

Wie hält man ein Haus im Winter warm und im Sommer kühl?

Explorative Erfassung vorunterrichtlicher Vorstellungen zum Themenbereich Bauen und Wohnen

Zusammenfassung. Der Zweck von Wohngebäuden ist nicht zuletzt der Schutz vor Temperaturschwankungen. Aber wie hält man ein Haus im Winter warm und im Sommer kühl? Die technischen Maßnahmen und die Komplexität des zugrundeliegenden Wärmekonzeptes für die unterrichtliche Praxis im Fach Technik ist keineswegs zu unterschätzen. Die Annahme liegt nahe, dass die Lernenden außerschulisch geprägte und durchaus individuell konstruierte Vorstellungen vom Unterrichtsgegenstand haben, die nicht oder nur teilweise mit der fachwissenschaftlichen Sichtweise übereinstimmen. Der nachfolgende Beitrag widmet sich Schüler:innenvorstellungen zum Wärmekonzept und dem thematisch verbundenen Aspekt der Wärmedämmung im Kontext des allgemeinbildenden Technikunterrichts, genauer: dem Problem- und Handlungsfeld „Bauen und Wohnen“. Im Rahmen einer explorativ angelegten Studie werden Präkonzepte von Schüler:innen (N = 319) der Sekundarstufe 1 durch kontextspezifische Vignetten eruiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet.

Schlüsselwörter. Schüler:innenvorstellungen, Wärmekonzept, Vignettentest

How do you keep a house warm in winter and cool in summer?

Exploratory recording of preconceptions on the subject of building and living

Abstract. The purpose of residential buildings is: a. protection from heat and cold in spring, summer, autumn and winter. But how do you keep such a residential building warm in winter and cool in summer? The technical measures and the complexity of the underlying heating concept should by no means be underestimated for teaching practice in technology. The assumption that there

are individually shaped pre-lesson ideas on the part of the learners that do not or only partially agree with the technical perspective is therefore reasonable. The present contribution focuses on an initial exploration of pupils' ideas in general technology lessons within the problem and action field of building and living specifically on ideas about the heating concept and the thematically related aspect of thermal insulation. Existing pre-lesson ideas of students (N = 319) in secondary level 1 are determined in the context of an exploratory study using context-specific vignettes and evaluated using qualitative content analysis.

Keywords. Students preconceptions, heat concept, vignette testlet

1 Einleitung

Schon vor mehr als 3400 Jahren schützten sich Menschen intuitiv gegen Kälte, indem sie ihre Dächer mit Heu und Stroh bedeckten und die Wände mit lehm-beworfenem Flechtwerk verkleideten (vgl. Eicke-Henning, 2001, S. 6). Im Sommer mussten sie sich zweckmäßig vor einem zu hohen Temperaturanstieg bspw. durch Sonneneinstrahlung schützen (vgl. Pottgieser, 2009, S. 37). Auch im aktuellen gesellschaftlichen Diskurs sind Wärmeschutz und Isolationsmaßnahmen präsent, wenn es bspw. um die Fragen nach der CO₂-Reduktion und die Verringerung des Verbrauchs von fossilen Brennstoffen geht. Im Technikunterricht lässt sich der Themenbereich curricular im Problem- und Handlungsfeld „Bauen und Wohnen“ verorten (vgl. VDI, 2007, S. 8; Schlagenhauf und Wiesmüller, 2018, S. 9). Inhaltlich ist neben dem funktionalen Aspekt der Gebäudedämmung und dessen baulichen Umsetzungsmöglichkeiten das auf theoretischer Ebene dahinterstehende Wärmekonzept relevant.

Die Kenntnis vorunterrichtlicher Vorstellungen ist für die Schulpraxis eine wichtige Gelenkstelle. So ist es in der Unterrichtsvorbereitung und -durchführung nach Ausubel (vgl. 1986, S. VI) unabdingbar, diejenigen Vorstellungen¹ zu kennen, die die Lernenden als Vorerfahrungen in den Unterricht mitbringen, um dieses Wissen gezielt aktivieren und daran adäquat anknüpfen zu können. Während in den MINT-Fächern die Identifizierung prominenter Schüler:innenvorstellungen bereits seit den 1970er Jahren gängige Praxis ist und bildungspolitisch

¹ Vorunterrichtliche Vorstellungen werden in der Literatur auch synonym mit den Begriffen Alltagserfahrungen, Fehlvorstellungen, Präkonzepte, subjektive Theorien und Vorerfahrungen beschrieben (u. a. Möller, 2013; White und Gunstone, 2008).

maßgeblich die Curriculumsentwicklung sowie die Lehrer:innenaus- und -weiterbildung mitbestimmt hat (vgl. Gropengießer, 2018, S. 49 ff.), fehlen empirische Evidenzen für den allgemeinbildenden Technikunterricht nahezu gänzlich (vgl. Nepper und Gschwendtner, 2020, S. 92).² Der vorliegende Beitrag versucht, diese Lücke partiell zu schließen und thematisiert daher die explorative Erforschung von bestehenden Schüler:innenvorstellungen zum Wärmekonzept für den technikbezogenen Unterricht in Sekundarstufe 1.

2 Fachwissenschaftliche und -didaktische Rahmung

Im Folgenden wird zunächst die fachwissenschaftliche Rahmung des Wärmekonzeptes und der damit verbundenen Isolationsmaßnahmen baulicher Art dargelegt und dann die didaktische Rahmung von Schüler:innenvorstellungen in den Blick genommen.

2.1 Wärmekonzept

Wärme (Q) wird als „die einem System aufgrund von Temperaturunterschieden ohne Arbeitsleistung zugeführte oder entzogene Energie“ (Polifke und Kopitz, 2009, S. 27) definiert. Sie bezeichnet den Energietransport über eine bestehende Systemgrenze (hier: z. B. Gemäuer, Fenster, Türen, u. a.) hinweg, der aufgrund einer Temperaturdifferenz (ΔT) verursacht wird (Abb. 1) und von Gegenständen höherer zu Gegenständen niedriger Temperatur erfolgt. Die Energie ist folglich auf andere Gegenstände bzw. Systeme übertragbar. Im Unterschied dazu beschreibt Temperatur als intensive Größe den momentanen Zustand eines Körpers. Sie ist nicht auf andere Körper übertragbar und wird in Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) oder Kelvin (K) angegeben.

2.2 Bautechnische Maßnahmen zur Hemmung des Wärmetransports

Zentrales Ziel im Bauwesen ist es, mit geeigneten technischen Maßnahmen, z. B. durch die Verwendung von spezifischen Dämmmaterialien, den Wärmetransport über eine Systemgrenze hinweg zu hemmen oder zu verringern. Der Zweck einer

2 Ausnahmen bilden bspw. die Arbeiten von Lindner (2005) und Mammes et al. (2020) zum Technikverständnis von Grundschulkindern sowie die eigenen Arbeiten zur Mechanik und Energiebereitstellung bei Schüler*innen der Sekundarstufe 1 (Nepper und Gschwendtner, 2020a, 2020b).

