

Heyden, Nils

Präkonzepte zum Kohlekraftwerk. Schüler*innenvorstellungen zu ausgewählten Grundlagen der Energieversorgung am Beispiel des Kohlekraftwerks. Eine Replikationsstudie

technik-education (tedu). Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht 3 (2023) 2, S. 3-13



Quellenangabe/ Reference:

Heyden, Nils: Präkonzepte zum Kohlekraftwerk. Schüler*innenvorstellungen zu ausgewählten Grundlagen der Energieversorgung am Beispiel des Kohlekraftwerks. Eine Replikationsstudie - In: *technik-education (tedu). Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht 3 (2023) 2, S. 3-13* - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-286458 - DOI: 10.25656/01:28645

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-286458>

<https://doi.org/10.25656/01:28645>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<https://tec-edu.net/tedu>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen, solange Sie den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen und das Werk bzw. den Inhalt nicht für kommerzielle Zwecke verwenden. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and render this document accessible, make adaptations of this work or its contents accessible to the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work, provided that the work or its contents are not used for commercial purposes. By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

technik – education

3. Jahrgang

Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung
im allgemeinbildenden Technikunterricht

2|2023



www.tec-edu.net

tedu

Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht

<https://tec-edu.net/tedu>

HERAUSGEBER

Dr. Hannes Helmut Nepper
Dr. Armin Ruch, OStR
Dr. Dr. Dierk Suhr

Mail

herausgeber@tec-edu.net

Anschrift

Pädagogische Hochschule Schw. Gmünd
Institut für Bildung, Beruf und Technik
Abteilung Technik
Oberbettringer Straße 200
73525 Schwäbisch Gmünd
www.tec-edu.net

AUTOR*INNEN IN DIESEM HEFT

Daniel Autenrith
Fabian Csosch
Sebastian Rudolf Göser
Niclas Günther
Yannik Haußmann
Nils Heyden
Stefanie Nickel
Armin Ruch
Sarah Schüssler-Hanenberg

Titelbild: Hannes Helmut Nepper
(Nutzung von Adobe Firefly)

ISSN: 2748-2022

Inhalt

Grußwort der Herausgeber 2

Unterrichtsforschung

N. Heyden

Präkonzepte zum Kohlekraftwerk 3

Unterrichtsforschung

D. Authenrieth & S. Nickel

Das KI-Meta-Modell 14

Unterrichtsforschung

S. Schüssler-Hanenberg

Leistungsbewertung 21

Unterrichtspraxis

Y. Haußmann

Fertigung von Ringen im Technikunterricht 29

Unterrichtspraxis

N. Günther

Schachbrett für Menschen mit Sehbehinderung 35

Unterrichtspraxis

S. R. Göser

Ein Bürolocher aus dem 3D-Drucker 46

Unterrichtspraxis

F. Csosch

Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte im Technikunterricht 56

Ankündigungen

A. Ruch

Neue Fachliteratur 63

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Herausgeber wieder.

Insbesondere bei unterrichtspraktischen Artikeln wird darauf hingewiesen, dass es unterschiedliche Sicherheitsbestimmungen gibt und jede Lehrkraft bei der Umsetzung selbst dafür verantwortlich ist, die Gefährdung zu beurteilen und die Vorschläge für die eigene Praxis entsprechend der jeweilige Vorschriftenlage anzupassen.

Präkonzepte zum Kohlekraftwerk

Schüler*innenvorstellungen zu ausgewählten technischen Grundlagen der Energieversorgung am Beispiel des Kohlekraftwerks – eine Replikationsstudie

Nils Heyden

SCHLAGWORTE

Schülervorstellungen
Präkonzepte
Technikunterricht
Kohlekraftwerk
physikalische Grundlagen

ABSTRACT

Die vorunterrichtlichen Vorstellungen von Schüler*innen wurden im allgemeinbildenden Technikunterricht bislang nur sporadisch beforscht. Mit diesem Beitrag wird das Ziel verfolgt, vorhandene Präkonzepte von Schüler*innen zum Kohlekraftwerk als Vertreter des Energiekonzepts zu identifizieren. Analog zur Hauptstudie (Nepper & Gschwendtner, 2020b) wurde ein qualitatives Forschungsdesign gewählt und audiographierte Leitfrageninterviews mit $n = 7$ Schüler*innen der Klasse 7 einer Realschule durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass fachwissenschaftlich unvollständige und oftmals falsche Vorstellungen zum Aufbau und Funktionsprinzip des Kohlekraftwerks vorherrschen, diese sich aber individuell stark voneinander unterscheiden. Damit stützen diese Befunde die Erkenntnisse der vorangegangenen Untersuchung und verdeutlichen die defizitäre Lage zum Verständnis technischer Grundlagen zur Energieversorgung.

EINLEITUNG

Die Tatsache, dass es eine große Anzahl von Studien zu Präkonzepten von Schüler*innen gibt, zeigt, wie wichtig diese für die Unterrichtsforschung und ihre Auswirkungen auf das Lernen im Unterricht sind (Duit, 2009). Schüler*innen haben in jedem Fachbereich bestimmte Vorstellungen und Erwartungen darüber, was sie im Unterricht lernen werden. Diese Vorstellungen können bspw. durch frühere Erfahrungen, Medienberichte oder auch durch stereotype Vorstellungen geprägt sein. Das Vorwissen, das Schüler*innen nutzen können, um neue Inhalte zu verstehen, setzt sich demnach aus ihren alltäglichen und im Unterricht erworbenen Vorstellungen zusammen (Wiesner et al., 2013, S. 34). Der Technikunterricht (TU) hat grundsätzlich das Ziel, Schüler*innen in die Lage zu versetzen, verschiedene Fähigkeiten im Umgang mit Technik zu entwickeln. Dazu gehören Orientierung, Handlung und Bewertung von technischen Systemen und Artefakten (Schlagenhauf & Wiesmüller, 2018, S. 12). Um dieses Ziel zu erreichen, ist es wichtig, dass Lernende und Lehrkräfte ihre Vorerfahrungen und Vorstellungen¹ in den Unterricht einbringen und explizit berücksichtigt werden. Dies ermöglicht ein erfolgreiches Lehren und Lernen von Strukturen, Prozessen, Funktionen, Gesetzmäßigkeiten und der Beziehung zwischen Technik und Umwelt (Ausubel, 1998, S. IV). Es gibt jedoch auch die Beobachtung, dass das Verständnis von Lehrkräften für die Bedeutung der vorunterrichtlichen Vorstellungen von Schüler*innen begrenzt ist und dass sie sogar eine „naive“ Vorstellung des Lernens

ihrer Schüler*innen haben können (Duit, 2006). Ditton (2002) argumentiert, dass Unterricht, der an Schüler*innenvorstellungen ausgerichtet ist und nach konstruktivistischen Prinzipien gestaltet wird, in der Regel bessere Ergebnisse erzielt. Vorunterrichtliche Vorstellungen spielen daher eine wichtige Rolle für die Unterrichtsplanung und -gestaltung und müssen besondere Berücksichtigung finden.

Problemstellung

Die Präkonzepte der Schüler*innen, die sich aus ihren bisherigen Alltagserfahrungen und dem vorangegangenen Unterricht ergeben, können häufig im Widerspruch zu fachwissenschaftlichen Aussagen stehen. Dies kann zu Verstehensbarrieren führen und den Wissenserwerb und -transfer beeinträchtigen. Wenn diese Vorstellungen jedoch im Unterricht erkannt und bewusst berücksichtigt werden, kann dies helfen, Verständnisprobleme zu erkennen und mögliche Lösungen zu erproben und zu überdenken (Nepper & Gschwendtner, 2020b, S. 77). Letztendlich ist es das Ziel von Lehrkräften, aus den Unterschieden zwischen Schüler*innenvorstellungen und der Sicht von Expert*innen einen Unterricht zu gestalten, der zu angemessenen Ansichten führt. Dies kann jedoch schwierig sein, da Präkonzepte häufig stabil und schwer zu verändern sind. Unter bestimmten Bedingungen können sie jedoch durch Erfahrungen verändert werden (Zinn, 2013). Um dies zu erreichen, gibt es verschiedene didaktische Ansätze wie Conceptual Change, didaktische Rekonstruktion und Phänomenographie, die Lehrer*innen anwenden können, um die Vorstellungen von Schüler*innen zu verändern (Nepper & Gschwendtner, 2020b, S. 77). Ein wichtiger Faktor für die Gestaltung des TU ist die Verfügbarkeit von empirischen Befunden über themenspezifische Schüler*innen- und Lehrer*innenvorstellungen als Grundlage für fachdidaktische Entscheidungen.

