

AG Didaktik der Informatik

AG Didaktik der Physik

der Freien Universität Berlin

BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor: Entwicklung, Erprobung und Etablierung neuer Konzepte zur Integration von BNE in die Lehrerausbildung, -fortbildung und in die Angebote der Schülerlabore PhysLab und MI.Lab an der FU Berlin am Beispiel des komplexen Themas ‚Smart Grid‘

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter dem
AZ 31310 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

erstellt von

Volkhard Nordmeier, Helen Krofta, Malte Buchholz und Carsten Schulte

Berlin, Juni 2016

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt
- Seite 1 -



Az	31310	Referat	Fördersumme	121.820 €
Antragstitel	BNE-Lehrmatsausbildung im Schülerlabor: Entwicklung, Erprobung und Etablierung neuer Konzepte zur Integration von BNE in die Lehrerausbildung, -fortbildung und in die Angebote der Schülerlabore PhysLab und MI.Lab an der FU Berlin am Beispiel des komplexen Themas ‚Smart Grid‘			
Stichworte	Lehrerbildung, Schülerlabore, BNE, Smart Grid			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)	
2 Jahre	01.04.2014	31.03.2016	1	
Zwischenberichte:	Oktober 2014	April 2015	Oktober 2015	
Abschlussbericht:	Juni 2016			
Bewilligungsempfänger	Freie Universität Berlin Fachbereich Physik - Didaktik der Physik Prof. Dr. Volkhard Nordmeier Arnimallee 14 14195 Berlin	Tel	030 838 53033	
		Fax	030 838 56771	
		Projektleitung	Prof. Dr. Volkhard Nordmeier	
		Bearbeiter		
Kooperationspartner	Prof. Dr. Carsten Schulte, Freie Universität Berlin, Fachbereich Mathematik/Informatik - Didaktik der Informatik			

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Im diesem gemeinsamen Projekt der Fächer Informatik und Physik wird ein Konzept zur Integration von „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BNE) in die Lehramtsausbildung und unter Einbezug von Schülerlaboren entwickelt. Ausgangspunkt des Vorhabens ist der Ansatz, dass insbesondere Lehrkräfte eine Schlüsselfunktion dabei einnehmen, Kinder und Jugendliche bei der Entwicklung von Gestaltungskompetenz (de Haan & Harenberg 1999) und Bewertungskompetenz (Feierabend & Eilks 2011) zu unterstützen. Entsprechend ausgebildete LehrerInnen können im besonderen Maße dazu beitragen, BNE in der Gesellschaft zu verankern. Die Implementierung von BNE in die Lehramts-Studiengänge war deutschlandweit zu Projektbeginn noch kaum umgesetzt.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Zur Erreichung der Projektziele erfolgten im Projektzeitraum die folgenden zentralen Arbeitsschritte:

1. die **Entwicklung von Praxisseminaren**, die Lehramtsstudierende darauf vorbereiten, inhaltlich, methodisch und didaktisch professionell BNE-Themen aufzubereiten. Bei der Neukonzeption der Lehrveranstaltungen wird sich dazu am KOM-BiNE-Modell (Rauch et al. 2008) orientiert; einem Ansatz, der die dafür notwendigen BNE-Kompetenzen für Lehrende beschreibt.
2. die Nutzung der an der Freien Universität Berlin angesiedelten und mit jährlich über 4.500 Schülerinnen und Schülern äußerst gut besuchten **Schülerlabore** PhysLab und MI.Lab, um den Studierenden zu ermöglichen, praxisnah und theorieorientiert **BNE-Unterricht** zu entwickeln und mit Schulklassen durchzuführen.
3. die iterative **Materialentwicklung** von innovativen, fächerverbindenden **Unterrichtseinheiten mit BNE-Themenschwerpunkten** (geeignet, dem interdisziplinären Charakter von BNE Rechnung zu tragen) zur Nutzung auch in Schulen und anderen außerschulischen Einrichtungen.
4. die **Verankerung von BNE** in den Studienordnungen der Lehramtsausbildung in Physik und Informatik an der Freien Universität,
5. **Vernetzung und Wissenstransfer** zwischen Wissenschaft und Bildung durch Austausch zwischen verschiedenen Studierendengruppen, Lehrenden und externen ExpertInnen sowie die Verbreitung der entwickelten Module durch und der Austausch darüber mit weiteren Schülerlaboren.

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt
- Seite 2 -



Az **31310**

Ergebnisse und Diskussion

Im Projektzeitraum konnten die Entwicklung eines hochschuldidaktischen Seminarkonzepts, dessen Erprobung (vier Durchläufe vom Sommersemester 2014 bis zum Wintersemester 2015/16) und eine deskriptive Evaluation erfolgreich durchgeführt werden.

Aufbauend auf dem bereits in den Jahren vor dem Projekt entwickelten **Konzept der Praxisseminare** (Krofta, Fandrich & Nordmeier, 2013) wurde das neuartige Format „Praxisseminar Smart Grid“ entwickelt. In diesem Seminarformat entwickeln Studierende theoriegeleitet Unterricht und führen diesen im Schüler- bzw. Lehr-Lern-Labor durch. Theorie und Praxis werden nicht in sequentieller Abfolge, sondern in enger Verflechtung erlebt: Fehler und beobachtetes SchülerInnenverhalten werden zum Reflexions- und Arbeitsgegenstand, mit der Zielstellung, durch eine zyklische Unterrichtsentwicklung (Hornung & Schulte, 2011; Dohrmann & Nordmeier, 2015) Reflexion und (Neu-)Planung theoriebasiert aufeinander zu beziehen. Mit dem Fachthema Smart Grid wurde ganz bewusst ein multiperspektivisches, fächerübergreifendes Nachhaltigkeitsthema ausgewählt, da es in den kommenden Jahren die Struktur und Funktionsweise der Energieversorgung grundlegend verändern wird.

Die begleitende Evaluation konnte eine gute Wirksamkeit des Konzeptes aufzeigen, und das Konzept des Praxisseminars ist auch problemlos auf andere komplexe Nachhaltigkeitsthemen übertragbar, die die genannten Kriterien erfüllen (wie beispielsweise das Thema ‚Lärm‘).

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Das Projekt wurde im Projektzeitraum dem wissenschaftlichen Publikum, Schülerlabor-AkteurInnen und Lehrkräften auf zahlreichen Tagungen, Fortbildungen, Workshops und anderen Events vorgestellt.

Aus dem Projekt sind mehrere Publikationen hervorgegangen, und die im Projekt entwickelten und in den Lehr-Lern-Laboren erprobten Materialien finden sich Online zum Download, als Zusammenstellung im Anhang 1 des Abschlussberichts, und sie wurden auch im Themenheft „Smart Grid“ der Zeitschrift ‚Praxis der Naturwissenschaften – Unterricht Physik‘ (Nordmeier, 2016) vorgestellt.

Fazit

Durch die Entwicklung von Erhebung- und Messinstrumenten und die deskriptive Evaluation der Praxisseminare konnten wir im Projekt Erkenntnisse über die Entstehung von BNE-Lehrerkompetenzen gewinnen und damit einen Beitrag für zukünftige Bildungskonzepte leisten.

Die explizite und nach wissenschaftlichen Erkenntnissen theoriefundierte Förderung von BNE-Lehrerkompetenzen in diesem Projekt erwies sich als ein innovativer wirksamer Ansatz. Der bewusste Einsatz von interdisziplinären Studierendenteams (Physik und Informatik), die praktische Durchführung mit Schulklassen in den Schüler- bzw. Lehr-Lern-Laboren sowie die Weiterverbreitung der Materialien sind nach unseren Informationen in Deutschland noch immer einmalig. Gleiches trifft zu für die Forschungsaktivitäten zur Evaluation der gewonnenen BNE-Lehrerkompetenzen nach dem KOM-BiNE-Modell (Rauch et al. 2008).

Die im Projektzeitraum 2014 bis 2016 jedes Semester durchgeführten Praxisseminaren wurden stetig weiter entwickelt und modifiziert. Den Studierenden (und auch Lehrkräften) wurden Wege aufgezeigt, wie die Integration von BNE im Unterricht (und in der Schulentwicklung) gelingen kann. Mit der Entwicklung der einzelnen Module und der Unterrichtseinheit zum Thema Smart Grid wurde das Angebot um eine erste BNE-Unterrichtseinheit erweitert. Die aktuell entwickelten Unterrichtskonzepte sind in der vorliegenden Form umsetzbar. Positive Ergebnisse sind wahrnehmbar und können auch von den Studierenden durch Diagnose der Kompetenzentwicklung der SchülerInnen erfasst werden.

Die Studienordnungen der Didaktik der Physik und Informatik wurden in der Projektlaufzeit überarbeitet: Seit dem Wintersemester 2015/16 ist BNE als fester Bestandteil in der Lehramtsausbildung der Freien Universität Berlin dieser Fächer dauerhaft verankert.

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	4
2. Projektvorhaben und Zielsetzungen	5
2.1 Implementation von BNE in die Lehrkräftebildung	5
2.2 Smart Grid (und Energieentwertung) als Nachhaltigkeitsthema(en) in Physik und Informatik	6
2.3 BNE & Smart Grid: Zielsetzungen des Projekts „BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor“	8
3. Theoretische Projekttrahmung und dessen Weiterentwicklung	10
4. Die Arbeit im Projekt: Vorgehen, Ergebnisse und Diskussion	13
4.1 Ziel 1: BNE-Lehrkräftebildung in Form von Praxisseminaren	13
4.1.1 Praktische Umsetzung im Praxisseminar	14
4.1.2 Ausschärfung des Seminarkonzepts im Projekt	16
4.1.3 Ergebnisse der begleitenden Evaluation	18
4.1.4 Wirksamkeit von Werkzeugen zur kooperativen Unterrichtsentwicklung.....	22
4.2 Ziel 2: Ebene der SchülerInnen: Wirkungen der Schülerlaborangebote	24
4.2.1 Maßnahmen zur Kompetenzförderung.....	24
4.2.2 Wirksamkeit: Evaluation der Schülerkurse.....	27
4.2.3 Wirksamkeit auf Ebene der Schülerinnen und Schüler: ein Fazit.....	31
4.3 Ziel 3: Materialentwicklung.....	32
4.3.1 Unterrichtsreihe „Smart Grid“.....	33
4.4 Ziel 4: Verankerung von BNE in Studienordnung und Verstetigung.....	41
4.5 Ziel 5: Vernetzung, Wissenstransfer und Verbreitung der Projektergebnisse	42
4.5.1 Projektworkshop „Lehrkräftebildung und BNE im Lehr-Lern-Labor“	44
4.5.2 Lehrerfortbildungen: Verbreitung des Konzepts und des Materials auf Schulebene	45
4.5.3 Wissenstransfer und Verbreitung des Konzepts auf wissenschaftlicher Ebene: LeLa-Workshop „NTU in Schülerlaboren“	47
4.5.4 Wissenstransfer und Verbreitung des Konzepts auf wissenschaftlicher Ebene: 21. Internationale Sommerakademie der DBU	49
4.5.5 Wissenstransfer und Verbreitung des Konzepts auf wissenschaftlicher Ebene: GDGP- und GFD-Tagung 2015	50
4.5.5 Fazit zur Zielsetzung: Vernetzung, Wissenstransfer und Verbreitung.....	51
5. Fazit	52
6. Literaturverzeichnis	57
7. Verzeichnis von Begriffen	60
8. Anhänge	61

Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen:

Abbildung 1: Modell der zyklischen Unterrichtsentwicklung im Schüler- bzw. Lehr-Lern-Labor.....	10
Abbildung 2: Im "Praxisseminar Smart Grid" werden wichtige BNE-Lehrerkompetenzen des KOM-BiNE-Modells gefördert (nach Rauch et al. 2008).	12
Abbildung 3: Ergebnisse der ersten (links) und zweiten (rechts) Befragung. Dargestellt ist die relative Intensität der Ausprägung bezüglich der Bedenken Unconcerned (99/99), Informational (80/69), Personal (55/55), Management (52/52), Collaboration (36/16) und Refocusing (38/42). n1 = 17, n2= 9	23
Abbildung 4: Evaluation der SchülerInnenkurse durch Blitzlicht (Anzahl der Nennungen: 142; Anzahl der SchülerInnen: 115).....	27
Abbildung 5: Einschätzung der Methodik und des Themenverständnis durch SchülerInnen mittels Klebepunkten auf einer Flipchart (n=15)	29
Abbildung 6: Mögliche Lernpfade durch die Unterrichtsreihe "Smart Grid" (aus Buchholz, 2016).....	34
Abbildung 7: Typisches ‚Lastprofil‘ in einem Wintermonat (Bild: Wikimedia Commons, gemeinfrei) .	34
Abbildung 8: Von einem Smart Meter bereitgestellte ‚Verbrauchsdaten‘ im Tagesverlauf (aus Buchholz, 2016).....	35
Abbildung 9: ‚Smart Grid Simulationsspiel‘ – Perspektive des Netzbetreibers (aus Buchholz, 2016)...	36
Abbildung 10: ‚Smart Grid Simulationsspiel‘ – Perspektive eines ‚Verbrauchers‘ (aus Buchholz, 2016).	36
Abbildung 11: Schaltungsplan der Smart-Meter-Simulation (aus Buchholz, 2016).	37
Abbildung 12: Ergebnis Anwendungsfall: ‚Die Daten der Smart Meter sind nicht anonymisiert und können von Dritten erworben werden‘ (aus Buchholz, 2016).	38
Abbildung 13: Die Karte von Unserhausen veranschaulicht im Rollenspiel die Planspiele der Stadtplaner (aus Buchholz, 2016).	39
Abbildung 14: Auszug aus der Modulbeschreibung des Studienmoduls „Ausgewählte Themen“ der Didaktik der Informatik (SPO 2015).....	41
Abbildung 15: Auszug aus der Modulbeschreibung des Studienmoduls „Ausgewählte Themen“ der Didaktik der Physik.	42
Abbildung 16: Aufbau eines Netzwerks mit einer Motor-Generator Kombination zur Darstellung der Abhängigkeit des Energieverteilungsnetzes von der Netzfrequenzstabilität (Grötzebauch & Nordmeier, 2016). Das Bereitstellen von gut dokumentierten Experimentaufbauten und Konstruktionshinweisen kann fachfremde Lehrkräfte dazu bewegen, mit Hilfe von Kolleginnen und Kollegen fächerverbindenden Unterricht zu organisieren.	46
Abbildung 17: Prototyp eines Arduino-Experiments im Zusammenhang mit dem Smart Grid.	46
Tabelle 1: Beispiel für einen Seminarplan mit 16 Sitzungen (Wintersemester).....	17
Tabelle 2: Evaluation der SchülerInnenkurse durch Blitzlicht (Anzahl von Nennungen)	28

1. Zusammenfassung

Das Projekt „BNE-Lehrmatsausbildung im Schülerlabor“ hatte zum Ziel, Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) im Lehramtsstudium der Physik und Informatik an der Freien Universität Berlin und in deren Schülerlaboren MI.Lab und PhysLab zu integrieren. Damit verbunden war das Ziel, es angehenden Lehrkräften zu ermöglichen, in ihrer späteren Berufslaufbahn selbstständig BNE in Unterricht und Schulentwicklung zu fördern. Dieser Projektansatz zielt auch – neben der aktuellen ‚Wirkung‘ des Vorhabens vor Ort – auf eine erst in einigen Jahren beobachtbare und nachhaltige Wirkung des Projekts durch die Multiplikatorenrolle der zukünftigen Lehrkräfte, da ihre späteren unterrichtlichen BNE-Aktivitäten dann auch eine Breitenwirkung entfalten werden.