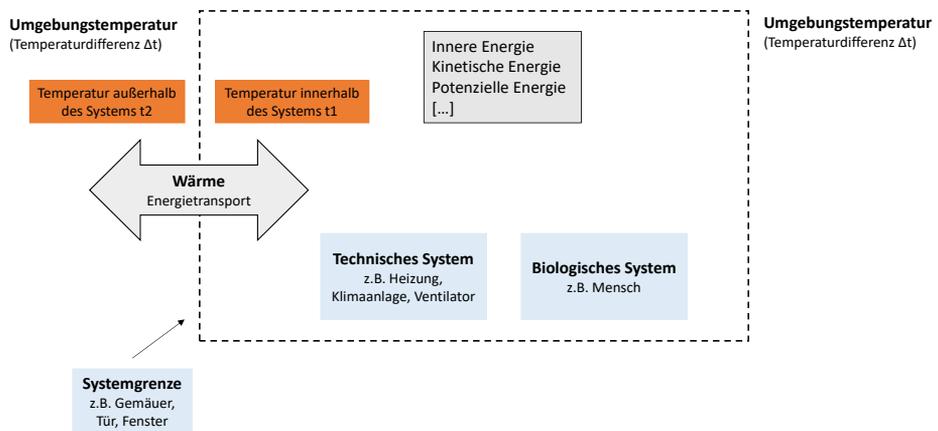


Abb. 1: Wärme als Energietransport über zwei Systemgrenzen hinweg (verändert und erweitert nach Herwig und Moschallski, 2014, S. 3).

Wärmedämmung ist daher, bei geringen Außentemperaturen (z. B. im Winter) den Wärmefluss vom Gebäudeinneren nach außen zu erschweren, um die Raumtemperatur möglichst konstant hoch zu halten. Bei höheren Außentemperaturen hingegen (z. B. im Sommer) soll der Wärmefluss ins Gebäudeinnere möglichst vermieden oder so gering wie möglich gehalten werden, um eine hohe Raumtemperatur zu verhindern. Dafür müssen insbesondere die Außenwände und das Hausdach (als Systemgrenzen) aufgrund ihrer vergleichsweise großen Fläche gut gedämmt sein. Aber auch andere bautechnische Maßnahmen, wie bspw. der Einbau doppelverglaster Fenster oder die Abdichtung von Türrahmen, können den Energietransport verringern.

Der Wärmedurchgangskoeffizient U (abgeleitet von der englischen Bezeichnung „Unit of heat-transfer“)³ erfasst den Wärmetransfer von einem Fluid (z. B. das Gas-Luft-Gemisch innerhalb des Gebäudes) in ein zweites (z. B. das Gas-Luft-Gemisch außerhalb des Gebäudes) durch einen festen Körper (z. B. die Gebäudewand). Als maßgebliche Größe quantifiziert der U -Wert die Änderung des Temperaturunterschiedes (ΔT) zwischen den beiden Fluiden:

$$U = \frac{1}{R_T} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Der U -Wert gibt die Energiemenge in Joule (J) an, die pro Sekunde (s) durch eine Fläche von einem Quadratmeter (m^2) fließt, wenn sich die beidseitig anliegenden

3 Bis zur Einführung der Energiesparverordnung im Jahr 2002 wurde der Wärmedurchgangskoeffizient als k -Wert angegeben.

Lufttemperaturen (zweier unterschiedlicher Medien) um 1 Kelvin (K) unterscheiden. Je höher sich der U-Wert erweist, desto schlechter ist der Wärmedämmeffekt des Körpers.

In der folgenden Abbildung werden exemplarisch drei unterschiedliche U-Werte dargestellt. Der oberste Pfeil entspricht dabei dem geringsten U-Wert (U_1) und damit dem effizientesten Wärmedämmeffekt. An der Breite der Pfeile ist zu erkennen, wie viel Energie über die Systemgrenze hinweg transportiert wird. So fließt bei U_1 nur eine geringe Energiemenge pro Sekunde durch das Bauteil (hier: die Systemgrenze) hindurch. Der unterste Wert (U_3) zeigt den höchsten U-Wert und folglich den ineffizientesten Wärmedämmeffekt:

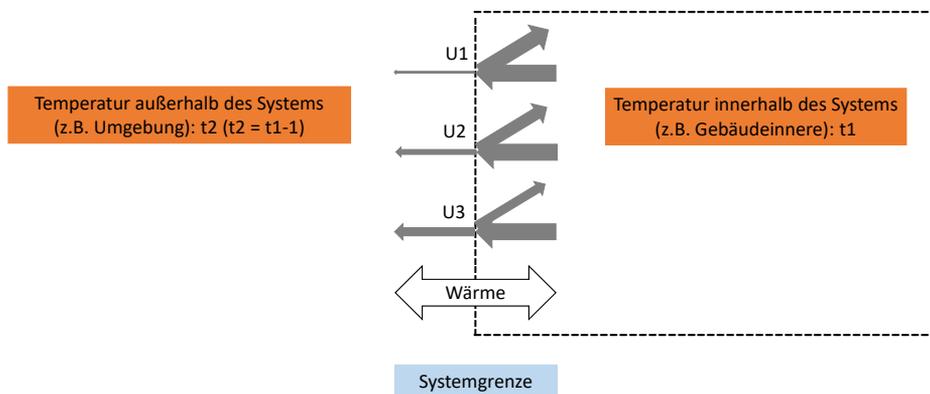


Abb. 2: Exemplarische Darstellung U-Wert (eigene Darstellung).

Eine mögliche Maßnahme, den Wärmetransport zu hemmen, ist der Einsatz von spezifischen Dämmmaterialien. Jeder Baustoff, der bei fachgerechter Verarbeitung zum Wärmeschutz beiträgt, kann im engeren Sinne als Dämmmaterial angesehen werden (vgl. Schäffler, Bruy und Schelling, 2005, S. 229). Dämmstoffe tragen durch die Einsparung von Brennstoffen auch zur Reduzierung des CO_2 -Ausstoßes bei und unterstützen so den Umweltschutz. Die Auswahl eines geeigneten Dämmstoffes ist von vielfältigen Faktoren abhängig (u.a. bauphysikalische Eigenschaften, Haltbarkeit, Ökologie, Ökonomie). Generell gilt allerdings: Je geringer die spezifische Wärmeleitfähigkeit λ des Stoffes, umso effektiver ist dessen Wärmedämmwirkung (bspw. Stahl: = 48...58, Beton: = 2,1, Mineralwolle: = 0,032...0,050).

