

Freies Explorieren als Umgangsweise mit Welt

1 Einleitung

Im Folgenden sollen zentrale Ergebnisse der Studie „Freies Explorieren zum Thema elektrischer Stromkreis“ vorgestellt und diskutiert werden. Ziel der im naturwissenschafts- und technikbezogenen Bereich des Sachlernens angesiedelten Studie war es, Suchräume zu rekonstruieren, innerhalb derer Kinder nach Ursachen für das Funktionieren von Stromkreisen suchen. Der Begriff des Suchraums geht zurück auf Klahr und Dunbar (1988), die in Bezug auf den Prozess des wissenschaftlichen Argumentierens zwei zentrale Strategien identifizieren konnten: Die Suche im Hypothesensuchraum und die Suche im Experimentiersuchraum (vgl. Klahr & Dunbar 1988, S. 1). Später wurde die Idee des Suchraumes im Zusammenhang mit der Beschreibung von Problemen von Kindern beim hypothesenprüfenden Experimentieren von Hammann (2004) aufgegriffen. Ob und welche Suchräume Kinder beim freien Explorieren betreten, sollte in der Studie geklärt werden.

Theoretische Bezugspunkte der Studie bildeten der Bildungsrahmen Sachlernen (Pech & Rauterberg 2013), der Diskurs um naturwissenschaftliches (Rauterberg 2013; Michalik 2010) und technisches (Mammes & Tuncsoy 2013; Jeretin-Kopf & Kosack 2013) Lernen im Kindesalter sowie die Forschung zu Vorstellungen von Kindern zu Phänomenen (Heran-Dörr 2013; Murmann 2013). Das Besondere ist, dass die Suchräume auf Basis videographierter Schüler*innenhandlungen unter Rückgriff auf die dokumentarische Methode (Bohnsack 2009; Wagner-Willi 2004) rekonstruiert wurden. Der Fokus wurde nicht auf Sprechhandlungen (die Ebene des Tones), sondern auf praktische Handlungen mit Materialien gelegt (Ebene des Bildes). Es wurden also nicht explizite verbale Äußerungen untersucht, sondern vielmehr das den Handlungen zu Grunde liegende implizite, bzw. handlungsleitende Wissen rekonstruiert, um darüber Vorstellungen sichtbar zu machen.

Der Schwerpunkt dieses Beitrages liegt auf der Begründung des Settings zur Auseinandersetzung mit Materialien zum elektrischen Stromkreis. Das freie Explorieren (Köster 2006) als Ansatz schulischen Experimentierens wurde gewählt, um Kinder zum Handeln anzuregen, um dann über diese videographierten Handlungen implizites Wissen (Polanyi 2016) zu rekonstruieren. Der Fokus der Ergebnisdarstellung liegt auf den inhaltlichen Befunden – zum einen auf den rekonstruierten Suchräumen in Phasen des freien Explorierens zum elektrischen Stromkreis und zum anderen auf Befunden zum freien Explorieren an sich. Die Darstellungen schließen mit der Diskussion des besonderen Wertes des freien Explorierens als Zugang zu Dingen und Phänomenen im naturwissenschafts- und technikbezogenen Sachunterricht.

Im Zuge der theoretischen Verortung wird zunächst das der Studie zu Grunde liegende Verständnis von Sachlernen, welches die Berücksichtigung und Ausbildung von Umgangsweisen in den Fokus rückt, kurz skizziert (Abschnitt 2), ehe der Diskurs um naturwissenschaftsbezogenes und auch technikbezogenes Lernen im Zusammenhang mit Selbstbildungsprozessen mit zugehörigen Methoden näher vorgestellt wird (Abschnitt 3). Anschließend folgen kurze Ausführungen zur Fragestellung der Studie (Abschnitt 4) und dem methodischen Vorgehen (Abschnitt 5). Der Beitrag schließt mit der Darstellung und Diskussion zentraler Ergebnisse (Abschnitt 6).

2 Umgangsweisen als Gegenstand von Sachlernen

Versteht sich Sachunterricht als eigenständige wissenschaftliche Disziplin, dürfen die Gegenstände nicht aus anderen Disziplinen übernommen werden (vgl. Pech & Rauterberg 2013, S. 15). Eine wissenschaftliche Disziplin sollte ihren Gegenstand selbst bestimmen. Der von Pech und Rauterberg (2013) verfasste Bildungsrahmen Sachlernen stellt einen Entwurf zur Gegenstandsbestimmung des Sachlernens dar. „Dem Paradigma der ‚Umgangsweisen‘ in diesem Entwurf liegt der Gedanke zu Grunde, dass ‚Erkenntnis‘ der Welt und kommunizierbares Wissen über Welt nicht – ausschließlich – gebunden sind an wissenschaftliche Methoden.“ (ebd., S. 22) Alle Menschen verfügen über bestimmte in einem kulturellen Kontext individuell entwickelte Umgangsweisen, die ihnen nützlich sind, sich in der Welt zu orientieren. Diese individuell entwickelten Umgangsweisen werden aber in Lernsituationen oftmals nicht berücksichtigt und gefördert, sondern eher als vorläufige Modelle angesehen, die durch fachliche Umgangsweisen ersetzt werden sollten (vgl. ebd., S. 22f.). Exemplarische Umgangsweisen sind unter vielen anderen z.B.: recherchieren, interpretieren, gestalten oder sich positionieren. „Diese Umgangsweisen beziehen sich immer auf etwas. Dieses etwas haben wir bisher mit dem uns am weitesten erscheinenden Begriff ‚Welt‘ belegt.“ (ebd., S. 24)

In der Studie erfolgt eine Orientierung an Umgangsweisen. Kinder sollen selbstbestimmt mit Dingen und Phänomenen umgehen und etwas für sie Bedeutsames herausfinden. Der Begriff der Selbstbestimmung beschränkt sich dabei nicht nur darauf, dass Kinder selbst handelnd tätig werden und eigenständig Problemlösungen finden oder eine vorgegebene Sache aus verschiedenen Fachperspektiven im Sinne der Vielperspektivität betrachten. Es geht nicht nur darum, eine bestimmte vorgegebene Deutung eigenständig zu erlangen, bspw. im Sinne eines Ko-Konstruierens von Bedeutungen, die den Erwachsenenwelten entstammen (vgl. Rauterberg 2013, S. 40). Vielmehr geht es darum, dass Kinder auch die Gegenstände ihrer Auseinandersetzung selbst wählen und diese nicht zwangsläufig einer Fachsystematik entspringen müssen.

Dem Verständnis von Umgangsweisen als Gegenstandes des Sachlernens folgend, steht also nicht im Fokus, feste Wissensbestände lehren zu wollen. Wissen ist nichts Statisches, sondern wandelt sich. Ein modernes Wissenschaftsverständnis definiert und differenziert Wissenschaften nicht über Gegenstände, sondern über Methoden (vgl. Pech & Rauterberg 2013, S. 21). Mit einer spezifischen Methode lässt sich ein spezifischer Gegenstand konstruieren oder auch rekonstruieren. Der Gegenstand ist also abhängig von der Weise, wie mit ihm umgegangen wird und abhängig davon, wie Wissenschaft Welt interpretiert. Daraus ergibt sich, dass der Unterschied zwischen kindlichem und wissenschaftlichem Wissen „nicht in der Richtigkeit des Wissens, sondern in den unterschiedlichen Methoden/Umgangsweisen und Interessen der Genese dieses Wissens [liegt].“ (ebd.). Diese Formulierung legt bereits nahe, dass der Studie ein konstruktivistisch orientiertes Lernverständnis zu Grunde liegt.

3 Konstruktivismus

Der Begriff „Konstruktivismus“ ist heute allgegenwärtig, wenn es um das Lernen geht, wird doch davon ausgegangen, dass Lernen ein aktiver und konstruktiver Prozess ist (Rauterberg 2007; Möller 2001; Klein & Oettinger 2007). Zunächst einmal ist der Konstruktivismus allerdings eine Erkenntnistheorie und keine Theorie des Lernens. Allerdings werden bestimmte Aspekte der Erkenntnistheorie auch auf das Lernen übertragen. Die Erkenntnistheorie des Konstruktivismus geht davon aus, dass es eine externe Realität gibt, es dem Individuum allerdings nicht möglich ist, diese zu erkennen. Das heißt, Realität ist ein Produkt der Wahrnehmungen und Interpretationen des Individuums, welches auf Basis individueller Erfahrung entsteht. Alle Wahrnehmungen von Phänomenen und Dingen sind Konstruktionen, die vom wahrnehmenden Subjekt abhängen und nicht von den Dingen, den wahrgenommenen Gegenständen und

Phänomenen, an sich. Eine objektive Erkenntnis der Wirklichkeit an sich ist dem Konstruktivismus folgend nicht möglich (vgl. von Glaserfeld 1996, S. 22; Möller 2001, S. 17; Rauterberg 2007, S. 2).