¹ Vorerfahrungen und Vorstellungen werden in der Literatur auch synonym für die Begriffe Schüler*innenvorstellungen, Alltagserfahrungen, Präkonzepte, Fehlvorstellungen, vorunterrichtliche Vorstellungen und subjektive Theorien verwendet (Wolf & Nepper, 2021).

Die Identifizierung von vorunterrichtlichen Vorstellungen in den MINT-verwandten Fächern ist seit den 1970er Jahren eine gängige Praxis, die die Curriculumentwicklung und die Aus- und -weiterbildung von Lehrkräften beeinflusst. Im Gegensatz dazu fehlen jedoch fast vollständig empirische Evidenzen für den TU an allgemeinbildenden Schulen. Es besteht also ein Bedarf an der Identifizierung von vorunterrichtlichen Vorstellungen im TU, um diesen Mangel zu beheben und die fachdidaktische Forschung voranzutreiben (Wolf & Nepper, 2021, S. 122f.).

Ausgangslage

In der Vergangenheit wurde dieses Defizit durch die Durchführung einer Delphi-Studie (Nepper, Eisenhardt, Gschwendtner & Schaal, 2017), einer Pilotstudie (Nepper & Gschwendtner, 2020a) sowie umfangreicheren Hauptstudien (Nepper & Gschwendtner, 2020b; Wolf & Nepper, 2021) begegnet. Dabei wurden zunächst die physikalisch-technischen Grundlagen der Mechanik und der Energie als bedeutsam für das erfolgreiche Unterrichten von Technik identifiziert. Anschließend konnten zwei konkrete technische Systeme, das Fahrradgetriebe als Beispiel für das Mechanikkonzept und das Kohlekraftwerk (KKW) als Beispiel für das Energiekonzept (später auch die Wärmedämmung an Gebäuden; Wolf & Nepper, 2021), ausgewählt werden, um individuelle Vorstellungen von Schüler*innen und Lehrer*innen zu erfassen. Dabei stand nicht nur die Bestimmung prominenter Vorstellungen im Fokus, sondern auch die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Lehrer*innen und Schüler*innen (Nepper & Gschwendtner, 2020a, 2020b). In einer vorangegangenen Pilotstudie von Nepper und Gschwendtner (2020a) wurden Lehrkräfte und Schüler*innen mittels visueller Unterstützung zum Aufbau und Funktionsprinzip eines Fahrradgetriebes befragt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die meisten der Befragten Schwierigkeiten darin haben, die physikalisch-technischen Funktionszusammenhänge des Fahrradgetriebes richtig zu beschreiben und korrekte Fachbegriffe zu verwenden. Insgesamt können die Daten so interpretiert werden, dass das Fahrradgetriebe für beide Gruppen ein schwer verständliches System zu sein scheint. Daran anknüpfend wurde eine Hauptstudie (Nepper & Gschwendtner, 2020b) durchgeführt, die als Grundlage des Forschungsvorhabens des vorliegenden Beitrags dient.

Zielsetzung

Im Gegensatz zur Pilotstudie wurde bei der Hauptstudie auch das KKW als Vertreter des Energiekonzepts untersucht. Die Auswertung der Untersuchung zeigt, dass sowohl Schüler*innen als auch Lehrkräfte alltägliche Begriffe und Erklärungen verwenden, die oft von fachspezifischen Terminologien abweichen. Das Verständnis des Funktionsprinzips von Fahrradgetrieben und der Energieumwandlungsprozesse in KKW scheint gering zu sein. Lehrer*innen haben ähnlich unvollständige oder falsche Vorstellungen wie ihre Schüler*innen, was die Erkenntnisse aus bereits durchgeführten Studien stützt (Nepper & Gschwendtner, 2020b). So berichtet bspw. Duit (2002) auch im Fach Physik von einer ähnlichen Situation. Die Hauptstudie bietet trotz

einer begrenzten Stichprobengröße erste Einsichten in die Vorstellungen von Schüler*innen über das KKW, die innerhalb eines technikbezogenen Unterrichts bestehen können. Aufgrund einer fehlenden Pilotstudie liegen keine empirisch vergleichbaren Daten im Bereich des Energiekonzepts vor und es besteht die Notwendigkeit, die Studie in Bezug auf die Stichprobe und die untersuchten Inhalte zu erweitern. Daher liegt es im Erkenntnisinteresse, diesem Forschungsdefizit zu begegnen. Daran anschließend lässt sich die zentrale Fragestellung dieses Beitrags formulieren:

*„Über welche Vorstellungen zum Kohlekraftwerk verfügen Schüler*innen des Technikunterrichts an Realschulen und welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede lassen sich dabei feststellen?“*

BEGRIFFSBESTIMMUNG ENERGIE

Energie ist ein abstrakter Begriff, der beschreibt, dass etwas in der Lage ist, Arbeit zu leisten. Nach Greulich und Kilian (1999, S. 230) wird Energie im herkömmlichen Sinne definiert als das Arbeitsvermögen physikalischer Systeme. So wird Energie benötigt, um „Lasten hochzuheben, Maschinen anzutreiben, Werkstücke zu verformen, elektrische Geräte zu betreiben sowie zum Erwärmen und Beleuchten“ (Volkmer, 2013, S. 25). Dabei kann die zugeführte Energie transferiert werden und/oder wandelt sich in eine andere Energieform um (Hewitt, 2015). Allerdings entstehen bei der Energieumwandlung immer auch Verluste, da nicht alle Teile in eine „neue, nutzbare Energieform“ umgewandelt werden (Volkmer, 2013, S. 25). Beim Energiewandlungsprozess lassen sich vier Arten von Energien unterscheiden: (1) Primärenergie, (2) Sekundärenergie, (3) Endenergie, (4) Nutzenergie. Um Energie in Form von elektrischer Energie, Wärme- oder Bewegungsenergie zu erhalten, müssen die in der Natur vorkommenden Energieträger (u.a. Kohle) nutzbar gemacht werden. Diese müssen durch industrielle Verfahren umgewandelt werden, damit daraus Sekundärenergie entstehen kann. Nach dem Transport und der Verteilung an ihren Einsatzort (Endenergie) steht sie dem Nutzer z. B. in Form von elektrischer Energie für Licht direkt als Nutzenergie zur Verfügung (Block et al., 2017, S. 226-227).

Kohlekraftwerk als Vertreter des Energiekonzepts

Wärme- und Wasserkraftwerke dienen der Sicherstellung einer Grundversorgung mit elektrischer Energie für die Menschen. Für die Umwandlung von Wärme in Bewegungsenergie und anschließend in elektrische Energie werden fossile und nukleare Energieträger genutzt. Daher finden bei diesen großen technischen Anlagen meist mehrere Energieumwandlungen statt, sodass sich eine Umwandlungskette ergibt (Block et al., 2007, S. 232-233). An dieser Stelle wird auf das KKW als Vertreter des Energiekonzepts eingegangen (Abb. 3). Innerhalb der Energiewandlungsreihe können zwischen der Primärenergie (Inputgröße): Chemische Energie und der Sekundärenergie (Outputgröße): Elektrische Energie weitere Energieformen auftreten (Abb. 1).

