



**LEUPHANA**  
UNIVERSITÄT LÜNEBURG

# **Masterarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Master of Education**

---

**Forschendes Lernen**

**im inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterricht –**

**Lernzuwachs von Drittklässler\_innen beim Thema „Verbrennung“**

Inquiry-based learning in inclusive basic science studies –

Knowledge gain of third graders concerning the topic of “combustion“

---

Abgabedatum: 14.06.2018

Erstprüferin: Prof. Dr. Simone Abels

Zweitprüferin: Dr. Sabine Richter

eingereicht von:

Luisa Demmel

Lehramt an Grundschulen (M.Ed.)

## **Inhaltsverzeichnis:**

Abbildungsverzeichnis .....	IV
Tabellenverzeichnis .....	IV
<b>1 Einleitung</b> .....	1
THEORETISCHER TEIL	
<b>2 Zur Didaktik eines inklusiven Sachunterrichts</b> .....	4
2.1 Anschlussfähigkeit durch Kompetenzorientierung .....	5
2.2 Potenzial naturwissenschaftlicher Themen .....	6
<b>3 Forschendes Lernen im inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterricht</b> .....	9
3.1 Der Ansatz des Forschenden Lernens .....	9
3.1.1 Strukturierungsmaßnahmen für den Forschungsprozess .....	11
3.1.2 Differenzierungsmöglichkeiten im Forschungsprozess .....	13
3.1.3 Kritische Betrachtung .....	16
3.2 Fachlicher Lernzuwachs .....	18
3.2.1 Vorstellungen als Ausgangspunkt naturwissenschaftlichen Lernens .....	19
3.2.2 Erhebung des Lernzuwachses .....	20
3.3 Fachdidaktische Aufbereitung des Themas „Verbrennung“ .....	21
3.3.1 Empirisch erhobene Vorstellungen der Lernenden .....	22
3.3.2 Fachliche Klärung .....	23
3.3.3 Elementarisierung des Lerngegenstandes .....	24
3.3.4 Inhaltliche Konzeption des Unterrichts .....	25
EMPIRISCHER TEIL	
<b>4 Forschungsvorhaben</b> .....	27
4.1 Forschungsfrage .....	27
4.2 Forschungsfeld .....	29
4.3 Konzeption der Intervention zum Thema „Verbrennung“ .....	31
<b>5 Forschungsmethodisches Vorgehen</b> .....	34
5.1 Methoden der Datenerhebung .....	34
5.1.1 Fragebogen .....	35
5.1.2 Forschungsblätter der Versuchsboxen .....	37
5.1.3 Unterrichtsgespräch .....	39

5.2 Methoden der Datenauswertung .....	39
<b>6 Ergebnisse</b> .....	44
6.1 Deskriptive Darstellung .....	44
6.2 Interpretation .....	49
6.3 Diskussion .....	53
6.3.1 Zum fachlicher Lernzuwachs beim Forschenden Lernen .....	53
6.3.2 Forschendes Lernen im inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterricht .....	55
6.3.3 Methodenreflexion .....	57
6.3.4 Professionsbezug – Ein praxisbezogener Ausblick .....	58
<b>7 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick</b> .....	59
Literaturverzeichnis .....	61
Anhang (A.I - A.XVIII) .....	71
Eidesstattliche Erklärung .....	119

## Abbildungsverzeichnis:

<i>Abb. 1: Idealisierter Forschungszyklus (Abels, Puddu &amp; Lembens, 2014, S. 40) .....</i>	<i>11</i>
<i>Abb. 2: Level Forschenden Lernens (Lembens &amp; Abels, 2015, S. 5) .....</i>	<i>11</i>
<i>Abb. 3: Übersicht inhaltliche Konzeption der Versuchsboxen .....</i>	<i>32</i>
<i>Abb. 4: Screenshot der angelegten MAXQDA-Datei .....</i>	<i>42</i>
<i>Abb. 5: Prozentuale Gesamtverteilung der Ausprägungen pro Kategorie in Prä- und Post-Ergebnissen .....</i>	<i>44</i>
<i>Abb. 6: Kategorienunabhängige Entwicklung der qualitativen Ausprägungen .....</i>	<i>44</i>
<i>Abb. 7: Entwicklung der qualitativen Ausprägungen in der Kategorie „Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen.“ .....</i>	<i>45</i>
<i>Abb. 8: Entwicklung der qualitativen Ausprägungen in der Kategorie „Feuer braucht Luft, um zu brennen.“ .....</i>	<i>46</i>
<i>Abb. 9: Entwicklung der qualitativen Ausprägungen in der Kategorie „Feuer braucht Temperatur, um zu brennen.“ .....</i>	<i>46</i>
<i>Abb. 10: Entwicklung der qualitativen Ausprägungen in der Kategorie „Alle drei Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt.“ .....</i>	<i>48</i>
<i>Abb. 11: Entwicklung der qualitativen Ausprägungen in der Kategorie „Verbrennung ist eine Umwandlung von Stoffen.“ .....</i>	<i>48</i>
<i>Abb. 12: Entwicklung von altersangemessener zu altersunangemessener Vorstellung am Beispiel von Kind E .....</i>	<i>49</i>
<i>Abb. 13: Entwicklung von altersunangemessener zu altersangemessener Vorstellung am Beispiel von Kind H .....</i>	<i>51</i>
<i>Abb. 14: Vergleich der teilweise altersangemessenen Antworten am Beispiel von Kind L .....</i>	<i>51</i>
<i>Abb. 15: Vergleich Item 14 und 15 des Post-Fragebogens am Beispiel von Kind L .....</i>	<i>52</i>

## Tabellenverzeichnis:

<i>Tab. 1: Beispielhafter Auszug aus dem Kodierleitfaden .....</i>	<i>42</i>
--	-----------

## 1 Einleitung

Die Wertschätzung aller Kinder, ihrer individuellen Bedürfnisse und Ansprüche bildet die Grundlage des Inklusionsgedankens (UNESCO, 2005). Alle Menschen haben ein Recht darauf, ein gleichberechtigter Teil unserer Gesellschaft zu sein. Inklusion ist ein Menschenrecht (United Nations, 2006). Zur Ausbildung einer inklusiven Gesellschaft ist es unabdingbar, einen diskriminierungsfreien Zugang zu Bildung für alle Menschen zu ermöglichen (UNESCO, 2005). Wird Schule aus der Perspektive eines weiten Inklusionsverständnisses, das die Individualität und besonderen Bedarfe aller Kinder betont (Werning, 2014), betrachtet, so kann angenommen werden, dass jeder Unterricht ganz selbstverständlich inklusiv sein müsste (Kaiser & Seitz, 2017). Aus dieser Perspektive scheint die Auseinandersetzung mit einer inklusiven Didaktik redundant. Dennoch ist das deutsche Bildungssystem hoch selektiv (Lange-Schubert & Tretter, 2017) und ein enges Inklusionsverständnis, mit dem Fokus auf Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen oder Beeinträchtigungen, vorherrschend (Werning, 2014).

Von den Regelschulen des deutschen Bildungssystems können Grundschulen am ehesten als inklusive Schule für *alle* angesehen werden, trotzdem noch immer Sonderschulen im Primarbereich parallel existieren (Abels, 2015): Die Grundschule verfolgt das Ziel, eine grundlegende Bildung aller Schüler\_innen zu leisten (Reich, 2014; Blumberg & Mester, 2017; Kaiser & Seitz, 2017). Dieses Ziel beinhaltet die individuelle Weiterentwicklung aller Schüler\_innen, die Erprobung neuer Lernwege, die Förderung von Wissenserwerb sowie die Erweiterung und Reflexion von Perspektiven, um die Basis für gesellschaftliche Partizipation zu legen (Reich, 2014).

Dafür bildet das breite Spektrum der Lernvoraussetzungen der Kinder den Ausgangspunkt (Kaiser & Seitz, 2017). Um allen individuellen Bedürfnissen und Ansprüchen gerecht zu werden, bedarf es einem gemeinsamen, inklusiven Unterricht, der dieser Diversität wertschätzend begegnet (Markic & Abels, 2016). Zur Entfaltung der Potenziale aller Kinder werden individuelle Herausforderungen im Unterricht benötigt (Kaiser & Seitz, 2017). Es stellt sich daher nicht die Frage, *ob* der Unterricht inklusiv gestaltet wird, sondern *wie* sich Unterricht in Form von individuellen Herausforderungen inklusiv gestalten lässt (Rank & Scholz, 2017). Die dazu nötige Orientierung am Kind und Adaptivität des Unterrichts darf jedoch nicht mit einer grundsätzlichen Reduktion des fachlichen Anspruchs einhergehen (Kaiser & Seitz, 2017).

Diese Herausforderung bildet den Ausgangspunkt für die vorliegende Arbeit. Untersucht wird im Speziellen die Unterrichtskonzeption der naturwissenschaftlichen Perspektive im Fach Sachunterricht. Das Forschende Lernen ist ein problemzentrierter, fragengeleiteter Ansatz, der sich zur Begegnung dieser Herausforderung als sehr vielversprechend zeigt (Abels, 2015;

Gebauer & Simon, 2012). Bereits erforscht ist, dass mittels der Strukturierung auf vier verschiedene Level, die im Grad der Offenheit und Selbstständigkeit des Forschungsprozesses variieren, Unterricht konzipiert werden kann, der am individuellen Lern- und Entwicklungsstand anknüpft, indem Themen vielfältig am gemeinsamen Lerngegenstand aufbereitet werden (Abels & Koliander, 2017). Bezüglich des Kompetenzerwerbs im prozessbezogenen Bereich sowie einer verbesserten Einstellung gegenüber naturwissenschaftlichen Themen aufgrund des individuellen, interessen geleiteten und problemorientierten Lernprozesses, herrscht im Forschungsdiskurs Konsens (u.a. Breddermann, 1983; Rocard et al., 2007; Möller, Kleickmann & Sodian, 2011; Hattie, 2013). Widersprüchliche Forschungsergebnisse zeigen sich jedoch hinsichtlich des Niveaus der erreichten fachlichen Erkenntnisse beim Forschenden Lernen (u.a. Breddermann, 1983; Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Diese ist jedoch zum einen elementar, um ein grundlegendes naturwissenschaftliches Verständnis im inklusiven Sachunterricht, als Basis für gesellschaftliche Partizipation zu legen (Bybee, 1997; Kaiser & Seitz, 2017). Zum anderen sollte der Sachunterricht so adaptiv konzipiert sein, dass jedem Kind ein Lernzuwachs durch eine angemessene fachliche Anknüpfung an die bereits bestehenden Vorstellungen ermöglicht wird (Lange-Schubert & Tretter, 2017). Hier knüpft das Forschungsinteresse dieser Arbeit mit der Formulierung folgender Fragestellung an:

**Welchen fachlichen Lernzuwachs haben Drittklässler\_innen beim Thema „Verbrennung“ im Rahmen des Forschenden Lernens auf Level 1?**

Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Erhebung des fachlichen Lernzuwachses der Lernenden beim Thema „Verbrennung“ beim Forschenden Lernen auf Level 1. Das Forschende Lernen bietet das Potenzial, inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zu gestalten, indem allen Kindern die Partizipation am gemeinsamen Lerngegenstand ermöglicht wird (Abels & Koliander, 2017). Kann ein fachlicher Lernzuwachs nachgewiesen werden, so bietet das Forschende Lernen über dieses bereits bestehende Potenzial hinaus, die Chance, auch allen Kindern einen fachlichen Lernzuwachs im individuellen Forschungsprozess zu gewähren.

Der fachliche Lernzuwachs soll anhand eines konkreten Lerninhalts der unbelebten Natur, erhoben, analysiert und evaluiert werden. Der Anspruch besteht in der Wahrung eines weiten Inklusionsverständnisses über den gesamten Forschungsverlauf. Zur Zielerreichung wird eine Unterrichtssequenz zum Thema „Verbrennung“ nach dem Forschenden Lernen konzipiert. Dazu werden fünf zentrale naturwissenschaftliche und altersangemessen reduzierte Vorstellungen formuliert, die die Lernenden im Forschungsprozess auf Level 1 Forschenden Lernens erreichen können. Diese Vorstellungen sind für einen anschlussfähigen, altersangemessenen Kompetenzerwerb grundlegend. Die Vorstellungen der Lernenden werden anhand von Frage-

bögen und Forschungsblättern, die den Forschungsprozess begleiten, vor und nach der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand erhoben und ausgewertet. Zusätzlich wird das abschließende Unterrichtsgespräch im Klassenplenum auditiv aufgenommen. Das methodische Vorgehen der Untersuchung ist dabei qualitativ. Die qualitative Ausprägung der fünf zentralen Vorstellungen wird bezüglich der Altersangemessenheit analysiert. Die Entwicklung der Altersangemessenheit vor und nach der Intervention bildet den fachlichen Lernzuwachs ab.

Die Intervention findet in der dritten Klasse einer Grundschule im Landkreis Lüneburg statt, die sich aus 14 Schüler\_innen zusammensetzt. Der zeitliche Rahmen umfasst zwei Einzelstunden mit jeweils 45 und zwei Doppelstunden mit jeweils 90 Minuten Unterrichtszeit.

Der Beitrag dieser Arbeit zum aktuellen Forschungsdiskurs soll in der kritischen Auseinandersetzung mit der Lernwirksamkeit des Forschenden Lernens im inklusiven Sachunterricht mit besonderem Fokus auf dem fachlichen Lernzuwachs liegen. Damit werden neben der fachlichen Wirksamkeit des Forschenden Lernens auch weitere Aussagen über die Eignung des Ansatzes für die Ansprüche eines inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterrichts möglich (Lange-Schubert & Tretter, 2017). Durch die Konzeption, die praktische Erprobung und Reflexion der entwickelten Materialien ist es möglich, auch aus persönlichem Interesse einen Professionsbezug herzustellen.

Um dieses Forschungsvorhaben einzubetten, begründet herzuleiten sowie inhaltlich stringent zu gestalten wird zunächst ein Überblick und inhaltlicher Einstieg zur Didaktik eines inklusiven Sachunterrichts gegeben und aktuelle Forschungsbedarfe besonders im Bereich des inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterrichts aufgezeigt (Kap. 2). Das dritte Kapitel greift diese Bedarfe auf, indem das Forschende Lernen als Ansatz zur inklusiven Sachunterrichtsgestaltung naturwissenschaftlicher Themen und die Relevanz eines fachlichen Lernzuwachses umfassend erörtert wird. Anschließend wird eine mögliche inhaltliche Unterrichtskonzeption konkret für das Thema „Verbrennung“ erarbeitet und theoretisch abgeleitet. Der empirische Teil knüpft an diese Konzeption an, indem zunächst das Forschungsvorhaben dieser Arbeit ausführlich dargestellt wird (Kap. 4). Das qualitative forschungsmethodische Vorgehen wird in Kapitel 5 begründet und transparent beschrieben, mit dem Ziel, eine intersubjektiv nachvollziehbare Analyse des erhobenen Materials, zu ermöglichen. Im sechsten Kapitel werden dann daran anschließend die ausgewerteten Ergebnisse dargestellt, interpretiert, die Fragestellung dieser Arbeit beantwortet und hinsichtlich ihres Beitrags zum aktuellen Forschungsdiskurs diskutiert.

## THEORETISCHER TEIL

### 2 Zur Didaktik eines inklusiven Sachunterrichts

Der Sachunterricht – als eines der drei Kernfächer der Grundschule – formuliert den Anspruch, einen zentralen Beitrag zur grundlegenden Bildung für *alle* Kinder zu leisten (Klafki, 1992) und verfolgt damit einen Ansatz, der auch inklusivem Unterricht zugrunde liegt (Kaiser & Seitz, 2017). Ebenso verweist Platte (2010) mit der Zielformulierung für den Sachunterricht „[...] alle Kinder alles zu lehren [...]“ (Platte, 2010, S. 98) auf eine grundlegend inklusive Werthaltung der Sachunterrichtsdidaktik hin. Seitz (2008) beschreibt die Vielfalt einer Lerngruppe als Bereicherung für den inklusiven Sachunterricht, indem Gemeinsamkeiten herausgearbeitet und der Lerngegenstand ausgehend von den Lernvoraussetzungen erarbeitet wird. Trotz dieser diversen Äußerungen hinsichtlich des inklusiven Potenzials der Sachunterrichtsdidaktik existiert bislang keine explizit inklusive Sachunterrichtsdidaktik (Giest, 2015). An dieser Stelle stellt sich jedoch die Frage, ob es überhaupt der Formulierung einer „neuen“, explizit inklusiven Sachunterrichtsdidaktik bedarf, wenn die bestehende Didaktik bereits eine grundlegend inklusive Werthaltung impliziert (Reich, 2014) und enormes Potenzial für eine inklusive Unterrichtsgestaltung birgt (Lange-Schubert & Tretter, 2017; Adl-Amini & Hardy, 2017). Im Folgenden werden daher grundlegende Anknüpfungsmöglichkeiten der bestehenden Sachunterrichtsdidaktik für eine inklusive Unterrichtskonzeption herausgearbeitet und aufgegriffen.

Die zentrale Rolle für die inklusive Gestaltung nimmt die Vielperspektivität des Sachunterrichts, als Basis für „[...] umfangreiche Mitgestaltungs- und Lernchancen für alle Schülerinnen und Schüler im Sinne einer inklusiven Schule [...]“, ein (Niedersächsisches Kultusministerium, 2017, S. 17). Auch Hinz (2011) greift die vielperspektivische Aufbereitung und breite Auslegung eines Lerngegenstandes als zentrale Bedingung für die Gestaltung vielfältiger Zugangsweisen auf. Mit Hilfe dieser Zugangsweisen wird eine individuelle Auseinandersetzung und *Lernen am gemeinsamen Gegenstand* (Feuser, 1989) möglich. Zur Verdeutlichung des Lernens am gemeinsamen Gegenstand verwendet Feuser (1989) metaphorisch einen Baum, dessen Stamm den gemeinsamen Gegenstand, das Unterrichtsthema, sowie die Äste und Zweige die einzelnen Unterthemen und vielperspektivischen Zugänge abbilden. Die Darstellung der Sachstruktur des Lerngegenstandes erfolgt vom Konkreten zum Abstrakten und orientiert sich damit am Wissenserwerb von Kindern (Feuser, 1989; 2009).

Die didaktische Aufbereitung des Lerninhalts erfolgt anhand des Entwicklungsstands der einzelnen Kinder einer Lerngruppe, sodass individuelle Zugänge gefunden und Kooperationen

mit anderen Schüler\_innen eingegangen werden können. Die Partizipation aller Kinder wird durch Formen der Differenzierung und Strukturierung gewährleistet werden (Feuser, 1989; 2009). Guter, inklusiver Sachunterricht sollte daher nicht an einem fiktiven Durchschnitts-kind, sondern vielmehr am breiten Spektrum der Lernvoraussetzungen orientiert konzipiert werden (Kaiser & Seitz, 2017). Erfolgt eine Adaption des Unterrichts an die individuellen Lernvoraussetzungen, sodass diese aktiv und produktiv aufgegriffen werden, kann ein individueller Lern- und Entwicklungsprozess ermöglicht werden (Hartinger, Grygier, Ziegler, Kullmann & Tretter, 2014; Kahlert, 2016). Bei der Konzeption inklusiven, adaptiven Unterrichts entsteht die Herausforderung, sowohl die vielperspektivischen Anknüpfungspunkte des Lerninhalts als auch die individuellen Anknüpfungspunkte der einzelnen Schüler\_innen einzubeziehen (Carle, 2017).

## **2.1 Anschlussfähigkeit durch Kompetenzorientierung**

Die Sachunterrichtsdidaktik greift die Herausforderung der gemeinsamen Anknüpfungspunkte zwischen Lerninhalt und Individuum mit dem Ziel eines erfolgreichen, anwendbaren und anschlussfähigen Lernprozesses für alle Kinder auf. Um dieser komplexen Aufgabe zu begegnen, orientiert sich die Konzeption des Sachunterrichts an Kompetenzen (GDSU, 2013), die die Anschlussfähigkeit, Anwendbarkeit und den Lebensweltbezug des erworbenen Wissens sichern (Müller, Gartmeier & Prenzel, 2013; Kahlert, 2016).

Der Bildungsbeitrag im Fach Sachunterricht wird in Form von perspektivenbezogenen und perspektivenübergreifenden Kompetenzen formuliert, die eine Zielperspektive für anschlussfähige Lernprozesse darstellen (Niedersächsisches Kultusministerium, 2017). Der Kompetenzerwerb erfolgt nach einem moderat-konstruktivistischen Lernverständnis systematisch und kumulativ, Lernen durch Erfahrung bildet die Grundlage des Lernprozesses (Niedersächsisches Kultusministerium, 2017).

Heller (2009) formuliert, dass ein kompetenzorientierter Unterricht dazu beiträgt, bestehende Differenzen zwischen theoretischen Anforderungen und praktischer Umsetzung im Unterricht zu vermindern. Dazu sollten die Kompetenzen bewusst so zur Vermittlung aufbereitet werden, dass sie ein neues Fundament an Vorwissen bilden, das anschlussfähig, insbesondere für den Übergang in die Sekundarstufe I, ist (Hartinger, Grygier, Ziegler, Kullmann & Tretter, 2014). Daraus resultiert die „doppelte Anschlussaufgabe“ (GDSU, 2013, S. 10) des Sachunterrichts: So soll durch die kompetenzorientierte Unterrichtskonzeption zum einen an die Lernvoraussetzungen angeknüpft und gleichzeitig zum anderen eine stabile und anknüpfungsfähige Wissensbasis für weiterführende Lernprozesse geschaffen werden (GDSU, 2013). Da-

bei ist es das Ziel, alle Lernenden zunehmend zu befähigen, Lerninhalte selbstständig zu erschließen, Lernprozesse individuell zu gestalten und in der eigenen Lebenswelt zu partizipieren (GDSU, 2013). Nach Reich (2014) ist dies ein inklusives Ziel.

Das Potenzial der Anknüpfungsfähigkeit kann ausgeschöpft werden, wenn der Ausgangspunkt der individuellen Lernvoraussetzungen durch Diagnostik genutzt und ein Lernprozess in der *Zone der nächsten Entwicklung* (Vygotsky, 1978) angestrebt wird (Schroeder & Miller, 2017). Dazu sind vielfältige Lernanregungen und inhaltlich herausfordernde Lerngelegenheiten nötig, bei denen der Fortschritt im Lernprozess des Individuums im Fokus liegt (Kaiser & Seitz, 2017). Die Umsetzung und Aufbereitung dieser Angebote sollte anhand der bereits vorhandenen prozessbezogenen Kompetenzen entwickelt werden (Kaiser & Seitz, 2017).

## **2.2 Potenzial naturwissenschaftlicher Themen**

Insbesondere die naturwissenschaftliche Perspektive ist hinsichtlich ihrer Anschlussfähigkeit ein vielfach diskutiertes Thema: Im Jahr 2004 wurden die Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I eingeführt, mit denen sowohl eine inhaltlich als auch eine methodisch erhöhte Anforderung an den naturwissenschaftlichen Sachunterricht einhergeht (Wodzinski, 2011). Fokussiert wird ein kumulativer Lernprozess, der in doppelter Hinsicht anschlussfähig sein soll und den fortschreitenden Wissensaufbau unterstützt (Wodzinski, 2011; Labudde & Möller, 2012; Blumberg & Mester, 2017). Die Thematisierung naturwissenschaftlicher Phänomene im Sachunterricht ist daher elementar für die Entwicklung des weiteren naturwissenschaftlichen Verständnisses (GDSU, 2013; Sodian & Koerber, 2015; Rott & Marohn, 2015).

Viele naturwissenschaftliche Phänomene sind den Kindern im Grundschulalter bereits aus dem Alltag bekannt (GDSU, 2013). Durch ihre Anschaulichkeit wecken sie bei Kindern großes Interesse und bieten dadurch die Möglichkeit, die bereits vorhandenen Erfahrungen und Erklärungsansätze der Kinder zielgerichtet aufzugreifen (GDSU, 2013). Das Potenzial naturwissenschaftlicher Themen für die inklusive Gestaltung des Sachunterrichts liegt insbesondere im breiten Spektrum interessengeleiteter, handlungsorientierter und erfahrungsbezogener Zugänge (Lange et al., 2007; Adl-Amini & Hardy, 2017; Fink, 2017). Durch die Öffnung individueller, vielfältiger Zugangsweisen zu komplexen Lerngegenständen und das Anknüpfen an Vorwissen, Fragen und Interessen der Kinder aus ihrer Lebenswelt werden inklusive Lerngelegenheiten für alle Kinder geschaffen (Lange-Schubert & Tretter, 2017). Diese sind zentral für das anschauliche, aktive Erforschen alltäglicher Phänomene auf verschiedenen Verständnis- und Explorationsebenen (Adl-Amini & Hardy, 2017).

Ziel der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen im Sachunterricht ist eine naturwissenschaftliche Grundbildung – *scientific literacy* – aller Kinder zu erreichen (Bybee, 1997; 2002). Scientific literacy gilt als Teil der Allgemeinbildung, die zur gesellschaftlichen Partizipation unverzichtbar ist (Möller, 2004; Lange & Ewerhardy, 2014; Lange-Schubert & Tretter, 2017). Basierend auf den Erfahrungen soll der Aufbau anschlussfähiger Kompetenzen gefördert und die Kinder dadurch zu einer Erschließung und Auseinandersetzung mit ihrer Lebenswelt befähigen (GDSU, 2013; Blumberg & Mester, 2017). Diese implizieren sowohl die flexible Anwendung von Fähigkeiten des Problemlösens als auch Werthaltungen als Grundlage für lebenslanges Lernen (Bybee, 1997; Kleickmann, Brehl, Saß, Prenzel & Köller, 2012; Labudde & Möller, 2012).

Beim naturwissenschaftlichen Kompetenzerwerb kommt dem handelnden Vorgehen eine besondere Bedeutung zu (Möller, 2015). Eine zentrale, handlungsorientierte Methode des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts ist das Experimentieren, welches an die Fähigkeiten des Problemlösens anknüpft (Lange-Schubert & Tretter, 2017) und zum Erkenntnisgewinn der Lernenden beiträgt (Engeln & Euler, 2004). Der Lernprozess während des Experimentierens wird durch Interaktion mit anderen Schüler\_innen und dem Prüfen und Lösen entstehender Probleme positiv beeinflusst (Möller, 2015). Die bereits vorhandenen Vorstellungen der Lernenden werden mit Hilfe der Phänomenbegegnung und des sozialen Austauschs hinsichtlich ihrer Angemessenheit geprüft und weiterentwickelt (Möller, 2015; Duit, 2015).

Neben dem Aufbau von naturwissenschaftlichen Denkstrukturen, Methoden und Arbeitsweisen fördert ein handlungsorientierter Unterricht auch die aktive inhaltliche und anwendungsbezogene Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand (Möller, 2004). Dazu formulieren Demuth und Rieck (2005) drei Basiskonzepte, die eine anschlussfähige, naturwissenschaftliche Grundbildung im Sachunterricht ermöglichen: *Konzept der Erhaltung*, *Konzept der Energie* und *Konzept der Wechselwirkung*. Diese drei Konzepte geben Aufschluss über die Legitimation und konkrete Zielsetzung, insbesondere für Themen der „unbelebten Natur“ (Demuth & Rieck, 2005). Ein Blick in das Niedersächsische Kerncurriculum (2017) zeigt, dass Themen der unbelebten Natur in deutlich geringerem Umfang thematisiert werden, als Themenfelder der belebten Natur (Mensch, Tiere und Pflanzen). Dementsprechend haben chemische und physikalische Aspekte kaum Einfluss auf den Sachunterricht (Schäfer & Wöhrmann, 2008). Eine Untersuchung von Schäfer und Wöhrmann (2008) zeigt, dass Kinder ein besonders hohes Interesse und Faszination für Themen der unbelebten Natur, wie z.B. Feuer, Farbe, Wasser, Erde und Luft mitbringen. Andere Untersuchungen kommen zu ähnlichen Ergebnissen (Lück, 2000; Risch, 2006). Das Potenzial des gemeinsamen Interesses, der Faszination

und der Anschaulichkeit sollte für den inklusiven Sachunterricht zur inhaltlichen Aufbereitung des gemeinsamen Lerngegenstandes aufgegriffen werden.

Die Frage nach der Umsetzung eben dieser lerninhaltsbezogenen Unterrichtsgestaltung in inklusiven Lernsettings, insbesondere im Themenfeld der „unbelebten Natur“, zeichnet sich jedoch noch immer als Forschungsdesiderat ab (Lück, 2000; Rott & Marohn, 2015; Gebauer & Simon, 2012; Lange-Schubert & Tretter, 2017). Die empirische Überprüfung sachunterrichtsdidaktischer Lehr-Lernansätze und Konzepte wird seitens der Sachunterrichtsdidaktik explizit gefordert (Kucharz, 2015; Blumberg & Mester, 2017). Diesbezüglich verfolgen Blumberg und Mester (2017) in ihrem aktuellen Forschungsprojekt den Anspruch, „[...] potenzielle Gelingensbedingungen für ein multikriterial erfolgreiches inklusives naturwissenschaftliches Lernen im Sachunterricht der Grundschule [...]“ zu ermitteln (Blumberg & Mester, 2017, S. 300). Langfristiges Ziel dieses Projekts ist die Bereitstellung empirisch fundierter und unterrichtspraktisch erprobter Lehr-Lernangebote für die Unterrichtspraxis (Blumberg & Mester, 2017). Lange-Schubert und Tretter (2017) formulieren über die Entwicklung von Materialien hinaus ein weiteres Desiderat im Forschungsfeld der inklusiven Unterrichtsgestaltung bezüglich möglicher inklusiver Gestaltungsansätze und Maßnahmen, sodass „[...] allen Kindern Lernzuwächse und die mündige Teilhabe an der Gesellschaft ermöglicht werden können“ (Lange-Schubert & Tretter, 2017, S. 279). Des Weiteren formuliert Carle (2017) einen besonderen Forschungs- und Entwicklungsbedarf in herausfordernden Aufgabenformaten im Rahmen der inklusiven Unterrichtsgestaltung, die anspruchsvolle Lernprozesse für alle Kinder ermöglichen.

Die Auseinandersetzung mit der Didaktik des Sachunterrichts zeigt, dass insbesondere die Vielperspektivität eine breite Auslegung des Lerngegenstandes ermöglicht, um sowohl an die diversen Lernvoraussetzungen einer inklusiven Lerngruppe anzuknüpfen als auch durch den Kompetenzerwerb eine anschlussfähige, naturwissenschaftliche Grundbildung zu schaffen. Dennoch bleibt die Frage offen, wie gerade das Potenzial naturwissenschaftlicher Themen im Sachunterricht inklusiv und adaptiv genutzt werden kann. Im Forschungsdiskurs wird vielfach die Eignung des individuellen, handlungsorientierten und kooperativen Arbeitens betont (Möller, 2004; Lange et al., 2007; Duit, 2015; Büttner, Decristan & Adl-Amini, 2015; Carle, 2017), das im folgenden Kapitel aufgegriffen wird.

### **3 Forschendes Lernen im inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterricht**

Der inklusive naturwissenschaftliche Sachunterricht erfordert eine Unterrichtsgestaltung, die mittels vielfältiger Zugangsweisen, einer breiten Auslegung des Lerninhalts und entsprechender Materialien an die diversen Lernvoraussetzungen der Kinder individuell anknüpfen sowie diese produktiv aufgreifen und weiterentwickeln kann (Kap. 2). Dazu eignen sich insbesondere offene, fragen- und interessen geleitete Ansätze, die ein Lernen auf unterschiedlichen Ebenen ermöglichen und gleichzeitig den fachlichen Anspruch aufrecht erhalten sowie die Komplexität des Lerninhalts erfassen (Kaiser & Seitz, 2017).

Der Ansatz des Forschenden Lernens zeigt sich als sehr vielversprechend, um diesen Anforderungen gerecht zu werden (Abels, 2015; Gebauer & Simon, 2012). Dieser wird im folgenden Kapitel näher betrachtet und Möglichkeiten für die Unterrichtskonzeption des Sachunterrichts nach dem Forschenden Lernen auf didaktischer Ebene herausgearbeitet (Kap. 3.1).

Anknüpfend an das inklusive Verständnis eines vielperspektivischen und adaptiven Unterrichts nehmen die Lernvoraussetzungen den Ausgangspunkt für individuelle Lernprozesse ein, mit dem Ziel, allen Kindern einen Lernzuwachs zu ermöglichen (Kap. 3.2). Dabei werden die komplexen Lernvoraussetzungen auf die bereits vorhandenen Vorstellungen der Lernenden zu einem Lerninhalt eingegrenzt, sodass stets das Ziel dieser Arbeit, den fachlichen Lernzuwachs beim Forschenden Lernen zu ermitteln, im Fokus steht. Anschließend wird das Thema „Verbrennung“ aus dem Themenbereich der unbelebten Natur fachdidaktisch aufbereitet und die Sachunterrichtskonzeption nach dem Forschenden Lernen auf inhaltlicher Ebene konkretisiert (3.4).

#### **3.1 Der Ansatz des Forschenden Lernens**

Das Forschende Lernen bildet in der inklusiven naturwissenschaftlichen Didaktik als problemzentrierter Ansatz ein lerntheoretisches Fundament, basiert auf dem impliziten und situier-ten Lernen und lässt sich im vielfältigen Repertoire offener Lernformen verorten (Abels, 2015). Darüber hinaus bietet das Forschende Lernen einen Rahmen, der Diversität einer Lerngruppe konstruktiv und offen zu begegnen und als Ressource für den Unterrichtsverlauf zu nutzen (Abrams et al., 2008).

Offene Lernformen bilden eine vielversprechende Möglichkeit, inklusiven Sachunterricht mit dem Ziel zu gestalten, dass fachliche, methodische und soziale Kompetenzen fundiert erworben und sowohl anknüpfendes als auch anknüpfungsfähiges, handlungsorientiertes Lernen ermöglicht werden können (Lange et al., 2007; Carle, 2017; Kaiser & Seitz, 2017; Schroeder & Miller, 2017). Der soziale Austausch bildet neben der Handlungsorientierung eine wichtige

Grundlage für die Motivation der Schüler\_innen und damit für die Fruchtbarkeit der Lernprozesse (Seitz, 2013; Büttner, Decristan & Adl-Amini, 2015; Scheidt, 2017).

Für die Konzeption förderlicher Lernanregungen in offenen Lernformen, die fachliche und individuelle Ansprüche vereinen, bildet das Lernen am gemeinsamen Gegenstand einen geeigneten Rahmen (Kaiser & Seitz, 2017). Die Adaptivität der offenen Lernformen wird gestützt durch die Gestaltung von Strukturierungs- und Differenzierungsmaßnahmen, die dem Lern- und Entwicklungsstand entsprechend angepasst und dadurch anschlussfähig sind (Kaiser & Seitz, 2017). Bei geeigneter Strukturierung werden offene Lernformen als sehr vielversprechend bezüglich der Partizipation aller Schüler\_innen am inklusiven Fachunterricht angesehen (Abels & Koliander, 2017). Auch führen diese offenen Formate nicht zu einer Stigmatisierung einzelner Kinder, durch z.B. die Zuteilung einzelner differenzierter Materialien, sondern die Kinder können durch den individuellen Umgang mit der Offenheit den Grad der Differenzierung selbst mitbestimmen (Scheidt, 2017; Kaiser & Seitz, 2017; Demmel, 2018).

Der Ansatz des Forschenden Lernens greift sowohl den Erwerb prozessbezogener als auch inhaltsbezogener Kompetenzen auf: Zentrale Ziele des problemorientierten Ansatzes sind es, eine forschende Haltung gegenüber den Naturwissenschaften aufzubauen, das Forschen als Prozess zu erlernen und ein grundlegendes naturwissenschaftliches Verständnis auf inhaltlicher Ebene zu entwickeln (Abrams, Southerland & Silva, 2008). Im Folgenden wird das dritte Ziel Forschenden Lernens, die Entwicklung des Verständnisses auf konkreter, inhaltlicher Ebene, im Hinblick auf die Erhebung des fachlichen Lernzuwachses fokussiert.

Der Forschungsprozess beim Forschenden Lernen setzt sich themenunabhängig aus drei Schritten zusammen: Im ersten Schritt des Forschenden Lernens entwickeln die Schüler\_innen eine Fragestellung, indem sie auf ihr Vorwissen und ihre individuellen Vorstellungen zurückgreifen. Der zweite Schritt beinhaltet die Planung und Durchführung einer Untersuchung, deren Beobachtungen und Erkenntnisse im letzten Schritt interpretiert und reflektieren werden (Abels & Koliander, 2017). Diese Schritte Forschenden Lernens stimmen mit den naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen des Sachunterrichts, wie z.B. das Stellen von Fragen, anschließendes Planen und Durchführen einer Untersuchung und der abschließenden Interpretation und Erklärung der Frage, überein (Mikelskis-Seifert & Wiebel, 2011; Niedersächsisches Kultusministerium, 2017).

Dieser Forschungsprozess bedarf allerdings einer altersangemessenen Strukturierung, um die individuellen Lernprozesse bestmöglich zu unterstützen und zu begleiten (Abels & Koliander, 2017; Messner, 2009; Demmel, 2018).

### 3.1.1 Strukturierungsmaßnahmen für den Forschungsprozess

Die Schritte Forschenden Lernens sollten im Unterricht sukzessiv erarbeitet werden, mit dem Ziel einen zunehmend höheren Selbstständigkeitsgrad zu erreichen (Abels & Koliander, 2017). Dazu orientiert sich zunächst der Forschungsprozess am Forschungszyklus, der die einzelnen Teilschritte strukturiert und die wichtigsten prozessbezogenen Kompetenzen übersichtlich darstellt (Abb. 1).