Im Projektzeitraum wurde das Konzept des **Praxisseminars „Smart Grid“** entwickelt, erprobt und gezielt weiterentwickelt. Das Konzept dieses Praxisseminars fokussiert auf die Entwicklung von BNE-Lehrerkompetenzen von Studierenden nach dem KOM-BiNE-Modell (Rauch et al., 2008). In diesem Praxisseminar bereiteten die Studierenden in Teams das Nachhaltigkeitsthema „Smart Grid“ didaktisch auf und planen BNE-orientierten Unterrichtssequenzen für Schulklassen zur Förderung von Gestaltungskompetenz (de Haan, 2008) bei den SchülerInnen. Das Format der Praxisseminare mit dem Fokus auf das BNE-Thema „Smart Grid“ wurden in den Schülerlaboren „MI.Lab“ und „PhysLab“ der Fachbereich Mathematik/Informatik und Physik der Freien Universität erprobt und über vier Semester im Projektzeitraum von 2014 bis 2016 nach dem Modell zur zyklischen Unterrichtsentwicklung (Hornung & Schulte, 2011; Dohrmann & Nordmeier, 2015) stetig weiterentwickelt. Die Ergebnisse in Form von Unterrichtsmaterialien (Anhang 1) wurden auf der Projekthomepage zur Nutzung für Schulen und außerschulischen Einrichtungen bereitgestellt und in Teilen auch in dem Themenheft „Smart Grid“ der Zeitschrift „Praxis der Naturwissenschaften – Unterricht Physik“ (Nordmeier, 2016) veröffentlicht. Das Projekt präsentierte sich zudem auf zahlreichen Tagungen und Workshops.

Die im Projekt entstandenen innovativen Unterrichtseinheiten zeigen, dass die BNE-Theorieansätze durch die Studierenden zielgerichtet und kreativ umgesetzt werden konnten. Durch gezielte Methodenentwicklung zu ausgewählten Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz konnte auch die Zielgruppe der SchülerInnen in weiten Teilen erreicht werden. Diese konnten sich beispielsweise in Planspielen mit der Beurteilung von Beziehungsgeflechten und gesellschaftlichen Perspektiven auseinandersetzen, diese mit ihren eigenen (neu gebildeten) ‚Meinungen‘ vergleichen und Lösungen für Nachhaltigkeitsprobleme suchen. Es gelingt den SchülerInnen, verschiedene Perspektiven einzunehmen, die Haltungen von Stakeholdern der Energiewende nachzuvollziehen und facettenreich über Nachhaltigkeit zu diskutieren. Darüber hinaus zeigten sich in einer Befragung Hinweise auf ein positives emotionales Erlebnis beim Schülerlaborbesuch. Bezüglich der Kompetenzentwicklung der Studierenden konnte anhand von retrospektiven Portfolio-Reflexionen verdeutlicht werden, dass es den Studierenden mehrheitlich gelungen ist, inhaltlich, methodisch und didaktisch professionell vorzugehen und auch die im Bereich BNE besonders wichtigen Kompetenzbereiche „Werten“ und „Kommunizieren“ weiterzuentwickeln. Die Evaluation der Kompetenzentwicklung der Studierenden anhand des KOM-BiNE-Modells (Rauch et al., 2008) ist im Projektzeitraum dahingehend vorangeschritten, dass eine Neustrukturierung des KOM-BiNE-Modells sowie eine Niveaustufenbeschreibung der Kompetenzbereiche vorgenommen wurde. Im Projektzeitraum wurde deutlich, dass der Erfolg des Projekts (zukünftiger „Schneeballeffekt“ durch Multiplikatorenrolle, s.o.) davon abhängig ist, dass die Studierenden die Wichtigkeit von BNE erkennen und auch ‚legitimieren‘ können.

2. Projektvorhaben und Zielsetzungen

2.1 Implementation von BNE in die Lehrkräftebildung

Lehrkräfte nehmen eine Schlüsselfunktion bei BNE ein (Krofta, Buchholz, Nordmeier & Schulte, 2016). Mit dem Ziel, BNE weltweit in allen Ebenen des Bildungssystems zu verankern, riefen die Vereinten Nationen 2002 in Johannesburg die Jahre 2005 bis 2014 zur Weltdekade "Bildung für nachhaltige Entwicklung" aus. Die Forderung, BNE in die Lehrkräftebildung mit aufzunehmen, sowie Vorschläge zur Umsetzung wurden von verschiedensten Bildungs-AkteurInnen formuliert, darunter die Bund-Länder-Kommission (BLK), die Deutsche Gesellschaft für Erziehungswissenschaften, die Arbeitsgruppe Lehrerbildung des Projekts Transfer 21 oder die Kultusministerkonferenz (KMK) (De Haan, 2007; KMK, 2012).

Der Stand der Implementation von BNE in die Lehrkräftebildung wurde seitens der KMK durch eine umfassende Länderumfrage erhoben. Dabei zeigte sich, dass BNE in einzelnen Bundesländern in der ersten und zweiten Phase der Lehrkräftebildung bereits eingebunden ist. Allerdings ist dies vielerorts „vom individuellen Engagement einzelner Dozentinnen und Dozenten“ (Baden-Württemberg) abhängig. Es gibt weder „verbindliche Integration“ (Berlin) oder „strukturierte[n] Ansätze“ (Hamburg), oder BNE wird nur an einzelnen Universitäten integriert (Niedersachsen) (KMK, 2012, S. 36). Auch zum Ende der UN-Weltdekade zeigt sich, dass BNE trotz der angestoßenen Entwicklungen erst in Ansätzen in der Schulpraxis angekommen ist. Ein Fazit findet sich in der „Bonner Erklärung“, verfasst auf der Nationalen Konferenz (29.-30.09.2014) zum Abschluss der UN-Weltdekade:

„Durch die UN-Dekade konnten punktuell Projekte in Schulen angestoßen und Netzwerke aufgebaut werden, aber auf breiter Ebene existieren noch Schwierigkeiten mit der Umsetzung von BNE.“ (Bonner Erklärung, 2014)¹

Sowohl eigene Beobachtungen als auch Hinweise aus der Literatur zeigen dieses Defizit und können konkrete Hinweise auf mögliche Schwierigkeiten mit BNE in der alltäglichen Praxis liefern:

Lehrkräfte fühlen sich mit dem zusätzlichen Unterrichtsinhalt BNE in einem ohnehin schon vollen Lehrplan überfordert (Jegstad & Sinnes, 2015): "One of the challenges teachers face with respect to ESD is the inclusion of even more content into an already overloaded curriculum." Selbst die in den naturwissenschaftlichen Bildungsstandards und Rahmenlehrplänen verankerte Bewertungskompetenz (z. B. KMK, 2005) sorgt für Überforderung und Skepsis wegen der zusätzlichen Belastung (Mrochen et al., 2009, S. 3). Ein weit verbreitetes Missverständnis ist, dass Bewertungskompetenz oftmals nur als Frage der Bewertung von naturwissenschaftlichen Methoden und deren Genauigkeit verstanden wird (Schecker & Höttecke, 2007).

Auch in den Arbeitsbereichen der Physik- und Informatikdidaktik der Freien Universität wurde in der Vergangenheit häufig deutlich, dass Masterstudierenden die Bedeutung der Bewertungskompetenz nicht genügend bewusst ist, obwohl dies bereits Studien- und Prüfungsinhalt im Bachelorstudium ist. Befragte Studierende haben kaum Vorstellungen davon, wie die Förderung von Bewertungskompetenz in der Praxis umsetzbar sein könnte, und sie sehen dies z. T. auch nicht als ihre Aufgabe als Naturwissenschaftslehrkraft an. Dies offenbart beispielsweise ein Zitat einer Studentin, die BNE trotz

¹ http://www.bne-portal.de/fileadmin/unesco/de/Downloads/Hintergrundmaterial_national/20141002_Bonner_Erklaerung_2014.pdf (Abruf: 20.11.2015)

ihrer Teilnahme an einem Seminar zur Urteilsbildung für sich als „irrelevant“ einschätzt, „...da der Beutelsbacher Konsens Prinzipien für den Politikunterricht festlegt und vieles davon im Informatik- und Mathematikunterricht so nicht anwendbar ist.“

Eine Befragung von 16 berufstätigen ChemielehrerInnen zeigte, dass diese nicht in der Lage waren, eine korrekte Definition der Begriffe BNE oder Nachhaltige Entwicklung zu geben. Elf der Befragten zumindest konnten aber eine Umschreibung formulieren. Auch die für BNE unpassende Interpretation des Begriffes Nachhaltigkeit z. B. im Sinne von langfristig abrufbaren schulischen Inhalten bei den SchülerInnen, war weit verbreitet. Es zeigte sich, dass keine/r der 16 LehrerInnen jemals eine Unterrichtseinheit zu BNE geplant hatte, geschweige denn eine theoretische Basis dafür vorweisen konnte. Alle spontan und intuitiv vorgebrachten Ideen zur Umsetzung von BNE im Unterricht waren vage und von Unsicherheit geprägt (vgl. Burmeister, Schmidt-Jacob & Eilks, 2013, S. 173-174). Die AutorInnen bestätigen damit seitens der Forschung die von der KMK formulierten Defizite in der Lehrkräftebildung und folgern: „Neither subject matter courses in teacher training, nor general and domain-specific education courses seem to offer students any theoretically-based understanding of modern concepts of either sustainability or ESD.“ (ebd., S. 175) ihre Empfehlung für die Lehrkräftebildungs- und -fortbildung lautet: “Such training needs to include both the learning of subject matter and achieving an understanding of the theoretical constructs behind modern concepts of sustainability and ESD.“ (ebd.)

Auch die Notwendigkeit von BNE-Forschung wurde in der Vergangenheit herausgehoben:

„...die Bildung für nachhaltige Entwicklung [hat] eigene Beiträge zu Kompetenzmodellen zu liefern, [...] für die auch neue Konzepte für die Lehrerbildung zu entwickeln sein werden.“ (Bayrhuber & Rost, 2004, S. 611)

Für uns als Institution der Lehrkräftebildung ergibt sich aus den beschriebenen Befunden die Schlussfolgerung, bei (angehenden) LehrerInnen von einer vernachlässigten Zielgruppe bei der Implementierung von BNE auszugehen, mit der Konsequenz, Entwicklung und Forschung auf diesem Feld zu betreiben.

2.2 Smart Grid (und Energieentwertung) als Nachhaltigkeitsthema(en) in Physik und Informatik

„Energetische Vorgänge sind von einem ständigen Verbrauch bzw. einer Entwertung von Energie begleitet.“ (Schlichting, 1983)

„Energie wird wie Wasser verbraucht.“ (Schlichting, 2000)

Diese provokanten Formulierungen von H. Joachim Schlichting und das von ihm maßgeblich mitentwickelte Energieentwertungskonzept waren über Jahrzehnte Anlass für anregende und kritische Diskussionen in der Fachdidaktik Physik. Der Satz von der Erhaltung der Energie sagt aus physikalischer Perspektive, dass Energie weder erzeugt noch vernichtet werden kann, und aus dieser Perspektive verbietet es sich auch, von Energieerzeugern, Produzenten und insbesondere von Verbrauchern zu sprechen. Dennoch haben diese Begrifflichkeiten in der Alltagssprache einen festen Platz gefunden und sind Ausdruck von Alltagserfahrungen und Überzeugungen. Schlichting schreibt dazu bereits 1983, „[...] es ist nicht leicht einzusehen, warum die Erfahrung des Energieverbrauchs nicht eine angemessene physikalische Beschreibung besitzen sollte.“ (ebd., S. 20)

In dem noch immer empfehlenswerten Buch „Energie und Energieentwertung“ (Schlichting, 1983) entwickelt Schlichting die Elemente des heute mehr denn je aktuellen Entwertungskonzepts: Bei jeder Energiewandlung wird ein Teil der Energie entwertet bzw. dissipiert. Später formuliert Schlichting dies so: „Der Verbrauch der Energie äußert sich [...] darin, dass sie unwiderruflich an die Umgebung abgegeben wird. [...] Jeder von selbst ablaufende (energetische) Vorgang bzw. Prozeß ist mit einer Entwertung von Energie verbunden, die darin zum Ausdruck kommt, dass der Vorgang nicht von selbst in umgekehrter Richtung abläuft.“ (Schlichting, 2000, S. 4) Die Alltagserfahrung des Verbrauchs von Energie kann physikalisch also durch das Konzept der Entwertung beschrieben werden, und dies in Übereinstimmung mit dem Energieerhaltungssatz!