Eine weitere Ausprägung des Konstruktivismus geht davon aus, dass nicht das Individuum allein Wirklichkeit konstruiert, sondern auch bestimmte soziale und gesellschaftliche Gruppen, die gleiche oder ähnliche Erfahrungen teilen (vgl. Möller 2001, S. 19). Auf diesen sozialen Konstruktivismus wird meistens Bezug genommen, wenn es darum geht, Annahmen des Konstruktivismus auf das Lernen zu übertragen.

Aus Perspektive eines erkenntnistheoretischen Konstruktivismus lässt sich ein solch moderat-konstruktivistisches Lernverständnis, das auf den Erwerb verstandenen und handlungsbe-reiten Wissens abzielt (vgl. ebd., S. 25), durchaus kritisch betrachten. Als problematisch wird erachtet, dass das zu Konstruierende in der Regel ja schon feststeht, also ganz bestimmte Konstruktionen aufgebaut werden sollen, die zudem noch aus den Welten der Erwachsenen stammen (vgl. Rauterberg 2013, S. 40). Annahmen des Konstruktivismus beziehen sich also auf den Prozess des Lernens, der individuell verläuft, meist aber nicht auf den Gegenstand. Soll sich im Zusammenhang mit schulischem Lernen an einem erkenntnistheoretischen radikalen Konstruktivismus orientiert werden, muss ein Umdenken in Hinblick auf die Konstitution des Lerngegenstandes als lehrseitiges Konstrukt erfolgen. „M.E. ist eine andere fachdidaktische Reaktion auf konstruktivistische Lerntheorien möglich, bspw. eine empirische Beobachtung, was die SchülerInnen im Unterricht konstruiert haben, anstatt empirisch zu erheben, ob sie etwas ganz bestimmtes gelernt haben.“ (Rauterberg 2007, S. 9) Die Auffassung Rauterbergs wird vom Autor geteilt. Eine Fokussierung des Sachlernens auf Umgangsweisen mit Welt kann den Wechsel weg von etwas Vorbestimmtem zu etwas Bedeutsamen leisten.

Pech und Rauterberg verdeutlichen das am Beispiel des Apfels, der in Unterrichtskontexten in der Regel als Kernobst thematisiert wird, der von sich aus aber nicht „als Lehrgegenstand bereits als Kernobst gedeutet [ist], sondern nur und erst dann Kernobst [ist], wenn die in der pädagogischen Situation prozessierte Umgangsweise dies hergibt, dies erkennen lässt.“ (Pech & Rauterberg 2013, S. 28) Diese Deutung könnte bspw. über das Recherchieren erlangt werden. Mit anderen Umgangsweisen würden andere Deutungen entstehen. Über sinnliche Umgangsweisen kann der Apfel auch beschrieben und erkundet werden, dann aber wahrscheinlich nicht als Kernobst (vgl. ebd.). Umgangsweisen sind somit zentrale Zugänge zu Gegenständen, zu Phänomenen und dementsprechend auch zu Wissen. Umgangsweisen selbst sind auch gleichzeitig Gegenstand von Wissen. Erst beim Umgehen mit den Sachen ergeben sich ihre Bedeutungen. „Diese können – und müssen dies auch im Unterricht können/dürfen – im fachlichen Sinne falsch und im Hinblick auf das Weltbild unzulässig sein.“ (ebd., S. 28) Viel wichtiger scheint, dass am Ende einer Erkundung oder eines Umgehens mit Sachen ein Ergebnis steht, das Kinder mit ihren Möglichkeiten erreicht haben und das ein für sie sinnvolles und verständliches ist (vgl. Rauterberg 2013, S. 42). Vorhandene kindliche Umgangsweisen mit Welt werden also nicht vernachlässigt und mit „unbegreifbaren objektiven Wahrheiten“ (Fischer 2013, S. 24f.) blockiert, sondern aufgegriffen.

4 Naturwissen und Selbstbildung – Technik und Selbstbildung

Zu Beginn der Ausführungen zum zweiten theoretischen Bezugspunkt werden zunächst die Begriffe ‚Natur‘ und ‚Technik‘ voneinander abgegrenzt, ehe die didaktischen Konzeptionen von ‚Naturwissen und Selbstbildung‘ bzw. ‚Technik und Selbstbildung‘ sowie zugehörige Methoden – ‚freies Explorieren‘ und ‚Tüfteln‘ – umrissen werden. Abschließend wird kurz dargestellt, wie die Auseinandersetzung mit dem elektrischen Stromkreis zwischen naturwissenschaftsbezogenen und technikbezogenen Betrachtungsweisen zu verorten ist.

4.1 Natur und Technik

Im Bereich der Sachunterrichtsdidaktik findet sich oft der Doppelbegriff „naturwissenschaftlich-technisch“ (vgl. bspw. Möller 2006, S. 107f.). Dieser doppelte Begriff rückt die Begriffe Natur und Technik in ein enges Verhältnis, allerdings sind Natur und Technik unterschiedlich und so müssen sich auch naturwissenschaftliche und technische Fragen voneinander unterscheiden. „Technik besitzt keinen Selbstzweck, sondern ereignet sich zielorientiert zwischen der Natur, dem einzelnen Menschen und der Gesellschaft.“ (Mammes & Tuncsoy 2013, S. 11) Die Naturwissenschaften erforschen systematisch Teilaspekte der Natur, die Technikwissenschaften untersuchen Funktionen und die Gestaltung von Technik.

„Die Naturwissenschaften sind analytisch ausgerichtet und fragen nach den kausalen Zusammenhängen. Es geht hier um Ursache und Wirkung. Die naturwissenschaftlichen Aussagen orientieren sich an den Kategorien ‚richtig oder falsch‘. Ihr Gegenstand ist das, was von Natur aus da ist. Die Technik und die Technikwissenschaften beziehen sich auf Menschenwerk, auf das künstlich Geschaffene. Ihre Fragerichtung ist nicht kausal, sondern final orientiert. Hier interessiert in erster Linie nicht das, ‚was ist‘, sondern das, ‚was sein soll‘. Die Hauptfragerichtung ist nicht die nach Ursache und Wirkung, sondern nach Sinn und Zweck. Bei der Beurteilung technischer Sachverhalte geht es nicht um richtig oder falsch, sondern um ‚gut oder schlecht‘.“ (Sachs 2001, S. 7)

Im Rahmen technischer Analyse wird oft auch auf zugrunde liegende naturale Wirkungszusammenhänge eingegangen, wenn sie für den Zweck, den ein technisches Objekt erfüllen soll, von Bedeutung sein könnten. Damit sind z.B. naturwissenschaftliche Aussagen oder Gesetzmäßigkeiten gemeint, die technischen Dingen zugrunde liegen oder auf denen technische Funktionsweisen beruhen (vgl. Kosack et al. 2015, S. 40). Es bestehen also durchaus Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten und der Herstellung von technischen Artefakten. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse haben einen Einfluss auf technische Artefakte, so wie im umgekehrten Sinn Artefakte auch Einfluss auf naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung haben.

4.2 Naturwissen und Selbstbildung

Dass die Auseinandersetzung mit Natur und Naturwissenschaften Bildungsrelevanz besitzt, ist Konsens (vgl. Möller 2009, S. 165). Ebenso verhält es sich mit Technik und technischer Bildung (vgl. Mammes & Tuncsoy 2013, S. 19). Wie diese Auseinandersetzung aussieht, wird unterschiedlich gesehen.

„Aktuelle didaktische Ansätze im frühkindlichen Bereich mit Bezug auf Natur/Naturwissenschaft lassen sich folgendermaßen unterscheiden: Die einen halten die Erwachsenenwelten, in der Regel didaktisierte wissenschaftliche Aussagen aus dem Bereich der Naturwissenschaft für einen angemessenen Gegenstand sowohl im Kindergarten als auch in der Grundschule, andere sind hier skeptisch.“ (Rauterberg 2013, S. 39)

Hier lässt sich die Diskrepanz zwischen etwas ganz Bestimmtem und etwas Eigenem oder Selbstbestimmten, wiederfinden. Auch wenn das Zitat von Rauterberg schon etwas älter ist, besitzt die Aussage auch weiterhin Gültigkeit. So betont Ramseger (2020) bspw. auch die Selbstaneignung von Welt und damit einhergehend die Notwendigkeit eines bildenden Unterrichts, um zu einem Erkenntnisgewinn zu gelangen. Andere Positionen setzen den Aufbau angemessener, das heißt fachlicher, Vorstellungen ins Zentrum didaktischer Überlegungen. Das gilt auch für Ansätze, die einem moderat-konstruktivistischen Lehr-Lernverständnis und dem selbstgesteuerten Aufbau von Wissen folgen sowie an Vorstellungen von Kindern anknüpfen (vgl. Grimm, Todorova & Möller 2020; Möller 2018).