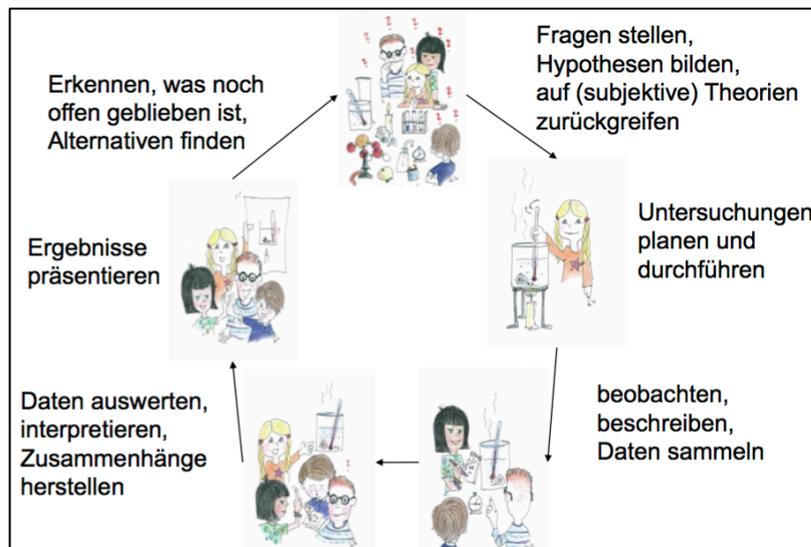


Abb. 1: Idealisierter Forschungszyklus (Abels, Puddu & Lembens, 2014, S. 40)

Dieser Zyklus repräsentiert einen Forschungsprozess jedoch in idealisierter Form, denn realistisch betrachtet nimmt ein Forschungsprozess viele Umwege und läuft nicht linear ab (Abels, Lautner & Lembens, 2014). Dennoch bietet diese Darstellung die nötige Orientierung und Strukturierung der Teilschritte und ist damit grundlegend für die Unterrichtskonzeption. Die Lernenden müssen diese Kompetenzen sukzessive erwerben (Abels, Lautner & Lembens, 2014). Dazu wird der Forschungsprozess in unterschiedliche Grade der Offenheit und Selbstständigkeit in den Teilschritten des Forschungsprozesses unterteilt, sodass die nötigen Kompetenzen sukzessive aufgebaut werden. Diese Unterteilung wurden zunächst von Abrams, Southerland & Evans (2008) entwickelt und von Blanchard, Southerland, Osbourne, Sampson, Annetta und Granger (2010) anschaulich in einem Level-Modell dargestellt (Abb. 2). Der Grad der Offenheit des Forschungsprozesses wird in vier unterschiedliche Level unterteilt, die bezüglich der Selbstständigkeit der Lernenden zunehmen (Abb. 2).

	Fragestellung	Untersuchungsmethode	Ergebnisinterpretation
Level 0: <b>bestätigend</b>	Lehrperson	Lehrperson	Lehrperson
Level 1: <b>strukturiert</b>	Lehrperson	Lehrperson	SchülerInnen
Level 2: <b>begleitet</b>	Lehrperson	SchülerInnen	SchülerInnen
Level 3: <b>offen</b>	SchülerInnen	SchülerInnen	SchülerInnen

Abb. 2: Level Forschenden Lernen (Lembens & Abels, 2015, S. 5 übersetzt n. Blanchard et al., 2010, S. 581)

Auf Level 0 des Forschenden Lernens werden alle Forschungsschritte vorgegeben, die Schüler\_innen nehmen eine nachvollziehende und bestätigende Rolle ein (Abb. 2). Der Forschungsprozess auf Level 1 wird von der Lehrperson durch die Vorgabe einer Fragestellung und Methode strukturiert, die Ergebnisinterpretation wird von den Schüler\_innen vorgenommen. Level 2 bedeutet, dass die Lehrperson sich immer mehr in eine eher lernbegleitende Rolle begibt, indem der Forschungsprozess nur durch eine vorgegebene Fragestellung eingegrenzt wird, die folgenden Schritte jedoch selbstständig von den Lernenden übernommen werden. Level 3 bildet den höchsten Grad selbstständigen Arbeitens: Alle Schritte Forschenden Lernens werden selbstständig von den Lernenden in einem offenen Forschungsprozess erarbeitet. Erst auf diesem Level können die Schüler\_innen ihre Forschungsfrage selbst interesselgeleitet und nach ihren individuellen Voraussetzungen bestimmen (Blanchard et al., 2010). Daher gilt erst das Level 3 als umfassend inklusiver Ansatz (Abels, 2015). Um einem offenen Forschungsprozess auf Level 3 erfolgreich gerecht zu werden, müssen die anderen drei Level zuerst sukzessiv erreicht werden (Abels & Koliander, 2017).

Dieser levelbasierte Ansatz bietet den Vorteil, dass der Unterricht unter Berücksichtigung der vielfältigen Lernvoraussetzungen differenziert und kompetenzorientiert gestaltet und die erforderlichen Kompetenzen sukzessiv vermittelt werden, indem der Grad der Strukturierung variiert wird (Blanchard et al., 2010). Die Adaptivität ermöglicht es, gleichzeitig unterschiedliche Level in einer Lerngruppe anzubieten und dadurch individuelle Lernvoraussetzungen handlungsorientiert, produktiv und zielführend aufzugreifen (Abels, 2014; Abels, Puddu, Lembens, 2014). Dabei besteht nicht der Anspruch, dass alle Kinder das Gleiche, sondern vielmehr alle an einem gemeinsamen Gegenstand lernen (Abels & Koliander, 2017). Die Kompetenzen können differenziert und anknüpfend an die Voraussetzungen erworben werden, wenn zunächst die Themen und das Vorhaben eingegrenzt werden. Durch diesen fachlichen Fokus kann der Forschungsprozess zielgerichtet, jedoch individuell adaptiert, auf den Verständniskern gerichtet werden (Abels & Koliander, 2017). Es sollte darauf geachtet werden, dass insbesondere unerfahrene Lernende nicht mit einem offenen Forschungsprozess überfordert werden, sondern die benötigten Kompetenzen sukzessive aufgebaut werden (Abels, Lautner & Lembens, 2014) und Entlastung durch Differenzierungsmöglichkeiten geschaffen wird (Kaiser & Seitz, 2017, Möller, 2000; Möller, 2001; Demmel 2018).

### 3.1.2 Differenzierungsmöglichkeiten im Forschungsprozess

Die Unterrichtskonzeption im Rahmen des Forschenden Lernens basiert auf dem Anspruch, den Forschungsprozess individuell adaptiv, zielführend und kompetenzorientiert in der Zone der nächsten Entwicklung zu gestalten (Abels, 2015). Die Grundlage dafür bildet die Strukturierung des Forschenden Lernens anhand der vier Level, die im Grad der Offenheit und Selbstständigkeit des Forschungsprozesses variieren (Blanchard et al., 2010).

Es existiert eine Vielzahl an Möglichkeiten, differenzierte Angebote und Arbeitshilfen für den Unterricht zu konzipieren und diese einzusetzen. Dieses Kapitel fasst die Möglichkeiten zusammen, die ergänzend zur Strukturierung für den Forschungsprozess des Forschenden Lernens als besonders wichtig erachtet werden. Florian und Black-Hawkins (2011) unterscheiden dazu zwischen *additional needs approaches* und *inclusive pedagogical approaches*. Die *additional needs approaches* schaffen Raum für Individualisierung durch Binnendifferenzierung für einige wenige Schüler\_innen auf der Basis diagnostizierter Lernvoraussetzungen (Abels, 2015). Die Problematik besteht in einer möglichen Stigmatisierung einzelner Kinder aufgrund ihrer diagnostizierten Lernvoraussetzungen, indem ihnen beispielsweise binnendifferenzierte Materialien kategorisch zugewiesen werden (Abels & Koliander, 2017). Die *inclusive pedagogical approaches* vermeiden diese Stigmatisierung, indem die Binnendifferenzierung im Unterricht globaler ausgelegt und als offenes Angebot verstanden wird (Florian & Black-Hawkins, 2011). Im Vordergrund stehen weniger die diagnostizierten Lernvoraussetzungen einiger weniger Schüler\_innen, sondern vielmehr die Teilhabe und Selbstbestimmung aller Schüler\_innen und dadurch das offene Lernen am gemeinsamen Gegenstand (Abels, 2015).

Die Unterrichtskonzeption dieser Arbeit orientiert sich an den *inclusive pedagogical approaches*, das weite Inklusionsverständnis (Kap. 1) bleibt dadurch gewahrt.

Die Repräsentationsebenen aus Bruners *Konzept der kognitiven Entwicklung* (Bruner, 1970 in Gebauer & Simon, 2012) bieten einen Rahmen, inklusive und vielfältige Zugänge zu einem Lerngegenstand pädagogisch begründet zu entwickeln. Die *enaktive* Ebene fokussiert die handlungsorientierten Zugänge zum und die konkrete Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand. Zudem sollten Zugänge angeboten werden, die beispielsweise durch aufschlussreiche bildliche Darstellungen andere Zugänge auf *ikonischer* Ebene ergänzen. Die *symbolische* Ebene repräsentiert vor allem Zugänge der schriftsprachlichen Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand, die einen Abstraktionsprozess von der enaktiven und ikonischen Ebene erfordert. Diese drei Repräsentationsebenen werden von Gebauer und Simon (2012) um die *kommunikativ-interaktive* und die *sensorische* Ebene erweitert: Die sensorische Ebene fokussiert in Abgrenzung zu der enaktiven Ebene besonders sinnliche Zugänge, die die Auseinan-

dersetzung mit dem konkreten Gegenstand erweitern. Die kommunikativ-interaktive Ebene ermöglicht den Dialog mit der Umwelt als Zugang zum Lerngegenstand und unterstützt damit die elementare Bedeutung von Sprache im Lernprozess (Gebauer & Simon, 2012).

Die Aufbereitung der vielfältigen Zugänge anhand dieser fünf Repräsentationsebenen führt durch die Möglichkeit, dass alle Schüler\_innen alle Repräsentationsebenen durchlaufen können (aber nicht müssen), zu einer inklusiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand (Gebauer & Simon, 2012). Individuelle Zugänge und diverse Lösungsstrategien werden geöffnet, um Lernen am gemeinsamen Gegenstand zu ermöglichen.

Der nötige Abstraktionsprozess, um einen Zugang auf symbolischer Ebene zu finden, zeigt sich gerade für Schüler\_innen, die Schwierigkeiten im Lese- und Textverständnis oder organisatorische Schwierigkeiten haben, als herausfordernd (Gebauer & Simon, 2012; Lück, 2013). Diese Herausforderung beeinflusst die Motivation und den Lernerfolg der Kinder in hohem Maße (O-Leary, 2016). Eine Entlastung dieser Herausforderung kann durch entsprechendes Material geschaffen werden, sodass der Inhalt weiterhin im Fokus steht (Lück, 2013). Dazu eignen sich beispielsweise Arbeitsblätter, die in offenen Arbeitsphasen eine Strukturierungshilfe bieten (O-Leary, 2016), bei deren Gestaltung auf Sprachbewusstheit geachtet (Tajmel & Hägi-Mead, 2017) oder darüber hinaus die Verwendung der Leichten Sprache (Netzwerk Leichte Sprache, 2013) in Betrachtung gezogen werden kann. Die Notwendigkeit einer Sprachreduktion sollte jedoch abhängig von der spezifischen Lerngruppe entschieden werden (Tajmel & Hägi-Mead, 2017) unter Beachtung der Relevanz sprachbildender Aufgaben im Sachunterricht (Archie, Rank & Franz, 2014). Darüberhinaus kann insbesondere der Schreibprozess entlastet werden, wenn eine Möglichkeit für Zeichnung der Kinder gegeben ist. Dadurch können die Vorstellungen anschaulich gestaltet, Beziehungen leichter verdeutlicht und Prozesse strukturiert werden (Conradi, 2015). Zeichnungen sind als angemessene Alternative oder Ergänzung zur Verschriftlichung in Phasen des Forschungsprozesses anerkannt (Conradi, 2015).

Ein weiterer Abstraktionsprozess liegt in der Verwendung unterschiedlicher Sprachregister: Die Auseinandersetzung mit einem naturwissenschaftlichen Phänomen sollte zunächst alltagssprachlich auf kontextbezogener Ebene erfolgen, bevor die Schüler\_innen die Fach- und Bildungssprache erlernen (Childs & Ryan, 2016; Tajmel & Hägi-Mead, 2017). Dabei unterstützt und entlastet die ikonische Repräsentation des Lerngegenstandes durch Bilder oder wiederkehrende Symbole den Lernprozess (Childs & Ryan, 2016). Diese Differenzierungsmaßnahme kann sowohl als Kommunikationshilfe, Gedächtnisstütze oder bei organisatori-

schen Schwierigkeiten dienen als auch neue Lernimpulse geben und Reflexionen anregen (O-Leary, 2016).

Die Unterstützung der einzelnen Phasen im Forschungsprozess durch strukturierende, differenzierte Materialien, die auf die Bedürfnisse und das jeweilige Level abgestimmt sind und dadurch individuelle Forschungsprozesse ermöglichen, hat sich als hilfreich erwiesen (Abels, 2015; Rott & Marohn, 2015; Demmel, 2018). Weitere Studien belegen, dass durch den Einsatz von strukturiertem Material gerade leistungsschwächere Kinder bezüglich kognitiver und motivationaler Aspekte profitieren (Blumberg, Möller & Hardy, 2004). Zentral bleibt jedoch die Angemessenheit und der inhaltliche Bezug ergänzender Materialien zum Lerngegenstand (Hattie, 2013). Hattie (2013) zeigt darüber hinaus, dass eine umfassendere Strukturierung der Arbeitshilfen für eine produktive Verwendung nötig ist, wenn die Lernenden einen niedrigeren Erfahrungsgrad im Umgang mit solchen Materialien haben. Dazu bieten sich u.a. Symbole an (Hattie, 2013), die den Forschungsprozess strukturieren und jedem Teilschritt bestimmte Materialien zuweisen.

Zusätzlich bietet die Arbeit in Teams eine ergänzende Möglichkeit, den Forschungsprozess zu entlasten (O-Leary, 2016), die neben positiven sozialen Effekten auch zur Selbstständigkeit der Schüler\_innen in ihrem Lernprozess beiträgt (Hattie, 2013). In Studien konnte nachgewiesen werden, dass inhaltlich qualitativ hochwertige Interaktionen zwischen Schüler\_innen einer Lerngruppe positive Auswirkungen sowohl auf den Prozess des gemeinsamen Lernens als auch auf den Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses im naturwissenschaftlichen Sachunterricht hat (Howe et al., 2007). Dabei kann durch verschiedene, kontroverse oder aufeinander aufbauende, Erklärungen und Reflexion des Erklärten durch Rückfragen eine tiefere und differenziertere Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand erwirkt werden (Howe, 2010). Dies wird insbesondere in leistungsheterogen zusammengesetzten Teams gefördert (Howe, 2010; Adl-Amini, 2017).

Mit Hilfe der aufgezeigten Differenzierungsmöglichkeiten kann der Forschungsprozess im Rahmen des Forschenden Lernens für alle Schüler\_innen zielführend und individuell adaptiv gestaltet werden und zum Kompetenzerwerb beitragen, sodass alle Schüler\_innen am gemeinsamen Gegenstand lernen, im Unterricht partizipieren können und materialbasiert eigenständiges und kooperatives Arbeiten gefördert wird (Abels, 2015; Rott & Marohn, 2015; Demmel, 2018).

### 3.1.3 Kritische Betrachtung

Der Ansatz des Forschenden Lernens birgt vielfältige positive und vielversprechende Aspekte bezüglich der Gestaltung inklusiven, naturwissenschaftlichen Sachunterrichts, indem die diversen Lernvoraussetzungen und Interessen der Schüler\_innen in den Mittelpunkt rücken. Dadurch entsteht die Möglichkeit der variablen Öffnung des Forschungsprozesses und Lernprozesse werden auf individuellem Niveau möglich (Kap. 3.1).

Eine Voraussetzung für die konstruktivistischen Erkenntnisprozesse ist das Interesse und die Motivation, Dinge zu hinterfragen und zu erforschen (Messner, 2009). Studien belegen, dass das Forschende Lernen diese Motivation der Lernenden auslöst (Rocard et al., 2007). Darüber hinaus zeigen Untersuchungen, dass der aktive Wissenserwerb des Forschenden Lernens, neben dem positiven Interesse an naturwissenschaftlichen Inhalten, auch einen positiven Effekt auf den Lernprozess und die Unterrichtsqualität hat (Möller, Kleickmann & Sodian, 2011; Rocard et al., 2007). Zahlreiche quantitative Studien und Metaanalysen zeigen einen positiven Einfluss des Forschenden Lernens auf den Lernprozess (Breddermann, 1983; Shymansky, Hedges & Woodworth, 1990; Alfierie, Brooks & Tenenbaum, 2012; Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012). In einer quantitativen Studie konnten Shymansky, Hedges und Woodworth (1990) zeigen, dass die positiven Effekte des Forschenden Lernens auf den Lernprozess bereits in der Grundschule sehr hoch sind.

Dennoch sind im Forschungsdiskurs auch kritische Stimmen vertreten, die vor allem die Lernwirksamkeit des Ansatzes hinterfragen (u.a. Kirschner, Sweller & Clark, 2006; Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012). Eine Studie von Breddermann (1983) zeigt, dass der Effekt des Forschenden Lernens auf das wissenschaftliche Vorgehen im Forschungsprozess ( $d=0,52$ ) wesentlich höher ist als der Effekt auf den naturwissenschaftlichen Inhalt ( $d=0,16$ ). Weitere Studien kommen zu ähnlichen Ergebnissen für die Effekte des Forschenden Lernens auf die Entwicklung prozessbezogener und inhaltsbezogener Kompetenzen (Shymansky, Hedges und Woodworth, 1990). Hattie (2013) kommt in seiner Studie zu dem Ergebnis, dass die Wirksamkeit des Forschenden Lernens ( $d=0,31$ ) durchaus positiv ist und den Erwerb übertragbarer Fähigkeiten des kritischen Denkens sowie eine verbesserte Einstellung gegenüber dem Unterrichtsfach fördert. Dies führt nach Hattie (2013) auch zu bedeutsamen Vorteilen im Wissensgebiet und einer verbesserten Leistung, insbesondere bei Schüler\_innen, die schon über die kognitive Fähigkeit des kritischen Denkens verfügen.

Auch in Studien, die sich in einem globaleren Zusammenhang mit der Lernwirksamkeit offener Unterrichtsansätze und dem problemorientierten Lernen auseinandersetzen und nicht auf das Forschende Lernen beschränkt sind, werden ähnliche Ergebnisse deutlich (Brügelmann,

1998; Gijbels, Dochy, Van den Bossche & Segers, 2005). Brügelmann (1998) kommt in einer Metaanalyse zu dem Ergebnis, dass die Leistungen im fachlichen Bereich bei offenen Unterrichtsansätzen niedriger ausfallen als bei Kontrollgruppen mit direkter Instruktion, die Streubreite der Leistungen sowohl in der Vielfalt als auch Tiefgründigkeit jedoch insgesamt deutlich größer ist. Die Studie von Menzel (2008) kommt zu einem sehr ähnlichen Ergebnis.

Insbesondere wird die kognitive Belastung der Schüler\_innen in offenen Lernumgebungen kritisiert, da diese sich negativ auf die Aufnahme und Speicherung von Wissen auswirken kann (Kirschner, Sweller & Clark, 2006).

Gemeinsam ist allen Studien die kritische Betrachtung der Fachlichkeit offener Lernformen und im Speziellen dem Ansatz des Forschenden Lernens, die oftmals auch gemeinsam mit Kritik am inklusiven Unterricht geäußert wird (Kaiser & Seitz, 2017). Kaiser und Seitz (2017) greifen diese Problematik auf und machen deutlich, dass inklusive, am Kind orientierte Unterrichtsgestaltung nicht auf inhaltliche Leistungsanforderungen verzichten möchte und darf. Vielmehr sollte das Augenmerk darauf liegen, die Kinder an ihren aktuellen Grenzen des Könnens und Wissens herauszufordern (Kaiser & Seitz, 2017).

Lipowsky (2002) äußert, dass „[...] nicht die Unterrichtsform an sich, sondern die Art und Weise ihrer Realisierung etwas über die Effizienz und Qualität aussagt“ (Lipowsky, 2002, S. 140.) Dies bestätigen Studien, die diese Problematik aufgreifen und den entscheidenden Faktor bezüglich der Wirksamkeit offener Lernformen in der Konzeption der Strukturierungshilfen aufzeigen (Jonen, Hardy & Möller, 2003). So konnte anhand der Thematisierung eines physikalischen Lerngegenstandes im Sachunterricht nachgewiesen werden, dass Lerngruppen mit Strukturierungshilfen einen höheren Lernzuwachs aufweisen, als Lerngruppen, die ohne Strukturierungshilfen arbeiten (Jonen, Hardy & Möller, 2003). Unabhängig davon, ob der Unterricht mit oder ohne Strukturierungshilfen erfolgte, wurden bereits vorhandene, jedoch unangemessene, nicht belastbare Vorstellungen aufgegeben und neue belastbare und anknüpfungsfähige naturwissenschaftliche Vorstellungen erworben oder ausgebaut, die in verschiedenen Situationen angewendet werden können (Jonen, Hardy & Möller, 2003).

Um einen fachlichen Lernzuwachs zu erreichen, ist es daher grundlegend, den Unterricht an den Lern- und Entwicklungsstand der Lernenden anknüpfend zu konzipieren und ein ausgewogenes Verhältnis zwischen direkter Instruktion und Fachlichkeit durch die Lehrperson sowie offenem und fragengeleitetem Unterricht zu schaffen (Ditton, 2002). Um eine mögliche kognitive Überforderung zu vermeiden, ist es zentral, die Kompetenzen sukzessive aufzubauen und den Grad der Selbstständigkeit durch angepasste Strukturierung und Differenzierung zu entlasten (Messner, 2009). Darüber hinaus ist es sinnvoll, die Lernenden vom Beginn ihrer

Schulzeit an Lerngelegenheiten anzubieten, die Forschendes Lernen ermöglichen (Messner, 2009). Dadurch werden die erforderlichen Kompetenzen sukzessiv aufgebaut und legen die Grundlage für einen erfolgreichen fachlichen Lernzuwachs (Messner, 2009). Entscheidend für einen Lernzuwachs ist demnach ein naturwissenschaftlicher Sachunterricht, der eben diese Lernprozesse ermöglicht und ausgehend von den Vorstellungen der Lernenden Wege zum anschlussfähigen Wissen öffnet (Heran-Dörr, 2011).

An dieser Stelle knüpft das Interesse dieser Arbeit an, zu überprüfen, welchen fachlichen Lernzuwachs die Schüler\_innen bei einer inklusiven, fragengeleiteten Unterrichtskonzeption nach dem Ansatz des Forschenden Lernens und entsprechender Strukturierung der Offenheit des Forschungsprozesses sowie Differenzierungsangeboten im Forschungsprozess erreichen.

### **3.2 Fachlicher Lernzuwachs**

Es existieren bereits Studien, die den Lernzuwachs, ausgehend von den Lernvoraussetzungen der Kinder, erheben (Kap. 3.2.2). Diese Lernvoraussetzungen umfassen alle für das Thema relevanten Lernbedingungen der Schüler\_innen, so auch, neben den Vorstellungen, Interessen und Lernprozessen, soziale, situative, motivationale, emotionale und kognitive Aspekte (Gropengießer, 2008). Für das Ziel dieser Arbeit – die Erhebung des fachlichen Lernzuwachses – sind die Vorstellungen der Lernenden besonders relevant. Daher wird nur dieser Teilaspekt der komplexen Lernvoraussetzungen fokussiert.

Im Forschungsdiskurs sowohl der Naturwissenschaftsdidaktik als auch der Sachunterrichtsdidaktik ist die Analyse von Vorstellungen der Lernenden ein stark vertretenes Themenfeld, das aus unterschiedlichem Interesse heraus erforscht wird. Dadurch wurden vielfältige Bezeichnungen für die Vorstellungen von Lernenden entwickelt: Die Begriffe „Präkonzepte“ (u.a. GDSU, 2013; Kopp & Martschinke, 2015; Franz, 2008), „Schülvorstellungen“ – darunter auch „Alltagsvorstellungen“ (u.a. Wodzinski, 2011; Murmann, 2013; Duit, 2015; Lange-Schubert & Tretter, 2017) oder auch „Lernendevorstellungen“ (Gropengießer, 2008) finden häufig Verwendung. Die vorliegende Arbeit legt nicht den Schwerpunkt auf die Herkunft und Analyse einzelner und individueller Vorstellungen oder Konzepte, sondern verwendet diese als Ausgangspunkt für die Erhebung des Lernzuwachses. Daher wird keine genaue Differenzierung einzelner Teilaspekte der Vorstellungen vorgenommen. So werden im Folgenden alle Vorstellungen bezüglich des Lerngegenstandes, unabhängig ihrer Entstehung, ihres Umfangs und möglicher zusammenhängender Konzepte, als *Vorstellungen der Lernenden* bezeichnet. Diese Bezeichnung ist flexibel auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen sowie Entstehungssituationen von Wissen, Erfahrungen und Erklärungen anwendbar (Wodzinski, 2011). Diese

Vorstellungen bilden den individuellen Ausgangspunkt der Lernenden für einen Lernprozess, der einen fachlichen Lernzuwachs ermöglichen möchte.

### **3.2.1 Vorstellungen als Ausgangspunkt naturwissenschaftlichen Lernens**

Die Schüler\_innen haben bereits vor und in ihrer bisherigen Schulzeit vielfältige Erfahrungen mit Naturphänomenen gesammelt und für sie plausible, häufig aber auch unvollständige oder sogar wissenschaftlich unangemessene, Vorstellungen und Erklärungen zu ihrer Umwelt entwickelt (Möller, 2004; GDSU, 2013; Kahlert, 2016). Diese bereits vorhandenen Vorstellungen gelten beim naturwissenschaftlichen Lernen als ein zentrales Merkmal von Diversität (Lange-Schubert & Tretter, 2017) und sind ein wesentlicher Grundbaustein für das naturwissenschaftliche Lernen (Möller, 2004; Franz, 2008). Franz (2008) konnte in einer quantitativen Studie zu einem naturwissenschaftlichen Thema der unbelebten Natur im Sachunterricht signifikante Zusammenhänge zwischen den anfänglichen Vorstellungen der Lernenden und den Leistungsergebnissen nach dem Unterricht bezüglich der Ausprägung des Wissens in verschiedenen Bereichen nachweisen. Rott und Marohn (2015) zeigen jedoch, dass alle Schüler\_innen einen Lernzuwachs erreichen können, wobei leistungsschwächere Lernende mehr Zeit für ihren Lernprozess benötigen. Beiden Studien ist gemeinsam, dass die vorunterrichtlichen Vorstellungen den Ausgangspunkt für einen individuellen Lernprozess bilden, der insbesondere durch die Berücksichtigung der Vorstellungen zu einem Lernerfolg führt (Franz, 2008; Rott & Marohn, 2015). Ist der naturwissenschaftliche Unterricht nicht in dem Maße adaptiv konzipiert, dass alle Lernenden an ihre bisherigen Vorstellungen anknüpfen können, entstehen Schwierigkeiten im Lernprozess und die Möglichkeit zu einer angemessenen, wissenschaftlichen Vorstellung zu gelangen, ist eingeschränkt (Möller, 2004; Jung, 2011; Wodzinski, 2011; Duit, 2015). Der Lernzuwachs wird in dieser Arbeit daher als das Ergebnis eines kumulativen Lernprozesses bezeichnet.

Diese Lernprozesse sind jedoch situiert, am Lerngegenstand orientiert sowie durch kooperative Prozesse und Reflexionen initiiert. Der Wissensaufbau erfolgt vom Konkreten zum Abstrakten, sodass erlerntes Wissen nicht ohne Weiteres auf neue Situationen transferiert werden kann (Siegler, 2001; Möller, 2001; Duit, 2015). Dieses Verständnis beruht auf Piagets Theorie zur geistigen Entwicklung des Kindes und liegt auch dieser Arbeit zugrunde. Während die Stadientheorie Piagets vielfach durch verschiedene Untersuchungen kritisiert und widerlegt wurde, bleibt Piagets konstruktivistisch orientierter Grundgedanke des Wissenserwerbs weiterhin bestehen (Siegler, 2001; Möller, 2001; Möller, 2004; Duit, 2015).

Es gilt also eine Möglichkeit herauszuarbeiten, welche die Vorstellungen der Lernenden als Ausgangspunkt für einen Lernprozess definiert, die Entwicklung dieser darstellt und anschließend Aussagen über den fachlichen Lernzuwachs zulässt.

### **3.2.2 Erhebung des Lernzuwachses**

Verschiedene Studien, die sich mit der Erhebung des Lernzuwachses auseinandersetzen, bieten Konsens über das Erhebungsvorgehen (u.a. Ledermann, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002; Schwartz, Ledermann & Crawford, 2004; Franz, 2008; Menzel, 2008; Stef-fensky, Lankes, & Carstensen, 2012; Nehring, Stiller, Nowak, Upmeier zu Belzen & Tie-mann, 2016; Puddu, 2017): Der Lernzuwachs beruht auf einem Lernprozess, dessen Aus-gangspunkt die anfänglichen Vorstellungen der Lernenden bilden. Diese können sowohl mit Methoden der quantitativen als auch der qualitativen Forschung erhoben werden (Kopp & Martschinke, 2015) und stellen die *Baseline* für weitere Erhebungen dar (Frank, 2008). Dadurch wird es möglich die weiteren erhobenen Daten in Bezug zu der Ausgangssituation zu setzen und Vergleiche zu ziehen.

Die Studien unterscheiden sich jedoch in ihrer Auswertung des Lernzuwachses: Frank (2008) und Menzel (2008) vergeben beispielsweise Punkte für die Ausprägungen der Vorstellungen und ziehen den Punktegewinn oder besonders signifikante Abweichungen vom Mittelwert zur Auswertung heran. Andere Studien beschreiben die Ausprägung der Vorstellungen qualitativ, so dass beispielsweise eine Einstufung in „eher naive“ oder „eher informierte“ Vorstellungen (übersetzt nach Ledermann et al., 2002, S. 513) vorgenommen wird. Aufbauend auf diese Einordnung der Vorstellungen unterscheiden sowohl Schwartz, Ledermann und Crawford (2004) als auch Puddu (2017) zwischen naiven und informierten Vorstellungen eine Zwi-schenstufe der qualitativen Ausprägung der Vorstellungen. Die naiven Vorstellungen der Ler-nenden werden in diesen Studien allerdings häufig mit „misconceptions“ in Verbindung ge-bracht. Aufgrund der negativen Konnotation der deutschen Übersetzungen „Fehlvorstellung“ sowie die Bezeichnung einer Vorstellung als „naiv“, distanzieren ich mich von der Verwen-dung dieser Begriffe. Daher distanzieren ich mich in dieser Arbeit von der Verwendung dieser Begriffe. Möller (2010) nimmt auf die Wissenschaftlichkeit der Vorstellungen Bezug und differenziert deren Qualität auf vier verschiedene Level: keine oder nicht haltbare Vorstellun-gen, teilweise richtige Vorstellungen, sachadäquate Vorstellungen sowie sachadäquate, diffe-renzierte und generalisierte Vorstellungen.

Die vorliegende Arbeit möchte die Ausprägungen der Vorstellungen möglichst differenziert und in ihrer Vielfalt abbilden, kann jedoch aufgrund des Umfangs der Arbeit und folglich

auch der Länge der Intervention den Lernenden nicht die Möglichkeit bieten, „generalisierte“ naturwissenschaftliche Vorstellungen im Sinne Möllers (2010) zu entwickeln. Daher wird der Begriff der *Angemessenheit* der Vorstellungen in Bezug auf die in der Intervention angestrebten, altersentsprechend reduzierten, naturwissenschaftlichen Vorstellungen verwendet. In Anlehnung an Möller (2010) und Puddu (2017) wird daher zwischen *altersunangemessenen*, *teilweise altersangemessenen* und *altersangemessenen Vorstellungen* unterschieden. Dabei enthält die Ausprägung „altersunangemessen“ nicht haltbare, „teilweise altersangemessen“ überwiegend richtige, jedoch hauptsächlich kontextbezogene und „altersangemessene“ sachadäquate und schon teilweise abstrakte Vorstellungen der Kinder.

Diese Einteilung in qualitative Ausprägungen der Vorstellungen von Lernenden bildet die Grundlage für die Ausarbeitung konkreter, am Lerngegenstand entwickelter altersangemessener Vorstellungen, die dann im empirischen Teil den Bezugspunkt der Untersuchung bilden.

### **3.3 Fachdidaktische Aufbereitung des Themas „Verbrennung“**

Das Thema ‚Verbrennung‘ wird der Perspektive Natur und dem Themenbereich der unbelebten Natur zugeordnet (GDSU, 2013; Niedersächsisches Kultusministerium, 2017). Bis zum Ende des vierten Schuljahres sollen die Schüler\_innen folgende inhaltsbezogene Kompetenz erreichen: Die Schüler\_innen „führen Versuche zu chemischen Reaktionen durch (Verbrennung, Rost, etc.) und beschreiben diese als eine Umwandlung von Stoffen“ (Niedersächsisches Kultusministerium, 2017, S. 21).

Feuer und Verbrennungsprozesse sind den Kindern häufig bereits aus verschiedensten Situationen im Alltag bekannt. Dieses Phänomen der unbelebten Natur fasziniert die Kinder und weckt ihr Interesse (Schäfer & Wöhrmann, 2008; Kaiser, 1999; Jauer, 2012). Die Thematisierung des Themas im Unterricht leistet einen wichtigen Beitrag zur Sensibilisierung der Schüler\_innen im Umgang mit Feuer im alltäglichen Leben (Fink, 2017), auch im Hinblick auf die Gefahren die Feuer birgt (Jauer, 2012). Zudem bildet der exemplarische Zugang zum Lerngegenstand durch mögliche Experimente eine handlungsorientierte Basis für die Auseinandersetzung mit dem Phänomen sowie dem naturwissenschaftlichen Arbeiten, Denken und Handeln (GDSU, 2013; Fink, 2017). Darüber hinaus bildet die Kompetenz, Verbrennung als eine Stoffumwandlung erkennen und beschreiben zu können im Rahmen des *Basiskonzepts der Erhaltung*, die Grundlage für anknüpfungsfähiges naturwissenschaftliches Lernen in der weiteren Schullaufbahn, gerade hinsichtlich des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Sekundarstufe I (Fink, 2017).

Zur inklusiven Unterrichtsgestaltung naturwissenschaftlichen Sachunterrichts im Rahmen des Forschenden Lernens ist eine differenzierte Auseinandersetzung mit dem Inhalt für die Planung des Unterrichts erforderlich (Kap. 2.2; Kap. 3.1.1; Kap. 3.1.2). Rank & Scholz (2017) stellen eine Abfolge von vier Schritten vor, die eine Hilfe bei der Gestaltung eines inklusiven Sachunterrichts bietet. Diese strukturieren die folgenden Unterkapitel: Im ersten Schritt werden die Lernvoraussetzungen der Kinder geklärt. Diese können sehr unterschiedlich sein und beeinflussen die Zugänge und den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen in hohem Maße (Kap. 3.2.1). Kapitel 3.3.1 greift diesen Aspekt durch die Auseinandersetzung mit empirisch erhobenen Vorstellungen von Lernenden zum Thema ‚Verbrennung‘ auf. Diese bereits erhobenen Vorstellungen sind repräsentativ und können als Ausgangspunkt für die grundlegende, an den Schüler\_innen orientierte Konzeption eines adaptiven Unterrichts dienen (Petermann, Friedrich & Oetken, 2008). Der zweite Schritt ist die Analyse des Lerngegenstandes auf sachlicher Ebene (Kap. 3.3.2). Eine fachlich korrekte Sachanalyse ist grundlegend für die Elementarisierung des Lerngegenstandes, die im dritten Schritt vorgenommen wird (Kap. 3.3.3). Ziel der Elementarisierung ist die inhaltliche Konkretisierung, Strukturierung und Veranschaulichung des Lerninhalts. Daher wird im letzten Schritt mit Hilfe der Elementarisierung eine genaue, altersangemessene Eingrenzung des Lerninhalts vorgenommen und konkrete Vorstellungen formuliert, die den gemeinsamen Lerngegenstand bilden und im Unterricht erreicht werden können (Kap. 3.3.4).

### **3.3.1 Empirisch erhobene Vorstellungen der Lernenden**

Es existieren bereits zahlreiche Studien und Metaanalysen, die Vorstellungen der Lernenden, zum Themengebiet Feuer und Verbrennungsprozesse thematisieren (Schollum & Happs, 1982; Meheut, 1985; Andersson, 1990; Ross, 1990; Boujaoude, 1991; Eskilsson & Helldèn, 2003; Kind, 2004; Barke, 2006). Diese implizieren auch Vorstellungen zu Stoffeigenschaften und Stoffumwandlungen, beziehen sich jedoch eher auf Lernende der Sekundarstufe I (10-16 Jahre). In allen Studien wird die *Vorstellung der Vernichtung des Brennstoffes* von Lernenden aufgeführt. Diese ist vor allem durch die alltagssprachliche Verwendung bei vielen Lernenden stark ausgeprägt – bspw. „ver“-brennen Kerzen, Holz „ver“-kohlt und Kohle „ver“-glüht (Barke, 2006). Kind (2004) betont bei der Vernichtungsvorstellung insbesondere die *Vorstellungen des Verschwindens von Substanzen*. Die Lernenden sind bei dieser Vorstellung der Auffassung, dass zunächst vorhandene Substanzen, die z.B. „ver“-dampfen oder „ver“-brennen, „ver“-schwunden sind oder „ver“-loren gehen. Auch die *Vorstellung der Modifikation des Brennstoffes* (Meheut, 1985; Andersson, 1990) ist für die Aufbereitung des Lerngegen-

standes für Grundschul Kinder relevant (Dunker, 2010; Steffensky, 2016). In dieser Vorstellung bleibt der Stoff zwar erhalten, jedoch werden die Eigenschaften des Stoffes modifiziert, z.B. das Holz verbrennt, bleibt jedoch erhalten und ändert die Farbe zu schwarz (Steffensky, 2016).