Elektrische Energie wird in diesem Sinne – ähnlich wie Wasser, das nach dem Duschen eben kein Trinkwasser mehr ist – während seiner Nutzung oder auch beim Transport letztlich irreversibel in thermische Energie gewandelt. In dieser Form ist sie (für den gleichen Zweck, ähnlich wie beim Duschwasser) nicht mehr bzw. nochmals nutzbar. ‚Energiesparen‘ bedeutet dann, nicht nur weniger Energie zu nutzen, sondern beim Prozess der Wandlung die Energieentwertung gering zu halten bzw. zu minimieren.

Bei der ‚Erzeugung‘ bzw. ‚Produktion‘ von Energie findet ebenfalls ein Entwertungsprozess statt: In einem Kraftwerk wird Energie in dem Sinne ‚erzeugt‘, dass z. B. die in fossilen Rohstoffen gespeicherte Energie unter Entwertung zunächst in mechanische und dann in elektrische Energie gewandelt wird. Beim Transport und in den Haushalten wird die elektrische Energie dann weiter gewandelt und entwertet bzw. ‚verbraucht‘.

„Aus physikalischer Sicht umfaßt das lebensweltliche Energiekonzept sowohl den physikalischen Energiebegriff, der die Erfahrung der Erhaltung, als auch den Entropiebegriff, der die bleibende Veränderung erfaßt, die sich einerseits Energieverbrauch, andererseits aber auch im „Antrieb“ von Vorgängen niederschlägt. Wegen der großen Bedeutung, die gerade dem Verbrauchs- und Antriebsaspekt im lebensweltlichen Umgang mit der Energie zukommt, muß eine auf den Erhaltungsaspekt beschränkte Energie unverständlich bleiben.“ (Schlichting, 2000, S. 6)

Es ist ein bedeutsames Ziel von Physikunterricht, Alltagserfahrungen und Begriffe (wie Energieerzeuger und Verbraucher) aus physikalischer Perspektive deuten und verstehen zu können. Die Diskussion über die scheinbare Widersprüchlichkeit der alltagssprachlichen Begrifflichkeiten und der Bedeutung des Energieerhaltungssatzes trägt dabei auch zum Verstehen des Letzteren bei.

Auch dem komplexen und hochaktuellen Themenfeld Smart Grid kann man sich unterrichtlich annähern, indem an die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler und an die Alltagssprache angeknüpft wird. Das ist auch deshalb zielführend, weil Gesetzestexte und ein Großteil in der Literatur und der im Internet vorhandenen Informationen sehr undifferenziert auf Alltagssprache und Erfahrungen mit Energie zurückgreifen. Das ‚Erneuerbare-Energien-Gesetz‘ (EEG) gilt seit 2000, das Gesetz zur ‚Digitalisierung der Energiewende‘ wird bald in Kraft treten, und die Schülerinnen und Schüler müssen lernen, diese Texte kritisch zu lesen und die dargestellten Zusammenhänge (auch) aus physikalischer Perspektive zu verstehen. Dies bildet die Basis für das Verstehen und das verantwortliche Partizipieren an einer neuen technologischen Entwicklung in der Energieversorgung, die sich mit dem Begriff Smart Grid zusammenfassen lässt: Das Energieversorgungsnetz (Grid) wird zukünftig in dem Sinne ‚intelligent‘ (smart), indem neben den Leitungen zur elektrischen Energieübertragung auch parallele Datenleitungen zur Verfügung stehen werden, über die Erzeugung, Transport, Verteilung, Bezug und

auch Speicherung von elektrischer Energie zukünftig effizient und bedarfsgerecht miteinander verknüpft und geregelt werden. Damit werden nicht nur Erzeuger und Verbraucher informationstechnisch vernetzt, letztlich soll jedes elektrische Gerät, das zukünftig an das Energieversorgungsnetz angeschlossen wird, in dieses Smart Grid System aufgenommen werden. Dadurch entsteht ein integriertes Daten- und Energienetz mit völlig neuen Strukturen und Funktionalitäten. Eine wichtige Säule des Smart Grid werden die ‚intelligenten Energiezähler‘ (Smart Meter) sein, die zukünftig die herkömmlichen Zähler ersetzen werden.

Das Themenfeld Smart Grid lässt sich aus verschiedenen Perspektiven betrachten – sowohl aus technischer, physikalischer als auch aus informatischer, und aufgrund seiner hohen Umweltrelevanz eignet es sich zum Aufbau einer ‚Bildung für nachhaltige Entwicklung‘ (BNE) und zur Förderung von (naturwissenschaftlicher) Gestaltungskompetenz (s. o.). Es fokussiert stark auf Zukunftstechnologien, und aus dieser Perspektive wird zudem deutlich, dass das enge Zusammenspiel von Physik und Informatik die künftige Grundlage nahezu aller modernen technologischen Anwendungen bilden wird.

2.3 BNE & Smart Grid: Zielsetzungen des Projekts „BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor“

Wie in Abschnitt 2.1 skizziert, nehmen Lehrkräfte eine Schlüsselfunktion dabei ein, Kindern und Jugendlichen bei der Entwicklung der im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung wichtigen Gestaltungskompetenz (de Haan, 2008) und Bewertungskompetenz (Feierabend & Eilks, 2011) zu fördern. Die Implementation von BNE in die Lehramts-Studiengänge ist derzeit deutschlandweit jedoch noch kaum umgesetzt. Damit gehören Lehramtsstudierende zu einer relevanten, aber bislang vernachlässigten Zielgruppe bei BNE.

Eine Ausgangshypothese des Projekts war es, dass Schülerlabore, die im Rahmen eines Lehramtsstudiums als Lehr-Lern-Labor genutzt werden, in besonderem Maße dazu geeignet sind, Teilbereiche von BNE inhaltlich und methodisch mit Lehramtsstudierenden und Schulklassen umzusetzen, wenn neben der Realisierung gängiger Schülerlabormerkmale interdisziplinäre Blickwinkel eingenommen werden und gezielt Gestaltungs-/ Bewertungskompetenz mit Möglichkeit zum Perspektivwechsel und zur Auseinandersetzung mit Wertvorstellungen in den Unterricht integriert wird (Krofta, 2011; Krofta, Fandrich & Nordmeier, 2013; Krofta, Buchholz, Nordmeier & Schulte, 2016). Naturwissenschaftliche Themen in Schülerlaboren können daher eine geeignete thematische Brücke und Anregungen für einen Perspektivwechsel bieten, um beispielsweise Gestaltungskompetenz zu fördern.

Die Umweltrelevanz ergibt sich in diesem Projekt in erster Linie aus den Kompetenzen, die die involvierten Lernenden (Studierende, Lehrkräfte, SchülerInnen) erlangen. Durch den Erwerb von Gestaltungskompetenz ist eine nachhaltig veränderte Haltung gegenüber der Umwelt zu erwarten: „Mit Gestaltungskompetenz wird die Fähigkeit bezeichnet, Wissen über nachhaltige Entwicklung anzuwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen zu können. Das heißt, aus Gegenwartsanalysen und Zukunftsstudien Schlussfolgerungen über ökologische, ökonomische und soziale Entwicklungen in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit ziehen und darauf basierende Entscheidungen treffen, verstehen und individuell, gemeinschaftlich und politisch umsetzen zu können, mit denen sich nachhaltige Entwicklungsprozesse verwirklichen lassen.“ (de Haan, 2008, S. 31).

Die Auswahl des Themenfeldes Smart Grid, für das im Schülerlabor BNE-Module entwickelt werden sollten, weist eine sehr hohe Umweltrelevanz auf und ist vornehmlich auf Zukunftstechnologien aus-

gerichtet. Die Einführung des ‚intelligenten‘ Stromnetzes Smart Grid ist ein beeindruckendes Beispiel für eine solche aktuelle Entwicklung: Neben dem eigentlichen (physikalischen) Stromnetz entsteht hier ein paralleles zweites (informationstechnisches) Netz, das Steuerungsaufgaben und Datenübertragung regelt (s. Abschnitt 2.2). Aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten zum Missbrauch der bei der Nutzung des Smart Grid entstehenden Daten gilt es zudem zu fragen, wie ein solches System gestaltet werden kann, damit es einen gesellschaftlichen Mehrwert bietet, ohne die Freiheiten der BürgerInnen zu verletzen. Auch hier gilt es, Spielräume zu nutzen, um die entstehenden Technologien verantwortungsbewusst zu gestalten.

Das primäre Ziel des Projektes war es daher, angehenden LehrerInnen zu ermöglichen, in ihrer späteren Berufslaufbahn selbstständig BNE in Unterricht und Schulentwicklung zu integrieren. Die angehenden LehrerInnen können – aus unserer Perspektive – im besonderen Maße dazu beitragen, BNE in der Gesellschaft zu verankern (s.o.). Das Konzept zur Integration von BNE in die Lehramtsausbildung an der Freien Universität ist daher so angelegt, dass es auch für die Umsetzung an anderen Standorten transferierbar ist.

Die fünf zentralen Eckpunkte bzw. Zielsetzungen des Projekt-Konzepts sind:

1. die **Entwicklung von Praxisseminaren**, die Lehramtsstudierende darauf vorbereiten, inhaltlich, methodisch und didaktisch professionell BNE-Themen aufzubereiten. Bei der Neukonzeption der Lehrveranstaltungen wurde sich dazu am KOM-BiNE-Modell (Rauch et al., 2008) orientiert; einem Ansatz, der die dafür notwendigen BNE-Kompetenzen für Lehrende beschreibt.
2. die Nutzung der an der Freien Universität Berlin angesiedelten und mit jährlich über 4.500 Schülerinnen und Schülern äußerst gut besuchten **Schülerlabore** PhysLab und MI.Lab, um den Studierenden zu ermöglichen, praxisnah und theorieorientiert **BNE-Unterricht** zu entwickeln und mit Schulklassen durchzuführen.
3. die iterative **Materialentwicklung** von innovativen, fächerverbindenden **Unterrichtseinheiten mit BNE-Themenschwerpunkten** (geeignet, dem interdisziplinären Charakter von BNE Rechnung zu tragen) zur Nutzung auch in Schulen und anderen außerschulischen Einrichtungen.
4. die **Verankerung von BNE** in den Studienordnungen der Lehramtsausbildung in Physik und Informatik an der Freien Universität,
5. **Vernetzung und Wissenstransfer** zwischen Wissenschaft und Bildung durch Austausch zwischen verschiedenen Studierendengruppen, Lehrenden und externen ExpertInnen sowie die Verbreitung der entwickelten Module durch und der Austausch darüber mit weiteren Schülerlaboren in Deutschland.

Weiterhin sollte das Projekt als Chance genutzt werden, das Angebotsspektrum der Schülerlabore im Raum Berlin-Brandenburg um BNE-Module zu bereichern. Denn die Schülerlabore stellen auch ein Mittel dar, um die Landschaft von BNE-Angeboten für SchülerInnen insgesamt zu erweitern. Alle entwickelten Konzepte und Module sollten perspektivisch bundesweit auch Universitäten und Schülerlaboren zur Verfügung gestellt werden.

3. Theoretische Projekttrahmung und dessen Weiterentwicklung

BNE-Unterricht zu entwickeln, stellt Lehrende vor vielfältige Herausforderungen. Die Behandlung von geeigneten BNE-Themen im Klassenraum erfordert die Aneignung komplexen domänenspezifischen Wissens, Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen aus anderen Fachbereichen und fachdidaktische Fähigkeiten, die es erlauben ein Thema für Lernende altersgerecht zu rekonstruieren.

Da LehrerInnen dazu befähigt werden sollen, in ihrem späteren Berufsleben selbstständig BNE-Unterricht umzusetzen, ergibt sich auf hochschuldidaktischer Ebene die Aufgabe, entsprechende Settings bereitzustellen, die geeignet sind die dafür benötigten Kompetenzen zu erwerben.

Die Implementation von Schülerlaboren als sog. Lehr-Lern-Labore (Dohrmann & Nordmeier, 2015) als fachdidaktische Innovation in der Lehramtsausbildung in den Didaktiken der Physik und Informatik der Freien Universität Berlin bietet dafür entsprechende Rahmenbedingungen. Der Grundgedanke der Neuausrichtung ist, Theorie und Praxis nicht in sequentieller Abfolge, sondern verknüpft zu erleben: Studierende entwickeln theoriegeleitet Unterricht und führen diesen im Lehr-Lern-Labor durch.

Das dabei genutzte Modell zur zyklischen Unterrichtsentwicklung (Hornung & Schulte 2011; Dohrmann & Nordmeier, 2015) (siehe Abbildung 1) wurde im Projekt weiterentwickelt, um vorhandene Potenziale zum Erwerb von BNE-Lehrerkompetenzen voll auszuschöpfen. Das dabei entstandene Modell wurde im Rahmen des Projekts in mehrfachen Semindurchläufen ab dem Sommersemester 2014 getestet und bis zum Projektende weiter ausgeschärft.