Die Funktionsweise eines KKW kann demnach in drei

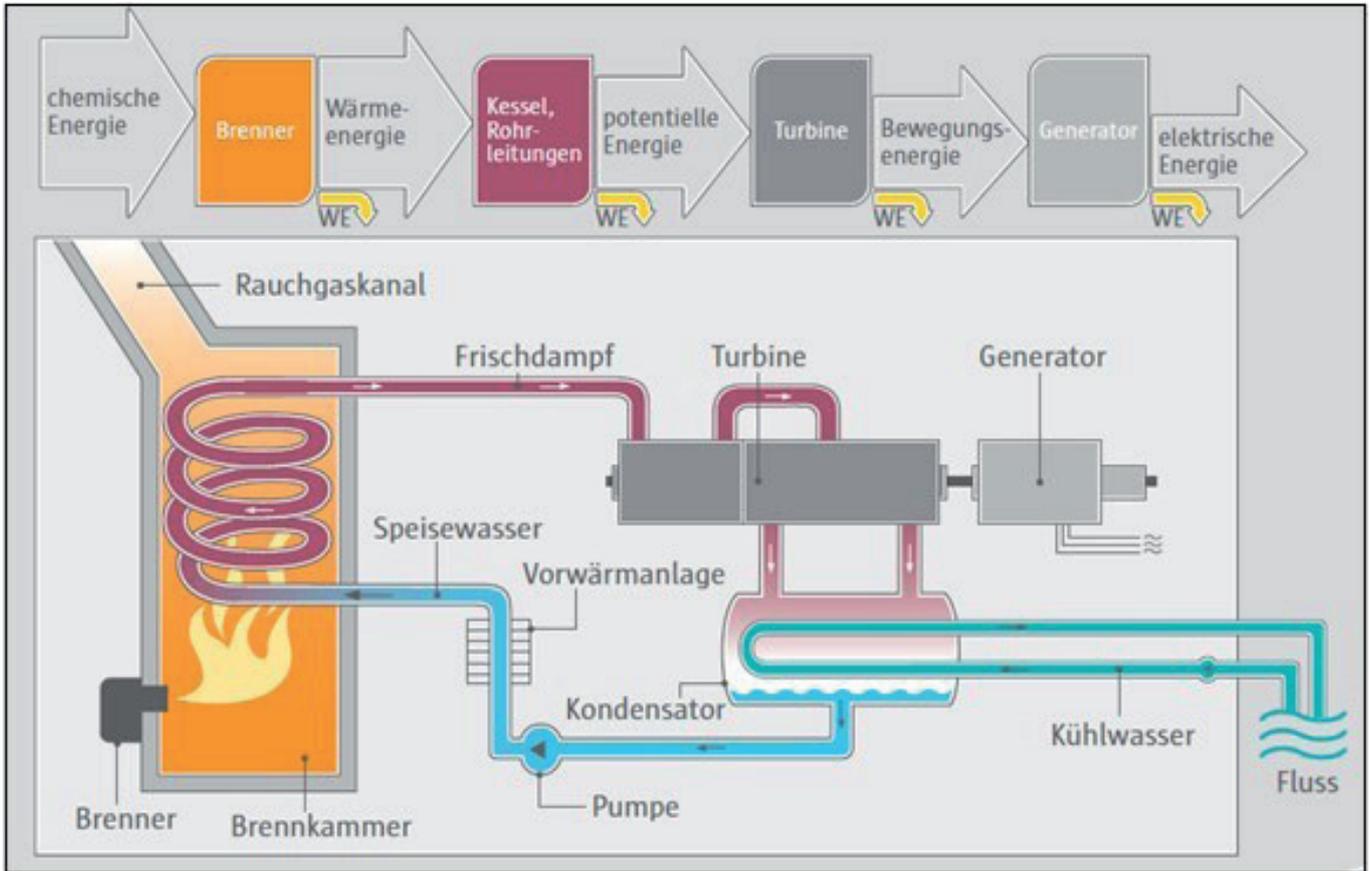


Abbildung 1: Aufbau und Energieumwandlung bei einem Kohlekraftwerk [WE: Wärmeenergieverluste] (Volkmer, 2013, S. 25)

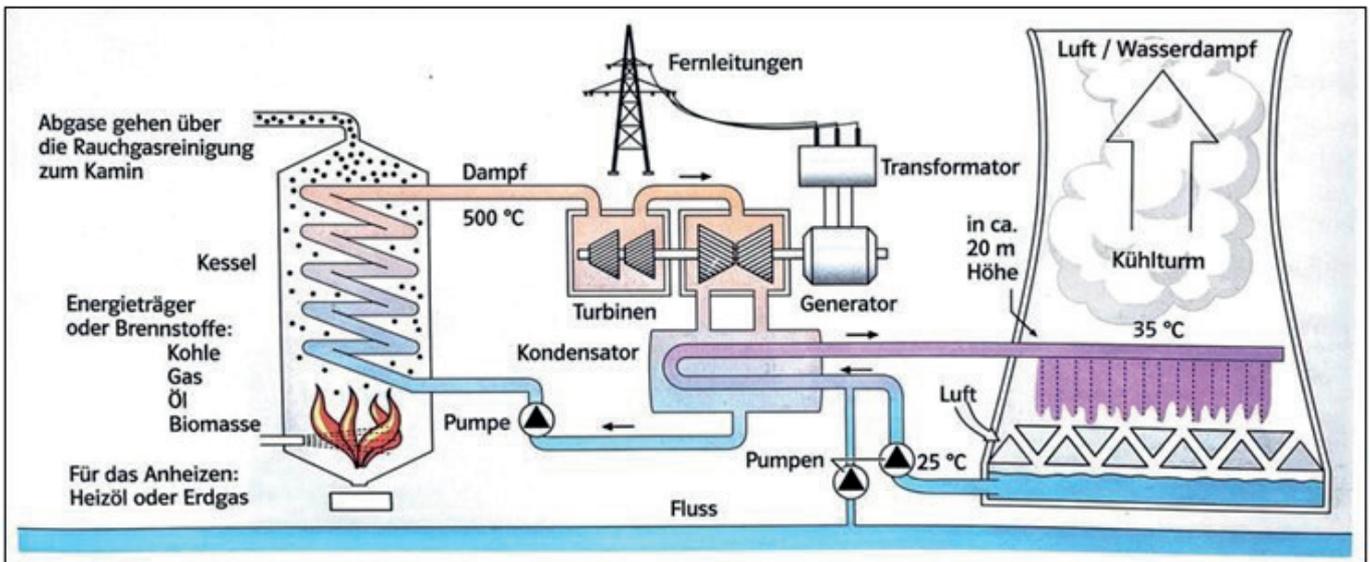


Abbildung 2: Aufbau des Wärmekraftwerks am Beispiel Kohle (Block et al., 2017, S. 232)

Prozessen beschrieben werden: (1) Verbrennung, (2) Verdampfung, (3) Umwandlung. Diese spezifischen Prozesse zur Bereitstellung von elektrischer Energie durch ein KKW werden nachstehend beschrieben (Heuck, et al., 2013; Nepper & Gschwendtner, 2020b, S. 81): Die Kohle als Energieträger (chemische Energie) wird unter Luftzufuhr in der

Brennkammer verbrannt. Dabei werden Wärme (thermische Energie), Wasserdampf und weitere Rauchgase freigesetzt. Durch die Rauchgasreinigung wird versucht, die Schadstoffe weitgehend zu filtern. Mit Hilfe einer Speisewasserpumpe wird Wasser aus dem Kondensator in Richtung Kessel befördert. Im Dampferzeuger (Primärkreislauf) führt die frei-

gesetzte Wärme dazu, dass das Betriebswasser zum Sieden gebracht wird. Der entstandene Wasserdampf (kinetische Energie der Gase) wird unter hohem Druck gehalten und strömt über ein Rohrleitungssystem gegen die Schaufeln einer oder mehrerer Turbine(n) und treibt diese an. Demnach wird die potenzielle Energie des hochgespannten Dampfes in kinetische Energie der Turbinenräder umgewandelt. Die letzte Energieumwandlung findet im Generator statt, der an die Turbinenräder gekoppelt ist. Dabei wird die Bewegungsenergie vom Generator in elektrische Spannung (elektrische Energie) umgewandelt. Damit diese als Nutzenergie zur Verfügung stehen kann, wird sie über Hochspannungsleitungen bereitgestellt. Für eine erneute Nutzung des entstandenen Wasserdampfes wird dieser anschließend in Kondensatoren durch einen Kühlerwasserkreislauf via Durchlauf- oder Kühlturmkühlung kondensiert. Somit kann der verflüssigte Wasserdampf wieder durch die Speisewasserpumpe angesaugt und die beschriebenen Prozesse wiederholt werden. Diese Energiewandlungsprozesse eines KKW finden sich in ähnlicher Weise auch in anderen Wärmekraftwerken wieder. Des Weiteren müssen die hinreichend bekannten Technikfolgen der Kohlekraft aufgeführt werden, die v. a. durch die CO₂-Emissionen geprägt sind. Demzufolge können rund ein Drittel der globalen CO₂-Emissionen auf Kraftwerke mit fossilen Energieträgern zurückgeführt werden (Grünwald, 2008). Hinzu kommen die fortlaufend optimierbaren Raugasentgiftungen, die ebenfalls als kritischer Faktor angesehen werden.

