

1 Einleitung

Naturwissenschaftliche Bildung soll bereits im frühen Kindesalter beginnen, diese Forderung wird in den letzten Jahren vermehrt geäußert. Argumente, mit welchen das frühere Einführen von naturwissenschaftlichen Bildungsinhalten begründet wird, sind die Ergebnisse der internationalen Vergleichsstudien *Third International Mathematics and Science Study* (TIMSS) und *Programme for International Student Assessment* (PISA), bei denen die deutschen Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 im unteren Mittelfeld abgeschnitten haben. Frühe naturwissenschaftliche Bildung soll nun dabei helfen, der hochtechnisierten Industrie fähigen Nachwuchs zu stellen. Weiter wird die verstärkte Technisierung der Gesellschaft als häufiger Grund für die Fokussierung auf die frühe naturwissenschaftliche Bildung angeführt: Mit der Technik werden bereits sehr junge Kinder konfrontiert, und für die Technik bilden die Naturwissenschaften im weitesten Sinn die Grundlagen. Das Bildungsdefizit in den oberen Stufen soll also aufgefangen werden, indem in den unteren Stufen, am besten schon beim ersten Kontakt mit institutionalisierter Bildung, naturwissenschaftliches Wissen aufgebaut wird.

Diese gesellschaftlichen Forderungen sind durchaus kritisch zu diskutieren, ist es doch auffallend, dass die Debatte zur fehlenden naturwissenschaftlichen Bildung in der Sekundarstufe eine Verlagerung der Problematik auf die ersten Bildungsjahre vornimmt. Generell wird erhofft, dass die Einführung von naturwissenschaftlichen Bildungsinhalten bereits ab drei Jahren für eine Verbesserung von naturwissenschaftlichen Leistungen in späteren Bildungsstufen sorgt (Leuchter & Möller, 2014). Zu bedenken ist, dass diese Argumente aber zu einem fehlgeleiteten Bild naturwissenschaftlicher Bildung im frühen Kindesalter führen können, indem Inhalte der Primar- und Sekundarstufe in den Bereich der Vorschule vorverlegt werden. Das anschlussfähig aufzubauende naturwissenschaftliche Wissen und die dahinterstehenden intellektuellen Anforderungen an die drei- bis sechsjährigen Kinder werden in vielen vorgeschlagenen naturwissenschaftlichen ‚Experimenten‘ und Spielen zudem kaum berücksichtigt.

Die Euphorie, mit der momentan ungeprüft allerlei naturwissenschaftliche Inhalte in die KiTa hineingebracht werden, hat auch damit zu tun, dass die Ausgangslage für frühe naturwissenschaftliche Bildung zunächst einmal bestens scheint: Drei- bis sechsjährige Kinder zeigen ein stark ausgeprägtes Interesse und spontane Neugierde (Conezio & French, 2002), sie beschäftigen sich gerne mit Phänomenen der Natur und stellen diesbezüglich viele Fragen.

Dennoch ist die Vorstellung, Wissensdefizite am Ende des Schulalters könnten mit der frühen Bildung aufgefangen werden, ein Trugschluss, wenn nicht geklärt ist, welche Bildungsziele sinnvollerweise mit drei- bis sechsjährigen Kindern angebahnt werden können und erreicht werden sollen. Es ist durchaus so, dass drei bis sechsjährige Kinder im Erleben der Umwelt auf naturwissenschaftliche Phänomene aufmerksam werden, Fragen dazu generieren, Wissen dazu erwerben und weiterentwickeln können. Eine sinnvolle Unterstützung in ihrem Erleben und Lernen muss aber altersadäquat und inhaltlich überzeugend geschehen.

Dieses Buch widmet sich den Fragen, was Kinder zwischen drei und sechs Jahren lernen können, wie die Neugierde erhalten, die Formulierung von Fragen gefördert und das Entdecken der Welt unterstützt werden können – im weitesten Sinn: was sie wissen können. Dabei wird der Begriff ‚Wissen‘ in verschiedenen Zusammenhängen verwendet. Pragmatisch wird in diesem Buch Wissen in einem breiten Sinn verstanden: Wird im Folgenden von ‚Wissen‘ gesprochen, umfasst dieser Begriff Kompetenzen, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Sinne von ‚Können‘ im weitesten Sinn. Wissen wird hier also weder als ‚schulbezogen‘ noch als ‚abstrakt‘ oder als nur sprachlich verfügbar verstanden, es kann sich auch in Handlungen äußern.

