

Entdecken und Forschen im Sachunterricht – Beitrag des MINT-Rahmenkonzepts zu einem domänenübergreifenden forschenden Lernen

Kahlert (2022) articulates the objective of „Sachunterricht“ (primary science and social sciences) as assisting children in exploring their environment. Inquiry-based and exploratory learning allow students to independently acquire deep knowledge (Pedaste, Maeots, Siiman, Jong, van Riesen, Kamp, Manoli, Zacharia & Tsourlidaki 2015). Discovery and inquiry are thus central to enabling children to actively engage with their surroundings. The complex questions that emerge from this process often require more than a single, discipline-specific approach. In this context, the article introduces the "MINT-Rahmenkonzept" (STEM Framework) developed by the Foundation "Kinder forschen" (Stiftung Haus der kleinen Forscher 2023). It examines the role of discipline-specific expertise within transdisciplinary STEM education. Consequently, implications for teachers are drawn, and materials for STEM education are presented.

1 Einleitung

MINT-Bildung im Sachunterricht

Die Stiftung Kinder forschen¹ setzt sich für qualitätsvolle MINT²-Bildung in Kita, Hort und Grundschule ein. Ihre Vision ist die alltägliche Begegnung aller Kinder mit Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (M, I, N und T) sowie mit Fragen zur Nachhaltigkeit. Um dies zu erreichen, unterstützt sie pädagogische Fach- und Lehrkräfte dabei, Kinder kompetent beim Entdecken und Forschen zu begleiten und sie so für die Herausforderungen der Gegenwart und Zukunft zu stärken. Die Stiftung Kinder forschen geht davon aus, dass Erfahrungen in M, I, N und T es Kindern ermöglichen, eigenständig Zusammenhänge zu verstehen und die Grundlage dafür bilden, verantwortungsvoll Entscheidungen treffen zu können, was die für die Teilhabe in einer zunehmend digitalisierten und komplexen Wissensgesellschaft entscheidend ist (Stiftung Haus der kleinen Forscher 2019, 20f., Stiftung Haus der kleinen Forscher 2023, 50f.).

Der Sachunterricht ist neben dem Mathematikunterricht das zentrale Fach in der Grundschule, in dem MINT-Bildungsprozesse von Kindern schulisch begleitet werden. Gleichzeitig hat der Sachunterricht die Aufgabe, Kinder bei der Erschließung ihrer Umwelt zu unterstützen (Kahlert 2022).

¹ Die Stiftung Kinder forschen hieß bis 2023 Stiftung Haus der kleinen Forscher.

² Im Englischen wird der Begriff STEM Education als Pendant zum MINT-Bildungsbegriff verwendet.

Ein grundlegendes Prinzip des Sachunterrichts ist außerdem die Vielperspektivität (Köhnlein 2012), die sich im Perspektivrahmen der Fachgesellschaft (GDSU 2013) konkretisiert. Dort werden Perspektiven des Sachunterrichts beschrieben, im Rahmen derer Kinder ihre Umwelt bildungswirksam erschließen sollen (Köhnlein 2013, 1), indem sie interdisziplinär und vernetzt lernen.

MINT-Bildung umfasst ebenfalls ein vielfältiges Themenspektrum, denn MINT integriert vier Disziplinen und fasst mit dem Fach Naturwissenschaften die Bereiche Physik, Chemie, Biologie sowie Teile der Geographie zusammen (Stiftung Haus der kleinen Forscher 2019, 150). Die Verortung von MINT-Bildung im Sachunterricht zeigt sich – neben der generellen Überschneidung der naturwissenschaftlichen und technischen Perspektive des Sachunterrichts mit zwei der vier MINT-Disziplinen – an vielen weiteren inhaltlichen Verbindungen. MINT-Kompetenzen (Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios & Vílchez-González 2019, 800ff.) spielen beispielsweise eine wesentliche Rolle dabei, mehr über Räume, Naturgrundlagen und Lebenssituationen herauszufinden (geographische Perspektive). Dass der Sachunterricht auch informatische Bildung integrieren sollte, wird schon seit vielen Jahren auch kritisch diskutiert (Borowski, Diethelm & Mesaroş 2010, 2f.; Straube, Brämer, Köster & Romeike 2018, Würfl et al. 2024). Aufgrund der Überschneidungen und Bezüge ist der Sachunterricht das Fach, in dem MINT-Bildung stattfinden kann und Lehrkräfte stehen vor der Herausforderung, dass ihr Unterricht der Vielperspektivität des Faches Rechnung tragen soll. Zu bestimmen bleibt, wie MINT-Kompetenzen zu definieren sind, welche Überschneidungen zu Kompetenzen des Sachunterrichts bestehen und wie eine Vernetzung der Disziplinen im vielperspektivischen Sachunterricht aussehen kann. Hier setzt der vorliegende Beitrag an und widmet sich der genaueren Bestimmung mithilfe des MINT-Rahmenkonzepts.