Verortung des fachwissenschaftlichen Konzeptes im Bildungsplan

Da die Erhebung an einer Realschule in Baden-Württemberg stattgefunden hat, wird ausschließlich Bezug auf den entsprechenden Bildungsplan (BP) für das Wahlpflichtfach Technik in der Sekundarstufe I genommen. Im Inhaltsbereich der Energieversorgung werden verschiedene Formen, wie erneuerbare Energien und konventionelle Energieträger, behandelt. Diese sind auf unterschiedlichen Ebenen verankert und von besonderer Bedeutung für die Leitperspektive Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) (KM, 2016, S. 3). Ab der Klassenstufe 7 sollen sich die Schüler*innen insbesondere auch im Bereich Versorgung und Entsorgung Kompetenzen aneignen. Bei den verschiedenen Primärenergieträgern zur Gewinnung von Nutzenergie werden u. a. die KKW als eine Form der konventionellen Energieerzeugung behandelt. Dabei werden sowohl die Technik und Funktionsweise von KKW als auch die damit verbundenen Umweltauswirkungen thematisiert. Schüler*innen sollen dazu befähigt werden, die Vor- und Nachteile verschiedener Energieformen zu verstehen und bewerten zu können (ebd., S. 25-27). So kann dem KKW als Energiekonzept im TU eine große Bedeutung zugeschrieben werden. Um folglich den Unterricht sowie den Wissenstransfer angemessen und erfolgreich zu gestalten, ist es unabdingbar, die vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schüler*innen über Energieversorgungssysteme und deren Technikfolgen zu erfassen.

FRAGESTELLUNG

Die Analyse des Forschungsstandes zeigt auf, dass vorunterrichtliche Vorstellung im TU bislang nur sporadisch beforscht wurde. Demnach wird in diesem Beitrag untersucht, welche Präkonzepte sich zum Aufbau und Funktionsprinzip eines KKW herausbilden. Weiterhin sollen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den einzelnen Schüler*innen sowie der Hauptstudie betrachtet werden. Neben den Ergebnissen der theoretischen Vorüberlegungen dient die qualitative Studie von Nepper und Gschwendtner (2020b) als Grundlage für die Leitfragen der Untersuchung. Daraus lassen sich die folgenden Fragestellungen formulieren:

- F1: Über welche Vorstellungen zum Kohlekraftwerk verfügen Schüler*innen des Technikunterrichts an Realschulen?
- F2: Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede lassen sich zwischen den Vorstellungen der einzelnen Schüler*innen zum Kohlekraftwerk feststellen?
- F3: Fällt es den Schüler*innen mit Hilfe von Karteikarten, auf denen relevante Bauteile und Fachbegriffe, die für die Energiewandlungskette benötigt werden, leichter, das Funktionsprinzip eines Kohlekraftwerks zu erklären?
- F4: Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede lassen sich zwischen den Vorstellungen der einzelnen Schüler*innen und Lehrer*innen zum Kohlekraftwerk in Bezug auf die Hauptstudie feststellen.

METHODIK

Im Folgenden werden die Methodenwahl, die Auswahl der Stichprobe, die Durchführung der Datenerhebung, sowie die Datenaufbereitung und Datenauswertung vorgestellt.

Methodenwahl

Für die Erfassung von Schüler*innenvorstellungen stehen unterschiedliche Methoden zur Auswahl. Diese umfassen Variationen von Interviews, Fragebögen, ‚Concept-Mapping‘ (Kartierung von Wissen), Zeichnungen sowie Beobachtungen von Unterrichtssituationen (Nepper & Gschwendtner, 2020b). Da nur wenige Ergebnisse zu den Vorstellungsinhalten von Schüler*innen zum Energiekonzept im TU der Sekundarstufe I vorliegen, ist es nur bedingt möglich, ein Instrument zur standardisierten und quantitativ auswertbaren Datenerhebung (z. B. Fragebogen) zu entwickeln (ebd.). Aufgrund dessen liegt es nahe, eine qualitative Untersuchungsmethode für eine Erforschung der Präkonzepte der Schüler*innen anzuwenden. Um die Inhalte der Schüler*innenvorstellungen in ihrer ganzen Breite zu erfassen, wurde die eigene Forschung als qualitatives audiographiertes Leitfrageninterview im Querschnitt angelegt (Gläser & Laudel, 2010, S. 11ff.). Die im Rahmen dieser Arbeit angewandten Methoden werden in Tabelle 1 beschrieben:

Art	Methode	Beispiel/Erläuterung
Schüler*innen äußern sich mündlich	Halbstandardisiertes Interview mit Leitfaden	Vorbereiteter Fragenkatalog wird den Ausführungen und Gedankengängen der Schüler*innen individuell und spontan angepasst.
	Bildbasiertes Argumentieren	Reelles Bild eines KKW wird gezeigt, um die Erklärungsmöglichkeiten zu erweitern.
	Vertieftes Nachfragen mittels Karteikarten	Karteikarten mit relevanten Begriffen für den Aufbau und das Funktionsprinzip eines KKW werden offengelegt.
Schüler*innen äußern sich schriftlich	Visualisierung / Zeichnerische Fundierung	Schüler*innen skizzieren den Aufbau eines Kohlekraftwerks.

Tabelle 1: Methoden zur Erhebung von Schüler*innenvorstellungen (nach Burger, 2001, S. 141)

In Bezug auf die Hauptstudie wurde der Zugang zur Identifikation von Schüler*innenvorstellungen um eine weitere Methode ergänzt. Durch eine Strukturlegemethode mit Hilfe von Karteikarten (KK) wurde das technische System immer weiter offen gelegt, um gewisse Sollbruchstellen in den Vorstellungen zu überwinden. Damit soll das Verständnis des Grundkonzepts erweitert werden und zu weiterführenden Erklärungen anregen.

Auswahl der Stichprobe

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden insgesamt sieben Interviewgespräche geführt. Die Stichprobe ($n=7$) setzt sich aus Schüler*innen der 7. Klasse einer Realschule aus der Region Ludwigsburg zusammen. Die Schüler*innen waren im Mittel 12.57 Jahre ($SD = .79$) alt mit einer Altersspanne von 12 bis 14 Jahren (Tab. 2). Die Auswahl geeigneter Interviewpartner*innen wurde nach den folgenden Kriterien bestimmt:

- Schüler*innen der Klassenstufe 7
- Wahlpflichtfach Technik
- Realschule in Baden-Württemberg

Durchführung und Datenerhebung

Die Durchführung der Leitfrageninterviews erfolgte im Januar 2023. Alle Interviews wurden im anliegenden Vorbereitungsraum der Techniklehrkräfte geführt. Lediglich der Interviewende und die Gesprächspartner*innen befanden sich im Raum. Es wurde darauf geachtet, dass die Durchführung störungsfrei und ohne Unterbrechung ablaufen konnte. Die Dauer der Interviews lag zwischen 11 und 15 Minuten, mit einer durchschnittlichen Dauer von knapp 13 Minuten. Zur Erstellung und Durchführung der qualitativen Interviews wurden in Anlehnung an die Hauptstudie die wesent-

	Schülerinnen	Schüler	Gesamt
Umfang der Stichprobe	$n = 1$	$n = 6$	$n = 7$
Alter	$M = 12$	$M = 12.67$	$M = 12.57$ ($SD = .79$)

Tabelle 2: Stichprobenszusammensetzung (eigene Darstellung)

lichen Kriterien der Thematik ermittelt und anschließend in einem Leitfaden zusammengefügt (Nepper & Gschwendtner, 2020b). Um mögliche Fehlerquellen zu beseitigen, wurde der Leitfaden vor Beginn der eigentlichen Interviewgespräche einem Pretest unterzogen (Bogner et al., 2014, S. 61). Für eine bessere Einordnung des Forschungsvorhabens werden in Tabelle 3 beispielhafte Textbausteine des Leitfadens aufgeführt:

