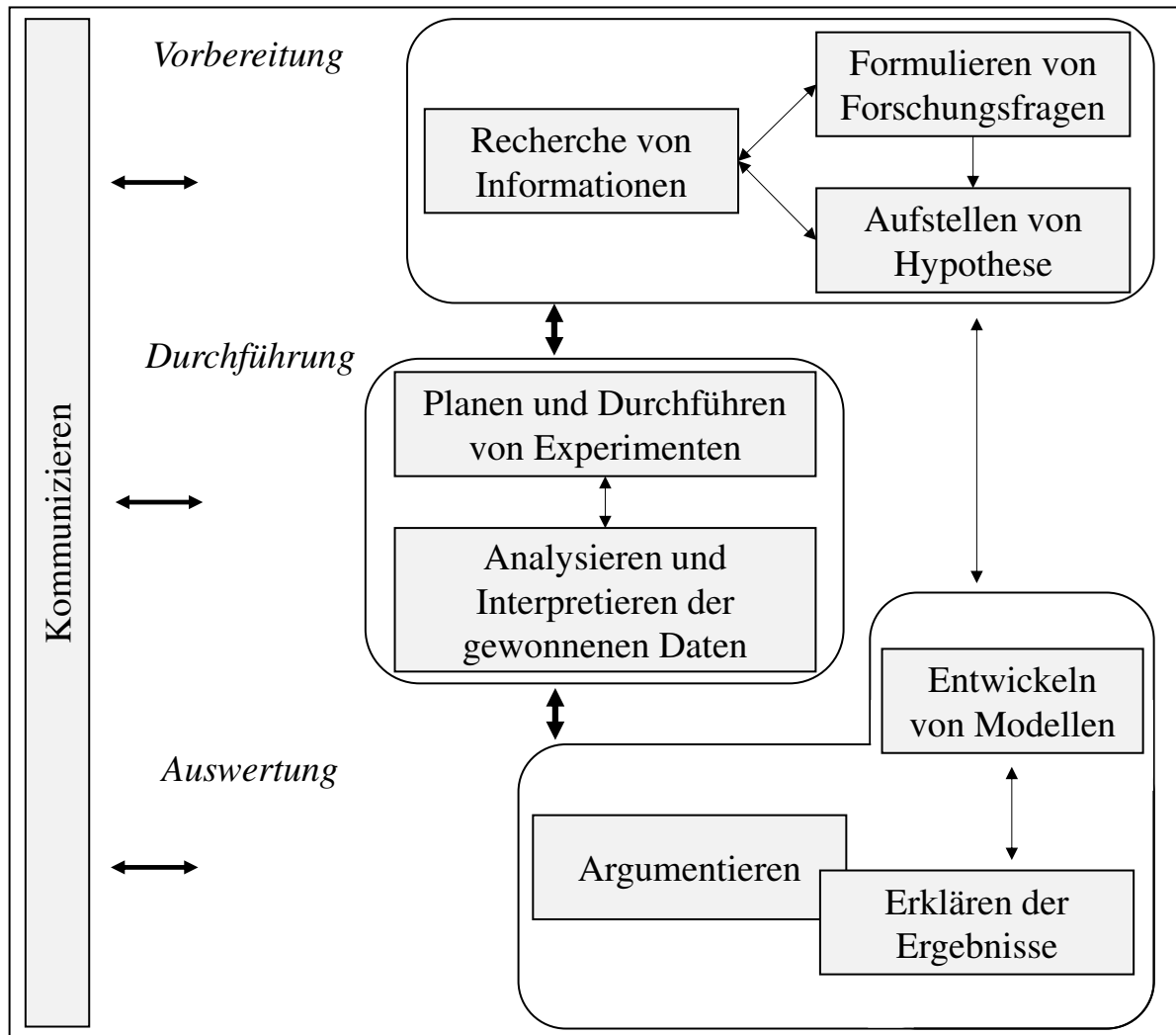


Abbildung 1: Die neun Arbeitsweisen nach Rönnebeck et al. (2016)

Die Anwendung der Variablenkontrollstrategie beim Planen eines Experiments wird im Folgenden erklärt.

