



– Originalbeitrag –

Vergleichende Analyse von scientific reasoning-Aspekten in Biologie-Lehrplänen für die Sekundarstufe II

Nubia Vogt und Dirk Krüger

*Freie Universität Berlin,
Didaktik der Biologie*

ZUSAMMENFASSUNG

Der Erwerb von Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Denken (*scientific reasoning*) wird in den nationalen Bildungsstandards gefordert. Damit naturwissenschaftliches Denken in den Unterrichtsalltag integriert wird, ist eine Implementierung in die rechtlich bindenden Lehrpläne erforderlich. Die *styles of scientific reasoning* (Experimentieren, Modellieren, Kategorisieren & Klassifizieren, deduktives, probabilistisches & historisch-evolutionäres Schlussfolgern) nach Kind und Osborne (2017) erlauben eine differenzierte Betrachtung des Konstrukts, indem sie auf einer prozeduralen und epistemischen Ebene verschiedene biologiespezifische Arbeits- und Denkweisen beschreiben. Mit der Analyse der Lehrpläne aller Bundesländer soll ein Überblick gewonnen werden, inwieweit verschiedene Aspekte der *styles of scientific reasoning* in den Lehrplänen implementiert sind. Die Analyse findet an den aktuell geltenden Biologie-Lehrplänen der Bundesländer für die Sekundarstufe II statt. Die Dokumente wurden auf Basis eines Kategoriensystems, das Kompetenzerwartungen zu den einzelnen *styles* enthält, kodiert. Über alle Lehrpläne hinweg ließen sich 20 Kompetenzerwartungen finden. Statt einer gleichmäßigen Berücksichtigung der *styles* zeigt sich eine Fokussierung auf die Arbeitsweise Experimentieren, dort auf vorwiegend prozedurale Subkategorien wie „Experimente durchführen“. Subkategorien aus dem *style* probabilistisches und historisch-evolutionäres Schlussfolgern finden sich selten wieder. Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der gefundenen Subkategorien und dem Erscheinungsjahr der Lehrpläne ist nicht erkennbar. *Scientific reasoning* ist hinsichtlich der *styles* demnach nur teilweise in den Lehrplänen repräsentiert. Explizit zu fördernde epistemische Aspekte treten genauso wie die Denkweisen probabilistisches und historisch-evolutionäres Schlussfolgern in den Lehrplänen selten auf.

Schlüsselwörter: Erkenntnisgewinnung, scientific reasoning, Lehrplan, prozedural, epistemisch

Comparative analysis of scientific reasoning aspects in biology curricula for upper secondary education

Nubia Vogt und Dirk Krüger

*Freie Universität Berlin,
Didaktik der Biologie*

ABSTRACT

The acquisition of *scientific reasoning* competencies is required by the national educational standards. In order to integrate *scientific reasoning* into teaching, it has to be implemented into the curricula. The *styles of scientific reasoning* (experimenting, modeling, categorizing & classifying, deductive, probabilistic & historical-based evolutionary reasoning) according to Kind and Osborne (2017) provide a sophisticated analysis by describing different scientific inquiry strategies on procedural and epistemic levels. The analysis of the German states curricula aims to provide an overview of the extent to which certain aspects of the *styles of scientific reasoning* are implemented in the curricula. The analysis is based on the current curricula for the subject biology of all states for upper secondary level. The documents were coded using a category system containing competence expectations for the individual *styles*. Across all curricula, 20 competence expectations were identified. Instead of a consistent consideration of each *scientific reasoning style*, there is a focus on the scientific method of experimentation, which predominantly includes procedural aspects such as "conduct experiments" or "analyze data". The probabilistic and historical-based evolutionary reasoning *styles* are rarely considered. A correlation between the number of aspects found and the date of the curricula's publication is not recognizable. Accordingly, *scientific reasoning* regarding the *styles* is only partially represented in the curricula. It was found that some epistemic aspects which are expected to be explicitly promoted, such as probabilistic and historical-based evolutionary reasoning, appear in the curricula rarely.

Key words: scientific inquiry, scientific reasoning, curriculum, procedural, epistemic

1 Einleitung

Naturwissenschaftliche Bildung ist eine Voraussetzung für eine demokratische Gesellschaft (Bybee, 2002), um über alltägliche Themen wie die eigene Gesundheit oder Energieressourcen begründet entscheiden zu können (Arnold, Kremer & Mayer, 2014). Sie fördert außerdem ein Interesse an den Naturwissenschaften und die Wertschätzung naturwissenschaftlicher Forschung (Schecker, Parchmann & Krüger, 2018). Für die naturwissenschaftliche Bildung stellen die Erkenntnismethoden der Naturwissenschaften ein Basiswerkzeug dar. Methodische Kompetenzen spielen nicht nur in der Forschung eine große Rolle (Bybee, 2002), sondern sollen entsprechend den Bildungsstandards, in denen sie im Bereich Erkenntnisgewinnung verankert sind, von Schüler:innen erworben werden (KMK, 2005, 2020). Schüler:innen sollen Erkenntnismethoden nutzen, um damit im Unterricht selbstständig neues Wissen zu erwerben und sollen dabei den naturwissenschaftlichen Erkenntnisfortschritt nachvollziehen, was zu einem kritisch-reflektierten Umgang mit naturwissenschaftlichem Wissen und einem vertieften Verständnis der Biologie führen kann (Gropengießer, Harms & Kattmann, 2018).

Im deutschsprachigen Raum werden die Erkenntnismethoden als naturwissenschaftliche Denkweisen (z. B. Hypothesen aufstellen) und Arbeitsweisen (z. B. Experimentieren; Duit, Gropengießer, & Stäudel, 2004), als Wissenschaftspropädeutik (Falkenhausen, 1998) oder Erkenntnisgewinnung (KMK, 2005, 2020) zusammengefasst. Ein fachdidaktischer Konsens über die grundlegende Dimensionierung des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung fehlt jedoch bislang. Die empirische Differenzierbarkeit von Teilkompetenzen der Erkenntnisgewinnung wurde bereits in einigen fachdidaktischen Forschungsarbeiten untersucht (z. B. Hammann, Phan & Bayrhuber, 2007; Klos, Henke, Kieren, Walpuski & Sumfleth, 2008), wobei als theoretische Grundlage häufig das *Scientific Discovery as Dual Search*-Modell (*SDDS*-Modell; Klahr, 2000) dient. In diesem Modell werden domänenspezifisch verschiedene Teilprozesse des Experimentierens als Produkt einer gedanklichen Suche im „Hypothesen- und Experimentierraum“ verstanden. Mayer (2007) postuliert in seinem Rahmenmodell für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung alternativ eine domänenübergreifende Aufteilung in die drei grundlegenden Dimensionen „Wissenschaftliche Arbeitstechniken“ (*practical*

work), „Wissenschaftliche Untersuchungen“ (*scientific inquiry*) und „Charakteristika der Naturwissenschaften“ (*nature of science*). Die Dimension „Wissenschaftliche Untersuchungen“ (*scientific inquiry*) hängt eng mit dem naturwissenschaftlichen Denken (*scientific reasoning*) zusammen (Kuhn, Amsel, & O'Loughlin, 1988; Klahr, 2000) und wird in einem Strukturmodell zum naturwissenschaftlichen Denken weiter ausdifferenziert (Mayer, 2007). *Scientific reasoning* findet sich im Wesentlichen in den Kompetenzen des Bereichs Erkenntnisgewinnung der Bildungsstandards wieder und ist Grundlage dieser Untersuchung (KMK, 2005, 2020).

Scientific reasoning-Kompetenzen schließen eine Problemlösekompetenz und das anschließende Reflektieren über den Prozess mit ein (Morris, Croker, Masnick & Zimmerman, 2012), wobei die Anwendung der drei Wissensformen Kontextwissen, prozedurales Wissen und epistemisches Wissen eine große Rolle spielt (Kind & Osborne, 2017). Die Wissensformen entsprechen den von Hodson (2014) definierten Zielen naturwissenschaftlicher Bildung: *learning science* (Kontextwissen), *doing science* (prozedurales Wissen) und *learning about science* (epistemisches Wissen). Kind und Osborne (2017) strukturieren *scientific reasoning* weiter in distinkte, domänenspezifische *styles*, die ihre jeweils eigenen Ansprüche an die drei Wissensformen stellen. Die *styles* sollen möglichst umfassend verschiedene biologiespezifische Denk- und Arbeitsweisen abdecken. Sie bringen auf einer Metaebene einzelne theoretische Strukturierungen und Annahmen zum Experimentieren, Modellieren, Kategorisieren und Klassifizieren, deduktiven Schlussfolgern, probabilistischen Schlussfolgern und historisch-evolutionären Schlussfolgern zusammen. Somit beschreiben sie mehr Aspekte, als theoretische Rahmungen im Bereich Erkenntnisgewinnung bisher berücksichtigen (vgl. Grube, 2010; Krüger & Upmeyer zu Belzen, 2021; Hammann, 2002; Watson & Callingham, 2002; Junker & Scherer, 2001). Die *styles* begegnen damit Opitz, Heene und Fischers (2017) Untersuchung, die eine fehlende Klarheit über die theoretische Strukturierung von *scientific reasoning* in der fachdidaktischen Forschung aufzeigt. Eine klare Strukturierung des Konstrukts *scientific reasoning* wäre im Sinne eines kompetenzorientierten Unterrichts eine Chance, um konkrete überprüfbare Unterrichtsziele in den Bildungsstandards zu formulieren und den Lehrkräften damit eine Hilfe anzubieten, um zu entscheiden, welche Komponenten von *scientific reasoning* im Un-

terricht gezielt zu vermitteln sind (Wiesner, Schreiner, Breit & Pacher, 2017).