Forschendes Lernen

Einen methodisch-didaktischen Ansatz für eine systematisierte Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Sichtweisen auf Sachen der Welt liefert das forschende Lernen bzw. die Entwicklung einer forschenden Haltung (Pech, Schomaker & Simon 2018, 19). Das forschende Vorgehen muss allerdings differenzierter betrachtet werden: Der Sachunterricht und auch die MINT-Bildung zeichnen sich – wie oben schon dargestellt – durch eine Bandbreite an Inhalten aus. Die unterschiedlichen Inhaltsbereiche sind dabei jeweils auch in ihren forschenden Vorgehensweisen spezifisch. So unterscheidet sich beispielsweise das Vorgehen beim technischen Konstruieren von einem naturwissenschaftlichen Experiment. Dies wirft die Frage auf,

ob sich überhaupt ein gemeinsames forschendes Vorgehen für die MINT-Disziplinen beschreiben lässt bzw. welche Gemeinsamkeiten die MINT-Disziplinen verbinden.

Auch in der Sachunterrichtsdidaktik wird aktuell diskutiert, ob übergreifende Ansätze für das forschende Lernen sinnstiftend sein könnten. So stellen Stiller, Laimböck, Kosler & Pech (2023) domänenspezifische (bspw. naturwissenschaftlich oder historisch) und übergreifende Ansätze (themenzentriert oder methodisch) wissenschaftlichen Denkens für den Sachunterricht gegenüber und arbeiten heraus, dass die domänenspezifischen Ansätze bereits ausgearbeiteter vorliegen und mit empirischen Befunden zur Kindheitsforschung weitgehender belegt sind im Vergleich zu den übergreifenden Ansätzen (Stiller et al. 2023, 19). Der vorliegende Beitrag setzt hier an und stellt vor, wie die Stiftung Kinder forschen die MINT-Domänen zuerst spezifisch und dann übergreifend konzeptualisiert hat. Anschließend wird diskutiert, welche Kriterien sich daraus für eine qualitätsvolle MINT-Bildung im Sachunterricht ableiten lassen.

Von der Spezifität zum übergreifenden Ansatz

Expert*innen aus den jeweiligen Fachdidaktiken der MINT-Disziplinen haben für die Stiftung Kinder forschen die forschenden Vorgehensweisen der einzelnen MINT-Disziplinen in „Forschungskreisen“ ausgearbeitet, welche pädagogische Fach- und Lehrkräfte bei der Begleitung kindlicher Forschungsprozesse unterstützen sollen, in der Sachunterrichtsdidaktik aber auch kritisch diskutiert werden (Kihm et al. 2024).

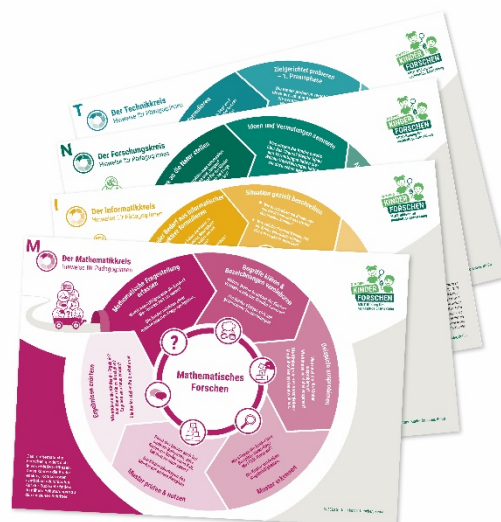


Abbildung 1: MINT-Forschungskreise (Stiftung Haus der kleinen Forscher 2013a; 2016; 2018a; 2018b)

Diese MINT-Kreise (Abb. 1) zeigen neben Phasen der jeweiligen Vorgehensweisen Impulse zur Lernbegleitung von Kindern im Alter von 3-10 Jahren in den verschiedenen Phasen des Forschens (Stiftung Haus der kleinen Forscher 2013a; 2016; 2018a; 2018b). Die Forschungskreise

bieten ein großes Repertoire an Möglichkeiten für die Auseinandersetzung mit MINT-Fragestellungen und eine methodische Orientierung für das ausgangsoffene Forschen im jeweiligen Fachgebiet. Auf diese disziplinspezifische Auseinandersetzung folgte für die Stiftung Kinder forschen eine vertiefte Arbeit an der Konzeptionierung eines MINT-verbindenden Ansatzes, denn alltägliche Herausforderungen und Erkenntnisinteressen von Kindern sind inhaltlich und methodisch oft nicht auf eine einzelne MINT-Disziplin beschränkt. Im Austausch zwischen Vertreter*innen der verschiedenen fachdidaktischen Disziplinen wurden in den Jahren 2017-2019 im Rahmen von Expert*innentreffen³ zunächst Gemeinsamkeiten und Unterschiede der einzelnen Disziplinen diskutiert und herausgearbeitet. Die Treffen und anschließenden Ausformulierungen hatten das folgende Rahmenkonzept einer MINT-Bildung zum Ergebnis.