2.1.1 Experimente planen mit der Variablenkontrollstrategie

Die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Planens und Durchführens eines Experiments (siehe Abbildung 1) erfordert die Anwendung der Variablenkontrollstrategie, um mit Hilfe der gewonnenen Daten kausale Zusammenhänge herstellen zu können. Die Variablenkontrollstrategie wird genutzt, um den Einfluss einer unabhängigen Variable auf eine abhängige Variable unter kontrollierten Bedingungen zu messen. Hierbei wird die abhängige Variable unter Festlegung von Messzeiten gemessen. Die unabhängige Variable wird spezifiziert und variiert. Durch das Konstanthalten von Störvariablen werden kontrollierte Bedingungen geschaffen. Mit Hilfe des Durchführens von Wiederholungs- und Kontrollexperimenten wird die Aussagekraft der generierten Daten gesichert (Chen & Klahr, 1999; Ross, 1988).

2. Theoretischer Hintergrund

Um die Anwendung der Variablenkontrollstrategie in einem Experiment zu verdeutlichen, kann das Pendelbeispiel von Piaget und Inhelder (1958) angeführt werden. In diesem Beispiel wird der Einfluss der Pendellänge auf die Schwingdauer überprüft. Die Pendellänge stellt hier die unabhängige Variable dar, die in ihren Ausprägungen variiert werden muss. Die Masse der Pendelkugel, das Material des Pendelfadens und das Material der Pendelkugel werden als Störvariablen konstant gehalten. Somit werden kontrollierte Bedingungen generiert, um den Einfluss der Pendellänge auf die Schwingungsdauer zu messen (Piaget & Inhelder, 1958).

Die Variablenkontrollstrategie sollte bereits beim Planen eines Experimentes berücksichtigt werden. Dies führt zu einer strukturierteren Durchführung (Arnold et al., 2014). Arnold et al. (2014) haben für die Anwendung der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren fünf Merkmale definiert: (1) Messung der abhängigen Variable, (2) Spezifizierung und Variation der unabhängigen Variable, (3) Konstanthalten von Störvariablen, (4) Festlegung von Messzeiten und (5) Durchführung von Wiederholungen (Arnold et al., 2014). Die fünf Merkmale des Experimentierens unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie können gut begründet werden. Durch das Benennen und Messen der abhängigen Variable wird eine Operationalisierung gewählt, die sicherstellt, dass das gemessen wird, was gemessen werden soll (Validität) und dies zudem zuverlässig (Reliabilität) und für jeden verständlich (Objektivität). Die Spezifizierung und Variation der unabhängigen Variable stellt sicher, dass durch Angabe von qualitativen und quantitativen Merkmalen ebenfalls die drei Gütekriterien der Objektivität, Reliabilität und Validität gewährleistet werden. Mittels Konstanthalten von Störvariablen werden kontrollierte Bedingungen erzeugt, die sicherstellen, dass genau das gemessen wird, was gemessen werden soll. Außerdem werden dadurch Reproduzierbarkeit und Nachvollziehbarkeit erhöht. Damit eindeutig belastbare Ergebnisse generiert werden, ist es notwendig, dass Experimente mehrmals durchgeführt werden. Hierbei gilt es, das Hauptexperiment sowohl unverändert als auch leicht verändert durchzuführen (Arnold, 2015). Viele Studien zeigen, dass Schüler:innen vor große Herausforderungen gestellt werden, wenn Experimente unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie geplant werden. Im Folgenden werden diese Herausforderungen erläutert.

2.1.2 Befunde zur Anwendung der Variablenkontrollstrategie

Hammann et al. (2006) sowie Siler und Klahr (2012) konnten bereits einige Herausforderungen aufdecken. Wie zuvor beschrieben, ist der systematische Umgang mit Variablen ein wichtiges Merkmal der Variablenkontrollstrategie. Hierbei muss zwischen der abhängigen und der unabhängigen Variable unterschieden werden.