2.3 Curriculare Verortung des fachwissenschaftlichen Konzeptes

Innerhalb des Bildungsplanes für das Wahlpflichtfach Technik an allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufe 1 in Baden-Württemberg⁴ ist das Wärmekonzept auf verschiedenen Ebenen inhaltlich verankert. Dabei muss dem angesprochenen Aspekt der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE), als Leitperspektive des Technikunterrichts eine besondere Bedeutung zugesprochen werden (vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 3). Von besonderer Relevanz für eine nachhaltige, umweltschützende Handlungsweise ist die Reduktion von CO₂-Emissionen und die damit verbundene Schonung natürlicher Ressourcen. Weiterhin sollen prozessbezogene Kompetenzen im Hinblick auf die Bewertung eigener technischer Handlungen, bestehender technischer Lösungen sowie technischer Entwicklungen erworben werden (vgl. ebd., S. 11). Auf inhaltsbezogener Ebene sollen sich Lernende den Klassen 7–9 insbesondere Kompetenzen im Bereich der Bautechnik aneignen (vgl. ebd., S. 27–28). Dazu sollen Experimente zu bautechnischen Problemstellungen geplant, durchgeführt und ausgewertet sowie die Wirkungsweise ausgewählter technischer Systeme in Gebäuden untersucht und beschrieben werden (vgl. ebd., S. 28). Hinzu kommen die Beschreibung und die Beurteilung von energiesparenden baulichen Umsetzungen (vgl. ebd., S. 29).

Auch in fast allen anderen Bundesländern sind die Themengebiete Bauen und Wohnen bzw. Bautechnik und die damit verbundenen inhaltlichen Aspekte der unterschiedlichen Baustoffeigenschaften sowie Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit curricular verankert (vgl. Datenbankabfrage KMK, 2020). Das fachwissenschaftliche Konzept der Wärme erweist sich also für den allgemeinbildend ausgerichteten Technikunterricht als immanent relevant. Der Erfassung vorunterrichtlicher Vorstellungen von Wärme und ihrer Dämmung käme somit ein besonderer Stellenwert zu, um den schulischen Wissenstransfer adäquat konzipieren und erfolgreich gestalten zu können.

2.4 Vorunterrichtliche Vorstellungen

Schüler:innen kommen nicht als unbeschriebenes Blatt („tabula rasa“) in den Unterricht. Sie bringen zahlreiche, individuell geprägte Vorerfahrungen und Vorstellungen mit in die Schule, welche sich im alltäglichen Leben sowie im voran-

4 Die Ausführungen beziehen sich hauptsächlich auf den Bildungsplan der Sekundarstufe 1 für das Wahlpflichtfach Technik in Baden-Württemberg, da die Erhebung ausschließlich im Technikunterricht an Schulen des Bundeslandes Baden-Württembergs stattfand.

gegangenen Unterricht vielleicht erfolgreich bewähren konnten (vgl. Wiesner, Schecker und Hopf, 2013, S. 34). Sie widersprechen jedoch häufig fachwissenschaftlichen Konzepten. Gleichwohl besitzen sie für die Lernenden eine gewisse innere Logik, sodass sie von ihnen als plausibel angesehen werden und sich in bisherigen Alltagssituationen (wenn erforderlich) oft als hilfreicher erwiesen haben im Vergleich zu wissenschaftlichen Denkweisen (vgl. Jung, 1986, S. 3). Schüler:innenvorstellungen sind teilweise resistent gegen schulisch erworbenes Wissen bzw. nur erfahrungsbasiert veränderbar (vgl. Reuser und Pauli, 2014, S. 642 ff.)⁵ und müssen deshalb bei der Unterrichtsplanung und -durchführung besondere Berücksichtigung finden. Die alltagsbasierten Vorstellungen bilden zusammen mit den im Unterricht entwickelten Vorstellungen das Vorwissen, mit dem sich die Lernenden neue Unterrichtsinhalte erschließen können (vgl. Wiesner et al., 2013, S. 34). Die Schüler:innenvorstellungsforschung ist keineswegs ein Phänomen der Neuzeit, sondern hat ihren Ursprung bereits im 19. Jahrhundert. So stellt 1835 der deutsche Reformpädagoge Adolph Diesterweg fest, dass „ohne die Kenntnis des Standpunkts des Schülers [...] keine ordentliche Belehrung desselben möglich [ist]“ (Diesterweg, 1835, zitiert nach Duit 2008, S. 2). Insbesondere in den naturwissenschaftlichen Domänen ist die Untersuchung vorunterrichtlicher Vorstellungen innerhalb der einzelnen Fachdidaktiken (insbesondere der Physikdidaktik) weit fortgeschritten (vgl. Müller, Wodzinski und Hopf, 2011). Im deutschsprachigen Raum ist hier bspw. die ehemalige Forschungsgruppe um Reinders Duit am IPN Kiel zu nennen. Bislang publizierte Studien weisen auf ein sehr vielschichtiges physikalisches Wärmekonzept bei Schüler:innen hin (vgl. u. a. Duit, 1986; Duit und Kesidou, 1988; Choi, Kim, Paik, Lee und Chung, 2001; Paik, Cho und Go, 2007; Fischler und Schecker, 2018; Halar, 2019; Abb. 3). So unterscheiden Schüler:innen in ihren verbalisierten Vorstellungen oftmals nicht zwischen dem Zustand der Temperatur und dem Prozess der Wärme (bspw. „In diesem Zimmer ist es sehr warm“; Wiesner et al., 2013 zitiert nach Halar, 2019, S. 37). Schüler:innen konnotieren mit Wärme „meist [...] hohe bzw. angenehme Temperaturen“ (Fischler und Schecker, 2018, S. 150). Gleichzeitig wird Wärme als etwas Stoffliches wahrgenommen (bspw. „Bitte schließ' das Fenster, damit die Wärme drinnen bleibt!“; Fischler und Schecker, 2018, S. 149). Ebenso äußern einige Schüler:innen die Vorstellung, dass durch Wärme Gegenstände leichter werden (bspw. „Heiße Stoffe enthalten heiße Gase, und wenn die Stoffe abkühlen, dann entweichen diese Gase in die Luft.“; Erickson, 1979 zitiert nach Fischler und Schecker, 2018, S. 151; vgl. auch Meltzer, 2004). Oftmals werden

5 Beispiele für schulpraktische Handlungssequenzen zur Veränderung von Schüler*innenvorstellungen bieten u. a. die didaktischen Ansätze des Conceptual Change (Posner, Strike, Hewson und Gertzog, 1982), der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit und Gropengießer, 1997; Gropengießer und Kattmann, 2009) und der Phänomenographie (Murmman, 2009) (Nepper und Gschwendtner, 2020, S. 77).

bestimmte Materialien als „warm“ bzw. „heiß“ angesehen (bspw. „Wolle macht warm“; Fischler und Schecker, 2018, S. 151), und es wird ihnen die Eigenschaft zugeschrieben, dass sie Wärme absorbieren können (vgl. Wisser und Kipman, 1988, S. 6; Harrison, Grayson und Tregust, 1999, S. 62).

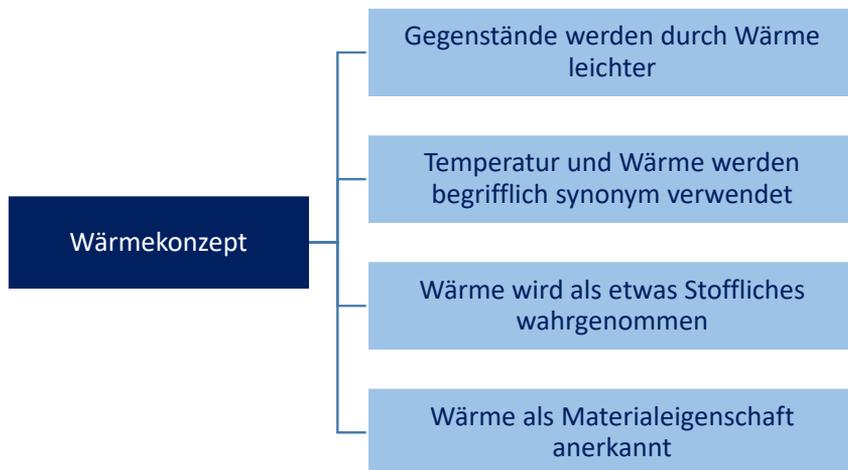


Abb. 3: Wärmekonzepte (Quelle: eigene Darstellung).