2 Das Rahmenkonzept einer MINT-Bildung

2.1.1 MINT-Literacy

Übergreifende Ansätze einer grundlegenden MINT-Bildung⁴ werden international bereits seit einigen Jahren diskutiert (z. B. Kelley & Knowles 2016). MINT-Bildung wird dabei eine Relevanz als Grundbildung im Sinne einer MINT-Literacy⁵ eingeräumt. MINT-Literacy wird als die Fähigkeit verstanden, Kompetenzen aus den MINT-Disziplinen zu nutzen, um komplexe Probleme zu verstehen und zu lösen, die nicht durch eine monodisziplinäre Perspektive erfasst werden können. Diese neue Form der Literacy erfordert, dass jede MINT-Disziplin wesentliche inhaltsbezogene, prozedurale und motivationale Inhalte integriert, wobei die Fähigkeit zur Erkennung und Wertschätzung der Verbindungen zwischen den Disziplinen von zentraler Bedeutung ist (Martín-Páez et al. 2019, 800). Ziel sind integrative Kompetenzen, die über die bloße Summe der einzelnen Disziplinen hinausgehen, um reale Probleme lösen und begründet Entscheidungen treffen zu können. Zu einer solchen grundlegenden MINT-Bildung gehören neben inhaltlichen Kompetenzen auch prozessbezogene Kompetenzen (Denk-, Arbeits-

³ Externe Beratung und kritische Begleitung erhielt die Stiftung bei der theoretischen Annäherung an das Rahmenkonzept einer MINT-Bildung u.a. durch Prof. Dr. Johannes Magenheimer, Dr. Uwe Pfennig, Prof. Dr. Jörg Ramseger, Prof. Dr. Bernd Wollring, Prof. Dr. Burkhard Priemer und Prof. Dr. Thorsten Kosler.

⁴ MINT-Bildung wird im internationalen Kontext als STEM Education bezeichnet. STEM steht dabei als Abkürzung für Science, Technology, Engineering and Mathematics.

⁵ Der Begriff Literacy wird verwendet, um zu betonen, dass es bei MINT-Literacy nicht nur um fachspezifisches Wissen, sondern um grundlegende Bildung geht, die vergleichbar mit traditioneller Lesekompetenz oder „Lese- und Schreibfähigkeit“ als kultureller Praxis ist. MINT-Literacy überträgt dieses Konzept auf die MINT-Disziplinen und betont damit den Beitrag der MINT-Kompetenzen zu einer grundlegenden Bildung, die es ermöglichen, begründet Entscheidungen zu treffen und verantwortungsvoll zu handeln.

und Handlungsweisen), motivationale Aspekte und Wissen über Wissenschaften (epistemologisches Wissen) (Steffensky 2023, 50f.).

MINT-Literacy umfasst damit das Wissen über zentrale Inhalte der Fächer sowie die Fähigkeit, wissenschaftliche Denk- und Arbeits- und Handlungsweisen zu nutzen, Daten zu interpretieren und fundierte Entscheidungen zu treffen. Darüber hinaus integriert MINT-Literacy das Verständnis der Entstehung und des Charakters wissenschaftlicher Erkenntnisse und befähigt Individuen, sich aktiv und reflektiert in einer zunehmend technologie- und wissensbasierten Gesellschaft zu bewegen.

2.1.2 Drei Abstraktionsebenen des Rahmenkonzepts

Das von der Stiftung Kinder forschen entwickelte Rahmenkonzept einer MINT-Bildung greift diese Zusammenhänge von Inhalts- und Prozessbereichen sowie epistemologischen Elementen einer MINT-Literacy auf und fasst die verschiedenen Kompetenzbereiche auf drei Ebenen zusammen (siehe Abb. 2): MINT-Wissenschaftsverständnis, Inhalts- und Prozessbereiche der MINT-Bildung und Arbeitstechniken der MINT-Bildung.



Abbildung 2: Rahmenkonzept einer MINT-Bildung (Stiftung Kinder forschen)

Die drei Ebenen unterscheiden sich in ihrem Abstraktionsgrad und basieren auf dem Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen nach Mayer (2007).

2.1.3 Ebene: MINT-Wissenschaftsverständnis

Die erste Ebene, das MINT-Wissenschaftsverständnis, befasst sich mit den Eigenschaften, die die MINT-Disziplinen als Wissenschaften miteinander verbinden. Hierbei werden zentrale Aspekte der „Nature of Science“ (NOS) auf den Kontext der MINT-Bildung übertragen und weiterentwickelt. Auf dieser Ebene lässt sich Wissen über wissenschaftliche Inhalte (Nature of Scientific Knowledge) und Wissen über das wissenschaftliche Vorgehen (Scientific Inquiry) unterscheiden. Das wissenschaftliche Wissen der MINT-Disziplinen ist demnach belastbar und anschlussfähig, allerdings auch immer vorläufig (McComas 2017; McComas, Almazroa &

Clough 1998; Grygier 2008). Beim wissenschaftlichen Vorgehen der MINT-Disziplinen werden drei wesentliche Charakteristika als Gemeinsamkeiten im Rahmenkonzept festgehalten: die Entwicklung von Erklärungen und Lösungen, empirische Überprüfung in der Praxis und der wissenschaftliche Diskurs (in Anlehnung an: Framework for K-12 Science Education (National Research Council 2012)).

2.1.4 Ebene: Inhalts- und Prozessbereiche von MINT-Bildung

Die zweite Ebene des Rahmenkonzepts unterscheidet Inhalts- und Prozessbereiche voneinander.