Hier wird untersucht, inwieweit die in den *styles of scientific reasoning* repräsentierten prozeduralen und epistemischen Perspektiven (Kind & Osborne, 2017) in den Lehrplänen der Oberstufe im Fach Biologie Berücksichtigung finden. Der Vorschlag von Kind und Osborne (2017) bietet eine theoretisch breit gefächerte Basis zur Untersuchung und Förderung von Erkenntnisgewinnungsaspekten. Die Perspektiven der *styles* Experimentieren, Modellieren sowie Kategorisieren und Klassifizieren finden sich in den Bildungsstandards in den entsprechenden Arbeitsweisen wieder, die *styles* deduktives, probabilistisches und historisch-evolutionäres Schlussfolgern spiegeln Denkweisen wider, die nicht explizit in den Bildungsstandards genannt werden.

Kind und Osbornes (2017) Vorschlag einer Strukturierung von *scientific reasoning* in distinkte *styles* umfasst die Kompetenzen aus den Bildungsstandards (KMK, 2005) und den einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Abitur (EPA; KMK, 2004) und eignet sich aufgrund seiner Differenziertheit dazu, auch darüberhinausgehende Kompetenzerwartungen in den Lehrplänen zu erfassen. Kind und Osborne (2017) postulieren, dass die *styles* zu einem vertieften Verständnis von *scientific reasoning* beitragen können und begegnen mit ihrer Strukturierung der Kritik an der vereinfachenden „naturwissenschaftlichen Methode“, die häufig Unterrichtsgegenstand ist (Windschitl, 2004).

2 Theorie

Zur Lösung eines naturwissenschaftlichen Problems nutzen Wissenschaftler:innen unterschiedliche Methoden (vgl. Gropengießer et al., 2018), wobei dem Experimentieren (Hammann, Phan, Ehmer, & Grimm, 2008; Mayer & Ziemek, 2006) und dem Arbeiten mit Modellen (Krüger & Upmeier zu Belzen, 2021) eine besondere Bedeutung zukommt. Oft folgen Strukturierungen des Konstrukts *scientific reasoning* dem hypothetisch-deduktiven Ansatz (Popper, 1934) und verschiedene Arbeits- und Denkweisen werden zur „naturwissenschaftlichen Methode“ zusammengefasst (Mayer, 2007; Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). Diese Sichtweise ist sowohl in der Forschung als auch im Unterricht populär und wird traditionell als eine Abfolge der Prozesse *Beobachten, Fragen erstellen, Hypothesen erstellen, Experimentieren, Daten auswerten* und *Schluss-*

folgerungen ziehen interpretiert (Windschitl, Thompson & Braaten, 2008). Bauer (1992) kritisiert die Darstellung der universellen naturwissenschaftlichen Methode, indem er Möglichkeiten aufzeigt, wie Forschende verschiedener Teildisziplinen beispielsweise Fragen stellen, Daten aufnehmen oder ihre Ergebnisse rechtfertigen. Windschitl et al. (2008) greifen diese Aspekte auf und argumentieren, dass die zusammenfassende Sichtweise auf Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften die epistemische Perspektive vernachlässigt, die entscheidend für das Verständnis des Kerns der Naturwissenschaften ist. Dieser Argumentation folgend kritisieren Kind und Osborne (2017) die eingeschränkte Sicht auf das Konstrukt und schlagen eine umfangreichere Strukturierung von *scientific reasoning* vor (vgl. Crombie, 1994), die eine nachvollziehbare Orientierungshilfe zur Erstellung von Unterrichtsinhalten liefern soll. Die vorgeschlagene Strukturierung soll dazu anregen, dass Schüler:innen in verschiedenen Wissensdimensionen die zentralen Denk- und Arbeitsweisen der Biologie kennenlernen, die sich im Laufe Naturwissenschaftsgeschichte entwickelt haben. Die Strukturierung bezieht neben den genannten Arbeitsweisen Experimentieren und Modellieren auch das Kategorisieren und Klassifizieren sowie die Denkweisen deduktives, probabilistisches und historisch-evolutionäres Schlussfolgern mit ein, wodurch *scientific reasoning* gleichzeitig für die Biologie spezifiziert wird. Die wesentliche Denkoperation des historisch-evolutionären Schlussfolgerns, die diese Denkweise spezifisch für die Biologie macht, ist das abduktive Schließen, bei dem rückwärts gerichtete Erklärungen gesucht werden (vgl. Peirce, 1878, 1978). Abduktive Erklärungen werden dabei im Sinne einer Suche nach einer in der Vergangenheit liegenden Ursache für ein Phänomen verstanden (Johnson & Krems, 2001; Rocksén, 2016), die kreative und interpretierende Elemente beinhaltet, und somit erkenntniserweiternd ist (Krüger & Upmeier zu Belzen, 2021).

Die Autoren schlüsseln die *styles* in drei Wissensdimensionen auf. Als erste Wissensdimension führen sie das unter dem Begriff „konzeptuelles Wissen“ zusammengefasste domänenspezifische Wissen über Fakten, Konzepte, Gesetze und Theorien auf (Gott & Roberts, 2008). Die zweite Wissensdimension ist das prozedurale Wissen über die kognitiven Werkzeuge, die notwendig sind, um den jeweiligen *style* ausführen zu können. Prozedurales Wissen beinhaltet Fähigkeiten, Techniken oder Methoden, die disziplinspezifisch zur erfolg-

reichen Anwendung eines *styles* beitragen (Anderson et al., 2001). Für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess werden unter anderem das Formulieren naturwissenschaftlicher Fragestellungen, das Generieren von Hypothesen, das Planen und Durchführen von Untersuchungen, die Analyse der Daten und das Schlussfolgern als Teilfähigkeiten dazu gezählt (Abd-El-Khalick et al., 2004). Als dritte Wissensdimension umfasst das epistemische Wissen ein Verständnis über Konstrukte und Methoden, die für den Prozess der Wissensbildung in der Wissenschaft und auch zur Rechtfertigung der gewonnenen Erkenntnisse essentiell sind (*thinking behind the doing*; Arnold et al., 2014). Furtak, Seidel, Iverson und Briggs (2012) betonen, dass diese Wissensform erlaubt, Arbeitsabläufe Forschender nachvollziehen zu können.

In dieser Untersuchung soll der Fokus auf das prozedurale und epistemische Wissen gelegt werden, da hiermit Denkstrukturen abgebildet werden, die über fachspezifisches Kontextwissen aus dem Kompetenzbereich Fachwissen hinausgehen und im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung verortet sein sollten. Auf Basis der theoretischen Grundlage der *styles of scientific reasoning* wurde in Vogt & Krüger (2020) literaturgestützt ein Raster erarbeitet, das die prozeduralen und epistemischen Aspekte der einzelnen *styles* trennscharf voneinander abgrenzt und als Kompetenzerwartung formuliert (Tab. 1). Der *style* deduktives Schlussfolgern bildet sich dabei als übergeordnete Denkweise in jedem Verfahren beim Generieren von Hypothesen aus einer Theorie ab (Popper, 1934) und wird nicht durch eigene Kompetenzerwartungen im Raster dargestellt. Die verbleibenden Kompetenzerwartungen werden gestützt durch wissenschaftstheoretische Annahmen, die im Folgenden genauer erläutert werden.

2.1 Styles of scientific reasoning

Der *style* Experimentieren bildet Kompetenzen ab, die benötigt werden, um ein Experiment zu planen, durchzuführen und auf Metaebene über dessen Zweck nachzudenken. Ein Experiment dient der Überprüfung von Hypothesen und der Schlussfolgerung über kausale Zusammenhänge (Popper, 1935). Die hypothetisch-deduktive Methode des Experimentierens lässt sich im Sinne des *scientific reasoning* in vier Teilschritte untergliedern: (1) Fragestellung und Hypothese generieren, (2) Experimente planen (3) Daten auswerten und interpretieren und (4) Experimente durchführen (vgl. Mayer, 2007; Grube, 2010; Gut-Glanzmann & Mayer, 2018).

Diese Teilschritte werden im Kriterienraster auch auf der prozeduralen Ebene als Kompetenzerwartung abgebildet, wobei das Generieren einer Fragestellung und einer Hypothese eigenständige Subkategorien darstellen (Tab. 1; vgl. Mayer, Grube & Möller, 2008; Walpuski & Schulz, 2011). Auf epistemischer Ebene wird in den Kompetenzerwartungen das Wissen über die Grundlagen des Experimentierens abgebildet, beispielsweise das Nachdenken über die verschiedenen Variablen (Tab. 1).