Im Bereich der technischen Bildung verhält es sich ähnlich. So lassen sich auch in aktuellen Publikationen Ansätze festhalten, die auf den Aufbau fachlich belastbarer Vorstellungen abzielen (Schmitt & Fellensieck 2021). Auf der anderen Seite lassen sich aber auch Konzepte finden, die einen selbstbildenden Ansatz verfolgen, in dem nicht vorschnell fachlich belastbare Vorstellungen aufgebaut werden sollen.

„Nicht richtig erscheint, was oft in der Realität beobachtbar ist, nämlich das ‚Füttern‘ von Kindern mit wissenschaftlichen Richtigkeiten. [...] Auch technische Bildung muss die Aufgabe ernst nehmen, Menschen dabei zu unterstützen, ihre Neugier nicht zu verlieren. Am besten geht das, wenn man Sich-Bildenden hilft, Erfahrungen mit technischem Erschließen zu sammeln.“ (Schumann 2021, S. 65)

Für die Studie, deren Ergebnisse in diesem Beitrag vorgestellt werden, wurde ein Ansatz gewählt, der dem Verständnis von Naturwissen und Selbstbildung (Michalik 2010; Rauterberg 2013) folgt. Diesem Ansatz nach ist wissenschaftliches Wissen der Erwachsenenwelten nicht der angemessene Gegenstand des Lernens in der Grundschule. Das Kind wird also nicht als ein mit einer fachlichen Vorstellung zu behrendes Kind angesehen, sondern als ein lern- und bildungsfähiges (vgl. Rauterberg 2013, S. 42). Im Zusammenhang mit bildungsorientierten Unterrichtsansätzen ist das Erkunden von und das Umgehen mit Welt zentral. Dabei unterscheidet Rauterberg zwischen dem Welterkunden von Kindern innerhalb und außerhalb pädagogisch initiierten Situationen. Problematisch ist, dass Strategien des Welterkundens der Kinder oftmals nicht aufgegriffen werden, sondern als zu ändernde bzw. an Strategien des Welterkundens Erwachsener anzupassende angesehen werden.

Die didaktische Konzeption von Naturwissen und Selbstbildung fußt auf Beobachtungen des eigenständigen kindlichen Welterkundens im Rahmen eines pädagogischen Angebotes. Die Setzung ist, dass Kinder, auch wenn es vermeintlich den Anschein macht, dass sie spielend durch ihre Umgebung ziehen, für sich sinnvoll handelnd ihre Welt und auch Natur erschließen. Es soll also versucht werden, kindliches Welterkunden außerhalb pädagogisch initiierten Situationen innerhalb pädagogischer Situationen aufzugreifen und zu stärken. Bei diesem Ansatz werden am Ende keine wissenschaftlichen Klärungen stehen, „[...] aber das Ergebnis, so wird konstatiert, kann ein für die Kinder sinnvolles und verständliches sein und vor allem: Es ist ihr Ergebnis und sie haben es – pädagogisch unterstützt – mit ihren Möglichkeiten erreicht.“ (ebd., S. 42)

Um zu Weltdeutungen zu kommen, ist der selbstgesteuerte Umgang mit Welt zentrale Voraussetzung. Im Rahmen naturwissenschaftlicher Grundbildung ist daher der Umgang mit Natur und Phänomenen zentral.

4.3 Technik und Selbstbildung

Der Ansatz der Selbstbildung ist auch für den Bereich der Technik bedeutsam. Analog zu ‚Naturwissen und Selbstbildung‘ könnte eine didaktische Konzeption zur Auseinandersetzung mit Technik ‚Technik(wissen) und Selbstbildung‘ heißen. Ähnlich wie im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens im Kindesalter lässt sich im Bereich des technischen Lernens und der Technikdidaktik eine Hinwendung zum Kind und seinen Zugangsweisen zu Welt festhalten (vgl. Jeretin-Kopf & Kosack 2013, S. 46).

Wesentlich im Zusammenhang mit technischem Lernen sind das Lösen von Problemen und das Umgehen mit Technik. Letzteres bezieht sich sowohl auf den Umgang mit technischen Dingen als auch auf das technische Problemlösen, zu dem das Konstruieren ebenso wie das Modellieren, das Skizzieren oder auch das Ausprobieren gehören. Manuell-sinnliche und auch leibliche Erfahrungen und Erkundungsmöglichkeiten spielen beim Erkunden von technischen Zusammenhängen eine wesentliche Rolle (vgl. Mammes & Tuncsoy 2013, S. 9). Ein reiches Angebot mit verschiedenen Möglichkeiten ist daher besonders wichtig, um eine möglichst große Offenheit in der Problemlösung zu erzielen und auch sichtbar zu machen. Über das selbstständige Erkunden von Funktionen oder auch über das Umgehen mit Materialien können eine hohe Gestaltungsoffenheit realisiert und verschiedene Lösungsmöglichkeiten gefunden und erprobt werden (vgl. Kosack et al. 2015, S. 40). Kosack et al. (2015) halten zu Unterricht über Technik fest, dieser

„fokussiert [...] auf die Gestaltung, Nutzung und Bewertung von Artefakten. Die mentalen Repräsentationen der Lernenden äußern sich in den Artefakten, die sie herstellen, sowie in der Art und Weise, wie Ar-

tefakte genutzt und bewertet werden. Dabei wird die individuelle Entscheidung für ein bestimmtes Artefakt von kulturellen Verhaltensmustern und Wertvorstellungen bestimmt.“ (ebd., S. 39).

Die Auseinandersetzung mit Technik erfolgt also – innerhalb eines kulturellen und gesellschaftlichen Rahmens – in hohem Maße im Zusammenhang mit Selbstbildungsprozessen.

4.4 Freies Explorieren

Im Bereich des naturwissenschaftsbezogenen Lernens als auch im Bereich des technikbezogenen Lernens genießt das Experimentieren einen hohen Stellenwert und gilt als Zeichen eines engagierten Unterrichts, ist es doch eine der zentralen Methoden des Erkenntnisgewinns in den Naturwissenschaften und den Technikwissenschaften (vgl. Murmann et al. 2007, S. 81; Jeretin-Kopf & Kosack 2013, S. 45). Beim technischen Experiment ist die Hauptfragerichtung allerdings nicht kausal, sondern final ausgerichtet. Es geht darum, problemlösend vorzugehen und nicht erklärend. (vgl. Sachs 2001, S. 7)

Klahr und Dunbar konnten in einer Untersuchung zum wissenschaftlichen Argumentieren mit Erwachsenen zwei unterschiedliche Strategien beim Suchen von Erklärungen für die Funktionsweise einer ihnen unbekanntem Funktion eines elektronischen Gerätes beschreiben. „One strategy was to search memory and the other was to generalize from the results of previous experiments.“ (Klahr & Dunbar 1988, S.1) Diese unterschiedlichen Strategien bei der Problemlösung beschrieben sie als Suche in zwei Räumen: der Suche im Experimentiersuchraum und der Suche im Hypothesensuchraum.

Hammann (2004) greift dieses Suchraummodell auf. Er versteht naturwissenschaftliches Experimentieren als komplexes Problemlösen, das sich in zwei unterschiedlichen Räumen vollzieht, die miteinander in Beziehung gesetzt werden. Hammanns Experimentierverständnis folgt dabei einem hypothesenprüfenden Vorgehen.

„Die Suche im Hypothesen-Suchraum beinhaltet die Aspekte des Aufstellens, Verfeinerns und Revidierens von Hypothesen auf der Grundlage domänenspezifischen Vorwissens bzw. auf der Basis von Daten, die aus Experimenten oder Beobachtungen stammen. [...] Die Suche im Experimentier-Suchraum bezeichnet den Umgang mit Variablen bei der Planung von Experimenten, um Daten hervorzubringen, die in Bezug auf die eingangs gestellten Hypothesen zweifelsfrei interpretierbar sind.“ (Hammann 2004, S. 198)

In empirischen Untersuchungen zum Experimentieren mit Schüler*innen der weiterführenden Schule und auch der Grundschule wurden unterschiedliche Defizite und deren Entstehung festgehalten (Hammann 2004; 2006). So haben Kinder u.a. Experimente durchgeführt ohne Hypothesen formuliert zu haben. Des Weiteren wurden Variablen unsystematisch getestet sowie Kontrollvariablen nicht konstant gehalten.