Inhaltsbereiche definieren wesentliche Wissensbestände über Themen und Zusammenhänge, die den Kern des jeweiligen Faches ausmachen. In der Mathematik umfassen diese Kerninhaltsbereiche beispielsweise „Zahlen und Operationen“ und „Raum und Form“ etc. In der Informatik zählen u.a. „Information und Daten“ sowie „Algorithmen“ zu den zentralen Inhaltsbereichen. Die Naturwissenschaften beschäftigen sich unter anderem mit Konzepten wie „Materie“ und „Energie“, während in der Technik „Materialeigenschaften“ und „Produktion“ von zentraler Bedeutung sind (Stiftung Haus der kleinen Forscher 2023, 50; 161f.). Die Disziplinen haben - angefangen mit den Naturwissenschaftsdidaktiken - vernetzende Basiskonzepte und Kernideen für die eigenen Fächer erarbeitet. Für die Weiterentwicklung des hier vorliegenden Modells wäre es zielführend zu untersuchen, inwieweit MINT-übergreifende Basiskonzepte und Kernideen formuliert werden könnten. Bisher verbleibt die Modellierung auf der Ebene der Auflistung von Inhaltsbereichen.

Pech stellt mit „Kind-Sache-Welt“ die didaktische Trias für den Sachunterricht als die Bezugspunkte für die Konstitution seiner Gegenstände vor (Pech 2009, 4). Die genannten Inhaltsbereiche würden eine aus den M, I, N und T Fachdidaktiken stammende Begründung der Inhalte des Sachunterrichts darstellen.

In den Prozessbereichen wird das Vorgehen beschrieben, um Erkenntnisse zu gewinnen oder Probleme zu lösen. Die Stiftung Kinder forschen differenziert dabei zwischen Entdecken und Forschen. Als Entdecken versteht die Stiftung das Erlangen von Grunderfahrungen, das durch die vier Facetten „mit allen Sinnen erfahren“, „durch aktives Ausprobieren“, „Wiederholungen“ und „spielerisch“ geprägt ist. Das systematische Untersuchen, Testen, Prüfen, Modellieren und Entwickeln, das auf das erste Entdecken folgen kann, stellt das Forschen dar (Stiftung Haus der kleinen Forscher 2019, 34–40). Für die MINT-Disziplinen spielen bei der systematischen, forschenden Auseinandersetzung zwei Prozesse eine wesentliche Rolle: Verstehen und

Gestalten (Schulte, Magenheimer, Müller & Budde 2017; Kelley & Knowles 2016, 4). So geht es in den MINT-Disziplinen oft um die Gewinnung neuer Erkenntnisse, aber auch um die Entwicklung neuer (z. B. technischer) Lösungen.

Beim Forschen zu MINT-Phänomenen ist zu beachten, dass reale, alltägliche Probleme mit Lebenswelten und Nachhaltigkeitsbezug ggf. nicht nur mit einer bestimmten Fach-Vorgehensweise zu lösen sind. Hier könnte eine flexible Anwendung unterschiedlicher MINT-Methoden sinnvoll sein (Priemer, Eilerts, Filler, Pinkwart, Rösken-Winter, Tiemann & Upmeier zu Belzen 2019; Kind & Osborne 2017). Priemer et al. stellen bspw. eine Kombination unterschiedlicher MINT-Methoden zum Lösen von Problemen vor, indem unterschiedliche aber vergleichbare Aktivitäten zu den Schritten des Problemlösens angeboten werden.

Die differenzierte Betrachtung von Inhalts- und Prozessbereichen im Rahmenkonzept umfasst somit sowohl das Verständnis der wesentlichen Fachinhalte als auch die Methoden der Erkenntnisgewinnung und Entwicklung von Problemlösungen. Während die Inhaltsbereiche die zentralen Themen der MINT-Disziplinen definieren, beleuchten die Prozessbereiche ein flexibles und anwendungsbezogenes Denken und Handeln, das verschiedene Methoden integriert.

2.1.5 Ebene: Arbeitstechniken von MINT-Bildung

Auf der dritten und konkretesten Ebene des Rahmenkonzepts sind die Arbeitstechniken der MINT-Bildung zu finden (vergleichbar mit sehr konkreten fachspezifischen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen). Um einzelne Schritte eines forschenden Vorgehens umzusetzen, benötigen Forschende spezifische und konkrete Arbeitstechniken wie Mikroskopieren, Rechnen oder Diagramme zu erstellen oder lesen zu können.

Zusammenfassend integriert das Rahmenkonzept das MINT-Wissenschaftsverständnis mit Inhalts- und Prozessbereichen der MINT-Bildung und konkreten Arbeitstechniken. Damit kombiniert es epistemologische mit inhaltlichen und prozeduralen Aspekten auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus, was eine differenziertere Betrachtung von MINT-Bildung im Sinne einer MINT-Literacy ermöglicht.