Der *style* Modellieren bildet Kompetenzen ab, die benötigt werden, um Modelle als naturwissenschaftliche Forschungsinstrumente zu nutzen und auf Metaebene über diese nachzudenken. Nach Krüger & Upmeyer zu Belzen (2021) umfasst die Modellierkompetenz „[...] die Fähigkeiten, beim Herstellen von Modellen einen theoriegeleiteten oder kreativen Erkenntnisprozess zu initiieren, bei der Anwendung von Modellen zweckbezogenen Erkenntnis zu gewinnen, über Modelle mit Bezug auf ihren Zweck zu urteilen und über den Prozess der Erkenntnisgewinnung durch Modelle und das Modellieren zu reflektieren (S. 8).“ Die Subkategorien der Modellierkompetenz „Testen von Modellen“ und „Ändern von Modellen“ werden im Kriterienraster der prozeduralen Ebene, die Subkategorien „Eigenschaften von Modellen“ und „Alternative Modelle“ der epistemischen Ebene zugeordnet. Die Subkategorie „Zweck des Modellierens“ ist auf beiden Ebenen abgebildet (Tab. 1; „Modelle als Forschungswerkzeuge nutzen“ und „Zweck vom Modellieren“), um sowohl die praktische Tätigkeit des unterschiedlichen Nutzens von Modellen als auch das Nachdenken über den Zweck abzubilden.

Der *style* Kategorisieren und Klassifizieren bildet Kompetenzen ab, die benötigt werden, um die biologische Vielfalt ordnen zu können. Dabei spielen vor allem das Vergleichen und das Finden zweckmäßiger Kriterien eine tragende Rolle, zum Beispiel im Kontext der Systematik. Zur Formulierung der erwarteten Kompetenzen der Erkenntnismethoden Ordnen und Vergleichen wurden die inhaltlichen Überlegungen (Kriterienstetigkeit, Bestimmen) in wissenschaftstheoretischer (Janich & Weingarten, 1999) und naturwissenschaftsdidaktischer Literatur (Hammann, 2002; Wellnitz & Mayer, 2013) genutzt. Als weiterer Input zur Formulierung der erwarteten Kompetenzen dienten die bestehenden Kompetenzerwartungen aus den Bildungsstandards Bi-

ologie für die Sek. I (KMK, 2005): „[Die Schüler:innen] beschreiben und vergleichen Anatomie und Morphologie von Organismen; ermitteln mithilfe geeigneter Bestimmungsliteratur im Ökosystem häufig vorkommende Arten (S. 14).“ Die epistemischen Subkategorien beziehen sich auf die Bedeutung und den Prozess des Klassifizierens (Voraussetzungen, Ziele) sowie die entstandenen Ordnungssysteme als Ergebnis (Tab. 1).

Der *style* probabilistisches Schlussfolgern bildet Kompetenzen ab, die benötigt werden, um gewonnene Daten angemessen zu interpretieren und sie in einen Kontext zu setzen (*statistical literacy*; Pfannkuch & Wild, 2004; Frischemeier, 2017). Ben-Zvi und Garfield (2004) plädieren für eine Ausweitung des Begriffs auf die Bereiche *statistical thinking* und *statistical reasoning*. Das probabilistische Schlussfolgern ist dabei abzugrenzen von der Diagrammkompetenz, bei der es um die sachgerechte Informationsentnahme aus Diagrammen oder die Visualisierung von Daten mithilfe von Diagrammen geht (Lachmayer, Nerdel & Prechtel, 2007). Überträgt man diese Annahmen auf den theoretischen Rahmen für statistische Untersuchungen von Watson und Callingham (2002), ergeben sich zwei Bereiche, die die Grundlage für das erstellte Kriterienraster bilden. Der erste Bereich umfasst das Wissen über Wahrscheinlichkeiten und die damit verbundene Unsicherheit (*level of certainty*) und der zweite Bereich die induktive Statistik (*informal inference*), mit Hilfe derer Aussagen über den vorliegenden Datensatz getroffen werden (Behnke & Behnke, 2006; Ben-Zvi, Makar & Garfield, 2018; Cohn, Cohn Runkle & Cope, 2011). Die Aspekte der induktiven Statistik werden in den prozeduralen und epistemischen Kompetenzerwartungen abgebildet, das Wissen über (Irrtums-)Wahrscheinlichkeiten in den epistemischen Kompetenzerwartungen (Tab. 1).

Der *style* historisch-evolutionäres Schlussfolgern bildet Kompetenzen ab, die benötigt werden, um historische Ereignisse zu erklären und die Sicherheit dieser Erklärung einzuschätzen. Mayr (2004) erklärt die historische naturwissenschaftliche Forschung für einzigartig in ihrer Theorie und Methodik und bezeichnet sie als eigenständigen Bereich, der die moderne Biologie von anderen Naturwissenschaften abgrenzt. Zur Formulierung der prozeduralen Kompetenzerwartung wurden bestehende Kompetenzerwartungen aus den Bildungsstandards Biologie für die Sek. I (KMK, 2005) herangezogen, insbesondere aus dem Themenfeld der Evolution

(„[Schüler:innen] analysieren die stammesgeschichtliche Verwandtschaft bzw. ökologisch bedingte Ähnlichkeit bei Organismen durch kriteriengeleitetes Vergleichen“, S. 14). Der Input aus den Bildungsstandards wurde mit Literatur über die Arbeitsweisen in der Evolutionsbiologie ausgearbeitet (vgl. Süßmuth, 2007; Junker & Scherer, 2001). Es ergibt sich ein Zusammenhang der prozeduralen Kompetenzerwartungen zwischen dem *style* historisch-evolutionäres Schlussfolgern und dem *style* Kategorisieren und Klassifizieren. Der Unterschied der beiden *styles* wird aus den epistemischen Subkategorien ersichtlich, die auf Grundlage von Kind und Osbornes (2017) Vorschlag zum abduktiven Schließen als Denkopoperation beim historischen Schlussfolgern formuliert wurden (Tab. 1; vgl. Peirce, 1878, 1978). Da die Vergangenheit mit Beobachtungen und Experimenten nicht direkt erreicht werden kann, muss ein rückwärts gerichteter Erklärungsmodus genutzt werden, der die Biologie als historische Naturwissenschaft ausmacht (Mayr, 2004).

2.2 Lehrpläne

Ausgangspunkt der Untersuchung sind die Lehrpläne der Länder, worunter die in Deutschland geltenden Steuerungsdokumente zur Planung des Unterrichts zählen (Wiater, 2005). Lehrpläne stellen die erste Ebene der Implementierung von Kompetenzen im Unterricht dar (*official curriculum*; Remillard & Heck, 2014). Als ihre Basis gelten die von der Kultusministerkonferenz verabschiedeten Bildungsstandards (KMK, 2005, 2020). Die Bildungsstandards mit ihrer Output-Orientierung werden von den einzelnen Bundesländern in eigene Steuerungsdokumente überführt, die entweder die äußere Form der Bildungsstandards aufnehmen (z. B. Nordrhein-Westfalen) oder eigene Formen verwenden (Baden-Württemberg, Bayern; Klieme et al., 2003). Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer (Biologie, Chemie, Physik) beziehen die in den Bildungsstandards aufgeführten Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung ein und enthalten detailliert beschriebene Inhalte, die zur Erreichung eines vorgegebenen Lernziels gelehrt werden sollen, sowie didaktische Hinweise zur Realisierung ebendieser im Unterricht (Wiater, 2005). Lehrpläne sollen eine bedeutende Orientierung für Lehrkräfte darstellen (KMK, 2019). Die Interaktionen zwischen Lehrkräften und Schüler:innen zu einem bestimmten Thema im Unterricht haben den größten Einfluss auf den Lernerfolg, weshalb verständliche

Tabelle 1

Haupt- und Subkategorien der styles of scientific reasoning mit formulierten Kompetenzerwartungen; pro = procedural / epi = epistemisch