Es lässt sich allerdings auch die Frage stellen, ob einzig ein hypothesenprüfendes Vorgehen als wissenschaftlich zu bezeichnen ist und ob (alle) Schüler*innen überhaupt im wissenschaftlichen Sinn experimentieren sollen. Vor dem Hintergrund der kurzen Ausführungen zur didaktischen Konzeption von Naturwissen bzw. Technik und Selbstbildung und in Bezug auf das naturwissenschaftsbezogene Lernen im Kindesalter, ist diese Frage gewiss zu verneinen. Das bedeutet allerdings nicht, dass Kinder nicht auch Erkundungen anstellen können oder auch bestimmte dem Experimentieren zugehörige Handlungsschritte vollziehen, bzw. Umgangsweisen im Zusammenhang mit Phänomenen kennenlernen sollen.

Auch im Zusammenhang mit dem wissenschaftlichen Experimentieren sind die Ausführungen, die ein Experiment nur dann als ordentliches Vorgehen wahrnehmen, wenn zu Beginn durch Induktion oder Deduktion auf Basis bestehender Theorien oder Daten Hypothesen formuliert wurden, fragwürdig. Genauso können Vermutungen oder Hypothesen auch auf Basis kreativer Überlegungen entstehen, wenn bspw. nicht auf ein Theoriefundament zurückgegriffen werden kann (vgl. Stiller et al. 2020, S. 30).

Für das schulische Experimentieren halten Hartinger et al. vier didaktisch unterscheidbare Formen des Experimentierens fest, die sich dahingehend unterscheiden, ob Fragestellung und

Vorgehensweise jeweils vorgegeben sind oder nicht. Sind Fragestellung und Vorgehen vorgegeben, sprechen sie von Laborieren; ist keine Fragestellung vorhanden und ist das Vorgehen vorgegeben, handele es sich um einen Versuch; ist eine Fragestellung vorgegeben und das Vorgehen nicht, handele es sich um ein Experiment; ist gar nichts von beidem vorgegeben, lässt sich vom Explorieren sprechen (vgl. Hartinger et al. 2013, S. 7).

Das freie Explorieren ist die Form des schulischen Experimentierens, die in besonderer Weise eine selbstbestimmte Form der Auseinandersetzung mit Phänomenen und Dingen bietet und passt daher insbesondere zu einem Ansatz naturwissenschaftsbezogener Bildung, der der didaktischen Konzeption von Naturwissen und Selbstbildung folgt. Beim Explorieren geht es nicht um das Formulieren und Überprüfen von Hypothesen, sondern um den selbstständigen Umgang mit Materialien und das Erkunden von Phänomenen. Köster (2006) konnte in ihren Untersuchungen herausarbeiten, dass freies Explorieren in verschiedenen Phasen abläuft. In der Orientierungsphase gewinnen Kinder einen Überblick über Materialien. Sie ist stark sinnlich-ästhetisch aber immer auf die vorhandenen Sachen bezogen. In der Explorationsphase konzentrieren Kinder sich auf ausgewählte Phänomene. „Auch wenn die Kinder in dieser Phase kaum Fragen formulieren, wird deutlich, dass sie sich um das ‚Wie‘ bemühen: Wie kommt das Phänomen zustande? Unter welchen Bedingungen tritt es auf?“ (Köster 2006, S. 45) In der Vertiefungsphase konnte Köster einen Übergang zum reflektierten Umgang beobachten. Kinder begannen zudem stärker zu verbalisieren und Fragen nach dem Warum zu stellen. Außerdem wurden verschiedene Lösungswege diskutiert. Köster konnte in ihrer Studie weiterhin einen Übergang vom „spielerischen Experimentieren hin zum sensiblen Beobachten“ (ebd., S. 48) feststellen. Als wichtige Befunde hält sie fest, dass Kinder durch das freie Explorieren motiviert werden können, ein Interesse an der Auseinandersetzung mit Phänomenen zu entwickeln. Zudem können verschiedene Fertigkeiten gefördert werden, die auch für das Experimentieren im wissenschaftlichen Sinn wichtig sind, wie etwa: Vermutungen aufstellen, beobachten, schlussfolgern oder begründen (vgl. Murmann et al. 2007, S. 82). Noch gewichtiger ist – auch in Hinblick auf die Diskussion zu konstruktivistischen Sichtweisen auf das Lernen im Allgemeinen und das Sachlernen im Speziellen –, dass freies Explorieren ein Ansatz sein kann, der einem konstruktivistischen Lernverständnis folgt und auch in Hinblick auf die Konstitution des Lerngegenstandes frei ist. Gibt es keine Fragestellung und auch kein vorgegebenes Vorgehen, sondern nur Materialien, kann der Umgang mit dem Material auch zu einer vom Material möglicherweise immanenten Sinnhaftigkeit abweichen. Wenn – bezogen auf die vorliegende Studie – Materialien wie Solarzellen, Kabel und LEDs bereitgestellt werden, impliziert dies in einem Lernsetting möglicherweise den Umgang mit der kulturhistorisch bewährten Deutung der Sache: Eine LED emittiert Licht, also soll die LED zum Leuchten gebracht werden. Dadurch aber, dass keine konkreten Handlungsaufforderungen und auch keine Handlungsschritte vorgegeben sind, können verschiedene Dinge erkundet werden. Bspw. hat ein Kind während der Testerhebung aus Krokodilklemmenkabeln eine Halskette gebaut. Dies wurde allerdings nicht als eine falsche Auseinandersetzung mit dem Material abgetan, sondern als ein Umgang mit den Materialien angesehen und wertgeschätzt.

4.5 Tüfteln

Auch im Bereich der Technikdidaktik darf sich die Auseinandersetzung mit Technik und Artefakten nicht darauf begrenzen, dass vermeintlich objektive Inhaltsbereiche sachgerecht erschlossen werden sollen. Denn „das Besondere am konstruktiven, erfindenden technischen Handeln ist [...], dass Artefakte geschaffen werden, also Gegenstände, die in ihrer objektiven Gestalt durch den sie Schaffenden geprägt werden.“ (ebd., S. 46f.) Jeretin-Kopf und Kosack fokussieren kreative und individuelle Lösungsmöglichkeiten. Damit stehen bei ihnen die personenbezogenen Seiten des Bildungsprozesses – die durchaus auch als Selbstbildungsprozess verstanden werden sollten – und die Frage, wie Kinder Probleme lösen, im Zentrum (vgl.

Jeretin-Kopf & Kosack 2013, S. 45/S. 50). Eine Möglichkeit, technische Probleme zu lösen, ist das „forschende Erschließen“ (Jeretin-Kopf & Kosack 2013, S. 51). „Kinder experimentieren mit und am Fertigungsgegenstand. Planung und Herstellung stellen zwei in sich verwobene Prozesse dar.“ (ebd., S. 51) Dieser Ansatz bzw. dieser Anspruch lässt sich mit Blick auf die Diskussion um naturwissenschaftliches Experimentieren im Rahmen von Schule am ehesten als eine Art Explorieren einordnen. Jeretin-Kopf und Kosack wählen den Begriff des Tüftelns.

„Der Begriff umfasst beides, die systematische Erkundung der objektiven Wirklichkeit im Hinblick auf eine Problemlösung aber auch subjektive Aspekte wie Ideenreichtum, Begeisterung, Enthusiasmus, Freude, Leidenschaft, Entbehrung, Enttäuschung und Hoffnung. Irrtum und Misserfolg sind im Begriff eingeschlossen, ebenso wie das Finden der Lösungen. Dabei geht es nicht um die Erfindung einmaliger, revolutionärere Neuerungen, sondern um konkrete, brauchbare Lösungen, deren Bedeutung nicht daran gemessen wird, ob sie sich kulturhistorisch bewähren.“ (Jeretin-Kopf & Kosack 2013, S. 51)

Aus einer konstruktivistisch erkenntnistheoretischen Perspektive ist der erste Bereich, den der Begriff des Tüftelns abdecken soll, nämlich die systematische Erkundung der objektiven Wirklichkeit, nicht möglich, da jedes Individuum oder jede Gruppe individuell Wirklichkeit konstruiert. Relevant für das Gestalten von Lernsituationen sind in dem Verständnis von Tüfteln die anderen Dinge, die der Begriff umfasst, sowie die letzte Aussage, dass es nicht darum geht, dass sich ausgetüftelte Problemlösungen kulturhistorisch bewähren müssen. Vielmehr geht es um das eigenständige und kreative Finden von Problemlösungen.