▫

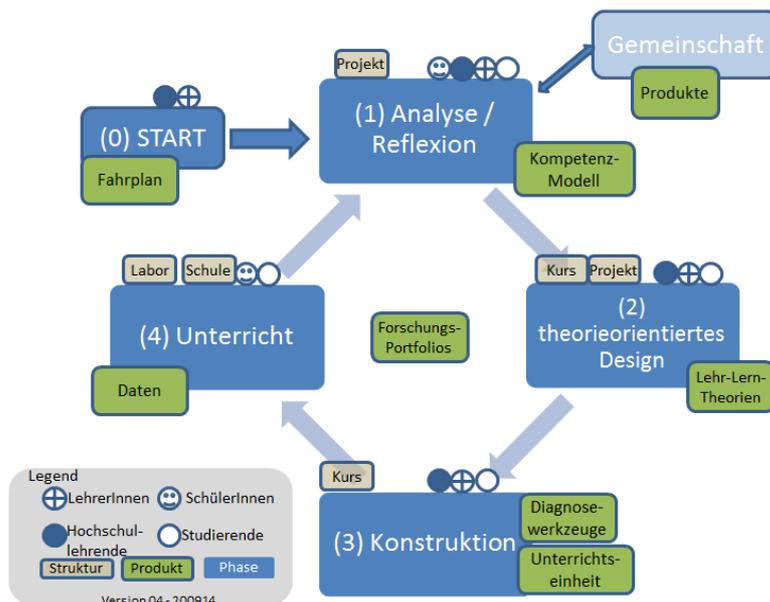


Abbildung 1: Modell der zyklischen Unterrichtsentwicklung im Schüler- bzw. Lehr-Lern-Labor

Im Folgenden wird das theoretische hochschuldidaktische Modell beschrieben, dass zur Erreichung der im Projekt gesetzten Ziele genutzt wurde (vgl. Abbildung 1):

(0) Start: Der Erwerb von Kompetenzen sollte stets innerhalb spezifischer Domänen stattfinden (Leisen 2011). Für Settings, die auf den Erwerb von BNE-Lehrerkompetenzen abzielen, bedeutet dies, ein Unterrichtsthema zu finden, das geeignet ist, alle relevanten Ebenen der BNE anzusprechen. Für die Projektakteure bedeutet dies wiederum, ein Thema zu auswählen, das die Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales bedienen kann.

(1) **Analyse / Reflexion:** Im Prozess der zyklischen Unterrichtsentwicklung nimmt die Analyse und Reflexion der erzielten Ergebnisse eine wichtige Stellung ein. Hier gilt es entstandene Produkte (schriftliche Unterrichtsplanungen, Messdaten und Unterrichtsbeobachtungen) im Hinblick auf die angestrebten Ziele – sprich: die Kompetenzentwicklung der SchülerInnen – zu analysieren und reflektieren. Befindet man sich am Beginn des Zyklus (es fand noch kein Unterricht statt), so muss zu diesem Zeitpunkt das Themengebiet erschlossen und Zielvereinbarungen auf Basis eines Kompetenzmodells festgelegt werden. Im Rahmen von Projekten zur BNE wurde im vorliegenden Projekt das Modell der Gestaltungskompetenz gewählt.

(2) **Theorieorientiertes Design:** In dieser Phase erschließen sich die Studierenden unter Anleitung der Hochschullehrenden die lerntheoretischen Hintergründe, die für die Erreichung der gesetzten Ziele notwendig sind. Konkret bedeutet dies eine intensive und kritische Auseinandersetzung mit der Idee der BNE. Die innerhalb eines Kompetenzmodells formulierten Teilkompetenzen müssen durchdrungen, geeignete Unterrichtsmethoden ausgewählt und sinnvolle Schüleraktivitäten identifiziert werden, die geeignet sind, um die gesetzten Ziele zu erreichen.

(3) **Konstruktion:** Innerhalb der Konstruktion wird der konkrete unterrichtliche Ablauf in Teamarbeit gestaltet. Neben dem Entwurf von Arbeitsmaterialien werden hierbei auch Experimente, Computersimulationen und Unterrichtsmethoden entwickelt. Gleichzeitig werden Diagnoseinstrumente ausgearbeitet, die es erlauben zu prüfen, ob die mit dem Unterricht verfolgten Ziele erreicht werden.

(4) **Unterricht:** Der Abschluss eines Zyklus bildet die Durchführung des Unterrichts im Lehr-Lern-Labor. Während des Unterrichts werden die zuvor entwickelten Diagnoseinstrumente (z. B.: Beobachtungsbögen, Befragungsbögen) eingesetzt, um Daten für die folgende Analyse zu generieren. Zusätzlich kann der entwickelte Unterricht sowohl bei den projektbegleitenden Lehrkräften, als auch in Schulpraktika im regulären Schulunterricht umgesetzt werden, um die Praxistauglichkeit der Unterrichtseinheit im Schulalltag zu testen.

Das hier vorgestellte Modell steht in der Tradition des Forschenden Lernens in der Lehrerbildung (Altrichter & Posch, 2007, S. 337). Die Entwicklung von BNE-Lehrerkompetenzen kann unserer Ansicht nach nicht durch das bloße Lernen über BNE stattfinden (Krofta, 2011). Auch ein reines Umsetzen von bereits vorhandenen Unterrichtseinheiten, die auf BNE zurückgreifen, ist nicht zielführend. Entscheidend ist, dass die angehenden LehrerInnen am eigentlichen Konstruktionsprozess beteiligt sind. Darüber hinaus müssen die Studierenden einüben, Fragen an ihren Unterricht zu stellen, um einen forschenden Blick zu erlangen, der ihnen in der späteren Professionsausübung dabei hilft, BNE erfolgreich umzusetzen und weiterzuentwickeln. Aus diesem Grund verfassen die Studierenden im Zuge der Unterrichtsentwicklung ein Portfolio, dessen Schwerpunkt auf der Reflexion der Unterrichtsplanung, der Unterrichtsdurchführung und der eigenen Kompetenzentwicklung liegt. Mit dem im Modell definierten Prozess soll den Studierenden ermöglicht werden, besonders ihre Kompetenz im Bereich *Planen & Organisieren* und *Reflektion* auszubauen, sowie innovative Konzepte für die BNE-Praxis zu entwickeln, die sowohl in Lehr-Lern-Laboren als auch in Schulen zur Anwendung kommt.

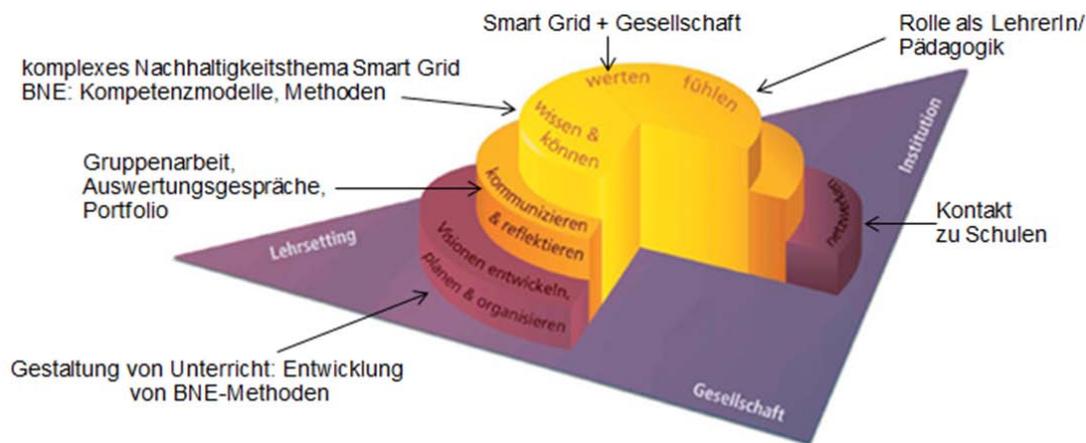


Abbildung 2: Im "Praxisseminar Smart Grid" werden wichtige BNE-Lehrerkompetenzen des KOM-BiNE-Modells gefördert (nach Rauch et al. 2008).

Für uns als Institution der Lehrerbildung ergibt sich daher die Aufgabe, die Prinzipien einer Bildung für nachhaltige Entwicklung so in die Lehrveranstaltungen zu integrieren, dass gezielt BNE-förderliche Lehrerkompetenzen angesprochen werden. Bei der Neukonzeption der Lehrveranstaltungen haben wir uns am KOM-BiNE-Modell orientiert (Rauch et al., 2008; Abbildung 2).

Der KOM-BiNE-Kompetenzbereich „Wissen & Können“ ist definiert durch das Theoriewissen zu BNE. Dies beinhaltet interdisziplinäres Fachwissen zu Nachhaltigkeitsthemen, die Kenntnis über geeignete BNE-Methoden und didaktische Strategien wie z. B. das Konzept der Gestaltungskompetenz.

Die Kompetenzentwicklung soll hier durch eigene Recherchen und Erarbeitung von Seminarliteratur zum Thema angestoßen und in der Gruppenarbeit eigenständig von den Studierenden weitergeführt werden. Das ihnen zumeist neue Konzept der Gestaltungskompetenz sowie historische, gesellschaftliche und bildungspolitische Hintergründe zu nachhaltiger Entwicklung in Deutschland wird den Studierenden direkt im Seminar durch einen Vortrag präsentiert. Die tiefere Beschäftigung der Gruppen mit den Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz sowie Diskussionen zu deren Passung zum Thema und den Umsetzungsmöglichkeiten für den Unterricht im Schülerlabor sollen dieses Konzept den Studierenden auf praxisnahe und erlebbare Art und Weise näherbringen. Die Erfahrung zeigt, dass Konzepte wie Gestaltungs- und Bewertungskompetenz für die Studierenden nur schwer fassbar sind und sie Schwierigkeiten haben, sie mit naturwissenschaftlichem Unterricht in Einklang zu bringen. Zu selten werden überhaupt gesellschaftliche Aspekte im Informatik-/ Physikunterricht diskutiert. Die direkte Umsetzung im Schülerlabor ist oftmals die erste Gelegenheit, dass sie in diesen Aspekten Chancen für den eigenen (späteren) Unterricht erkennen. Dazu lernen die Studierenden ein Repertoire an BNE-Methoden kennen, z. B. Rollen- und Planspiele (Höttecke, 2011), und entwickeln diese gezielt weiter, um die Gestaltungskompetenz ihrer SchülerInnen zu fördern. Spiele eignen sich in besonderem Maße dazu, Sachwissen, Perspektiven und Interessen eines komplexen Handlungsfeldes abzubilden, denn bei BNE sollen Zusammenhänge und Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, statt isoliertes Faktenwissen zu vermitteln.

Im Lehrsetting geht es um die Planung geeigneter Lernumgebungen (Kompetenzbereich „Visionen entwickeln & planen & organisieren“), inklusive der Auswahl von Methoden und Medien oder das Bereiten eines lernförderlichen Klimas (Kompetenzbereich „Werten und Fühlen“) (vgl. Rauch et al., 2008, S. 15). Es ist entscheidend für ihre eigene Kompetenzentwicklung, dass die angehenden LehrerInnen am eigentlichen Konstruktionsprozess beteiligt sind. Mit dem im Modell der zyklischen Unter-

richtsentwicklung (Abbildung 1) definierten Prozess soll den Studierenden ermöglicht werden, neben der eigenen Kompetenzentwicklung innovative Konzepte für die BNE-Praxis zu entwickeln, die sowohl in Lehr-Lern-Laboren als auch in Schulen zur Anwendung kommen.

Ähnlich wie bzgl. des Konzepts der Gestaltungskompetenz ist auch beim Erwerb von BNE-LehrerInnenkompetenzen davon auszugehen, dass das projektorientierte Arbeiten in der Gemeinschaft gewinnbringend ist (Rauch et al., 2008). Die gezielte Zusammenarbeit in der studentischen Lerngruppe spricht mehrere Kompetenzfacetten von KOM-BiNE an: der Kompetenzbereich „Werten“ beispielsweise beinhaltet das Empfinden von „Heterogenität und Vielfalt von Personen und Meinungen als Bereicherung“ (Rauch et al., 2008, S. 16). Dies betrifft natürlich einerseits das Arbeiten in der Gruppe und andererseits das Wahrnehmen von unterschiedlichen Meinungen der SchülerInnen und der Umsetzung des Überwältigungsverbotes, im Sinne des Beutelsbacher Konsens (Wehling, 1977). In diesem Zusammenhang ist auch das gewählte Thema Smart Grid dienlich (vgl. Abschnitt 4.4.3). Eine funktionierende „Kommunikation“ ist bei der Projektbearbeitung in Gruppen von enormer Bedeutung. Es müssen verlässliche Absprachen zur Aufgabenverteilung, zu organisatorischen Verantwortlichkeiten und eine Einigung auf bestimmte Kommunikationswege getroffen werden.

Einen wichtigen Stellenwert des Praxisseminars nimmt der Kompetenzbereich „Reflektieren“ ein. Über die Unterrichtsentwicklung hinaus müssen die Studierenden einüben, Fragen an ihren Unterricht zu stellen, um einen forschenden Blick zu erlangen (Altrichter & Posch 2007, S. 337), der ihnen in der späteren Professionsausübung dabei hilft, BNE erfolgreich umzusetzen und weiterzuentwickeln.

Die Reflexion dient einerseits der Bewertung der Unterrichtsplanung und der eigenen Handlungen z. B. in der Gruppenarbeit oder während der Unterrichtsdurchführung in der LehrerInnenrolle. Aber es geht andererseits auch um die ganz persönliche Auseinandersetzung mit dem eigenen Wissen, den eigenen Werten und Gefühlen. Das Seminarkonzept enthält eine ganze Reihe unterschiedlicher Reflexionsgelegenheiten wie zum Beispiel Auswertungsgespräche zu SchülerInnenverhalten und LehrerInnenrolle, schriftliche Reflexionen in Form eines Portfolios zur Beleuchtung individueller Lernprozesse sowie vorstrukturierte Gruppendiskussionen zur Evaluation der Gruppenarbeit.