Style	Subkategorie	Kompetenzerwartung
Experimentieren	Fragen formulieren	Die SuS generieren naturwissenschaftliche Fragestellungen, die einen Bezug zum Phänomen haben, grundsätzlich beantwortbar und naturwissenschaftlich untersuchbar sind.
	Hypothesen bilden	Die SuS generieren empirisch überprüfbar und theoretisch begründete Hypothesen und formulieren diese als Vorhersage.
	Experimente planen	Die SuS planen Experimente, indem sie die unabhängige Variable systematisch variieren, die abhängige Variable messen, Störvariablen ausschließen, Kontrollansätze berücksichtigen und geeignete Geräte zur Durchführung nutzen.
	Daten auswerten	Die SuS beschreiben und interpretieren experimentelle Daten und leiten daraus Schlussfolgerungen bezüglich der aufgestellten Fragen und Hypothesen ab.
	Experimente durchführen	Die SuS führen eigenständig geplante oder gegebene Experimente sachgerecht durch.
	Wissen über Variablen & Kontrollen	Die SuS wissen, dass die unabhängige Variable systematisch variiert werden muss, dass die abhängige Variable durch diese veränderbar ist und dass Störvariablen kontrolliert werden müssen. Sie kennen außerdem den Zweck von Kontrollansätzen.
epi	Interpretation von Daten	Die SuS wissen, dass die objektive Beschreibung der Daten von einer subjektiven Interpretation zu trennen ist. Die Beschreibung beinhaltet den wertneutralen Vergleich der gewonnenen Daten, die Interpretation beurteilt die Daten in Hinblick auf die Hypothese. Sie wissen darüber hinaus, dass die subjektive Interpretation der experimentellen Daten einen vorläufigen Charakter hat und abhängig ist vom Stand des Wissens des Forschenden, dem historischen Kontext und der der Untersuchung zugrunde liegenden Theorie.
	Modelle nutzen	Die SuS nutzen oder entwickeln Modelle, um Bekanntes zu erklären sowie Neues zu erforschen.
pro	Modelle testen	Die SuS üben Modellkritik und beurteilen die Aussagekraft und Grenzen von Modellen oder überprüfen mit Hilfe des Modells aufgestellte Hypothesen am Ausgangsobjekt.
	Modelle ändern	Die SuS ändern das Modell aufgrund neuer Erkenntnisse oder falsifizierter Hypothesen.
epi	Zweck des Modellierens	Die SuS wissen, dass Modelle genutzt werden können, um Phänomene zu erklären sowie Zusammenhänge von Variablen für zukünftige neue Erkenntnisse vorzusagen.
	Eigenschaften von Modellen	Die SuS wissen, dass Modelle keine exakten Kopien von etwas sind, sondern idealisierte Repräsentationen oder theoretische Rekonstruktionen.
Kategorisieren & Klassifizieren	Kriterien stetig vergleichen	Die SuS vergleichen gegebene Organismen kriterienstet (nach einem übergeordneten Kriterium).
	Organismen bestimmen	Die SuS ordnen mit Hilfe geeigneter Bestimmungsliteratur gegebene Organismen in bestehende Kategorien ein.
	Zweckmäßige Kriterien finden	Die SuS identifizieren zweckmäßige Kriterien (trennscharf, gut definiert und objektiv) für einen naturwissenschaftlichen Vergleich oder legen diese selbst fest.
epi	Veränderbare Ordnungssysteme	Die SuS wissen, dass Ordnungssysteme durch neue Erkenntnisse verändert werden können und sich stetig im Wandel befinden.
pro	Testergebnisse interpretieren (Kausalität)	Die SuS unterscheiden einen ungerichteten Zusammenhang zwischen zwei Variablen von einer bestätigten Kausalbeziehung im Sinne einer eindeutigen Ursache-Wirkungs-Sequenz und interpretieren Testergebnisse dahingehend. Kausale Interpretationen werden von der Untersuchungsart bzw. dem Untersuchungsdesign und von inhaltlichen Erwägungen abhängig gemacht.
	Verallgemeinern	Die SuS wissen, dass mit statistischen Verfahren Aussagen über den speziellen, vorliegenden Datensatz hinaus getroffen werden, ohne die Grundgesamtheit zu erheben. Eine Verallgemeinerung der Daten ist jedoch nicht grenzenlos möglich und hängt vom vorliegenden Datensatz ab.
pro	Vergleichen unterschiedlicher Merkmale	Die SuS wenden die Methode des naturwissenschaftlichen Vergleichs zur Erforschung von Verwandtschaft an. Sie vergleichen dabei unterschiedliche Merkmale (z.B. molekulare, morphologische, anatomische, verhaltensbiologische) zur Rekonstruktion der Vergangenheit.
	Abduktive Schlüsse sind die beste Erklärung	Die SuS wissen, dass Schlussfolgerungen über historische Ereignisse nur die aktuell beste, aber dennoch spekulative Erklärung für das Ereignis sind und keine Beweise liefern. In einer abduktiven Argumentation wird eine rückwärtsgerichtete Hypothese (Retrodikt) über einen bestimmten Fall aufgestellt und mit bekannten Fakten verglichen, um eine mögliche Erklärung für den Fall zu finden. Diese gilt jedoch nur für den beobachteten Fall und ist nicht übertragbar.
Historisch-evolutionäres Schlussfolgern		

Vorgaben in den Lehrplänen gemacht werden müssen, die die Lehrkräfte einfach interpretieren und in ein Unterrichtsgeschehen umsetzen können (*teacher-intended curriculum*, Remillard & Heck, 2014). Es ist bisher nicht bekannt, inwieweit die von den Bildungsstandards geforderten Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung in deutschen Biologie-Lehrplänen (adäquat) implementiert sind. Lassen sich die von den Bildungsstandards und den EPA definierten Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung für die Sekundarstufe II (Sek. II) in den Lehrplänen nicht finden, ist auch keine Umsetzung im Unterricht zu erwarten (*enacted curriculum*; Remillard & Heck, 2014). Mit Einführung der EPA im Jahre 2004 ist eine verbreitetere Implementierung von Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung zu erwarten. Auch der wachsende Korpus fachdidaktischer Forschung zu einzelnen Teilkompetenzen dürfte zu einer vermehrten Nennung ebendieser Aspekte geführt haben (vgl. z.B. Wellnitz, 2012; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010; Krüger & Upmeier zu Belzen, 2021).

Der Untersuchung liegen daher folgende Forschungsfragen zugrunde:

F₁: Inwieweit finden sich die von den Bildungsstandards geforderten Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung im Sinne der *styles of scientific reasoning* (Kind & Osborne, 2017) in den Biologie-Lehrplänen der Sekundarstufe II wieder?

F₂: Inwieweit gibt es einen positiven Zusammenhang zwischen der Aktualität des Veröffentlichungsjahrs der Biologie-Lehrpläne der Sekundarstufe II und der Häufigkeit gefundener Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung im Sinne der *styles of scientific reasoning* (Kind & Osborne, 2017)?

3 Methode

In der vorliegenden Untersuchung wurden die im Jahr 2020 aktuell gültigen Lehrpläne aller deutschen Bundesländer sowie die einheitlichen Prüfungsanforderungen für die Abiturprüfung (EPA; KMK, 2004) als Basis der Lehrpläne erfasst, da die Untersuchung vor Veröffentlichung der Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife (KMK, 2020) durchgeführt wurde. Die Dokumente wurden mithilfe einer strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) ausgewertet.

Die der Analyse zugrunde liegenden Dokumente wurden von den jeweiligen Bildungsservern der KMK und der Bundesländer heruntergeladen. Die Dokumente sind allesamt spezifisch für das Fach Biologie und beziehen sich auf die Sekundarstufe II. Bei Vorliegen mehrerer Dokumente, beispielsweise durch eine Aufteilung in Gymnasium und Integrierte Sekundarstufe oder Grund- und Leistungskurs, wurden beide Dokumente analysiert und die Ergebnisse zusammengefasst (Tab. 3; Abb. 1). Insgesamt wurden $N = 18$ Dokumente in die Analyse einbezogen (Tab. 2; durchschnittlicher Seitenumfang: $M = 47,4$ Seiten) und mithilfe des Programms MAXQDA 2020 (Verbi Software, 2019) analysiert. Hierbei wurden alle Textpassagen berücksichtigt, so dass neben den im Biologieunterricht zu vermittelnden Standards ebenso die Beschreibungen der Kompetenzbereiche und begleitende Texte mit einfließen. Die Dokumente wurden auf Basis des bestehenden, deduktiv-induktiv entwickelten Kategoriensystems (Vogt & Krüger, 2020; Kind & Osborne, 2017) analysiert. Die fünf Hauptkategorien (*styles*) werden durch insgesamt 20 Subkategorien abgebildet, die die Grundlage der Analyse bilden (Tab. 1).

Nach Identifizierung und Kodierung relevanter Textstellen in allen Dokumenten durch die Erstautorin wur-

Tabelle 2

Analysierte Lehrpläne. Aufgeführt sind die Bundesländer, das Veröffentlichungsjahr sowie die Spezifikation der Aufteilung, falls vorhanden (GYM = Gymnasium, ISS = Integrierte Sekundarschule, GK = Grundkurs, LK = Leistungskurs; - = keine Aufteilung vorhanden)

	Jahr	Aufteilung
Baden-Württemberg	2016	GYM + ISS
Bayern	2012	-
Berlin	2006	-
Brandenburg	2018	-
Bremen	2008	-
Hamburg	2009	-
Hessen	2016	-
Mecklenburg-Vorpommern	2019	-
Niedersachsen	2017	-
Nordrhein-Westfalen	2014	-
Rheinland-Pfalz	1998	-
Saarland	2019	GK + LK
Sachsen	2019	-
Sachsen-Anhalt	2019	-
Schleswig-Holstein	2019	-
Thüringen	2012	-

den 10 % der Textstellen zuvor trainierten Kodierer:innen ($N = 2$) vorgelegt, die unabhängig voneinander beurteilten, welche Subkategorien des *scientific reasoning* in den ausgewählten Textstellen repräsentiert sind. Die Interrater-Übereinstimmung lag im sehr guten Bereich (Cohens Kappa, $\kappa = 0.81 / \kappa = 0.89$; Döring & Bortz, 2016).

4 Ergebnisse

Insgesamt ergab die Analyse der Lehrpläne $N = 418$ Kodierungen in allen vorher definierten Subkategorien. 252 Kodierungen wurden in den formulierten Standards gefunden, 146 in den allgemeinen Beschreibungen eines Kompetenzbereichs und 20 ergaben sich aus den übrigen Textpassagen (z. B. Aufgaben) der Lehrpläne. In Tabelle 3 sind die genannten Subkategorien und ihre Häufigkeiten pro Bundesland dargestellt, zusätzlich ist das Vorkommen der Subkategorien in den EPA (KMK, 2004) vermerkt.