Verbreitete Vorstellungen von Naturwissenschaften und naturwissenschaftlicher Bildung haben oft nur wenig mit der Arbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und mit Naturwissenschaften zu tun. Deshalb wird in Kapitel 2 (► Kap. 2) die Frage gestellt, wodurch Naturwissenschaften definiert werden und welche naturwissenschaftlichen Tätigkeiten von Kindern zwischen drei und sechs Jahren aufgrund ihres kognitiven Entwicklungsstandes überhaupt möglich sein können. Es wird aufgezeigt, dass allein Tun und Ausprobieren, auch wenn sich diese auf Naturphänomene beziehen, noch keine naturwissenschaftlichen Tätigkeiten sind. Vielmehr wird hier die Auffassung vertreten, dass genuin naturwissenschaftliche Tätigkeiten durch naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen ausgezeichnet werden.

Da Bildung immer im Spannungsfeld zwischen individuellen Voraussetzungen und gesellschaftlichem Anspruch steht, wird in Kapitel 3 (► Kap. 3) herausgearbeitet, welche übergreifenden Ziele für die gesamte naturwissenschaftliche Bildungsbiographie in den Blick genommen werden müssen und welche bildungspolitischen Richtlinien und Ziele für drei- bis sechsjährige Kinder daraus abgeleitet werden sollten. Dazu wird das Konzept *Scientific Literacy* vorgestellt sowie eine Auswahl von Bildungsplänen der Bundesländer miteinander verglichen.

Soll die Umsetzung dieser Bildungsziele gelingen, müssen entwicklungspsychologische Grundlagen früher naturwissenschaftlicher Bildung berücksichtigt werden. Dies wird in Kapitel 4 (► Kap. 4) darlegt. Hier geht es insbesondere um die Entwicklung von Basiskompetenzen im Bereich der Denk- und Arbeitsweisen sowie um die Entwicklung von bereichsspezifischem naturwissenschaftlichem Wissen, wobei exemplarisch der physikalische Wissensbereich ausgewählt worden ist. Beides ist eine wichtige Grundlage für die Planung und Durchführung naturwissenschaftlicher Bildungsangebote.

Im 5. Kapitel (► Kap. 5) liegt der Fokus darauf, wie – aus naturwissenschaftsdidaktischer Sicht – Wissen entsteht und welchen Bedingungen es unterliegt. Wissen tendiert dazu, träge und veränderungsresistent zu sein, so dass eine nachfolgende Umstrukturierung von wissenschaftlich falschem Wissen eine große Herausforderung darstellt. Kapitel 6 (► Kap. 6) zeigt auf, unter welchen kognitiven, motivationalen sowie situationsspezifischen und sozialen Bedingungen naturwissenschaftliches Wissen aus der Sicht der Naturwissenschaftsdidaktik verändert werden kann.

Im 7. Kapitel (► Kap. 7) wird ein konstruktivistisches Verständnis des Lernens als selbstregulierter und aktiver, sozialer und situativer Prozess dargestellt sowie auf Einschränkungen der Lernfähigkeit von Kindern im KiTa-Alter hingewiesen, die durch das sich entwickelnde Arbeitsgedächtnis hervorgerufen werden. Daraus werden jedoch keine direkten Schlussfolgerungen für die Lernunterstützung gezogen. Vielmehr werden die Grundlagen des Lernens naturwissenschaftsdi-daktisch interpretiert.

In Kapitel 8 (► Kap. 8) werden insbesondere die Handlungsorientierung sowie der Einsatz von Variationen und Wiederholungen als didaktische Merkmale herausgearbeitet. Anschließend werden auf Grundlage des Modells *Cognitive Apprenticeship* materiale und verbale Unterstützungsmaßnahmen erörtert, die Kindern dabei helfen, ihr Lernen selbstständig zu steuern. Das Kapitel schließt mit Überlegungen zur Organisation von Lernangeboten für drei- bis sechsjährige Kinder und führt zur Ausarbeitung von konkreten Beispielen für Angebote in der KiTa.