4.6 Der elektrische Stromkreis

Der ‚elektrische Stromkreis‘ ist eine klassische Sache des Sachunterrichts (vgl. Heran-Dörr 2011, S. 11). In der Regel wird der elektrische Stromkreis im Sachunterricht aus einer naturwissenschaftlichen Perspektive heraus betrachtet, dabei geht es um physikalische Zugangsweisen. Er lässt sich aber auch insbesondere aus einer technischen Perspektive heraus thematisieren, gerade auch dann, wenn es darum geht, Stromkreise zu konstruieren. Bestimmte Inhaltsbereiche werden im Zusammenhang mit elektrischem Strom immer wieder aufgegriffen: der einfache Stromkreis, Wirkungen des elektrischen Stromes und Gefahren des elektrischen Stromes (vgl. Schütte 2019, S. 78). Es werden also in der Regel sowohl Aspekte des elektrischen Stromes sowie des Stromkreises thematisiert, also sowohl naturwissenschaftliche als auch technische Perspektiven auf den Stromkreis eingenommen.

Im Bereich der Forschung von Vorstellungen von Kindern zum elektrischen Stromkreis konnten bestimmte Vorstellungen national und international immer wieder sichtbar gemacht werden: Einwegzuführungsvorstellung (eine Verbindung zwischen Batterie und Lampe reicht), Zweizuführungsvorstellung (von beiden Polen der Batterie kommt Strom in die Lampe) und die Substanzvorstellung (Strom ist in der Batterie gespeichert und wird in der Lampe verbraucht.) (vgl. Heran-Dörr 2011, S. 12). Heran-Dörr bezeichnet diese Vorstellungen als Lernschwierigkeiten (vgl. ebd.). Wird ein fachlicher Vergleichsmaßstab angelegt und ist es Ziel der Auseinandersetzung mit elektrischen Stromkreisen, dass ein physikalisches Verständnis aufgebaut wird, ist dies durchaus nachzuvollziehen. Wenn es aber auch darum geht, dass Kinder selbst etwas herausfinden oder selbst ein Problem lösen (die Lampe soll zum Leuchten gebracht werden), ist zu diskutieren, ob es sich um Lernschwierigkeiten handelt und ob ein fachlicher Vergleichshorizont angelegt werden sollte. Um die Lampe zum Leuchten zu bringen, muss ich nichts vom elektrischen Stromfluss verstanden haben. „Was muss eigentlich ein Elektriker vom Strom verstanden haben, um ein Haus zu verkabeln?“ (Fischer 2013, S. 14) Geht es um das Lösen von Problemen, sind vielfältige, pragmatische und auch kreative Lösungen gefragt, die durch eigenes Tätigsein gefunden werden können.

5 Forschungsfrage: Suchräume beim freien Explorieren

Aus den dargestellten Diskursen ergibt sich der Rahmen für die empirische Forschung. Wie dargestellt, kann das Experimentieren als ein sich in unterschiedlichen Räumen vollziehender, komplexer Problemlöseprozess beschrieben werden (Hammann 2004; 2006). Die Metapher des Suchraumes soll auf das freie Explorieren übertragen werden, da angenommen wird, dass auch die Tätigkeiten des Explorierens von einem Suchen gekennzeichnet sind. Dieses Suchen orientiert sich am Material und dem Erfahrungswissen der Suchenden. Damit wird stärker auf den ursprünglichen Gedanken des Suchraumbegriffs nach Klahr und Dunbar (1988) Bezug genommen, da keine Orientierung am hypothesenprüfenden Experiment vorgenommen wird, sondern eher darauf geachtet wird, wie Kinder beim Problemlösen vorgehen. Bezogen auf die Sache ‚elektrischer Stromkreis‘ ergab sich folgende Fragestellung:

Innerhalb welcher Räume suchen Kinder beim freien Explorieren nach Ursachen für das Nichtfunktionieren von Stromkreisen?

Es wird angenommen, dass im Zuge des Suchens in den rekonstruierten Räumen Vorstellungen sichtbar gemacht werden können, die im Rahmen der Ergebnisdarstellung diskutiert werden.

6 Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfrage haben zwei Kindergruppen (1 x 5 Kinder; 1 x 3 Kinder der 3. Klasse) mit Materialien zum Thema elektrischer Stromkreis¹ exploriert. Die Materialien standen frei auf einem Materialtisch bereit, an dem die Kinder auch sitzen und explorieren konnten. Dabei wurden sie gefilmt. Zu Beginn der Auseinandersetzung wurden die Kinder gefragt, ob sie bestimmte Dinge kennen. So konnten Dinge benannt werden, ohne zwangsläufig vorzugeben, was mit ihnen gemacht werden kann. Anschließend wurde den Kindern gesagt „Ihr könnt jetzt mal probieren, was man mit den Sachen machen kann.“ Die Videodaten wurden dann in Anlehnung an die dokumentarische Methode ausgewertet (Bohnsack 2009; Wagner-Willi 2004).

Da beim Explorieren frei und selbstbestimmt mit den Materialien ausprobiert und umgegangen wird, ist es notwendig in besonderer Weise auf die Handlungen der Kinder zu schauen. Es ist die Annahme gesetzt, dass Menschen mehr wissen, als sie zu sagen vermögen, es also ein implizites Wissen (vgl. Polanyi 2016, S. 14) gibt. Über die Auseinandersetzung der Kinder mit Ursachen des Nichtfunktionierens, lässt sich – so die Annahme – an Suchräume und Strategien herankommen, da das Momente sind, in denen Probleme gelöst werden müssen. Die Darstellung von Suchräumen beim Explorieren kann über die Rekonstruktion impliziten Wissens in den Handlungen der Kinder erfolgen. Die dokumentarische Methode bietet sich in diesem Zusammenhang an, da sie insbesondere dazu geeignet ist, in die Handlungspraxis eingelassene Wissensbestände zu rekonstruieren. Zudem hat sie sich bereits in der Analyse von Filmen und Videodaten bewährt (Wagner-Willi 2004; Baltruschat 2010). Zwei Interpretationsschritte sind bei der Auswertung basal: Die formulierende Interpretation, die den immanenten Sinn einer Äußerung oder Handlung beschreibt und die reflektierende Interpretation samt komparativer Analyse, die den dokumentarischen Sinngehalt einer Aussage oder Handlung rekonstruiert (vgl. Nohl 2008, S. 8). Es wurden Sequenzen analysiert, die in Hinblick auf die Fragestellung besonders dicht waren. Dabei handelte es sich um Situationen, in denen Kinder mit den Materialien etwas zusammengebaut hatten und dann eine Wirkung (das Leuchten der LED oder das Drehen des Motors) erwarteten. Es wurde dann geschaut, wie die Kinder vorgehen, wie sie also das Problem des Nichtleuchtens oder Nichtfunktionierens zu

¹ Solarzellen, Motoren/Generatoren, Kabel, Schalter, LEDs, Wasserrad

lösen versuchten. Bildebene und Tonebene wurden zunächst getrennt voneinander ausgewertet, um die Ebene des Bildes in besonderer Weise zu berücksichtigen und nicht durch den Ton zu interpretieren. In einer abschließenden reflektierenden Interpretation in der Dimension von Bild und Ton wurden die beiden Bereiche zusammengebracht.

Wichtig bei dieser Vorgehensweise ist, dass der Vergleich im Material verbleibt. Es findet keine Differenzbeschreibung von kindlichem Wissen zu fachlichem Wissen statt. Es geht um die Sichtbarmachung von Vorstellungen und Deutungsmustern auf Basis eines fallinternen und fallübergreifenden Vergleichshorizontes.

7 Ergebnisse

7.1 Rekonstruierte Räume

Es wurden unterschiedliche Ebenen der Auseinandersetzung rekonstruiert. Diese orientieren sich an den zentralen Materialien: Solarzelle, Verbindungen, Schalter und Motor. Auf den Ebenen konnten verschiedene Suchräume rekonstruiert werden und innerhalb der Suchräume unterschiedliche Strategien, die als Bewegungen innerhalb der Suchräume beschrieben werden können. Am Beispiel der Ebenen ‚Verbindungen‘ und ‚Solarzelle‘ wird die Struktur der Suchräume dargestellt.

Solarzelle (Ebene)

Die Solarzelle an sich (Suchraum 1)

- Weitere Solarzellen werden hinzugenommen (Strategie)
- Die Solarzelle wird ausgetauscht (Strategie)
- Die Solarzelle wird gegen eine größere getauscht (Strategie)
- Die Solarzelle wird gegen eine baugleiche getauscht (Strategie)
- Die Schatulle der Solarzelle wird zu öffnen versucht (Strategie)

Funktionsbedingungen der Solarzelle (Suchraum 2)

- Die Distanz der Solarzelle zum Licht wird verringert (Strategie)
- Die Solarzelle wird unter die Lampe geschoben (Strategie)
- Die Solarzelle wird unter verschiedene Lichtquellen gehalten (Strategie)
- Die Position der Solarzelle zum Licht wird geändert (Strategie)

Verbindungen (Ebene)

Vorhandensein der Verbindungen (Suchraum 1)

- Die Verbindungen werden visuell geprüft (Strategie)
- Die Verbindungen werden auf Festigkeit geprüft (Strategie)

Art und Weise, wie die Verbindungen gesetzt sind (Suchraum 2)

- Die gesetzten Verbindungen werden erneuert (Strategie)
- Die Verbindungen werden über Kreuz getauscht (Strategie)
- Es werden mehr Kabel hinzugenommen (Strategie)
- Kabel gleicher Farbe werden verbunden (Strategie)

Es ließen sich auch die hinter den Strategien liegenden handlungsleitenden Annahmen rekonstruieren. Am Beispiel des Suchraumes 2 „Funktionsbedingungen der Solarzelle“ auf Ebene der Solarzelle werden diese Annahmen (*kursiv*) vorgestellt.