Der *style* Experimentieren ist in allen Lehrplänen vertreten, wobei die meisten Kodierungen ($n = 267$) den prozeduralen Kategorien zugeordnet wurden. Besonders prominent waren 95 Kodierungen für die Subkategorie „Experimente durchführen“. Diese trat zusammen mit der Subkategorie „Daten auswerten“ in allen Lehrplänen auf. Die am wenigsten genannte prozedurale Subkategorie ist „Fragen formulieren“. Epistemische Subkategorien werden beim *style* Experimentieren ($n = 8$) selten erwähnt.

Auch im *style* Modellieren werden prozedurale Subkategorien ($n = 68$) wesentlich stärker betont als epistemische Subkategorien ($n = 6$). Die am häufigsten genannte Subkategorie war hier „Modelle als Forschungswerkzeuge nutzen“. In den Lehrplänen zweier Bundesländer (Saarland, Sachsen) wurde keine Subkategorie aus diesem *style* gefunden.

Im *style* Kategorisieren und Klassifizieren wurde die epistemische Subkategorie „Veränderbare Ordnungs-

systeme“ in nur zwei Lehrplänen (Bayern, Rheinland-Pfalz) einmalig gefunden. In zehn Lehrplänen wurde mindestens eine prozedurale Subkategorie zu diesem *style* kodiert.

Die meisten Kodierungen einer epistemischen Subkategorie fielen im *style* probabilistisches Schlussfolgern auf das „Verallgemeinern“ ($n = 10$). Im *style* historisch-evolutionäres Schlussfolgern wird das „Vergleichen unterschiedlicher Merkmale“ in vier Lehrplänen genannt, wohingegen Gedanken zum Schlussfolgern über historische Ereignisse in nur noch zwei Lehrplänen (Niedersachsen, Rheinland-Pfalz) einmalig aufgeführt sind. Insgesamt wurden das historisch-evolutionäre sowie das probabilistische Schlussfolgern selten genannt.

Durchschnittlich wurden 8,5 Subkategorien pro Lehrplan gefunden. Mit jeweils 12 genannten Subkategorien haben Baden-Württemberg, Berlin und Brandenburg den am breitesten gefächerten Lehrplan bezogen auf die *styles of scientific reasoning*.

Auf Baden-Württemberg entfallen die meisten Kodierungen ($n = 65$), die sich mit Ausnahme der Subkategorie „Verallgemeinern“ ausschließlich auf prozedurale Subkategorien beziehen. Die Lehrpläne von Berlin und Brandenburg beziehen zusätzlich epistemische Subkategorien zum Modellieren mit ein, berücksichtigen jedoch das historisch-evolutionäre Schlussfolgern nicht. Mit jeweils drei genannten Subkategorien sind die Lehrpläne vom Saarland und Sachsen am wenigsten breit aufgestellt. Sachsen-Anhalt setzt einen Fokus auf die Durchführung und Auswertung von Experimenten. In Rheinland-Pfalz wird der *style* Modellieren kaum erwähnt (Tab. 3).

Betrachtet man die Anzahl der genannten Subkategorien pro Lehrplan in Bezug auf das Jahr der Veröffentlichung des Dokuments, ist kein Zusammenhang erkennbar (Abb. 1). Im Lehrplan Rheinland-Pfalz von 1998 wurden genauso viele Subkategorien gefunden wie in Schleswig-Holsteins Lehrplan von 2019.

Tabelle 3

In Biologie-Lehrplänen der Sek. II kodierte Subkategorien der styles of scientific reasoning ($N_{Kodierungen}=418$); die Anzahl der Kodierungen für Baden-Württemberg und das Saarland bezieht die Kodierungen aus jeweils zwei Lehrplänen mit ein; die Gesamtzahl der Kodierungen enthält nicht die Kodierungen aus den EPA; pro = prozedural, epi = epistemisch

Style	Subkategorie	Beispiel	Bundesland																	#Kodierungen pro Subkategorie
			EPA	BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
Experimentieren	Fragen formulieren	Die Schülerinnen und Schüler können Fragestellungen und begründete Vermutungen zu biologischen Phänomenen formulieren. (BW (GYM), S. 9)	-	3	-	-	1	-	1	1	-	3	5	-	-	2	1	6	23	
	Hypothesen bilden	Die Schülerinnen und Schüler entwickeln Hypothesen auf Grundlage theoretischer Vorklärunen. (HB, S. 15)	2	3	-	2	1	1	2	1	2	2	10	-	-	2	1	6	33	
	Experimente planen	Die Schülerinnen und Schüler können Experimente und Untersuchungen zielgerichtet nach dem Prinzip der Variablenkontrolle unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften planen [...] und dabei mögliche Fehlerquellen reflektieren. (NW, S. 22)	1	7	-	5	3	1	2	2	1	3	2	2	-	8	1	7	44	
	Daten auswerten	Die Schülerinnen und Schüler können Daten, Trends und Beziehungen interpretieren, diese erklären und weiterführende Schlussfolgerungen ableiten. (BB, S. 15)	2	13	1	7	3	2	3	2	1	4	7	4	2	1	13	1	8	72
	Experimente durchführen	[...] Experimente gekennzeichnend, die vom Schüler eigenständig durchzuführen sind. Dabei ist die Fähigkeit, Experimente selbstständig [...] durchzuführen [...] schrittweise zu entwickeln. (TH, S. 7)	2	14	1	5	3	2	2	2	1	3	4	4	6	13	10	17	1	9
epi	Wissen über Variablen & Kontrollen	experimentelle Methode: [...] Kontrollansatz, konstante und variable Parameter (ST, S. 36)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	4	
	Interpretation von Daten	Die Schülerinnen und Schüler können zwischen den aufbereiteten Daten (Beobachtung) und deren Interpretation (Deutung) trennen. (SH, S. 42)	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	1	-	4	
pro	Modelle nutzen	Neue Modelle werden dabei entwickelt [...], um natürliche Phänomene und gegebenenfalls auch technische Effekte zu beschreiben, zu erklären und zu prognostizieren. (HB, S. 5)	2	4	-	5	3	3	2	1	2	-	4	4	-	2	-	1	31	
	Modelle testen	Die Schülerinnen und Schüler prüfen Modelle kritisch im Hinblick auf ihre Aussagekraft und Tragfähigkeit. (HH, S. 13)	1	4	1	4	1	1	2	1	-	4	1	-	-	2	-	-	21	
	Modelle ändern	Die Schülerinnen und Schüler können Modelle ändern, wenn die aus ihnen abgeleiteten Hypothesen widerlegt sind. (BB, S. 15)	3	2	-	2	3	1	1	2	1	3	-	-	-	-	1	-	16	
	Zweck vom Modell erläutern	Die Schülerinnen und Schüler können den Zweck von Modellen als Werkzeuge der Erkenntnisgewinnung benennen. (BB, S. 24)	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3	
epi	Eigenschaften von Modellen	Die Schülerinnen und Schüler können erklären, dass Modelle nur bestimmte Eigenschaften des Originals wiedergeben und dadurch dessen Komplexität vereinfachen. (SH, S. 45)	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	
	Kriterien vergleichen	Die Schülerinnen und Schüler können nach einem übergeordneten Vergleichskriterium ordnen und vergleichen. (BB, S. 10)	-	6	-	2	2	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	15	
pro	Organismen bestimmen	Bestimmen mit determinierten Bestimmungschlüsseln (SN, S. 38)	-	3	-	4	-	-	1	-	1	-	2	4	-	-	-	18		
	Zweckmäßige Kriterien finden	Sie analysieren biologische Sachverhalte und finden ordnende Kriterien, mit deren Hilfe sie die geordneten und systematisierten (MV, S. 10)	-	-	-	2	1	-	1	-	3	-	-	-	2	-	-	9		
epi	Veränderbare Ordnungssysteme	Einmaligen nicht als starr Systeme verstanden, sondern als dynamisch erkennbar beschreibbar (RP, S. 79)	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2		
	Testergebnisse interpretieren (Kausalität)	Der Schüler kann kausale Beziehungen ableiten und wissenschaftliche Aussagen begründen bzw. Entscheidungen begründen. (TH, S. 9)	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	3	
epi	Vergleichen	Die Schülerinnen und Schüler können aus Versuchsergebnissen allgemeine Aussagen ableiten. (BW (GYM), S. 9)	-	2	-	1	1	-	-	-	1	-	2	2	-	1	-	-	10	
	Vergleichen unterschiedlicher Merkmale	Die Schülerinnen und Schüler verteilten molekularbiologische Homologien zur Untersuchung phylogenetischer Verwandtschaft bei Wirbellosen aus und entwickeln auf dieser Basis einfache Stammbäume (DNA-Sequenz, Aminosäuresequenz). (NL, S. 36)	-	4	2	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	10	
epi	Ableitende Schlüsse, die die beste Erklärung	Hinweise auf Verwandtschaftsbeziehungen (Gegenüberstellung; Hinweise - Beweise) (RP, S. 107)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	2	
			14	65	6	40	23	12	18	15	17	28	40	25	17	14	50	10	38	418
			8	12	5	12	12	8	11	11	10	10	11	9	3	10	9	7	Ø 8,5	