Im 9. Kapitel (► Kap. 9) werden ausgehend von den beschriebenen naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen Angebote skizziert, mit denen anhand von in der KiTa vorhandenen Materialien frühe naturwissenschaftliche Bildung unterstützt werden kann. Anschließend werden Vorschläge ausgeführt, wie das Bauspiel als naturwissenschaftliche Lerngelegenheit genutzt werden kann. In einem kurzen Exkurs werden diagnostische Aspekte der Naturwissenschaftsdi-daktik skizziert. Das Kapitel schließt mit einem Hinweiskatalog für die eigene Planung von naturwissenschaftlichen Angeboten und einer kritischen Diskussion von einigen verbreiteten Vorschlägen für die naturwissenschaftliche Bildung in der KiTa.

In Kapitel 10 (► Kap. 10) wird abschließend ein Ausblick auf den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule gegeben und auf mögliche Herausforderungen bei der Umsetzung von stufenübergreifenden naturwissenschaftlichen Projekten in KiTa und Grundschule hingewiesen.

2 Was sind Naturwissenschaften?

Sollen Naturwissenschaften charakterisiert werden, stimmen Laien und Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler meist nicht überein. Dies hat nur teilweise mit dem unvollständigen Wissen der Nicht-Wissenschaftlerinnen und -wissenschaftler zu tun, vielmehr werden bei Laien tief verwurzelte Überzeugungen, wie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten und wie Wissen zustande kommt, identifiziert (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002). Fragen wie „Ist naturwissenschaftliches Wissen über alle Zeit beständig und muss einfach nur ‚entdeckt‘ werden, oder ist es veränderlich und entwickelt sich langsam weiter?“ bzw. „Wird naturwissenschaftliches Wissen von Autoritäten weitergegeben, oder wird es sozial konstruiert?“ sind dabei meist nicht eindeutig zu beantworten. Auch Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler selbst sind sich nicht einig darüber, wie ihre Arbeit am besten beschrieben werden kann. Daher soll im Folgenden auch kein Versuch unternommen werden zu klären, was Wissenschaften oder Naturwissenschaften SIND, sondern dazu angeregt werden, darüber nachzudenken, was man sich unter Wissenschaft vorstellen kann und wie über Wissen und Wissenschaft gesprochen wird.

Die Vorstellungen über die Struktur des Wissens und des Wissenserwerbs beeinflussen sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen das Wahrnehmen sowie das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. Deshalb müssen die Fragen nach den eigenen Überzeugungen und nach dem eigenen Wissen von pädagogischen Fachkräften geklärt werden, bevor naturwissenschaftliche Bildungsinhalte geplant und durchgeführt werden. Angemessene Vorstellungen über das Wesen der Naturwissenschaften zu erwerben und zu wissen, wie sie ‚funktionieren‘, gehört zudem zur naturwissenschaftlichen Grundbildung. Im Folgenden werden zunächst Vorstellungen über das Wesen von Naturwissenschaften vorgestellt (► Kap. 2.1), um danach grundlegende Denkprozesse zur Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse darzustellen (► Kap. 2.2). Darauf aufbauend werden naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (► Kap. 2.3) und naturwissenschaftliche Inhalte (► Kap. 2.4) beschrieben, um exemplarische naturwissenschaftliche Konzepte für die Bildung im Kindergarten vorzuschlagen (► Kap. 2.5). Das Kapitel schließt mit einem Definitionsversuch naturwissenschaftlicher Tätigkeiten (► Kap. 2.6).

2.1 Vorstellungen über das Wesen der Naturwissenschaften und der naturwissenschaftlichen Arbeit

Vorstellungen von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen zum Wissen und zur wissenschaftlichen Arbeit im naturwissenschaftlichen Bereich wurden und werden mit unterschiedlichen Untersuchungsmethoden analysiert. Folgende Fragen und Antworten sind an ein Interview angelehnt, mit dem bei Kindern der dritten Grundschulklasse Vorstellungen über das Wesen von Naturwissenschaften (► Thema 1) und das Denken und Arbeiten von Naturwissenschaftlerinnen

und -wissenschaftlern (► Thema 2) erfasst wurden (Grygier, 2008). Anhand der Antworten lassen sich gängige Vorstellungen einander gegenüberstellen und in eine Niveau-Ordnung (0 bis 2) bringen: ‚0‘ ist dabei definiert als eine naive bzw. unwissenschaftliche Vorstellung, ‚1‘ als eine Zwischenvorstellung und ‚2‘ als annähernd wissenschaftlich.