2.2 Forschen im Sachunterricht

2.2.1 Forschendes Vorgehen im Sachunterricht

Für den Sachunterricht sind Umgangsweisen mit Welt eine Möglichkeit, um Sachlernen von Kindern zu strukturieren (Pech & Rauterberg 2008, 64). Pech und Rauterberg beschreiben:

„Sachunterricht als das Fach, in dem mit den „Sachen der Welt umgegangen wird“ und in dessen Lehre mir angeboten wird, meinen Umgang mit der Welt zu erproben, zu reflektieren und zu systematisieren (nicht nur und erst recht nicht zwangsläufig, aber auch im Sinne wissenschaftlicher Methoden).“

Pech und Rauterberg (2008) stellen fünf Umgangsweisen vor, die eine Orientierung bieten, wie Kinder mit der Welt interagieren und sie methodisch erschließen können. Das Forschen stellt eine dieser Umgangsweisen der Kinder bei der Umwelterschließung im Fach Sachunterricht dar. Im Rahmenkonzept einer MINT-Bildung der Stiftung Kinder forschen wird das Forschen einerseits über die Spezifität der MINT-Forschungskreise im Prozessbereich konzeptualisiert und MINT-fächerübergreifend auf der Ebene des MINT-Wissenschaftsverständnisses mit Nature of Inquiry beschrieben. Die MINT-verbindenden Charakteristika (in Anlehnung an: Framework for K-12 Science Education (National Research Council 2012)) werden im Rahmenkonzept mit folgenden Operationalisierungen konkretisiert:

Erklärungen und Lösungen entwickeln:

- Feststellung von Ungeklärtem und Benötigtem
- Festlegung von Annahmen und Bedingungen
- Strukturen entwickeln, die Tatsachen erklären bzw. Bedarf lösen

Untersuchen und Überprüfen:

- Exploration und Ausprobieren
- Intervention und Implementation (Design)
- Intersubjektive Überprüfbarkeit: Hypothesen systematisch testen (Experiment)

Diskurs (Darstellung und Kommunikation):

- Dokumentation, Aufbereitung und Organisation von Daten in deutungssicherer Sprache
- Publikation und Präsentation
- Gleichberechtigter Diskurs (Argumentation)

(Stiftung Haus der kleinen Forscher 2023, 157).

Diese Charakteristika sind auch für den Sachunterricht anschlussfähig, da sie viele Gemeinsamkeiten mit den perspektivenübergreifenden Kompetenzen des Perspektivrahmens aufweisen. So ergeben sich Parallelen der theorie- und artefaktbildende Komponente des ersten Charakteristikums mit dem „Erkennen und verstehen“, zwischen der Idee der Empirie und Anwendung des zweiten Charakteristikums mit dem „eigenständigen Erarbeitens“ und

„Evaluieren und Reflektieren“ und der Idee des Diskurses (drittes Charakteristikum) mit „Kommunizieren/Mit anderem zusammenarbeiten“.

Zusammenfassend werden im Rahmenkonzept einer MINT-Bildung der Stiftung Kinder forschen einerseits disziplinspezifische und andererseits disziplinübergreifende Betrachtungsweisen des forschenden Vorgehens integriert sowie ausdifferenziert und zugleich die Bedeutung des Forschens als zentral für MINT-Bildungsprozesse betont. Sowohl die Umgangsweisen als auch das Rahmenkonzept einer MINT-Bildung stellen strukturierende Konzeptualisierungen für Bildungsprozesse während der Begegnung von Kind und Sache dar. Und es zeigt sich, dass die Entwicklung einer forschenden Haltung im Sachunterricht eine breite Kompetenzentwicklung ermöglichen kann, bei der das Potential für qualitätsvolle MINT-Bildung vorhanden ist.

Die Kompetenzentwicklung in den Bereichen der übergreifenden MINT-Charakteristika – die, wie gezeigt, anschlussfähig zu den perspektivübergreifenden Kompetenzen des Sachunterrichts sind – trägt zur allgemeinen Bildung bei. Denn wenn Kinder zunehmend eigenständig Erklärungen und Lösungen entwickeln, systematische Untersuchungen und Überprüfungen durchführen sowie aktiv den Diskurs gestalten, werden sie befähigt begründet Entscheidungen treffen zu können, was selbstbestimmtes Handeln ermöglicht.

2.2.2 Kriterien für forschende Lerngelegenheiten im Sachunterricht

Die bisher skizzierten konzeptionellen Grundlagen zum Entdecken und Forschen im Sachunterricht lassen sich auch für die Unterrichtsebene konkretisieren. Bildungsprozesse auf Unterrichtsebene werden aktuell über Modelle zur Unterrichtsqualität beschrieben. Dabei hat sich die Unterscheidung in Oberflächen- und Tiefenmerkmale etabliert, die Merkmale des Unterrichts einerseits auf einer direkt erkennbaren Sichtebeine und andererseits auf einer indirekt beobachtbaren Ebene umfassen (Pauli & Reusser 2006). Tiefenmerkmale zeigen sich im Gegensatz zu Oberflächenmerkmalen als besonders relevant für Lernprozesse (Steffensky 2023). Das weit verbreitete Modell der drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität (Klieme, Schumacher & Knoll 2001; Kunter & Voss 2011; Lipowsky, Rakoczy, Pauli, Drollinger-Vetter, Klieme & Reusser 2009) enthält generische Tiefenmerkmale von Unterricht für alle Fächer und Bildungsstufen. In der Weiterentwicklung des Modells haben beispielsweise Praetorius und Charalambous (2018) grundlegende Dimensionen wie effektive Klassenführung, sozial-emotionale Unterstützung und Unterstützung aller Schüler*innen um Dimensionen wie angemessene Inhaltsauswahl, kognitive Aktivierung, Übungsgelegenheiten und formatives Assessment (Praetorius, Rogh & Kleickmann 2020) ergänzt.