Element	Textbaustein
(1) Freies Erzählen des Aufbaus	u.a. „Hast Du eine Vorstellung wie ein KKW genau aufgebaut ist?“
(2) Zeichnerische Fundierung des Aufbaus	u.a. „[...] Fertige dazu auch eine Skizze an. Sag bitte laut dabei, was Du gerade zeichnest?“
(3) Erste Annäherung an die Funktionszusammenhänge	u.a. „Ein KKW liefert uns Menschen elektrische Energie, wie wir bspw. im Haushalt nutzen können. Im Kraftwerk selbst finden dazu spezifische Prozesse statt, die uns die elektrische Energie aus anderen Energien bereitstellt. Hast Du eine Vorstellung, welche Prozesse das sind?“
(4) Bildbasiertes Argumentieren zu den Funktionszusammenhängen	u.a. „Wie laufen die Prozesse zur Gewinnung elektrischer Energie im KKW nun genau ab? Du kannst dazu auch dieses Bild eines KKW zur Erklärung nutzen!“
(5) Vertieftes Nachfragen mit Hilfe von Karteikarten	u.a. „Du hast schon ein paar Aspekte [Karteikarten zeigen] zum Aufbau eines KKW genannt. Welche Bauteile könnte es noch geben? Wozu dient die Turbine, etc.?“

Tabelle 3: Auszüge aus dem Interviewleitfaden zum Aufbau und Funktion des Kohlekraftwerks (nach Nepper & Gschwendtner, 2020b, S. 84)

Dieser wurde hierbei um eine neue Dimension (5) zum vertieften Nachfragen mittels einer Strukturlegemethode und vorbereiteter KK ergänzt. Auf den KK werden relevante Bauteile und Fachbegriffe für das Verständnis und die Erklärung der Energiewandlungskette sowie des allgemeinen Funktionsprinzips eines KKW aufgeführt: (1) Brennkammer, (2) Kohle, (3) Kessel/Dampferzeuger, (4) Rauchgasreiniger (Abgase), (4) Schornstein, (5) Wasserdampf (Primärkreislauf), (6) Turbine, (7) Generator, (8) Hochspannungsleitung, (9) Kühlkreislauf, (10) Kühlturm, (11) Kondensator. Nachdem die ersten vier Schritte analog zur Hauptstudie durchgeführt wurden, erfolgte ein vertiefendes Nachfragen hinsichtlich des Aufbaus und der inneren Funktion eines KKW. In diesem Durchgang wurden den Schüler*innen aber nur diejenigen KK ergänzend gezeigt, die an ihre ursprüngliche Skizze und Erklärungen anschlussfähig erschienen. Dies hat den Hintergrund, dass ihnen nicht das vollständige Konstrukt offengelegt wird und es dadurch zu Verzerrungen in den Vorstellungen der Schüler*innen kommt. Diese sollen weiterhin auf den eigenen Überlegungen und Annahmen basieren.

Datenaufbereitung und Datenauswertung

Die Aufbereitung und wörtliche Transkription der Daten erfolgte anhand von vorab festgelegten Regeln gemäß Dresing und Pehl (2015). Nach der vollständigen Verschriftlichung der Interviews wurde zur Auswertung der Daten die von Gläser und Laudel (2010) beschriebene qualitative Inhaltsanalyse gewählt. In diesem Zusammenhang wurde ein in Anlehnung an die Studie von (Nepper & Gschwendtner, 2020b) theoriebasiertes Kategoriensystem konstruiert. In der Hauptstudie wurden die Vorstellungen zum technischen System des KKW auf vier Dimensionen eingegrenzt: (1) Aufbau, (2) Äußeres und inneres Funktionsprinzip, (3) Weitere technische Manifestationen des zugrundeliegenden Funktionsprinzips und (4) Technikfolgenabschätzung (ebd., S. 83). Die folgende Tabelle 4 soll einen Überblick über die Kategorien geben, die für die Auswertung der Interviews herangezogen wurden.

ERGEBNISSE

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu den einzelnen Kategorien kurz dargestellt und zusammengefasst. Im Mittelpunkt der Analyse sollen auch exemplarische Aussagen der Befragten stehen, um einen umfassenden Einblick in die Sichtweisen der Schüler*innen zu ermöglichen.

(1) KKW als technischer Vertreter zur Bereitstellung von elektrischer Energie

Auf die Frage, welche Energieform das KKW bereitstellt, können nur 5 der 7 Schüler*innen korrekt antworten. Während ein Schüler noch nie von einem KKW gehört hat: „Was ist Kohle? Das verstehe ich nicht?“ (S1), geht S2 von einer anderen Verwendung aus: „Für den Zug, für alte Züge hat man das glaube ich benötigt. (...) Keine Ahnung“. (S2). Den restlichen Schüler*innen ist die Bereitstellung von elektrischer Energie bzw. Strom bekannt.

(2) Aufbau eines KKW aus technischer Sicht

Den korrekten Aufbau kann keiner der Schüler*innen vollständig skizzieren sowie verbal präzisieren. Das freie Erzählen fällt besonders S1 schwer, der das KKW nicht als Gebäude betrachtet: „Das kommt einfach glaube ich. Du steckst irgendwas ein, da drin ist was in diesem Kabel und beim Strom ist auch irgendwas.“ (S1). Viele der Schüler*innen beziehen den Aufbau des KKW nicht nur auf Bauteile und gehen gleichzeitig auf die innere Funktion ein. Die Nennung von relevanten und fachlich korrekten Bauteilen wird dabei vernachlässigt: „Ich denke, es gibt sowas, wo man Kohle verbrennt. Und dadurch dann durch die Wärme Strom erzeugt.“ (S5). „Es gibt auf jeden Fall Außenwände, damit da nichts rausgehen kann.“ (S4). Auch S3 geht auf Teile der Energiewandlungskette ein, nennt aber zudem wichtige Aspekte zum Aufbau eines KKW: „Es gibt einen Verbrennungsraum und das wird von Wasser gekühlt und ich glaube, (...) Wasserdampf von dem Kühlwasser wird dann genutzt, um eine Turbine anzutreiben. Und die Turbine wird dann genutzt und tut dann Strom erzeugen.“ (S3). Am häufigsten werden Kohle und die dazugehörige Brennkammer genannt. Auch die ei-

(1) Kohlekraftwerk als technischer Vertreter zur Bereitstellung von Energie	
(2) Aufbau eines Kohlekraftwerks aus technischer Sicht	
• Verbalisierung	• Zeichnerische Fundierung
(3) Energieumwandlungsprozesse im Kohlekraftwerk	
• Freies Erzählen • Bildbasiertes Argumentieren	• Argumentieren mittels Karteikarten
(4) Energiewandlungsprozesse in anderen Kraftwerkstypen	
(5) Bewertung des Artefakts	
• Technikfolgen	• Gesellschaftliche Debatte

Tabelle 4: Kategoriensystem der Datenauswertung (nach Nepper & Gschwendtner, 2020b, S. 83)