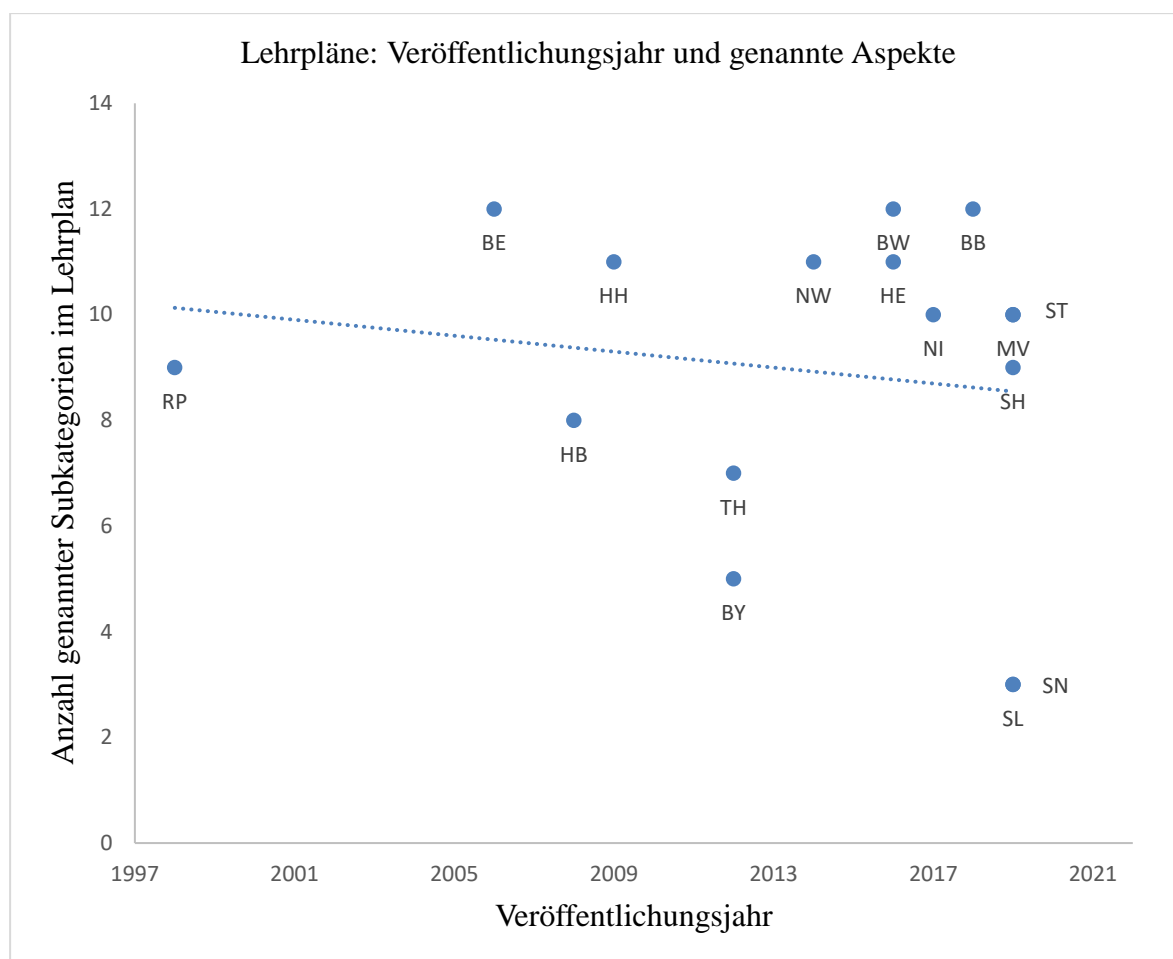


Abbildung 1. Trendlinie für die Anzahl der genannten Subkategorien in den Lehrplänen bezogen auf ihr Veröffentlichungsjahr; BW = Baden-Württemberg, BY = Bayern, BE = Berlin, BB = Brandenburg, HB = Bremen, HH = Hamburg, HE = Hessen, MV = Mecklenburg-Vorpommern, NI = Niedersachsen, NW = Nordrhein-Westfalen, RP = Rheinland-Pfalz, SL = Saarland, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt, SH = Schleswig-Holstein, TH = Thüringen

5 Diskussion

Obwohl die *styles* nach Kind und Osborne (2017) weder explizit noch implizit in den Bildungsstandards verankert sind und nicht als Grundlage für die Formulierung des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung dienen, finden sich einige von ihnen in den Lehrplänen wieder. Es zeigt sich jedoch eine Fokussierung vor allem auf den *style* Experimentieren. Experimentieren wird als die bedeutendste prozedurale Lernaktivität im naturwissenschaftlichen Unterricht angesehen, was die Lehrpläne eindrücklich dokumentieren (KMK, 2005, 2020; Labudde & Möller, 2015). Lernende gehen häufig davon aus, dass Forschende auf der Suche nach Erklärungen für naturwissenschaftliche Phänomene eine einzige universelle wissenschaftliche Methode heranziehen (Windschitl, 2004), unter der eine rezeptartige Vorge-

hensweise verstanden wird, die unzweifelhafte Ergebnisse hervorbringt (Bell, Blair, Crawford & Lederman, 2003). Diese Vorstellung wird durch die starke prozedurale Präsenz der Experimentier-Subkategorien in den Lehrplänen gestützt (Lederman, 2006). Dies greift eine differenzierte Betrachtung verschiedener biologischer Arbeits- und Denkweisen nach Kind und Osborne (2017) nicht auf. Naturwissenschaftlicher Unterricht ist in Deutschland häufig geprägt vom angeleiteten Durchführen von Experimenten, wohingegen das eigenständige Entwickeln ebensolcher seltener vorkommt (Börlin & Labudde, 2014; Seidel, 2002). Dies manifestiert sich in der Analyse der Lehrpläne, wobei sich epistemische Aktivitäten beim Experimentieren, sofern sie überhaupt einbezogen werden, meist darauf beschränken, Schüler:innen im Unterricht Gelegenheit zu geben, Untersuchungsergebnisse eigenständig zu evaluieren und

zu interpretieren (Schiepe-Tiska et al., 2016). Epistemische Aktivitäten im Bereich Experimentieren sind beispielsweise das Nachdenken über den Zweck von Fragestellungen und Hypothesen. Diese Subkategorien wurden vorher definiert, aber in keinem Lehrplan kodiert.

Der *style* Modellieren ist in fast allen Lehrplänen vertreten, was auf die Veröffentlichung der EPA (KMK, 2004), in denen der methodische Einsatz von Modellen zum Generieren neuer Erkenntnisse ein zentraler Aspekt ist, zurückzuführen sein könnte. Damit einhergehend kommt auch der Ausbildung eines epistemischen Verständnisses vom Modellieren Bedeutung zu (vgl. Krüger & Upmeyer zu Belzen, 2021). Studien konnten trotz der von den Bildungsstandards und den Prüfungsanforderungen angedachten Lerngelegenheiten im Unterricht zeigen, dass das Verständnis von Schüler:innen über Modelle von ihrem tatsächlichen Nutzen in der Wissenschaft abweicht und dass Schüler:innen Modelle nur selten als methodische Werkzeuge für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung einsetzen (Trier & Upmeyer zu Belzen, 2009; Grünkorn, Lotz & Terzer, 2014). Grünkorns (2014) Ergebnisse spiegeln sich auch in den Kodierungen aus der Lehrplan-Analyse insoweit wider, als dass Schüler:innen sich beim Nachdenken über die epistemische Subkategorie „Eigenschaften von Modellen“ auf einem sehr niedrigen Niveau bewegen (vgl. Krüger & Upmeyer zu Belzen, 2021), wohingegen bei den prozeduralen Subkategorien „Modelle als Forschungswerkzeuge nutzen“, „Modelle testen“ und „Modelle ändern“ ein höheres Niveau erreicht wird.

Die prozeduralen Subkategorien aus dem *style* Kategorisieren und Klassifizieren werden in vielen Lehrplänen genannt, was auf den Vorschlag der Implementierung der Erkenntnismethoden Ordnen und Vergleichen in den Bildungsstandards der Sek. I und Sek. II zurückgeführt werden kann (KMK, 2005, 2020), wohingegen epistemische Subkategorien so gut wie nicht ($n = 2$) zu finden sind. Studien, die Kompetenzen im Bereich Ordnen und Vergleichen untersuchen, beziehen sich meist auf den prozeduralen Akt des Klassifizierens und die damit verbundene Kriterienstetigkeit (vgl. Kattmann & Schmitt, 1996; Wellnitz, 2012; Krüger & Burmester, 2005). Studien, die sich explizit auf das epistemische Verständnis der Arbeitsweise beziehen, fehlen. Dieser Umstand kann erklären, dass epistemische Subkategorien zum Kategorisieren und Klassifizieren in fast allen

Lehrplänen fehlen. Epistemische Aktivitäten im diesem Bereich sind beispielsweise das Nachdenken über den Unterschied zwischen deduktivem Ordnen und induktivem Klassifizieren oder das Wissen über die Bestandteile eines naturwissenschaftlichen Vergleichs. Diese Subkategorien wurden vorher definiert, aber in keinem Lehrplan kodiert.

