

Einleitung

Probleme begegnen jedem Menschen tagtäglich in verschiedensten Formen (Funke, 2003). Die Fähigkeit Probleme zu lösen ist dementsprechend auf ebenso vielen Ebenen insbesondere bezogen auf die naturwissenschaftliche Grundbildung fundamental und Grundlage für gesellschaftlichen und beruflichen Erfolg (Kirchherr, Klier, Lehmann-Brauns, & Winde, 2018). Das Experimentieren im Sinne der Erkenntnisgewinnung kann als Problemlöseprozess mit der experimentellen Fragestellung als Problemstellung verstanden werden (Mayer, 2007). Im Speziellen sind das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts „aufgeklärte[n], mündige[n] Menschen“ (z.B. Niedersächsisches Kultusministerium, 2012, S. 7), die zur eigenständigen und bewussten Meinungsbildung sowie zur selbstbestimmten Teilnahme am gesellschaftlichen Diskurs u.a. über naturwissenschaftliche Fragestellungen in der Lage sind (KMK, 2005a, KMK, 2005b, KMK, 2005c). Deswegen stellt das forschende Experimentieren als wesentliche Methode in den Naturwissenschaften einen entscheidenden Beitrag zur Allgemeinbildung dar (KMK, 2005a, KMK, 2005b, KMK, 2005c; Walpuski & Hauck, 2017). Gleichmaßen sind auch z.B. das Wissen über dieses Experimentieren im Bereich der Erkenntnisgewinnung (auch Wissenschaftsverständnis) oder Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, die als grobes Konzept als „Nature of Science“ bezeichnet werden und das Experimentieren in mehreren Aspekten tangieren (Höttecke, 2004; Neumann & Kremer, 2013; Werner & Kremer, 2010), von entscheidender Bedeutung (KMK, 2005a, KMK, 2005b, KMK, 2005c; Walpuski & Hauck, 2017). Im Problemlöseprozess selbst können Kenntnisse über Strategien oder notwendige Rahmenbedingungen, um eine erfolgreiche Lösungsfindung zu unterstützen, hilfreich sein (Funke, 2003; Scherer, 2014). Hierzu lässt sich ein Zitat von Paul Watzlawick aus der Kommunikationswissenschaft übertragen: „Wer als Werkzeug nur einen Hammer hat, sieht in jedem Problem einen Nagel.“ Zur Lösung von Problemen ist es also durchaus sinnvoll, mehrere Werkzeuge oder auch Strategien zur Verfügung zu haben und darüber hinaus ihren Verwendungszweck zu kennen, aber auch zu wissen, wann ihre Verwendung vielleicht nicht sinnvoll ist (Funke, 2003).

Im bisherigen naturwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland spielt das forschende Experimentieren eine eher untergeordnete Rolle und ist selten zu beobachten (Nehring, Stiller, Nowak, Upmeier zu Belzen, & Tiemann, 2016; Walpuski & Hauck, 2017), sodass eine entlastende Unterstützung des Einsatzes sinnvoll scheint. Für Lehrkräfte ergibt sich hieraus die Notwendigkeit der Diagnose von angewendeten Strategien und Ansatzpunkten für Hilfestellungen im Unterricht. Denn, wenn bekannt ist, wie die Schülerinnen und Schüler vorgehen, können auch entsprechend lernprozessunterstützende Maßnahmen angeboten werden.

Für den experimentellen Problemlöseprozess wurden viele Modelle entwickelt, die sich in der Anzahl ihrer Teildimensionen unterscheiden. Allen gemein sind mindestens die folgenden drei Teildimensionen Fragestellung/Hypothese bilden, Experi-

ment planen und durchführen sowie Ergebnisse auswerten/schlussfolgern (Emden & Sumfleth, 2012; Klahr & Dunbar, 1988; Sommer, Wambach-Laicher, & Pfeifer, 2018). Im Hinblick auf die Problemlösefähigkeiten von Schülerinnen und Schülern wurden eine Reihe von Prädiktoren und Moderatoren aus kognitiven und nicht-kognitiven Persönlichkeitsmerkmalen sowie weitere Variablen wie z.B. die Motivation oder das Vorwissen identifiziert (Funke, 2003, 2006; Mayer, 2007; Scherer, 2012). In Bezug auf den gesamten Problemlöseprozess konnten einige Strategien in der Praxis beobachtet werden (Bruner, Goodnow, & Austin, 1956; Bugdahl & Hoffmann, 2004a; Funke, 2011; Hammann, Phan, Thi Thanh Hoi, Ehmer, & Bayrhuber, 2006; Klahr, 2000; Klahr & Dunbar, 1988; Newell & Simon, 1972; Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991). Deren Unterteilung ist allerdings bisher divers und ihre Diagnose aufwendig (Funke, 2011; Kipman, 2018); eine Anwendung für den Schulalltag gestaltet sich bisher also schwierig.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, die von Schülerinnen und Schülern angewendeten Strategien beim experimentellen Problemlösen zu untersuchen und zu beschreiben sowie Ansätze für die Diagnose dieser Strategien zu identifizieren. Um Problemlöseprozesse zu beobachten, werden Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren videografiert. Auf Grundlage der videografierten Prozesse werden Strategien inhaltsanalytisch extrahiert und durch die Untersuchung korrelativer Zusammenhänge mit entsprechenden Moderatoren und Prädiktoren der Problemlösefähigkeit Diagnoseansätze der Strategien identifiziert. Sowohl die Strategien als auch die Problemlösefähigkeit beeinflussenden Variablen könnten dann als Ansatzpunkte für potenzielle zukünftige Hilfestellungen dienen.