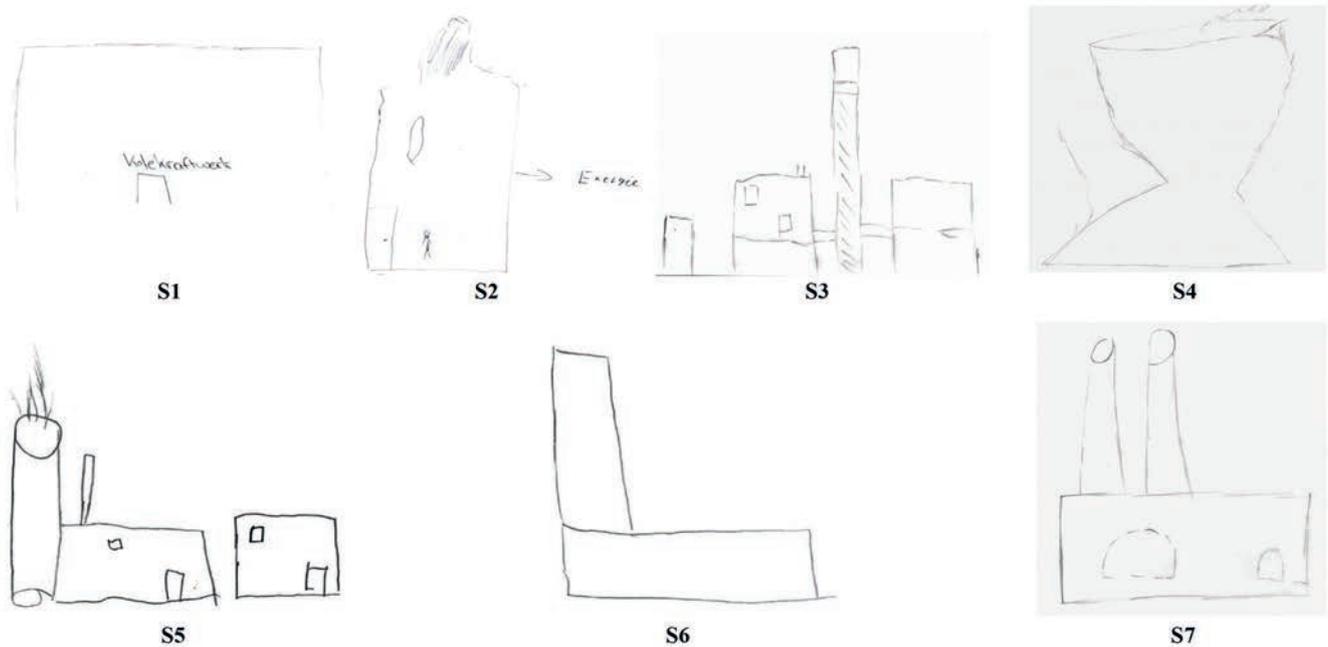


Abbildung 3: Skizze zum Aufbau eines KKW bei den befragten Schüler*innen

gens angefertigten Skizzen führen nur geringfügig zu weiteren Präzisierungen des Aufbaus und der Nennung weiterer Bauteile. S1 fällt das Zeichnen genauso schwer wie das freie Erzählen zum Aufbau eines KKW: „Ja, da ist halt eine Tür und da gehst du rein und da ist halt das Thema drin.“ (S1). S2 legt den Fokus des KKW auf den Schornstein, der den Kern des Gebäudes darstellen soll: „Da kommt Rauch raus und innen drin verbrennt man was.“ (S2). Auch bei S4 wird das KKW als vollständiges Konstrukt von einem Loch abgebildet: „Also hier ist das Loch. Das Loch, das da der Rauch rausgeht.“ (S4). Bei S6 ist die Skizze ebenfalls einfach gehalten und der Schornstein bildet den Mittelpunkt des KKW. Ähnlich wird das KKW auch von S7 als Fabrik angesehen, die mit „so zwei Auspuffen“ ausgestattet ist. Für S3 und S5 ist das KKW ein komplexeres Konstrukt, das aus mehreren Gebäuden und Baugruppen besteht: „Hier zwei Hauptgebäude, wo die Kohle dann verbrannt wird. Und wo auch die Energie draus gewonnen wird. Und hier einfach der Dampf, wo dann in den Schornstein geht und raus dann.“ (S3).

Bei der Betrachtung und Verbalisierung der Skizzen wird deutlich, dass die Brennkammer und der Schornstein eine übergeordnete Rolle bei den Schüler*innen spielen.

(3/4) Energieumwandlungsprozesse im KKW und anderen Kraftwerkstypen

Die Energieumwandlungskette wird von keinem der Schüler*innen vollständig und richtig beschrieben. Auch die jeweiligen Energieumwandlungsprozesse können die Interviewten nur teilweise benennen. Nachfolgend wird betrachtet, inwieweit die einzelnen Methoden: (1) Freies Erzählen, (2) Bildbasiertes Argumentieren, (3) Argumentieren mittels Karteikarten zur Erklärung der Energieumwandlungsprozesse beitragen. S1 und S2 fällt das freie Erzählen schwer. S2 geht davon aus, dass „irgendwas drin verbrennt.“ Bei S1 entsteht die Energie ebenfalls durch Verbrennung, kann dies aber nicht weiter explizieren: „Dann macht es halt irgendwie und dann

bekommst du halt diese Energie. (...) So Feuer oder irgendwas.“ (S1). Für S6 ist die Wärme die Ursache für die Energiebereitstellung und der Primärkreislauf wird angedeutet: „Da wir die Wärme irgendwie weitergeleitet (...), um so einen Motor anzutreiben, dass halt Strom produziert wird.“ (S6). S5 hingegen differenziert innerhalb des KKW: „Ich glaube, dass halt dadurch Wärme erzeugt wird und durch diese Wärme kommt die Energie. (...) Ich glaube, da kommt noch so ein Kraftwerk und dadurch wird Strom gemacht.“ (S5). Zudem nennt er den Wasserdampf und versucht dessen Bedeutung zu erklären: „Der wird umgeleitet, der verdunstet und dadurch wird Energie gemacht.“ (S5). Ferner deutet auch S3 die kinetische Energie der Gase und der Turbine an: „Dass die sich dreht, kommt von der Windenergie. (...) Die wird angetrieben. (...) Also eigentlich Wasserdampf.“ (S3). Bei S4 beginnt der Prozess der Energieumwandlung schon früher, kann diesen aber nicht weiter ausführen: „Ich glaube, als ersten Schritt muss man die Kohle erstmal abbauen, also suchen. Und dann wird die Kohle weiterverarbeitet und dann wird sie verbrannt. (...) Und danach kommt dann die elektrische Energie. Vielleicht fehlt dann noch was.“ (S4). S7 ist der einzige Schüler, der die Energieumwandlungskette in groben Zügen beschreiben kann: „Die Kohle wird in so einen riesigen Ofen oder sowas rein geschmissen und durch diese Wärme vielleicht wird dann irgendwas in Kraft gesetzt.“ (S7). Die Funktion der Turbinen und des Generators beschreibt er im Ansatz: „Diese Wärme bringt dann Ventilatoren so ins Drehen und dann gibt es durch die Ventilatoren Strom.“ (S7). Das bildbasierte Argumentieren führt nur geringfügig zu weiteren Ausführungen des Energieumwandlungsprozesses. Auffällig ist, dass mit dem abgebildeten Rauch sowie den Schornsteinen weitere Prozesse verbunden werden. So kommt es, dass S3, S5 und S7 die Filterung der Abgase erkennen. S4 kann ansatzweise eine Verbindung zwischen den einzelnen Bauteilen und Prozessen herstellen: „Vielleicht ist auch ein Gebäude alleine und da

wird etwas gemacht und von da wird es dann rüber transportiert. (...) Über Tunnel oder Röhren, dass man das dann rüberschiebt.“ (S4). Zudem wird verstärkt die Umwandlung der Energieformen ersichtlich und S5 spricht ansatzweise von einem Generator: „Das wird dann in ein Kraftwerk gemacht und dadurch wird dann Strom erzeugt.“ (S5). Darauf aufbauend erfolgt ein vertiefendes Nachfragen mittels der beschriebenen Strukturlegemethode. Für S7 und S3 ist die neu gezeigte KK Hochspannungsleitung von Bedeutung, die sie mit dem Generator assoziieren: „Ich glaube, der wandelt diese Bewegungskraft in den Strom um. Und der Strom geht dann über die Hochspannungsleitungen zu uns nach Hause.“ (S7). Das gleiche gilt für S3: „Ein Generator. (...) Der tut aus der Bewegungsenergie den Strom erstellen.“ (S3). Zudem nennt er die Kondensation, die im Zusammenhang mit der neu gezeigten KK Kühlkreislauf steht. S2 benennt den Schornstein als neuen Begriff und erkennt zudem eine „Weiterverarbeitung“ der Energie, als ihr die KK Hochspannungsleitung vorgelegt wird. Hinsichtlich des Prozesses der Energieumwandlungen werden keine weiterführenden Erläuterungen gemacht: „Die Wärme. (...) Die muss irgendwie raus. (...) Vielleicht weiterleiten zur Energieform.“ (S2). Die neu gezeigten KK Hochspannungsleitung und Turbine können von S6 anfangs keine Bedeutung zugeschrieben werden. Erst mit dem Begriff Kühlkreislauf werden neue Prozesse anschlussfähig: „Der Wasserdampf irgendwie gekühlt wird und dann wieder zu Wasser wird. (...) Und das dann irgendwie durch eine Turbine geht und dadurch die Turbine angetrieben wird.“ (S6). Mit der KK Generator kann S6 seine Vorstellungen weiter ausführen: „Ich glaube, die Turbine treibt dann auch den Generator an und durch den Generator wird dann Energie produziert.“ (S6). Auch bei S5 wird die Funktion des Generators im Umwandlungsprozess erkannt, sofern die entsprechende KK gezeigt wird: „Der wandelt dann zu Strom um.“ (S5). S4 hingegen kann erst durch die KK Turbine einen weiteren Umwandlungsprozess erahnen: „Die Turbine ist eine Maschine. Die nimmt den Wasserdampf ein und verarbeitet dann von innen.“ (S4). Bei S1 wird der Energiewandlungsprozess bis auf den Kühlkreislauf weitgehend offen gelegt. Aber auch die neuen KK resultieren nicht in weiteren Erklärungen zur inneren Funktion eines KKW: „Da wird halt alles gemacht und danach kommt eine Hochspannungsleitung.“ (S1). Ähnliche Energiewandlungsprozesse wie im KKW sehen die Schüler*innen auch in anderen Kraftwerkstypen. Dabei wird am häufigsten die Windenergie genannt: „Windturbinen, die mit dem Wind. Da wird elektrische Energie hergestellt.“ (S4). Zudem kommt auch die Solarenergie in den Nennungen der Schüler*innen vor (S5, S6) sowie Atomkraftwerke und Wasserkraftwerke (S7). Allerdings werden die ablaufenden Prozesse nur von zwei Schülern (S5, S7) weiter präzisiert und versucht, eine fachlich korrekte Erklärung zu geben: „Durch Solarenergie. Und Windräder. (...) Die Sonne wirft Wärme auf die Solarplatten und dadurch kommt dann Strom. (...) Und beim Windrad durch das, dass es sich immer dreht. Da erzeugt es dann Strom.“ (S5). „Beim Atomkraftwerk ist es so, es ist ja zylinderförmig aufgebaut, wie hier bei dem Bild [gezeigtes Bild eines KKW]. Ich glaube, das ist Uran, was da verbrannt wird.“