Untersuchungen mit Grundschüler\_innen zeigen ähnliche Vorstellungen, die jedoch weniger abstrakt und deutlich kontextbezogener und objektabhängiger geäußert werden (Rahayu & Tytler, 1999; Steffensky, 2016), sich diese aber im Laufe vielfältiger Lernprozesse vom konkreten Objekt hin zu abstrakten Vorstellungen entwickeln (Eskilsson & Helldèn, 2003). Unthan (2006 in Dunker, 2010<sup>1</sup>) zeigt darüber hinaus, dass es für Lernende im Grundschulalter schwierig ist die Vorstellung zu erlangen, dass mehr als eine Voraussetzung für den Verbrennungsvorgang erfüllt sein muss. Insbesondere der für eine Verbrennung benötigte Sauerstoff wird häufig nicht als Reaktionspartner anerkannt (Rahayu & Tytler, 1999). Die Untersuchung von Rahayu und Tytler (1999) zeigt jedoch auch, dass sich die Aneignung des Konzepts „Luft“ als ein Gasgemisch für Kinder aufgrund der „Unsichtbarkeit“ schwierig gestaltet und aufgrund der vielfältigen Vorstellungen ein weiteres Forschungsgebiet darstellt. Auch sind die Vorstellungen bezüglich des Erreichens einer stoffspezifischen Entzündungstemperatur herausfordernd (Steffensky, 2016). Die Grundschüler\_innen gehen häufig davon aus, dass eine Flamme benötigt wird, die sich auf den Brennstoff überträgt und dieser dann auch anfängt zu brennen (Steffensky, 2016). Die Vorstellung, dass ein Brennstoff vorhanden sein muss, ist bei den Schüler\_innen der Grundschule bereits sehr ausgeprägt und durch vielfältige Alltagserfahrungen sehr differenziert (Dunker, 2010).

Vorstellungen auf der Ebene der Verbrennung als chemische Reaktion sind für die Lernenden nur mittels eines Abstraktionsprozesses und der daraus resultierenden Teilchenvorstellung möglich (Dunker, 2010). Zwar ist es durchaus möglich, bereits in der Grundschule eine Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand auf Teilchenebene zu fördern, dennoch sollte dabei aber die Komplexität dieser abstrakten Vorstellung gerade im Hinblick auf die eher kontextbezogenen und objektabhängigen Vorstellungen reflektiert werden (Dunker, 2010).

### **3.3.2 Fachliche Klärung**

Eine Verbrennung ist die chemische Reaktion eines Stoffes mit Sauerstoff. Unter Wärmeabgabe entstehen neue Stoffverbindungen (Oxide). Die chemische Reaktion wird daher auch als Oxidation bezeichnet und ist exotherm, d.h. sie gibt die umgesetzte Energie als Wärme nach außen ab (Welsch, Schwab & Liebmann, 2013). Eine Verbrennungsreaktion entspricht also

---

<sup>1</sup> Originalquelle liegt nicht vor, da unveröffentlichtes Dokument.

<sup>2</sup> 130 Kodierungen, davon sechs Mal auf den Prä- und Post-Fragebögen (jeweils Item 1-13, 14, 15) und jeweils

dem Übergang von einem Zustand höherer Energie zu einem Zustand niedriger Energie und kann daher als eine Form der Stoffumwandlung beschrieben werden. Die sich daraus ergebende Differenz entspricht der freigewordenen Wärmeenergie (Verbrennungswärme) (Welsch, Schwab & Liebmann, 2013).

Die Voraussetzungen für eine Verbrennungsreaktion lassen sich im Verbrennungsdreieck zusammenfassen, welches die zusammenhängenden Faktoren sowohl für das Entstehen als auch für das Löschen eines Feuers darstellt (Lutz, 2012): Brennbare Stoffe zeichnen sich durch einen hohen Kohlenstoffdioxidanteil, wie zum Beispiel Holz, Papier, Kohle, Heizöl, Erdgas, etc. aus. Für die Verbrennungsreaktion ist eine stoffabhängige Aktivierungsenergie, eine bestimmte Entzündungstemperatur, nötig. Das durch das Erreichen einer stoffabhängigen Entzündungstemperatur entstehende Gas des Brennstoffes entzündet sich durch die Reaktion mit Sauerstoff selbst. Die Entzündungstemperatur wird schneller erreicht, je größer die Oberfläche des brennbaren Stoffes ist. Dementsprechend spielt der Zerteilungsgrad des Brennstoffes eine entscheidende Rolle (Lutz, 2012).

Eine Flamme besteht immer aus brennendem Gas, das bei allen brennbaren Stoffen unter Erreichen der Entzündungstemperatur entsteht. Luft ist ebenfalls ein Gasgemisch und besteht hauptsächlich aus Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid und einem geringen Anteil an Edelgasen. Sauerstoff ist grundlegend für die Ermöglichung einer Oxidation (Welsch, Schwab & Liebmann, 2013). Ist die Sauerstoffkonzentration niedriger als 17%, so ist keine Oxidation mehr möglich und die Flamme erlischt (Lutz, 2012). Auch die Entzündungstemperatur muss über den gesamten Verbrennungsvorgang aufrecht erhalten bleiben. Wird dem Stoff zu viel Wärme entzogen, so erlischt die Flamme (Lutz, 2012).

### **3.3.3 Elementarisierung des Lerngegenstandes**

Den fachlichen Hintergrund für das Thema „Verbrennung“ in der Grundschule bilden die drei Voraussetzungen für einen Verbrennungsprozess, die im Verbrennungsdreieck zusammengefasst werden (Dunker, 2010; Steffensky, 2016). Die drei Voraussetzungen sind jedoch mit den Begriffen Brennstoffe, Sauerstoff und Entzündungstemperatur sehr abstrakt formuliert und bedürfen einer Elementarisierung (Steffensky, 2016). So wird die Entzündungstemperatur auf die Notwendigkeit einer Zündquelle, z.B. ein Streichholz, reduziert, die dem Brennstoff die nötige *Temperatur* gibt, damit dieser brennen kann (Dunker, 2010). Aufgrund des erforderlichen Abstraktionsprozesses und einem ersten Verständnis des Teilchenmodells ist es im Sachunterricht der Grundschule legitim, Sauerstoff als Voraussetzung für einen Verbrennungsprozess mit Hilfe des Begriffs *Luft* zu generalisieren (Dunker, 2010; Steffensky, 2016). Den-

noch sollte diese fachdidaktische Reduktion in Abhängigkeit des Vorwissens und der vorhandenen Vorstellungen der Schüler\_innen vorgenommen werden, um weitere Lernprozesse in der Zone der nächsten Entwicklung zu ermöglichen (Steffensky, 2016).

Bezüglich einer sprachbewussten Unterrichtsgestaltung (Tajmel & Hägi-Mead, 2017) erscheint eine Elementarisierung des Begriffs „Stoff“ aufgrund der naheliegenden Assoziation mit dem Stoff aus dem Textilbereich sinnvoll. Anstelle von brennbaren Stoffen die Bezeichnung *brennbare Materialien* verwendet (Dunker, 2010), um durch eine Reduktion auf exemplarisches Material mögliche falsche Assoziationen zu vermeiden.

Dunker (2010) empfiehlt ebenfalls, eine begriffliche Trennung zwischen Wachsfeuer, Holzfeuer, o.ä. vorzunehmen, um die Spezifität eines Brennstoffes zu verdeutlichen. Anstatt des Begriffs Verbrennung wird der Begriff *Feuer* verwendet, der den Verbrennungsvorgang symbolisiert.

Im Hinblick auf die Anschlussfähigkeit des zu erwerbenden Wissens stellt diese didaktische Reduktion der zentralen Begriffe kein Hindernis dar (Dunker, 2010)

### **3.3.4 Inhaltliche Konzeption des Unterrichts**

Im vierten und letzten Schritt die Unterrichtskonzeption mit dem Ziel, dass alle Kinder individualisiert und differenziert am gemeinsamen Thema lernen, im Vordergrund (Rank & Scholz, 2017). Dazu werden die bereits erarbeiteten Strukturierungsmaßnahmen (Kap. 3.1.1) und Differenzierungsmöglichkeiten (Kap. 3.1.2) im Forschungsprozess nach dem Forschenden Lernen auf didaktischer Ebene zugrunde gelegt und in diesem Kapitel um die inhaltliche Ebene ergänzt. Dazu werden die empirisch erhobenen Vorstellungen von Lernenden zu den Themen „Feuer“ und „Verbrennung“ (Kap. 3.3.1) sowie die Elementarisierung des Lerngegenstandes (Kap. 3.3.3) als Ausgangspunkt genommen (Petermann, Friedrich & Oetken, 2008). Ziel der inhaltlichen Konzeption des Unterrichts nach dem Forschenden Lernen ist es, allen Lernenden die Partizipation am gemeinsamen Lerngegenstand und darüber hinaus einen fachlichen Lernzuwachs zu ermöglichen.

Aus der Elementarisierung der Voraussetzungen für einen Verbrennungsprozess, die im Verbrennungsdreieck zusammengefasst werden, ergibt sich die folgende zentrale Formulierung: *Ein Feuer braucht brennbares Material, Luft und Temperatur, um zu brennen.*

Die Elementarisierung des Lerngegenstandes (in Anlehnung an Dunker, 2010; Kap. 3.3.3) bildet die Basis für die Formulierung von den folgenden zentralen naturwissenschaftlichen Vorstellungen, die als *altersangemessen* bezeichnet werden können:

***Zentrale, altersangemessene Vorstellungen zum Thema „Verbrennung“:***

- Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen.
- Feuer braucht Luft, um zu brennen.
- Feuer braucht Temperatur, um zu brennen.
- Alle drei Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt.
- Verbrennung ist eine Umwandlung von Stoffen.

Die ersten drei Vorstellungen lassen sich konkret aus dem Verbrennungsdreieck ableiten. Aufbauend auf diesen drei Vorstellungen wird die vierte formuliert, die einen Abstraktionsprozess erfordert, indem die Kombination der drei Voraussetzungen erforderlich ist und dadurch die Grundlage für den Transfer zum Löschen eines Feuers gebildet wird. Wenn nicht alle drei Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck erfüllt sind, so kann ein Feuer nicht brennen. Umgekehrt führt dann das Entziehen einer dieser Voraussetzungen auch dazu, dass das Feuer nicht mehr brennen kann und erlischt. Darüber hinaus soll die für die Anschlussfähigkeit der Vorstellungen zentrale Kompetenz aufgegriffen werden, dass die Schüler\_innen den Verbrennungsprozess als eine Umwandlung von Stoffen beschreiben können (Niedersächsischen Kerncurriculum, 2017). Diese nimmt besonderen Bezug auf die häufig vorhandene Vorstellung des Verschwindens von Stoffen bei einem Verbrennungsprozess (Kap. 3.3.1) und bildet den zentralen Ausgangspunkt des sachunterrichtsdidaktischen Basiskonzepts der Erhaltung.

Mit Hilfe der Definition dieser fünf zentralen, altersangemessenen Vorstellungen wird die inhaltliche Grundlage für den empirischen Teil gelegt.

## EMPIRISCHER TEIL

### 4 Forschungsvorhaben

Inklusiver, naturwissenschaftlicher Sachunterricht benötigt eine Unterrichtsgestaltung, die herausfordernde, aktivierende, kindorientierte und vielfältige Lernsituationen und Zugangsweisen ermöglicht und dadurch an die diversen Lernvoraussetzungen aller Kinder anknüpft. Gleichzeitig soll der Unterricht eine kompetenzorientierte Wissensbasis für anschlussfähigen weiterführenden naturwissenschaftlichen Unterricht bilden (Kap. 2). Dazu eignen sich insbesondere offene Lernformen, die Lernprozesse auf unterschiedlichen Ebenen ermöglichen und gleichzeitig die Fachlichkeit sowie die Komplexität der Sachzusammenhänge erhalten (Kap. 3). Als sehr vielversprechend bezüglich dieser Herausforderungen gilt der problemzentrierte Ansatz des Forschenden Lernens (Kap. 3.1), der durch die mögliche Öffnung des Forschungsprozesses die Möglichkeit bietet, das Potenzial einer diversen Lerngruppe für die individuelle Lernprozessgestaltung an einem gemeinsamen Lerngegenstand aufzugreifen und Kompetenzen sukzessive aufzubauen (Kap. 3.1). Die Adaptivität dieses Ansatzes durch die Variation der Offenheit des Forschungsprozesses wird durch Strukturierungs- und Differenzierungsmaßnahmen gestützt, um die vielfältigen Lernvoraussetzungen zu berücksichtigen (Kap. 3.1.1; 3.1.2).

#### 4.1 Fragestellung

Zahlreiche Untersuchungen zeigen bereits für Kinder im Grundschulalter den positiven Einfluss des Forschenden Lernens auf den individuellen Lernprozess, die forschende Haltung und den insbesondere den Aufbau prozessbezogener Kompetenzen (Kap. 3.1.3). Die Lernwirksamkeit des Forschenden Lernens und allgemein offener Lernformen bezüglich des Aufbaus naturwissenschaftlichen Fachwissens wird allerdings hinterfragt und kritisiert (Kap. 3.1.3). Weitere Studien zeigen, dass die Wirksamkeit offener Lernformen mit einer angemessenen, an die Lerngruppe adaptierten Strukturierung der Lernsituationen korreliert. Diese Studien sind jedoch nicht konkret auf den Ansatz des Forschenden Lernens bezogen (Kap. 3.1.3).

Des Weiteren zeigt der Stand der sachunterrichtsdidaktischen Forschung ein Forschungsdesiderat im Bereich der inklusiven Unterrichtsgestaltung, in der Erprobung und Evaluation von Ansätzen, die allen Kindern individuelle Lernzuwächse ermöglichen (Kap. 2.2). Zudem fehlen lerninhaltsbezogene Konkretisierungen, sowohl nach dem Ansatz des Forschenden Lernens (Kap. 3.1) als auch insbesondere im Themenfeld der unbelebten Natur (Kap. 2.2).

Der Beitrag dieser Arbeit zum aktuellen Forschungsdiskurs soll in der kritischen Auseinandersetzung mit der Lernwirksamkeit des Forschenden Lernens im inklusiven Sachunterricht mit besonderem Fokus auf dem fachlichen Lernzuwachs liegen. Dieser soll anhand eines konkreten Lerninhalts der unbelebten Natur erhoben, analysiert und evaluiert werden. Mit Hilfe der Erhebung des fachlichen Lernzuwachses werden neben der Wirksamkeit des Forschenden Lernens auch Aussagen über die Eignung des Ansatzes für einen inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterricht möglich, der die diversen Lernvoraussetzungen einer Lerngruppe adaptiv aufgreifen und entwickeln soll, um individuelle Lernzuwächse zu ermöglichen.

Für die Untersuchung dieser Arbeit bildet daher die folgende Fragestellung den Rahmen:

**Welchen fachlichen Lernzuwachs haben Drittklässler\_innen beim Thema „Verbrennung“ im Rahmen des Forschenden Lernens auf Level 1?**

Ziel dieser Arbeit ist es, den fachlichen Lernzuwachs einer Lerngruppe beim Forschenden Lernen auf Level 1 zu analysieren. Der fachliche Lernzuwachs wird anhand der Entwicklung der qualitativen Ausprägungen bezogen auf die Altersangemessenheit einer Vorstellung erhoben. Dadurch werden Aussagen über das Vorwissen sowie über das Erreichen einer altersangemessenen, anknüpfungsfähigen Vorstellung möglich. Das Material soll, im Sinne eines adaptiven, inklusiven Unterrichts, individuelles Lernen am gemeinsamen Gegenstand im Rahmen des Forschenden Lernens ermöglichen. Dazu wurden bereits Strukturierungsmöglichkeiten (Kap. 3.1.1) und Differenzierungsmaßnahmen (Kap. 3.1.2) erarbeitet. Ziel der Unterrichtskonzeption ist es, allen Schüler\_innen mit vielfältigen Voraussetzungen einen fachlichen Lernzuwachs zu ermöglichen.

Die Intervention findet in einer dritten Klasse zum Thema „Verbrennung“ statt. Phänomenorientierte Themen aus dem Themenfeld der unbelebten Natur wecken das Interesse von Kindern und dadurch ihren natürlichen Forschungsgeist (Kap. 2.2). Inhaltlich orientiert sich der Unterricht an empirisch erhobenen Vorstellungen von Lernenden und Untersuchungen bezüglich der fachlichen Aufbereitung und altersangemessenen Reduktion des Themas „Verbrennung“ für Grundschüler\_innen (Kap. 3.3). Dazu wurden bereits fünf naturwissenschaftliche, altersangemessen reduzierte Vorstellungen formuliert (Kap. 3.3.4), die zum einen eine inhaltliche Zielperspektive für die Unterrichtskonzeption darstellen. Zum anderen sind diese Vorstellungen zentral für die Analyse des fachlichen Lernzuwachses, indem die qualitativen Ausprägungen dieser Vorstellungen vor und nach der Auseinandersetzung mit dem Thema erhoben werden und dadurch die Entwicklung dargestellt werden kann.

## 4.2 Forschungsfeld

Im folgenden Kapitel wird die Zusammensetzung der Lerngruppe, die besonderen Bedarfe und sowohl das fachliche als auch das methodische Vorwissen der Lernenden vorgestellt. Die individuellen Angaben zu einzelnen Schüler\_innen werden einem Einschätzungsbogen entnommen. Dieser orientiert sich an perspektivübergreifenden Kompetenzen für den Sachunterricht (Niedersächsisches Kultusministerium, 2017) und wurde von der Sachunterrichtslehrperson ausgefüllt (Anhang I, im Folgenden: A.I). Die Informationen über das fachliche und methodische Vorwissen der Schüler\_innen setzen sich zum einen aus eigenen Erfahrungen und selbst gestaltetem Unterricht im Rahmen des Praxissemesters des Masterstudiengangs und zum anderen aus informellen Gesprächen mit der Sachunterrichtslehrkraft zusammen.

Diese Einschätzung soll zu keiner Stigmatisierung einzelner Schüler\_innen führen, sondern vielmehr einen Überblick über die Diversität der Lerngruppe als Grundlage für die anschließende Unterrichtskonzeption geben.

Die Erhebung findet in der Grundschule Neetze im Landkreis Lüneburg statt. Die Schule ist mit der Nennung in dieser Arbeit einverstanden. Die Grundschule Neetze wird von etwa 130 Schüler\_innen besucht und hat ein ländliches Einzugsbiet. Mit Hilfe des Konzepts der Verlässlichen Halbtagschule mit offener Eingangsstufe soll Raum für eine inklusive Beschulung aller Schüler\_innen geschaffen werden (Grundschule Neetze, 2011). Zusätzlich zu den altersheterogenen Lerngruppen werden offene Lernformen, wie Stationsarbeit, Werkstattarbeit, Wochenplanarbeit und Projektarbeit für einen zunehmend inklusiv konzipierten Unterricht etabliert (Grundschule Neetze, 2011). Aktuell nehmen alle Schüler\_innen am gemeinsamen Unterricht teil. Ausnahmen bieten DaZ(Deutsch als Zweitsprache)-Stunden, bei denen die Kinder mit entsprechenden Bedarfen separat unterrichtet werden. Kinder mit anderen diagnostizierten Unterstützungsbedarfen werden mit einem Nachteilsausgleich beschult. Zusätzlich besteht ein Förderprogramm, dem die Schüler\_innen nach den Lernstandsdiagnosen durch die Lehrpersonen zugeteilt werden. Das Programm findet in der Frühstunde, außerhalb des Regelunterrichts, statt (Grundschule Neetze, 2011).

Genehmigungen der Eltern für die Teilnahme an der Erhebung sowie für Bild- und Audioaufnahmen liegen vor. Die Namen der Schüler\_innen werden mit Buchstaben in alphabetischer Reihenfolge anonymisiert, so dass bei der Analyse der Daten die Differenzlinien Geschlecht und Herkunft unbeachtet bleiben können. Die Zuteilung der Buchstaben orientiert sich an der Sitzordnung, die im weiteren Verlauf dieses Kapitels näher beschrieben steht.

Die Lerngruppe setzt sich aus einer dritten Klasse mit insgesamt 14 Schüler\_innen, davon sechs Mädchen und acht Jungen, zusammen. Die Kinder arbeiten erst seit Beginn des dritten Schuljahres in dieser Lerngruppenzusammensetzung, vorher besuchten sie verschiedene Klassen der offenen Eingangsstufe. Das Sozialgefüge und insbesondere das Konfliktverhalten sind daher noch sehr unsicher und Abläufe wenig routiniert. Es besteht eine feste Sitzordnung in der Klasse. Die Tische sind in einer einfachen U-Form angeordnet, die Tisch tandems bestehen überwiegend aus einem Jungen und einem Mädchen sowie einem leistungsschwächeren und einem leistungsstärkeren Kind. Die Schüler\_innen arbeiten täglich in dieser leistungsheterogenen Zusammensetzung, sind es gewohnt sich gegenseitig zu unterstützen und miteinander zu kommunizieren.

Die Einschätzung der Schüler\_innen durch die Sachunterrichtslehrperson zeigt ein sehr leistungsheterogenes Bild der Lerngruppe (A.I), das hier nur sehr kurz zusammengefasst dargestellt wird: Zwei der insgesamt 14 Kinder werden als *leistungsstark* im Fach, ihrer Selbstständigkeit und Reflexionsfähigkeit sowie im Vergleich zu anderen Schüler\_innen der Lerngruppe eingeschätzt. Die vier *eher leistungsstarken* Schüler\_innen benötigen häufig zusätzliche Anweisungen und Impulse, um in Arbeitsphasen selbstständig weiterzuarbeiten. Eines dieser Kinder fällt jedoch durch motivationale Schwierigkeiten auf, indem es teilweise sogar die Partizipation am Unterrichtsgeschehen verweigert, wenn kein persönliches Interesse am Lerninhalt vorhanden ist. Zwei weitere Kinder haben einen zusätzlichen Bedarf in der Unterrichtssprache Deutsch und nehmen am DaZ-Programm der Schule teil. Den vier *eher leistungsschwachen* Schüler\_innen fällt es schwerer sich zu konzentrieren, arbeiten wenig selbstständig und brauchen im Vergleich zu anderen Schüler\_innen der Lerngruppe deutlich mehr Zeit, um neue Sachverhalte zu verstehen. Eines dieser Kinder (Kind E) wird mit einem diagnostizierten Unterstützungsbedarf im Bereich emotionale und soziale Entwicklung beschult und hat große Schwierigkeiten im schriftlichen Bereich. Insbesondere in handelnden Phasen des Unterrichts zeigt E jedoch Interesse und bringt sich aktiv ein. Vier weitere Schüler\_innen werden als *leistungsschwach* eingeschätzt. Zwei der Kinder haben einen Unterstützungsbedarf im Bereich Lernen. Ein Kind (G) wird aufgrund des Unterstützungsbedarfs im Bereich geistige Entwicklung von einer Schulbegleitung unterstützt. Die Schulbegleitung arbeitet in Absprache mit den Lehrer\_innen auch mit anderen Kindern, die Hilfestellungen während des Unterrichts benötigen. Die Stärken von G liegen im sozialen Bereich und sind altersentsprechend als besonders ausgeprägt herauszustellen. Sitznachbar\_in H von G hat einen Fluchtintergrund und besucht erst seit einem Jahr eine deutsche Schule. H nimmt am DaZ-Programm der Schule teil, ist jedoch durch traumatische Erfahrungen häufig sozial-emotional blockiert

und verweigert eine Teilnahme am Unterricht oder kann dem Unterricht aufgrund fehlender Sprachkenntnisse schlecht folgen. H zeigt dennoch häufig inhaltliches Interesse am Unterricht und erfasst neue Zusammenhänge schnell, diese sind jedoch größtenteils nicht altersgemäß im Vergleich zu anderen Lernenden. Auch H wurde als leistungsschwach eingeschätzt, so dass die Schüler\_innen G und H das einzige leistungshomogene Team dieser Klasse bilden. G hat jedoch sozial und emotional einen sehr großen Einfluss auf H und dadurch sind für beide Kinder insgesamt positive Effekte zu beobachten.

Inhaltlich haben die Schüler\_innen keine schulischen Vorerfahrungen mit den Themen „Feuer“ und „Verbrennung“. Aus dem Themenfeld der unbelebten Natur wurde in der bisherigen Schullaufbahn der Schüler\_innen am Lerngegenstand „Luft“ gearbeitet, indem eine Stationsarbeit zum Thema „Ist Luft nichts?“ angeboten wurde.

Das methodische Vorwissen bezüglich des Experimentierens ist als eher gering einzuschätzen, der Ablauf eines Forschungsprozesses ist den Schüler\_innen nicht explizit bekannt und Anwendung nicht routiniert. Insbesondere die offenen Lernformen Stationsarbeit und Wochenplanarbeit sind den Schüler\_innen gut bekannt. Trotz der etablierten offenen Lernformen kommen differenzierte Materialien, z.B. in Form von eigenständig handhabbaren Hilfestellungen, alternativen Zugangsweisen oder weiterführenden Fragestellungen zu einem gemeinsamen Lerngegenstand, selten zum Einsatz, sodass der Umgang nicht geübt ist.

Insgesamt ist die Lerngruppe als leistungsheterogen, die Vorerfahrung sowohl im methodischen als auch im inhaltlichen Bereich als gering oder gar nicht vorhanden zu beschreiben. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Schüler\_innen ihre bereits vorhandenen Vorstellungen außerschulisch im Alltag entwickelt haben.

#### **4.3 Konzeption der Intervention zum Thema „Verbrennung“**

Ausgangspunkt für die Untersuchung ist eine Unterrichtssequenz zum Thema „Verbrennung“, die sich in vier Unterrichtsstunden unterteilt (A.II). Die erste und die letzte Stunde umfassen 45 Minuten, in denen ein Einstieg in die Thematik und ein Abschluss gestaltet wird. Den Kern bilden zwei neunzigminütige Unterrichtsstunden, in denen sich alle Schüler\_innen mit dem Lerninhalt in einem individuellen Forschungsprozess nach dem Forschenden Lernen auseinandersetzen. Inhaltlich werden vier Versuchsboxen konzipiert, die sich jeweils fragen-geleitet und problemorientiert auf eine zentrale, altersangemessene, naturwissenschaftliche Vorstellung (Kap. 3.3.4) beziehen (Abb. 3).

Die fünfte Vorstellung, dass ein Verbrennungsprozess eine Stoffumwandlung ist, wird den Versuchsboxen übergeordnet und soll begleitend während der gesamten Unterrichtssequenz erworben werden (Abb. 3).

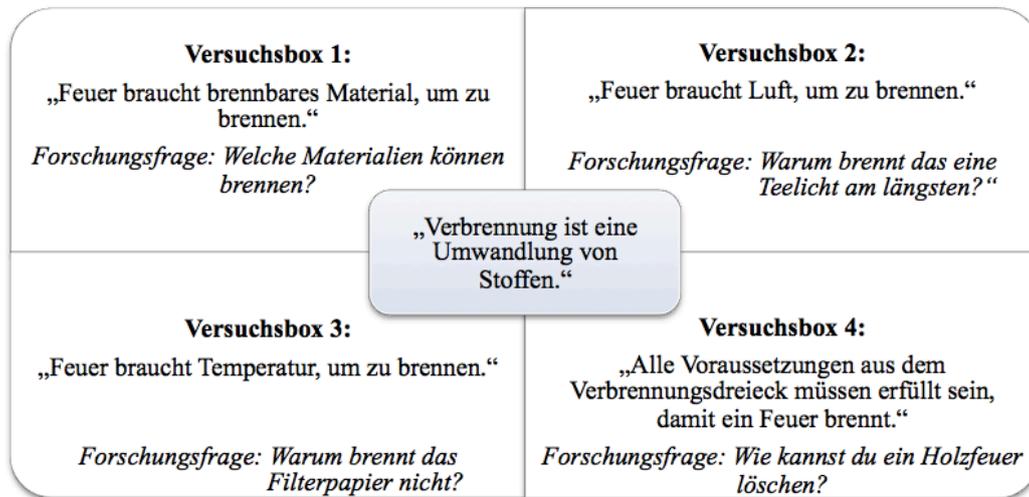


Abb. 3: Übersicht inhaltliche Konzeption der Versuchsboxen

Der Forschungsprozess orientiert sich an dem Forschungszyklus, der in erster Linie auf Level 1 Forschenden Lernens angeordnet ist: Neben einer Forschungsfrage (Abb. 3) enthält jede Versuchsbox eine passende Versuchsanleitung und ein Forschungsblatt. Zusätzlich sind Tipps enthalten, welche den Forschungsprozess zum einen in der Versuchsdurchführung und zum anderen in der Beantwortung der Forschungsfrage entlasten (A.III). Der Forschungsprozess kann also individuell adaptiert werden und wenn nötig, auch auf Level 0 stattfinden. Des Weiteren liegt für jede Versuchsbox eine weiterführende, vertiefende Forschungsfrage vor, zu der selbstständig ein Versuch entwickelt, durchgeführt und das Ergebnis interpretiert werden kann. Der Grad der Offenheit des Forschungsprozesses wird hier also auf Level 2 eingeordnet, es liegen jedoch auch hier Arbeitshilfen vor, die den Forschungsprozess durch weiterführende Fragen, Impulse und Tipps entlasten (A.V).

In der ersten neunzigminütigen Stunde werden die Inhalte der Versuchsboxen 1 und 2, in der zweiten neunzigminütigen Stunde die der Versuchsboxen 3 und 4 erforscht. Dazu bekommen die Schüler\_innen zunächst nur das Forschungsblatt und die Anleitung der jeweiligen Versuchsbox. Nach dem Formulieren einer Vermutung bekommen die Lernenden einen Stempel, mit dem sie sich eine Versuchsbox mit den entsprechenden Materialien nehmen dürfen. Ziel dieser Strukturierung ist es, den in dieser Lerngruppe wenig routinierten Ablauf des Forschungsprozesses bestmöglich zu entlasten, um möglichen Überforderungen an dieser Stelle entgegenzuwirken (Demmel, 2018). Am Ende eines Forschungsblattes und dementsprechend auch am Ende eines Forschungsprozesses befindet sich ein Tool, auf dem die Lernenden an-

kreuzen, welche Tipps aus der Versuchsbox sie verwendet und ob sie Tipps von einer Lehrperson oder Mitschüler\_innen bekommen haben. Dieses wurde in Anlehnung an Melzer (2016) entwickelt, um sowohl den Schüler\_innen eine kurze Reflexion über den Verlauf als auch der Lehrperson über die Selbstständigkeit des Forschungsprozesses zu ermöglichen. Nach der individuellen Bearbeitung einer Versuchsbox kann je nach Interesse und Motivation die vertiefende Forschungsfrage erforscht oder die nächste Versuchsbox begonnen werden.

Neben den Zugängen auf enaktiver und symbolischer Ebene, können die Arbeitshilfen der symbolischen Ebene zugeordnet werden (Kap. 3.1.2). Diese sind mit wiederkehrenden Symbolen gekennzeichnet und können dadurch einzelnen Teilschritten im Forschungsprozess zugeordnet werden sowie die schriftsprachliche Anforderung reduzieren. Zudem wird das Verbrennungsdreieck symbolisch sukzessiv in den einzelnen Versuchsboxen aufgebaut.

Bezogen auf das geringe inhaltliche Vorwissen wird eine didaktische Reduzierung der Verbrennungsvoraussetzung Sauerstoff zu der Verwendung des Begriffs „Luft“ vorgenommen (Kap. 3.3.3). Zur sprachlichen Reduktion mit Bezug auf die deutlichen Schwierigkeiten im schriftsprachlichen Bereich (Kap. 4.2) wird die Leichte Sprache verwendet. In diesem Zusammenhang wird der Begriff des „Experiments“ vermieden und der Begriff „Versuch“ verwendet, wenngleich die problemorientierte, fragengeleitete Konzeption einem Experiment und nicht einem Versuch entspricht (Alberts, 2016). Auf eine gendergerechte Schreibweise wird auf allen Arbeitsmaterialien aufgrund der verwendeten Leichten Sprache (Kap. 3.1.2) verzichtet. Bei den Abbildungen wird jedoch auf eine genderneutrale Darstellung geachtet. Lediglich ein Bild der Lehrperson im Hilfstool ist ausschließlich in weiblicher Form dargestellt, da nur weibliche Lehrpersonen im Unterricht anwesend waren.

Während des Forschungsprozesses arbeiten die Schüler\_innen in den bestehenden, überwiegend leistungsheterogenen, mit einer Ausnahme leistungshomogenen, Tandems (Kap. 4.2). Den Kindern ist die Sozialform der Partner\_innenarbeit in dieser Zusammensetzung bekannt und wird daher für die Unterrichtssequenz übernommen. Infolgedessen wird die Anzahl neuer, für die Schüler\_innen unbekannter Faktoren, die sich möglicherweise negativ auf den Forschungs- und Lernprozess auswirken könnten, möglichst gering gehalten.

Die konzipierten Versuchsboxen zielen durch die Strukturierungs- und Differenzierungsmaßnahmen, differenzierte Ergebnismöglichkeiten und inhaltliche Vertiefungen auf eine individuelle Öffnung des Forschungsprozesses ab. Dadurch soll eine hohe Adaptivität des Forschungsprozesses erreicht werden, der jedem Kind die Partizipation am inklusiven Unterricht nach dem Forschenden Lernen und einen fachlichen Lernzuwachs ermöglicht.

Den Abschluss der Unterrichtssequenz bildet ein Unterrichtsgespräch, in dem neue Erkenntnisse aufgegriffen, diskutiert und mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft werden sollen. Weitere Informationen zum Ablauf der Intervention befinden sich in den Verlaufsplänen im Anhang (A.II).

## **5 Forschungsmethodisches Vorgehen**

In diesem Kapitel wird das Forschungsvorhaben – den fachlichen Lernzuwachs der Lerngruppe beim Thema „Verbrennung“ anhand der konzipierten Versuchsböden zu erheben – aufgegriffen und die forschungsmethodische Umsetzung dieses Vorhabens dargestellt.

Ziel ist die Erhebung der qualitativen Ausprägungen der fünf zentralen, altersangemessenen Vorstellungen (Kap. 3.3.4) vor und nach der Intervention, um dadurch den fachlichen Lernzuwachs anhand der Entwicklung der Altersangemessenheit der Vorstellungen darstellen zu können. Zur Erhebung und Auswertung der Vorstellungen von Lernenden bietet sich eine *qualitative Vorgehensweise* an (Gropengießer, 2008; Krüger, Parchmann & Schecker, 2014). Zunächst werden die Erhebungsinstrumente dieser Untersuchung dargestellt und anschließend das methodische Vorgehen für die qualitative Datenauswertung entwickelt.

Übergreifend ist es das Ziel dieses Kapitels, das forschungsmethodische Vorgehen der Untersuchung transparent und nachvollziehbar darzustellen und zu erläutern. Dafür ist die Erfüllung der Gütekriterien methodischer Standards Reliabilität, Objektivität und Validität grundlegend. Darüber hinaus ist insbesondere bei der qualitativen Forschung die Interkoderreliabilität von zentraler Bedeutung (Mayring, 2015). Dieses wird in Kapitel 5.2 explizit aufgegriffen und auf das vorliegende forschungsmethodische Vorgehen bezogen.

### **5.1 Methoden der Datenerhebung**

Der Fokus der Datenerhebung liegt auf den in Kapitel 3.3.4 erarbeiteten zentralen, altersangemessen reduzierten, naturwissenschaftlichen Vorstellungen zum Thema „Verbrennung“. Diese Vorstellungen werden im Folgenden als *altersangemessene Vorstellungen* bezeichnet. Bezogen auf das Ziel dieser Untersuchung, den fachlichen Lernzuwachs beim Forschenden Lernen zu analysieren, bietet es sich an, die qualitativen Ausprägungen der Vorstellungen vor und nach dem Unterricht zu erheben.

Die Datenerhebung verfolgt den Anspruch, die qualitativen Ausprägungen der Vorstellungen einer gesamten Lerngruppe möglichst differenziert und gleichzeitig vergleichbar zu erfassen und abzubilden. Dazu werden drei unterschiedliche Erhebungsinstrumente verwendet, die sich größtenteils aus der Konzeption des Unterrichts ergeben. Die Erhebung ist folgenderma-

Ben angelegt: die Erhebung der Vorstellungen erfolgt mit einem Fragebogen (Kap. 5.1.1). Dieser wird vor und nach der Intervention durchgeführt. Begleitend dazu werden die Forschungsblätter, die den individuellen Forschungsprozess auf Level 1 des Forschenden Lernens dokumentieren, gesammelt und eingescannt (Kap. 5.1.2). Zusätzlich wird das abschließende Unterrichtsgespräch in der vierten Stunde auditiv aufgezeichnet (Kap. 5.1.3).

Mittels dieser drei Erhebungsinstrumente sollen die Ergebnisse des Fragebogens gestützt und dadurch die Qualität der Forschungsergebnisse erhöht werden.

Eine tabellarische Übersicht über den Verlauf der Datenerhebung, die Erhebungsinstrumente sowie die jeweils erfasste altersangemessene Vorstellung ist der Arbeit angehängt (A.IX).

### **5.1.1 Fragebogen**

Zur Erhebung fachlicher Vorstellungen von Kindern eignen sich insbesondere Fragebögen (Franz, 2008). Fragebögen sind eine primär quantitative Erhebungsmethode (Reinecke, 2014, Tiemann & Körbs, 2014), die sich jedoch in diesem Fall für eine qualitative Erhebung eignet, da die Kategorien der Vorstellungen bekannt und eine Quantifizierung inhaltlich zielführend ist (Mayring, 2015), um den fachlichen Lernzuwachs der gesamten Lerngruppe zu erheben.

Der entwickelte Fragebogen beinhaltet 13 geschlossene und zwei offene Items.