Funktionsbedingungen der Solarzelle (Suchraum 2)

Die Menge des einfallenden Lichtes ist maßgeblich für die Funktionsweise der Solarzelle. (Annahme)

- Die Distanz der Solarzelle zum Licht wird verringert (Strategie)
In kurzer Distanz zur Lichtquelle kann mehr Licht auf die Solarzelle gelangen. (Annahme)
- Die Solarzelle wird unter die Lampe geschoben (Strategie)

Auch wenn die Distanz nur vertikal verringert wird, kann mehr Licht auf die Solarzelle gelangen. (Annahme)

- Die Solarzelle wird unter verschiedene Lichtquellen gehalten (Strategie)
Manche Lichtquellen sind heller als andere. Die Helligkeit des Lichtes ist maßgeblich für die Funktionsweise der Solarzelle. (Annahme)
- Die Position der Solarzelle zum Licht wird geändert (Strategie)
Die Solarzelle muss mit möglichst viel Oberfläche zur Lichtquelle ausgerichtet sein, damit möglichst viel Licht auf die Oberfläche fällt. (Annahme)

7.2 Sichtbarmachung von Vorstellungen zum elektrischen Stromkreis über die Analyse von Handlungen.

Die rekonstruierten Räume und Strategien sollen in den Zusammenhang mit den Befunden der Forschung zu Vorstellungen von Kindern zu elektrischem Strom eingeordnet werden. Dieses Vorgehen ist durchaus plausibel und legitim, ist doch davon auszugehen, dass in den rekonstruierten Räumen, Strategien und insbesondere den dahinterliegenden Annahmen auch Vorstellungen sichtbar werden. Vorstellungen können nicht nur über verbale Daten sichtbar gemacht werden, sondern auch durch eine detaillierte Analyse der Handlungen. Dabei lässt sich an Wissen gelangen, das nicht erfragt werden kann. Glauert hielt fest, dass Kinder während Experimentierphasen zum Thema elektrischer Stromkreis gute praktische Fähigkeiten zeigten und in Handlungsphasen Modelle von Stromkreisen lieferten, die über das zuvor geäußerte Verständnis hinausgingen (vgl. Glauert 2010, S. 133). Im Rahmen der Studie wurde dies bestätigt und differenziert dargestellt. Es scheint sehr vielversprechend, den Beitrag, den dokumentarische Videointerpretationen im Bereich der Rekonstruktion von Vorstellungen von Kindern leisten können, in weiteren Studien zu anderen Themengebieten zu vertiefen, um die Potenziale der Methode deutlicher herauszustellen.

Durch den Ansatz des freien Explorierens und seine Offenheit war es möglich, eine große Bandbreite an Vorstellungen sichtbar zu machen. Neu gewonnene Vorstellungen und Erklärungsansätze beziehen sich insbesondere auf die Art und Weise, wie die einzelnen Bauteile miteinander verbunden sind (Ebene Verbindungen) und auf die Solarzellen (Ebene Solarzellen).

So konnte festgestellt werden, dass die Kinder den Verbindungen eine bedeutende Ursache für das Funktionieren ihrer Stromkreise zuschrieben. Dabei konnte auch eine Einwegzuführungsvorstellung (vgl. Heran-Dörr 2011, S. 12) in den Handlungen ausgemacht werden, da bspw. eine Solarzelle nur über einer Verbindung mit dem Motor verbunden wurde. Die Kinder haben in ihren Handlungen die Verbundenheit der einzelnen Bauteile thematisiert. Es konnte zwischen dem Prüfen des Vorhandenseins der Verbindungen und der Art und Weise, wie die Verbindungen gesetzt sind, unterschieden werden (vgl. Schütte 2019, S. 290). Das Prüfen des Vorhandenseins der Verbindungen wurde meist visuell vollzogen, die Art und Weise, wie die Verbindungen gesetzt sind, wurde mit einem neu Verbinden oder anders Verbinden der Bauteile geprüft. Als handlungsleitend konnte die dahinterstehende Annahme rekonstruiert, dass Verbindungen auf eine spezifische Art und Weise gesetzt sein müssen. Im Verlauf der Datenauswertung konnte bspw. rekonstruiert werden, dass Kinder die Annahme hatten, Kabel gleicher Farbe müssen verbunden werden (vgl. Schütte 2019, S. 269). Der Befund, Kinder argumentieren in Hinblick auf das Funktionieren von Stromkreisen nicht nur mit Bezug auf die Bauteile, sondern auch über die Notwendigkeit der Verbindungen (vgl. Glauert 2010, S. 128), konnte also ausdifferenziert werden.

Auf der Suche nach Ursachen für das Nichtfunktionieren ihrer Stromkreise haben die Kinder insbesondere Erkundungen zur Solarzelle angestellt und sich dabei tiefgehend mit den Funktionsbedingungen der Solarzelle auseinandergesetzt. Die Kinder haben die Solarzelle in verschiedenen Winkeln unter verschiedene Lichtquellen gehalten, haben die Oberfläche zum

Teil verdeckt oder die Oberfläche erweitert, indem mehrere Solarzellen verbaut wurden. Es ließ sich deutlich erkennen, dass die Kinder möglichst gute Bedingungen für das Funktionieren der Solarzellen schaffen wollten. Auswirkungen der getätigten Änderungen wurden sichtbar in der Intensität des Leuchtens der LEDs, bzw. der Drehgeschwindigkeit des Motors.

7.3 Zum didaktischen Potentials des Settings

Die Auseinandersetzung mit elektrischen Stromkreisen konnte auf den Bereich der Energiegewinnung und dabei insbesondere auf die Funktionsweise der Solarzelle erweitert werden. Hier bietet sich möglicherweise auch die Gelegenheit, eine Vorstellung von elektrischem Strom aufzubauen, die der Vorstellung des Verbrauchs entgegenwirkt. Die Substanzvorstellung beruht auf der Idee, dass Strom in der Batterie enthalten ist und irgendwann verbraucht ist. (Allerdings hat die Batterie lediglich die Fähigkeit verloren, Elektrizität zu erzeugen; vgl. Heran-Dörr 2011, S. 4) Die Solarzelle wird nicht leer. Allerdings ist diese durchaus zu beobachtende Feststellung nicht ausreichend dafür, sich nicht vorzustellen, Strom sei etwas Dingliches, das im Motor oder LED verbraucht wird, um eine Drehung oder ein Leuchten herbeizuführen. Für die Vorstellungsforschung zum Bereich elektrischer Strom zeigen sich hier dennoch neue Wege auf. Mit Material zum ‚elektrischen Stromkreis‘, das stärker die Erzeugung elektrischen Stromes berücksichtigt, könnten weiterführende oder möglicherweise andere Vorstellungen als ausschließlich naturwissenschaftliche und technische sichtbar gemacht werden.

7.4 Stromkreis im Gleichklang von technischem und naturwissenschaftlichem Lernen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind insbesondere für die Gestaltung naturwissenschafts- und technikbezogener Lernangebote von Relevanz. Obwohl Technik und Naturwissenschaft eigenständige Bereiche sind, unterschiedliche Gegenstände (Natürliches vs. vom Menschen Geschaffenes), Erkenntnisinteressen (kausal vs. final, Ursache vs. Zweck) und Hauptmethoden (analytisch erklärend vs. problemlösend) haben (vgl. Sachs 2001, S. 7), lassen sich beim ‚elektrischen Stromkreis‘ gute Verbindungen zwischen den Bereichen herstellen. Beim freien Explorieren zum elektrischen Stromkreis und Elektrizität steht oftmals das Problemlösen im Vordergrund. Es soll ein bestimmter Zweck erfüllt werden: Die LED soll leuchten, der Motor soll sich schneller drehen. Damit wird deutlich ein technisches Ziel, ein Zweck verfolgt. Während des freien Explorierens wurden aber auch die Funktionsbedingungen der Solarzellen oder die Verbindungen erkundet. Es wurde sich also auch mit Photovoltaik oder mit elektrischer Leitfähigkeit auseinandergesetzt, also auch mit naturalen Wirkungszusammenhängen. Das freie Explorieren ist eine Umgangsweise, die sowohl im Zusammenhang technischen Lernens als auch naturwissenschaftsbezogenen Lernens sinnstiftend sein kann. Sie bietet Raum, eigene Schwerpunkte zu setzen und eigenständig zu erkunden ohne (!) auf eine fachliche Systematik zu drängen. Gleichzeitig bietet das freie Explorieren die Möglichkeit, Erfahrungen zu sammeln, ein Orientierungswissen zu gewinnen und Umgangsweisen zu entwickeln und zu stärken, die für späteres naturwissenschaftliches Erkunden und Lernen von Bedeutung sind.