Und da gibt es auch diese Heiz- oder Kühlstäbe. Und diese Hitze wird dann genommen und einfach zum Generator geleitet.“ (S7).

(5) Bewertung des Artefakts

Die meisten Schüler*innen beschreiben die Umweltbelastung und Schädigungen des menschlichen Organismus durch Abgase und andere Schadstoffe als Technikfolgen bei der Nutzung von KKW: „Es kann halt die Umwelt zerstören und (...) dadurch Krankheiten passieren für die Menschen. Durch diese Abgase.“ (S5) Darüber hinaus werden weitere Technikfolgen für die Umwelt angesprochen, die sich größtenteils auf das Bereitstellen von Ressourcen und die Veränderung des Ökosystems beziehen: „Das wird auf jeden Fall verschmutzt die Umwelt. Und es sterben auch Tiere ab, weil es Gift ist. Die Bäume auch.“ (S4). „Einfach wirklich Millionen von Erdmassen aufgebaggert werden muss und Wohnräume zerstört werden durch diesen Kohleabbau.“ (S3). „Auch diese Erwärmung tut dann der Umwelt schaden. So schmelzen ja auch die Pole.“ (S7). Fachbegriffe wie z. B. die CO₂-Emissionen werden nicht genannt. Lediglich S6 spricht von „mehr Feinstaub“ durch die KKW. In Bezug auf die gesellschaftliche Debatte über die Energieversorgung positionieren sich nur die wenigsten Schüler*innen eindeutig und auch der Begriff Erneuerbare Energie ist nur S3 bekannt: „Mehr auf erneuerbare Energien setzen. Nicht so auf Kohle, Gas und Erdöl. Sondern vielleicht auch, wenn es echt in der Kritik ist, auf Atomenergie. Oder mehr Solarenergie. Oder Windenergie. Wasserenergie ist in Deutschland bisschen schwierig.“ (S3). Auch S5 sieht „Solarenergie und Windräder“ als besser für die Zukunft an. Während S1 keine Meinung dazu hat: „Ich schaue keine Nachrichten an.“, verweist S7 als einziger auf eine aktuelle politische Positionierung: „In Stuttgart soll das wieder in Kraft betrieben werden, wahrscheinlich, aber die Grünen (...) die wollen das ja nicht. Die wollen, (...) dass Solarenergie und Windräder gebaut werden.“ (S7). Es lässt sich festhalten, dass die Schüler*innen weniger mit aktuellen Problemstellungen zu Energiekonzepten vertraut sind. Zudem fällt es ihnen schwer, ihre eigene Meinung zu äußern.

Zusammenfassung

Die vorherige Analyse hatte das Ziel, Präkonzepte zum KKW als Vertreter des Energiekonzepts zu untersuchen und die Fragenkomplexe der fünf Hauptkategorien (Tab. 5) zu beantworten. Zusammenfassend ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Die Mehrheit der befragten Schüler*innen (71,4%) kennt das KKW zur Erneuerbare-Energiebereitstellung. Allerdings konnten zwei Schüler*innen nicht angeben, wofür ein KKW dient.
- Keine der Erklärungen und Skizzen zum technischen Aufbau waren vollständig. Es wurden auffallend wenige Fachbegriffe genannt. Während Kohle und Brennkammer am häufigsten genannt wurden, ist es bei den anderen Bauteilen nur vereinzelt zu Nennungen ge-

kommen und ein Großteil des Aufbaus wurde auf seine äußeren Strukturen beschränkt.

- Die Befragten haben begrenzte Kenntnisse über die Funktionsweise eines KKW. In Bezug auf ihre Fähigkeiten und Verständnis, den Energieumwandlungsprozess in einem KKW zu beschreiben, sind erhebliche Schwierigkeiten aufgetreten. Keiner konnte alle Prozesse in einem Kraftwerk vollständig erläutern und es fehlte oft an Fachbegriffen. Die Schüler*innen hatten Schwierigkeiten, verschiedene Energiearten zu benennen und zu unterscheiden sowie die chemischen Prozesse, die bei der Umwandlung von Kohle in thermische Energie eine Rolle spielen, zu erklären. Die kinetische Energie der Gase wurde nur vereinzelt erkannt und nicht weiter differenziert. Grundsätzlich konnten die Schüler*innen keine anschlussfähige Erklärung für die Energieumwandlungskette in einem KKW liefern. Auch die Verwendung von Bildern und KK trug nur in geringem Maße und individuell zu einem besseren Verständnis bei.
- Viele der Schüler*innen nennen auch Kernkraftwerke, Wasserkraftwerke, Windkraftanlagen und die Solarenergie als ähnliche Kraftwerkstypen für die Bereitstellung von elektrischer Energie, ohne jedoch die Umwandlungsprozesse genauer beschreiben zu können. Abschließend erkennen die befragten Schüler*innen die negativen Auswirkungen der Nutzung von Kohlekraftwerken, insbesondere auf die Umwelt durch die Freisetzung von Abgasen sowie die Endlichkeit der Ressourcen.
- Die meisten Schüler*innen nannten Kernkraftwerke, Wasserkraftwerke, Windkraftanlagen und Solarenergie als ähnliche Kraftwerkstypen zur Bereitstellung von elektrischer Energie, konnten jedoch die Umwandlungsprozesse nicht im Detail beschreiben. Demgegenüber waren sie sich der negativen Auswirkungen der KKW bewusst, insbesondere der Umweltauswirkungen durch Abgasemissionen und der Endlichkeit der Ressourcen.
- In der Debatte um die aktuelle Energieversorgung plädieren nur die wenigsten von ihnen für die Nutzung erneuerbarer Energien. Eine Vielzahl nennt zwar alternative Möglichkeiten zur Energiebereitstellung, sie ist sich aber in der Regel nicht der aktuellen gesellschaftlichen Debatte zur Problematik der Energieversorgung bewusst.

Beantwortung der Fragestellungen

Die zusammenfassende Analyse hat gezeigt, dass grundsätzlich davon ausgegangen werden kann, dass das KKW den Schüler*innen bekannt ist. Der Aufbau und das Funktionsprinzip hingegen werden nur lückenhaft und mit einigen wenigen Fachbegriffen beschrieben. Des Weiteren haben

die Ergebnisse individuelle Unterschiede zwischen den einzelnen Vorstellungen der Schüler*innen aufgedeckt. Diese reichen von einem groben Verständnis für das KKW bis hin zu einem unbekanntem Konstrukt/Phänomen von Seiten der Schüler*innen. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stützen die Erkenntnisse aus der vorangegangenen Hauptstudie von Nepper und Gschwendtner (2020b). So zeigt sich, dass die jeweiligen Energiewandlungsprozesse im KKW noch weniger verstanden werden als in der Hauptstudie. Und auch die verbalisierten Beschreibungen und Erklärungen sind sehr alltagsnah und durch deutliche Abweichungen von den entsprechenden Fachtermini gekennzeichnet. Letztendlich konnte bestätigt werden, dass fachwissenschaftlich unvollständige und oftmals falsche Vorstellungen bei den Schüler*innen vorherrschen, diese sich aber individuell unterscheiden können.