Fachdidaktische Unterrichtsansätze aus dem Bereich der MINT-Bildung wie das entdeckende und forschende Lernen können wiederum aufgrund ihrer strukturierenden Phasierung des Unterrichts und typischer Arbeits- und Handlungsweisen eine kognitive Aktivierung der Lernenden (Meschede, Steffensky, Wolters & Möller 2015; Pedaste et al. 2015; Grygier 2008) unter besonderer Berücksichtigung bei der Auswahl angemessener Inhalte (Steffensky 2023) ermöglichen. Entdeckendes und Forschendes Lernen kann demzufolge einen großen Effekt auf die Qualität des Unterrichts sowie auf den Lernprozess und -erfolg der Schüler*innen haben (Alfieri, Brooks, Aldrich & Tenenbaum 2011). Somit kann davon ausgegangen werden, dass insbesondere Ansätze des Inquiry-based Learning Kinder bei der Erschließung ihrer Umwelt unterstützen.

Hinsichtlich der Unterrichtsplanung von entdeckenden und forschenden MINT-Lerngelegenheiten stellt sich die Frage nach passenden Kriterien, die einerseits der aktuellen Unterrichtsforschung entsprechen und andererseits möglichst operationalisierbare und praxisnahe Zugänge bieten. Aus der Analyse verschiedener existierender wissenschaftlicher Beiträge zu Qualitätskriterien guter MINT-Bildung⁶ ist ein Leitfaden für die Lernbegleitung (Abb. 3) beim Entdecken und Forschen in der Grundschule entstanden.



Abbildung 3: Leitfaden für die Lernbegleitung „Entdecken und Forschen in der Grundschule (Stiftung Kinder forschen 2024a).

Der Leitfaden beinhaltet drei zentrale Phasen: einen kindorientierter Einstieg, eine forschende Aktivität und einen dialogischen Abschluss. Innerhalb dieser Phasen werden Fragen an die Lehrkräfte als Planungshilfe formuliert, die die aufgeführten Kriterien konkretisieren

⁶ Qualitätskriterien für guten naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule (Ramseger 2013) Qualitätsdimensionen (Guter MINT-Unterricht in der Grundschule (Steffensky 2023)) und deren Indikatoren, Maßnahmen der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Kognitiv aktivieren und kognitiv unterstützen (Adamina, Möller, Steffensky, Sunderl & Wyssen 2017).

und auf verschiedenen Facetten der Tiefenstrukturen basieren. Methodische Anregungen zu jeder Frage ergänzen den Leitfaden und unterstützen die Gestaltung entdeckender und forschender MINT-Lerngelegenheiten und bilden insgesamt eine allgemeine Unterrichtsstruktur, die auf variable Inhalte übertragen werden kann.

Die Gestaltung entdeckender und forschender MINT-Lerngelegenheiten setzt eine Lernumgebung (Wedekind 2011) voraus, die es Kindern ermöglicht, ihren Fragen nachzugehen, dabei Zusammenhänge zu erkennen, eigene Erklärungen und Lösungen zu entwickeln und miteinander zu diskutieren (Hartinger, Grygier, Tretter & Ziegler 2013, 9-14). In Form der Entdeckungskarten für Grundschul Kinder (Abb. 4) und mit Hilfe der Unterrichtsstruktur für Lehrkräfte (Abb. 5) lässt sich die Idee der Lernbegleitung in entdeckenden und forschenden Lernsettings konkretisieren. Die Entdeckungskarten stellen eine strukturierte Grundlage dar, um mit einem kindorientierten Einstieg, der Fragen aufwirft, ein zu lösendes Problem (Dörner 1976) erzeugt, Interesse weckt und bereits erworbenes Wissen einholt, die Lernsituation zu beginnen. Dem schließt sich eine forschende Aktivität an, die eine gemeinsame Planung, eine vertiefte systematische Auseinandersetzung und den wissenschaftlichen Diskurs beinhaltet. In der Phase des dialogischen Abschlusses können Lernerfolge sichtbar gemacht werden, Reflexionen des Prozesses stattfinden und die Offenheit der Wissenschaften durch Widersprüche und offene Fragen erlebt werden. Die Unterrichtsstruktur spiegelt den skizzierten Ablauf der Entdeckungskarte für die Lernbegleitung bzw. Lehrkraft wider und gibt Impulse für die einzelnen Phasen.



Abbildung 4: Entdeckungskarte für Kinder „Herzklopfen“ (Stiftung Kinder forschen 2015 (3., überarbeitete Auflage 2024b)).