Diese Unterscheidung treffen Schüler:innen nicht immer. Häufig kommt es dazu, dass die Variablen falsch zugeordnet und somit auch die falsche Variable variiert wird. Zudem tendieren Schüler:innen dazu, dass alle Variablen variiert werden, was dazu führt, dass aufgrund unkontrollierter Bedingungen keine eindeutigen Aussagen generiert werden können. Durch das Konstanthalten von Störvariablen werden kontrollierte Bedingungen für ein Experiment geschaffen. Viele Schüler:innen tendieren jedoch dazu, diese nicht konstant zu halten und teilweise sogar zu variieren. Außerdem wurde bereits gezeigt, dass Schüler:innen häufig kein Messinstrument zur Messung der abhängigen Variable einsetzen. Wird jedoch ein Messinstrument eingesetzt, wird dieses in der Regel ohne eine festgelegte Messzeit genutzt. Zur vollständigen Planung eines Experiments gehört das Einbeziehen eines geeigneten Kontrollansatzes. Häufig wird dieser aber vernachlässigt, was zu einem methodisch schwach geplanten Experiment führt. Schüler:innen muss verdeutlicht werden, dass eine experimentelle Kontrolle notwendig ist, da mit Hilfe eines Experiments die Ursachen beobachteter Wirkungen erklärt werden sollen (Arnold et al., 2014; Hammann et al., 2006; Scheuermann, 2017; Siler & Klahr, 2012).

Diese Befunde zeigen, dass Schüler:innen vor große Herausforderungen gestellt werden, wenn Experimente unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie geplant werden müssen und dass eine Form von Lernunterstützung notwendig ist. Im Folgenden werden Maßnahmen zur Förderung der Experimentplanung unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie vorgestellt.

2.1.3 Befunde zur Förderung der Variablenkontrollstrategie

Durch die zuvor aufgezeigten Herausforderungen bei der Experimentplanung unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie wird deutlich, dass Maßnahmen zur Lernunterstützung notwendig sind. Zentrale Anhaltspunkte hinsichtlich der Möglichkeiten zur Förderung der Anwendung der Variablenkontrollstrategie beim Experimentplanen bieten die Meta-Analysen von Ross (1988) und Schwichow et al. (2016).

Die Meta-Analyse von Schwichow et al. (2016) berücksichtigt 72 Interventionsstudien aus den Jahren 1972 bis 2012. Da für Unterstützungsmaßnahmen eine Effektstärke von $g = .61$ (95 % KI = .53-.69) gezeigt werden kann, ist die Schlussfolgerung passend, dass die Anwendung der Variablenkontrollstrategie allgemein mit Hilfe von Unterstützungsmaßnahmen gefördert werden kann. Die Maßnahme mit der höchsten Lernwirksamkeit ist das Auslösen eines kognitiven Konfliktes hinsichtlich der Variablenkontrollstrategie ($g = .80$, 95 % KI = .62-.98). Dieser Befund beruht darauf, dass Schüler:innen mit einem Experiment konfrontiert werden, bei welchem die unabhängige Variable nicht oder lediglich unter unkontrollierten Bedingungen variiert wird.

2. Theoretischer Hintergrund

Schüler:innen stellen die passende Schlussfolgerung auf, dass mit diesen Experimenten keine eindeutigen Aussagen bezüglich Fragestellung und Hypothese generiert werden können. Eine weitere lernwirksame Maßnahme ist das Durchführen eines Demonstrationsexperiments, bei welchem die korrekte Anwendung der Variablenkontrollstrategie dargestellt wird ($g = .69$, 95% KI = .57-.81). Die Meta-Analyse von Schwichow et al. (2016) zeigt im Vergleich zu den Befunden von Ross (1988) keine signifikanten Effekte für die explizite verglichen mit der impliziten Instruktion. Für beide Instruktionsformen ist ein positiver Einfluss auf die Anwendung der Variablenkontrollstrategie zu verzeichnen (explizit: $g = .58$, 95% KI = .46-.70, implizit: $g = .65$, 95% KI = .51-.79). Des Weiteren konnte kein signifikanter Effekt von Interventionen mit Feedback im Vergleich zu Interventionen ohne Feedback festgestellt werden (Feedback: $g = .66$, 95% KI = .48-.84, kein Feedback: $g = .58$, 95% KI = .48-.68). In der Meta-Analyse von Ross (1988) konnte widersprechend dazu eine große Effektstärke für die Arbeit mit Feedback gezeigt werden ($d = 1.20$). Es ist festzuhalten, dass die Ergebnisse der Meta-Analyse von Schwichow et al. (2016) hinsichtlich der Befunde zu lernbegleitendem Feedback widersprüchlich zur allgemeinen Lernwirksamkeit, wie etwa von Hattie (2009) ($d = .73$) analysiert, sind. Im Rahmen der Meta-Analyse von Schwichow et al. (2016) wurde lediglich berücksichtigt, ob den Lernenden im Feedback rückgemeldet wurde, wie eine Aufgabe, in der es um die Anwendung der Variablenkontrollstrategie geht, zu lösen ist. Die Gestaltung des jeweiligen Feedbacks wurde nicht berücksichtigt.