DISKUSSION UND AUSBLICK

In dieser Replikationsstudie diente eine ergänzende Strukturlegemethode dazu, einen weiteren Zugang zu Präkonzepten von Schüler*innen zu erhalten. Dabei wurde untersucht, ob ein schrittweises Hinzufügen von Begriffen das Verständnis des Aufbaus und des Funktionsprinzips eines KKW erleichtert. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass diese Methode in Bezug auf das Energiekonzept nicht effektiv ist. Nur gelegentlich konnten Schwierigkeiten beim Erklären des Energiewandlungsprozesses durch die Auswahl geeigneter KK behoben werden. Trotzdem zeigte sich, dass bestimmte Begriffe wie Turbine oder Hochspannungsleitung zu weiteren Erklärungen der Schüler*innen führten. Zukünftige Studien sollten die Verwendung und Anpassung der verwendeten Begriffe überdenken. Außerdem könnte eine Veränderung in der Verwendung von Bildmaterial in Erwägung gezogen werden, da das in dieser Studie verwendete KKW-Bild als unpassend empfunden wurde. So haben sich die Schüler*innen zu stark auf den Rauch und die Schornsteine konzentriert. Wie bereits in der Studie von Nepper und Gschwendtner (2020b) festgestellt, sind auch in dieser Untersuchung die Probleme und Herausforderungen im Verständnis physikalisch-technischer Grundlagen relevant. Es ist daher notwendig, weitere Forschungen zu unternehmen, um die Präkonzepte besser zu verstehen und in den Unterricht sinnvoll integrieren zu können. Dies kann durch die Bereitstellung zusätzlicher Lernmöglichkeiten in der Lehrkräfteausbildung und im TU sowie die Anwendung verschiedener Lehrmethoden erreicht werden. Es bleibt jedoch unklar, wie die Umsetzung in der pädagogischen und fachdidaktischen Praxis am besten erfolgen kann. Eine mögliche Lösung könnte darin bestehen, didaktische Ansätze wie den Conceptual Change, die didaktische Rekonstruktion und die Phänomenographie mit technikspezifischen Methoden zu verknüpfen. Weitere Methoden zur Diagnose und Weiterentwicklung der Schüler*innenvorstellungen sind der Concept Cartoon (Feige & Lembens, 2020) und der Einsatz von Unterrichtsvignetten (Wolf & Nepper, 2021). Das Forschungsinteresse besteht also darin, Erhebungen im realen Unterricht durchzuführen, um zu untersuchen, ob Lehrkräf-

te technische Artefakte und Prozesse besser verstehen, wenn sie sich auf ihren Unterricht vorbereitet haben. Es sollen auch Fragen zur Kontextualisierung und Unterrichtsgestaltung, zur Manifestation von Schüler*innenvorstellungen im Unterricht, zur Reaktion der Lehrkräfte auf Präkonzepte und zur Unterstützung der Lernprozesse der Schüler*innen beantwortet werden. Dafür bietet dieser Beitrag trotz der begrenzten Stichprobe eine Grundlage für zukünftige Forschungsarbeiten.

Autoreninformation

Nils Heyden, M.Ed.

studierte zunächst Sportwissenschaften (B.A.) an der Universität Stuttgart. Er befindet sich aktuell im Vorbereitungsdienst der Sekundarstufe 1 mit abgeschlossenem Masterstudium mit den Fächern Technik und Sport an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg.

E-Mail:

nilsheyden@googlemail.com



Literaturverzeichnis

- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Block, D., Ernst, A., Faller, S., Karger, A.-C., Machon, W., Meckbach, M., Moussaoui, M., Renner, S., Ritter, R., & Rothenhäusler, A. (2017). *PRISMA Technik 7 – 10*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Bogner, A., Littig, B., & Menz, W. (2014). *Interviews mit Experten. Eine Praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Springer VS.
- Burger, J. (2001). *Schülervorstellungen zu "Energie im biologischen Kontext": Ermittlung, Analysen und Schlussfolgerungen*. Bielefeld: Bielefeld Universität.
- Ditton, H. (2002). Unterrichtsqualität. Konzeptionen, methodische Überlegungen und Perspektiven. *Unterrichtswissenschaft*, 30(3), 197-212. Abruf unter <https://doi.org/10.25656/01:7685>
- Dresing, T., & Pehl, T. (2015). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende (6. Aufl.)*. Eigenverlag.
- Duit, R. (2002). Alltagsvorstellungen und Physiklernen. In E. Kircher & W. Schneider (Hrsg.), *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 1-26). Berlin: Springer.
- Duit, R. (2006). Schülervorstellungen und Lernen von Physik. Forschungsergebnisse und die Realität in der Unterrichtspraxis. In R. Girwidz, C. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen im Physikunterricht. Festschrift für Prof. Dr. Christoph von Rhöneck (Didaktik in Forschung und Praxis, 29, S. 13-22)*. Hamburg: Kovac.
- Duit, R. (2009). *Bibliography - Students' Alternative Frameworks and Science Education (STCSE). Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften: Universität Kiel. Abruf unter <https://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>
- Feige, E.-A. & Lembens, A. (2020). Concept Cartoons im naturwissenschaftlichen Unterricht. *MNU-Journal*, 73(5), 370-376. Abruf unter <https://www.researchgate.net/publication/344351250>
- Gläser, J., & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse (4. Aufl.)*. Wiesbaden: Springer VS.
- Greulich, W., & Kilian, U. (1999). *Lexikon der Physik in sechs Bänden. (De bis Gy, Band 2)*. Heidelberg: Spektrum.
- Grünwald, R. (2008). *Treibhausgas – ab in die Versenkung? Möglichkeiten und Risiken der Abscheidung von Lagerung von CO₂*. Berlin: edition Sigma. Abruf unter <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000102271/119782232>
- Heuck, K., Dettmann, K.-D., & Schulz, D. (2013). *Elektrische Energieversorgung (9., aktualisierte und korrigierte Aufl.)*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Hewitt, P. G. (2015). *Conceptual physics (12. Aufl.)*. Boston; München: Pearson.
- KM [Ministerium für Kultus, Jugend und Sport] (2016) (Hrsg.). *Bildungsplan 2016. Technik Wahlpflichtfach*. Stuttgart: KM.
- Nepper, H. H., Eisenhardt, M., Gschwendtner, T. & Schaal, S. (2017). *Kumulatives Lernen physikalischer Grundkonzepte: Klärung fachdidaktische relevanter Inhalte mittels einer mehrstufiger Delphi-Studie. 5. Tagung der Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung*. Heidelberg. Abruf unter <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.19664.30728>

- Nepper, H. H., & Gschwendtner, T. (2020a). „Vom Treten der Pedale zur Bewegung der Räder“ – Pilotstudie zur Identifizierung von Schüler- und Lehrervorstellungen zum Aufbau und zur Funktionsweise eines Fahrradgetriebes. In Geißel, B. & Gschwendtner, T. (Hrsg.), *Einblicke in aktuelle Forschungsarbeiten der Technikdidaktik* (Beiträge zur Technikdidaktik, Bd. 6, 91-107). Berlin: Logos.
- Nepper, H. H., & Gschwendtner, T. (2020b). Schüler- und Lehrervorstellungen zu ausgewählten technischen Grundlagen der Mechanik und Energieversorgung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 8(1), 76-98. Abruf unter <https://doi.org/10.48513/joted.v8i1.176>
- Schlagenhauf, W., & Wiesmüller, C. (2018). *Anliegen und Grundzüge Allgemeiner Technischer Bildung. Grundsatzpapier Nr. 1*. Berlin: DGTB.
- Volkmer, M. (November, 2013). Kernenergie Basiswissen. Kernenergie im Dialog. Abruf unter https://www.kernfachleute.ch/images/stories/sgk_fakten/018basiswissen.pdf
- Wiesner, H., Schecker, H., & Hopf, M. (2013). *Physikdidaktik kompakt*. Hallbergmoos: Aulis.
- Wolf, F., & Nepper, H. H. (2021). Wie hält man ein Haus im Winter warm und im Sommer kühl? Explorative Erfassung vorunterrichtlicher Vorstellungen zum Themenbereich Bauen und Wohnen. *heiEDUCATION Journal*, 7, 121-142. Abruf unter <https://doi.org/10.17885/heiup.heied.2021.7.24442>
- Zinn, B. (2013). Überzeugungen zu Wissen und Wissenserwerb von Auszubildenden. Empirische Untersuchungen zu den epistemologischen Überzeugungen Lernender (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 86). Münster: Waxmann.