Tab. 1: Das Wesen der Naturwissenschaften (Thema 1).

	Frage	Antwort
1.1 Funktion der Wissenschaften	Worum geht es in der Wissenschaft?	Es geht darum, 0: Klarheit zu schaffen. 1: etwas auszuprobieren und zu entdecken. 2: Erklärungen zu finden, zu testen und zu belegen.
1.2 Theorie in den Wissenschaften	Was ist eine Theorie?	Eine Theorie 0: sagt den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, was sie zu tun haben. 1: ist eine Erklärung, warum etwas passiert. 2: ist die konzeptuelle Grundlage für eine Vermutung und wird durch die Ergebnisse eines Experiments verfeinert, bestätigt oder widerlegt.
1.3 Vermutung in den Wissenschaften	Was ist eine Vermutung?	Eine Vermutung 0: ist eine Frage. 1: wird im Experiment getestet. 2: wird aus einer Theorie abgeleitet und auf das Experiment ausgerichtet, um widerlegt oder bestätigt zu werden. Vermutungen können nicht endgültig bewiesen werden.
1.4 Experimente in den Wissenschaften	Was ist ein Experiment?	Ein Experiment erlaubt, 0: Fragen zu beantworten. 1: etwas auszuprobieren, zu entdecken. 2: eine aus der Theorie abgeleitete Vermutung mehrmals zu testen, Ergebnisse zu messen und zu vergleichen sowie Zusammenhänge zu erkennen.

Tab. 2: Denken und Arbeiten von Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern (Thema 2).

	Frage	Antwort
2.1 Arbeit der Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler	Wie arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler?	Sie arbeiten, indem sie 0: einen weißen Kittel anziehen. 1: erfinden und experimentieren. 2: unter kontrollierten Bedingungen aus Theorien abgeleitete Vermutungen testen.

Tab. 2: Denken und Arbeiten von Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern (Thema 2) – Fortsetzung.

	Frage	Antwort
2.2 Fragen der Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler	Was für Fragen stellen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler?	Sie stellen die Frage, 0: ob sie es schaffen, alles richtig zu machen. 1: ob die Erfindung gut ist. 2: warum etwas so ist, wie es ist.
2.3 Wissen der Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler	Was machen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, wenn sie etwas nicht wissen?	Wenn sie etwas nicht wissen, 0: denken sie gut nach, dann kommt es ihnen in den Sinn. 1: schauen sie in ihren Büchern nach. 2: schauen sie in der Literatur nach, diskutieren sie mit anderen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, planen Experimente und führen sie durch.
2.4 Veränderung des Wissens von Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern	Ändern Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Theorien/Vermutungen?	0: Nein. 1: Ja, wenn jemand Berühmteres ihnen sagt, dass es nicht stimmt. 2: Ja, wenn sie nach vielem Testen, Lesen und Diskutieren merken, dass dies notwendig ist.
2.5 Fehler von Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern	Kann es sein, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Fehler machen?	0: Nein. 1: Ja, wenn eines ihrer Werkzeuge kaputt ist. 2: Ja, wenn ihre Theorie falsch ist oder ihre Vermutung nicht präzise formuliert ist.

Die hier zusammengestellten Antworten auf Niveau 2 sind nicht abschließend als ‚richtig‘ anzusehen, sie spiegeln jedoch ein informiertes Verständnis der Naturwissenschaften und ihrer Methoden im Allgemeinen wider. Naturwissenschaftsdidaktiker nehmen mit ihren Einschätzungen zum Wesen der Naturwissenschaften folgende Perspektiven ein – auch diese sind jedoch nicht als definitiv anzusehen, sondern werden ständig diskutiert und überprüft (vgl. auch Neumann & Kremer, 2013; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003):

- *Vorläufigkeit:* Naturwissenschaftliches Wissen ist nicht abgeschlossen, sondern entwickelt sich ständig weiter. So ermöglichen neuere Erkenntnisse zu Krankheiten und über pflanzliche/chemische Wirkstoffe die Entwicklung von passgenaueren Medikamenten.
- *Empiriebasierte Evidenz:* Naturwissenschaftliche Einsichten können nur durch Erfahrungen gewonnen werden. Untersuchungen werden durchgeführt, um zuvor definierte Zustände oder Prozesse und deren Veränderungen beobachten zu können. Die dabei gewonnenen Ergebnisse werden anschließend nach definierten Kriterien interpretiert. Beobachtungen und Schlussfolgerun-

gen werden getrennt. Durch reines Nachdenken allein können demnach keine naturwissenschaftlichen Erkenntnisse gewonnen werden.