4. Die Arbeit im Projekt: Vorgehen, Ergebnisse und Diskussion

4.1 Ziel 1: BNE-Lehrkräftebildung in Form von Praxisseminaren

Das primäre **Ziel** des Projektes war es, den Studierenden bzw. angehenden Lehrkräften zu ermöglichen, in ihrer späteren Berufslaufbahn selbstständig BNE in Unterricht und Schulentwicklung zu integrieren. Denn die angehenden LehrerInnen können – aus unserer Perspektive – im besonderen Maße dazu beitragen, BNE in der Gesellschaft zu verankern (s. Abschnitt 2).

Die Studierenden sollten daher im Rahmen der Projektmaßnahmen die dazu notwendigen BNE-LehrerInnen-Kompetenzen des KOM-BiNE-Modells (Rauch et al., 2008; s. Abbildung 2) zur Integration von BNE in ihre spätere Berufspraxis erwerben:

- Kompetenzbereich **Wissen & Können** (Theoriewissen über BNE, Nachhaltigkeitsthemen und didaktische Strategien)

- Kompetenzbereich **Planen & Organisieren** (Bereiten eines förderlichen Lernklimas, Planung einer geeigneten Lernumgebung)
- Kompetenzbereich **Kommunizieren & Reflektieren, Werten und Fühlen** (Entwicklung wertschätzender Haltung, Auseinandersetzung mit Werten und Gefühlen)
- Kompetenzbereich **Netzwerken** (eigenständige Kooperation mit Schulen)

Die zentralen **Arbeitsschritte** waren:

- Entwicklung eines hochschuldidaktischen Seminarkonzepts,
- Erprobung (vier Durchläufe vom Sommersemester 2014 bis zum Wintersemester 2015/16) und
- die deskriptive Evaluierung.

Aufbauend auf dem bereits in den Jahren vor dem Projekt entwickelten **Konzept der Praxisseminare** (Krofta, Fandrich & Nordmeier, 2013) wurde das „Praxisseminar Smart Grid“ entwickelt. In dem Seminarformat des Praxisseminars entwickeln Studierende theoriegeleitet Unterricht und führen diesen im Schüler- bzw. Lehr-Lern-Labor durch. Theorie und Praxis werden nicht in sequentieller Abfolge, sondern in enger Verflechtung erlebt: Fehler und beobachtetes SchülerInnenverhalten werden zum Reflexions- und Arbeitsgegenstand. Ziel ist es, durch zyklische Unterrichtsentwicklung (Hornung & Schulte, 2011; Dohrmann & Nordmeier, 2015) Reflexion und (Neu-)Planung theoriebasiert aufeinander zu beziehen (s. Abschnitt 3).

Mit dem Fachthema Smart Grid wurde ganz bewusst ein multiperspektivisches, fächerübergreifendes Nachhaltigkeitsthema ausgewählt (s. Abschnitt 2.2), da es in den kommenden Jahren die Struktur und Funktionsweise der Energieversorgung grundlegend verändern wird.

Die Herausforderung eines im ersten Moment als sperrig und unübersichtlich empfundenen Themengebietes stellt eine Situation dar, wie sie für nachhaltige Entwicklung typisch ist. Zahlreiche Querverbindungen zwischen verschiedenen Fachdisziplinen und ein Spannungsfeld von Meinungen und Interessen müssen erschlossen werden. Nach Marks, Bertram und Eilks (2006) müssen bewertungskompetenzförderliche Themen authentisch und kontrovers diskutierbar sein. Dieser Aufgabe nähern sich die Studierenden in interdisziplinären (Physik, Informatik) Teams und bündeln dadurch ihre individuellen Kompetenzen. Dies folgt der Idee des KOM-BiNE-Modells und der Forderung, sich dem Umgang mit Komplexität und mit Unsicherheit behafteten Zukunftsthemen zu stellen (s. Abschnitte 2.1 und 3). Dies ist durch das Thema im Besonderen gewährleistet, da es das Smart Grid heute noch nicht gibt und verschiedenste gesellschaftliche AkteurInnen derzeit mitten im Gestaltungs- und Aushandlungsprozess sind. Dadurch eröffnet sich ein spannendes Diskussionsfeld mit der Möglichkeit zu Perspektivwechseln sowohl für die Studierenden als auch für die SchülerInnen im Lehr-Lern-Labor. (Das Konzept des Praxisseminars ist problemlos auf andere komplexe Nachhaltigkeitsthemen übertragbar, die die genannten Kriterien erfüllen; wie beispielweise das Thema ‚Lärm‘).

4.1.1 Praktische Umsetzung im Praxisseminar

Im Projekt wurde der in Abschnitt 3 beschriebene Zyklus in vier Semestern mehrfach durchlaufen. Studierende des Informatik- und Physiklehramts hatten die Möglichkeit, das Modul im Rahmen des

Master-Studiums zu wählen.² Das Seminar wurde durchgängig als fächerverbindendes Kombinationsmodul angeboten.

Das Praxisseminar ist konzeptuell in sechs Bausteine unterteilt – im Kern stehen die zu planenden Veranstaltungen mit den SchülerInnen im Labor:

(1) *Umgang mit Gestaltungskompetenz*: Die Erschließung des Konzepts Gestaltungskompetenz (und ihrer 12 Teilkompetenzen) als Kernelement der BNE bedarf eines geschulten Umgangs mit Kompetenzmodellen. Grundlage für die Entwicklung von kompetenzorientiertem Unterricht ist der sichere Umgang mit den Fachbegriffen der Kompetenzorientierung und die Fähigkeit, abstrakt formulierte Standards in konkrete Schüleraktivitäten zu übersetzen. Der Baustein mündet in eine Auswahl von zwei Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz, die innerhalb der zu planenden Laborveranstaltung gefördert werden sollen. Er stellt somit den Start des Entwicklungsprojekts auf Ebene der Studierenden dar – mit der Formulierung von Zielvorstellungen können sie Inhalte, Methoden und Struktur der zu planenden Veranstaltung unter einer klaren Perspektive entwickeln.

(2) *Inhaltliche Erschließung auf informatischer und physikalischer Ebene*: Die inhaltliche Erschließung des Themengebiets Smart Grid ist Voraussetzung für dessen didaktische Rekonstruktion. Unter Beachtung des fächerverbindenden Aspekts stehen die Studierenden hier auch vor der Herausforderung, die Perspektive des jeweils anderen Fachs einnehmen zu müssen. Durch Literaturrecherchen und gegenseitige Unterstützung aus der eigenen fachlichen Perspektive erschließen sich die Studierenden das komplexe Nachhaltigkeitsthema Smart Grid und wählen Teilaspekte aus, die sie für die Erreichung der von ihnen gesetzten Ziele für sinnvoll erachten. Dabei spielt auch die Analyse der Ergebnisse der vorangegangenen Entwicklungszyklen eine Rolle – ein bloßes unreflektiertes Übernehmen bereits vorhandener Ergebnisse aus vorangegangenen Semestern ist jedoch nicht möglich, da die selbstständig gesetzten Ziele auch die im Unterricht zu behandelnden Inhalte und Methoden mitbestimmen.

(3) *Methoden der BNE*: Um den Studierenden zu ermöglichen, für ihre Ziele angemessene Methoden auszuwählen, werden im Seminar BNE-spezifische Unterrichtsmethoden vorgestellt. Die Studierenden erschließen sich diese Methoden arbeitsteilig, stellen ihre Ergebnisse im Seminar vor und treffen innerhalb ihrer Kleingruppe die Entscheidung, welche Methoden sie einsetzen werden. Zu diesem Zweck wurde ein BNE-Methodenpool eingerichtet, der den Studierenden im gesamten Seminarverlauf als Handapparat zur Verfügung steht.

(4) *Unterrichtsplanung*: Die schriftliche Unterrichtsplanung (und Planung von Beobachtungen im Unterricht) nimmt im Rahmen des Projekts eine besondere Stellung ein. Sie dient den Studierenden dazu, ihren Unterricht nachvollziehbar und dauerhaft festzuhalten und ist Grundlage der Gruppenkommunikation und -reflexion. Gleichzeitig wird die schriftliche Unterrichtsplanung innerhalb des nachfolgenden Entwicklungszyklus analysiert und weiterentwickelt. Sie hilft außerdem, die im Seminar erarbeiteten Ergebnisse an Dritte weiterzugeben. Eine solide schriftliche Unterrichtsplanung ist somit unmittelbar entscheidend für einen erfolgreichen Projektverlauf. Aus diesem Grund wird ein Modell zur schriftlichen Unterrichtsplanung im Seminar erarbeitet und verschiedene „best-practice“

² Aus organisatorischen Gründen wurde das Modul in der Informatikdidaktik 2014 einmalig als Bachelor-Modul angeboten.

Beispiele gesichtet. Die Verschriftlichung der Planung der Laborveranstaltung ist Teil der Portfolios, die die Studierenden im Verlauf des Semesters anfertigen.

(5) *Unterrichtsdurchführung*: Die Durchführung des geplanten Unterrichts im Schüler- bzw. Lehr-Lern-Labor bildet den Mittelpunkt des Praxisseminars. Neben der Übernahme der Rolle als Lehrkraft nehmen die Studierenden eine Beobachterrolle ein, in der sie nach zuvor erarbeiteten Kriterien die Zielerreichung auf Ebene der Gestaltungskompetenz beobachten. Der forschende Blick während der Durchführung ermöglicht es, durch die anschließende Reflexion und die Diskussion der Ergebnisse, Rückschlüsse für den nächsten Entwicklungszyklus zu ziehen. Die Studierenden können darüber hinaus das Modell der Gestaltungskompetenz in einer echten Unterrichtssituation erleben. Wir erachten es für die Förderung von BNE-Lehrerkompetenzen wertvoll, wenn der entwickelte Unterricht mindestens zwei Mal durchgeführt wird.

(6) *Unterrichtsreflexion*: Die Reflexion des Unterrichts, sowie der eigenen Entwicklung wird im Praxisseminar in drei Schritten umgesetzt. Der Unterricht wird unmittelbar nach der Durchführung durch das Anfertigen und Diskutieren von Unterrichtsvignetten im Seminar unter Beachtung des KOM-BiNE-Modells in Gruppendiskussionen sowie schriftlich im Rahmen des Portfolios reflektiert.

Neben der Arbeit im Seminar sind die Studierenden im hohen Maße selbstständig tätig. Die Organisation der Unterrichtsplanung in der Gruppe und die fächerübergreifende Zusammenarbeit ist – so zeigt die Auswertung der Portfolios – für viele eine nicht zu unterschätzende Herausforderung. Das Herstellen und Austauschen von Dokumenten, das Treffen von Entwurfsentscheidungen und die Planung des Verlaufs des Praxistags nehmen dabei den größten Raum ein.

4.1.2 Ausschärfung des Seminarkonzepts im Projekt

Zusammenfassend zeichnet sich das Seminarkonzept in seiner im Projekt weiterentwickelten Form durch die folgenden zentralen Merkmale aus:

- Nach der selbstständigen Erschließung des Themenbereichs wählen die Studierenden auf Basis von BNE-Kompetenzmodellen (Gestaltungs-/ Bewertungskompetenz inklusive ihrer Teilkompetenzen; De Haan, 2008; Reitschert, Langlet, Höhle, Mittelsten Scheid & Schlüter, 2007) Ziele für ihren Unterricht aus.
- Dazu lernen sie ein Repertoire an BNE-Methoden kennen (z. B. Rollen- und Planspiele) und entwickeln diese gezielt weiter. Beispielsweise eignen sich Spiele dazu, Sachwissen, Perspektiven und Interessen eines komplexen Handlungsfeldes abzubilden (Höttecke, 2011). Für die Kompetenzentwicklung der Studierenden sind die Beteiligung an diesem Konstruktionsprozess, die dabei gelebte Kommunikation, Gruppenorganisation und Problembewältigung von enormer Bedeutung.
- Ihr BNE-Unterrichtskonzept führen die Studierendenteams an zwei Terminen im Schüler- bzw. Lehr-Lern-Labor durch und beobachten die Abläufe in Hinblick auf die gesetzten Ziele.
- Das Seminarkonzept enthält eine ganze Reihe unterschiedlicher Reflexionsgelegenheiten wie zum Beispiel Auswertungsgespräche zu beobachtetem SchülerInnenverhalten, die Erstellung von Unterrichtsvignetten zu Schlüsselsituationen und schriftliche Selbstreflexionen in Form eines Portfolios. Die Auseinandersetzung mit den Aspekten *Fühlen* und *Werten* geschieht auf diese Weise vor allem retrospektiv z. B. durch das Wahrnehmen von unterschiedlichen Meinungen der

SchülerInnen und der Umsetzung des Überwältigungsverbot im Sinne des Beutelsbacher Konsens (Wehling, 1977).

Um das außerschulische Angebot in den Lehr-Lern-Laboren und die zyklische Unterrichtsentwicklung in den Praxisseminaren zu stärken, wurden pro Lehrveranstaltung (anstatt der ursprünglich geplanten zwei Schulklassen) ab dem Wintersemester 14/15 vier Schulklassen pro Seminarendurchlauf eingeladen. Dadurch erhöhte sich auch die Anzahl der direkt im Projekt erreichten SchülerInnen.

Der Umfang des Praxisseminars beträgt derzeit ein volles Semester, die folgende **Tabelle 1** zeigt einen prototypischen Verlaufsplanplan.

Tabelle 1: Beispiel für einen Seminarplan mit 16 Sitzungen (Wintersemester).