Bei der Konzeption geschlossener Items sollte insbesondere auf eine altersentsprechende Formulierung geachtet werden (Franz, 2008). Daher werden die geschlossenen Items als Aussagen formuliert, die im „richtig-falsch-Schemata“ (in Anlehnung an Franz, 2008, S. 123) zu beantworten sind. Das Antwortformat wird, wie von Tiemann und Körbs (2014) empfohlen, durch eine eindeutige Symbolik und die Erklärung explizit gekennzeichnet (A.VI). Eine Pilotierung des Fragebogens mit 28 Schüler\_innen ergab, dass dieses Antwortschema die Kinder dazu drängt, sich zu entscheiden und dadurch anzukreuzen, ohne die Antwort zu wissen. Zudem erwiesen sich die Items als zu kontextbezogen und inhaltlich zu wenig auf die angestrebten altersangemessenen Vorstellungen fokussiert. Die gegebenen Antworten spiegelten daher nicht das Bild der qualitativen Ausprägung der Vorstellungen wider. Die geschlossenen Items wurden daraufhin um ein „Fragezeichen“ als Antwortmöglichkeit ergänzt, für den Fall, dass die Aussage nicht mit „richtig“ oder „falsch“ bewertet werden kann. Zusätzlich erfolgte inhaltliche Überarbeitung und Umstrukturierung, so dass sowohl kontextbezogene als auch abstrakter formulierte Items vertreten sind (A.VII). Das erste Item ist jedoch sehr kontextbezogen und anschaulich formuliert, sodass das Interesse geweckt und die Motivation aufrecht erhalten bleibt, den ganzen Fragebogen auszufüllen (Klößner & Friedrichs, 2014). Um die Ausprägung einer altersangemessenen Vorstellung umfassend zu erheben, sollten mindestens drei

geschlossene Items zu jedem inhaltlichen Teilaspekt im Test enthalten sein (Tiemann & Körbs, 2014). Bei der Auswertung können die zugehörigen Items dann pro Teilaspekt zusammengefasst und ausgewertet werden (Tiemann & Körbs, 2014).

Darüber hinaus enthält der Fragebogen zwei offene Items, die umfangreichere und differenziertere Antworten liefern und detaillierte Aussagen über die erhobenen Teilaspekte ermöglichen (Züll & Menold, 2014). Die Versprachlichung einer Vorstellung führt über eine reine Darstellung hinaus, indem zusätzlich eine Zusammenfassung und Begriffsformulierung gefordert wird (Möller, 2004). Ergänzend dazu wird insbesondere die zeichnerische Darstellung von Zusammenhängen als hilfreich zur Abbildung von Vorstellungen angesehen (Möller, 2004) und sind für offene Items durchaus wissenschaftlich anerkannt (Duit, Häußler & Prenzel, 2001). Die Antwortform wird auch bei diesen Items mit der Arbeitsanweisung explizit benannt, sodass die Erwartungen transparent sind und konkrete Antworten gegeben werden (Züll & Menold, 2014).

Die Zuordnung der Items zu den zentralen, altersangemessenen Vorstellungen findet sich im Anhang (A.X). Die erwarteten Antworten bei einer altersangemessenen Vorstellung werden in dem folgenden Erwartungshorizont zusammengefasst:

***Erwartungshorizont Fragebogen:***

Die Vorstellung der Schüler\_innen wird als „altersangemessen“ eingestuft, wenn alle geschlossenen Items zu der entsprechenden zentralen Vorstellung richtig beantwortet werden. Die Beantwortung der beiden offenen Items entspricht der erwarteten altersangemessenen Vorstellung, wenn alle drei Voraussetzungen des Verbrennungsdreiecks genannt, auf abstrakter Ebene verknüpft und begründet werden.

Die Durchführung des Fragebogens erfolgt in einem Prä-Post-Design (Franz, 2008). Der vorgestellte Fragebogen wurde zunächst mit 28 Schüler\_innen vor der Unterrichtssequenz pilotiert, von denen 14 Kinder bereits der relevanten Stichprobe angehörten. Die Antworten der Items 14 und 15 dieser Kinder werden daher erfasst und aus zeitlichen Gründen nicht noch ein weiteres Mal ausgefüllt. Die überarbeiteten Items 1-13 werden erneut erhoben. Nach der Unterrichtssequenz wird der gleiche Fragebogen, mit den überarbeiteten geschlossenen Items 1-13 und den offenen Items 14 und 15, erneut durchgeführt. Der Fragebogen wird zu Beginn erklärt und deutlich erläutert, dass es keine Prüfungssituation für die Lernenden ist. Vielmehr wird darauf aufmerksam gemacht, dass im Falle keiner möglichen Zuordnung von „richtig“ oder „falsch“ das „Fragezeichen“ angekreuzt werden soll, bevor die Lernenden beginnen und durch Raten eine Zuordnung vorzunehmen.

Aufgrund der geringeren Konzentrationsspanne von Kindern, verglichen mit Erwachsenen, sollte die Befragungsdauer für einen Testabschnitt fünf Minuten nicht überschreiten (Heinen & König, 2014). Die Befragungsdauer des vorliegenden Fragebogens beträgt etwa 15 Minuten. Die Pilotierung ergab, dass die Schüler\_innen etwa fünf Minuten zur Beantwortung der geschlossenen Items benötigen, während die Beantwortung der beiden offenen Items durch die Möglichkeit der Zeichnung etwas mehr Zeit in Anspruch nimmt. Die Ausführlichkeit der Antwort können die Lernenden jedoch selbst, abhängig von ihrem Interesse und ihrer Konzentrationsspanne, gestalten.

### **5.1.2 Forschungsblätter der Versuchsboxen**

Neben der Erhebung der Vorstellungen vor und nach der Intervention mittels der schriftlichen Fragebögen dienen die Forschungsblätter aus den Versuchsboxen (A.VIII) als weiteres Erhebungsinstrument. Diese können insbesondere zur qualitativen Evaluation des fachlichen Lernzuwachses zu den einzelnen zentralen altersangemessenen Vorstellungen beitragen und Aufschluss geben, inwiefern die Bearbeitung der einzelnen Versuchsboxen zu einem fachlichen Lernzuwachs führen kann.

Die Konzeption der Forschungsblätter orientiert sich an den Schritten Forschenden Lernens, die im Forschungszyklus weiter in Teilschritte unterteilt werden (Kap. 3.1.1). Die Forschungsblätter geben diese Teilschritte vor und begleiten und dokumentieren den Forschungsprozess der Lernenden auf Level 1 (Kap. 4.3). Zu Beginn wird auf jedem Forschungsblatt die Formulierung einer Vermutung gefordert. Die Schüler\_innen sollen durch die Versuchsanleitung und das Gespräch mit dem Teammitglied kognitiv aktiviert werden, so dass sie aktiv über ihre Vorstellungen zu dem Thema nachdenken und diese formulieren. Der Stempel trennt diesen ersten Schritt des Forschungskreislaufs von der Durchführung des Versuchs. Auch dieser Schritt wird von den Forschungsblättern begleitet. Anschließend wird ein Rückblick zur Vermutung gefordert, der die Lernenden zu einer Reflexion ihrer anfänglichen Vorstellung anregen soll und abschließend zur Beantwortung der Forschungsfrage führt.

Kaiser (2007) beschreibt eben diesen Aufbau von Arbeitsblättern, der durch die Strukturierung in Teilschritte zur Reflexion des eigenen Lernprozesses anregt, als besonders wirksam für die Lernenden im Hinblick auf die Erreichung eines Ziels, in diesem Fall die Entwicklung einer altersangemessenen Vorstellung. Zusätzlich entspricht dieser Aufbau auch bereits etablierten „Lernbegleitbögen“, die zur qualitativen Erhebung von Vorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt wurden (Petermann, Friedrich & Oetken, 2008).

Die Konzeption der Versuchsboxen richtet sich inhaltlich jeweils auf eine der fünf zentralen altersangemessenen Vorstellungen. Ziel der Forschungsblätter ist es, neben der Begleitung des Forschungsprozesses, die qualitative Ausprägung der Vorstellungen vor und nach der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand der jeweiligen Versuchsbox zu erheben.

Im Folgenden wird in einem kurzen Erwartungshorizont formuliert, welche Aspekte sowohl in der Vermutung als auch in der Beantwortung der Forschungsfrage enthalten sein müssen, um eine altersangemessene Vorstellung abzubilden.

***Erwartungshorizont Forschungsblätter:***

- Forschungsblatt 1: „Welche Materialien können brennen?“  
Diese Forschungsfrage erfordert eine Beantwortung auf kontextbezogener Ebene und zielt auf die Vorstellung ab, dass Feuer brennbare Materialien zum Brennen braucht. Die Lernenden haben eine altersangemessene Vorstellung, wenn sie alle brennbaren Materialien aus dem Versuch identifizieren und benennen können.
- Forschungsblatt 2: „Warum brennt das eine Teelicht am längsten?“  
Die Forschungsfrage erfordert eine Beantwortung durch die abstrakte Benennung, dass ein Feuer Luft zum Brennen benötigt. Darüberhinaus wird eine kontextbezogene Begründung am Versuch erwartet, beispielsweise dass das Teelicht unter dem größten Glas am längsten gebrannt hat, weil es am meisten Luft zum Brennen hatte.
- Forschungsblatt 3: „Warum brennt das Filterpapier nicht?“  
Diese Forschungsfrage fördert die Entwicklung der Vorstellung, dass Feuer Temperatur zum Brennen braucht und ist auf einer abstrakteren Ebene zu beantworten. Für eine altersangemessene Vorstellung wird die Erkenntnis erwartet, dass das Wasser das Filterpapier kühlt und aufgrund dessen die Temperatur zu niedrig ist und das Filterpapier nicht anfangen kann zu brennen.
- Forschungsblatt 4: „Wie kannst du ein Holzfeuer löschen?“  
Diese Forschungsfrage erfordert aufbauend auf die drei Vorstellungen zu den einzelnen Verbrennungsvoraussetzungen den Transfer, dass das Entfernen einer dieser Bedingungen dazu führt, dass das Feuer nicht mehr brennen kann, also erlischt. Die Beantwortung der Forschungsfrage entspricht den Erwartungen, wenn mindestens zwei der Voraussetzungen abstrakt benannt und am konkreten Versuch erklärt werden können. Eine mögliche Antwort könnte inhaltlich lauten, dass das Holzfeuer gelöscht werden kann, wenn das Glas über die Flamme gestellt und dadurch keine weitere Luft für die Verbrennung zur Verfügung steht. Oder, dass das Wasser aus der Sprühflasche die Temperatur senkt und diese nicht mehr hoch genug für die Verbrennung ist. Oder, dass der Holzstab „abbrennen“ kann und dadurch kein weiteres brennbares Material für ein Feuer zur Verfügung steht.

### **5.1.3 Unterrichtsgespräch**

Das Unterrichtsgespräch findet zum Abschluss der Unterrichtssequenz in einem Sitzkreis statt und wird auditiv aufgenommen. In erster Linie dient das Unterrichtsgespräch als gemeinsame Diskussion und Reflexion der im Forschungsprozess erworbenen Erkenntnisse, also als inhaltlicher Abschluss der Unterrichtssequenz für die Lernenden. Die Aufzeichnung dieses Gesprächs soll, zusätzlich zu dem Prä-Post-Fragebogen und den Forschungsblättern der Versuchsböden, die qualitative Ausprägung der Vorstellungen der Lernenden stützen und gegebenenfalls die Verbindung zwischen den ausgewerteten Daten der Forschungsblätter und den Post-Tests dienen. In Anlehnung an die Methode der Gruppendiskussion, können in einem Unterrichtsgespräch nicht nur Einzelmeinungen in validierter Form, sondern auch Gruppeneinstellungen zu einem bestimmten definierten Bereich, hier der Ausprägung der altersangemessenen Vorstellungen der Lernenden, losgelöst vom Individuum erfasst werden (Vogl, 2014). Bei der Durchführung und Auswertung sollte jedoch berücksichtigt werden, dass durch die Gruppendynamik Anpassungsmechanismen entstehen, die einzelne individuelle Meinungsäußerungen behindern könnten (Vogl, 2014). Eine auditive Aufnahme bietet den Vorteil z.B. gegenüber Feldnotizen, dass das Gespräch im Wortlaut erfasst und wiederholten Zugriff auf die komplexe Unterrichtssituation gewährt. Das Audiogerät ist durch die geringe Größe eher unauffällig und wird in der Mitte des Sitzkreises platziert.

Anhaltspunkt des vorliegenden Unterrichtsgesprächs bildet das Legebild des Verbrennungsdreiecks (A.IV), das sukzessiv im Verlauf des Gesprächs über die einzelnen Voraussetzungen zusammengesetzt wird. Die symbolische Darstellung verdeutlicht, dass alle drei Bedingungen erfüllt sein müssen, damit ein Feuer brennen kann. Auch kann anschaulich gezeigt werden, dass das Entfernen einer Voraussetzung dazu führt, dass das Feuer nicht mehr brennt. Die entsprechende Karte wird dann umgedreht, um metaphorisch zu verdeutlichen, dass nicht mehr alle Bedingungen erfüllt sind.

## **5.2 Methoden der Datenauswertung**

Die Daten dieser Untersuchung sind aufgrund der drei verschiedenen Erhebungsinstrumente sehr vielfältig. Bei der Datenauswertung ist es daher besonders wichtig, einen zielführenden Fokus zu legen, der Ergebnisse ermöglicht, die der Beantwortung der Fragestellung – Welchen fachlichen Lernzuwachs hat die Lerngruppe beim Thema „Verbrennung“ im Rahmen des Forschenden Lernens auf Level 1? – dienen. Es steht also die Entwicklung differenzierter Kategorien im Mittelpunkt, welche die qualitativen Ausprägungen der Vorstellungen hinsichtlich ihrer Altersangemessenheit erfassen, benennen und im Kern zusammenfassen und ver-

gleichbar machen. Der Anspruch liegt dabei in der Verknüpfung aller erhobenen Daten, mit dem Ziel eine systematische, qualitative und theoriegeleitete Darstellung und Analyse des fachlichen Lernzuwachses der gesamten Lerngruppe zu ermöglichen. Dazu bietet sich insbesondere die Methode der *qualitativen Inhaltsanalyse* nach Mayring (2015) an (Gropengießer, 2008).

Der Anknüpfungspunkt der qualitativen Inhaltsanalyse liegt in der Gemeinsamkeit der drei Erhebungsinstrumente, der Konzeption anhand der fünf deduktiv entwickelten, altersangemessenen Vorstellungen (Kap. 5.1). Diese bilden den Ausgangspunkt für die Verknüpfung in der Analyse, indem jede altersangemessene Vorstellung sowohl in den Items des Fragebogens, den unterschiedlichen Forschungsblättern und dem Unterrichtsgespräch wiederzufinden ist (A.IX).

Bei der Analyse sollen nur die Aspekte betrachtet werden, die Rückschlüsse auf die deduktiv abgeleiteten Vorstellungen der Lernenden ermöglichen. Dafür ist die Grundform *Strukturierung* der qualitativen Inhaltsanalyse zielführend (Mayring, 2015). Um die qualitativen Ausprägungen der altersangemessenen Vorstellungen zu analysieren, ist die Form der *skalierenden Strukturierung* wegweisend (Mayring, 2015). Das Ablaufmodell der skalierenden Strukturierung bildet den Rahmen für den weiteren Vorgehen (Mayring, 2015, S. 107).

Zunächst wird die Bestimmung des Ausgangsmaterials vorgenommen: Ausgangspunkt der Analyse bilden daher das Material, das von allen 13 Kindern bearbeitet wurde. Die Fragebögen eines Kindes werden bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da dieses Kind krankheitsbedingt nur an der ersten und letzten Stunde der Intervention teilnahm. Zudem werden die zusätzlichen Forschungsblätter auf Level 2 Forschenden Lernens nicht berücksichtigt, da diese nur von einem Teil der Kinder bearbeitet wurden. Bei der Auswertung der geschlossenen Items des Fragebogens wird die Kombination richtiger und falscher Antworten betrachtet und bezüglich ihrer qualitativen Ausprägungen der Vorstellungen eingeschätzt.

Die *Analyseeinheiten* werden für jedes Erhebungsinstrument bestimmt: Die geschlossenen Items des Fragebogens werden zusammengefasst pro altersangemessener Vorstellung analysiert, sodass die Kodiereinheit die Antworten von drei und in einem Fall vier geschlossenen Items umfasst. Diese werden als Einheit analysiert, eine Einordnung in den Kontext nicht möglich und daher die Definition einer Kontexteinheit redundant. Die Kodiereinheit der offenen Items umfasst jeweils ein Item und berücksichtigt jegliche Art der Äußerung, unabhängig ob schriftsprachlich oder in Form einer Zeichnung. Die Kontexteinheit berücksichtigt alle Äußerungen und bettet diese in den Kontext anderer Äußerungen zu dem entsprechenden Item ein, bevor das Item einer Kategorie zugeordnet wird. Die Auswertungseinheit definiert

die Reihenfolge des auszuwertenden Materials und berücksichtigt in diesem Fall das Prä-Post-Design des Fragebogens, indem zunächst alle Items der Prä-Erhebung und anschließend die der Post-Erhebung ausgewertet werden.

In Anlehnung an das Prä-Post-Design des Fragebogens erfolgt auch die Auswertung der Forschungsblätter: Die Kodiereinheit erfasst die Vermutung als Prä-Vorstellung, vor dem Bearbeiten der Versuchsbox, während die Beantwortung der Forschungsfrage die Post-Vorstellung der Lernenden abbildet. Die Auswertungseinheit umfasst daher zunächst die Auswertung aller Prä-Vorstellungen und anschließend in einem weiteren Materialdurchlauf die Post-Vorstellungen. Die Kodiereinheit impliziert alle schriftlichen Äußerungen zu der entsprechenden Vermutung oder Beantwortung der Forschungsfrage. Diese werden in den Kontext zu weiteren Äußerungen auf den Forschungsblättern gesetzt, bevor die Kodierung des Forschungsblattausschnittes erfolgt.

Das Transkript des Unterrichtsgesprächs wird in verschiedene thematische Abschnitte eingeteilt, die jeweils kodiert werden (Kodiereinheit). Diese werden nicht alleinstehend, sondern im Kontext betrachtet kodiert. Die Auswertungseinheit wird inhaltlich anhand der Kategorien festgelegt, sodass zunächst alle relevanten Textausschnitte, die eine der altersrelevanten Vorstellungen thematisieren, gemeinsam betrachtet und kodiert werden.

Die *Einschätzungsdimension* bildet die Altersangemessenheit (Kap. 3.2.2) der fünf zentralen, naturwissenschaftlichen Vorstellungen (Kap. 3.3.4), die anhand der formulierten Erwartungshorizonte (Kap. 5.1.1; 5.1.2) betrachtet wird. Dazu wird eine einfache Skalierung mit drei *Ausprägungen* gewählt, die sowohl die Prä- und Post-Ergebnisse der Lernenden als auch die einzelnen Kategorien untereinander hinsichtlich ihrer altersangemessenen Vorstellung vergleichbar machen. Es ergeben sich fünf deduktiv abgeleitete Kategorien, die sich aus den altersangemessenen Vorstellungen zum Thema „Verbrennung“ zusammensetzen und hinsichtlich ihrer qualitativen Ausprägung der Altersangemessenheit analysiert werden können.

***Kategorien:***

K.M: Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen.

K.L: Feuer braucht Luft, um zu brennen.

K.T: Feuer braucht Temperatur, um zu brennen.

K.V: Alle drei Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt.

K.S: Verbrennung ist eine Umwandlung von Stoffen.

***Ausprägungen:***

A1: altersangemessene Vorstellung;

A2: teilweise altersangemessene Vorstellung;

A3: altersunangemessene Vorstellung;

A4: keine erkennbare Vorstellung

Kategorie	Ausprägung	Definition	Kodierregel <i>Testitems</i>	Kodierregel <i>Forschungsblätter (FB)</i>	Kodierregel <i>Unterrichtsgespräch</i>
<b>K.L: Feuer braucht Luft, um zu bren- nen.</b>	<b>K.L/A.1: altersange- messene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht dem Erwartungshori- zont.	Nur für Items 3,5,10 mit folgender Kombination kodierbar: „rrr“. Alle Items werden richtig beant- wortet.	Nur FB2 kodierbar. Vermutung ist in- haltlich richtig und umfasst thematisier- te Voraussetzung ‚Luft‘ auf abstrakter Ebene. Beantwortung nennt oder um- schreibt thematisierte Voraussetzung auf abstrakter Ebene.	‚Luft‘ als Voraussetzung für Verbrennungsprozess wird abstrakt benannt und begründet.
	<b>K.L/A.2: teilweise altersange- messene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht teilweise dem Erwartungshori- zont.	Nur für Items 3,5,10 mit folgen- den Kombinationen kodierbar: „rr?“ , „r?“ , „rrf“. Items werden mehrheitlich richtig beantwortet oder die Kombination mit „?“ überwiegt.	Nur FB2 kodierbar. Vermutung ist in- haltlich richtig und kontextbezogen um- schrieben. Beantwortung umfasst the- matisierte Voraussetzung auf kontext- bezogener Ebene.	Begründete Erklärungen auf kontextbezogener Ebene, Nennung ver- schiedener Beispiele.
	<b>K.L/A.3: altersunan- gemessene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht nicht dem Erwartungshori- zont.	Nur für Items 3,5,10 mit folgen- den Kombinationen kodierbar: „fff“ , „rff“ , ff?“ , „f????“. Items werden mehrheitlich falsch beantwortet oder die Kombination mit „?“ überwiegt.	Nur FB2 kodierbar. Vermutung ist in- haltlich falsch. Beantwortung themati- siert nicht die geforderte Voraussetzung oder ist inhaltlich falsch.	Beispiele, Erklärungen und Schlussfolgerungen sind inhaltlich mehrheit- lich falsch.
	<b>K.L/A.4: keine er- kennbare Vorstellung</b>	Vorstellung ist nicht erkennbar oder wird nicht geäu- ßert.	Nur für Items 3,5,10 mit folgen- den Kombinationen kodierbar: „????“ , „rf?“. Items werden überwiegend mit einem „?“ beantwortet oder kön- nen keiner anderen Kategorie zu- geordnet werden.	Nur FB2 kodierbar. Vermutung ist in- haltlich unpassend, sodass Vorstellung nicht erkennbar ist oder liegt nicht vor. Beantwortung liegt nicht vor oder kann z.B. durch bruchstückhafte Äußerungen nicht zugeordnet werden.	Ausprägung der Vorstel- lung wird nicht deutlich oder die Vorstellung wird nicht thematisiert.

Tab. 1: Beispielhafter Auszug aus dem Kodierleitfaden (A.XIV)

Die Zusammenstellung des Kodierleitfadens (Tab. 1; A.XIV) bildet das Kernstück der Datenauswertung. Wie zu Beginn des Kapitels formuliert, besteht der Anspruch in der Verknüpfung der Daten aus allen drei Erhebungsinstrumenten. Die Kodierregeln werden so formuliert, dass alle Ausprägungen auf das jeweilige Material angewendet werden können und die Auswertung vergleichbar wird (Tab. 1). Die *Fundstellenbezeichnung* wird anhand der oben definierten Analyseeinheiten durchgeführt, die Ausprägungen und Definitionen angepasst sowie die Kodierregeln sukzessiv mittels mehrerer Materialdurchläufe weiterentwickelt. Alle Fundstellen in den Daten müssen kodiert werden (Tab. 1).

Die Kodierung der Daten wird mit der Software MAXQDA vorgenommen. Diese bietet den Vorteil, dass eine komplexe Datei angelegt werden kann, die mit einem Kategoriensystem alle erhobenen Daten erfassen (Abb. 4) und in unterschiedlichen Zusammensetzungen, bspw. nur die Vorstellungen einer bestimmten Ausprägung vor der Unterrichtssequenz im Vergleich zu den Forschungsblättern und dem Post-Test, zusammenfassen und darstellen kann (Kuckartz, 2014).

Liste der Dokumente		
Dokumente		265
Fragebögen		156
Forschungsblätter		104
Unterrichtsgespräch		5
Sets		260
Prä-Vorstellungen		130
Post-Vorstellungen		130

Liste der Codes		
Codesystem		265
K.M		0
A.1 (altersangemessen)		35
A.2 (teilweise altersangemessen)		15
A.3 (altersunangemessen)		2
A.4 (Vorstellung nicht erkennbar)		1
K.L		53
K.T		53
K.V		79
K.S		27
Sets		265
A.1 (altersangemessen)		114
A.2 (teilweise altersangemessen)		115
A.3 (altersunangemessen)		20
A.4 (Vorstellung nicht erkennbar)		16

Abb. 4: Screenshot der angelegten MAXQDA-Datei

Die Materialdurchläufe und die damit verbundene Adaption des Kodierleitfadens trägt zur Güte und damit zur Qualität der Untersuchung bei (Mayring, 2015). Zusätzlich werden etwa 16% des Materials von meiner Kommilitonin Mareka Minnemann kodiert, um zur Intercoderreliabilität beizutragen (Mayring, 2015). Dies entspricht den erhobenen Daten von zwei Schüler\_innen der Lerngruppe. Ferner bedingt dies auch die Objektivität und Validität der Untersuchung. Auf die Berechnung eines Reliabilitätsmaßes, wie z.B. dem Cohen's Kappa, der Aussagen über die Qualität der Kodierung liefert (Züll & Menold, 2014), wird aufgrund des Umfangs dieser Arbeit jedoch verzichtet. Der Kodierleitfaden und insbesondere die Kodierre-

geln wurden anhand der nicht übereinstimmenden Überschneidungen der Kodierungen überarbeitet und das Datenmaterial anschließend erneut kodiert.

## 6 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse, als letzten Schritt der qualitativen Inhaltsanalyse, zusammengefasst dargestellt, interpretiert und diskutiert (Mayring, 2015).

Die Auswertung der erhobenen Daten anhand des Kodierleitfadens (A.XIV) mit der Software MAXQDA zeigt unter anderem die Häufigkeit einer Kodierung pro Kategorie (A.XV) und im Detail pro Ausprägung (A.XVI). Die Quantifizierung der Daten kann die kontextbezogene Bedeutung stützen und ist daher im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse legitim (Mayring, 2015). Für die Fragestellung dieser Arbeit, den fachlichen Lernzuwachs der gesamten Lerngruppe beim Forschenden Lernen zu ermitteln, ist dieses Vorgehen zielführend. Der fachliche Lernzuwachs wird anhand der Entwicklung qualitativer Ausprägungen der fünf zentralen naturwissenschaftlichen, altersangemessenen Vorstellungen abgebildet.

Die *Prä-Ergebnisse* beinhalten alle Daten, die vor der Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt entstanden sind. Dazu zählen zum einen die Fragebögen der Prä-Erhebung und zum anderen alle Vermutungen der 13 Schüler\_innen, die auf den Forschungsblättern geäußert wurden. Die *Post-Ergebnisse* setzen sich aus den Fragebögen der Post-Erhebung, sowie der Beantwortung der Forschungsfrage auf den Forschungsblättern, also allen Daten, die nach der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand erhoben wurden, zusammen (A.XVI). Die Auswertung des aufgezeichneten Unterrichtsgesprächs (A.XVIII) wird separat dargestellt und unterstützend bei der Interpretation der Ergebnisse herangezogen.

### 6.1 Deskriptive Darstellung

Die Ergebnisse werden zunächst in ihrem prozentualen Anteil der Gesamtergebnisse dargestellt, um Vergleiche der qualitativen Ausprägung der Vorstellungen zwischen den einzelnen Kategorien zu ermöglichen (Abb. 5).

Die Prä-Ergebnisse zeigen, dass die Vorstellungen zu den „brennbaren Materialien“, „Luft“, „Temperatur“ und dem „Verbrennungsdreieck“ überwiegend teilweise altersangemessen sind (Abb. 5). Die Vorstellungen bezüglich des „Verbrennungsprozesses als Stoffumwandlung“ sind mit 54 Prozent aller Antworten größtenteils altersunangemessen. Vorstellungen, die bereits vor der Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt altersangemessen waren, sind vor allem

zu den brennbaren Materialien zu finden. Auch im Bereich „Luft“ zeigen 27 Prozent der Antworten der Schüler\_innen bereits altersangemessene Vorstellungen. Herauszuheben ist zusätzlich die Kategorie „Temperatur“, bei der, neben den dominierenden teilweise altersangemessenen Vorstellungen, auch 19 Prozent der Antworten keine Rückschlüsse auf eine Vorstellung ermöglichen.

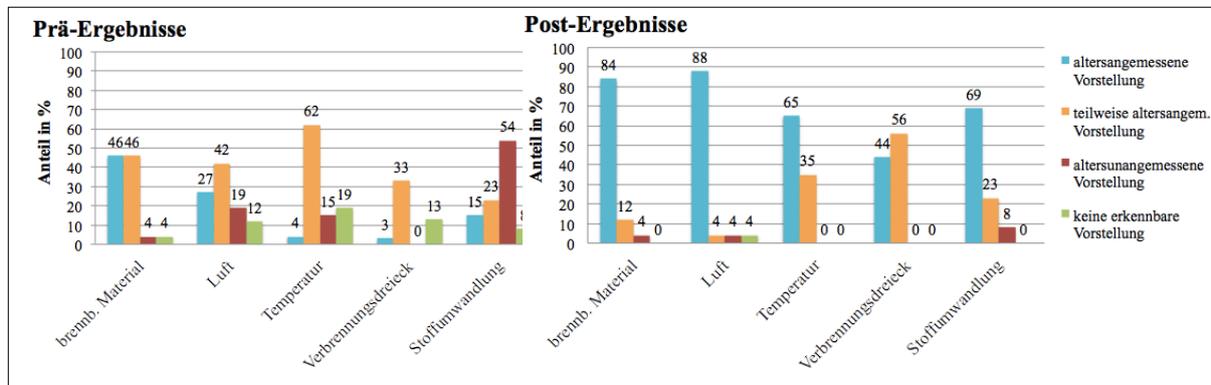


Abb. 5: Prozentuale Gesamtverteilung der Ausprägungen pro Kategorie in Prä- und Post-Ergebnissen

Die Post-Ergebnisse werden von altersangemessenen Vorstellungen in allen fünf Bereichen dominiert, während altersunangemessene Vorstellungen in sehr geringem Umfang vorhanden sind (Abb. 5). Insbesondere in der Kategorie „Stoffumwandlung“ zeigt sich im Vergleich der Prä- und Post-Ergebnisse, dass die Vorstellungen vor der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand mit 54 Prozent größtenteils altersunangemessen waren, während die Post-Ergebnisse einen prozentualen Anteil von acht Prozent altersunangemessener Vorstellungen zeigen (Abb. 5).

Abbildung 5 zeigt neben den Ausprägungen pro Kategorie auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Ausprägungen im Vergleich der Prä- und Post-Ergebnisse. Die Entwicklung der qualitativen Ausprägungen unabhängig von den Kategorien wird in Abbildung 6 deutlich:

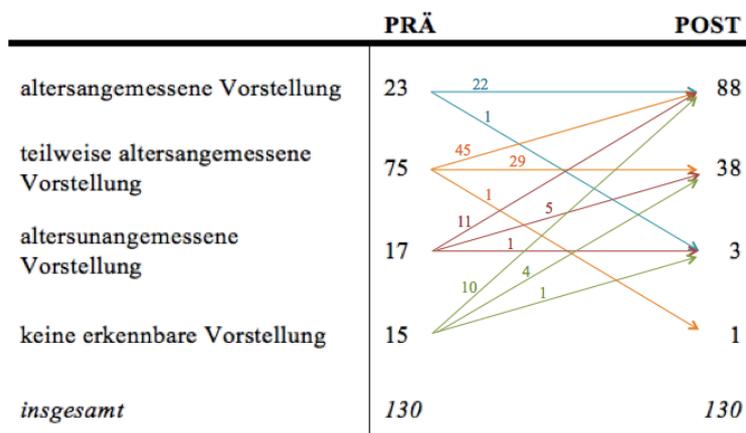


Abb. 6: Kategorienunabhängige Entwicklung der qualitativen Ausprägungen

Insgesamt können 130 Antworten<sup>2</sup> sowohl vor als auch nach der Intervention ausgewertet werden. Der größte Teil der Antworten (75 von 130) lässt auf bereits vorhandene teilweise altersangemessene Vorstellungen schließen. Die Anteile altersangemessener, altersunangemessener und keiner erkennbaren Vorstellungen sind relativ ausgeglichen (Abb. 6). Hervorzuheben ist, dass bei 75 der 130 Antworten eine Verbesserung hinsichtlich der Altersangemessenheit der Vorstellungen zu verzeichnen ist. Weitere 52 Antworten verbleiben auch nach der Intervention auf ihrem Niveau (Abb. 6). Davon zeigt jedoch eine Antwort nach der Intervention weiterhin eine altersunangemessene Vorstellung. Auffällig ist, dass eine Antwort eines Lernenden vor der Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt altersangemessen war und danach auf eine altersunangemessene Vorstellung deutet (Abb. 6).

Im Folgenden werden die einzelnen Kategorien, welche die Entwicklung der Altersangemessenheit der Vorstellungen abbilden, genauer betrachtet (Abb. 7-11).

Für die erste Kategorie „Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen“ werden insgesamt 26 Kodierungen vergeben<sup>3</sup> (Abb. 7).

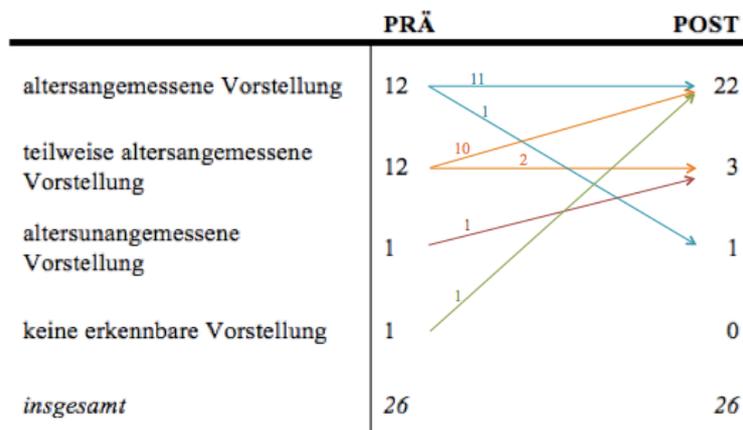


Abb. 7: Entwicklung der qualitativen Ausprägungen in der Kategorie „Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen.“

Die Antworten der Schüler\_innen lassen vor der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand „brennbares Material“ zu gleichen Teilen auf altersangemessene sowie auf teilweise altersangemessene Vorstellungen schließen, während 22 von 26 Antworten danach altersangemessene Vorstellungen beinhalten. Diese setzen sich vor allem aus Antworten mit bereits altersangemessenen oder teilweise altersangemessenen Vorstellungen zusammen (Abb. 7). Eine Antwort, die zuvor keine Rückschlüsse auf die Altersangemessenheit einer Vorstellung zuließ, zeigt nach der Intervention eine altersangemessene Vorstellung. Die Antwort mit einer altersunangemessenen entwickelte sich zu einer teilweise altersangemessenen Vorstellung. Auffällig ist die bereits erwähnte Kodierung, die in dieser Kategorie zunächst auf eine alters-

<sup>2</sup> 130 Kodierungen, davon sechs Mal auf den Prä- und Post-Fragebögen (jeweils Item 1-13, 14, 15) und jeweils ein Mal auf den vier Forschungsblättern von insgesamt 13 Kindern.

<sup>3</sup> Ein Mal auf jedem Fragebogen und Forschungsblatt 1, bei insgesamt 13 Lernenden (auch Abb. 8 und 9).

angemessene, nach der Unterrichtssequenz jedoch auf eine altersunangemessene Vorstellung deutet (Abb. 7).

In der zweiten Kategorie „Feuer braucht Luft, um zu brennen“ sind die Ergebnisse der Prä-Erhebung deutlich stärker auf die einzelnen Ausprägungen verteilt (Abb. 8).

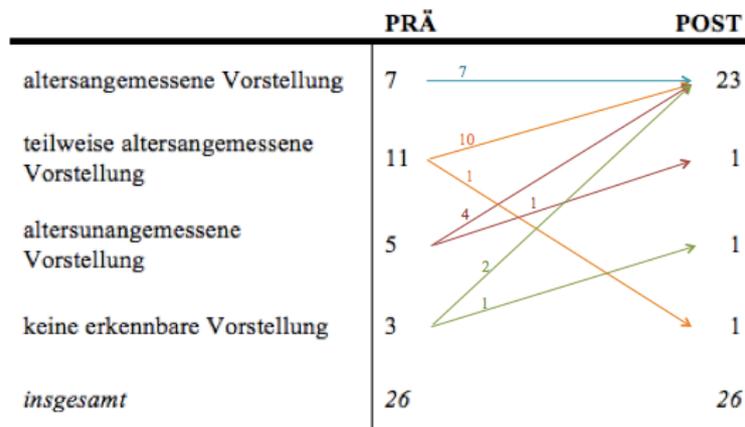


Abb. 8: Entwicklung der qualitativen Ausprägungen in der Kategorie „Feuer braucht Luft, um zu brennen.“

Diese Kategorie weist der größte Teil der Antworten (elf von 26) vor der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand „Luft“ auf eine teilweise altersangemessene Vorstellung der Lernenden hin (Abb. 8). Fast alle dieser Antworten entwickeln sich zu altersangemessenen Vorstellungen, die in den Post-Ergebnissen 23 von 26 Mal kodiert wird. Alle bereits vor der Unterrichtssequenz vorhandenen Antworten mit altersangemessenen Vorstellungen verblieben auf dem gleichen Niveau (Abb. 8). Insgesamt entwickeln sich die Vorstellungen von 25 der 26 Antworten auf ein höheres Niveau hinsichtlich der Altersangemessenheit. Eine Antwort bildet die Ausnahme, bei der zunächst eine teilweise altersangemessene Vorstellung deutlich wurde und nach der Intervention keine Vorstellung in der Antwort zu erkennen war (Abb. 8).