Im Bereich der technikdidaktischen Domäne ist zu den angeführten Wärmekonzepten, insbesondere zum funktionalen Aspekt der baulichen Maßnahmen bislang ein „blinder Fleck“ zu verzeichnen, wobei aus analytischer Sicht anzunehmen ist, dass Schüler:innen die verbalisierten Konzepte der Physikdidaktik auch im Technikunterricht äußern werden.

3 Fragestellung der Untersuchung

Die vorliegende Arbeit geht mittels einer explorativ angelegten Studie der Frage nach, welche Vorstellungen Schüler:innen im Bereich des Problem- und Handlungsfeldes „Bauen und Wohnen“, spezifisch zum thematischen Feld der wärmedämmenden Stoffe und des damit verbundenen Wärmekonzeptes, im unterrichtlichen Alltag haben. Dabei sollen mit Hilfe von Unterrichtsvignetten prominente Vorstellungen identifiziert und vertiefend analysiert werden.

3.1 Methode

Für den Zugang zur Erfassung der vorherrschenden unterrichtlichen Schüler:innenvorstellungen wird ein schriftlicher Vignettentest im offenen Antwortformat gewählt. Unter einer Vignette versteht man in der Unterrichtsforschung die Darstellung einer kurzen und authentischen Situation, die hinsichtlich einer konkreten Frage- bzw. Aufgabenstellung zu beurteilen bzw. zu bearbeiten ist (vgl. Eid und Schmidt, 2014, S. 95). Auf Grundlage der Reaktion bzw. der Beurteilung der Situation durch die Lernenden kann man auf deren fachwissenschaftliche Kompetenzen schließen (vgl. u. a. Atria, Strohmeier und Spiel, 2006, S. 233; Rehm und Bölsterli, 2014, S. 215). Die Einbettung in konkrete (Unterrichts-)Situationsen erweist sich durch die relative Nähe zu den alltäglichen Erfahrungen der Lernenden als vorteilhaft und damit als günstige Methode zur Erfassung von vorunterrichtlichen Vorstellungen. Den Lernenden soll es dadurch gelingen, sich in die dargestellte alltagsnahe Situation hinein zu versetzen und auf die Aufgaben- bzw. Fragestellung entsprechend zu antworten. Es wurde in der Forschungsgruppe entschieden, innerhalb der Unterrichtsvignetten eine konkrete Unterrichtssituation darzustellen, um möglichst Situationen zu kreieren, die von allen Lernenden nachvollzogen werden können und dadurch zur Verständnissicherung der Lernenden beizutragen.

Die Ausgestaltung von Unterrichtsvignetten kann vielseitig gestaltet werden (Abb. 4). Neben der Darstellung durch unterschiedliche Medien (z. B. Text, Comic, Video) kann weiterführend die Ausgestaltung unterschiedlicher Antwortformate

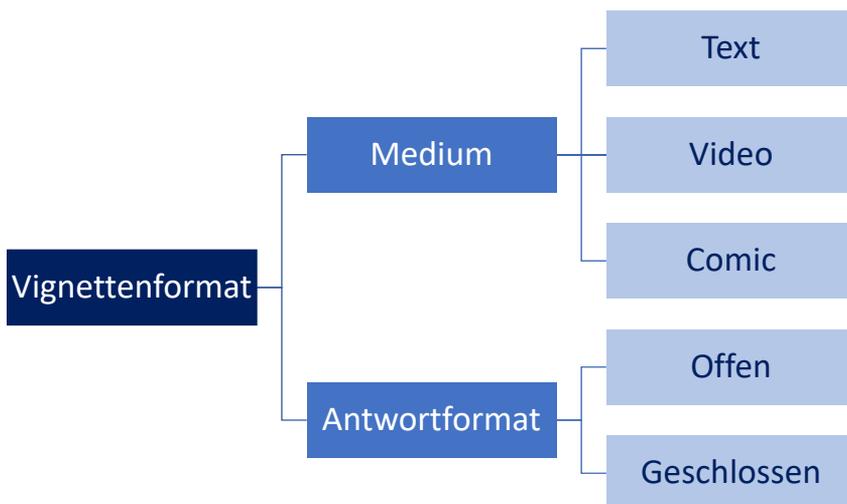


Abb 4: Differente Vignettenformate (Quelle: Straub, 2020).

differenziert werden. Die Bearbeitung kann einerseits mittels vorgegebenem Itemstamm durch ein geschlossenes Antwortformat (vgl. u. a. Tepner und Dollny; Goreth, 2017), andererseits ohne Antwortvorgaben im offenen Antwortformat (vgl. u. a. Brovelli et al., 2013; Straub, 2020) realisiert werden.

Das offene Format bietet im Wesentlichen den Vorteil, dass die Sichtweise der Proband:innen sowie deren Antwortmöglichkeiten im Vorfeld nicht eingeschränkt werden (vgl. Witner und Tepner, 2011, S. 117) und infolgedessen keinerlei Eingrenzung bei der Bearbeitung der Vignetten bestehen. Nachteilig ist insbesondere der zeitliche Aufwand der Auswertung. Bei der vorliegenden Untersuchung fiel die Entscheidung zugunsten verschiedener Textvignetten mit offenem Antwortformat aus, da die Sichtweise bzw. Vorstellungen der Schüler:innen vollumfänglich abgebildet werden sollen, ohne durch die Vorgabe von Antwortitems Einschränkungen zu erzeugen. Dabei wurden folgende Unterrichtsvignetten verwendet:

Vignette: „Wärmekonzept“ (Abb. 5)

Einführend soll ermittelt werden, was die Lernenden unter dem Begriff Wärme verstehen. Dazu werden sie gebeten, durch ihre Erklärungen die Lehrperson im Unterricht zu unterstützen.

<p>Situation: 1</p> <p>Die Lehrerin Frau Rück möchte den Wärmebegriff im Unterricht einführen. Allerdings muss sie selbst zunächst überlegen, was man unter Wärme genau versteht.</p> <p>Hilf Frau Rück, indem Du beschreibst, was man unter Wärme versteht!</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
--

Abb. 5: Vignette „Wärmekonzept“.