- *Wissenschaftliche Gütekriterien:* Naturwissenschaftliche Forschungsergebnisse müssen methodisch abgesichert und in einer Testreihe kritisch geprüft werden. Eine einzige Untersuchung ergibt noch keine sicheren Erkenntnisse, sondern Untersuchungen müssen mehrere Male wiederholt werden und jeweils zu vergleichbaren Resultaten führen. Erst dann lassen sie sich von Zufallsbefunden unterscheiden. Daher muss die Untersuchungsmethode klar dargestellt und so festgehalten werden, dass die Untersuchung jederzeit wiederholbar ist und auch von anderen Forschenden wiederholt werden kann.
- *Erkenntnisgewinn:* In den Naturwissenschaften werden Fragen gestellt und theoriegeleitet Vermutungen formuliert, um Phänomene vorherzusagen und zu erklären – im Bewusstsein, dass dieser Erkenntnisgewinn vorläufig ist. Ohne Theorie kann keine Vermutung aufgestellt werden, auch nicht bei der einfachsten Untersuchung. Wird also z. B. die Vermutung aufgestellt, dass alle Dinge, die ein Loch haben, im Wasser sinken, liegt dieser Vermutung vereinfacht gesagt eine Theorie zu Löchern, Wasser und Objekten zugrunde – auch wenn sie nicht explizit formuliert wird. Um einen Erkenntnisgewinn zu erzielen, ist es wichtig, dass die Theorie bewusst gemacht und geäußert wird, d. h. in unserem Beispiel die vermuteten Beziehungen zwischen Gegenständen, Löchern und Wasser ausformuliert und auch möglichst schriftlich fixiert werden. Nur so kann – sollte eine Untersuchung die Vermutung widerlegen – anschließend auch die Theorie (die vermuteten Beziehungen zu Löchern, Wasser und Objekten) überarbeitet werden.
- *Kreativität:* Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler arbeiten kreativ und folgen nicht immer vorgegebenen Pfaden. Zwar wird häufig entlang eines sog. ‚Erkenntniszirkels‘ geforscht (► Kap. 2.3), doch nicht immer werden zwingend alle Schritte dieses Zirkels vollständig durchlaufen.
- *Soziale Eingebundenheit:* Kooperation und Austausch sind für die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens zentral. Naturwissenschaftliche Erkenntnis wird heute mehr denn je im Team gewonnen. Aber auch in früheren Jahrhunderten standen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in regem Austausch und pflegten eine intensive briefliche Korrespondenz (Janich, 1997).
- *Zusammenspiel mit der Technik:* Technik und Naturwissenschaften sind untrennbar miteinander verbunden. Werkzeuge und Messinstrumente spielen nicht erst heute eine wichtige Rolle in den Naturwissenschaften. Beispielsweise ermöglichte der Einsatz des Werkzeugs ‚Teleskop‘ schon seit dem 17. Jahrhundert Erkenntnisse in der Astronomie. Werkzeuge und Messinstrumente sind technische Instrumente, die stets geeicht sein müssen, denn ihre Korrektheit hat einen starken Einfluss auf die Ergebnisse von Untersuchungen und damit eine große Bedeutung für die Erkenntnisse in den Naturwissenschaften (Steinle, 1997). Umgekehrt üben Erkenntnisse, bei denen zunächst nur ihr naturwissenschaftlicher Aspekt verstanden wurde, einen großen Einfluss auf technische Errungenschaften aus (z. B. können durch das Verständnis der

Atomstruktur chemische oder physikalische Reaktionen gesteuert und neue Werkstoffe gewonnen werden).