Diese Arbeit ist im Rahmen des Projektes *TU4Teachers*¹ im Teilprojekt *Diagonal-MINT* entstanden. Einer der Schwerpunkte ist die „Entwicklung und Evaluation von Diagnoseverfahren zur Erhebung individueller Lernvoraussetzungen, Lernprozesse und Problemlösestrategien von Schülerinnen und Schülern in mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereichen.“ (Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, 2017)

¹ Das Projekt *TU4Teachers* wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert (FKZ 01JA1609).

1 Theoretischer Hintergrund/Grundlagen

1.1 Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht

Der Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung stellt einen grundlegenden Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung dar und seine Anforderungen an Schülerinnen und Schüler sind in den nationalen Bildungsstandards aller naturwissenschaftlichen Fächer beschrieben. In der Chemie werden hierunter die kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten gefasst „experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle“ (KMK, 2007, S. 7) zu nutzen sowie die Fähigkeiten und Bereitschaften diese in verschiedenen Situationen anwenden zu können (KMK, 2007). Naturwissenschaftliche Fragestellungen müssen von den Schülerinnen und Schülern erkannt, der Untersuchungsgegenstand gewählt sowie mögliche Vorgehensweisen schrittweise geplant, durchgeführt und bewertet werden, wobei das Experiment (s. Kapitel 1.1.4) einen zentralen Aspekt darstellt (KMK, 2007). Außerdem müssen die Ergebnisse der Untersuchung reflektiert und bewertet werden (ebd.). Damit wird in diesem Kompetenzbereich hauptsächlich die Handlungsdimension der zu erwerbenden Kompetenzen in Abgrenzung von der inhaltlichen Dimension berücksichtigt (ebd.) und durch die Einbindung neuer Erkenntnisse die „Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Weltverständnisses“ (KMK, 2007, S. 9) gefördert. In der Schule sollen dementsprechend über fachliche Inhalte hinaus auch Aspekte wie der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg und Charakteristika der Wissenschaft vermittelt werden (Mayer, 2007). Im Folgenden soll deshalb der Prozess der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften bzw. im naturwissenschaftlichen Unterricht genauer beleuchtet werden.

Wellnitz et al. (2012) unterteilen den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung inhaltlich in die drei Teilbereiche Naturwissenschaftliche Untersuchung, Naturwissenschaftliche Modellbildung und Wissenschaftstheoretische Reflexion, die durch Kompetenzaspekte anhand der Anforderungen der Bildungsstandards ausdifferenziert werden (s. Abb. 1). Der Teilbereich der Naturwissenschaftlichen Untersuchungen befasst sich mit dem Weg bzw. dem Vorgehen zur Generierung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Hierunter fallen naturwissenschaftsmethodische Aspekte wie das Verständnis und die Durchführung bestimmter Teilschritte des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs (Fragestellung, Hypothesen, Untersuchungsdesign, Datenauswertung) (Wellnitz et al., 2012). Der Teilbereich der Naturwissenschaftlichen Modellbildung umfasst Aspekte der Rahmenbedingungen von Repräsentationen des Untersuchungsgegenstandes. Die Funktion des Modells im Prozess der Erkenntnisgewinnung, die Modellanwendung und ihre Grenzen sind hierbei entscheidende Aspekte (ebd.). Der Teilbereich der Wissenschaftstheoretischen Reflexion betrachtet in einer Metaebene die Eigenschaften und die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens (ebd.). Die einzelnen Teilbereiche werden hier jedoch nicht in Beziehung zueinander gesetzt.