Vignette: Bautechnische Isolationsmaßnahmen (Abb. 6)

Sie befasst sich mit der Frage nach bautechnischen Maßnahmen zur Isolation von Gebäuden. Indem die Lernenden aufgefordert werden, ihnen bekannte bautechnische Maßnahmen zur Wärmedämmung zu benennen, lässt sich eruieren, über welche alltäglichen Vorwissenskonzepte sie verfügen. Diese Vignette basiert auf den zuvor erfragten Grundlagen zum Wärmekonzept. Im Zentrum steht der Aspekt, dass eine spezifische Raumtemperatur durch spezifische bautechnische

Situation: 2

Im Unterricht stellt Frau Rück folgende Frage an die Lernenden:

Frau Rück: „Welche bautechnischen Maßnahmen kann man ergreifen, um ein Haus im Winter warm und im Sommer kühl zu halten?“

Die Schüler diskutieren in Partnerarbeit über die Aufgabenstellung.

Laura: „Max, hast Du eine Idee, was wir darauf antworten könnten?“

Überlege dir eine Antwort, die Max auf die Frage geben könnte!

Abb. 6: Vignette „Bautechnische Isolationsmaßnahmen“.

Maßnahmen aufrechterhalten und damit der Prozess des Energietransports vermieden werden soll.

3.2 Sampling und Stichprobe

Die Vignetten wurden von insgesamt 319 Schüler:innen an sechs Schulen der Sekundarstufe I (Gemeinschafts-, Real- sowie Werkrealschulen) in Baden-Württemberg bearbeitet. Davon sind 181 Personen männlichen, 126 weiblichen Geschlechts; 12 Personen machten hierzu keine Angabe. Die Befragung fand in insgesamt 19 Klassen statt. Von den Schüler:innen befinden sich $n = 159$ in der achten und $n = 160$ in der neunten Klassenstufe. Die Lernenden sind im Mittel etwa 14 Jahre alt ($M = 14,39$ [$SD = 0,71$]).

Vor der Erhebung wurden die Vignetten den Schüler:innen von den jeweiligen Techniklehrpersonen vorgestellt. Die daran anschließende Erhebung wurde ebenfalls von den Lehrpersonen vor Ort durchgeführt und umfasste eine Bearbeitungsdauer von ca. 15 Minuten. Eine Nachbesprechung der Vignetten wurde individuell von den jeweiligen Techniklehrer:innen durchgeführt.

4 Auswertung

Die qualitative, inhaltsanalytische Auswertung erfolgt mittels induktiver Kategorienbildung in Anlehnung an Mayring (2015), d. h. die Kategorien werden nicht vor der Sichtung des Materials erstellt, sondern direkt aus dem vorhandenen

Erhebungsmaterial (hier: schriftliche Schüler:innenantworten) abgeleitet, ohne vorherigen Bezug auf verwendete Theoriekonzepte. Mayring (vgl. 2015, S. 69) bezeichnet diese Art der Kategorienbildung als zusammenfassende Inhaltsanalyse mit dem Ziel der Eingrenzung der Textelemente, ohne den inhaltlichen Kern des Materials zu verfälschen. Durch dieses Vorgehen soll eine Übersichtlichkeit der Daten erzeugt werden, welche immer noch der Grundform des Erhebungsmaterials entspricht (vgl. ebd., S. 69–70). Zur Berechnung der Interrater-Reliabilität bei nominalskalierten Daten werden 10 %⁶ des Datenmaterials von einer zweiten, unabhängigen Person doppelkodiert. Im Rahmen der Arbeit wird das weitverbreitete, liberale Überschneidungsmaß des Holsti-Koeffizienten berechnet (vgl. u. a. Döring und Bortz, 2016, S. 566; Kolb, 2014, S. 339). Für die kodierten Daten kann von einem zufriedenstellenden Holsti-Koeffizienten von $r_H = 0,81$ berichtet werden.

5 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Befunde zu vorunterrichtlichen Vorstellungen innerhalb der einzelnen Vignetten systematisch dargestellt und vertiefend analysiert.

Vignette: „Wärmekonzept“

Hier konnten neun Antwortkategorien mit weiteren elf Unterkategorien nach inhaltsanalytischer Auswertung exploriert werden (Tab. 1). Davon wird eine Kategorie als „keine Angabe“ operationalisiert. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden hier nur die wichtigsten Unterkategorien referiert, die insgesamt mindestens acht Nennungen aufweisen. Mehrfachantworten waren aufgrund des offenen Vignettenformates möglich.

Kategorie	Unterkategorie	Anzahl/Nennungen	
1 Erzeugt durch	Sonne	26	59
	Reibung	10	
	Feuer	12	
	Elektronen/elektr. Strom	11	
2 Alltagsbeispiel			56
3 Gegenteil Kälte			40

⁶ Lombard, Synder-Duch und Bracken (2002, S. 601) sprechen sich bspw. für eine Doppelkodierung von 10 % des gesamten Datenmaterials aus.

Kategorie	Unterkategorie	Anzahl/Nennungen	
4	Energie	27	35
	Elektrische Energie	8	
5	Temperatur		30
6	Gefühl		23
7	Bewegungsmuster Moleküle		17
8	Quelle, die Hitze/Wärme abgibt		16
9	Keine Angabe		56

Tab. 1: Ergebnisse der Vignette „Wärmekonzept“.

Kategorie 1 „Erzeugt durch Sonne/Reibung/Feuer/Elektronen/elektr. Strom“:

Kategorie eins zeigt, dass die Schüler:innen das Konzept der Wärme erklären, indem sie Aussagen über deren Entstehung bzw. Erzeugung treffen [Pb⁷_106⁸: „Die Sonne liefert uns Wärme [...]“].

Kategorie 2 „Alltagsbeispiele“:

Die zweite Kategorie zeigt, dass ein Großteil der Lernenden lediglich ein spezifisches Alltagsbeispiel zum Wärmebegriff nennt [Pb_82: „Sich warm halten, damit man nicht erfriert.“; Pb_03: „Wärme ist wenn [...] und man schwer atmet.“; Pb_187: „[...] es ist warm bedeutet, mit Wärme kann man z. B. Essen aufwärmen oder der menschliche Körper hat auch Wärme.“].

Kategorie 3 „Gegenteil von Kälte“:

Kategorie drei zeigt, dass viele Erklärungen der Lernenden auf die Beschreibung des Wärmekonzeptes mittels eines Antonyms (Wärme als das Gegenteil von Kälte) entfallen.

Kategorie 4 „Energie“:

Kategorie vier visualisiert, dass einige der Lernenden Wärme im Sinne eines Energiekonzeptes erklären [Pb_95: „Wärme ist Energie.“]. Hierbei wird zusätzlich zwischen unterschiedlichen Energieformen differenziert (z. B. elektrische Energieform).

7 Pb = Proband:in.

8 Die Zahl entspricht der Nummerierung der Proband:innen.

Kategorie 5 Temperatur:

Die fünfte Kategorie zeigt, dass viele Schüler:innen Wärme auch dadurch erklären, dass sie das Maß der Temperatur anführen [Pb_110: „Unter Wärme versteht man warme Temperatur[en], also plus Temperatur[en.]“].

Kategorie 6 „Gefühl“:

Innerhalb der sechsten Kategorie wird ersichtlich, dass einige Lernende Wärme als gefühlsmäßige Größe bezeichnen [Pb_173: „Unter Wärme versteht man Nähe, sich wohlfühlen, Sommer.“].