Sitzung Nr.	Datum	Beschreibung	Hausaufgaben
1	17.10.	Einführung und Seminarziele (KOM-BiNE-Modell)// Nachhaltigkeit// Kompetenz// BNE, Gestaltungskompetenz (inkl. Teilkomp.=TK)// Kompetenzorientierung im Unterricht (Text und Übung)	Literatur zu Gestaltungskomp.// FW selbst erarbeiten zu Smart Grid// Standardkonkretisierungen formulieren
2	24.10.	Gruppen-> Aufgabe: Welche TK geeignet? Clustern TK//Vorstellung vorhandener Unterrichtsmaterialien	Kommunik.-Werkzeuge
3	31.10.	Sicherheitsbelehrung Labor, Film Energieversorgung, Stud.: Vorstellen/Auswahl Kommunik.-Werkzeuge Vorstellung des langfrist. Lernauftrags	Text Rollenspiel (nach Höttecke, 2011) lesen, Fragen zur Passung von TK beantworten
4	07.11.	BNE-Methoden (als Gruppenpuzzle): Plan-/ Rollenspiel, Szenariotechnik, Wertequadrat, Argumentekommode, Urteilsmethoden (Wichtungstabellen), Journalistenmethode	
5	14.11.	Planung// Was ist / Wozu dient Unterrichtsplanung? In Gruppen geeignete TK für Unterricht auswählen, passende Kontexte und Methoden überlegen. (Grobablauf skizzieren)	Beschäftigung mit Exp.-Skript+ Material// Fragen zu fachlichen/ fachdidakt. Hintergründen notieren
6	21.11.	Experimente Aufbau, fachliche und fachdidakt. Disk.	Warum BNE?
7	28.11.	Warum BNE? Diskussion und Rollenspiel // Planung	Unterrichtsplanung in Gruppen
8	05.12.	Beobachtungsaufgabe// Planung,	Unterrichtsplanung in Gruppen
9	12.12.	Besprechung der Konzepte Gruppe 1/ Feedback	Unterrichtsentwurf: Abgabe
10	19.12.	Besprechung der Konzepte Gruppe 2/ Feedback	Unterrichtsentwurf: Abgabe
11	09.01.	Schülerlaborbesuch Gruppe 1	Reflexion, Überarbeitung des Konzepts
12	16.01.	Schülerlaborbesuch Gruppe 2	
13	23.01.	Schülerlaborbesuch Gruppe 1	Schlüsselsituationen als Unterrichtsvignette formulieren
14	30.01.	Schülerlaborbesuch Gruppe 2	
15	06.02.	Reflexion Unterricht + Auswertung der Beobachtungen und Vignetten	Auswertung der Beob.// weitere Reflexionsaufgaben
16	13.02.	Reflexion aufgetretener Probleme und des Seminars: Lernstraße (Seminar), Bsp. Zielscheibe in Gruppen (Kommunikations-/Gruppenprozesse) Hinweise zum Verfassen der schriftlichen Reflexionsarbeit anhand des KOM-BiNE-Modells	

4.1.3 Ergebnisse der begleitenden Evaluation

Forschungsansatz und Methodik:

Die untersuchten Personen dieser Studie waren Lehramtsmasterstudierende der Informatik und Physik aus dem im Sommer- und Wintersemester 2014/15. Untersucht wurden 10-seitige schriftliche Reflexionen, die zwei Monate nach Seminarende abgegeben wurden. Die Gliederung der Reflexion war vorgegeben: (1) Reflexion der Unterrichtsplanung (2) Reflexion des Unterrichts und (3) Selbstreflexionen unter Beachtung des KOM-BiNE-Modells.

Qualitative Inhaltsanalyse der Reflexionen:

Als Basis der theoriegeleiteten Entwicklung des Kategoriensystems für die qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) diente das KOM-BiNE-Modell (Abschnitt 3). Zwei durch Losverfahren ermittelte Reflexionen wurden mithilfe der Software MAXQDA analysiert und dabei ein Kodierleitfaden mit Kodierregeln und Ankerbeispielen erstellt (Mayring, 2010, S. 92). Durch diese Probekodierung (drei Materialdurchläufe, bei denen Mehrfachkodierung derselben Kodiereinheiten ausdrücklich erlaubt waren) fand eine Überarbeitung und Anpassung des Kategoriensystems im Dialog-Konsensverfahren in der Forschergruppe (N = 2) statt. Dabei zeigte sich, dass sich die Kompetenzentwicklung scheinbar in acht Teilbereichen vollzieht. Wir schlagen daher vor, die fünf TK des KOM-BiNE-Modells weiter aufzuteilen (Krofta, Buchholz, Nordmeier & Schulte, 2016): den Bereich *Wissen & Können* in drei TK: *komplexe Nachhaltigkeitsthemen, didaktische Strategien für BNE* und *BNE-Unterrichtsmethoden*. (Damit ergeben sich Parallelen zum Professionswissens nach Baumert & Kunter, 2006). Die TK *Kommunizieren und Reflektieren* sollte in diese zwei Teilbereiche aufgeteilt werden.

Die Endfassung des Kodierleitfadens wurde zunächst auf vier weitere ausgeloste Texte (jeweils zwei Informatik- und Physikstudierende) angewendet. Die Fundstellen wurden den nunmehr acht TK des KOM-BiNE-Modells (Kategorien) zugeordnet. Im Bewusstsein darüber, dass die Kodierung ein regelgeleiteter und dennoch interpretativer Vorgang ist (ebd., S. 8), wurde bei dieser Arbeit eine diskursive Zuordnung bei den nicht übereinstimmenden Passagen vorgenommen. Ein Kennzeichen kommunikativer Validierung ist, dass „Forscher selbst [...] in den Forschungsprozess [einbezogen werden]“ und sie „deshalb gerade nicht objektivistisch“ ist (ebd., S. 120). Wir erkennen damit den interpretativen Charakter der präsentierten Ergebnisse an.

Die Fundstellen wurden nach dem Verfahren der inhaltlichen Strukturierung aufbereitet (ebd., S. 98). Zur Erfassung des Kompetenzstands der Studierenden wurden die gewonnenen Zusammenfassungen einem Taxonomiestufenmodell zugeordnet.

Für diesen Schritt mussten folgende Herausforderungen bewältigt werden:

1. Das KOM-BiNE-Modell ist ein normatives Kompetenzmodell, das de facto Maximalstandards beschreibt. Geht man davon aus, dass Studierende die TK graduell ausbilden, benötigt man die Differenzierung von Taxonomiestufen. Diese wurden mit Hilfe der SOLO-Taxonomie (Biggs & Collis, 1982) und für die TK *Reflektieren* in Anlehnung an Abels (2011) aus dem KOM-BiNE-Modell heraus entwickelt³. Wie Rauch et al. (2008, S. 18) betonen, muss das Modell „im Zuge der Umset-

³ Es werden pro Teilkompetenz vier Stufen in Anlehnung an Biggs und Collis (1982) definiert. Diese operationalisieren: die Wahrnehmung einzelner Aspekte (Stufe 1), mehrerer Aspekte (Stufe 2), von Zusammenhängen innerhalb einer Struktur (Stufe 3) sowie das Übertragen und Neustrukturieren in anderen Bereichen (Stufe 4).

zung weiterentwickelt [...] werden“. Im Verlauf mehrerer Kodiertreffen wurde die Passung des neuen Taxonomiestufenmodells überprüft und die Genauigkeit gesteigert.

2. Für jede Niveaustufe mussten beobachtbare Indikatoren entwickelt werden.
3. Da es sich um ein normatives Kompetenzmodell handelt, sind Zusammenhang und Trennschärfe der einzelnen TK nicht empirisch geprüft worden.

Ergebnisse: Fallbeschreibungen und Einordnung ins Taxonomiestufenmodell

Auf Basis der Dekonstruktion der Texte mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse gelangt man zu Erkenntnissen, die durch das bloße Lesen der Reflexionsarbeiten nicht gewonnen werden können. Im Ergebnis entstanden Einzelfallbetrachtungen, die Aussagen über den individuellen Kompetenzstand der Studierenden erlauben. Im Folgenden werden exemplarisch die beiden kontrastreichsten Fälle vorgestellt.

Fall 1: Die/der StudentIn zeigt tiefgehende Kenntnisse des Fachthemas und strukturierte Methoden zur Erschließung. Dies sieht sie/er als ersten notwendigen Schritt der Unterrichtsplanung an. Sie/er schätzt ihr/sein Fachwissen zum Thema schon zu Seminarbeginn hoch ein. Sie/er sieht die gesellschaftspolitischen Aspekte des Themas jedoch losgelöst von Physik und Informatik. (1a: Stufe 2)⁴ Sie/er vertritt die Auffassung, dass BNE-Unterricht automatisch entsteht, wenn ein NE-Thema behandelt wird. Sie/er äußert Fehlvorstellungen darüber, wie Gestaltungskompetenz gefördert werden kann und nennt nicht nachvollziehbare Indikatoren (z. B. „aktives Nachfragen der SchülerInnen“) für die Diagnose der Ausprägung der Gestaltungskompetenz. (1b: Stufe 1)

Die Wahl der Methoden wird nicht auf Basis von BNE, sondern thematisch begründet. Sie/er zeigt Fehlvorstellungen. Experimentieren sei z. B. die TK *Gemeinsam mit anderen Planen und Handeln können* der Gestaltungskompetenz oder aber der Verbleib der SchülerInnen in Ihren Planspielrollen sei als Unterrichtserfolg zu werten. (1c: Stufe 1)

Sie/er beschreibt zwar, dass Meinungsbildung im Unterricht offen ablaufen müsse (2: Stufe 2), äußert aber Enttäuschung darüber, dass die SchülerInnen eine von ihr/ihm abweichende Werthaltung zeigen. Sie/er definiert NE-Unterricht als einen Unterricht, in dem NE-Themen wertfrei dargestellt werden. Sie/er sieht sogar die Notwendigkeit, den Unterricht bei einer erneuten Durchführung so anzulegen, dass eine andere Werthaltung erzeugt wird. (2: Stufe 1)

In der Planung wurde die Gestaltungskompetenz nicht berücksichtigt, die Kompetenzorientierung wird von ihr/ihm als Zwang wahrgenommen. Sie/er nimmt Kompetenzorientierung weiterhin als Automatismus wahr: Jeder Unterricht sei automatisch kompetenzorientiert. Diese Auffassung zeigt sich in der retrospektiven Rechtfertigung der Unterrichtsplanung, bei der sie/er die Planung mithilfe der TK der Gestaltungskompetenz begründet – und dadurch eine vermeintliche Bestätigung der eigenen Automatismus-These darstellt. Sie/er stellt weiterhin fest, dass kontextorientierter Unterricht zu einem Mehraufwand führt. Die Beschäftigung mit BNE und der Gestaltungskompetenz erfolgte augenscheinlich erst während der Anfertigung der Hausarbeit. (5: Stufe 2)

Das vollständige Taxonomiestufenmodell wird anderer Stelle veröffentlicht. Es kann auch über die AutorInnen bezogen werden.

⁴ 1: *Wissen und Können* mit 1a: *komplexe Nachhaltigkeitsprobleme*; 1b: *didaktische Strategien für BNE*; 1c: *BNE-Unterrichtsmethoden*; 2: *Werten*; 3: *Fühlen*; 4a: *Kommunizieren*; 4b: *Reflektieren*; 5: *Visionen entwickeln, Planen, Organisieren, Netzwerken*.

Fall 2: Die/Der StudentIn zeigt multiperspektivisches, fächerverbindendes und inhaltlich tiefgehendes Verständnis des Themas, arbeitet durchgehend theoriebasiert. (1a: Stufe 4)

Sie/er zeigt tiefgehende Kenntnisse über Kompetenzorientierung, NE, BNE und Gestaltungs- und Bewertungskompetenz und diskutiert Zusammenhänge. Sie/er begreift die Beschäftigung mit NE und BNE als anhaltenden Prozess. Mit Hilfe dieses Wissens kann sie/er den Unterricht nachvollziehbar reflektieren, die Methodenwahl begründen und Entwicklungsprozesse der SchülerInnen diagnostizieren. Sie/er führt Schwächen in der Unterrichtsdurchführung nachvollziehbar auf mangelnde theoretische Fundierungen einzelner Unterrichtsabschnitte zurück. Sie/Er wünscht sich stärkeren Fokus auf BNE als auf fachliche Inhalte und macht weitreichende Vorschläge. Sie/er verknüpft bekannte didaktische Konzepte (Problemorientierung, Kontroversität) mit BNE und zeigt auch Kenntnis über weniger verbreitete BNE-Konzepte. (1b: Stufe 4) (4b: Stufe 3-4)

Sie/er leitet aus dem BNE-Konzept Gerechtigkeit als Urteilkategorie für Nachhaltigkeitsbewertungen ab. Retrospektiv macht sie/er den Vorschlag, den BNE-Unterricht durch Problemorientierung und Kontroversität zu stärken, Unterrichtsmethoden zur kritischen Meinungsbildung zu wählen oder zu modifizieren. Die/der StudentIn kritisiert scharf die KOM-BiNE-Definition für die TK „Werten und Fühlen“. Die Erwartung, eine bestimmte Wertehaltung einzunehmen und diese auch bei den SchülerInnen zu erzeugen, widerspreche einer offenen Meinungsbildung. Obwohl sie/er die Wertehaltung pro NE befürwortet, sieht sie/er diesen normativen Zwang des Modells als nicht haltbar an. (1c: Stufe 3) (2: Stufe 4)

Die Planung richtete sich an bereits vorhandenen Materialien und der früh entwickelten Grobstruktur aus. Erfahrungen der ersten praktischen Durchführung nutzt sie/er zur Modifikation der Unterrichtsplanung für den zweiten Durchlauf. Retrospektiv werden Schwächen erkannt und eine stärkere Orientierung am Konzept der BNE und der Problemorientierung gewünscht. (5: Stufe 3)

Selbstreflexionen anhand des KOM-BiNE-Modells:

Fall 1: Die/der StudentIn nimmt in allen TK eine Entwicklung wahr, kann diese aber nicht durchgängig begründen. In der TK 5 sieht sie/er den größten Kompetenzzuwachs (als Nebenprodukt der Unterrichtsentwicklung). Begründet wird dies mit der Planung von kompetenzorientiertem, fächerverbindendem Unterricht.