- *Naturwissenschaften im Gefüge von Gesellschaft und Kultur:* Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden vom historischen und sozialen Umfeld geprägt. Religiöse Vorstellungen haben die Möglichkeiten zur naturwissenschaftlichen Erkenntnis und zu ihrer Verbreitung lange geprägt. So ist z. B. das Weltbild, in dem die Erde den Mittelpunkt des Planetensystems bildet, lange aus religiösen Gründen unangreifbar gewesen, nun aber seit Kopernikus überholt (► Kap. 5.2).
- *Vielfältigkeit:* Methoden und Ziele der Naturwissenschaften sind mehrdimensional. In erster Linie werden je nach Fragestellung und Ziel unterschiedliche Methoden benötigt – die Untersuchung des Planetensystems kann u. a. durch die Beobachtung mit Teleskopen geschehen, die Untersuchung von chemischen Eigenschaften eines Stoffes durch Laborexperimente. Mit verschiedenen Fragestellungen und Zielen (und demnach auch unterschiedlichen Methoden) können die gleichen Gegenstände untersucht werden. Beispielsweise können Pflanzen aus einem botanischen Interesse bezüglich des Verständnisses der Arten untersucht werden oder aus einem pharmakologischen Interesse auf der Suche nach einem Wirkstoff.

In den Naturwissenschaften geht es also darum, vorläufige Erklärungen zu finden, welche mit einer Untersuchung geprüft werden. D. h. aufgrund von bereits bestehenden Theorien werden Vermutungen aufgestellt, die so formuliert werden müssen, dass sie durch eine Untersuchung bestätigt oder widerlegt werden können. Dazu müssen Untersuchungen so angelegt und beschrieben werden, dass sie (von anderen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern) wiederholt werden können. Auf diese Weise werden Theorien durch die Ergebnisse von Untersuchungen verfeinert, bestätigt oder widerlegt. Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler gehen also in ihrer Arbeit Fragen auf den Grund, indem sie aus Theorien abgeleitete Vermutungen in Untersuchungen prüfen, ihre Ergebnisse mit anderen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern diskutieren und das Wissen so weiterentwickeln. Dieser Prozess ist jedoch nicht geradlinig. Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler weichen in ihrem Forschungsprozess manchmal von ihren zunächst beschlossenen Vorgehensweisen ab oder machen Fehler, welche zu unvorhergesehenen Ergebnissen führen, oder ihr Experiment widerlegt ihre aufgestellten Vermutungen, so dass die eigenen Theorien überdacht und neue Vermutungen formuliert werden müssen.

In Bezug auf eine frühe naturwissenschaftliche Bildung ist häufig von Kindern als ‚intuitiven Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern‘ die Rede. Diese Metapher ist jedoch irreführend, da bei Kindern zwischen drei und sechs Jahren die Fähigkeit nicht voll ausgebildet ist, Theorien (oder einfacher: Vermutungen) und Beobachtungen systematisch zusammenzuführen (siehe Beispiel unten). Dies wird jedoch als entscheidendes Kennzeichen der wissenschaftlichen Tätigkeit angesehen (Schnotz, 2001).

Beispiel: Kinder können Theorien und Beobachtungen nicht systematisch zusammenführen

Kinder können der Überzeugung sein, dass alle Dinge mit Loch sinken. Anhand eines hölzernen Vorhangrings, den sie ins Wasser legen, können sie zwar beobachten, dass ihre Theorie, dass alle Dinge mit Löchern sinken, falsch ist und der Vorhangring schwimmt. Dennoch können sie durchaus noch weiter daran festhalten, dass Dinge mit Löchern sinken und auf ihrer Theorie beharren.

Auch wenn die meisten Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler den hier genannten Beschreibungen ihrer Arbeit weitestgehend zustimmen, gibt es noch keine allgemeingültige Definition, was Naturwissenschaften sind. Zwei Kernbereiche lassen sich jedoch bestimmen: (1) die Denk- und Arbeitsweisen, (2) die naturwissenschaftlichen Inhalte. In den folgenden Abschnitten wird nach einem Exkurs über grundlegende Prozesse der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ein Überblick über Denk- und Arbeitsweisen in den Naturwissenschaften gegeben, um darauffolgend einige Grundlagen naturwissenschaftlicher Inhalte zu beleuchten.

2.2 Exkurs: Grundlegende Denkprozesse wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

Um naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, bedient man sich zweier grundlegender Denkprozesse, nämlich der Induktion und der Deduktion (vgl. Dewey, 2009). Mit Hilfe dieser Denkprozesse werden Beobachtungen von Sachverhalten einerseits und konzeptuelle Vermutungen und Theorien über diese Sachverhalte andererseits miteinander verbunden.