Kategorie 7 „Bewegungsmuster Moleküle“:

Kategorie sieben umschreibt die Erklärung des Wärmebegriffs durch die Bewegungsmuster von Molekülen [Pb_103: „Je schneller sich die Teilchen in einem Körper bewegen, desto heißer ist er.“].

Kategorie 8 „Quelle die Hitze/Wärme abgibt“:

Kategorie acht zeigt die Erklärung des Wärmekonzepts als Quelle, die Hitze bzw. Wärme abgibt [Pb_02: „Unter Wärme versteht man eine Quelle, die Hitze abgibt.“].

Kategorie 9 „Keine Angabe“:

Innerhalb der neunten Kategorie ist auffällig, dass sehr viele Schüler:innen keine Angabe zu dieser Vignette machen. Warum eine derart hohe Anzahl an fehlenden Antworten besteht, kann retrospektiv nicht genauer erklärt werden.

Die inhaltsanalytische Auswertung legt den Schluss nahe, dass das Wärmekonzept für die Lernenden keineswegs trivial zu sein scheint. Die Ergebnisse decken sich in vielen Punkten mit den verbalisierten Schüler:innenvorstellungen aus Studien der Physikdidaktik. So bestehen differente vorunterrichtliche Vorstellungen darüber, was man unter dem Begriff Wärme versteht. Insbesondere das Wissen über unterschiedliche Möglichkeiten zur Wärmeerzeugung sowie die hohe Anzahl an Alltagsbeispielen machen deutlich, dass der Wärmebegriff durch die verschiedenen, im Alltag erfahrenen Situationen beschrieben werden kann. Das Wärmekonzept selbst vermögen die Lernenden jedoch meist nur ansatzweise genauer erklären zu können. Auch die insgesamt sehr hohe Anzahl an fehlenden Werten macht die Komplexität des Wärmekonzeptes deutlich.

Vignette: Bautechnische Isolationsmaßnahmen

Die zweite Vignette fragt nach bautechnischen Möglichkeiten, ein Gebäude im Winter warm und im Sommer kühl halten zu können. Sie untergliedert sich in

vier Haupt- und 29 Unterkategorien, wovon eine als „keine Angabe“ operationalisiert wird. Im Rahmen dieser Vignette werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nur solche Kategorien diskutiert, die mindestens sechs Nennungen aufweisen (Tab. 2). Mehrfachantworten waren aufgrund des offenen Vignettenformates möglich.

Nr.	Kategorie	Unterkategorie	Anzahl/Nennungen
1	Verwendung eines Heiz- oder Kühlsystems		143
2	Bautechnische Maßnahmen	Isolation/Dämmung	75
		Abdichtung	10
		Fenster im Haus einbauen	7
3	Alltagshandlung	Fenster/Türen auf/zu	24
		Rollladen auf/zu	22
4	Einsatz spezifischer Baustoffe	Styropor	6
5	Keine Angabe		80

Tab. 2: Ergebnisse Vignette „Bautechnische Isolationsmaßnahmen“.

Kategorie 1 „Verwendung eines Heiz- oder Kühlsystems“:

Kategorie eins umfasst die Verwendung von Heiz- und/oder Kühlsystemen [Pb_111: „Indem ich eine Fußbodenheizung besitze oder ich Feuer machen kann. Zum kalt machen würde ich mir eine Klimaanlage holen [...]“].

Kategorie 2 „Bautechnische Maßnahmen“:

Die zweite Kategorie beschreibt den Einsatz von spezifischen bautechnischen Maßnahmen, wie bspw. der Einbau einer Dämmung im Haus [Pb_03: „Man muss das Haus isolieren, damit bleibt es im Winter warm und im Sommer kalt.“].

Kategorie 3 „Alltagshandlungen“:

In der dritten Kategorien werden Alltagshandlungen, wie bspw. das Schließen bzw. Öffnen von Fenstern, Türen oder Rollläden beschrieben.

Kategorie 4 „Einsatz spezifischer Baustoffe“:

Kategorie vier umfasst den Einsatz von spezifischen Baustoffen [Pb_157: „Durch eine Art Polster in den Wänden. [...] ich glaube eine Art Styropor. Wärme kann im Sommer nicht eintreten und im Winter die Kälte nicht austreten.“].

Kategorie 5 „Keine Angabe“:

Eine relativ große Anzahl der Lernenden geben zu dieser Vignetten kein Antwort ab.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Lernenden Strategien zur Erwärmung bzw. Abkühlung von Räumen kennen, z. B. den Einbau eines Heiz- und Kühlsystems oder das Öffnen bzw. Schließen von Fenstern und Türen. Dies kann durch Erfahrungen aus dem alltäglichen Leben erklärt werden. Um den Energietransportprozess zu verhindern und so die Temperatur im Haus im Winter hoch bzw. im Sommer niedrig zu halten, werden bautechnische Isolationsmaßnahmen samt dem Einsatz spezifischer Baustoffe angeführt. Allerdings sind hier insgesamt vergleichsweise wenig Nennungen zu verzeichnen. Auffällig ist auch die sehr hohe Anzahl an fehlenden Angaben, was darauf zurückgeführt werden kann, dass sich die Aufgabenstellung bzw. das thematische Gebiet für die Lernenden als schwierig darstellte. Ein vergleichende Betrachtung der Ergebnisse der Vignetten 1 und 2 wurde im Rahmen dieses Beitrags nicht geleistet, könnte aber Ansatzpunkt einer Folgeuntersuchung sein.

6 Diskussion

Grundlegend bleibt festzuhalten, dass sich ein fachwissenschaftlich korrektes Wärmekonzept bei Schüler:innen im Technikunterricht als schwierig erweist. Dieser Befund bestätigt die Ergebnisse bereits publizierter Beiträge aus dem Bereich der Physikdidaktik (Fischler und Schecker, 2018, S. 139 ff.; Kap. 2.4). So ist das für die Bautechnik wichtige Prinzip der Wärmedämmung (und das damit verbundene Isolationsprinzip von spezifischen Werkstoffen) in den Vorstellungen der Schüler:innen meist nur teilweise vorhanden. Eine mögliche Erklärung wäre, dass Wärme und deren Transportwege über Systemgrenzen hinweg für Lernende im Alltag nur bedingt erfahrbar bzw. wahrnehmbar sind. Dies wird bspw. innerhalb der ersten Vignette deutlich, wo die Lernenden lediglich verschiedene Alltagsbeispiele oder mögliche Ursachen zur Entstehung von Wärme auführen, um das Wärmekonzept zu erklären. In Anbetracht der Antworten zur zweiten Vignette wird außerdem ersichtlich, dass die Lernenden hauptsächlich auf phänomenologischer Ebene beschreiben, wie die Temperatur innerhalb des Hauses gesteigert bzw. reduziert werden kann, z. B. durch den Einbau von Heiz- oder Kühlsystemen, durch bautechnische Maßnahmen oder Alltagshandlungen. Zu beiden Vignetten werden insbesondere exemplarische Antworten gegeben, die aus der unmittelbaren Lebenswelt der Schüler:innen stammen.