Umgangsweisen beziehen sich immer auf etwas. Eine Umgangsweise kann nicht im luftleeren Raum entwickelt werden. Auch wenn die Sache, mit der umgegangen werden soll, aus einer fachwissenschaftlichen Perspektive begründet werden kann (so wie es beim elektrischen Stromkreis sehr gut möglich ist) und dem Material zur Auseinandersetzung mit der Sache kulturhistorisch schon bestimmte Bedeutungen eingeschrieben sind (so wie es bei den in der Studie verwendeten Materialien der Fall war) und dadurch bestimmte Auseinandersetzungen nahe-liegend sind (einen Motor zum Drehen zu bringen), war nicht vorgegeben – und das ist ganz wichtig –, dass die Kinder elektrischen Strom thematisieren müssen. Sie sollten nichts Bestimmtes entdecken. Ihnen wurde die Möglichkeit gegeben, das Material zu erkunden und es auszuprobieren. Ziel war nicht, dass alle Kinder am Ende einen einfachen elektrischen

Stromkreis zusammengebaut haben. Es konnten also eigene Schwerpunkte gesetzt werden: Eine LED zum Leuchten bringen; zwei LEDs mit einer Solarzelle zum Leuchten bringen; eine LED mit drei Solarzellen zum Leuchten bringen; eine Halskette bauen; ausprobieren, wie viel Licht auf die Solarzelle treffen muss, sodass der Motor sich gerade noch dreht; die Verbindungen so weit verlängern, dass die Solarzelle am Fenster liegt und der Motor auf dem Tisch steht; feststellen, dass der Motor auch genutzt werden kann, um einen anderen Motor zum Drehen zu bringen.

Die Sache kommt also möglicherweise aus der Physik. Im Kontext der Studie allerdings lag der Fokus nicht darauf, dass Kinder eine physikalische Vorstellung zum elektrischen Strom entwickeln, sondern, dass sie mit dem Material umgehen und etwas herausfinden. Die Tätigkeit – die Umgangsweise – des Explorierens stand im Zentrum. Verbunden mit dem Explorieren wurden noch andere Umgangsweisen ausgebildet: ausprobieren, vermuten, überprüfen oder vergleichen.

7.5 Freies Explorieren als Umgangsweise mit Welt

Köster konnte – wie beschrieben – verschiedene Phasen festhalten, die über einen längeren Zeitraum beim Explorieren nachweisbar sind (vgl. Köster 2006, S. 45). Teilweise ließen sich Merkmale der einzelnen Phasen auch in der vorliegenden Studie bestätigen. Allerdings konnte auch gezeigt werden, dass während der ersten Auseinandersetzung durchaus zielgerichtet mit den Materialien umgegangen wurde (die LED soll leuchten; der Motor soll sich drehen). Auch wenn sich Merkmale von Kösters Orientierungsphase (Lautstärke; Sachen raffen) wiederfinden ließen, wurde von Beginn an gezielt ausprobiert und exploriert.

Freies Explorieren mit Materialien zum ‚elektrischen Stromkreis‘ kann nicht nur als Durchlaufen verschiedener Phasen gezeichnet werden. Es konnte in der Studie festgestellt werden, dass die beobachteten Kinder – teilweise systematisch – unterschiedliche Räume durchstreifen. Das Streifen durch Räume stellt allerdings keine aufeinander aufbauenden oder nacheinander ablaufenden Phasen dar. Bestimmte Räume werden zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf der Suche nach Ursachen für das Nichtfunktionieren der Stromkreisstrukturen (während des Explorierens oder nach dem vermeintlich erfolgreichen Beenden eines Bauprozesses) immer wieder betreten (vgl. Schütte 2019, S. 199 ff.). So konnte herausgearbeitet werden, dass bspw. ein Kind (Hans) beim Überprüfen der Stromkreisstruktur nacheinander und auch wiederholt in unterschiedlichen Suchräumen nach Ursachen für das Nichtfunktionieren sucht und dabei verschiedene Strategien sichtbar wurden. Hans will eine LED zum Leuchten bringen und integriert immer weitere Solarzellen in seine Konstruktion. Dabei betritt er beim Integrieren der Solarzellen in seine Konstruktion wiederholt den Suchraum ‚Vorhandensein der Verbindungen‘ als auch beim Prüfen den Suchraum ‚Funktionsweise der Solarzelle‘ und wendet verschiedene Strategien an (bspw. ‚weitere Solarzellen hinzunehmen‘ oder ‚die Distanz der Solarzelle zum Licht wird verringert‘) (vgl. ebd.). Beim Explorieren richten Explorierende ihre Aufmerksamkeit nacheinander und wiederholt auf unterschiedliche Aspekte. Die Metapher des Suchraumes ist treffend, um das Vorgehen beim Explorieren zu beschreiben.

Freies Explorieren zum ‚Stromkreis‘ lässt sich als ein Durchstreifen verschiedener Suchräume beschreiben. Es hat sich allerdings gezeigt, dass auch bezüglich des Raumbegriffes noch weiter differenziert werden kann. Es scheint sinnvoll zwischen Suchräumen und Orientierungsräumen zu unterscheiden. Orientierungsräume werden betreten, während Stromkreise konstruiert werden. Sie stellen Bereiche dar, in denen sich die Handlungen der Kinder orientieren, in denen bspw. auch auf Erfahrungen zurückgegriffen wird. Handlungsleitende Vorstellungen lassen sich in Orientierungsräumen erkennen. Suchräume hingegen werden betreten, nachdem etwas (in diesem Fall ein Stromkreis) „fertig“ gebaut wurde, aber nicht funktioniert (die LED nicht leuchtet oder der Motor sich nicht dreht). Sie werden auf der Suche nach Ursachen für das Nichtfunktionieren betreten oder auch dann, wenn bestimmte Aspekte oder

Dinge (Bauteile) in den Fokus genommen werden, weil bei ihnen etwas erwartet wird (vgl. Schütte 2019, S. 284). Kösters Phasenmodell wird um ein Raummodell ergänzt. Dieses Modell soll nicht als Widerlegung von Kösters Befunden angesehen werden. Vielmehr ist es als eine Erweiterung, als eine Ausdifferenzierung zu verstehen. Freies Explorieren lässt sich nicht nur über aufeinanderfolgende Phasen darstellen, sondern auch als ein von hoher Leiblichkeit geprägtes Durchstreifen verschiedener Suchräume.

Köster und auch Murmann betonen, dass freies Explorieren ein Weg sein kann, um zum Experimentieren zu kommen, bzw. um Verfahrensschritte des wissenschaftlichen Erkenntnisganges kennenzulernen und dass auch im Explorieren ein systematisches Vorgehen zu beobachten ist (vgl. Köster 2006, S. 53; Murmann 2007, S. 83). Diese Aussagen lassen sich auch mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie bestätigen. Die Räume wurden systematisch betreten und es wurde teilweise systematisch geprüft, warum etwas nicht funktioniert. Spannend ist, dass sich diese Annahmen auch bestätigen lassen, ohne auf den Primat der Sprache zu setzen, wenn es darum geht Wissen und Vorstellungen zu Phänomenen sichtbar zu machen.

Mit der Erforschung sachbezogener Lernprozesse können kindliche Sinnkonstruktionen und Bedeutungszuschreibungen sichtbar gemacht werden, die für kindliches Verstehen und dann auch für Unterricht relevant sein können. Mit der Studie kann gezeigt werden, dass beim freien Explorieren Sachen der Auseinandersetzung selbst konstruiert werden. Das freie Explorieren im Sinne eines Durchstreifens verschiedener Räume bietet die Möglichkeit vielfältiger Sinnkonstruktionen und ermöglicht es, Inhalte unter Berücksichtigung eigener Erfahrungen umfassend zu erschließen.