Die Voraussetzung für eine Induktion ist das Erkennen von Mustern und Regelmäßigkeiten in den Beobachtungen von Sachverhalten:

- Beobachtung 1: kleines Holzstück schwimmt.
- Beobachtung 2: großes Holzstück schwimmt.
- Beobachtung 3: Holz mit Löchern schwimmt.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnis wird eine Begriffsbildung oder Kategorisierung vorgenommen, mit der die Beobachtungen in eine Aussage zusammengefasst werden. Hier würde die Aussage lauten: „Alles aus Holz schwimmt“. Diese Aussage wird häufig auch als ‚allgemeingültiger Satz‘ bezeichnet, der sich auch auf andere Beobachtungen aus der Vergangenheit („Ich habe schon letzte Woche ein Holzstück gesehen, das wäre wohl auch geschwommen.“) oder Zukunft bezieht („Alles Holz, was ich in Zukunft sehen werde, wird schwimmen.“). Induktion beschreibt also den Versuch, einen allgemeingültigen Satz zu finden, was allerdings nicht immer gelingen muss. Solche induktiv gewonnenen Sätze sind nämlich nur so lange allgemeingültig, wie sie nicht widerlegt oder erweitert wurden. Die Widerlegung oder Erweiterung kann mit der Denkbewegung der Deduktion erfolgen.

Deduktion geht von einem allgemeingültigen Satz aus, welcher zuvor entweder durch Induktion oder aus anderen Quellen, wie zum Beispiel aus der Lektüre von Theorien, gewonnen wurde. Mit dem deduktiven Denken wird aktiv nach weiteren Beobachtungen gesucht, die den ersten allgemeinen Satz eventuell widerlegen, modifizieren oder bestätigen. Es ergibt sich also ein neuer allgemeingültiger Satz.

Beispiel: Deduktion (1)

- Allgemeingültiger Satz: Alles aus Holz schwimmt.
- Beobachtung x: Ich habe ein Holz, das nicht schwimmt.
- Ergebnis/neuer allgemeingültiger Satz: Es gibt Holz, das schwimmt, und Holz, das sinkt.

Hier wird der allgemeingültige Satz widerlegt und modifiziert. Natürlich muss nun erforscht werden, woran dies liegen könnte. Nach vielen Untersuchungen kann dann die Erkenntnis erlangt werden, dass das sinkende Holz Tropenholz ist.

Beispiel: Deduktion (2)

- Allgemeingültiger Satz: Alles was schwimmt, ist aus Holz.
- Beobachtung x: Diese Kugel schwimmt, sie ist aber nicht aus Holz, sondern aus Styropor.
- Ergebnis/neuer allgemeingültiger Satz: Holz und Styropor schwimmen.

Hier wird der allgemeingültige Satz erweitert und modifiziert.

Deduktion beschreibt somit den Versuch, einen ersten allgemeingültigen Satz zu widerlegen, wobei auch dies nicht immer gelingen muss. Eine aktiv gesuchte neue Beobachtung kann auch zu einer Bestätigung eines induktiv gewonnenen ersten allgemeingültigen Satzes führen. Induktion und Deduktion ergänzen einander und werden benötigt, um in der Welt überhaupt zurechtzukommen. Je bewusster Induktion und Deduktion vollzogen werden, desto ‚wissenschaftlicher‘ ist das Denken. Der bewusste Einsatz von Induktion und Deduktion ist nach Dewey (2009) unabdingbar, um forschen zu können. Induktion und Deduktion bilden die Grundlage naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen.

2.3 Denk- und Arbeitsweisen in den Naturwissenschaften

2.3.1 Denk- und Arbeitsweisen

Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler bedienen sich typischer Denk- und Arbeitsweisen, wenn sie auf Verfahren der Erkenntnisgewinnung zurückgreifen. Eine Beschreibung von Denk- und Arbeitsweisen als allgemeine Verfahren der Erkenntnisgewinnung, die während einer Untersuchung angewandt werden, geht auf Dewey (2009) zurück und wird insbesondere auf Naturwissenschaften bezogen. Dazu gehören u. a. Beobachten, Ordnen, Fragen stellen, Vermuten und Überprüfen sowie Messen, Berechnen und Dokumentieren. Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung und die damit zusammenhängenden Denk- und Arbeitswei-