In der Kategorie „Feuer braucht Temperatur, um zu brennen“ werden ähnliche Ergebnisse deutlich (Abb. 9).

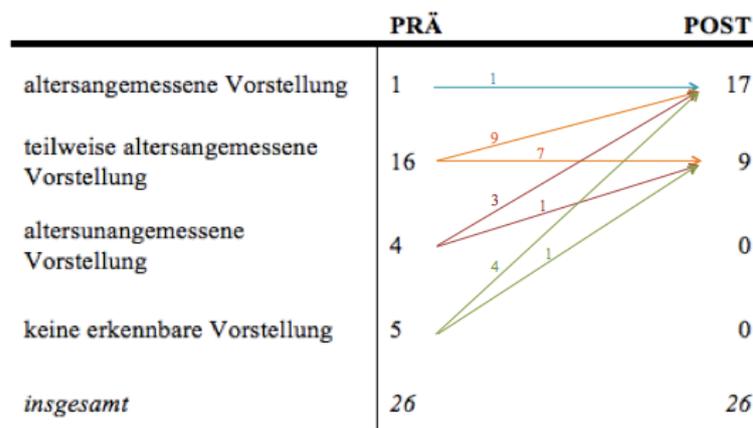


Abb. 9: Entwicklung der qualitativen Ausprägungen in der Kategorie „Feuer braucht Temperatur, um zu brennen.“

Der größte Anteil der Antworten (16 von 26) weist zunächst auf eine teilweise altersangemessene Vorstellung der Lernenden hin, während die Post-Ergebnisse von einer altersangemesse-

nen Vorstellung dominiert werden. Insgesamt 19 Antworten zeigen nach der Intervention eine höhere Altersangemessenheit als vorher. Die anderen sieben Antworten verbleiben auch nach der Beschäftigung mit dem Lerngegenstand „Temperatur“ bei einer teilweise altersangemessenen Vorstellung. Besonders hervorzuheben ist, dass nach der Intervention keine altersunangemessene oder nicht erkennbaren Vorstellungen mehr vorliegen (Abb. 9).

Die Kategorie „Alle drei Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt“ kann insgesamt 39 Mal vergeben werden<sup>4</sup> (Abb. 10).

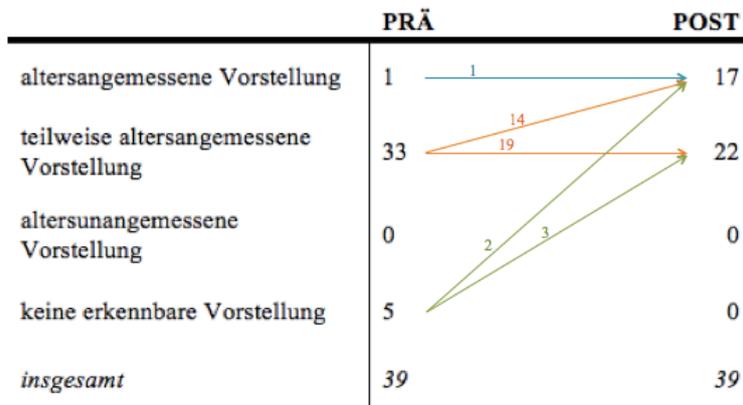


Abb. 10: Entwicklung der qualitativen Ausprägungen in der Kategorie „Alle drei Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt.“

Insgesamt 33 von 39 Kodierungen zeigen eine teilweise altersangemessene Vorstellung, von denen 19 auch auf diesem Niveau verbleiben. Zudem lässt sich eine Entwicklung zu einer altersangemessenen Vorstellung bei 16 Kodierungen festhalten (Abb. 10).

Die fünfte Kategorie „Verbrennung ist eine Umwandlung von Stoffen“ wurde insgesamt 13 Mal, auf jedem Fragebogen ein Mal, vergeben (Abb. 11).

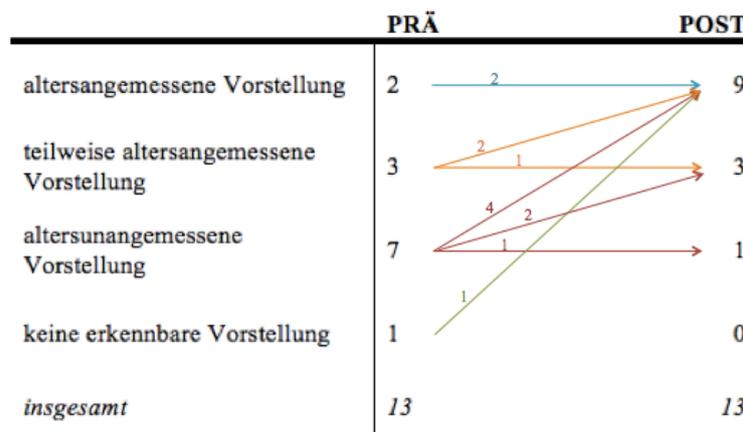


Abb. 11: Entwicklung der qualitativen Ausprägungen in der Kategorie „Verbrennung ist eine Umwandlung von Stoffen.“

Die Ergebnisse des Prä-Tests zeigen in sieben von 13 Fällen eine altersunangemessene Vorstellung, die bei einem Kind auch nach der Intervention bestehen bleibt (Abb. 11). Die Vorstellungen der anderen sechs Kinder entwickeln sich zu größtenteils altersangemessenen, aber

<sup>4</sup> Auf dem Fragebogen drei Mal (Items 1-13, 14 & 15), bei insgesamt 13 Lernenden.

auch teilweise altersangemessenen Vorstellungen. Im Post-Test erreichen neun von ehemals zwei Kindern eine altersangemessene Vorstellung in diesem Bereich (Abb. 11).

Die Auswertung des Unterrichtsgesprächs zeigt, dass die Lerngruppe in den Kategorien „Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen“, „Feuer braucht Luft, um zu brennen“ und „Alle drei Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt“ eine altersangemessene Vorstellung erreicht hat. In den beiden Kategorien „Feuer braucht Temperatur, um zu brennen“ und „Verbrennung ist eine Umwandlung von Stoffen“ wird eine teilweise altersangemessene Vorstellung erreicht (A.XVIII).

## 6.2 Interpretation

Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt zunächst pro Kategorie, um die relevanten Aspekte für den fachlichen Lernzuwachs herauszuarbeiten. Im Anschluss wird die generelle Entwicklung der Altersangemessenheit der relevanten Vorstellungen genauer betrachtet.

Die erste Kategorie erfasst die altersangemessene Vorstellung „Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen“. Die Vorstellungen in dieser Kategorie sind bereits vor der Intervention sehr ausgeprägt und altersangemessen. Dies ist auf die bisherigen vielfältigen Erfahrungen im Alltag der Schüler\_innen mit dem Phänomen Feuer zurückzuführen, das auf Kinder sehr faszinieren wirkt (Kap. 3.3.1). So haben viele Kinder beispielsweise schon ausprobiert, ob Papier, Stoff oder Holz brennbares Material ist und konnten dementsprechend richtige Aussagen über die Brennbarkeit der gegebenen Materialien treffen. Die Lernenden konnten größtenteils ihre anfänglichen Vorstellungen zu einer altersangemesseneren Vorstellung entwickeln, sodass ein fachlicher Lernzuwachs, unabhängig vom Ausgangsniveau, deutlich wird. Die Ausnahme bildet die Antwort des Kindes E auf Forschungsblatt 1, die Vorstellung entwickelt sich der Kodierung nach von einer altersangemessenen zu einer altersunangemessenen Vorstellung.

Die Materialien:	② Vermutung	
	brennt 	brennt nicht 
Das Glas		<input checked="" type="checkbox"/>
Die Holzwohle	<input checked="" type="checkbox"/>	
Der Eisennagel		<input checked="" type="checkbox"/>
Das Papier	<input checked="" type="checkbox"/>	
Die Pappe	<input checked="" type="checkbox"/>	
Der Stoff	<input checked="" type="checkbox"/>	
Der Stein		<input checked="" type="checkbox"/>
Das Geldstück		<input checked="" type="checkbox"/>
Das Holzschicht	<input checked="" type="checkbox"/>	

Beantworte die Forschungsfrage: Welche Materialien können brennen?

holz, stoff

Abb. 12: Entwicklung von altersangemessener zu altersunangemessener Vorstellung am Beispiel von Kind E

Die Gegenüberstellung von Vermutung und Beantwortung der Forschungsfrage 1 zeigt, dass E die Frage nicht falsch, sondern nach der Kodierregel altersunangemessen, in zu geringem Umfang beantwortet (Abb. 12). Auch der Vergleich des Prä- und Post-Fragebogens zeigt, dass Kind E in beiden Erhebungen eine altersangemessene Vorstellung, wie auch in der Vermutung auf Forschungsblatt 1 erreicht. Als Ausnahme begründet wird dies zusätzlich durch die Schwierigkeiten von E im schriftlichen Bereich (Kap. 4.2). Es kann daher auch für Kind E von einem positiven Lernprozess gesprochen werden, der sich durch den Erhalt einer altersangemessenen Vorstellung in den Fragebögen zeigt (A.XVII). Die Angemessenheit des geforderten schriftsprachlichen Umfangs sollte jedoch reflektiert werden.

Auch das Unterrichtsgespräch bestätigt den Eindruck des positiven fachlichen Lernzuwachses durch die dominierenden Äußerungen, die eine erreichte altersangemessene Vorstellung in der gesamten Lerngruppe zeigen. Direkt zu Beginn des Gesprächs wird die Voraussetzung aus dem Verbrennungsdreieck genannt, Beispiele gefunden und kontextbezogen begründet (A.XIII, Zeile 1-20).

Die Ergebnisse der zweiten Kategorie „Feuer braucht Luft, um zu brennen“ bestätigen nur teilweise den Konsens im Forschungsdiskurs, dass Luft aufgrund der „Unsichtbarkeit“ sehr schwierig als Voraussetzung für einen Verbrennungsprozess zu erkennen ist (Kap. 3.3.1). So bildet zwar der größte Teil der Antworten (insgesamt 19 von 26) noch keine oder nur teilweise altersangemessene Vorstellungen vor der Intervention ab, dennoch zeigen die restlichen sieben Antworten sowohl in den Prä- als auch in den Post-Ergebnissen altersangemessene Vorstellungen der Schüler\_innen, die auch im Lernprozess des Forschenden Lernens erhalten bleiben. Alle Schüler\_innen erreichen, unabhängig vom Niveau ihrer anfänglichen Vorstellung, einen positiven fachlichen Lernzuwachs, in 23 von 26 Fällen sogar eine abstrakte, altersangemessene Vorstellung. Besonders hervorzuheben ist der große fachliche Lernzuwachs von Kindern mit einer altersunangemessenen oder einer teilweise altersangemessenen Vorstellung. Der Lernprozess nach dem Forschenden Lernen ermöglichte es ihnen von teilweise sogar inhaltlich falschen oder stark kontextbezogenen Aussagen zu einer abstrakten Vorstellung der Luft, als wichtige Voraussetzung für einen Verbrennungsprozess, zu gelangen. Zwei Ausnahmen bilden die Antworten auf Forschungsblatt 2 von Kind A (Vorstellung von nicht erkennbar zu altersunangemessen kodiert) und Kind M (Vorstellung von teilweise altersangemessen zu nicht erkennbar kodiert), die aber dem bereits bei Kind E geschilderten Problem der ausführlichen schriftlichen Beantwortung der Forschungsfrage ähnlich ist und daher nicht näher betrachtet wird (A.XVIII).

Die Analyse des Unterrichtsgesprächs bestätigt die qualitative Ausprägung der Vorstellungen, indem die Schüler\_innen „Luft“ zwar abstrakt benennen und kontextbezogen die Notwendigkeit von Luft für den Verbrennungsprozess erklären konnten (A.XIII, Zeile 57-79). Es bestehen zwar schulische Vorerfahrungen zum Thema „Luft“ (Kap. 4.2), dennoch können hinsichtlich einer anzubahnenden Teilchenvorstellung keine Anknüpfungspunkte durch Kinderfragen o.ä. vorgefunden werden. Die didaktische Reduktion der Voraussetzung „Sauerstoff“ auf „Luft“ wird rückblickend als sinnvoll und zielführend bewertet, sodass alle Kinder in der Zone der nächsten Entwicklung lernen und Luft als Voraussetzung für einen Verbrennungsprozess erforschen konnten, ohne dabei überfordert zu sein.

Die Analyse der Kategorie „Feuer braucht Temperatur, um zu brennen“ zeigt eine umfassend positive Entwicklung der Vorstellungen der Lernenden. Die sehr breit gefächerten anfänglichen Vorstellungen waren bis auf eine Ausnahme alle nicht altersangemessen und bestätigen damit bereits bestehende Forschungsergebnisse (Kap. 3.3.1). Mit Hilfe des Forschungsprozesses konnten diese Vorstellungen aufgegriffen werden und sich zu überwiegend altersangemessenen Vorstellungen entwickeln (z.B. Abb. 13). Es ist ein deutlicher Lernzuwachs in dieser Kategorie zu erkennen.

Was vermutest du? Schreibe auf. Ich vermute, dass <u>bekent</u>	Beantworte die Forschungsfrage: <u>Warum brennt das Papier nicht?</u>  <u>Das Papier kann nicht anfangen zu brennen, weil die Temperatur zu niedrig ist.</u>
--	--

Abb. 13: Entwicklung von altersunangemessener zu altersangemessener Vorstellung am Beispiel von Kind H

Einige wenige Aussagen der Schüler\_innen (9 von 26) verblieben auf einer eher kontextbezogenen Ebene, auf der die Voraussetzung der „Temperatur“ nicht abstrakt benannt, sondern umschrieben wurde (Abb. 14).

Was vermutest du? Schreibe auf. Ich vermute, dass <u>das trockenes Papier brennt</u> <u>das nasse Papier wird nicht brennen</u>	Beantworte die Forschungsfrage: <u>Warum brennt das Papier nicht?</u> <u>weil es nass ist.</u>
---	---

Abb. 14: Vergleich der teilweise altersangemessenen Antworten am Beispiel von Kind L

Die Analyse des Unterrichtsgesprächs stützt diese Ergebnisse, da kontextbezogene Aussagen und wenig umfassende Erklärungen das Gespräch dominieren (A.XIII, u.a. Zeile 122-157). Dies verdeutlicht die Herausforderung der Abstraktion in diesem Bereich (Kap. 3.3.1). Dennoch ermöglichte der Forschungsprozess allen Schüler\_innen der Lerngruppe einen fachlichen Lernzuwachs, sodass mit der altersangemessenen, wenn auch teilweise eher noch kontextbezogenen, Vorstellung zum Lerngegenstand „Temperatur“ neue Anknüpfungspunkte für weiteres naturwissenschaftliches Lernen gelegt werden konnten.

Die Vorstellungen bezüglich der Kategorie „Alle drei Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt“ sind vor der Intervention noch sehr gering ausgeprägt. Lediglich eine der 39 Antworten weist darauf hin, dass die Vorstellung altersangemessen vorhanden ist. Herauszuheben ist die große Anzahl teilweise altersangemessener Vorstellungen, die zeigt, dass die meisten Schüler\_innen bereits vor der Intervention mindestens eine der drei Voraussetzungen benennen oder umschreiben können. Diese Ergebnisse ergänzen die der ersten drei Kategorien, denn auch hier zeigt die Entwicklung der qualitativen Ausprägungen der Vorstellung die Schwierigkeit des Abstraktionsprozesses, um eine altersangemessene Vorstellung zu entwickeln. So ist auch der fachliche Lernzuwachs differenziert zu betrachten: Zum einen stagniert die Altersangemessenheit der Vorstellung bei der Hälfte der Antworten, allerdings zeigen diese Antworten eine bereits teilweise altersangemessene oder altersangemessene Vorstellung der Lernenden. Zum anderen zeigt die andere Hälfte der Antworten anhand der Entwicklung der Ausprägungen einen positiven fachlichen Lernzuwachs. Neben der Entwicklung der Vorstellungen zeigt sich der Vergleich der Items 14 und 15 des Post-Fragebogens bezüglich des erreichten Abstraktionsgrades und der Möglichkeit des Transfers auf andere Situationen der Schüler\_innen als sehr aufschlussreich (Abb. 15):

Was braucht Feuer, um zu brennen? Nenne und zeichne alle deine Ideen.	
Luft, Temperatur, Brennbares Material	
Wie kannst du ein kleines Feuer löschen? Nenne und erkläre alle deine Ideen.	
Ich brauche Wasser zum Feuer löschen Weil er bestimmte Temperatur hat	

Abb. 15: Vergleich Item 14 und 15 des Post-Fragebogens am Beispiel von Kind L

Ein Beispiel ist Kind L, das im Forschungsprozess eine altersangemessene Vorstellung entwickelte, alle drei Voraussetzungen können abstrakt benannt und durch eine zusätzliche Zeichnung verdeutlicht werden (Abb. 15, oberes Item). Dennoch ist Schüler\_in L der Transfer auf das Entziehen eben dieser Voraussetzungen zum Löschen eines Feuers nicht gelungen (Abb. 15, unteres Item). Der Abstraktionsprozess wird jedoch auch in diesem Item deutlich, indem das aus dem alltäglichen Leben bekannte Wasser zum Löschen eines Feuers mit der Temperatur, die ein Feuer zum Brennen benötigt, verknüpft wird.

Die Ergebnisse der fünfte Kategorie „Verbrennung ist eine Umwandlung von Stoffen“ bestätigen die einschlägigen Aussagen im Forschungsdiskurs, dass Kinder häufig Feuer und im speziellen den Verbrennungsprozess mit dem „Verschwinden“ von Stoffen verbinden (Kap. 3.3.1). Diese Vorstellung konnte im Forschungsprozess des Forschenden Lernens aufgegrif-

fen und sich in Richtung einer altersangemesseneren Vorstellung entwickeln. Insgesamt erreichten elf von 13 Lernenden einen fachlichen Lernzuwachs. Die Thematisierung dieser Vorstellung im Unterrichtsgespräch zeigte jedoch überwiegend teilweise altersangemessene Ausprägungen bei den Lernenden in Form von Umschreibungen und verschiedener Beispiele. Vermutlich ist eine längere und intensivere Auseinandersetzung mit der häufig vertretenen Vorstellung des „Verschwindens“ von Stoffen im „Ver“-brennungsprozess als Verknüpfung aus dem alltäglichen Sprachgebrauch (Kap. 3.3.1) unabdingbar, um auch hier zu einer altersangemessenen Vorstellung zu gelangen. Für die Kürze des Interventionszeitraums ist der fachliche Lernzuwachs besonders hervorzuheben.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse ein durchaus aussagekräftiges Ergebnis: Der in der Intervention fokussierte Forschungsprozess zur positiven Entwicklung der Ausprägungen der fünf zentralen, altersangemessenen Vorstellungen beigetragen hat. Es kann ein fachlicher Lernzuwachs in der Lerngruppe in allen getesteten inhaltlichen Bereichen nachgewiesen werden. Die Antworten, die besonders aufgrund der negativen Entwicklung einer Vorstellung auffielen, wurden näher betrachtet und konnten in der Interpretation nivelliert werden. Insbesondere die altersangemessene Ausprägung der Vorstellungen bezüglich der einzelnen Voraussetzungen brennbares Material, Luft und Feuer wurden in der gesamten Lerngruppe sehr häufig erreicht. Je komplexer und abstrakter jedoch die Vorstellung wird, umso breiter gefächert sind die qualitativen Ausprägungen einer Vorstellung. Im Vergleich zu den ersten drei Kategorien bezüglich der Verbrennungsvoraussetzungen, werden deutlich häufiger eine teilweise altersangemessene Vorstellung bezüglich des Verbrennungsdreiecks und der Stoffumwandlung erreicht. Der fachliche Lernzuwachs wird in diesen Bereichen in einem geringeren Umfang deutlich, ist dennoch in allen Antworten und dementsprechend auch bei allen Kindern zu verzeichnen.

## **6.3 Diskussion**

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse anhand der Fragestellung dieser Arbeit diskutiert und reflektiert. Neben der Diskussion des fachlichen Lernzuwachses beim Forschenden Lernen (Kap. 6.3.1) wird die Materialentwicklung und Erprobung bezüglich der Eignung des Ansatzes für den inklusiven Sachunterricht erörtert (Kap. 6.3.2). Anschließend folgen eine Methodenreflexion (Kap. 6.3.3) sowie ein kurzer praxisorientierter Ausblick (Kap. 6.3.4).

### **6.3.1 Zum fachlichen Lernzuwachs beim Forschenden Lernen**

Im Hinblick auf die Fragestellung dieser Arbeit: „Welchen fachlichen Lernzuwachs haben Drittklässler\_innen beim Thema ‚Verbrennung‘ im Rahmen des Forschenden Lernens auf

Level 1?“ zeigen die Ergebnisse, dass die Lerngruppe einen fachlichen Lernzuwachs in allen Bereichen der fünf zentralen, altersangemessenen Vorstellungen aufweist. Dabei fiel es den Schüler\_innen leichter, altersangemessene Vorstellungen bezüglich den einzelnen Verbrennungsvoraussetzungen zu erreichen. Der Forschungsprozess erreichte dementsprechend eine differenzierte Auseinandersetzung und Entwicklung der anfänglichen Vorstellungen mit den jeweiligen Lerngegenständen „brennbares Material“, „Luft“ und „Temperatur“ der ersten drei Versuchsboxen. Der Transfer zum Löschen eines Feuers durch den Entzug einer der drei Verbrennungsvoraussetzungen sowie dem Verständnis des Verbrennungsprozesses als Stoffumwandlung gelang deutlich weniger Kindern, bzw. nicht in dem Umfang, sodass häufig eine teilweise altersangemessene Vorstellung erreicht wurde. Dass erlerntes Wissen zunächst eher kontextbezogen anwendbar und nicht ohne Weiteres auf neue Situationen transferiert werden kann, bestätigt auch der einschlägige Forschungsdiskurs (u.a. Möller, 2001; Duit, 2015 in Kap. 3.2.1). Dennoch konnte der initiierte Lernprozess eine Entwicklung von kontextbezogenen Antworten zu deutlich abstrakteren Äußerungen in einzelnen Bereichen bewirken und bestätigt damit einen erfolgreichen Lernprozess (u.a. Duit, 2015 in Kap. 3.2.1).

Der Forschungsprozess nach dem Forschenden Lernen kann anhand des fachlichen Lernzuwachses der Lerngruppe als sehr gelungen bezeichnet werden. Kirschner und Mitforschende (2006 in Kap. 3.1.3) kritisieren die zu hohe kognitive Belastung in offenen Lernformen, die sich negativ auf den fachlichen Lernzuwachs auswirkt. Da die Ergebnisse dieser Arbeit einen umfassend positiven Lernzuwachs zeigen, kann daraus geschlossen werden, dass die Konzeption des Unterrichts und die Offenheit des Forschungsprozesses für die spezifische Lerngruppe angemessen sind. Vielmehr konnten die Schüler\_innen durch einen Lernprozess in ihrer individuellen Zone der nächsten Entwicklung, anknüpfend an ihre Voraussetzungen lernen, ohne dabei kognitiv überfordert zu werden und dadurch einen fachlichen Lernzuwachs erreichen. Dies bestätigt auch die Erkenntnisse von Franz (2008 in Kap. 3.1.3) sowie Rott und Marohn (2015 in Kap. 3.1.3).

Das Gesamtergebnis dieser Untersuchung stimmt nicht mit den Ergebnissen der Studien überein, die die Lernwirksamkeit des Forschenden Lernens aufgrund vermeidlich fehlender Fachlichkeit kritisieren (u.a. Breddermann, 1983; Shymansky, Hedges und Woodworth, 1990; Hattie, 2013 in Kap. 3.1.3). Der nachgewiesene fachliche Lernzuwachs beim Thema „Verbrennung“ ist aufgrund der kleinen Stichprobe nicht repräsentativ und dadurch auch nicht mit den bereits beschriebenen umfassenden Studien vergleichbar. Daher wird auch nicht der Anspruch erhoben, diese Studien zu widerlegen. Dennoch können und sollten die vorliegenden Ergebnisse als Anstoß dienen, diese Studien zu hinterfragen und den fachlichen Lernzuwachs

beim Forschenden Lernen umfassender, bei weiteren Themen und auch im Vergleich zum Erwerb prozessbezogener Kompetenzen sowie weiteren Unterrichtsansätzen, zu erforschen. Darüber hinaus ist die Entwicklung des fachlichen Lernzuwachses bei einem offeneren Forschungsprozess auf Level 2 und 3 Forschenden Lernens interessant. Dazu würde sich im Rahmen dieser Erhebung die Auswertung der zusätzlichen Forschungsblätter auf Level 2 im Hinblick auf die qualitative Ausprägung einer Vorstellung anbieten.

### **6.3.2 Forschendes Lernen im inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterricht**

Besonders herauszuheben ist die Motivation und das Interesse der Kinder an den konzipierten Versuchsboxen. Der Grund dafür wird in den aktiven, handelnden Zugängen, den individuellen Gestaltungsmöglichkeiten und in der Offenheit des Forschenden Lernens gesehen. Diese Art der Unterrichtskonzeption war den Schüler\_innen nur wenig bekannt und der Forschungsprozess in seinen Teilschritten nicht routiniert (Kap. 4.2). Darüber hinaus erwies sich das Thema „Verbrennung“ als sehr fruchtbar, indem es großes Interesse weckte, die Kinder mit Hilfe der Forschungsfragen anregte, Phänomene zu hinterfragen und forschend tätig zu werden. Dieses Interesse konnte mit Hilfe der entwickelten Materialien aufgegriffen und für eine erfolgreiche fachliche Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand genutzt werden.

Durch das Erreichen einer altersangemessenen Vorstellung in den einzelnen Teilbereichen, die sich durch das Basiskonzept der Erhaltung sowie die Anforderungen im Niedersächsischen Kerncurriculum (2017) legitimieren lassen, haben die Schüler\_innen anschlussfähiges Wissen als Grundlage für weiterführende Lernprozesse erworben.

Damit kann der positive Effekt des Forschenden Lernens sowohl auf das Arbeitsverhalten, den fachlichen Lernzuwachs und dadurch auf die Qualität des Unterrichts (Rocard et al., 2007 in Kap. 3.1.3) bestätigt werden.

Die Konzeption des Unterrichts kann durchaus als positiv bezeichnet werden: Wenn die Studien von Lipowsky (2002) sowie Jonen, Hardy und Möller (2003) als Ausgangspunkt genommen werden (Kap. 3.1.3), so ist die Wirksamkeit eines offenen Unterrichtsansatzes entscheidend von der Konzeption der Strukturierungshilfen abhängig. Für den positiven Lernzuwachs beim Thema „Verbrennung“ bedeutet das, dass dieser aufgrund angemessener Strukturierungsmaßnahmen und Differenzierungsmöglichkeiten entstehen konnte (Blumberg, Möller & Hardy, 2004). Dies gibt einen ersten Hinweis auf die Qualität der für die Intervention entwickelten Versuchsboxen nach dem Forschenden Lernen. Der insgesamt große Anteil an erreichten altersangemessenen Vorstellungen, für die ein abstrakter Denkprozess gefordert ist,

zeigt, dass den Kindern anspruchsvolle Lernprozesse im naturwissenschaftlichen, wie von Carle (2017 in Kap. 2.2) gefordert, ermöglicht werden können.

Bezogen auf die Angemessenheit und den inhaltlichen Bezug ergänzender Materialien als Grundlage für eine produktive Lernprozessunterstützung (Hattie, 2013 in Kap. 3.1.3) können im Rahmen der bisherigen Auswertung keine belastbaren Aussagen über den Umfang der zielführenden Verwendung der differenzierten Arbeitshilfen getroffen werden. Die Auswertung der Ergebnisse zeigte jedoch bei insgesamt drei Antworten eine negative Entwicklung der Vorstellungen auf den Forschungsblättern (Kap. 6.1), die durch die Betrachtung der Fragebögen eben dieser Kinder nivelliert werden konnte. Der Umfang der Antworten auf den Forschungsblättern unter Einbezug der Einschätzung durch die Sachunterrichtslehrkraft (Kap. 4.2) lässt jedoch vermuten, dass die Anforderungen an die schriftsprachlichen Äußerungen zu hoch waren. Die Forschungsblätter sollten dementsprechend also hinsichtlich ihrer Textlastigkeit sowie weiteren symbolisch dargestellten Impulsen, Tipps und Alternativen, angepasst an die Lerngruppe, überarbeitet werden. Allerdings sollte auch darauf geachtet werden, die Materialien nicht zu sprachentlastend zu konzipieren, um weiterhin Schreibanlässe für die Kinder anzubieten, die den Aufbau anderer, eher prozessbezogener Kompetenzen fördern und fordern. Eine Analyse der Verwendung der Tipps wurde in dem Umfang der vorliegenden Auswertung nicht vorgenommen. Dazu wäre es denkbar, das Tool zum Ankreuzen der verwendeten Hilfen im Forschungsprozess in Bezug auf den deutlich werdenden Lernzuwachs der Lernenden auszuwerten. Hier ergeben sich weiterführende Forschungsmöglichkeiten, insbesondere auf individueller Ebene: Beispielsweise könnte der Umfang und die Art der verwendeten Hilfen in Bezug auf den individuellen Lernzuwachs ermittelt werden. Weiterhin wäre es auf individueller Ebene interessant, mögliche Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zwischen leistungsschwächeren und leistungsstärkeren Lernenden hinsichtlich der Selbstständigkeit im Forschungsprozess im Zusammenhang mit dem fachlichen Lernzuwachs zu betrachten.

Die Frage nach der Umsetzung einer inklusiven lerninhaltsbezogenen Sachunterrichtsgestaltung im Themenfeld der unbelebten Natur (u.a. Lück, 2000; Lange-Schubert & Tretter, 2017 in Kap. 2.2) wird mittels der Unterrichtskonzeption zum Thema „Verbrennung“ aufgegriffen, der sich nach den bisherigen Auswertungen als erfolgreich und zielführend einsetzbar evaluieren lässt. Allerdings bieten sich auch an dieser Stelle genauere Untersuchungen des vorliegenden Materials in einem größeren Umfang an, um spezifische Aussagen über die Konzeption und lernprozessbegleitende Rolle der Versuchsboxen treffen zu können.

Das von Lange-Schubert und Tretter (2017 in Kap. 2.2) formulierte Forschungsdesiderat der Erprobung inklusiver Gestaltungsansätze und Maßnahmen, die allen Kindern Lernzuwächse ermöglichen, kann mit der vorliegenden Forschungsarbeit und den entstandenen Ergebnissen aufgegriffen werden und zeigt, dass das Forschende Lernen enormes Potenzial aufweist, diesen Anspruch zu erfüllen, der unbedingt weiter und in einem größeren Umfang für Grundschulkindern evaluiert werden sollte.

Es sei an dieser Stelle nochmals auf das aktuelle Forschungsprojekt von Blumberg und Mester (2017 in Kap. 2.2) bezüglich der Erprobung und Prüfung empirisch fundierter inklusiver Lehr-Lernangebote für den Sachunterricht verwiesen, deren Ergebnisse mit Spannung abzuwarten bleiben.

### **6.3.3 Methodenreflexion**

Trotz der positiven Forschungsergebnisse ist es notwendig, die verwendeten Methoden zu reflektieren und die Grenzen dieser Arbeit aufzuzeigen.

Die Methoden der Datenerhebung lassen sich rückblickend differenziert betrachten: Der Fragebogen konnte von allen Schüler\_innen im vollen Umfang eigenständig beantwortet werden, die Möglichkeit der Zeichnung erwies sich auch im Hinblick auf die Ausführlichkeit der Ergebnisse als sehr sinnvoll unterstützend. Auch die Forschungsblätter zeigten als Erhebungsinstrument aussagekräftige Ergebnisse. Lediglich die geforderten schriftlichen Antworten stellten für einige wenige Kinder eine Herausforderung dar, die jedoch durch die Verwendung der entsprechenden Hilfsmittel hätte umgangen werden können. Bezüglich der Vergleichbarkeit der inhaltlichen Anforderungen der einzelnen Versuchsboxen fällt die Forschungsfrage auf Forschungsblatt 1 auf: Diese ist sehr eng formuliert und ermöglicht daher in Kombination mit dem angeleiteten Versuch nur eine kontextbezogene Antwort. Für weitere Untersuchungen wäre es diesbezüglich wichtig, die Auswertungsmethodik bereits vor der Erhebung zu definieren und entsprechend Unstimmigkeiten, wie dem variierenden Komplexitätsgrad der einzelnen Forschungsfragen, entgegen zu wirken.

Die Analyse des Unterrichtsgesprächs zeigt, dass das Gruppengespräch als Sozialform nicht geeignet ist, um Aufschluss über den Lernzuwachs zu geben, da leistungsstarke Schüler\_innen eindeutig im Vordergrund stehen und sich deutlich mehr beteiligen, als eher leistungsschwächere Schüler\_innen die auch im Test nur teilweise altersangemessene Vorstellungen aufwiesen. Daher fanden die Ergebnisse des Unterrichtsgesprächs nur in sehr geringem Umfang Verwendung, sondern stützen lediglich den Gesamteindruck der Altersangemessenheit einer Vorstellung in der gesamten Lerngruppe.

Herauszuheben ist, dass mit Hilfe der skalierenden Strukturierung der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) eine Auswertung der gesamten, vielfältigen Daten ermöglicht werden konnte, indem der Fokus auf dem gemeinsamen Nenner aller Erhebungsinstrumente, der fünf zentralen, altersangemessenen Vorstellungen lag. Allerdings ist die entwickelte Skalierung bezüglich des Lernzuwachses kritisch zu betrachten: So konnten zwar Entwicklungen insbesondere hin zu einer altersangemessenen Vorstellung ermittelt werden, jedoch erfasst diese Skalierung die altersangemessene Vorstellung als höchst mögliche Vorstellung. Hätten diese Kinder bereits vor der Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt eine altersangemessene Vorstellung in einem bestimmten Bereich, so konnte der Lernzuwachs dieser Kinder mit der Skalierung nicht erfasst werden. In dieser Hinsicht ist es auch nötig, das Prä-Post-Design des Fragebogens zu überdenken und ggf. für weitere Untersuchungen im Post-Test um weitere Items zu ergänzen. Zusätzlich kann das Kategoriensystem für umfassendere Ergebnisse um weitere Variablen, wie z.B. die Leistungsstärke oder individuelle Förderbedarfe für die entsprechende Analyse individueller Forschungsprozesse, ergänzt werden.

Die vorliegenden Ergebnisse sind aufgrund der geringen Stichprobengröße von 13 Schüler\_innen nicht repräsentativ. Die Gütekriterien Reliabilität und Validität können daher nur eingeschränkt erfüllt werden: Im Rahmen dieser Arbeit wird die Reliabilität anhand der Intracoderreliabilität, durch die vielfachen Materialdurchläufe während der Analyse gewährleistet (Mayring, 2015). Die Konstruktvalidität ist durch die Ableitung des Analysevorgehens aus dem theoretischen Kontext sowie die Einordnung der Ergebnisse in den Forschungsdiskurs angemessen erfüllt (Mayring, 2015). Die Intercoderreliabilität bestätigt auch die Objektivität eines Vorgehens (Mayring, 2015) und wird anhand des transparenten Vorgehens in der Auswertung der Daten sowie in die Test-Kodierung einer weiteren unabhängigen Person erfüllt. Abschließend wird festgehalten, dass weitere Forschungen mit repräsentativen Stichproben nötig sind, um die vorliegenden Ergebnisse zu verifizieren und die Reliabilität und Validität der Forschungsergebnisse zu erhöhen.

#### **6.3.4 Professionsbezug – Ein praxisbezogener Ausblick**

Werden die Ergebnisse in den theoretischen Kontext eingebettet, so entsteht ein positiver Gesamtzusammenhang sowohl hinsichtlich des fachlichen Lernzuwachses beim Forschenden Lernen als auch bezüglich der besonderen Eignung des Forschenden Lernens für den inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Dennoch ist dieser Ansatz bis jetzt im Schulalltag von Grundschulen wenig etabliert. Trotz der von Diversität geprägten Lerngruppen in der grundsätzlich inklusiven Schulform dominieren weiterhin stark strukturierte, von Instruktion

durch die Lehrperson geprägte Unterrichtsformen (Ditton, 2002; Blumberg & Mester, 2017). In informellen Gesprächen mit verschiedenen Lehrpersonen wurde mir zwar das grundsätzliche Interesse der Lehrpersonen an offenen, adaptiven Lernformen deutlich, jedoch ist bei diesen Lehrpersonen der Wissenstand über den geringen Lernzuwachs bei offenen Lernformen und die erforderliche umfangreiche Unterrichtsplanung häufig der Grund, weshalb altbewährten Unterrichtsformen dominieren. Gerade hier können die Ergebnisse dieser Arbeit einen wichtigen Professionsbezug erreichen, denn obwohl den Lernenden der Forschungsprozess wenig bekannt war, konnte ein fachlicher Lernzuwachs erreicht werden.

Wenn der Forschungsprozess nach dem Forschenden Lernen, wie von Messner (2009 in Kap. 3.1.3) gefordert, schon zu Beginn der Schulzeit etabliert und die erforderlichen prozessbezogenen Kompetenzen sukzessiv aufgebaut werden würden – wie würde wohl dann der fachliche Lernzuwachs der Kinder aussehen?