Abbildung 5: Unterrichtsstruktur & Gut zu wissen „Herzklopfen“ (Stiftung Kinder forschen 2024b).

3 Diskussion und Fazit

Der Leitfaden zur Lernbegleitung und die konkreten Materialien für den Unterricht der *Stiftung Kinder forschen* liefern mit der Betonung des Forschens eine Konkretisierung für entdeckendes und forschendes Lernen im Sachunterricht. Indem Kindern ermöglicht wird, ihren relevanten Fragen forschend nachzugehen, dabei Zusammenhänge zu erkennen, eigene Erklärungen und Lösungen zu entwickeln und miteinander zu diskutieren, wird die Bildungswirksamkeit der Lernsituation erzeugt und eine Ermächtigung der Kinder, ihre Umwelt selbst zu erschließen, bewirkt und die Weiterentwicklung einer MINT-Literacy gestärkt.

Das Rahmenkonzept einer MINT-Bildung leistet einen Beitrag zur konzeptionellen Grundlage für vernetztes entdeckendes und forschendes Lernen (auch) im Sachunterricht, indem es fachliche, fachdidaktische sowie wissenschaftstheoretische Elemente integriert, sodass Fachspezifik und fächerübergreifende Momente keinen Widerspruch darstellen müssen. Als Desiderat bleibt hierbei vor allem die Perspektive der Kinder.

„Die Begegnung von Kind und Sache kann keine sein, bei der die Domänen bereits relevant sind. Sie erhalten ihre Relevanz über die Deutungen des Wahrgenommenen.“ (Stiller et al. 2023, 27).

So steht die Beschäftigung mit Fragen zur kindlichen Wahrnehmung von Welt als Ausgangspunkt für ihr wissenschaftliches Vorgehen aus. Eine weitere Erforschung eigenständig kindlicher Zugänge und forschender Vorgehensweisen könnte dabei auch für die Weiterentwicklung fachlicher als auch interdisziplinärer Ansätze gewinnbringend sein.

Literatur

- Adamina, M.; Möller, K.; Steffensky, M.; Sunder, C. & Wyssen, H.-P. (2017): Maßnahmen der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht - Kognitiv anregen und inhaltlich strukturieren. Verfügbar unter: <https://www.uni-muenster.de>.
- Alfieri, L.; Brooks, P. J.; Aldrich, N. J. & Tenenbaum, H. R. (2011): Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1–18. <https://doi.org/10.1037/a0021017>.
- Borowski, C.; Diethelm, I. & Mesaroş A.-M. (2010): Informatische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Nr. 15.
- Dörner, D. (1976): Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart.
- GDSU (Hrsg.) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn.
- Grygier, P. (2008): Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht. Bad Heilbrunn.
- Hartinger, A.; Grygier, P.; Tretter, T. & Ziegler, F. (2013): Lernumgebungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren. Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen. Kiel.
- Kahlert, J. (2022): Der Sachunterricht und seine Didaktik. 5. Aufl. Bad Heilbrunn.
- Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016): A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 3, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kihm, P.; Fischer, M. & Peschel, M. (2024): „Forschen im Kreis?!“ – wie Forschungskreise verhindern, dass Kinder beobachten, staunen und forschen. In: *Beobachten – Staunen – Forschen: Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule*, Frankfurt a. M., 5–7.
- Kind, P. & Osborne, J. (2017): Styles of Scientific Reasoning: A Cultural Rational for Science Education? In: *Science Education*, 101 (1), 8–31.
- Klieme, E.; Schumer, G. & Knoll, S. (2001): Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: „Aufgabenkultur“ und Unterrichtsgestaltung. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): *TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht*. Bonn, 43–57.
- Köhnlein, W. (2013): Vielperspektivität. URL: <http://www.widerstreit-sachunterricht.de/ebeneII/viel.pdf> [14. Oktober 2022].
- Köhnlein, W. (Hrsg.) (2012): *Sachunterricht und Bildung*. Bad Heilbrunn.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011): Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In: Kunter, M.; Baumert, J.; Blum, W.; Klusmann, U.; Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.): *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*, Münster, 85–113.
- Lipowsky, F.; Rakoczy, K.; Pauli, C.; Drollinger-Vetter, B.; Klieme, E. & Reusser, K. (2009): Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction*, 19, S. 527–537. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.11.001>
- Martín-Páez, T.; Aguilera, D.; Perales-Palacios, F.J. & Vílchez-González, J.M. (2019): What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. In: *Science Education*. 103, 799–822.
- Mayer, J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg, 177–186.
- McComas, W. (2017): Understanding how science works: the nature of science as the foundation for science teaching and learning. *The School science review (SSR)*, 98(356), 71–76.
- McComas, W.; Almazroa, H. & Clough, M. P. (1998): The Nature of Science in Science Education: An Introduction. *Science & Education* volume 7, 511–532.
- Meschede, N.; Steffensky, M.; Wolters, M. & Möller, K. (2015): Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. Unterrichtswissenschaft*, 43 (4), 317–335.
- National Research Council (2012): *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C.: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>.
- Pauli, C., & Reusser, K. (2006): Von international vergleichenden Video-Surveys zur videobasierten Unterrichtsforschung und -entwicklung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 774–798.
- Pech, D. (2009): Sachunterricht – Didaktik und Disziplin. Annäherung an ein Sachlernverständnis im Kontext der Fachentwicklung des Sachunterrichts und seiner Didaktik. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Nr. 13.