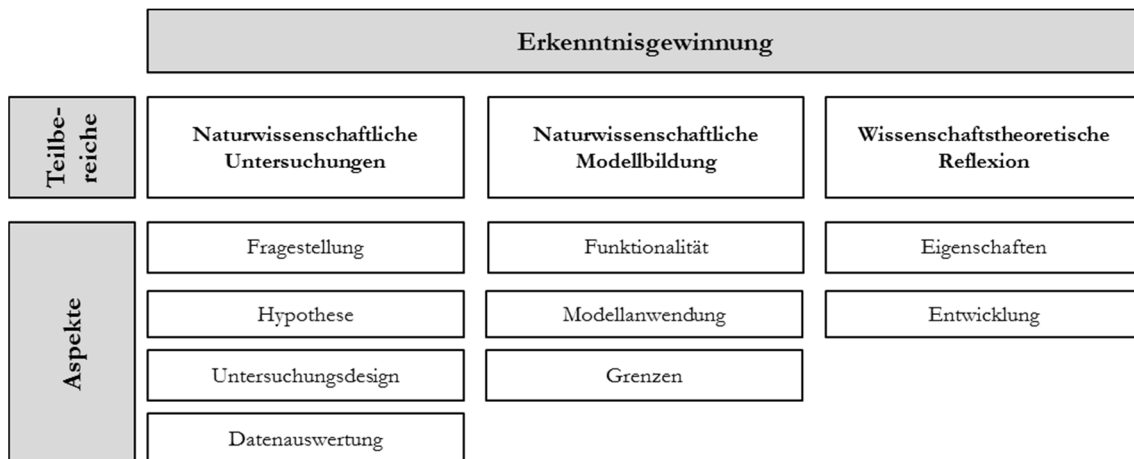


Abb. 1: Unterteilung des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung (nach Wellnitz et al., 2012)

Mayer (2007) definiert die drei zentralen Dimensionen der Erkenntnisgewinnung praktische Arbeitstechniken (practical work), wissenschaftliche Erkenntnismethoden (scientific inquiry) und Charakteristika der Naturwissenschaften (Nature of Science) für den Kompetenzbereich in einem Rahmenmodell. Zur Modellierung und zum Referenzieren der Dimensionen wird das Modell um die drei kognitionspsychologischen Konstrukte manuelle Fertigkeiten (practical skills), wissenschaftliches Denken (scientific reasoning) und Wissenschaftsverständnis (epistemological beliefs) ergänzt (ebd.) (s. Abb. 2).

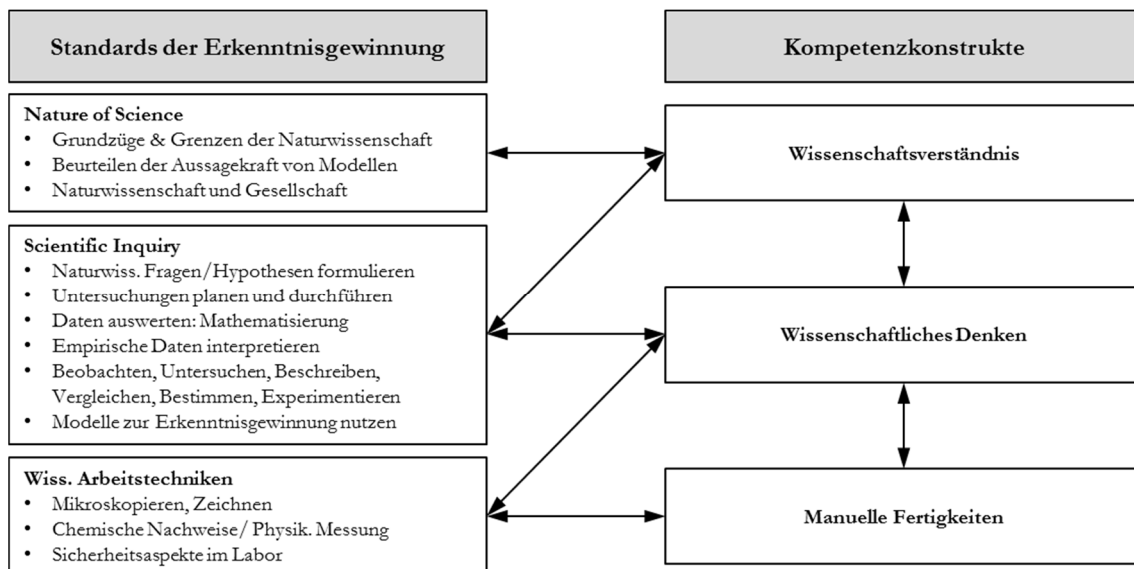


Abb. 2: Rahmenmodell für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (nach Mayer, 2007)

An den Modellen ist bereits erkennbar, dass die Abgrenzung der Bereiche und die begriffliche Zuordnung nicht einheitlich vorgenommen werden. Da die Zuordnung