Bezüglich der Unterrichtsplanung könnte es sich als sinnvoll erweisen, im Team zusammenzuarbeiten und sich gegenseitig mit entsprechenden Materialien, Ideen und Gestaltungsmöglichkeiten vielperspektivischer Zugänge zu entlasten und zu bereichern. Konkret sind insbesondere die Versuchsboxen und das entwickelte Stempel-System als zusätzliche Strukturierungshilfe des Forschungsprozesses positiv zu erwähnen. Dadurch wurde es möglich, den individuellen Forschungsprozess einzuleiten und organisatorische Vorgänge während des Unterrichts, wie die selbstständige Materialbeschaffung zu entlasten. Auch darf die Unterrichtskonzeption nicht mit der Materialsynthese unzähliger Arbeitsblätter für einige wenige, ausgewählte Schüler\_innen im Sinne der *additional needs approaches* (Kap. 3.1.2) verwechselt werden. Vielmehr sollte der gemeinsame Lerngegenstand mit seinen vielfältigen Zugängen, gemeinsam und ausgehend von den Interessen und Fragen der Schüler\_innen erschlossen werden. Die Strukturierung der Forschungsprozesse sollte dabei entsprechend der vorhandenen Kompetenzen der Lernenden sukzessive abnehmen, um dadurch langfristig einen höheren Lernzuwachs für alle Kinder zu ermöglichen.

Ich persönlich blicke der Konzeption des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts nach dem Ansatz des Forschenden Lernens, insbesondere der Gestaltung von Themen der unbelebten Natur, mit Freude und Zuversicht für meinen beruflichen Werdegang entgegen.

## **7 Fazit und Ausblick**

Die eingangs formulierte Forschungsfrage „Welchen fachlichen Lernzuwachs haben Drittklässler\_innen beim Thema ‚Verbrennung‘ im Rahmen des Forschenden Lernens auf Level

1?“ konnte anhand der theoretischen Einbettung und des Forschungsdesigns der vorliegenden Untersuchung beantwortet sowie die Ergebnisse diskutiert werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die Lernenden der Lerngruppe auf Level 1 Forschenden Lernens in allen inhaltlichen Bereichen einen fachlichen Lernzuwachs erreichen konnten. Dabei ist der fachliche Lernzuwachs im kontextbezogenen Bereich – zu mindestens in dem kurzen Interventionszeitraum – geringfügig höher als in abstrakteren Vorstellungen, die einen Transferprozess erfordern. Darüber hinaus konnte anhand der entwickelten Materialien eine zielführende Möglichkeit erarbeitet werden, ein Thema der unbelebten Natur für den inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterricht zu gestalten. Dabei konnten die diversen Lernvoraussetzungen der Lerngruppe produktiv aufgenommen werden, indem jedem Kind der Lerngruppe ein Lernprozess mit einem fachlichen Lernzuwachs ermöglicht wurde. Obwohl erst Level 3 Forschenden Lernens als umfassend inklusiv gilt (Abels, 2015), wurde auch schon in der vorliegenden Intervention ein inklusiv gestalteter Sachunterricht, angepasst an den Lern- und Entwicklungsstand der Lerngruppe, möglich.

Diese Arbeit zeigt anhand des fachlichen Lernzuwachses der gesamten Lerngruppe, dass das Forschende Lernen nicht nur auf der Ebene individueller und handlungsorientierter Zugänge für alle Kinder ein vielversprechendes Potenzial für inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterricht aufweist. Darüber hinaus bietet dieser Ansatz durch entsprechend angemessene Strukturierungsmaßnahmen und Differenzierungsmöglichkeiten die Chance, allen Kindern über die Partizipation am gemeinsamen Lerngegenstand hinaus einen fachlichen Lernzuwachs zu ermöglichen. Dabei konnte der anfangs formulierte Anspruch eines weiten Inklusionsverständnisses (Werning, 2014) durch die Gesamtbetrachtung der Lerngruppe im Forschungsprozess gewahrt bleiben.

Die Ergebnisse als Beitrag zum aktuellen Forschungsdiskurs können die Grundlage für weitere Forschungen bilden und als Anstoß dienen, den fachlichen Lernzuwachs beim Forschenden Lernen in der Grundschule umfassender zu untersuchen. Dabei wären sowohl Ergebnisse auf individueller Ebene der vielfältigen Lernprozesse, gerade im Hinblick auf die Offenheit des Forschungsprozesses und die verwendeten Hilfsmittel, sinnvoll. Aber auch die Entwicklung des Lernzuwachses bei einer langfristigen Implementierung des Ansatzes im inklusiven Sachunterricht, mit einhergehender Öffnung des Forschungsprozesses könnten weitere Forschungsvorhaben sein.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Forschende Lernen im Rahmen der Didaktik eines inklusiven Sachunterrichts ein vielversprechendes Forschungsgebiet darstellt, zu dem die vorliegende Arbeit bezüglich des fachlichen Lernzuwachses einen weiteren Beitrag leistet.

## Literaturverzeichnis:

- Abels, S. (2014). Inquiry-based Science Education and Special Needs: Teachers' Reflections on Inclusive Settings. *Journal of Education*, 2 (2), 124-154.
- Abels, S., Lautner, G. & Lembens, A. (2014). Mit „Mysteries“ zu Forschendem Lernen im Chemieunterricht. *Chemie & Schule*, 29 (3), 20-21.
- Abels, S. (2015). Der Entwicklungsbedarf der Fachdidaktiken für einen inklusiven Unterricht in der Sekundarstufe. In G. Biewer et al. (Ed.), *Inklusive Pädagogik in der Sekundarstufe* (S. 135-148). Stuttgart: W. Kohlhammer.
- Abels, S., & Koliander, B. (2017). Forschendes Lernen als Beispiel eines inklusiven Ansatzes im Fachunterricht. In B. Schörkhuber, M. Rabl & H. Svehla (Ed.), *Vielfalt als Chance: Vom Kern der Sache* (Band 13, S. 53-60). Münster: LIT Verlag.
- Abrams, E., Southerland, S. & Silva, P. (2008). *Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities*. Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing.
- Adl-Amini, K. & Hardy, I. (2017). Zum Umgang mit Heterogenität im naturwissenschaftlichen Sachunterricht: Gegenseitige Unterstützung von Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen Lernausgangslagen beim tutoriellen Lernen. In F. Hellmich & E. Blumberg (Ed.), *Inklusiver Unterricht in der Grundschule* (S. 248-267), Stuttgart: W. Kohlhammer.
- Alberts, S. (2016). Experimentieren ist Problemlösen: Experimente sinnvoll planen, lernförderliche Situationen schaffen und Wissenschaftsverständnis anbahnen. *Grundschulunterricht Sachunterricht*, 4, 27-30.
- Andersson, B. (1990). Pupil's Conceptions of Matter and its Transformation: Age 12-16. *Studies in Science Education*, 18 (1), 53-85.
- Archie, C., Rank, A. & Franz, U. (2014). Sprachbildung im und durch Sachunterricht. In A. Hartinger & K. Lange (Ed.), *Sachunterricht: Didaktik für die Grundschule* (S. 198-206). Berlin: Cornelsen.
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin/ Heidelberg: Springer Verlag.
- Blanchard, M.R., Southerland, S., Osbourne, J., Sampson, V., Annetta, L. & Granger, E. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability? A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education*, 94 (4), 577-616.
- Blumberg, E., Möller, K. & Hardy, I. (2004). Erreichen motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen in einem schülerorientierten naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht: Bestehen Unterschiede in Abhängigkeit von der Leistungsstärke? In W. Bos, E.-M. Lankes, N. Plaßmeier & K. Schwippert (Ed.), *Heterogenität: Eine Herausforderung an die empirische Bildungsforschung* (S. 41-55). Münster: Waxmann.

- Blumberg, E. & Mester, T. (2017). Potenzielle Gelingensbedingungen für inklusives Lernen im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht der Grundschule: Auf dem Weg zu empirischen Evidenzen. In F. Hellmich & E. Blumberg (Ed.), *Inklusiver Unterricht in der Grundschule* (S. 294-313), Stuttgart: W. Kohlhammer.
- Boujaoude, S. (1991). A study of the nature of students' understanding about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (8), 689-704.
- Breddermann, T. (1983). Effects of activity-based elementary science on student outcomes: A quantitative synthesis. *Review of Educational Research*, 53 (4), 577-518.
- Brügelmann, H. (1998). Öffnung des Unterrichts: Befunde und Probleme der empirischen Forschung. In H. Brügelmann, M. Föllig-Albers & S. Richter (Ed.), *Jahrbuch Grundschule: Fragen der Praxis, Befunde der Forschung* (S. 8-42). Seelze/ Velber: Grundschulverband.
- Büttner, G., Decristan, J. & Adl-Amini, K. (2015). Kooperatives Lernen in der Grundschule. In C. Huf & I. Schnell (Ed.), *Inklusive Bildung in KiTa und Grundschule* (S. 207-220). Stuttgart: Kohlhammer.
- Bybee, R.W. (1997). Toward an Understanding of Scientific Literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Ed.), *Scientific Literacy: An International Symposium* (S. 37-68). Kiel: IPN.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy: Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Ed.), *Scientific Literacy* (S. 21-43). Opladen: Leske+Budrich.
- Carle, U. (2017). Eckpunkte für die Entwicklung inklusiven Unterrichts. In F. Hellmich & E. Blumberg (Ed.), *Inklusiver Unterricht in der Grundschule* (S. 15-33), Stuttgart: W. Kohlhammer.
- Childs, P. & Ryan, M. (2016). Strategies for Teaching the Language of Science. In S. Markic & S. Abels (Ed.), *Science Education towards Inclusion: Education in a competitive and globalizing World* (S. 43-66). New York: Nova Science Publishers.
- Conradi, I. (2015). Kinder erklären Sachverhalte zeichnerisch: „So, dass man es halt versteht“. In K. Liebers (Ed.), *Lernprozessbegleitung und adaptives Lernen in der Grundschule: Forschungsbezogene Beiträge* (S. 223-228). Wiesbaden: Springer VS.
- Demmel, L. (2018). *Forschendes Lernen zum Thema ‚Trennverfahren‘ inklusiv gestalten: Abschlussbericht zur videobasierten Studie im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der vierten Klasse*. Lüneburg: Leuphana Universität (unveröffentlichtes Dokument).
- Demuth, R. & Rieck, K. (2005). *Schülervorstellungen aufgreifen: Grundlegende Ideen entwickeln* (SINUS-Transfer Grundschule; überarb. Fassung). Kiel: IPN.
- Ditton, H. (2002). Unterrichtsqualität: Konzeptionen, methodische Überlegungen und Perspektiven. *Unterrichtswissenschaft*, 30 (3), 197-211.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr-Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), 905-923.

- Duit, R. (2015). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kirchner, R. Girwitz & P. Häusler (Ed.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl.; S. 657-680). Berlin/ Heidelberg: Springer Spektrum.
- Engeln, K. & Euler, M. (2004). Forschen statt Pauken: Aktives Lernen im Schülerlabor. *Physik Journal*, 3 (11), 45-47.
- Eskilsson, O. & Helldèn, G. (2003). A longitudinal study on 10-12 year-olds' conceptions of the transformation of matter. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4 (3), 291-304.
- Feuser, G. (1989). Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik. *Behindertenpädagogik*, 28 (1), 4-48.
- Feuser, G. (2009). Momente entwicklungslogischer Didaktik einer Allgemeinen (integrativen) Pädagogik. In H. Eberwein & S. Knauer (Ed.), *Handbuch Integrationspädagogik: Kinder mit und ohne Beeinträchtigung lernen gemeinsam* (7. Auflage; S. 280-294). Weinheim/ Basel: Beltz.
- Fink, E. (2017). Von Pulverdetektiven zu Sprudelgasexperten: Eigenschaften von Stoffen und Stoffumwandlungen als Unterrichtsthema. In H. Giest (Ed.), *Die naturwissenschaftliche Perspektive konkret: Begleitband zum Perspektivrahmen Sachunterricht* (Band 4; S. 91-104). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Florian, L. & Black-Hawkins, K. (2011). Exploring inclusive pedagogy. *British Educational Research Journal*, 37 (5), 813-828.
- Franz, U. (2008). *Lehrer- und Unterrichtsvariablen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht: Eine empirische Studie zum Wissenserwerb und zur Interessenentwicklung in der dritten Jahrgangsstufe*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gebauer, M. & Simon, T. (2012): Inklusiver Sachunterricht konkret: Chancen, Grenzen, Perspektiven. *Widerstreit Sachunterricht*, 18, 1-19.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), 867-887.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Ed.; 2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht: Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Giest, H. (2010). Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht. In H. Giest & D. Pech (Ed.), *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (S. 11-22). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Giest, H. (2015). Diagnostik und Inklusion im Sachunterricht. In C. Rittmeyer & H. Schäfer (Ed.), *Pädagogik: Handbuch Inklusive* (S. 214-229). Weinheim: Beltz.
- Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P. & Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review Educational Research*, 75 (1), 27-61.

- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Ed.), *Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse* (2. Aufl.; S. 172-189). Weinheim: Beltz.
- Grundschule Neetze (2011). *Schulprogramm: Pädagogisches Konzept*. [http://www.grundschule-neetze.de/images/stories/dokumente/Schulprogramm\\_Pädagogisches\\_Konzept\\_der\\_GS\\_Neetze\\_vom\\_September\\_2011.pdf](http://www.grundschule-neetze.de/images/stories/dokumente/Schulprogramm_Pädagogisches_Konzept_der_GS_Neetze_vom_September_2011.pdf) (10.06.2018).
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2006). Effects of Instructional Support within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students' Understanding of "Floating and Sinking". *Journal of Education Psychology*, 98, 307-326.
- Harter, A. (2003). Selbstbestimmungsempfinden in offenen Lernsituationen: Eine Pilotstudie zum Sachunterricht. In K. Spreckelsen, K. Möller & A. Harter (Ed.), *Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht* (S. 174-185). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Harter, A., Grygier, P., Ziegler, F., Kullmann, H. & Tretter, T. (2014). Individuelle Förderung beim naturwissenschaftlichen Lernen im Sachunterricht der Grundschule. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 7 (2), 102-114.
- Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen* (überarb. deutschsprachige Ausgabe von „Visible Learning“ besorgt von W. Beywl & K. Zierer). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Heller, K.A. (2009). Lernzuwachs als kumulatives Prinzip und einige Implikationen für die schulische Begabtenförderung. In S. Lin-Kitzing, D. Di Fuccia & G. Müller-Frerich (Ed.), *Begabte in der Schule: Fördern und Fordern: Beiträge aus neurobiologischer, pädagogischer und psychologischer Sicht* (S. 99-115). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Heinen, J. & König, S. (2014). Befragungen von Kindern und Jugendlichen. In N. Baur & J. Blasius (Ed.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (775-780). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Hempel, M. (2010). Zur Anschlussfähigkeit der Sachfächer an den Sachunterricht: Eine Erkundungsstudie. In H. Giest & D. Pech (Ed.), *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (S. 75-83). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hinz, A. (2011). Inklusive Pädagogik: Vision und konkretes Handlungsprogramm für den Sachunterricht? In H. Giest, A. Kaiser & C. Schomaker (Ed.), *Sachunterricht: Auf dem Weg zur Inklusion: Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts* (Band 21; S. 23-38). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Howe, C. (2010). Peer Dialogue and Cognitive Development. In K. Littleton & C. Howe (Ed.), *Educational Dialogues: Understanding and Promoting Productive Interaction* (S. 32-47). London / New York: Routledge.

- Howe, C., Tolmie, A.K., Thurston, A., Topping, K.J., Christie, D., Livingston, K., Jessiman, E. & Donaldson, C. (2007). Group Work in Elementary Science: Towards Organizational Principles for Supporting Pupil Learning. *Learning and Instruction*, 17 (5), 549-563.
- Jauer, K. (2012). *Wir experimentieren mit Feuer und Flamme: Eine Lernwerkstatt für den Sachunterricht in Klasse 3-4*. Murnau: Lernbiene.
- Jonen, A., Hardy, I. & Möller, K. (2003). Schwimmt ein Holzbrett mit Löchern? Erklärungen von Kindern zum Schwimmen und Sinken verschiedener Gegenstände vor und nach dem Unterricht. In A. Speck-Hamdan, H. Brügelmann, M. Fölling-Albers & S. Richter (Ed.), *Kulturelle Vielfalt: Religiöses Lernen* (S. 159-164). Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- Jung, W. (2011). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf (Ed.), *Schülervorstellungen in der Physik: Festschrift für Hartmut Wiesner* (3. Aufl.; S. 15-19). Seelze: Aulis.
- Kahlert, J. (2016). *Der Sachunterricht und seine Didaktik* (4., aktual. Auflage). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kaiser, A. (1999). *Praxisbuch handelnder Sachunterricht* (Band 1). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Kaiser, A. & Seitz, S. (2017). *Inklusiver Sachunterricht: Theorie und Praxis*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Käser, U. & Röhr-Sendlmeier, U.M. (2017). Kompetenz als wissenschaftlicher Begriff und als Bildungsziel: Einleitung zum Themenheft. *Bildung und Erziehung*, 70 (1), 5-50.
- Kind, V. (2004). *Beyond Appearances: Students' misconceptions* (2. Aufl.). Durham: Durham University.
- Klafki, W. (1992). Allgemeinbildung in der Grundschule und der Bildungsauftrag des Sachunterrichts. In R. Lauterbach, W. Köhnlein, K. Spreckelsen & E. Klewitz (Ed.), *Brennpunkte des Sachunterrichts: Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts* (Band 3; S. 11-31). Kiel: IPN.
- Kirschner, P.A., Sweller, J. & Clark, R.E (2006). Why Minimal Guidance During Instruktion Does Not Work: An Analysis oft he Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experimental and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), 75-86.
- Klößner, J. & Friedrichs, J. (2014). Gesamtgestaltung des Fragebogens. In I. Baur & J. Blasius (Ed.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 675-685). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Kopp, B. & Martschinke, S. (2015). Heterogene Lernvoraussetzungen. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Ed.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (2. Auflage; S. 361-365). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (2014). Formate und Methoden naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Ed.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 1-15). Berlin/ Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kuckartz, U. (2014). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (2., durchgesehene Auflage). Weinheim und Basel: Beltz Juventa.
- Kucharz, D. (2015). Inklusiver Sachunterricht. In C. Huf & I. Schnell (Ed.), *Inklusive Bildung in KiTa und Grundschule* (S. 221-236). Stuttgart: Kohlhammer.
- Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, 11-36.
- Lange, C., Albers, M., Blumenthal, S., Henze, U., Hötger, M., Orth, J.M. & Ransiek, J. (2007). Diversität entwickeln: Konzepte für den naturwissenschaftlichen Unterricht. In S. Boller, E. Rosowski & T. Stroot (Ed.), *Heterogenität in Schule und Unterricht* (S. 148-157). Weinheim / Basel: Beltz.
- Lange-Schubert, K., & Tretter, T. (2017). Inklusives Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht: Vom guten Unterricht in heterogenen Lerngruppen. In F. Hellmich & E. Blumberg (Ed.), *Inklusiver Unterricht in der Grundschule* (S. 268-293). Stuttgart: Kohlhammer.
- Ledermann, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.B. & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497-521.
- Lipowsky, F. (2002). Zur Qualität offener Lernsituationen im Spiegel empirischer Forschungen. In U. Drews & W. Wallrabenstein (Ed.), *Freiarbeit in der Grundschule: Offener Unterricht in Theorie, Forschung und Praxis* (S. 126-159). Frankfurt a.M.: Grundschulverband.
- Lück, G. (2000). Naturwissenschaften im frühen Kindesalter: Untersuchungen zur Primärbegegnung von Vorschulkindern mit Phänomenen der unbelebten Natur. In A. Gramm, K. Möller, E. Sumfleth, H.J. Schlichting & N. Just (Ed.), *Naturwissenschaften und Technik: Didaktik im Gespräch* (Band 33; S. 1-7). Münster: LIT.
- Lück, G. (2013). Förderung naturwissenschaftlicher Bildung. In M. Stamm & D. Edelmann (Ed.), *Handbuch frühkindliche Bildungsforschung* (S. 557-572). Wiesbaden: Springer VS.
- Lutz, W. (2012). *Physik bei der Feuerwehr: Schriftliche Hausarbeit zum ersten Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien*. Würzburg: Julius-Maximilians-Universität.
- Markic, S. & Abels, S. (2016). Science Education Meets Inclusion. In S. Markic & S. Abels (Ed.), *Science Education towards Inclusion* (S. 1-6). New York: Nova Science Publishers.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., aktual., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.

- Meheut, M. (1985). Pupils' (11-12 years olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7 (1), 83-93.
- Melzer, H. (2016). *Diagnoseinstrumente für die individuelle Förderung im Chemieunterricht des Gymnasiums*. (Projekt SINUS-NRW). Soest: QUA-Lis NRW.
- Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A. & Rott, L. (2017): Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Jahrestagung 2016* (S. 800-803). Zürich: Universität Regensburg.
- Menzel, D. (2008). Wirkungen und Wirksamkeit von Werkstattunterricht: Empirische Studie zur Öffnung des Sachunterrichts. In H. Giest & J. Wiesemann (Ed.), *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Kind und Wissenschaft* (S. 251-262). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Messner, R. (2009). *Schule forscht. Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen*. Hamburg: Körber.
- Mikelskis-Seifert, S. & Wiebel, K. (2011). *Anschlussfähige naturwissenschaftliche Kompetenzen erwerben durch Experimentieren* (SINUS-Transfer Grundschule). Kiel: IPN.
- Möller, K. (2000). Lehr-Lernforschung im Sachunterricht. In O. Jaumann-Graumann & W. Köhnlein (Ed.), *Lehrerprofessionalität: Lehrerprofessionalisierung* (S. 314-325). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K. (2001). Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In K. Czerwenka, K. Nölle & H.-G. Roßbach (Ed.), *Forschungen zu Lehr- und Lernkonzepten in der Grundschule* (S. 16-31). Opladen: Leske+Budrich.
- Möller, K. (2004). Verstehen durch Handeln beim Lernen naturwissenschaftlicher und technikbezogener Sachverhalte. In W. Köhnlein & R. Lauterbach (Ed.), *Verstehen und begründetes Handeln* (S. 147-165). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K. (2015). Handlungsorientierung im Sachunterricht. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Ed.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (2. Aufl.; S. 243-248). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K., Hardy, I. & Lange, K. (2012). Moving Beyond Standards: How Can We Improve Elementary Science Learning? A German Perspective. In S. Berholt, K. Neumann & P. Nentwig (Ed.), *Making It Tangible: Learning Outcomes in Science Education* (S. 33- 58). Münster: Waxmann.
- Möller, K., Kleickmann, T. & Sodian, B. (2011). Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. In W. Einsiedler, M. Götz, A. Hartinger, F. Heinzel, J. Kahlert & U. Sandfuchs (Ed.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (S. 527-535), Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Müller, K., Gartmeier, M. & Prenzel, M. (2013). Kompetenzorientierter Unterricht im Kontext nationaler Bildungsstandards. *Bildung und Erziehung*, 66 (2), 127-144.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K.H., Upmeyer zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht: Eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22, 77-96.
- Netzwerk Leichte Sprache (2013). *Die Regeln für leichte Sprache*. [http://www.leichtesprache.org/images/Regeln\\_Leichte\\_Sprache.pdf](http://www.leichtesprache.org/images/Regeln_Leichte_Sprache.pdf) (10.06.2018).
- Niedersächsisches Kultusministerium (2017). *Kerncurriculum für die Grundschule: Schuljahrgänge 1-4: Sachunterricht*. Hannover: Unidruck.
- O'Leary, S. (2016). Science Differentiation: Professional Development for Teachers. In S. Markic & S. Abels (Ed.), *Science Education towards Inclusion: Education in a competitive and globalizing World* (S. 169-191). New York: Nova Science Publishers.
- Petermann, K., Friedrich, J. & Oetken, M. (2008). Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren: Inhaltliche Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *CHEMKON*, 15 (3), 1-14
- Platte, A. (2010). Inklusiver Unterricht: Eine didaktische Herausforderung. In A. Hinz, I. Körner & U. Niehoff (Ed.), *Auf dem Weg zur Schule für alle: Barrieren überwinden, inklusive Pädagogik entwickeln* (S. 87-100). Marburg: Lebenshilfe-Verlag.
- Puddu, S. (2017). *Implementing Inquiry-based Learning in a Diverse Classroom: Investigating Strategies of Scaffolding and Students' Views of Scientific Inquiry*. Wien: Universität Wien.
- Rahayu, S. & Tytler, R. (1999). Progression in primary school children's conceptions of burning: Toward an understanding of the concept of substance. *Research in Science Education*, 29 (3), 295-312.
- Rank, A. & Scholz, M. (2017). Inklusion im Sachunterricht: Unterricht planen und durchführen. In F. Hellmich & E. Blumberg (Ed.), *Inklusiver Unterricht in der Grundschule* (S. 313-321). Stuttgart: Kohlhammer.
- Reich, K. (2014). *Inklusive Didaktik: Bausteine für eine inklusive Schule*. Weinheim/ Basel: Beltz Verlag.
- Reinecke, J. (2014). Grundlagen der standardisierten Befragung. In I. Baur & J. Blasius (Ed.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 601-616). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Wallberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Naturwissenschaftliche Erziehung jetzt: Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas*. [http://www.ljbw.de/files/report-rocard-on-science-education\\_de.pdf](http://www.ljbw.de/files/report-rocard-on-science-education_de.pdf) (10.06.2018).
- Ross, K. (1990). Burning: A constructive not a destructive process. *School Science Review*, 72 (261), 39-50.

- Rott, L. & Marohn, A. (2015). Choice<sup>2</sup>explore: Eine an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtskonzeption für den inklusiven Sachunterricht. *Sache – Wort – Zahl*, 154 (43), 52-58.
- Schäfer, K. & Wöhrmann, H. (2008). Schülervorstellungen zur Chemie im Sachunterricht. In *Grundschulunterricht Sachunterricht*, 2, 36-37.
- Scheidt, K. (2017). *Inklusion: Im Spannungsfeld von Individualisierung und Gemeinsamkeit*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Schollum, B. & Happs, J. (1982). Learner's views about burning. *The Australian Science Teachers' Journal*, 28 (3), 84-88.
- Schomaker, C. & Seitz, S. (2011). Sachunterricht in der inklusiven Grundschule: Ohne kognitive Beeinträchtigung. In R. Ratz (Ed.), *Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Fachorientierung und Inklusion als didaktische Herausforderungen* (S. 155-171). Oberhausen: Athena.
- Schroeder, R. & Miller, S. (2017). Sachunterrichtsdidaktik und Inklusion. In F. Hellmich & E. Blumberg (Ed.), *Inklusiver Unterricht in der Grundschule* (S. 231-247), Stuttgart: W. Kohlhammer.
- Schwartz, R.S., Ledermann, N.G. & Crawford, B.A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Education*, 88 (4), 610-645.
- Seitz, S. (2013). Kommunikativer Sachunterricht in inklusiven Grundschulen: Kinder machen gemeinsame Sache. In A. Becher, S. Miller, I. Oldenburg, D. Pech & C. Schomaker (Ed.), *Kommunikativer Sachunterricht* (S. 205-212). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Shymansky, J.A., Hedges, L.V. & Woothworth, G. (1990). A reassessment of the effects of inquirybased science curricula of the 60's on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (2), 127-144.
- Siegler, R.S. (2001). *Das Denken von Kindern*. München: Oldenbourg.
- Sodian, B. & Koerber, S. (2015). Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Ed.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (2. Aufl.; S. 340-345). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Steffensky, M., Lankes, E.-M. & Carstensen, C.H. (2012). Was bedeutet naturwissenschaftliche Kompetenz bei Fünfjährigen und wie kann man sie erfassen? In M. Gläser-Zikuda, T. Seidel, C. Rohlf, A. Gröschner & S. Ziegelbauer (Ed.), *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung* (S. 107-119). Münster: Waxmann.
- Steffensky, M. (2016). *Feuer und Verbrennung: Fachdidaktische Information*. <http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/verbrennung/fachdidaktische-informationen> (10.06.2018).

- Tajmel, T. & Hägi-Mead, S. (2017). *Sprachbewusste Unterrichtsplanung: Prinzipien, Methoden und Beispiele für die Umsetzung (FÖRMIG Material 9)*. Münster: Waxmann.
- Tiemann, R. & Körbs, C. (2014). Die Fragebogenmethode: Ein Klassiker der empirischen didaktischen Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Ed.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 283-295). Berlin/ Heidelberg: Springer Spektrum.
- UNESCO (2005). *Guidelines for Inclusion: Ensuring Access to Education for All*. Paris: UNESCO.
- United Nations (2006). *UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. Online unter <http://www.un.org/> (10.06.2018).
- Unthan, H. (2006). *Eine empirische Untersuchung über die Entwicklung anschlussfähiger naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschulern und Grundschülerinnen zum Thema Feuer*. Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung. Lüneburg: Leuphana Universität (unveröffentlichtes Dokument).
- Vogl, S. (2014). Gruppendiskussion. In N. Baur & J. Blasius (Ed.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 581-586). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. MA: Harvard University Press.
- Welsch, N., Schwab, J. & Liebmann, C.C. (2013). *Materie: Erde, Wasser, Luft und Feuer*. Berlin/ Heidelberg: Springer Spektrum.
- Werning, R. (2014). Stichwort: Schulische Inklusion. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 17 (4), 601-623.
- Wodzinski, R. (2004). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf (Ed.), *Schülervorstellungen in der Physik* (S. 23-38). Köln: Aulis.
- Wodzinski, R. (2011). *Naturwissenschaftliche Fachkonzepte anbahnen: Anschlussfähigkeit verbessern* (SINUS-Transfer Grundschule). Kiel: IPN.
- Züll, C. & Menold, N. (2014). Offene Fragen. In N. Baur & J. Blasius (Ed.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 713-719). Wiesbaden: Springer Fachmedien.

## **Anhang:**

### *Forschungsfeld:*

A.I:	Einschätzung der Leistungsstärke durch Lehrperson .....	72
------	---	----

### *Intervention:*

A.II:	Verlaufspläne der Unterrichtsstunden .....	73
-------	--	----

A.III:	Überblick Zusammenstellung der Versuchsboxen (Bilder) .....	77
--------	---	----

A.IV:	Legebild Verbrennungsdreieck für Tafel und Unterrichtsgespräch .....	78
-------	--	----

A.V:	Anleitungen und zusätzliche Materialien der Versuchsboxen .....	79
------	---	----

### *Erhebungsinstrumente:*

A.VI:	Fragebogen Pilotierung .....	96
-------	------------------------------	----

A.VII:	Fragebogen Prä-/ Post-Erhebung .....	97
--------	--------------------------------------	----

A.VIII:	Forschungsblätter 1-4 .....	98
---------	-----------------------------	----

A.IX:	Tabellarische Übersicht der Erhebung .....	102
-------	--	-----

A.X:	Zuordnung der Fragebogen-Items zu Vorstellungen .....	103
------	---	-----

### *Datenanalyse:*

A.XI:	Link zur Dropbox: Dokumente der Lernenden und MAXQDA-Datei ...	104
-------	--	-----

A.XII:	Transkriptionsregeln .....	104
--------	----------------------------	-----

A.XIII:	Transkript des Unterrichtsgesprächs .....	105
---------	---	-----

A.XIV:	Kodierleitfaden .....	111
--------	-----------------------	-----

A.XV:	Gesamtverteilung der Ausprägungen pro Kategorie .....	116
-------	---	-----

A.XVI:	Gesamtverteilung der Ausprägungen .....	116
--------	---	-----

A. XVII:	Tabellarische Übersicht der Kodierungen pro Schüler_in .....	117
----------	--	-----

A. XVIII:	Übersicht Kodierungen des Unterrichtsgesprächs .....	118
-----------	--	-----

<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>119</b>
--	------------

# A.1: Einschätzung der Leistungsstärke durch Lehrperson

## Einschätzung der Leistungsstärke im Sachunterricht durch die Sachunterrichtslehrperson

Bezugspunkte der Einschätzung:

- Selbstständigkeit im Lernprozess
- sach- und altersangemessene Kommunikation und Reflexion
- methodische Kompetenzen in handlungsorientierten Unterrichtsphasen
- Konzentrationsfähigkeit
- fachliches Interesse

Schüler_in	leistungsschwach		leistungsstark		Kommentar	besondere Bedarfe
	eher	sehr	eher	sehr		
A		X			kann sich nur schwer zurückhalten, Beiträge oft am Thema vorbei, unkonzentriert	
B			X		interessiert u. motiviert, kann aber bei Kritik-Interesse komplett verweigern. Wenn interessiert kann sie ausdauernd an Problemlösungen arbeiten	
C				X	sehr interessiert, sehr selbstständig im Arbeitsprozess, weiterführende Unterrichtsbeiträge	
D	X				hängt sich an leistungsstärkere Kinder, blendet daher zunächst mit ihren Ergebnissen. Unsicher und bringt sich kaum in U-Gespräche ein	Unterstützungsbedarf Lernen
E		X			Interesse am U. ausschließlich von spontaner Motivation abhängig. Wenn motiviert, dann vor allem an handlungsorientierten U-Situationen. Große Schwierigkeiten im schriftl. Bereich	Unterstützungsbedarf Sozial-Emotional
F			X		Motiviert, interessiert wenn sie weiß, was zu tun ist, arbeitet sie selbstständig.	Dat
G	X				sehr motiviert, sehr sozial, benötigt Unterstützung bei Verständnis und Umsetzung der Aufgaben	Unterstützungsbedarf Geistige Entwicklg.
H	X				eigentlich interessiert, oft aufgrund seines Fluchtcharakteres schnell sozial-emotional blockiert. Wenig Vorwissen, daher keine altersentspr. Vorstellungen	Dat
I		X			strengt sich sehr an, um gute Leistungen bringen zu können	
J				X	gutes Aufgabenverständnis, arbeitet sehr selbstständig, kann Sachverhalte gut erklären u. reflektieren, weiterführende U-Beiträge	
K		X			langsam im Verständnis und Umsetzung, wenig selbstständig, verträumt geringe Motivation	
K			X		interessiert / motiviert, arbeitet selbstständig, braucht geleg. kleine Anreize zum Weiterarbeiten. Kann Lernergebnisse vorstellen, aber nicht immer auf andere Sachverhalte übertragen	vorstellen / Sachverhalte übertr.
L			X		stark interessiert, bearbeitet Aufg. und lösst sie dann sorgfältig, wenn Anreize für Aufgabenverständnis bekommt	Dat
M	X				Benötigt viel Unterstützung, sowohl beim Aufg.-Verständnis als auch bei der Durchführung. Es fällt ihm schwer, seine Lernergebnisse zu kommunizieren.	Unterstützungsbedarf Lernen

B. Gondmeyer

## ***A.II: Verlaufspläne der Unterrichtsstunden***

### **1. Stunde:**

<b>Zeitspanne (45 min.)</b>	<b>Inhalt der Unterrichtsphase</b>	<b>Didaktisch-methodischer Kommentar</b>
10 min.	Begrüßung, Einstieg Thema Verbrennung: Klassengespräch über Erfahrungen, Versuchsregeln, Glossar	Namen wiederholen, Erklärung der Forschungsarbeit, keine Bewertungssituation, Kognitive Aktivierung, Lenkung des Gesprächs auf Themenbereich der ‚Verbrennung‘, Relevanz der Versuchsregeln herausstellen, Regelplakat unterschreiben lassen und gemeinsam mit Glossar gut sichtbar an die Tafel hängen
20 min.	Erhebung der Prä-Tests	Einzelarbeit
15 min.	Gemeinsam: Streichholz anzünden und löschen üben	Versuchsregeln aufgreifen, Grundlage zum Durchführen der Versuchsboxen legen, Löschen der brennenden Materialien im Becherglas mit Wasser besprechen <i>Didaktische Reserve: AB „Streichholz richtig anzünden“</i>

## 2. Stunde:

<b>Zeitspanne (90 min.)</b>	<b>Inhalt der Unterrichtsphase</b>	<b>Didaktisch-methodischer Kommentar</b>
15 min.	Begrüßung, Einstieg	Erklärung des Ablaufs, Wiederholen der Versuchsregeln; Erklärung der Versuchsboxen: Aufbau der Forschungsblätter, Tipp-System mit Tool zum Ankreuzen und Auftrag an die Kinder, „Forscher_innen schreiben alles auf, was sie herausfinden“ erklären.
50 min.	Forschungszeit mit zwei verschiedenen Versuchsboxen:  FB1: Welche Materialien können brennen? + *Wie kannst du ein Lagerfeuer schneller entzünden? ( <i>erwartete Vorstellung: ‚Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen.‘</i> )  FB2: Warum brennt das eine Teelicht am längsten? + * Wie kannst du das Teelicht retten? ( <i>erwartete Vorstellung: ‚Feuer braucht Luft, um zu brennen.‘</i> )	Fragengeleitete Versuchsbox: Je ein Forschungsblatt (FB) auf Level 1 + Tippkarten; zusätzliches *FB auf Level 2 mit weiterführender Forschungsfrage + Tippkarten. SuS bekommen FB und Versuchsanleitung. Sobald eine Vermutung formuliert wurde, bekommen sie einen Stempel und die Versuchsbox und können anfangen zu forschen. Tandems sind erwünscht. Die Kinder bekommen so viel Zeit wie sie benötigen. Wichtig ist, dass das *FB auf Level 2 nur begonnen wird, wenn nicht mehr als 15 min für das erste FB vergangen sind. Wenn sie mit einer Box fertig sind, bekommen sie FB und Anleitung der nächsten Box.
10 min.	Reflexionszeit (mit dem Teammitglied), FB ausfüllen	Versuche nachbereiten, Erkenntnisse aufschreiben, animieren viel zu schreiben, hinterher einsammeln
5 min.	Aufräumen	
10 min.	Sitzkreis: gemeinsames Gespräch über Experimente	Gemeinsame Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse, weiterführende Erkenntnis thematisieren, dass Verbrennung eine Stoffumwandlung ist. Ausblick geben.