Umso mehr kommt dem allgemeinbildend ausgerichteten Technikunterricht die Aufgabe zu, wissenschaftliche Hintergründe zu beleuchten, die in Teilen auch aus den Fachbereichen Physik und Chemie stammen. Durch die damit verbundene Beschäftigung mit theoretischen MINT-Konzepten wird die phänomenologische Ebene transzendiert und ein tieferes Verständnis der Thematik ermöglicht. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf die Vermittlung von fachwissenschaftlichen Begrifflichkeiten gelegt werden. Hilfreich wäre es hier, auch mit Blick auf die zukünftige Curriculumsentwicklung, wenn Termini fächerübergreifend identisch verwendet werden würden.

Wie bereits in Abschnitt 2.4 dargelegt, wird der Berücksichtigung vorunterrichtlicher Vorstellungen im Rahmen der Unterrichtsplanung eine besondere Bedeutung zugeschrieben, da sie als wesentlicher Ausgangspunkt für weitere Wissenserwerbsprozesse anzusehen sind. Für Schüler:innen erweist es sich als äußerst schwierig, die curricular geforderten Inhalte zu erlernen, wenn ihre außerschulische Vorstellungen nicht mit der fachwissenschaftlichen Sichtweise übereinstimmen. Mögliche Ansatzpunkte im Umgang mit vorhandenen Schüler:innenvorstellungen bieten die didaktischen Ansätze des Conceptual Change, der didaktischen Rekonstruktion und der Phänomenographie (vgl. Abschnitt 2.4). Sie zielen auf das Umstrukturieren kognitiver Strukturen der Lernenden ab. Flankierend kann auf die innerhalb der Chemiedidaktik verortete LEHR-Landkarte in Anlehnung an Feige et al (vgl. 2017, S. 3) verwiesen, die eine konkrete Anleitung für den Umgang mit alternativen Schüler:innenvorstellungen erläutert. Dieses Konzept lässt sich auch innerhalb der allgemeinbildenden Technikdidaktik implementieren und bietet daher einen wichtigen Ansatzpunkt zur Diagnose von und den Umgang mit Schüler:innenvorstellungen.

Für eine Weiterbeschäftigung mit dem in den Vignetten thematisierten Wärme-konzept nebst werkstoffbasierten Dämmmaßnahmen in der Unterrichtspraxis des Fachs Technik böte sich der Einsatz einer Wärmebildkamera an. Bei der Auswertung damit erstellter Gebäudeaufnahmen könnten die Lernenden anhand der Farbkonstellationen ermitteln, an welchen Stellen Energietransport stattfindet und wo dieser verhindert bzw. verringert wird. Weiterführend ließe sich untersuchen, welche Werkstoffe jeweils verbaut wurden, um abschließen klären zu können, wie ausgeprägt die materialspezifische Eignung zur Wärmedämmung ist.

Für den vorliegenden Forschungsbeitrag aus technikdidaktischer Perspektive wurde bewusst ein inhaltsanalytischer Ansatz gewählt. Explorativ konnten so Einsichten in Vorstellungen gewonnen werden, die sich die Schüler:innen im Vorfeld des Unterrichtsgeschehens zu Eigen gemacht haben und die sich aus

fachwissenschaftlicher Sicht als ergänzungs- bzw. korrekturbedürftig erwiesen. Allerdings bedarf es vertiefender Untersuchungen, um eine breitere Datenbasis zu erreichen und auch vorunterrichtliche Vorstellungen zu anderen Themenbereichen sicht- und für Unterrichtsplanungen nutzbar zu machen.

Abschließend soll auf die Grenzen der gewählten Erhebungsmethode eingegangen werden. Hier muss kritisch hinterfragt werden, inwiefern die in den Vignetten dargestellten Szenarien die reale Situation der Lernenden widerspiegeln bzw. abbilden können. In Anbetracht des eher geringen Aufforderungscharakters der eingesetzten Vignetten wäre in Folgeuntersuchungen zu überprüfen, ob sich alltagsnähere Vignetten eher eignen, Schüler:innenvorstellungen zu ermitteln. Auch wäre zu überlegen, das Untersuchungssetting zu diversifizieren bspw. in Form einer Interviewstudie zu realisieren.

Literatur

- Atria, M.; Strohmeier, D. und Spiel, C. (2006). Der Einsatz von Vignetten in der Programmevaluation – Beispiele aus dem Anwendungsfeld ‚Gewalt in der Schule‘. In: U. Flick (Hrsg.), *Qualitative Evaluationsforschung. Konzepte – Methoden – Umsetzung* (Rowohlt's Enzyklopädie). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verlag, S. 233–249
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt Rinehart and Winston
- Balkowski, M. (2014). Wärmedämmstoffe. In: R. Sweekhorst (Hrsg.), *RWE Bau-Handbuch* (15. Aufl.). Frankfurt am Main: SDS
- Brovelli, D.; Bölsterli, K.; Rehm, M. und Wilhelm, M. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Ein Vignettest mit authentisch komplexen Unterrichtssituationen und offenem Antwortformat. In: *Unterrichtswissenschaft: Zeitschrift für Lernforschung*, 41 (4), S. 306–329.
- Döring, N. und Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Berlin: Springer
- Duit, R. (2008). Zur Rolle von Schülervorstellungen im Unterricht. In: *geographie heute*, 29 (265), S. 2–6
- Duit, R. (2000): Konzeptwechsel und Lernen in den Naturwissenschaften in einem mehrperspektivischen Ansatz. In: R. Duit und C. von Rhöneck (2000): *Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg*. Kiel: IPN, S. 77–103

- Duit, R. (1986). Wärmeverstellungen. In: Naturwissenschaften im Unterricht-Physik/Chemie, NiU, 34 (13), S. 195–198
- Duit, R. und Kesidou, D. (1988). Students Understanding of Basic Ideas. Research in Science Education. Dordrecht: Springer, S. 186–195
- Eicke-Henning, W. (2011). Kleine Geschichte der Dämmstoffe „Erster Teil“. In: wksb – Zeitschrift für Wärmeschutz, Kälteschutz, Schallschutz, Brandschutz, 65 (1), S. 6–34
- Eid, M. und Schmidt, K. (2014). Testtheorie und Testkonstruktion (Bachelorstudium Psychologie). Göttingen: Hogrefe
- Feige, E.-M.; Rutsch, J.; Dörfler, T. und Rehm, M. (2017). Von der Alltagsvorstellung zum fachwissenschaftlichen Konzept. Schülervorstellungen diagnostizieren und weiterentwickeln. In: Unterricht Chemie (159), S. 2–8
- Fischler, H. und Schecker, H. (2018). Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf und R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellung und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer, S. 139–162
- Goreth, S. (2017). Erfassung und Modellierung professioneller Unterrichtswahrnehmung angehender Lehrkräfte im technikbezogenen Unterricht. In: B. Geißel und T. Gschwendtner: Beiträge zu Technikdidaktik, Band 4. Berlin: Logos.
- Gropengießer, H. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In: D. Krüger, I. Prachmann und H. Schecker (Hrsg.), Theorien der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer, S. 49–67
- Gropengießer, H. und Kattmann, U. (2009). Didaktische Rekonstruktion – Schritte auf dem Weg zu gutem Unterricht. In: B. Moschner, R. Hinz und V. Wendt (Hrsg.), Unterrichten professionalisieren: Schulentwicklung in der Praxis. Berlin: Cornelsen Scriptor, S. 159–164
- Halar, A. (2019). Kulturelle Ausprägungen von vorunterrichtlichen Schülervorstellungen zu Wärme, Temperatur und Energie – Eine explorative Studie in Mosambik. Ludwigsburg
- Harrison, G.A.; Grayson, J.D. und Treagust, F.D. (1999). Investigating a Grade 11 Student's Evolving Conceptions of Heat and Temperature. Journal of Research in Science Teaching, 36 (1), S. 55–87
- Herwig, H.; Moschallski, A. (2014). Wärmeübertragung Physikalische Grundlagen – Illustrierende Beispiele. Wiesbaden: Springer
- Holsti, O.R. (1969). Content Analysis for the Social Sciences and Humanities. Reading (Massachusetts): Addison-Wesley
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie 34 (13), S. 2–6
- Kattmann, U.; Duit, R.; Gropengießer, H. und Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidak-