Die Idee des Suchraumes nach Klahr und Dunbar (1988) konnte also erfolgreich auf das freie Explorieren übertragen werden. Es konnte festgestellt werden, dass Handlungen in den Räumen nicht willkürlich vollzogen werden, sondern unterschiedlichen Absichten folgen. Diesen Absichten sind bestimmte Annahmen immanent. Das freie Explorieren ist eine Umgangsweise mit Welt, die es Kindern ermöglicht, eigenständig Welt zu erschließen. Damit ist es eine Umgangsweise mit Welt, die bildungsorientiert verstanden werden kann. „Die eigene, individuelle Auseinandersetzung mit gehaltvollen Inhalten ist die Voraussetzung für erkenntnisbasierte und damit nachhaltige Bildungsprozesse“ (Eder 2021, S. 53). Das kann freies Explorieren leisten.

Literatur

- Baltruschat, Astrid (2010): Die Dekoration der Institution Schule. Filminterpretationen nach der dokumentarischen Methode. Wiesbaden.
- Bohnsack, Ralf (2009): Qualitative Bild- und Videointerpretation. Opladen.
- Eder, Martin (2021): Von der Bildungstheorie zur Kompetenzorientierung. Eine analytische Auseinandersetzung mit zwei zentralen Begriffen der Gegenwart und den Folgen eines Paradigmenwechsels. Bad Heilbrunn.
- Fischer, Hans-Joachim (2013): Sinn und Unsinn der Naturbildung im frühen Kindesalter. In: Marcus Rauterberg & Svantje Schumann (Hrsg.): Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung. Berlin, S. 13-32.
- von Glaserfeld, Ernst (1996): Radikaler Konstruktivismus. Ideen, Ergebnisse, Probleme. Frankfurt a. M.
- Glauert, Esme (2010): Erkundungen und Erklärungen zur Elektrizität. Zum Sachverstehen und Sachlernen im Vorschulalter. In: Hans-Joachim Fischer, Peter Gansen & Kerstin Michalik (Hrsg.): Sachunterricht und frühe Bildung. Bad Heilbrunn, S. 123-137.
- Hammann, Marcus (2004): Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. In: MNU, 57, 4, S. 196-203.
- Hammann, Marcus, Phan, Thi Than Hoi, Ehmer, Maike & Bayhuber, Horst (2006): Fehlerfrei Experimentieren. In: MNU, 59, 5, S. 292-299.
- Hartinger, Andreas, Grygier, Patricia, Tretter, Tobias & Ziegler, Florian (2013): Lernumgebungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren. Kiel.
- Heran-Dörr, Eva (2011): Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen im Sachunterricht. Kiel.

- Jeretin-Kopf, Maja & Kosack, Walter (2013): Tüfteln: Diszipliniertes Experimentieren und kreatives Erfinden im Technikunterricht der Grundschule. In: Ingelore Mammes (Hrsg.): Technisches Lernen im Sachunterricht. Baltmannsweiler, S. 45-55.
- Klein, Klaus & Oettinger, Ulrich (2007): Konstruktivismus. Die neue Perspektive im (Sach-)Unterricht. Hohengehren.
- Köster, Hilde (2006): Freies Explorieren und Experimentieren mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. In: Gisela Lück & Hilde Köster (Hrsg.): Physik und Chemie im Sachunterricht. Braunschweig, S. 43-56.
- Mammes, Ingelore & Tuncsoy, Murat (2013): Technische Bildung in der Grundschule. In: Ingelore Mammes (Hrsg.): Technisches Lernen im Sachunterricht. Baltmannsweiler, S. 8-21.
- Michalik, Kerstin (2010): Didaktische Konzepte für die naturwissenschaftliche Grundbildung von Kindern im Elementarbereich. In: Hans-Joachim Fischer, Peter Gansen, & Kerstin Michalik (Hrsg.): Sachunterricht und frühe Bildung. Bad Heilbrunn, S. 93-108.
- Möller, Kornelia (2001): Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In: Hans-Günther Roßbach, Karin Nöll & Kurt Czerwenka (Hrsg.): Forschungen zu Lehr- und Lernkonzepten für die Grundschule. Opladen, S. 16-31.
- Möller, Kornelia (2006): Naturwissenschaftliches Lernen – eine (neue) Herausforderung für den Sachunterricht. In: Petra Hanke (Hrsg.): Grundschule in Entwicklung. Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute. Münster, S. 107-127.
- Möller, Kornelia (2009): Was lernen Kinder über Naturwissenschaften im Elementar- und Primarbereich? – Einige kritische Bemerkungen. In: Roland Lauterbach, Hartmut Giest & Brunhilde Marquardt-Mau (Hrsg.): Lernen und kindliche Entwicklung. Elementarbildung und Sachunterricht. Bad Heilbrunn, S. 165-172.
- Murmann, Lydia (2004): Phänomene erschließen kann Physiklernen bedeuten. Perspektiven einer wissenschaftlichen Sachunterrichtsdidaktik am Beispiel der Lernforschung zu Phänomenen der unbelebten Natur. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Ausgabe 3, Oktober 2004.
- Murmann, Lydia, Steffensky, Mirjam & Gebhard, Ulrich. (2007): Wie experimentieren Kinder und was denken sie dabei? In: Roland Lauterbach, Andreas Hartinger, Bernd Feige & Diethard Cech (Hrsg.): Kompetenzen im Sachunterricht fördern und erfassen. Bad Heilbrunn, S. 81-90.
- Murmann, Lydia (2013): Dreierlei Kategorienbildung zu Schülervorstellungen im Sachunterricht? Text, Theorie und Variation – Ein Versuch, methodische Parallelen und Herausforderungen bei der Erschließung von Schülervorstellungen aus Interviewdaten zu erfassen. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Ausgabe 19, Oktober 2013.
- Nohl, Arnd-Michael (2008): Interview und dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis. Wiesbaden.
- Pech, Detlef & Rauterberg, Marcus (2013): Auf den Umgang kommt es an. „Umgangsweisen“ als Ausgangspunkt einer Strukturierung des Sachunterrichts – Skizze der Entwicklung eines „Bildungsrahmens Sachlernen“. 2. Auflage, Berlin.
- Polanyi, Michael (2016): Implizites Wissen. Frankfurt a.M.
- Ramseger, Jörg (2020): Lernen als Selbstaneignung von Welt. In: Ulrich Hecker, Maresi Lassek & Jörg Ramseger (Hrsg.): Kinder lernen Zukunft. Über die Fächer hinaus: Prinzipien und Perspektiven (Beiträge zur Reform der Grundschule 151). Frankfurt, S. 10-22.
- Rauterberg, Marcus (2007): Sachunterricht und Konstruktivismus – Analyse eines Verhältnisses – Otfried Hoppe, der mir konstruktivistisches Denken zugänglich machte, zum 71. Geburtstag. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Ausgabe 8, März 2007.
- Rauterberg, Marcus (2013): „Naturbildung in der Frühpädagogik“: Umgangsweisen mit Natur(en). In: Marcus Rauterberg & Svantje Schumann (Hrsg.): Umgangsweisen mit Natur(en) in der frühen Bildung. Berlin, S. 33-46.
- Sachs, Burkhard (2001): Technikunterricht: Bedingungen und Perspektiven. www.eduhi.at/dl/Technikbegriff_Sachs_-_tu_100.pdf [15.09.2021].
- Schmitt, Andreas & Fellensieck, Tanja (2021): „Windräder werden mit Strom betrieben, um Wind zu erzeugen ...oder umgekehrt!“. Schülervorstellungen und Konzeptwechsel zum Thema Windenergie im Sachunterricht. In: Brunhilde Landwehr, Ingelore Mammes & Lydia Murmann (Hrsg.): Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt? Bad Heilbrunn, S. 11-27.
- Schütte, Florian (2019): Freies Explorieren zum Thema elektrischer Stromkreis. Eine Suchraumrekonstruktion nach der dokumentarischen Methode. Wiesbaden.
- Schumann, Svantje (2021): Technische Bildung. In: Marc Müller & Svantje Schumann (Hrsg.): Technische Bildung. Stimmen aus Forschung und Praxis. Münster & New York, S. 41-68.
- Staraschek, Erich, Rubitzko, Thomas & Bullinger, Marcel (2016): „Wann leuchtet die LED?“. Neue Alltagsbezüge zur Elektrizitätslehre. In: Grundschule Sachunterricht, 69, 1, S. 8-12.

- Stiller, Cornelia, Allmers, Tobias, Habigsberg, Anette, Stockey, Andreas & Wilde, Matthias (2020): Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften: Von der Hypothese zur Theorie. In: PraxisForschungLehrer*innenbildung. Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung, 2, 2, S. 28-39.
- Wagner-Willi, Monika (2004): Videointerpretation als mehrdimensionale Mikroanalyse am Beispiel schulischer Alltagsszenen. In: Zeitschrift für qualitative Bildungs-, Beratungs- und Sozialforschung, 5, 1, S. 49-66.