### 3. Stunde:

Zeitspanne (90 min.)	Inhalt der Unterrichtsphase	Didaktisch-methodischer Kommentar
15min.	Begrüßung, Einstieg	Erklärung des Ablaufs, Wiederholen der Experimentierregeln; Wiederholung Aufbau der FB, Tipp-System mit Tool zum Ankreuzen und Auftrag an die Kinder, „Forscher_innen schreiben alles auf, was sie herausfinden“ erklären.
50 min.	<p>Forschungszeit mit zwei verschiedenen Versuchen:</p> <p>FB3: Warum brennt das Filterpapier nicht?            + *Kannst du bestimmen, wie schnell das Papier anfängt zu brennen?  <i>(erwartete Vorstellung: ,Feuer braucht Temperatur, um zu brennen. ')</i></p> <p>FB4: Wie kannst du ein Holzfeuer löschen?            + *Warum müssen Feuerwehrleute so genau wissen, was ein Feuer zum Brennen braucht?  <i>(erwartete Vorstellung: ,Alle Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt. ')</i></p>	<p>Fragengeleitete Versuchsbox: Je ein Forschungsblatt (FB) auf Level 1 + Tippkarten; zusätzliches *FB auf Level 2 mit weiterführender Forschungsfrage + Tippkarten.</p> <p>SuS bekommen FB und Versuchsanleitung. Sobald eine Vermutung formuliert wurde, bekommen sie einen Stempel und die Versuchsbox und können anfangen zu forschen. Tandems sind erwünscht. Die Kinder bekommen so viel Zeit wie sie benötigen. Wichtig ist, dass das *FB auf Level 2 nur begonnen wird, wenn nicht mehr als 15 min für das erste FB vergangen sind. Wenn sie mit einer Box fertig sind, bekommen sie FB und Anleitung der nächsten Box.</p>
10 min.	Reflexionszeit (mit dem Teammitglied), FB ausfüllen	Versuche nachbereiten, Erkenntnisse aufschreiben, animieren viel zu schreiben, hinterher einsammeln
5 min.	Aufräumen	
10 min.	Sitzkreis: gemeinsames Gespräch über Experimente	Gemeinsame Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse, weiterführende Erkenntnis thematisieren, dass Verbrennung eine Stoffumwandlung ist. Ausblick geben.

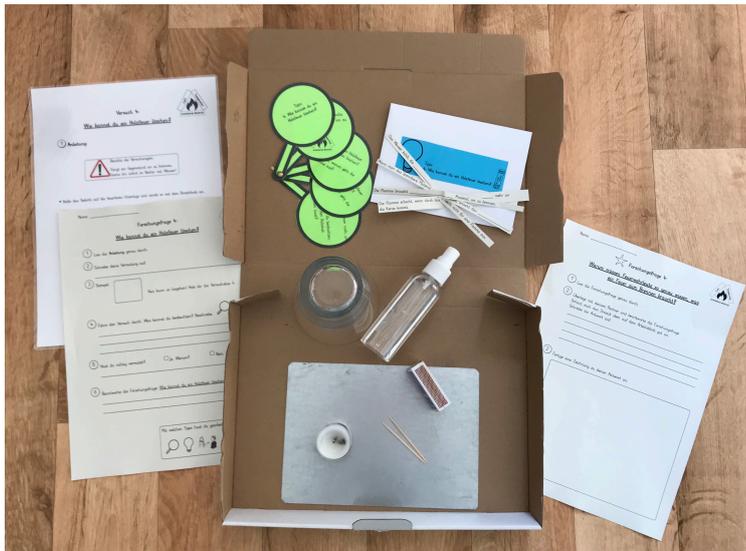
#### 4. Stunde:

<b>Zeitspanne (40 min.)</b>	<b>Inhalt der Unterrichtsphase</b>	<b>Didaktisch-methodischer Kommentar</b>
5 min.	Begrüßung, Einstieg	Ablauf kurz erklären
20 min.	Unterrichtsgespräch im Sitzkreis über alle Versuche und gewonnenen Erkenntnisse, Thematisierung Verbrennungsdreieck	Leitfragen zur Erkenntnisreflexion, Thematisierung des Verbrennungsdreiecks/ Voraussetzungen + Transferfrage: Warum müssen Feuerwehrleute das Dreieck so genau kennen? (entfernt man eine der Brandbedingungen, so kann ein Feuer gelöscht werden); Legebild Verbrennungsdreieck gemeinsam in der Mitte sukzessiv aufbauen
15 min.	Erhebung der Post-Tests	Einzelarbeit
5 min.	Verabschiedung	





Versuchsbox 3



Versuchsbox 4

**A.IV: Legebild Verbrennungsdreieck für Tafel und Unterrichtsgespräch**





## Versuch 1:

### Welche Materialien können brennen?

#### ① Anleitung:



Beachte die Versuchsregeln.

Fängt ein Gegenstand an zu brennen,  
lösche ihn sofort im Becher mit Wasser!

- Stelle das Teelicht auf die feuerfeste Unterlage und zünde es mit dem Streichholz an.
- Nimm ein kleines Stück der Materialien mit der Holzklammer. Halte es in die Flamme. Beobachte gut, was passiert.



Name: \_\_\_\_\_



## Forschungsfrage 1:

### Wie kannst du ein Lagerfeuer schnell entzünden?

- 1 Lies dir die Forschungsfrage genau durch.
- 2 Plane nun selbst einen Versuch. Erwinnere dich an die Materialien aus der Versuchsbox. Beschreibe und zeichne deinen Versuch genau.

Mein Versuch:

---

---

---

---

---

---

---

- 3 Warum hast du diesen Versuch gewählt?  
Kann dein Versuch die Forschungsfrage beantworten? Erkläre.

---

---

---

---

Mit welchen Tipps hast du gearbeitet? Kreuze an.



ohne  
Tipps

Tipps:

1. Wie kannst du ein Lagerfeuer schnell entzünden?

Welche Materialien aus der Box kannst du vergleichen? Überlege.

Was brennt schneller?



die Holzwolle



das Holzsplit

Lohnt es sich bei einem Lagerfeuer nur einen Holzsplit anzuzünden?

Welche brennbaren Materialien braucht das Lagerfeuer, damit es möglichst schnell brennt?



## Versuch 2:

### Warum brennt das eine Teelicht am längsten?

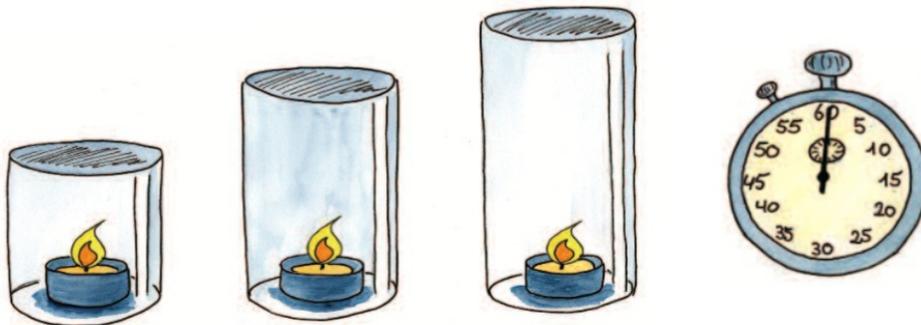
#### 1 Anleitung:



Beachte die Versuchsregeln.

Fängt ein Gegenstand an zu brennen,  
lösche ihn sofort im Becher mit Wasser!

- Stelle das Teelicht auf die feuerfeste Unterlage und zünde es mit dem Streichholz an.
- Stelle zuerst das kleinste Glas über das Teelicht.  
Beobachte genau und miss mit der Stoppuhr, wie lange das Teelicht brennt.

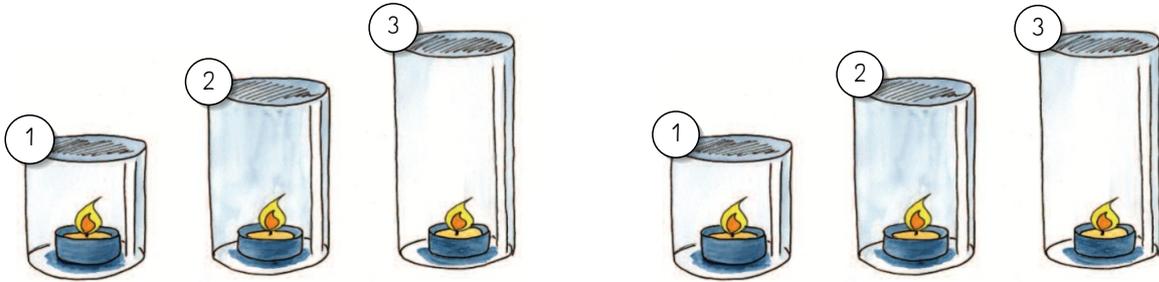


- Stelle dann das mittlere Glas über das Teelicht. Stoppe die Zeit und schreibe sie auf.
- Stelle das größte Glas über das Teelicht. Stoppe die Zeit und schreibe sie auf.  
Was fällt dir auf?



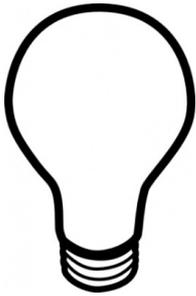
Tipps:

2. Warum brennt das eine Teelicht am längsten?



Kerze  brennt am längsten.

Kerze  brennt am längsten.



Tipps:

2. Warum brennt das eine Teelicht am längsten?



Kerze  brennt am längsten, weil sie am \_\_\_\_\_ Luft zum Brennen hat.

Kerze  erlischt als erstes, weil sie am \_\_\_\_\_ Luft zum Brennen hat.

Feuer braucht \_\_\_\_\_, um zu brennen.

Kerze  brennt am längsten, weil sie am \_\_\_\_\_ Luft zum Brennen hat.

Kerze  erlischt als erstes, weil sie am \_\_\_\_\_ Luft zum Brennen hat.

Feuer braucht \_\_\_\_\_, um zu brennen.

Luft, wenigsten, meisten

Name: \_\_\_\_\_



## Forschungsfrage 2:

### Wie kannst du das Teelicht retten?

- 1 Lies dir die Forschungsfrage genau durch.
- 2 Plane nun selbst einen Versuch. Erwinnere dich an die Materialien aus der Versuchsbox. Zeichne und beschrifte deinen Versuch genau.

Mein Versuch:

- 3 Stempel:



Nun kann es losgehen!

- 4 Führe den Versuch durch. Was kannst du beobachten? Beschreibe und Erkläre.

---

---

---

- 6 Beantworte die Forschungsfrage: Wie kannst du das Teelicht retten?

---

Mit welchen Tipps hast du gearbeitet? Kreuze an.



Tipps:

2. Wie kannst du das Teelicht retten?

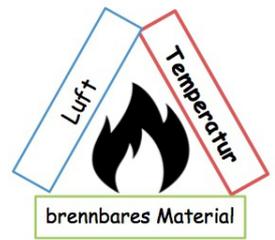
Zünde das Teelicht an und stelle ein Glas darüber.

Beobachte die Flamme genau.

Hebe das Glas ein bisschen an, kurz bevor die Flamme erlischt.

Was beobachtest du?

Erkennst du einen Unterschied, wenn du das Glas schnell oder langsam anhebst?



## Versuch 3:

# Warum brennt das Papier nicht?

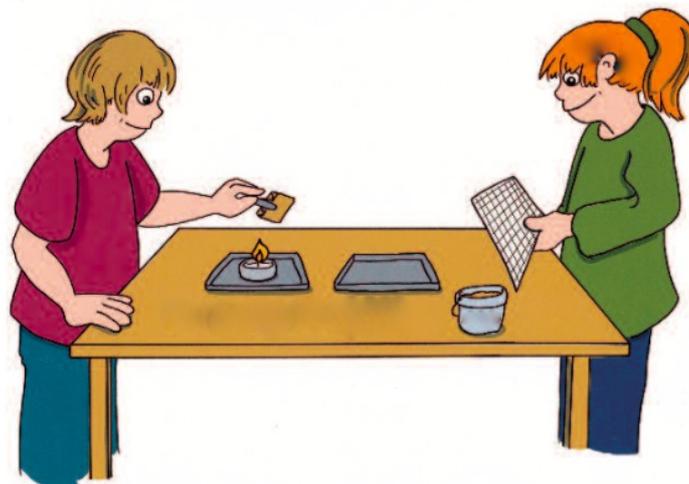
### 1 Anleitung:



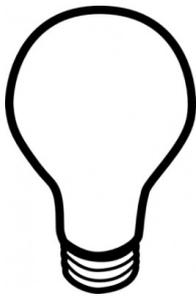
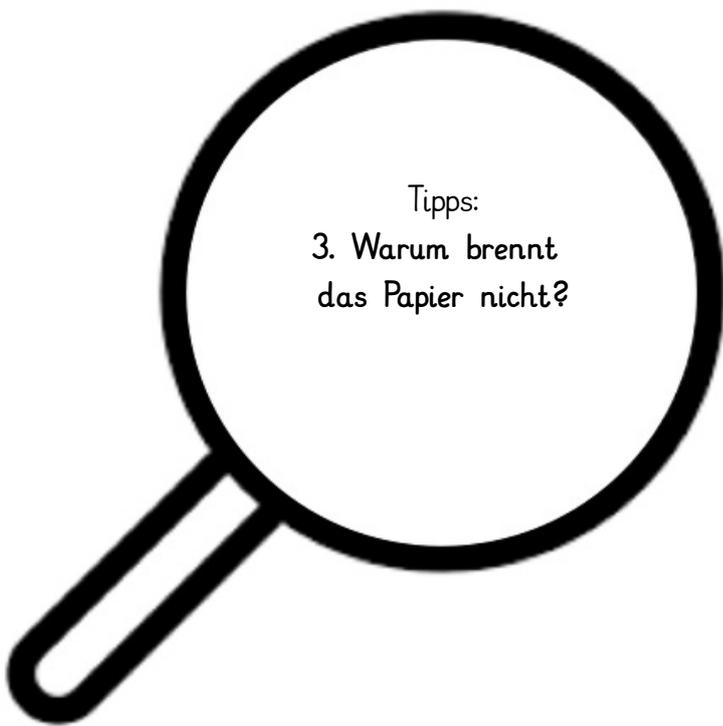
Beachte die Versuchsregeln.

Fängt ein Gegenstand an zu brennen,  
lösche ihn sofort im Becher mit Wasser!

- Stelle das Teelicht auf die feuerfeste Unterlage und zünde es mit dem Streichholz an.
- **Versuch A:**  
Halte ein trockenes Stück Papier mit der Holzklammer in die Flamme.  
Beobachte genau und beschreibe.



- **Versuch B:**  
Nimm ein anderes Stück Papier mit der Holzklammer.  
Halte es in den Becher mit Wasser bis es sich vollsaugt.  
Halte es dann in die Flamme. Was kannst du beobachten? Beschreibe.



Tipps:  
3. Warum brennt das Papier nicht?



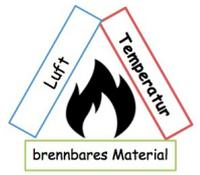
Das Wasser | kühlt das Papier. | Es verdampft langsam | über der Flamme.

Das Papier kann nicht | anfangen zu brennen, | weil die Temperatur | zu niedrig ist.

Das Wasser | kühlt das Papier. | Es verdampft langsam. | über der Flamme.

Das Papier kann nicht | anfangen zu brennen, | weil die Temperatur | zu niedrig ist.

Name: \_\_\_\_\_



# ★ Forschungsfrage 3:

## Kannst du bestimmen, wie schnell das Papier anfängt zu brennen?

- 1 Lies dir die Forschungsfrage genau durch.
- 2 Plane nun selbst einen Versuch. Erwinnere dich an die Materialien aus der Versuchsbox. Zeichne und beschrifte deinen Versuch genau.

Mein Versuch:

- 3 Stempel:  Nun kann es losgehen!

- 4 Führe den Versuch durch. Was kannst du beobachten? Beschreibe und Erkläre.

---

---

---

- 6 Beantworte: Kannst du bestimmen, wie schnell das Papier anfängt zu brennen?

---

Mit welchen Tipps hast du gearbeitet? Kreuze an.



Tipps:

3. Kannst du bestimmen,  
wie schnell das Papier  
anfängt zu brennen?

Zünde das Teelicht an und  
halte ein Stück Papier  
unterschiedlich dicht über  
die Flamme.

Beobachte, wie schnell  
es anfängt zu brennen.

Probiere das auch mit  
einem nassen Stück Papier  
aus.  
Was fällt dir auf?

Wasser kühlt das Papier.  
Dadurch kann es nicht so  
schnell anfangen zu brennen.

Halte das nasse Papier  
dichter über die Flamme.  
Die Temperatur ist nun  
höher.  
Was beobachtest du?

Wenn die Temperatur höher  
ist, fängt das Papier  
schneller an zu brennen.

Name: \_\_\_\_\_



Spezialfrage:

## Warum entsteht die Flamme?

1 Lies die **Anleitung** genau durch.

2 Was vermutest du? Schreibe auf.

---

---

3 Stempel:



Nun kann es losgehen!

4 Führe den Versuch mit einer Lehrerin durch. Was kannst du beobachten?  
Beschreibe und zeichne.

---

---

---

---

5 Hast du richtig vermutet?  Ja. Warum?  Nein. Warum?

---

6 Beantworte die Forschungsfrage: Warum entsteht die Flamme?

---

---

7 Warum fängt das Material an zu brennen, obwohl es die Flamme vom Teelicht nicht berührt?

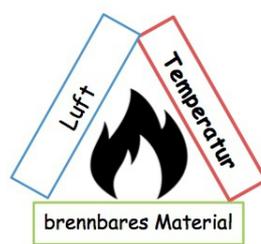
---

---



Spezialfrage:

## Warum entsteht die Flamme?



### 1 Anleitung:

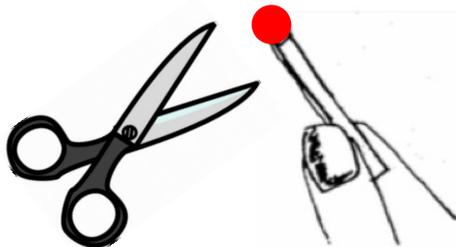


Führe diesen Versuch nur mit einer Lehrerin durch!

Beachte die Versuchsregeln.

Fängt ein Gegenstand an zu brennen, lösche ihn sofort im Becher mit Wasser!

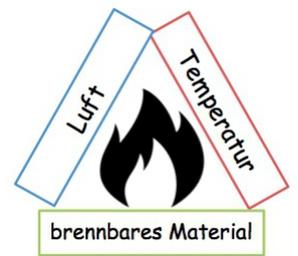
- Nimm dir ein Stück von der Aluminiumfolie und knicke es in der Mitte, so dass eine Rinne entsteht. Die Rinne sollte etwa 10cm lang sein.
- Schneide mit einer Schere das rote Zündmaterial von einem Streichholz ab und lege es in die Rinne.



- Stelle das Teelicht auf die feuerfeste Unterlage und zünde es mit dem Streichholz an.
- Halte die Rinne mit dem Zündmaterial über die Flamme des Teelichts. Nimm dazu eine Holzklammer.

**VORSICHT:** Halte mit dem Kopf Abstand zum Teelicht!

- Was kannst du beobachten?



## Versuch 4:

### Wie kannst du ein Holzfeuer löschen?

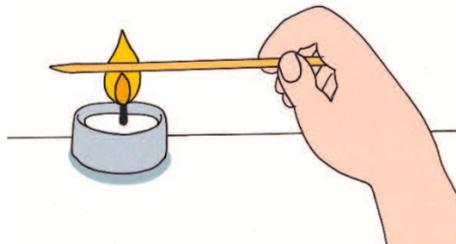
#### 1 Anleitung:



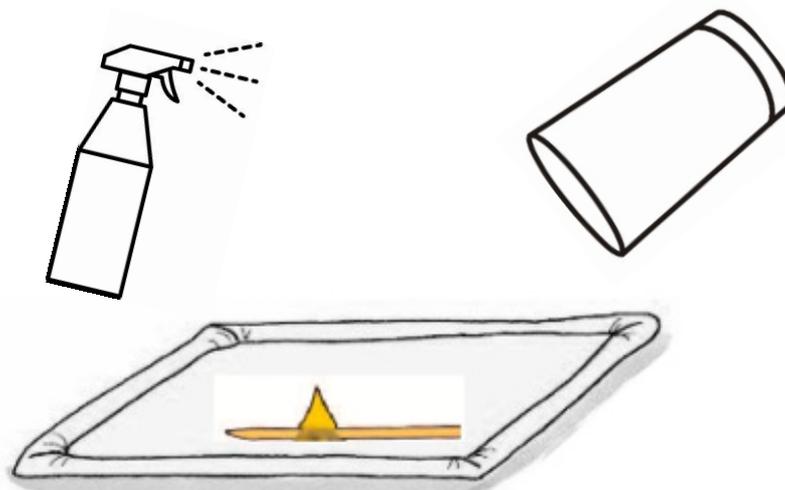
Beachte die Versuchsregeln.

Fängt ein Gegenstand an zu brennen, lösche ihn sofort im Becher mit Wasser!

- Stelle das Teelicht auf die feuerfeste Unterlage und zünde es mit dem Streichholz an.
- Halte nun den Holzstab vorsichtig in die Flamme, bis er anfängt zu brennen.

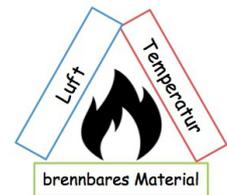


- Lege den brennenden Holzstab sofort auf die feuerfeste Unterlage und lösche vorsichtig das Teelicht.
- Wie kannst du das Holzfeuer mit den Materialien aus der Versuchsbox löschen? Beschreibe.



Tipps:  
4. Wie kannst du ein  
Holzfeuer löschen?

Erinnere dich  
an die letzten Versuche.  
Was braucht Feuer, um zu  
brennen?

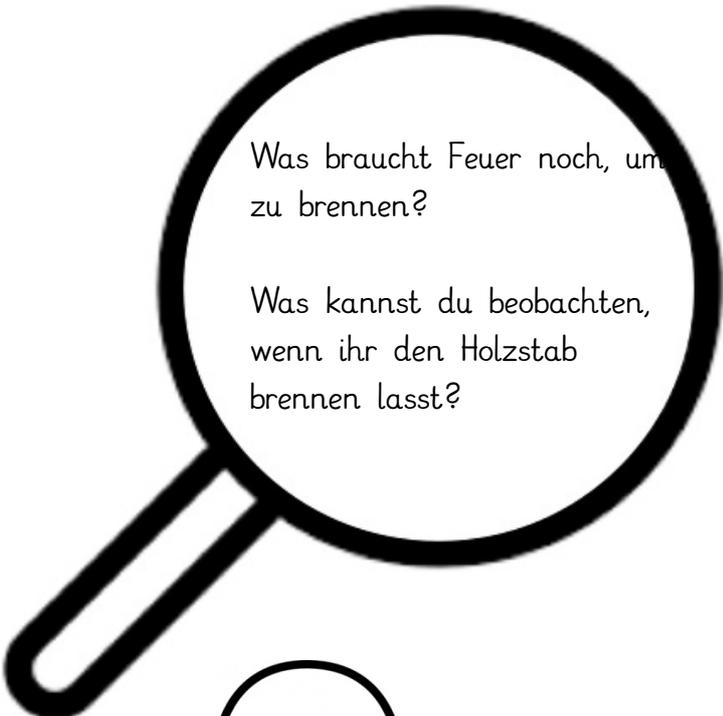


Kannst du das Holzfeuer  
mit einem Glas löschen?

Wenn ja, warum geht die  
Flamme aus?

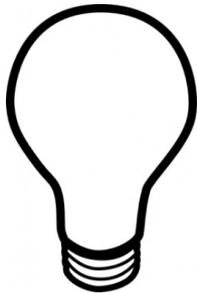
Kannst du das Holzfeuer  
mit Wasser löschen?

Wenn ja, warum geht die  
Flamme aus?



Was braucht Feuer noch, um zu brennen?

Was kannst du beobachten, wenn ihr den Holzstab brennen lasst?



Tipps:

4. Wie kannst du ein Holzfeuer löschen?



Die Flamme erlischt, wenn durch das Glas keine \_\_\_\_\_ mehr an die Kerze kommt.

Das Wasser kühlt, die \_\_\_\_\_ reicht nicht für eine Flamme aus.

Die Flamme braucht \_\_\_\_\_ Material, um zu brennen.

Wenn man das brennbare Material verbrennen lässt, erlischt das \_\_\_\_\_.

Die Flamme erlischt, wenn durch das Glas keine \_\_\_\_\_ mehr an die Kerze kommt.

Das Wasser kühlt, die \_\_\_\_\_ reicht nicht für eine Flamme aus.

Die Flamme braucht \_\_\_\_\_ Material, um zu brennen.

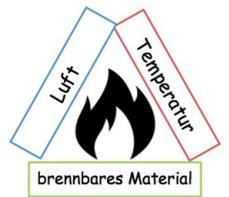
Wenn man das brennbare Material verbrennen lässt, erlischt das \_\_\_\_\_.

Holzfeuer, brennbares, Temperatur, Luft

Name: \_\_\_\_\_



## Forschungsfrage 4:



### Warum müssen Feuerwehrleute so genau wissen, was ein Feuer zum Brennen braucht?

- 1 Lies die Forschungsfrage genau durch.
- 2 Überlege mit deinem Partner und beantworte die Forschungsfrage. Schaut euch das Dreieck oben auf dem Arbeitsblatt gut an. Schreibe die Antwort auf.

---

---

---

---

- 2 Fertige eine Zeichnung zu deiner Antwort an.



# Fragebogen:

Lies dir die Sätze genau durch. Sind sie richtig ✓ oder falsch ✗ ? Kreise ein.

- ① Holz kann brennen. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ② Glas kann brennen. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ③ Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ④ Alle Materialien können mit einem Teelicht entzündet werden. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ⑤ Feuer braucht Luft, um zu brennen. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ⑥ Kleinere Holzstücke brennen schneller als größere Holzstücke. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ⑦ Wenn etwas verbrennt, verschwindet es. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ⑧ Alle Materialien brennen gleich schnell. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ⑨ Wenn keine Luft mehr an das Teelicht kommt, erlischt die Flamme. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ⑩ Wenn ein Stück Papier verbrennt, ist hinterher nichts mehr da. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ⑪ Feuer braucht eine bestimmte Temperatur, um zu brennen. \_\_\_\_\_ ✓ ✗
- ⑫ Kaltes und nasses Papier brennt so gut wie warmes und trockenes Papier. \_\_\_\_\_ ✓ ✗

⑬ Was braucht Feuer, um zu brennen? Nenne und zeichne alle deine Ideen.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

⑭ Wie kannst du ein kleines Feuer löschen? Nenne und erkläre alle deine Ideen.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# A.VII: Fragebogen Prä-/ Post-Erhebung



## Fragebogen:

Lies dir die Sätze genau durch. Sind sie richtig ✓ oder falsch ✗? Kreise ein.  
Wenn du das nicht so genau weißt, ist das gar nicht schlimm. Kreise dann ? ein.

- ① Wenn ein Stück Papier verbrennt, ist hinterher nichts mehr da. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ② Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ③ Feuer brennt auch ohne Luft. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ④ Alle Materialien brennen gleich schnell. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ⑤ Wenn keine Luft mehr an ein Feuer kommt, erlischt die Flamme. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ⑥ Feuer braucht eine bestimmte Temperatur, um zu brennen. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ⑦ Alle Materialien können mit einem Teelicht entzündet werden. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ⑧ Kleinere Holzstücke brennen langsamer als größere Holzstücke. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ⑨ Wenn etwas verbrennt, verschwindet es. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ⑩ Feuer braucht Luft, um zu brennen. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ⑪ Kaltes und nasses Papier brennt so gut wie warmes und trockenes Papier. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ⑫ Brennbare Materialien brennen bei einer höheren Temperatur schneller. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?
- ⑬ Wenn etwas verbrennt, verschwindet es nicht. Es wird umgewandelt. \_\_\_\_\_ ✓ ✗ ?

⑭ Was braucht Feuer, um zu brennen? Nenne und zeichne alle deine Ideen.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

⑮ Wie kannst du ein kleines Feuer löschen? Nenne und erkläre alle deine Ideen.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Forschungsfrage 1:

Welche Materialien können brennen?

1 Lies die **Anleitung** genau durch.

2 Was vermutest du? Kreuze an.

Die Materialien:	2 Vermutung		4 Beobachtung	
	brennt	brennt nicht	brennt	brennt nicht
Das Glas				
Die Holzwolle				
Der Eisennagel				
Das Papier				
Die Pappe				
Der Stoff				
Der Stein				
Das Geldstück				
Das Holzsplit				

3 Stempel:



Nun kann es losgehen! Hole dir die Versuchsbox 1.

4 Führe den Versuch durch. Was kannst du beobachten? Kreuze an.

5 Beantworte die Forschungsfrage: Welche Materialien können brennen?

Mit welchen Tipps hast du gearbeitet? Kreuze an.



Name: \_\_\_\_\_



## Forschungsfrage 2:

### Warum brennt das eine Teelicht am längsten?

1 Lies die **Anleitung** genau durch.

2 Was vermutest du? Schreibe auf.

Ich vermute, dass \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3 Stempel:



Nun kann es losgehen! Hole dir die Versuchsbox 2.

4 Führe den Versuch durch. Was kannst du beobachten? Beschreibe und zeichne. 

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



5 Hast du richtig vermutet?

Ja. Warum?

Nein. Warum?

\_\_\_\_\_

6 Beantworte die Forschungsfrage: Warum brennt das eine Teelicht am längsten? 

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Mit welchen Tipps hast du gearbeitet? Kreuze an.



ohne  
Tipps

Name: \_\_\_\_\_



### Forschungsfrage 3:

## Warum brennt das Papier nicht?

1 Lies die **Anleitung** genau durch.

2 Was vermutest du? Schreibe auf.

Ich vermute, dass \_\_\_\_\_

3 Stempel:



Nun kann es losgehen! Hole dir die Versuchsbox 3.

4 Führe den **Versuch A** durch. Was kannst du beobachten? Beschreibe.

trockenes Papier: \_\_\_\_\_

Führe den **Versuch B** durch. Was kannst du beobachten? Beschreibe.

nasses Papier: \_\_\_\_\_



5 Hast du richtig vermutet?

Ja. Warum?

Nein. Warum?

6 Beantworte die Forschungsfrage: Warum brennt das Papier nicht?

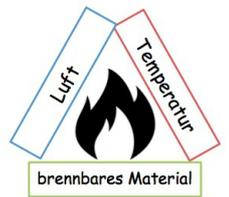


Mit welchen Tipps hast du gearbeitet? Kreuze an.



ohne  
Tipps

Name: \_\_\_\_\_



## Forschungsfrage 4:

### Wie kannst du ein Holzfeuer löschen?

1 Lies die **Anleitung** genau durch.

2 Schreibe deine Vermutung auf.

\_\_\_\_\_

3 Stempel:



Nun kann es losgehen! Hole dir die Versuchsbox 4.

4 Führe den Versuch durch. Was kannst du beobachten? Beschreibe.



\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5 Hast du richtig vermutet?

Ja. Warum?

Nein. Warum?

\_\_\_\_\_

6 Beantworte die Forschungsfrage: Wie kannst du ein Holzfeuer löschen?



\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Mit welchen Tipps hast du gearbeitet? Kreuze an.



ohne  
Tipps

### ***A.IX: Tabellarische Übersicht der Erhebung***

<b>Datum</b>	<b>Erhebungsinstrument</b>	<b>zu erfassende Vorstellung</b>
13.04.2018	Prä-Test (Pilotierung der geschlossenen Items, nur offene Items werden erfasst)	Offene Items 14 und 15 erfassen die Vorstellung <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Alle drei Bedingungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt.“</li> </ul>
16.04.2018	Prä-Test (nur geschlossene Items auf Testbögen)	Geschlossene Items 1 bis 13 erfassen die Vorstellungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen.“</li> <li>• „Feuer braucht Luft, um zu brennen.“</li> <li>• „Feuer braucht Temperatur, um zu brennen.“ und</li> <li>• „Verbrennung ist eine Umwandlung von Stoffen.“</li> </ul>
17.04.2018	Forschungsblätter der Versuchsbox 1 und 2	Forschungsblatt 1 erfasst die Vorstellung <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen.“</li> </ul> Forschungsblatt 2 erfasst die Vorstellung <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Feuer braucht Luft, um zu brennen.“</li> </ul>
20.04.2018	Forschungsblätter der Versuchsbox 3 und 4	Forschungsblatt 3 erfasst die Vorstellung <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Feuer braucht Temperatur, um zu brennen.“</li> </ul> Forschungsblatt 4 erfasst die Vorstellung <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Alle drei Bedingungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt.“</li> </ul>
23.04.2018	Unterrichtsgespräch	Alle Vorstellungen werden erfasst: <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen.“</li> <li>• „Feuer braucht Luft, um zu brennen.“</li> <li>• „Feuer braucht Temperatur, um zu brennen.“</li> <li>• „Alle drei Bedingungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt.“ und</li> <li>• „Verbrennung ist eine Umwandlung von Stoffen.“</li> </ul>
23.04.2018	Post-Test (Items 1-15)	Alle Vorstellungen werden erfasst. (s.o.)

## A.X: Zuordnung der Fragebogen-Items zu den Vorstellungen

①	Wenn ein Stück Papier verbrennt, ist hinterher nichts mehr da.	_____	✓	✗	?
②	Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen.	_____	✓	✗	?
③	Feuer brennt auch ohne Luft.	_____	✓	✗	?
④	Alle Materialien brennen gleich schnell.	_____	✓	✗	?
⑤	Wenn keine Luft mehr an ein Feuer kommt, erlischt die Flamme.	_____	✓	✗	?
⑥	Feuer braucht eine bestimmte Temperatur, um zu brennen.	_____	✓	✗	?
⑦	Alle Materialien können mit einem Teelicht entzündet werden.	_____	✓	✗	?
⑧	Kleinere Holzstücke brennen langsamer als größere Holzstücke.	_____	✓	✗	?
⑨	Wenn etwas verbrennt, verschwindet es.	_____	✓	✗	?
⑩	Feuer braucht Luft, um zu brennen.	_____	✓	✗	?
⑪	Kaltes und nasses Papier brennt so gut wie warmes und trockenes Papier.	_____	✓	✗	?
⑫	Brennbare Materialien brennen bei einer höheren Temperatur schneller.	_____	✓	✗	?
⑬	Wenn etwas verbrennt, verschwindet es nicht. Es wird umgewandelt.	_____	✓	✗	?

⑭ Was braucht Feuer, um zu brennen? Nenne und zeichne alle deine Ideen.

<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>	
---	--

⑮ Wie kannst du ein kleines Feuer löschen? Nenne und erkläre alle deine Ideen.

-----

-----

-----

### Farbliche Zuordnung zu den altersangemessenen Vorstellungen:

- Feuer braucht brennbares Material, um zu brennen.
- Feuer braucht Luft, um zu brennen.
- Feuer braucht Temperatur, um zu brennen.
- Alle drei Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt.
- Verbrennung ist eine Stoffumwandlung.

**A.XI:** *Link zur Dropbox: Dokumente der Lernenden und MAXQDA-Datei*

<https://www.dropbox.com/sh/qk367wnl9lbgruo/AAA9wjtKBZskqwMXIGBikr2Ta?dl=0>

**A.XII:** *Transkriptionsregeln (in Anlehnung an Mayring, 2015, S. 57)*

- Die Transkription der ausgewählten Videosequenzen erfolgt vollständig und wörtlich, jedoch nicht lautsprachlich.
- Zahlen werden in Ziffern dargestellt.
- Der Inhalt des Videos steht im Vordergrund. Nebengeräusche, Füllwörter wie „äh“ oder Ähnliches können weggelassen werden.
- Die Zeichensetzung erfolgt nach der Intonation des Sprechers.
- Bei Unklarheiten Punkte in Klammern setzen (...).
- Bei Pausen, Stockungen oder Ähnlichem in Dialogen Gedankenstrich in Klammern einfügen (-) und den Grund oder die Handlung kursiv und in Klammern (*Handlung*) notieren.
- Andere Auffälligkeiten, wie Lachen, Räuspern, notierte Handlungen kursiv und in Klammern angeben.
- Für alleinstehende Handlungen eine separate Zeile verwenden und kursiv schreiben.
- Bei Dialogen immer zugeordnete Buchstaben der anonymisierten Kinder, danach Doppelpunkt und Standardabstand setzen. Werden die Namen in den Dialogen verwendet, werden diese auch mit den entsprechenden Buchstaben anonymisiert und in Klammern gesetzt (A).
- Wenn eine Lehrperson spricht, die Buchstaben „LP“ verwenden.
- Antwortet die Klasse kollektiv und einzelne Kinder sind nicht identifizierbar, dann „Alle“ verwenden.

### **A.XIII:**

#### **Transkript des Unterrichtsgesprächs am 24.04.18 (Dauer: 20 min)**

- 1 **LP:** Ok. Und zwar ist meine erste Frage an euch, was braucht Feuer, um zu brennen? (*legt*  
2 *Flammensymbol in die Mitte*) (-) (*alle Kinder melden sich*) Wow. (-) (K).
- 3 **K:** Also Feuer braucht viele brennbare Materialien.
- 4 **LP:** Super, klasse! Was sind denn brennbare Materialien? (*legt Karte ‚brennbare*  
5 *Materialien‘ in die Mitte*).
- 6 **K:** Papier.
- 7 **LP:** Auch noch mal jemand anders vielleicht? Nimmst du mal jemanden dran?
- 8 **L:** Holz. (J).
- 9 **J:** Trockenenes Gras. (C).
- 10 **C:** Sauerstoff, also Luft.
- 11 **LP:** Das ist schon die nächste Bedingung, genau (-) (*legt Karte ‚Luft‘ in die Mitte*). Lasst  
12 uns aber noch einmal beim brennbaren Material bleiben. Wem fällt da noch was zu  
13 ein? (B).
- 14 **B:** Pappe. (A).
- 15 **A:** Wolle, Schleifpapier und so weitere Dinge.
- 16 **LP:** Haben wir das ausprobiert mit Schleifpapier? Aber du meinst das das brennt? Weil es  
17 Papier ist?
- 18 **A:** Weil ich weiß, dass das brennt. Ich weiß das einfach, weil ich das mal ausprobiert  
19 hab.
- 20 **LP:** Ok, also ist das auch ein brennbares Material. (G).
- 21 **G:** Temperatur.
- 22 **LP:** Oh ja sehr gut! (-) (*legt Karte ‚Temperatur‘ in die Mitte, Verbrennungsdreieck ist*  
23 *vollständig*).
- 24 **A:** Eine gewisse Temperatur (...).
- 25 **E:** Falsch herum.
- 26 **LP:** Ne, dann können die anderen da drüben das auch lesen. Können denn alle Materialien  
27 entzündet werden mit einem Teelicht?
- 28 **Alle:** Nein (-)
- 29 **LP:** Warum nicht? (-) (C).
- 30 **C:** Weil ein Teelicht nicht genug Temperatur hat, nicht heiß genug ist.
- 31 **LP:** Das heißt, Feuer braucht immer eine bestimmte Temperatur, um anfangen können zu  
32 brennen. Richtig? (-) (B).
- 33 **B:** Und man darf auch keine Radiergummies nehmen, weil die machen nämlich (-), hier  
34 die zerlaufen ja und dabei setzen sie Gase ab, die für uns Menschen nicht gut sind.
- 35 **LP:** Sie schmelzen, genau.
- 36 **A:** Oder anders gesagt tödlich sind.
- 37 **LP:** Ja, wenn man Gummi in großen Mengen verbrennt entstehen dann viele Gase, die  
38 giftig sind für uns. (-) (G).
- 39 **G:** Manche Sachen schmelzen.
- 40 **A:** So wie (-) Kerzenlichter (-) also sowas wie Teelichter, die brennen ja, dadurch dass  
41 das ja brennt (-) hat ja auch ganz viele Wachs und so. Das geht ja auch alles.
- 42 **LP:** Das Wachs schmilzt und der Wachsdampf brennt dann. Genau, sehr gut. (C).