Fall 2: Die/der StudentIn betont die Stärkung der TK 1 durch die Reflexionstätigkeit. Es wird der Wunsch nach weiterer Beschäftigung mit NE geäußert.

Diskussion:

Die beiden beschriebenen Fälle zweier angehender Lehrkräfte zeigen Wege des Umgangs mit BNE-Konzepten. Sie erlauben Aussagen über den Kompetenzstand der Studierenden aus Perspektive des KOM-BiNE-Modells und verweisen in Ansätzen auf die Kompetenzentwicklung im Rahmen des Praxisseminars.

Im Bereich *Wissen und Können* zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Fällen. StudentIn 1 beweist fachliches Wissen im Themenbereich *Smart Grid*, kann jedoch keine Verbindungen zu politisch-gesellschaftlichen Aspekten oder zum Thema NE ziehen. Sie/er stützt seine Unterrichtsplanung folglich auf fachlich-inhaltliche Strukturen und hat das Prinzip der Kompetenzorientierung noch nicht durchdrungen. StudentIn 2 zeigt tiefgehende Kenntnisse des Konzepts BNE und der Gestaltungskompetenz und kann das Fachthema mit überfachlichen Zielen vernetzen.

Beide StudentInnen zeigen – unabhängig davon, ob sie kompetenzorientiert oder fachlich-inhaltlich planen – einen Zuwachs im Kompetenzfeld *Visionen entwickeln, Planen und Organisieren*. Interessanterweise wird bei der Selbstreflexion anhand des KOM-BiNE- Modells im Sprachgebrauch der Studenten das „Visionen entwickeln“ meist weggelassen. Dies spiegelt sich im Prozess der Unterrichtsplanung wider und zeigt eine Kehrseite der praxisorientierten Seminargestaltung: Die Studierenden werden von der konkreten praktischen Notwendigkeit der Unterrichtsgestaltung gefordert – Entscheidungen auf didaktisch-theoretischer Ebene treten in den Hintergrund.

Interessant sind die Ergebnisse für den schwer erfassbaren und oftmals vernachlässigten Bereich *Werten*. StudentIn 2 zeigt ein wesentlich fortgeschritteneres Niveau, das ihr/ihm sogar eine plausible Modellkritik des KOM-BiNE-Modells ermöglicht. StudentIn 1 offenbart im Gegensatz dazu deutliche Fehlvorstellungen beim Werten. Sie/er missinterpretiert den Beutelsbacher Konsens, versteht ihn als Zwang zur wertfreien Darstellung eines Fachthemas statt als Anregung, den Wertepluralismus unserer Gesellschaft widerzuspiegeln. Sie/er zeigt sich in der Reflexion des Unterrichts sogar enttäuscht darüber, dass die SchülerInnen eine von seiner Sichtweise abweichende Werthaltung einnehmen.

Umso mehr zeigt sich der Wert der schriftlichen Reflexionen. Beide Studierenden betonen die Auswirkungen, die das Verfassen der Hausarbeiten auf die Ausprägung ihrer Reflexionskompetenz hatte: *„Die Reflexionsfähigkeiten konnte ich während der nachträglichen Analyse und in dieser Hausarbeit steigern.“* (Fall 1) Die Erarbeitung der theoretischen Grundlage im Zuge der schriftlichen Reflexion führt zu einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Konzept der NE und BNE. Auffällig im Vergleich der beiden Fälle ist, dass im Fall 1 Theorie als nachträgliches Deutungsmuster der Praxis genutzt wurde. Im Fall 2 wurde die Theorie bereits während der Planung, Durchführung und unmittelbaren Analyse von dem Studenten herangezogen. Die Inkohärenz, die in Fall 1 offenbart wird, zeigt den Umgang des Studierenden mit Ansprüchen (Entwicklung von kompetenzorientiertem Unterricht) die sie/er nicht erfüllen konnte. Die/der StudentIn entwickelt eine subjektive Theorie über Kompetenzorientierung: *„Das Konzept Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung haben wir nicht aktiv genutzt [...] trotzdem [hat] sich ein Unterricht entwickelt, der aufgrund der Thematik, [...] zu vielen Aspekten des BNE-Kompetenzmodells passt.“*

Damit können wir für die Fallbeispiele die Lernwirksamkeit von reflektierenden Arbeiten (Bain, Mills, Ballantyne & Packer, 2002) bestätigen. Sie können nicht nur die Reflexionsfähigkeit selbst steigern, sondern sind auch für die Kompetenzentwicklung in anderen Bereichen, wie bei *Wissen & Können* wertvoll. Könnte man es organisieren, wäre die Reflexionsarbeit **zwischen** den zwei Lehr-Lern-Labor-Terminen wahrscheinlich am kompetenzförderlichsten.

Obwohl das Taxonomiestufenmodell in den meisten Fällen eindeutige Aussagen über den Kompetenzstand der Studierenden zulässt, offenbaren sich wie bei Fall 1 vereinzelt Zuordnungskonflikte. Möglicherweise liefern solche Konflikte wertvolle Erkenntnisse über Lernprozesse und vorhandene Schwierigkeiten, die eine gezielte Weiterentwicklung der hochschuldidaktischen Ansätze sowie eine Förderung der Studierenden entsprechend ihrer Stärken und Schwächen ermöglichen. Die Einordnung des Kompetenzstands in ein Taxonomiestufenmodell kann ihnen ihre Kompetenzentwicklung transparent und nachvollziehbar darstellen und bietet neue Ansätze zur Selbstreflexion. Es wäre z. B. interessant zu wissen, welchen Lerneffekt eine Metareflexion der Studierenden eben solcher Konflikte hätte.

Die explizite und nach wissenschaftlichen Erkenntnissen theoriefundierte Förderung von BNE-Lehrerkompetenzen halten wir per se schon zu einem gewissen Maße für innovativ. Für die Kompetenzentwicklung der Studierenden halten wir die Beteiligung am BNE-Konstruktionsprozess in inter-

disziplinären Studierendenteams, die dabei gelebte Kommunikation und Problembewältigung für besonders wertvoll. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass das Seminarkonzept gezielt BNE-Kompetenzen anspricht, auch solche, die „schwer“ erreichbar und beobachtbar sind (z. B. Fühlen, Werten, Kommunikation inkl. Konflikt- und Gruppen-Management).

Im Rahmen der Nutzung des KOM-BiNE Modells konnten Erkenntnisse über das Modell selbst gewonnen werden. Weitere Empirie ist jedoch nötig, um das Modell weiter abzusichern.

4.1.4 Wirksamkeit von Werkzeugen zur kooperativen Unterrichtsentwicklung

Während der ersten Projektphase wurden in Zusammenarbeit mit dem durch die Deutsche Telekom Stiftung geförderten Projekt „Lehrerbildung neu denken!“ auch die Kommunikations- und Arbeitsplattformen untersucht, die den Studierenden bei der Planung und Organisation ihres Unterrichts im Schüler- bzw. Lehr-Lern-Labor helfen sollten. Bereits zu Beginn des Projekts wurde das System „Git-Lab“ als verpflichtende Plattform festgelegt. Im Verlauf des Projekts zeigte sich, dass die Studierenden jedoch andere Plattformen nutzten und Gitlab als wenig relevant ansahen. Eine Schlussfolgerung des ersten Durchlaufs war es daher, Kommunikations- und Arbeitsplattformen zur kooperativen Unterrichtsentwicklung explizit im Seminar zu thematisieren.

Die Studierenden konnten sich entscheiden, welche Plattform/Kombination aus Plattformen sie zum Kommunizieren nutzen wollen. Um eine gemeinsame Grundlage zu schaffen, wurden verschiedene Arbeitsplattformen und Kommunikationswege vorgestellt und anhand vorgegebener Kriterien bewertet. Das Gitlab war eines der vorgestellten Werkzeuge – es wurde diesmal jedoch keine Empfehlung ausgegeben, welches System benutzt werden sollte.

Erstaunlicherweise haben alle SeminarteilnehmerInnen sich dafür entschieden, zunächst das Gitlab zu nutzen. Im Austausch mit den Studierenden und anhand der Freitextantworten der durchgeführten Evaluation wird jedoch deutlich, dass die Studierenden im Verlauf des Seminars das Gitlab durch andere Plattformen ersetzt haben. Die Evaluation dazu wurde anhand des Concerns-Based Adoption Models (Hall, 2011) durchgeführt. Das Instrument misst den Grad der Betroffenheit (stage of concern) bezüglich sieben unterschiedlicher Aspekte des Innovationsprozesses. Für unsere Zwecke (die Akteure sind hier die Studierenden) wurde das Instrument geringfügig angepasst. Dazu wurde die Skala *Consequences* entfernt, da die Fragen in unserem Kontext irreführend wären.

Repräsentativ für die Erkenntnisse aus dem jüngsten Projektdurchlauf ist die Aussage eines Teilnehmers: „*Wir [haben] Spline Pad und Dropbox, bzw. E-Mail benutzt, [damit] konnten sofort alle intuitiv umgehen.*“

In den Gesprächen und den schriftlichen Anmerkungen der Studierenden wird jedoch deutlich, dass die Studierenden die Idee einer umfassenden und mächtigen Kommunikations- und Arbeitsplattform für sinnvoll erachten. Gitlab wird von den Studierenden als erster Schritt in Richtung solch einer Plattform wahrgenommen, ist aber in Installation und Bedienung zu komplex und unintuitiv. Vielmehr zeigen die Studierenden die klare Tendenz, Werkzeuge zu nutzen, die sie bereits kennen – auch wenn diese nicht unmittelbar für den Zweck entworfen wurden, den sie im Rahmen einer kooperativen Unterrichtsentwicklung einnehmen. Es zeigte sich weiterhin, dass diverse unabhängige Systeme parallel genutzt wurden – die Auswahl des jeweiligen Mediums wurde dabei den aktuellen Bedürfnis-

sen angepasst. So wurden spezielle Medien zur Kommunikation, zum Dateiaustausch und zur Sicherung genutzt.

Die Ergebnisse des Stages-of-Concerns-Instruments zeigen, dass die Studierenden sich selbst als Nicht-Nutzer der Plattform Gitlab sehen. Die Ausprägung der Skalen 1 (Unconcerned) und 2 (Informational) zeigen, dass die Studierenden grundsätzlich gegenüber Innovationen offen sind und sich mehr Informationen wünschen. In Kombination mit der Kategorie 6 (Refocusing) zeigt sich eine Tendenz hin zu anderen Systemen, die besser geeignet sein könnten (Abbildung 3).

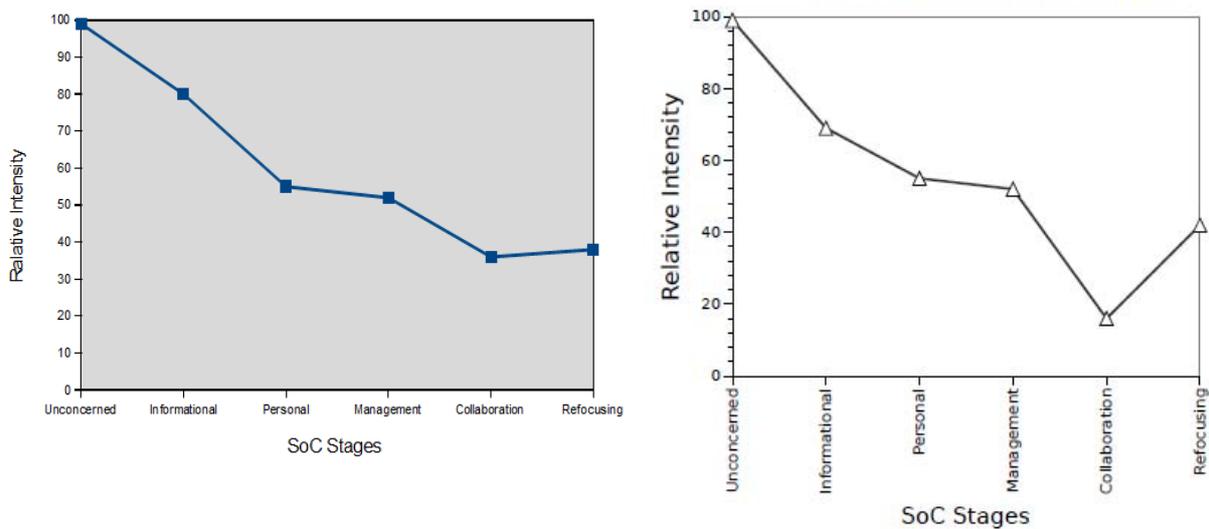


Abbildung 3: Ergebnisse der ersten (links) und zweiten (rechts) Befragung. Dargestellt ist die relative Intensität der Ausprägung bezüglich der Bedenken Unconcerned (99/99), Informational (80/69), Personal (55/55), Management (52/52), Collaboration (36/16) und Refocusing (38/42). n1 = 17, n2= 9

Im Vergleich zur ersten Projektphase (vgl. Abbildung 3) ist bemerkenswert, dass die Skalen 0 (Unconcerned), 2 (Personal) und 3 (Management) die exakt gleichen Ausprägungen zeigen wie im ersten Projektdurchlauf. Ein signifikanter Unterschied ist in den Skalen 1 (Informational) und 5 (Collaboration) zu sehen. Beide Skalen sind stärker ausgeprägt. Dies zeigt dass die Studierenden grundsätzlich mehr Interesse an Kommunikations- und Arbeitsplattformen zeigen und mehr Interesse zeigen, sich in diesem Bereich zu informieren. Sie erachten die Zusammenarbeit (auf digitaler Ebene) mittels entsprechender Plattformen wichtiger als ihre Vorgänger. Es kann nicht abschließend bewiesen werden, dass diese positiven Effekte auf Variationen in der Seminargestaltung beruhen, wir sehen die Entwicklung im hochschuldidaktischen Bereich jedoch als Wegweiser für die zukünftige Seminargestaltung.