Prozedurale und epistemische Subkategorien zu den *styles* probabilistisches und historisch-evolutionäres Schlussfolgern fehlen weitgehend, ein Umstand, der sich mit der Kritik Kattmanns deckt, dass die Unterrichtspraxis „[...] ein auf Typen und Mechanismen basierendes, ahistorisches Verständnis von Biologie zementiert“ (Dittmer & Zabel, 2019, S. 102). Dies ist insofern unglücklich, als dass zu einem wissenschaftspropädeutischen Biologieunterricht grundlegende Konzepte der Evolutionstheorie sowie Wissen über historische Erklärungen gehören sollten (Mayr, 1988; Krohs, 2004). Kenntnisse über das spezifische Wesen der Biologie sollten Teil des fachdidaktischen Professionswissens sein (Erduran, Adúriz-Bravo & Naaman, 2007), welche über den *style* historisch-evolutionäres Schlussfolgern vermittelt werden können. Hierzu gehört, dass von dem logisch einwandfreien, deduktiven Schlussfolgern das abduktive Schlussfolgern abzugrenzen ist. Abduktion wird bei allen auf Evolution gründenden Hypothesen genutzt. Hier wird ein überraschender Fall, zum Beispiel ein unerwarteter Knochenfund, entweder mit Hilfe von bekanntem Regelwissen oder kreativ durch Schaffung neuer Regeln durch ein historisch vorlaufendes Ereignis erklärt (vgl. Krüger & Upmeyer zu Belzen, 2021).

Mehrheitlich finden sich die Subkategorien der *styles* Experimentieren, Modellieren und probabilistisches Schlussfolgern in den EPA und in den Lehrplänen der Sek. II wieder. Nicht in den EPA auftretende Subkategorien werden erwartungsgemäß selten in den Lehrplänen aufgeführt. Eine Ausnahme bilden die prozeduralen Subkategorien des *styles* Kategorisieren und Klassifizieren, was an der expliziten Nennung in den Bildungsstandards der Sek. I (KMK, 2005) sowie an der Verankerung der Arbeitsweise „Vergleichen“ als erkenntnisbringende Methode in der universitären Biologie-Ausbildung liegen kann (Mayr, 1988; Krüger & Burmester, 2005; Gropengießer, Harms & Kattmann, 2018).

Explizit zu fördernde epistemische Aspekte werden in den Lehrplänen selten genannt. Ein Grund könnte die

verstärkte Förderung handlungsorientierter Kompetenzen sein, die in aktuelle Lehrpläne eingefügt wurden (Nerdel, 2017). Ein weiterer Grund kann in der Vielfalt theoretischer Definitionen epistemischer Aspekte des *scientific reasoning* liegen (Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016), so dass keine Einigkeit über einheitliche nationale Kompetenzbeschreibungen besteht. Es ist nachvollziehbar, dass Unklarheit in diesem Bereich den Fokus im Unterricht eher auf vermeintlich sicheres Fachwissen als auf Erkenntnisgewinnung verschiebt (Weiss, Pasley, Sean Smith, Banilower & Heck, 2003). Damit wird der positive Effekt von Lernaktivitäten im epistemischen Bereich und einer Kombination von prozeduralen und epistemischen Aktivitäten für ein Wissenschaftsverständnis verpasst (Furtak et al., 2012).

6 Fazit

Die kürzlich veröffentlichten Bildungsstandards für die Sek. II (KMK, 2020) verstehen Erkenntnisgewinnung in der Biologie im Sinne des hypothetisch-deduktiven Vorgehens und gliedern den Erkenntnisprozess in vier Schritte (Formulierung von Fragestellungen, Ableitung von Hypothesen, Planung & Durchführung von Untersuchungen, Auswertung & Interpretation), die in verschiedenen biologischen Arbeitsweisen (z. B. Experimentieren, Modellieren) umgesetzt werden sollen. Auf Basis des Vorschlags von Kind und Osborne (2017) mangelt es jedoch auch in diesem Dokument an der Beschreibung von in der Biologie genutzten Denkweisen (z. B. historisch-evolutionäres Schlussfolgern) und einer detaillierten Formulierung der Kompetenzerwartungen für die einzelnen Denk- und Arbeitsweisen, an denen Unterschiede in der Methodik und des zugrundeliegenden Wissens deutlich werden würden (Wellnitz & Mayer, 2013; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2019). Aktuelle Studienergebnisse zeigen, dass Schüler:innen nach Beendigung der Schule noch keine klare Vorstellung davon haben, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden oder welche Faktoren naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung beeinflussen (Stanat, Schipolowski, Mahler, Weirich & Henschel, 2019; Lübeck, 2020). Diese Ergebnisse las-

sen sich durch die durchgeführte Lehrplananalyse insofern erklären, als dass eine erkenntnistheoretische Betrachtung des methodischen naturwissenschaftlichen Vorgehens in den Lehrplänen vernachlässigt wird.

Die *styles of scientific reasoning* bieten eine umfangreichere, alternative Auffassung der zu lehrenden naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, nichtsdestotrotz sollten auch sie nicht als normativ aufgefasst werden. Osborne, Rafanelli & Kind (2018) betonen, dass diese Art der Strukturierung von *scientific reasoning* der Idee einer universellen naturwissenschaftlichen Methode entgegenstehen soll: "From an educational perspective, what such an account offers is a succinct, coherent narrative that [...] exemplifies the nature and diversity of scientific thought [...] (S. 972)". Die Autoren fordern, dass insbesondere epistemische Aspekte im Unterricht sichtbar und erfahrbar gemacht werden, um Schüler:innen kognitive Werkzeuge mit auf den Weg zu geben, die sie in täglichen Begegnungen mit Naturwissenschaft einsetzen können (Osborne, Rafanelli & Kind, 2018).

Die hier vorgestellte Untersuchung sei als Appell an die Fachdidaktik zu verstehen, fundierte Vorschläge zu entwickeln, um eine Umsetzung und Kommunikation der *scientific reasoning*-Aspekte im Klassenraum zu ermöglichen (*enacted curriculum*; Remillard & Heck, 2014). Die Verbesserung der epistemischen Lernziele im Biologieunterricht hängt jedoch nicht nur von der Umsetzung der Inhalte der Lehrpläne ab, sondern auch von der Expertise der Lehrkräfte, weshalb eine Implementierung der *scientific reasoning*-Aspekte auch in deren universitäre Ausbildung wünschenswert wäre (KMK, 2019). Dabei sollte beachtet werden, dass das im Biologieunterricht vermittelte Bild der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen nicht alle möglichen existierenden Aspekte des *scientific reasoning* darstellen kann. Auch in einem wissenschaftsorientierten Unterricht muss die Lehrkraft aus der Inhaltsbreite der einzelnen *styles* auswählen, um in der begrenzten Unterrichtszeit dem Bildungsauftrag der Schule nachzukommen, und die Inhalte didaktisch aufbereiten, um einen Bezug zwischen der Wissenschaftstheorie und der Lebenswelt der Lernenden herzustellen (Gropengießer & Kattmann, 2018).

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Tuan, H. I. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419.
- Anderson, L.W., Krathwohl, D.R., Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer Richard, P.R., Pintrich, P.R., Raths, J. & Wittrock, M.C. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Addison Wesley Longman.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Schüler als Forscher. Experimentieren kompetenzorientiert unterrichten und beurteilen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(2), 83–91.
- Bauer, H.H. (1992). *Scientific Literacy and the Myth of Scientific Method*. Urbana/Chicago: University of Illinois Press.
- Behnke, J. & Behnke, N. (2006). *Grundlagen der statistischen Datenanalyse: Eine Einführung für Politikwissenschaftler* (1. Aufl.). Wiesbaden: Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. & Lederman, N. G. (2003). Just Do It? Impact of a Science Apprenticeship Program on High School Students' Understandings of the Nature of Science and Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487–509.
- Ben-Zvi, D., & Garfield, J. B. (2004). Statistical Literacy, Reasoning and Thinking: Goals, Definitions, and Challenges. In D. Ben-Zvi & J. B. Garfield (Hrsg.), *The Challenge of Developing Statistical Literacy, Reasoning, and Thinking* (S. 3-6). Dordrecht: Kluwer Publishers.
- Ben-Zvi, D., Makar, K., & Garfield, J. (2018). *International handbook of research in statistics education*. Cham: Springer Verlag.
- Börlin, J. & Labudde, P. (2014). Practical work in physics instruction. An opportunity to learn? In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann & J. Viiri (Hrsg.), *Quality of instruction in physics. Comparing Finland, Switzerland and Germany* (S. 111-127). Münster: Waxmann.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Ewans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21-43). Opladen: Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Cohn, V., Cohn Runkle, D. & Cope, L. (2011). *News & numbers: A writer's guide to statistics* (3. Aufl.). Sussex: Wiley-Blackwell.
- Crombie, A. C. (1994). *Styles of scientific thinking in the European tradition: The history of argument and explanation especially in the mathematical and biomedical sciences and arts*. London: Duckworth.
- Dittmer A. & Zabel J. (2019). Das Wesen der Biologie verstehen: Impulse für den wissenschaftspropädeutischen Biologieunterricht. In: J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 93-110). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Wiesbaden: Springer Verlag.
- Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (2004): *Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5-10* (1. Aufl.). Seelze-Velber: Erhard Friedrich Verlag.
- Erduran, S., Adúriz-Bravo, A. & Naaman, R. M. (2007). Developing epistemologically empowered teachers: Examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. *Science & Education*, 16(9), 975–989.
- Falkenhausen, E. V. (1988). *Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Frischemeier, D. (2017). *Statistisch denken und forschen lernen mit der Software TinkerPlots*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Gott, R. & Roberts, R. (2008). *Concepts of evidence and their role in open-ended practical investigations and scientific literacy; background to published papers*. Durham University, UK: The School of Education.
- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2018). Didaktische Rekonstruktion. In: H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.): *Fachdidaktik Biologie* (11. Aufl.). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