- Pech, D.; Schomaker, C. & Simon, T. (2018): Inklusion sachunterrichts-didaktisch gedacht. In: Pech, D.; Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg.): Sachunterrichtsdidaktik & Inklusion. Ein Beitrag zur Entwicklung. Baltmannsweiler, 10-25. doi:10.25656/01:21179.
- Pech, D. & Rauterberg, M. (2008): Auf den Umgang kommt es an. „Umgangsweisen“ als Ausgangspunkt einer Strukturierung des Sachunterrichts – Skizze der Entwicklung eines „Bildungsrahmens Sachlernen“ www.widerstreit-sachunterricht.de, Beiheft 5.
- Pedaste, M.; Maeots, M.; Siiman, L. A.; Jong, T. d.; van Riesen, S. A.; Kamp, E. T.; Manoli, C. C.; Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015): Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>.
- Praetorius, A. K. & Charalambous, C. Y. (2018): Classroom observation frameworks for studying instructional quality: looking back and looking forward. *The International Journal on Mathematics Education*, 50 (3), 535–553. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0946-0>.
- Praetorius, A.K.; Rogh, W. & Kleickmann, T. (2020): Blinde Flecken des Modells der drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität? Das Modell im Spiegel einer internationalen Synthese von Merkmalen der Unterrichtsqualität. *Unterrichtswissenschaft*, 48 (3), 303–318. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00072-w>.
- Priemer, B.; Eilerts, K. Filler, A.; Pinkwart, N.; Rösken-Winter, B.; Tiemann R. & Upmeier zu Belzen, A. (2019): A framework to foster problemsolving in STEM and computing education, *Research in Science & Technological Education*, 38(1), 105–130. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1600490>.
- Ramseger, J. (2013): Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Zehn Kriterien für wirksames didaktisches Handeln im Elementar- und Primarbereich. In: Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.): *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5). Schaffhausen, 147-171.
- Schulte, C.; Magenheim, J.; Müller, K. & Budde, L. (2017): The design and exploration cycle as research and development framework in computing education. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. 867–876.
- Steffensky, M. (2023): Guter MINT-Unterricht in der Grundschule. In: Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.): *MINT-Bildung im Primarbereich – Qualität im Unterricht zu MINT-Themen stärken*. (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 16). Opladen, Berlin, Toronto, 47–66.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2023): *MINT-Bildung im Primarbereich – Qualität im Unterricht zu MINT-Themen stärken*. (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 16). Opladen, Berlin, Toronto.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2019): *Pädagogischer Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (6., vollständig überarbeitete Aufl.). Berlin. <https://campus.stiftung-kinder-forschen.de>.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2018a): *Der Technikkreis*. Berlin. <https://campus.stiftung-kinder-forschen.de>.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2018b): *Der Informatikkreis*. Berlin. <https://campus.stiftung-kinder-forschen.de>.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2016): *Der Mathematikkreis*. Berlin. <https://campus.stiftung-kinder-forschen.de>.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2013a): *Der Forschungskreis*. Überarbeitete Version 2021. Berlin. <https://campus.stiftung-kinder-forschen.de>.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2013b): *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5). Schaffhausen.
- Stiftung Kinder forschen (2024a): *Leitfaden für die Lernbegleitung. Entdecken und Forschen in der Grundschule*. https://www.stiftung-kinder-forschen.de/fileadmin/Redaktion/13_Landing_Pages/LehrKraftPaket/Leitfaden_Entdecken_und_Forschen_im_Grundschulunterricht.pdf.
- Stiftung Kinder forschen (2024b): *LehrKraftPaket "Herzklopfen - Das Herz im Körper"*. https://campus.stiftung-kinder-forschen.de/pluginfile.php/1945/engage_article/content/503/240701_LehrKraftPaket_Herzklopfen_RZ.pdf.
- Stiller, J.; Skorsetz, N.; Laimböck, G.; Kosler, T. & Pech, D. (2023): Wissenschaftliches Denken im Sachunterricht – eine Gegenüberstellung perspektivenübergreifender und perspektivenspezifischer Zugänge. *GDSU-Journal*, Heft 14, www.gdsu.de.
- Straube, P.; Brämer, M.; Köster, H. & Romeike, R. (2018): Eine digitale Perspektive für den Sachunterricht? Dachdidaktische Überlegungen und Implikationen. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Nr. 24.
- Wedekind, H. (2011): 30 Jahre Lernwerkstatt. In: *Grundschule*, H. 6, 6–10.

Würfl, K.; Schmeinck, D.; Peschel, M.; Irion, T.; Haider, M. & Gryl, I. (2024): Digitalisierung als Vernetzungsbeispiel im Sachunterricht – Digitalisierung und Vernetzung beim Lernen über Medien - In: Egger, C.; Neureiter, H.; Peschel, M. & Goll, T. (Hrsg.): In Alternativen denken. Kritik, Reflexion und Transformation im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 131-145.