Im Folgenden wird lernbegleitendes Feedback in den Prozess des formativen Assessments eingeordnet und die Merkmale lernunterstützenden Feedbacks, getrennt nach dem rückgemeldeten Inhalt und der gestalterischen Umsetzung von Feedbackinformationen, beschrieben.

2.2 Feedback im Lernprozess

Feedback soll Informationen über das Lernziel, den Lernstand und die nächsten zu gehenden Schritte im Lernprozess enthalten. Dabei müssen der Lernstand und die nächsten Schritte in Bezug zum Lernziel gesetzt werden. Damit dies gelingt, muss zunächst der Lernstand der Schüler:innen unter Betrachtung des Lernziels diagnostiziert werden (Ramaprasad, 1983). Den Prozess der Diagnose in Kombination mit lernbegleitendem Feedback wird unter dem Begriff des formativen Assessments eingeordnet (Black & Wiliam, 1998). Die Charakteristika formativen Assessments und die Rolle von Feedback werden im Folgenden näher erläutert (Black & Wiliam, 1998; Ropohl & von Aufschnaiter, 2021).

2.2.1 Formatives Assessment

Formatives Assessment wird im Sinne konstruktiver Unterstützung als Merkmal von Unterrichtsqualität umgesetzt. Formatives Assessment verfolgt das Ziel, die Schüler:innen während des Lernprozesses beim Lernen zu unterstützen. Die Schüler:innen haben hier die Chance, ihren Lernstand im Verlauf des Lernprozesses anzupassen (Black & Wiliam, 1998; Ropohl & von Aufschnaiter, 2021). Ropohl und von Aufschnaiter (2021) schlagen sieben Schritte in einem zyklischen Prozess vor. Zunächst wird ein konkretes Lernziel festgelegt, welches von den Schüler:innen erreicht werden soll. Danach wird eine Aufgabe erstellt, oder ausgewählt, mit welcher die angestrebte Kompetenz erfasst werden kann. Daran anschließend werden die konkrete Erfassung und Sammlung von Daten festgelegt. Folgend werden die Daten ausgewählt, die zu dem im ersten Schritt festgelegten Lernziel passen. Danach werden die Daten interpretiert und die nächsten Schritte des Lernens abgeleitet. Abschließend kann die Lernunterstützung, mit welcher das Erreichen des Lernziels unterstützt werden soll, festgelegt werden. Diese Lernunterstützung kann in Form von lernbegleitendem Feedback realisiert werden (Ropohl & von Aufschnaiter, 2021). Scheuermann (2017) hat diesen Ablauf des Prozesses formativen Assessments bereits für das Planen von Experimenten unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie (siehe Abbildung 2) ausformuliert, was im Folgenden erläutert wird.

2.2.2 Formatives Assessment beim Planen von Experimenten

Innerhalb der konkreten Lernsituation stellt die Anwendung der Variablenkontrollstrategie beim Planen eines Experimentes das Lernziel dar. Der Erwerb dieser Kompetenz ist sowohl in den Bildungsstandards für Chemie (KMK, 2005) als auch im Kernlehrplan für den Chemieunterricht verankert (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019, 2022). Als Aufgabe zur Erhebung der notwendigen Daten bietet sich eine schriftliche Experimentplanung der Schüler:innen an. Diese soll auf einem vorbereiteten Forscherbogen notiert werden. Die Auswahl passender Daten wird anhand der Bewertung der Experimentplanung mit Hilfe eines Kriterienrasters realisiert. Für die Interpretation werden die Daten mit typischen Fehlern beim Planen eines Experiments unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie abgeglichen. Im Anschluss daran wird das erneute Planen eines Experiments als nächsten zu gehenden Lernschritt abgeleitet. Die Lernunterstützung wird in Form von lernbegleitendem Feedback, mit Informationen über die Lernziele, den Lernstand und die nächsten Schritte, realisiert. Der Prozess kann so oft wiederholt werden, bis das Lernziel in vollem Umfang erreicht wird (Scheuermann, 2017).