- Grube, C. (2010). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung – Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Kassel: Universität Kassel.
- Grünkorn, J., Lotz, A. & Terzer, E. (2014). Erfassung von Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht (MNU)*, 67(3), 132–138.
- Gut-Glanzmann, C. & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121-140). Berlin: Springer Verlag.
- Hammann, M. (2002). *Kriteriengeleitetes Vergleichen im Biologieunterricht*. Innsbruck: Studienverlag.
- Hammann, M. (2004): Tiere ordnen. Ein Methodentraining zum kriteriengeleiteten Vergleichen. In R. Duit, R. Gropengießer & H. Stäudel (Hrsg.), *Naturwissenschaftliches Arbeiten-Unterricht und Material für die Fächer Biologie, Chemie und Physik* (S. 5-10). Seelze: Friedrich Verlag.
- Hammann, M., Phan, T. H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 8, 33–49.
- Hammann, M., Phan, T. H., Ehmer, M. & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biology Education*, 42(2), 66.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534–2553.
- Janich, P. & Weingarten, M. (1999). *Wissenschaftstheorie der Biologie*. Stuttgart: UTB.
- Junker, R. & Scherer, S. (2001). *Evolution. Ein kritisches Lehrbuch* (6. Aufl.). Gießen.: Weyel.
- Kattmann, U. (1995). Konzeption eines naturgeschichtlichen Biologieunterrichts: Wie Evolution Sinn macht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1(1), 29–42.
- Kattmann, U. & Schmitt, A. (1996). Elementares Ordnen: Wie Schüler Tiere klassifizieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2(2), 21–38.
- Kind, P. & Osborne, J. (2017). Styles of Scientific Reasoning: A Cultural Rationale for Science Education? *Science Education*, 101(1), 8–31.
- Klahr, D. (2000). *Exploring science: the cognition and exploring of discovery process*. Cambridge: MIT Press.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H. E. & Vollmer, H. J. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*. Bonn Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Klos, S., Henke, C., Kieren, C., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2008). Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen – zwei verschiedene Kompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 304–321.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. Luchterhand, München, Neuwied.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2020). *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie. Beschluss vom 18.06.2020*. Luchterhand, München, Neuwied.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2004). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004*. Luchterhand, München, Neuwied.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2019). *Standards für die Lehrerbildung. Beschluss vom 16.12.2004 i.d. F. vom 16.05.2019*. Luchterhand, München, Neuwied.
- Krohs, U. (2004). *Eine Theorie biologischer Theorien*. Berlin: Springer Verlag.
- Krüger, D. & Burmester, A. (2005). Wie Schüler Pflanzen ordnen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 85–102.
- Krüger, D. & Upmeyer zu Belzen, A. (2021). Kompetenzmodell der Modellierkompetenz – Die Rolle abduktiven Schließens beim Modellieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 37.

- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Orlando: Academic Press.
- Labudde, P. & Möller, K. (2015). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(11), 11–36.
- Lachmayer, S., Nerdel, C. & Prechtel, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 145–160.
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Hrsg.), *Scientific inquiry and nature of science* (S.301-317). Dordrecht: Springer Verlag.
- Lübeck, M. (2020). *'Basiskonzepte' der Erkenntnisgewinnung im Biologieunterricht: Ein Nachschlagewerk mit Aufgabenbeispielen*. Münster: Waxmann Verlag.
- Mayer, J. & Ziemek, H. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4–12.
- Mayer, J., Grube, C. & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*, (Bd. 3, S. 63-79). Innsbruck: Studienverlag.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S.177-186). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Mayr, E. (1988). *Toward a new philosophy of biology: Observations of an evolutionist*. Cambridge: Harvard University Press
- Mayr, E. (2004). *What makes biology unique? Considerations on the autonomy of a scientific discipline*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Beltz Verlag: Weinheim.
- MAXQDA, Software für qualitative Datenanalyse, (1989 – 2021), VERBI Software. Berlin: Consult. Sozialforschung GmbH.
- Morris, B. J., Croker, S., Masnick, A. & Zimmerman, C. (2012). The emergence of scientific reasoning. In H. Kloos, B. J. Morris & J. Amaral (Hrsg.), *Current Topics in Children's Learning and Cognition* (S. 61-82). Rijeka: InTech.
- Nerdel, C. (2017). Ziele und Inhalte des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik* (S. 37–59). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum Verlag.
- Opitz, A., Heene, M. & Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning – a review of test instruments. *Educational Research and Evaluation*, 23(3–4), 78-101.
- Peirce, C. S. (1878). Deduction, induction, and hypothesis. *Popular Science Monthly*, 13, 470–482.
- Peirce, C. S. (1978). (Harvard) Lectures on Pragmatism. *Collected Papers of C.S. Peirce* (Bd. 5). Belknap/Harvard.
- Pfannkuch, M. & Wild, C. (2004). Towards an understanding of statistical thinking. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Hrsg.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning, and thinking* (S. 12-46). Dordrecht: Springer Verlag.
- Popper, K. R. (1935). *Die Logik der Forschung*. Tübingen: Mohr.
- Remillard, J. & Heck, D. (2014). Conceptualizing the curriculum enactment process in mathematics education. *ZDM*, 46(5), 705-718.
- Rocksén, M. (2016). The many roles of “explanation” in science education: a case study. *Cultural Studies of Science Education*, 11, 837–868.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197.
- Schecker, H., Parchmann, I. & Krüger, D. (2018). Theoretische Rahmung naturwissenschaftlicher Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 1-9). Springer Spektrum.
- Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.H., Neumann, K. & Lüdtke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S.133-176). Münster: Waxmann Verlag.

- Schwartz, R., Lederman, N. & Crawford, B. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Education*, 88(4), 610–645.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Geiser, H. & Hoffman, L. (2002): „Jetzt bitte alle nach vorne schauen!“ – Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. *Unterrichtswissenschaft*, 30(1), 52–77.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (Hrsg.) (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Süßmuth, R. (2007). Die Evolutionstheorie, ihre Bedeutung und ihre Grenzen. *Imago Hominis*, 14(1), 13–345.
- Trier, U. & Upmeyer zu Belzen, A. (2009). „Die Wissenschaftler nutzen Modelle, um etwas Neues zu entdecken, und in der Schule lernt man einfach nur, dass es so ist.“ - Schülervorstellungen zu Modellen. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 8, 23–27.
- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 41–57.
- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2019). Ein Fall für Erkenntnisgewinnung! Biologische Beiträge zu einem Verständnis naturwissenschaftlichen Modellierens. *Unterricht Chemie*, 171, 38–41.
- Vogt, N. & Krüger, D. (2020). Styles of Scientific Reasoning - Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung prozeduralen und epistemischen Wissens. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 19, 41–56.
- Walpuski, M. & Schulz, A. (2011). Erkenntnisgewinnung durch Experimente – Stärken und Schwächen deutscher Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didactica*, 37(104), 6–27.
- Watson, J. & Callingham, R. (2002). Statistical literacy: A complex hierarchical construct. *Statistics Education Research Journal*, 2(2), 3–28.
- Wellnitz, N. (2012). *Kompetenzstruktur und -niveaus von Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung*. Berlin: Logos.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315–345.
- Wiater, W. (2005). Lehrplan und Schulbuch. In E. Matthes., C. Heinze (Hrsg.), *Das Schulbuch zwischen Lehrplan und Unterrichtspraxis* (S. 41–63). Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.
- Wiesner, C., Schreiner, C., Breit, S. & Pacher, K. (2017). *Bildungsstandards und kompetenzorientierter Unterricht*. Salzburg: BIFIE.
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of “Inquiry”: How pre-service teachers continue the discourse and practices of an atheoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481–512.
- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967.

Kontakt

Nubia Vogt
Freie Universität Berlin
Didaktik der Biologie
Schwendenerstr. 1
14195 Berlin
E-Mail: n.vogt@fu-berlin.de

Zitationshinweis:

Vogt, N. & Krüger, D. (2022). Vergleichende Analyse von scientific reasoning-Aspekten in Biologie-Lehrplänen für die Sekundarstufe II. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) – Biologie Lehren und Lernen*, 26, 36-53. doi: 10.11576/zdb-4644

Veröffentlicht: 21.02.2022



Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung 4.0 International zugänglich (CC BY 4.0 de). URL <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>