- 43 C: Metall, weil (-) wenn es vorher ganz heiß ist und ganz viel Feuer ist, schmilzt auch  
44 Metall.
- 45 LP: Genau, das funktioniert mit einem Teelicht noch nicht, weil die Temperatur zu  
46 niedrig ist. Sehr gut. (E).
- 47 E: Und (-) wenn du ein Stück Teer aus der Straße rausholst und das über das Feuer legst,  
48 zerschmilzt es auch.
- 49 LP: Aber würde dazu ein Teelicht ausreichen? Was meinst du? ((E) *schüttelt den Kopf*)  
50 Ne. Wieso nicht?
- 51 E: Deswegen?
- 52 LP: Wieso reicht ein Teelicht nicht aus?
- 53 E: Zu wenig Temperatur.
- 54 LP: Genau!
- 55 E: Und wenn dann schon, dann könnte man auch erstmal mit einem richtigen Gasofen  
56 versuchen. Da ist nämlich die Temperatur höher.
- 57 LP: Sehr gut. (-) Wenn jetzt etwas verbrannt ist (-). Ach ne lasst uns erst noch einmal über  
58 die Luft reden. Warum braucht Feuer Luft, um zu brennen? Wie haben wir das  
59 herausgefunden? (-) (I).
- 60 I: Mit den Gläsern. Weil wenn das Feuer keine Luft hat, dann erstickt es.
- 61 LP: Sehr gut. (-) (B).
- 62 B: Und wie wir es ausprobiert haben den Gläsern (-) klein, mittel und groß, da haben wir  
63 gesehen, dass das große länger, dass die Kerze dann beim großen länger brennt. (A).
- 64 A: Also das ist genau das ist genau, die brennt ja genau 20 Minuten, bei anderen ist es ja  
65 mehr, weil sie noch andere Sachen dazu getan (-) da unter getan haben, deswegen  
66 brennt es halt länger.
- 67 LP: Kannst du das nochmal genau erklären?
- 68 A: Wenn man mehr Luft dazu tut, dann brennt das auch länger.
- 69 LP: Deswegen ist es so wie (B) gesagt hat: Unter dem größeren Glas (-)
- 70 A: Ja. Länger und brennbar. (-) Länger weil es immer an viel Luft kriegt.
- 71 LP: Ok. Und wie hatten wir das Teelicht gerettet? (-) (G).
- 72 G: Wir haben (-) Sachen gemacht wie unter die Gläser Stifte (-) und dann das Teelicht,  
73 dass da noch Luft reinkommt.
- 74 LP: Genau. Sehr gut. (J).
- 75 J: Wir haben so drei Stifte immer an die Seiten gepackt, so konnte man genug Licht (-)  
76 Luft dran. (C).
- 77 C: Das Teelicht brennt nicht, weil (-) das Feuer hat am längsten gebrannt im großen  
78 Glas, weil da am meisten Luft noch drin war und weil das Feuer dann die Luft  
79 aufgebraucht hat, war dann keine mehr da und das Feuer ist erstickt.
- 80 LP: Genau. Sehr gut! Super zusammengefasst (C). (-) Wenn ich jetzt etwas verbrenne,  
81 zum Beispiel ein Stück Papier oder so, ist es dann weg?
- 82 Alle: Nein!
- 83 N: Hä, doch!
- 84 (*einige Kinder schütteln mit dem Kopf, andere nicken*)
- 85 LP: Was habt ihr beobachtet, als (...)? (-) (*leises Geflüster ist zu hören*) (N).
- 86 N: Das es schwarz ist.
- 87 LP: Was habt ihr noch beobachtet? (F).

- 88 **F:** Es wird dann Asche, also es wird verbrennt und dann wird es zu Asche.
- 89 **LP:** Genau. Ist es dann weg?
- 90 **F:** Nein.
- 91 **J:** Es wird so (-) Ruß oder so (-) so ähnlich, weil es verbrannt ist. Es ist zwar dann nicht  
92 weg, aber (-) es ist nur noch ein bisschen da davon.
- 93 **LP:** Sehr gut. (B).
- 94 **B:** Und die gesehen haben wir, wenn wir nasses Papier verbrennt, dann wird es einzig  
95 nur schwarz.
- 96 **LP:** Oh ja, merk dir das nochmal gut, da können wir gleich nochmal drüber sprechen. (L).
- 97 **L:** Beim nasses Papier, das wird eigentlich immer nur kleiner, wenn man das (-) also  
98 länger über das Feuer hält, dann wird es kleiner.
- 99 **LP:** Gut, darüber sprechen wir gleich nochmal. Ersteinmal: Wenn etwas verbrennt, ob es  
100 verschwindet oder was passiert damit? Also (J) hat schon sehr gut gesagt, dass es  
101 nicht verschwindet, sondern (-) es bleibt ein bisschen Schwarzes zurück, nämlich  
102 Asche und es entsteht Ruß. Aber ist es dann weg?
- 103 **Alle:** Nein (-)
- 104 **E:** Bisschen schon. Also eher die Fasern vom Holz (-) das meisten brennbare Material  
105 wird (...) das quasi hier auf, also wird es doch schon ein bisschen weniger.
- 106 **LP:** Aber ist es dann weg?
- 107 **E:** Nicht ganz.
- 108 **LP:** Nicht ganz. Sondern es entsteht ein neues Material dabei, ne? Ein neuer Stoff. (C).
- 109 **C:** Eigentlich ist das Papier schon weg, weil das Papier ist weg und es entsteht was  
110 neues. Aber eigentlich ist das Papier weg.
- 111 **LP:** Das heißt, wenn ein Stoff verbrennt, wird er umgewandelt. Können wir das so nennen  
112 vielleicht? (*Kinder nicken*) (-) (A).
- 113 **A:** So wie bei einem Streichholz. Das ist ja auch nicht verschwunden. Das ist ganz  
114 schwarz geworden.
- 115 **LP:** Da ist nämlich dann Asche entstanden, also ist von dem brennbaren Material Holz, es  
116 wurde umgewandelt in ein neues Material. Und dazu sagen wir umgewandelt. Und  
117 jetzt habt ihr noch ganz richtig gesagt, mit dem nassen Papier, dass es schwarz  
118 geworden ist. (-) (L) hat gesagt, dass es ein bisschen verglüht ist. Woran liegt das? (-)  
119 (J).
- 120 **J:** Weil da Wasser drin ist?
- 121 **LP:** Also vollgesogen mit Wasser. (F).
- 122 **F:** Na das Papier war ja nass und nasse Sachen können nicht brennen. Deswegen. Weil  
123 Wasser macht ja das Feuer aus.
- 124 **LP:** Warum? (-) (I).
- 125 **I:** Weil es nicht so warum ist. Weil Wasser ist ja kalt. Nicht so warm wie Feuer.
- 126 **L:** Wenn das Wasser jetzt warm wäre und wir das Stück Papier da eingetunkt hätten,  
127 dann wär es verbrannt.
- 128 **LP:** Sind da alle der Meinung? (-) (Kinder halten ihre Daumen hoch, bzw. runter) Wer  
129 kann mal erzählen warum er nicht der Meinung ist? Das ist aber eine sehr gute  
130 Vermutung, (L). (-) (B).

- 131 **B:** Es ist ja trotzdem nass und dann wenn wirs rausnehmen, dann ist es ja wieder kalt  
 132 und dann brennt es eben nicht, weil es sich mit Wasser vollgesogen hat. Und dann  
 133 wird es genauso schwarz, auch wenn wir es mit warmes Wasser angemacht hätten.
- 134 **E:** Können wir ja mal ausprobieren!
- 135 **LP:** Das könnte man nochmal ausprobieren, das stimmt!
- 136 **N:** Haben ich und (M) schonmal ausprobiert!
- 137 **LP:** Und, was habt ihr herausgefunden?
- 138 **N:** Wir haben herausgefunden, dass es nur 2 Sekunden brennt.
- 139 **LP:** Wenn das Papier warm ist?
- 140 *((M) schüttelt den Kopf)*
- 141 **N:** Doch, haben wir ausprobiert. Also (M), das hast du doch gemacht!
- 142 **M:** Hä? *(schüttelt mit dem Kopf)*
- 143 **LP:** Aber woher habt ihr denn warmes Wasser gehabt?
- 144 **N:** Wir hatten kaltes.
- 145 **LP:** Achso ja genau. Richtig. Wir sind jetzt ja aber gerade beim Überlegen, ob das mit  
 146 warmem Wasser ganz genauso gut brennt.
- 147 **N:** Achso. (-)
- 148 **LP:** Genau. Und da ist es ja so, vielleicht habt ihr es gesehen, als ihr das Papier, das nasse  
 149 Papier, über die Flamme gehalten habt. Konnte man da gut was beobachten? Konntet  
 150 ihr sehen, dass irgendwas aufgestiegen ist vielleicht? (-) (F).
- 151 **F:** Also, das Papier, die nass ist, der verbrennt nicht, sondern wird ein bisschen schwarz  
 152 und immer kleiner.
- 153 **LP:** Es glüht so ein bisschen, es glimmt. (J)
- 154 **J:** Irgendwie geht das Wasser dann so ein bisschen irgendwie darunter in eine Ecke.
- 155 **C:** Als erstes ist bei uns das Wasser verdampft. Also Wasserdampf entstanden.
- 156 **LP:** Genau! Warum verdampft das Wasser zuerst? (-) (M).
- 157 **M:** Weil es zu warm ist. Und wenn es warm ist, dann wird Wasser heißer (-).
- 158 **LP:** Genau, wenn das Wasser warm wird, dann verdampft es. Und wann fängt *((H) holt*  
 159 *seine Federtasche aus der Schultasche)* (H), deine Federtasche brauchst du jetzt  
 160 gerade gar nicht.
- 161 **H:** Ich weiß.
- 162 **LP:** Dann pack sie schnell weg. (-)
- 163 *((H) holt eine Schere heraus und legt die Federtasche weg)*
- 164 **E:** Und die Schere auch nicht (-)
- 165 **LP:** (H), (-). Ok. Also wir haben eben gerade schon gesagt, dass Wasser verdampft, (-)  
 166 *((H) holt die Schere wieder, die Lerngruppe wartet).* (H) leg es bitte jetzt einfach  
 167 weg! Genau. Wir haben gesagt, wenn wir das nasse Stück Papier, denkt nochmal alle  
 168 gut mit, über die Flamme halten. Dann verdampft das Wasser. Was passiert danach?  
 169 (-) (I).
- 170 **I:** Dann wird das Papier immer kleiner, also es brennt nicht richtig (-) aber (...)
- 171 **LP:** Weil es noch feucht ist, genau. Das heißt? (A).
- 172 **A:** Aber es kann (-) es faltet sich auch ein.
- 173 **LP:** Genau, also es wird schon warm das Papier, ne? Also die Temperatur reicht schon  
 174 aus, um das Papier zum Glühen zu bringen. Das heißt aber, dass die Temperatur (-)  
 175 Was macht das Wasser mit dem Papier? (-) (G).

- 176 **G:** Das Papier feucht. Und es macht das weich.
- 177 **LP:** Dann halten wir es über die Flamme. Dann verdampft das Wasser, weil die  
178 Temperatur ausreicht, um das Wasser verdampfen zu lassen. Und was passiert dann?  
179 (A).
- 180 **A:** Dann geht die Kerze aus, weil das nasse Papier erlöscht ja die Flamme und die  
181 Flamme (-) glüht dann noch ein bisschen.
- 182 **LP:** Naja, also wenn wir das Papier direkt, also die Flamme quasi damit erstickt, dann  
183 wird auch die Flamme gelöscht. Warum wird sie dann gelöscht?
- 184 **A:** Weil sie dann keine Luft mehr kriegt.
- 185 **LP:** Ja, weil sie dann keine Luft mehr kriegt und weil die Temperatur auch nicht  
186 ausreicht, um weiter zu brennen. (*Kinder murmeln*) Das heißt, das Wasser kühlt das  
187 Papier. (-) Stimmt ihr mir zu oder sagt ihr (...)?
- 188 **Alle:** Ja! (*einige schütteln kurz danach mit dem Kopf*)
- 189 **LP:** (E), du nicht?
- 190 **E:** Wenn du das Papier in den Tiefkühler packst und morgens wieder raus holst, dann  
191 das anmachst und da drüber hältst, funktioniert es noch.
- 192 **LP:** Das kannst du ja nochmal, das ist vielleicht ein Forschungsauftrag für Zuhause.  
193 Vielleicht kannst du deine Eltern ja nochmal fragen, ob du das mal ausprobieren  
194 darfst. Dann kannst du ja nochmal berichten. (-) Was ist denn wenn ich ein kleines  
195 Feuer habe. Wie kann ich das löschen? (-) (H), hast du eine Idee?
- 196 **H:** Wasser?
- 197 **LP:** Warum kann ich Feuer mit Wasser löschen?
- 198 **H:** Weil das Feuer ist heiß und das Wasser ist kalt.
- 199 **LP:** Super, genau! Klasse! (-) (*dreht die Karte ,Temperatur‘ um*) Nimmst du den nächsten  
200 dran?
- 201 **M:** Den (-) man kann auch die Feuer mit Pusten löschen, ein kleines Feuer.
- 202 **LP:** Was passiert dann?
- 203 **M:** Dann wird die Feuer gelöscht.
- 204 **LP:** Und wie?
- 205 **M:** Mit Luft.
- 206 **LP:** Genau. Wie kann ich Feuer noch löschen? (-) (L).
- 207 **L:** Wenn es keine (-) also wenn du da ein Glas drauf packst, dann bekommt es (-) nicht  
208 mehr so viel Luft und dann gehts (-) also erstickt es.
- 209 **F:** Wenn man kann das auch mit brennbares Material machen. Also zum Beispiel wenn  
210 ich jetzt ein Papier anzünde und das zum Beispiel auf ein Unterlage lege, der ein  
211 brennbares Material ist, dann wird das Feuer wieder aus gehen.
- 212 **LP:** Wenn du das jetzt auf (-) wenn du Papier anzündest und auf eine Unterlage ist, die  
213 brennbar ist?
- 214 (*(F) schüttelt den Kopf*)
- 215 **LP:** Anders rum oder?
- 216 **F:** Ja.
- 217 **LP:** Auf eine, die nicht brennbar ist. Also eine feuerfeste Unterlage meinst du? (*(F) nickt*)  
218 Genau. Dann geht es einfach aus, sagst du. Was passiert denn dann mit dem  
219 Material?(-)
- 220 **F:** Nichts. (-)

- 221 E: Erstmal sind die Platten (-) die Platten sind ja ganz kalt und da kann man es dann  
222 auch mit Temperatur löschen.
- 223 LP: Wenn die Temperatur nicht ausreicht, damit das weiterbrennt, meinst du?
- 224 E: (*nickt*) Aber ich habe auch noch was anderes.
- 225 LP: Warte gleich. Erst noch einmal zu brennbaren Materialien: Wenn ich jetzt ein  
226 Streichholz anzünde und auf die feuerfeste Unterlage lege, hat (F) gesagt geht es  
227 irgendwann aus. Warum? (-) (C).
- 228 C: Weil es ja kein brennbares Material mehr gibt.
- 229 LP: (*dreht die Karte ‚brennbares Material‘ um*) Ist es verschwunden?
- 230 C: Also das Papier ist dann weg und Asche kann nicht brennen.
- 231 LP: Genau es ist ein neuer Stoff, der ist umgewandelt worden (-)
- 232 C: Und der kann nicht brennen. Asche kann nicht brennen.
- 233 LP: Genau der wurde ja schon verbrannt und dadurch umgewandelt.
- 234 C: Und: man kann Feuer noch mit einer Decke und mit Sand löschen. Weil Sand macht  
235 das Feuer auch aus, weil es dann keine Luft mehr gibt und die Decke, wenn man die  
236 darauf legt, dann gibt es auch keine Luft mehr.
- 237 LP: Richtig! (*dreht die Karte ‚Luft‘ um, alle drei Brandbedingungen sind nun umgedreht*)
- 238 C: Dann geht das Feuer auch aus. Das muss dann auch noch umgedreht (...)
- 239 (*LP dreht das Flammensymbol um, das ganze Verbrennungsdreieck ist nun*  
240 *umgedreht*)
- 241 E: Aber man kann Feuer auch mit Schaum löschen.
- 242 LP: Was macht denn der Feuerlöschschaum?
- 243 B: Löscht.
- 244 LP: Ja. Und wie?
- 245 A: Schlauch hinhalten.
- 246 E: In dem er die Luft wegtut.
- 247 LP: Die Luft, genau! (*zeigt erneut Karte ‚Luft‘ und dreht sie wieder um*) (-)
- 248 E: Ich seh keinen Feuerlöscher (...) soll ich den von draußen holen?
- 249 LP: Ne (-) Also wenn der Schaum sich auf das Feuer legt, dann erstickt das Feuer, weil es  
250 keine Luft mehr bekommt. Was macht der Schaum noch?
- 251 E: Kühlt.
- 252 LP: Das heißt, die Temperatur geht runter, das Feuer kann nicht mehr brennen (*zeigt*  
253 *erneut Karte ‚Temperatur‘ und dreht sie wieder um*) und? (*zeigt erneut Karte*  
254 *‚brennbares Material‘*)
- 255 E: Kühlt das Material.
- 256 LP: Genau. (-) Das heißt auch das Material kann nicht mehr brennen (*dreht die Karte*  
257 *‚brennbares Material‘ wieder um*) und das Feuer geht aus.
- 258 E: Auf jeden Fall mit Schaum kannst du nicht alles löschen. Zum Beispiel Gasleck nicht  
259 gut. Da brennt eher die Hütte.
- 260 LP: Ja darüber könnten wir noch ein anderes Mal sprechen. So, jetzt mache ich das  
261 einmal aus (...) (*Audiogerät wird ausgeschaltet, die Schüler\_innen setzen sich auf*  
262 *ihre Plätze, der Fragebogen wird ausgeteilt und ausgefüllt*).

## A.XIV:

### Kodierleitfaden Gesamtauswertung

Kategorie	Ausprägung	Definition	Kodierregel <i>Testitems</i>	Kodierregel <i>Forschungsblätter (FB)</i>	Kodierregel <i>Unterrichtsgespräch</i>
			<i>Allgemeine Kodierregel: Nur kombinierte Anzahl der definierten Itemergebnisse betrachten, die Reihenfolge der Antworten ist nicht relevant.</i>	<i>Allgemeine Kodierregel: Pro Kategorie ist jeweils die Vermutung und die Beantwortung der Forschungsfrage eines Forschungsblattes kodierbar.</i>	<i>Allg. Kodierregel: Transkript wird farbig in Absätze nach Kategorien unterteilt. Aussagekräftigster Abschnitt wird mit einer Ausprägung kodiert.</i>
<b>K.M: Feuerbraucht brennbares Material, um zu brennen.</b>	<b>K.M/A1: altersangemessene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 2,4,7,8 mit folgender Kombination kodierbar: „rrrr“. Alle Items werden richtig beantwortet.	Nur FB1 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich richtig, alle neun Materialien werden bezüglich ihrer Brennbarkeit richtig eingeschätzt. Beantwortung umfasst alle fünf brennbaren Materialien.	„Brennbares Material“ als Voraussetzung für Verbrennungsprozess wird abstrakt benannt und begründet.
	<b>K.M/A.2: teilweise altersangemessene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht teilweise dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 2,4,7,8 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „rrrf“, „rrr?“, „rr??“, „r???“, „rrf?“. Items werden mehrheitlich richtig beantwortet oder die Kombination mit „?“ überwiegt.	Nur FB1 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich teilweise richtig, mindestens fünf Items werden bezüglich ihrer Brennbarkeit richtig eingeschätzt. Beantwortung umfasst drei oder vier der fünf brennbaren Materialien aus der Liste.	Begründete Erklärungen auf kontextbezogener Ebene, Nennung verschiedener Beispiele.
	<b>K.M/A.3: altersunangemessene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht nicht dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 2,4,7,8 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „ffff“, „rfff“, „fff?“, „ff??“, „f???“, „rff?“. Items werden mehrheitlich falsch beantwortet oder die Kombination mit „?“ überwiegt.	Nur FB1 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich überwiegend falsch, maximal vier Materialien werden bezüglich ihrer Brennbarkeit richtig angekreuzt. Beantwortung umfasst maximal zwei der fünf brennbaren Materialien aus der Liste oder ist inhaltlich falsch.	Beispiele, Erklärungen und Schlussfolgerungen sind inhaltlich mehrheitlich falsch.
	<b>K.M/A.4: keine erkennbare Vorstellung</b>	Vorstellung ist nicht erkennbar oder wird nicht geäußert.	Nur für Items 2,4,7,8 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „????“, „r??“, „rff“. Items werden überwiegend mit einem „?“ beantwortet oder können keiner anderen Kategorie zugeordnet werden.	Nur FB1 kodierbar. Vermutung/ Beantwortung liegt nicht vor oder kann nicht zugeordnet werden.	Ausprägung der Vorstellung wird nicht deutlich oder die Vorstellung wird nicht thematisiert.

Kategorie	Ausprägung	Definition	Kodierregel <i>Testitems</i>	Kodierregel <i>Forschungsblätter (FB)</i>	Kodierregel <i>Unterrichtsgespräch</i>
<b>K.L: Feuer braucht Luft, um zu bren- nen.</b>	<b>K.I/A.1: altersange- messene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 3,5,10 mit folgender Kombination kodierbar: „rrr“. Alle Items werden richtig beantwortet.	Nur FB2 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich richtig und umfasst thematisierte Voraussetzung ‚Luft‘ auf abstrakter Ebene. Beantwortung nennt oder umschreibt thematisierte Voraussetzung auf abstrakter Ebene.	‚Luft‘ als Voraussetzung für Verbrennungsprozess wird abstrakt benannt und begründet.
	<b>K.I/A.2: teilweise altersange- messene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht teilweise dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 3,5,10 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „rr“?, „r??“?, „rrf“. Items werden mehrheitlich richtig beantwortet oder die Kombination mit „?“ überwiegt.	Nur FB2 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich richtig und kontextbezogen umschrieben. Beantwortung umfasst thematisierte Voraussetzung auf kontextbezogener Ebene.	Begründete Erklärungen auf kontextbezogener Ebene, Nennung verschiedener Beispiele.
	<b>K.I/A.3: altersunan- gemessene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht nicht dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 3,5,10 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „fff“?, „rff“?, „ff“?, „f??“? Items werden mehrheitlich falsch beantwortet oder die Kombination mit „?“ überwiegt.	Nur FB2 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich falsch. Beantwortung thematisiert nicht die geforderte Voraussetzung oder ist inhaltlich falsch.	Beispiele, Erklärungen und Schlussfolgerungen sind inhaltlich mehrheitlich falsch.
	<b>K.I/A.4: keine er- kennbare Vorstellung</b>	Vorstellung ist nicht erkennbar oder wird nicht geäußert.	Nur für Items 3,5,10 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „??“?, „rf“? Items werden überwiegend mit einem „?“ beantwortet oder können keiner anderen Kategorie zugeordnet werden.	Nur FB2 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich unpassend, sodass Vorstellung nicht erkennbar ist oder liegt nicht vor. Beantwortung liegt nicht vor oder kann z.B. durch bruchstückhafte Äußerungen nicht zugeordnet werden.	Ausprägung der Vorstellung wird nicht deutlich oder die Vorstellung wird nicht thematisiert.

Kategorie	Ausprägung	Definition	Kodierregel <i>Testitems</i>	Kodierregel <i>Forschungsblätter (FB)</i>	Kodierregel <i>Unterrichtsgespräch</i>
<b>K.T: Feuer braucht Tempera- tur, um zu brennen.</b>	<b>K.T/A.1: altersange- messene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 6,11,12 mit folgender Kombination kodierbar: „rrr“. Alle Items werden richtig beantwortet.	Nur FB3 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich richtig und umfasst thematisierte Voraussetzung ‚Temperatur‘ auf abstrakter Ebene. Beantwortung nennt oder umschreibt thematisierte Voraussetzung auf abstrakter Ebene.	‚Temperatur‘ als Voraussetzung für Verbrennungsprozess wird abstrakt benannt und begründet.
	<b>K.T/A.2: teilweise altersange- messene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht teilweise dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 6,11,12 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „rr?“, „r??“, „rrf“. Items werden mehrheitlich richtig beantwortet oder die Kombination mit „?“ überwiegt.	Nur FB3 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich richtig und kontextbezogen umschrieben. Beantwortung umfasst thematisierte Voraussetzung auf kontextbezogener Ebene.	Begründete Erklärungen auf kontextbezogener Ebene, Nennung verschiedener Beispiele.
	<b>K.T/A.3: altersunan- gemessene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht nicht dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 6,11,12 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „fff“, „rff“, „ff?“, „f??“. Items werden mehrheitlich falsch beantwortet oder die Kombination mit „?“ überwiegt.	Nur FB3 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich falsch. Beantwortung thematisiert nicht die Voraussetzung oder ist inhaltlich falsch.	Beispiele, Erklärungen und Schlussfolgerungen sind inhaltlich mehrheitlich falsch.
	<b>K.T/A.4: keine er- kennbare Vorstellung</b>	Vorstellung ist nicht erkennbar oder wird nicht geäußert.	Nur für Items 6,11,12 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „??“, „rf?“. Items werden überwiegend mit einem „?“ beantwortet oder können keiner anderen Kategorie zugeordnet werden.	Nur FB3 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich unpassend, sodass Vorstellung nicht erkennbar ist oder liegt nicht vor. Beantwortung liegt nicht vor oder kann z.B. durch bruchstückhafte Äußerungen nicht zugeordnet werden.	Ausprägung der Vorstellung wird nicht deutlich oder die Vorstellung wird nicht thematisiert.

Kategorie	Ausprägung	Definition	Kodierregel <i>Testitems</i>	Kodierregel <i>Forschungsblätter (FB)</i>	Kodierregel <i>Unterrichtsgespräch</i>
<b>K.V:</b> Alle drei Voraussetzungen aus dem Verbrennungsdreieck müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt.	<b>K.V/A.1:</b> altersangemessene Vorstellung	Vorstellung entspricht dem Erwartungshorizont.	Nur Items 14, 15 kodierbar. Mindestens zwei Voraussetzungen werden abstrakt benannt oder mit abstrakten Begriffen umschrieben und erklärt.	Nur FB4 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich richtig, benennt oder umschreibt mindestens zwei Voraussetzungen auf abstrakter Ebene. Beantwortung umfasst mindestens zwei Voraussetzungen auf abstrakter Ebene und eine Begründung oder kontextbezogene Beispiele.	Voraussetzungen für Verbrennungsprozess werden abstrakt benannt und begründet. Bezug zum Löschen eines Feuers wird hergestellt.
	<b>K.V/A.2:</b> teilweise altersangemessene Vorstellung	Vorstellung entspricht teilweise dem Erwartungshorizont.	Nur Items 14, 15 kodierbar. Eine Voraussetzung wird abstrakt aufgeführt oder mindestens eine Voraussetzung wird am kontextbezogenen Beispiel umschrieben.	Nur FB4 kodierbar. Vermutung/ Beantwortung sind inhaltlich richtig, kontextbezogen umschrieben und umfassen mindestens eine Voraussetzung auf kontextbezogener Ebene.	Begründete Erklärungen auf kontextbezogener Ebene, Nennung verschiedener Beispiele.
	<b>K.V/A.3:</b> altersunangemessene Vorstellung	Vorstellung entspricht nicht dem Erwartungshorizont.	Nur Items 14, 15 kodierbar. Keine der Voraussetzungen wird thematisiert oder die Fragestellung sachlich falsch beantwortet.	Nur FB4 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich falsch. Beantwortung thematisiert nicht die Voraussetzungen oder ist inhaltlich falsch.	Beispiele, Erklärungen und Schlussfolgerungen sind inhaltlich mehrheitlich falsch.
	<b>K.V/A.4:</b> keine erkennbare Vorstellung	Vorstellung ist nicht erkennbar oder wird nicht geäußert.	Nur Items 14, 15 kodierbar. Fragestellung wird nicht beantwortet oder es liegt eine nicht interpretierbare Zeichnung ohne Beschriftung vor. Wenn nur „Feuerlöscher“ bei Item 15 angegeben, ist die Vorstellung bzgl. der Voraussetzungen nicht erkennbar.	Nur FB4 kodierbar. Vermutung ist inhaltlich unpassend, sodass Vorstellung nicht erkennbar ist oder liegt nicht vor. Beantwortung liegt nicht vor oder kann z.B. durch bruchstückhafte Äußerungen nicht zugeordnet werden.	Ausprägung der Vorstellung wird nicht deutlich oder die Vorstellung wird nicht thematisiert.

Kategorie	Ausprägung	Definition	Kodierregel <i>Testitems</i>	Kodierregel <i>Forschungsblätter (FB)</i>	Kodierregel <i>Unterrichtsgespräch</i>
<b>K.S:</b> <b>Verbrennung ist eine Umwandlung von Stoffen.</b>	<b>K.S/A.1:</b> <b>altersangemessene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 1,9,13 mit folgender Kombination kodierbar: „rrr“. Alle Items werden richtig beantwortet.	---	Verbrennungsprozess wird abstrakt als Stoffumwandlung benannt und begründet.
	<b>K.S/A.2:</b> <b>teilweise altersangemessene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht teilweise dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 1,9,13 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „rr?“, „r??“, „rrf“. Items werden mehrheitlich richtig beantwortet oder die Kombination mit „?“ überwiegt.	---	Begründete Erklärungen auf kontextbezogener Ebene, Nennung verschiedener Beispiele.
	<b>K.S/A.3:</b> <b>altersunangemessene Vorstellung</b>	Vorstellung entspricht nicht dem Erwartungshorizont.	Nur für Items 1,9,13 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „fff“, „rff“, „ff“, „f??“. Items werden mehrheitlich falsch beantwortet oder die Kombination mit „?“ überwiegt.	---	Beispiele, Erklärungen und Schlussfolgerungen sind inhaltlich mehrheitlich falsch.
	<b>K.S/A.4:</b> <b>keine erkennbare Vorstellung</b>	Vorstellung ist nicht erkennbar oder wird nicht geäußert.	Nur für Items 1,9,13 mit folgenden Kombinationen kodierbar: „??“, „rf“. Items werden überwiegend mit einem „?“ beantwortet oder können keiner anderen Kategorie zugeordnet werden.	---	Ausprägung der Vorstellung wird nicht deutlich oder die Vorstellung wird nicht thematisiert.

### A.XV: Gesamtverteilung der Ausprägungen pro Kategorie

Codesystem	Prä-Test (Item 1-13)	Post-Test (Item 1-13)	Prä-Test (Item 14)	Post-Test (Item 14)	Prä-Test (Item 15)	Post-Test (Item 15)	Prä-FB1	Post-FB1	Prä-FB2	Post-FB2	Prä-FB3	Post-FB3	Prä-FB4	Post-FB4	Transkription...	SUMM
▶ K.M	13	13					13	13							1	53
▶ K.L	13	13							13	13					1	53
▶ K.T	13	13									13	13			1	53
▶ K.V			13	13	13	13							13	13	1	79
▶ K.S	13	13													1	27
Σ SUMMI	52	52	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	5	265

### A.XVI: Gesamtverteilung der Ausprägungen

Codesystem	Prä-Test (Item 1-13)	Post-Test (Item 1-13)	Prä-Test (Item 14)	Post-Test (Item 14)	Prä-Test (Item 15)	Post-Test (Item 15)	Prä-FB1	Post-FB1	Prä-FB2	Post-FB2	Prä-FB3	Post-FB3	Prä-FB4	Post-FB4	Transkription...	SUMM
▼ K.M																0
▶ A.1	5	11					7	11							1	35
▶ A.2	6	2					6	1								15
▶ A.3	1							1								2
▶ A.4	1															1
▼ K.L																0
▶ A.1	4	13							3	10					1	31
▶ A.2	4								7	1						12
▶ A.3	4								1	1						6
▶ A.4	1								2	1						4
▼ K.T																0
▶ A.1	1	10										7				18
▶ A.2	5	3									11	6			1	26
▶ A.3	2										2					4
▶ A.4	5															5
▼ K.V																0
▶ A.1			1	8		3								6	1	19
▶ A.2			11	5	11	10							11	7		55
▶ A.3																0
▶ A.4			1		2								2			5
▼ K.S																0
▶ A.1	2	9														11
▶ A.2	3	3													1	7
▶ A.3	7	1														8
▶ A.4	1															1
Σ SUMMI	52	52	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	5	265

**A.XVII: Tabellarische Übersicht der Kodierungen pro Schüler\_in**

	<b>K.M</b>				<b>K.L</b>				<b>K.T</b>			
	<i>Prä-Test</i>	<i>Post-Test</i>	<i>Prä-FB1</i>	<i>Post-FB1</i>	<i>Prä-Test</i>	<i>Post-Test</i>	<i>Prä-FB2</i>	<i>Post-FB2</i>	<i>Prä-Test</i>	<i>Post-Test</i>	<i>Prä-FB3</i>	<i>Post-FB3</i>
A	A.2	A.2	A.1	A.1	A.1	A.1	A.4	A.3	A.2	A.2	A.2	A.2
B	A.1	A.1	A.1	A.1	A.1	A.1	A.3	A.2	A.4	A.1	A.2	A.2
C	A.2	A.1	A.1	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1	A.4	A.1	A.2	A.1
D	A.1	A.1	A.1	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1	A.3	A.2	A.2	A.2
E	A.1	A.1	A.1	A.3	A.1	A.1	A.2	A.1	A.4	A.2	A.2	A.1
F	A.2	A.1	A.2	A.1	A.3	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1
G	A.4	A.1	A.2	A.1	A.3	A.1	A.1	A.1	A.3	A.1	A.3	A.1
H	A.2	A.1	A.2	A.1	A.3	A.1	A.4	A.1	A.4	A.1	A.3	A.1
I	A.1	A.1	A.1	A.1	A.1	A.1	A.1	A.1	A.2	A.1	A.2	A.2
J	A.1	A.1	A.1	A.1	A.2	A.1	A.1	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1
K	A.2	A.1	A.2	A.2	A.4	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1
L	A.2	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1	A.4	A.1	A.2	A.2
M	A.3	A.2	A.2	A.1	A.3	A.1	A.2	A.4	A.1	A.1	A.2	A.2
	<b>K.V</b>						<b>K.S</b>					
	<i>Prä-Test 14</i>	<i>Post-Test 14</i>	<i>Prä-Test 15</i>	<i>Post-Test 15</i>	<i>Prä-FB4</i>	<i>Post-FB4</i>	<i>Prä-Test</i>	<i>Post-Test</i>				
A	A.2	A.1	A.4	A.2	A.2	A.2	A.2	A.1				
B	A.2	A.1	A.2	A.2	A.2	A.2	A.3	A.1				
C	A.2	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1	A.3	A.1				
D	A.2	A.1	A.2	A.2	A.2	A.1	A.3	A.3				
E	A.2	A.1	A.4	A.2	A.2	A.1	A.2	A.1				
F	A.2	A.1	A.2	A.1	A.2	A.1	A.3	A.2				
G	A.2	A.2	A.2	A.2	A.4	A.1	A.4	A.1				
H	A.4	A.2	A.2	A.2	A.4	A.1	A.2	A.2				
I	A.2	A.2	A.2	A.2	A.2	A.2	A.3	A.1				
J	A.1	A.1	A.2	A.1	A.2	A.2	A.1	A.1				
K	A.2	A.2	A.2	A.2	A.2	A.2	A.3	A.2				
L	A.2	A.1	A.2	A.2	A.2	A.2	A.3	A.1				
M	A.2	A.2	A.2	A.2	A.2	A.2	A.1	A.1				

### ***A.XVIII: Übersicht Kodierungen des Unterrichtsgesprächs***

<b>Obercode</b>	<b>Code</b>	<b>Codings aktivierter Dokumente</b>
K.M	A.1 (altersangemessen)	1
K.L	A.1 (altersangemessen)	1
K.T	A.2 (teilweise altersa...	1
K.V	A.1 (altersangemessen)	1
K.S	A.2 (teilweise altersa...	1

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen der Arbeit, die wortwörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommen wurden, habe ich als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit habe ich in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegt.

Luisa Demmel, Matrikel-Nr. 3021942

*Lüneburg, 14.06.2018*

*Luisa Demmel*

---

Ort, Datum, Unterschrift