- tische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), S. 3–18
- Kolb, S. (2004). Verlässlichkeit von Inhaltsanalysedaten. Reliabilitätstest, Errechnen und Interpretieren von Reliabilitätskoeffizienten für mehr als zwei Codierer. Medien & Kommunikationswissenschaft, 52 (3), S. 335–354
- Lombard, M.; Snyder-Duch, J. und Bracken, C. C. (2002). Content analysis in mass communication: Assessment and reporting of intercoder reliability. Human Communication Research, 28 (4), S. 587–604
- Mammes, I.; Adenstedt, V. und Gooß, A. (2020). Das Technikverständnis von Grundschulkindern. In B. Geißel und T. Gschwendtner (Hrsg.), Einblicke in aktuelle Forschungsarbeiten der Technikdidaktik (Beiträge zur Technikdidaktik, Bd. 6). Berlin: Logos, S. 39–65
- Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (12. Aufl.). Weinheim: Beltz
- Meltzer, D. E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. American Journal of Physics, 72 (11), S. 1432–1446
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport (2016). Bildungsplan 2016. Allgemeinbildende Schulen Sekundarstufe 1 Technik-Wahlpflichtfach. Stuttgart
- Müller, R.; Wodzinski, R. und Hopf, M. (2011). Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. 3. Aufl. Hallbergmoos: Aulis
- Murmann, L. (2009). Phänomenographie und Didaktik. In M.A. Meyer, M. Prenzel und S. Hellekamps (Hrsg.), Perspektiven der Didaktik. Wiesbaden: VS, S. 187–199
- Nepper, H.H. und Gschwendtner, T. (2020a). Schüler- und Lehrervorstellungen zu ausgewählten technischen Grundlagen der Mechanik und Energieversorgung. Journal of Technical Education (JOTED), 8 (1), S. 76–98
- Nepper, H.H. und Gschwendtner, T. (2020b). „Vom Treten der Pedale zur Bewegung der Räder“ – Pilotstudie zur Identifizierung von Schüler- und Lehrervorstellungen zum Aufbau und zur Funktionsweise eines Fahrradgetriebes. In: B. Geißel und T. Gschwendtner (Hrsg.), Einblicke in aktuelle Forschungsarbeiten der Technikdidaktik (Beiträge zur Technikdidaktik, Bd. 6). Berlin: Logos, S. 91–107
- Paik, S. H.; Cho, B. K. und Go, Y. M. (2007). Korean 4 to 11- Year- Old Student Conceptions of Heat and Temperature. Journal of Research in Science Teaching, 44 (2), S. 284–302
- Polifke, W. und Kopitz, J. (2009). Wärmeübertragung: Grundlagen, analytische und numerische Methoden. Pearson
- Pottgieser, U. (2009). Prinzipien der Baukonstruktion. Paderborn: UTB

- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W. und Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), S. 211–227
- Rehm, M. und Bölsterli, K. (2014). Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In: D. Krüger, I. Parchmann und H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer, S. 213–225
- Reusser, K. und Pauli, C. (2014). Berufsbezogene Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern. In E. Terhart, H. Bennewitz und M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (2., überarb. und erw. Aufl.). Münster: Waxmann, S. 642–661
- Schäffler, H.; Bruy, E. und Schelling, G. (2005). *Baustoffkunde. Aufbau und Technologie, Arten und Eigenschaften, Anwendung und Verarbeitung der Baustoffe*. Würzburg: Vogel
- Schlagenhauf, W. und Wiesmüller, C. (2018). *Anliegen und Grundzüge Allgemeiner Technischer Bildung. Grundsatzpapier Nr. 1*. Berlin: DGTB
- Straub, F. (2020). Erfassung fachdidaktischer Kompetenzfacetten angehender Lehrpersonen technikbezogenen Unterrichts. *Empirische Untersuchungen zur Erweiterung und längsschnittlichen Erprobung des Vignettentestinstrumentes PCK-T. Ludwigsburg, Pädag. Hochsch., Diss.*
- Tepner, O. und Dollny, S. (2014). Entwicklung eines Testverfahrens zur Analyse fachdidaktischen Wissens. In: D. Krüger, I. Parchmann und H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer, S. 311–323
- VDI (2007). *Bildungsstandards Technik für den mittleren Bildungsabschluss*. Düsseldorf: VDI
- White, R. und Gunstone, R. F. (2008). The conceptual change approach and the teaching of science. In: S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York: Routledge, S. 619–628
- Witner, S. und Tepner, O. (2011). Entwicklung geschlossener Testaufgaben zur Erhebung des fachdidaktischen Wissens von Chemielehrkräften. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 37 (104), S. 113–137
- Wiser, M. und Kipman, D. (1988). *The Differentiation of Heat and Temperature: An Evaluation of the Effect of Microcomputer Models on Students' Misconceptions*, Tech. Rep. No. TR88-20, Harvard Graduate School of Education, Educational Technology Center, Cambridge, Massachusetts
- Wiesner, H.; Schecker, H. und Hopf, M. (2013): *Physikdidaktik kompakt*. Hallbergmoos: Aulis

Autor:innen

Dr. Friederike Wolf. Lehrerin an einer Realschule und Lehrbeauftragte in der Abteilung: Technik an der Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
friederike_wolf@outlook.de

Dr. Hannes Helmut Nepper. Seit 2019 Akademischer Mitarbeiter für Technik und ihre Didaktik an der Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, seit 2020 Stv. Abteilungsleiter. Forschungsschwerpunkte: Förderung von Fehlersuchstrategien im technikbezogenen Unterricht, kumulatives Technikhernen unter besonderer Berücksichtigung physikalischer Grundlagen, Schüler- & Lehrervorstellungen im technikbezogenen Unterricht
hannes.nepper@ph-gmuend.de

Korrespondenzadresse:

Dr. Hannes Helmut Nepper
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Abteilung Technik
Oberbettringer Str. 200
D-73525 Schwäbisch Gmünd