Die formale Evaluation und die Erfahrungen aus Seminar und Gesprächen mit den Studierenden legen nahe, dass die aktuelle Variation des Seminars besser geeignet ist, um die gesetzten hochschuldidaktischen Ziele zu erreichen: Mit Blick auf den beruflichen Alltag sollen die Studierenden dazu befähigt und begeistert werden, innerhalb eines Kollegiums fächerverbindend und im Team BNE-Unterricht zu gestalten.

4.2 Ziel 2: Ebene der SchülerInnen: Wirkungen der Schülerlaborangebote

4.2.1 Maßnahmen zur Kompetenzförderung

Innerhalb des Praxisseminars werden die Studierenden vor die offen formulierte Herausforderung gestellt, im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung die Gestaltungskompetenz der SchülerInnen im Schüler- bzw. Lehr-Lern-Labor zu fördern. Im Berufsalltag ist es eine grundlegende Aufgabe von LehrerInnen, kompetenzorientiert konkreten Unterricht zu planen. Der Schritt von abstrakten Kompetenzformulierungen hin zur konkreten Schüleraktivität ist – besonders für Novizen – sehr anspruchsvoll, für die Umsetzung von BNE jedoch unabdingbar. Um der Unterrichtsgestaltung im Praxisseminar eine klare Zielausrichtung zu geben, haben die Studierenden insbesondere den Umgang mit der Gestaltungskompetenz eingeübt.

Ausgehend vom Konzept der „Gestaltungskompetenz“⁵, sollen die Studierenden zwei Teilkompetenzen identifizieren, die im Zuge des von ihnen zu planenden Unterrichts gefördert werden sollen (s. o.). Die Teilkompetenzen sind wiederum in (je nach Teilkompetenz) 2 bis 10 Standards unterteilt. Ausgewählte Standards des Kompetenzmodells müssen wiederum in so genannte Standardkonkretisierungen umgewandelt werden. Für diesen Schritt ist es notwendig, entsprechende Planungsschritte und Diskussionen in der Projektgruppe durchzuführen – so können Unterrichtsmethoden und -inhalte in tragfähige Schüleraktivitäten einfließen.

So wurden beispielsweise aus der Teilkompetenz „an kollektiven Entscheidungsprozessen teilhaben können“, die ausgewählten Standards

„(1) Die Schülerinnen und Schüler ermitteln und demonstrieren Verfahren der Verständigung über Ziele und Prozesse nachhaltiger Entwicklung bei normativen und politischen Differenzen. (2) Die Schülerinnen und Schüler können Meinungsverschiedenheiten und Konflikte in Bezug auf Fragen der (nicht) nachhaltigen Entwicklung konstruktiv bewältigen.“

umgewandelt in die Standardkonkretisierung

„Indem die Schülerinnen und Schüler sich auf ein unbekanntes und hoch komplexes Themenfeld begeben (Smart Grid) und sich mit diesem kontrovers in einem Planspiel auseinandersetzen, testen sie Methoden der Zukunftsforschung. Dabei sollen mögliche zukünftige Entwicklungen anhand von vorgefertigten Argumenten, aber auch mit kreativer Eigenarbeit antizipiert werden. Im Planspiel treffen dann die verschiedenen Ideen (Ebenen des Problems) aufeinander. Dabei müssen erst Meinungsverschiedenheiten und Konflikte in einer Konferenz miteinander gelöst bzw. diskutiert werden.“

Hier zeigt sich eine der Stärken des praxisorientierten, aber theoriegebundenen Vorgehens der zyklischen Unterrichtsentwicklung im Lehr-Lern-Labor. Der Umgang mit Kompetenzmodellen und Lehr-Lern-Theorien kann – nach unserer Ansicht – erst mit Blick auf konkret zu planenden Unterricht erlernt werden.

⁵ Der Definition aus dem Transfer-21-Programm folgend: „Mit Gestaltungskompetenz wird die Fähigkeit bezeichnet, Wissen über nachhaltige Entwicklung anwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen zu können.“ (Vgl. <http://www.transfer-21.de/index.php?p=222>)

Durch die intensive Auseinandersetzung mit der Theorie innerhalb des Praxisseminars durch die Studierenden profitierten die SchülerInnen, die den außerschulischen Lernort Schülerlabor besuchten. Aus hochschuldidaktischer Perspektive konnten gleichzeitig Probleme identifiziert werden, die im Zusammenhang mit dem Konzept der Gestaltungskompetenz einhergehen.

Wichtigste Erkenntnis hierbei ist, dass der Fokus auf wenige zu fördernde Teilkompetenzen und Standards dazu beiträgt, die Planungsaktivitäten zielführender zu gestalten.

Im Rahmen des Praxisseminars wurden unterschiedliche Konzepte für die Schülerlabortage entwickelt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass alle Konzepte den Kompetenzaufbau der SchülerInnen in drei Phasen zum Ziel hatten:

In einer ersten Phase wurde fachliches Grundwissen zum Thema erarbeitet. Einige Aspekte waren z. B. das Problem der Wetterabhängigkeit nachhaltiger Energieversorgung, Vor- und Nachteile verschiedener Energiequellen und die Identifizierung des Regel-/Kommunikationsbedarfes im Stromnetz, Funktion und Grundidee des Smart Grids.

Beispiel für einen entwickelten Standard zum Experiment Pumpspeicherwerk:

„Die Schülerinnen und Schüler verstehen, wie ein Pumpspeicherwerk funktioniert und wie Energie nachhaltig gespeichert werden kann und wie dies mit dem Smart-Grid-System effizient genutzt werden kann.“

Im Rahmen des Praxisseminars entwickelte Methoden (exemplarisch):

- Messung der Leistungsdaten von Alltagsgeräten und Erstellung eines individuellen Lastprofils im Tagesverlauf.
- Vergleich von Stromerzeugung und -verbrauch in Abhängigkeit unterschiedlicher (Wetter-) Szenarien.
- Experimente zur Funktionsweise verschiedener erneuerbaren Energiequellen: z. B. Kopplung von Stromnetzen, Speicherung regenerativer Energie (Pumpspeicherwerk), physikalische Probleme mit Leitungen, Simulation eines Smart Grid ähnlichen Systems.
- Vorführung des Films „Kombikraftwerk 2“ mit Stopps, in denen interessante Punkte angesprochen, Fragen geklärt und ein vorgefertigtes Tafelbild vervollständigt wurden.
- Ein Computerspiel, in dem das aktuelle Netz sowohl von Seite des Verbrauchers als auch aus von Erzeugerseite her simuliert wird. Zwei Gruppen agieren dabei gegeneinander. Die „Stromerzeuger“ lernen die Schwierigkeiten bei der manuellen Einstellung der jeweils abgefragten Strommengen kennen. Die „Verbraucher“ im Netz simulieren, durch möglichst schnelles Hin- und Herschalten die Schwankungen bei einer großen Anzahl an Haushalten im Netz. Die Aspekte Kosten versus Versorgungssicherheit werden im Anschluss diskutiert.

In der zweiten Phase geht es in allen drei Unterrichtskonzepten um die Sensibilisierung für das Problem des Datenschutzes. Thematisiert wurden der Datenbedarf/-generierung durch Smart Meter für schnelle Regelungsmechanismen im Energienetz, Datenschutz, Verschlüsselung sowie selbstbestimmte Energienutzung. Damit zeichnet sich diese Phase durch das erste Aufspannen eines Problemfeldes der Nachhaltigkeit sowie der interdisziplinären Betrachtung aus. Dies diente im Unterricht einer Vorbereitung auf die Beschäftigung mit verschiedenen gesellschaftlichen Perspektiven.

Beispiel für einen entwickelten Standard:

„Die Schülerinnen und Schüler sind sich der Dimensionen des Datenschutzes, des Umweltschutzes, der Wirtschaftlichkeit und der technischen Umsetzbarkeit bewusst.“

Im Rahmen des Praxisseminars entwickelte Methoden (exemplarisch):

- Programmierungsaufgabe: Datenanzeige mit und ohne SmartModus.
- Funktionsweise und Sicherheit der Datenverschlüsselung mit dem Prinzip des privaten und des öffentlichen Keys anhand der Landkartentechnik.
- Zusammenstellung von Texten zum Thema Datenschutz für die Szenariotechnik (Phase 3).
- Diskussion des in Phase 1 unter Punkt 5 aufgeführten Computerspiels unter dem Aspekt, dass die Nutzung des Fernsehers für den Energieerzeuger erkennbar ist.

In der dritten Phase mündeten die in ersten beiden Phasen entwickelten Grundlagen in Methoden, die kontroverse Blickwinkel, Interessen und Werte des komplexen Handlungsfeldes Smart Grid abbilden. Hier wurde in einem Konzept der Schwerpunkt auf die Antizipation von zukünftigen Entwicklungen sowie das Erkennen von Risiken und Gefahren gelegt in den anderen beiden Unterrichtskonzepten hingegen auf demokratische Meinungsbildung und Mitgestaltung.

Im Rahmen des Praxisseminars entwickelte Methoden (exemplarisch):

- Szenariotechnik: Diese Methode, bei der normalerweise ein Worst-Case- und ein Best-Case-Szenario entwickelt werden, wurde von den Studierenden so abgewandelt, dass die Schülerinnen zwei Worst-Case-Szenarien entwickelten: eins mit und eins ohne Einführung des Smart Grid.
- Mindmap: Clusterung von zukünftigen Einflüssen und Problemen.
- Planspiel „fiktive Abstimmung über Smart Grid im Parlament“: Hier wurden zunächst die Interessen der jeweiligen Partei innerhalb kleiner Gruppen diskutiert und dann im Plenum vortragen. Anschließend müssen sich die Vortragenden Fragen der Abgeordneten stellen, die sie in einer zweiten Redezeit beantworten.
- Reflexion des Planspiels durch Abschlussdiskussion.
- Planspiel „Interessengruppen des Smart Grids“: Dabei müssen Meinungsverschiedenheiten und Konflikte in einer Konferenz miteinander gelöst bzw. diskutiert werden.
- Nachrichtenspot: Die SchülerInnen reflektieren sowohl ihr Verhalten während der Diskussion als auch ihre inhaltlichen Ergebnisse gemeinsam in einem Nachrichtenspot.

Im Rahmen des Projekt sind dabei eine Reihe von innovativen Unterrichtseinheiten zur Nachhaltigkeitsbewertung des Smart Grids entstanden (vgl. auch Abschnitt 4.3). Dabei geht es um die Frage, wie ein nachhaltiges Energienetz wohl aussehen könnte (es muss sozialverträglich, wirtschaftlich, umweltschonend sein) und wie man dessen Entwicklung positiv beeinflussen kann. Das Smart Grid gilt als Instrument zur Bewältigung der Energiewende bzw. zur Abmilderung des Klimawandels und bietet sowohl global als auch national gesehen Chancen zur Verbesserung von Intra- und Intergenerationengerechtigkeit. Es ist durch partizipative und politische Prozesse noch gestaltbar und erfordert fächerverbindendes Denken aller Stakeholder. Es zeigte sich, dass der kontroverse Charakter des Themas es möglich machte, die aktuelle Debatte modellhaft im Unterricht abzubilden und für die Schülerinnen und Schüler erlebbar zu machen.

Die in unserem Projekt neu entwickelten Unterrichtskonzepte (vgl. dazu auch Abschnitt 4.3 und Anhang 1) zeigen, dass die BNE-Theorie durch die Studierenden facettenreich und kreativ umgesetzt

wurde. Zielgerichtete Methodenentwicklung zu ausgewählten Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz erreicht die Zielgruppe der SchülerInnen in weiten Teilen. Diese zeigte sich beispielsweise in Planspielen und in der Anfertigung von Zukunftsszenarien, in denen sie Lösungen für Nachhaltigkeitsprobleme suchten und sich mit gesellschaftlichen Perspektiven, Werten und Interessen auseinandersetzen mussten.

Folgende Zitate sollen dies beispielhaft verdeutlichen. Ein Schüler reflektiert versteckte Interessen und Nachhaltigkeitsaspekte seiner Planspielrolle als Datensammler: „Wir waren ja irgendwie die Bösen. Es war schwierig, das friedlich zu verpacken. Die Datensammlung und Werbung haben wir als Wirtschaft, Arbeitsplätze und Umweltschutz kaschiert. Unsere Firma sagte, sie kauft nur Daten von seriösen Anbietern. Das war aber nicht glaubwürdig.“

4.2.2 Wirksamkeit: Evaluation der Schülerkurse

Evaluation der SchülerInnenkurse durch Befragung der Teilnehmenden:

Alle SchülerInnenkurse wurden durch die Studierenden mit der Methode „Blitzlicht“ evaluiert. Dabei sollten die SchülerInnen mit je einem Satz nach Kursende ein kurzes Statement abgeben, dem der Inhalt nicht vorgegeben war und welches nicht kommentiert wurde.

Exemplarisch wird im Folgenden eine solche Evaluation dokumentiert: Insgesamt nahmen an diesem Kurs 115 SuS teil, und die Auszählung der Nennungen ergab folgendes Bild: Die Antworten lassen sich in vier Kategorien zusammenfassen (vgl. Abbildung 4 und Tabelle 2). Diese sind Aussagen zur Methodik (A), zum Thema + Lerneffekt (B), zur Arbeitsform (C) und zur allgemeinen Kursorganisation (D). Teilweise konnten Unterkategorien gebildet werden.

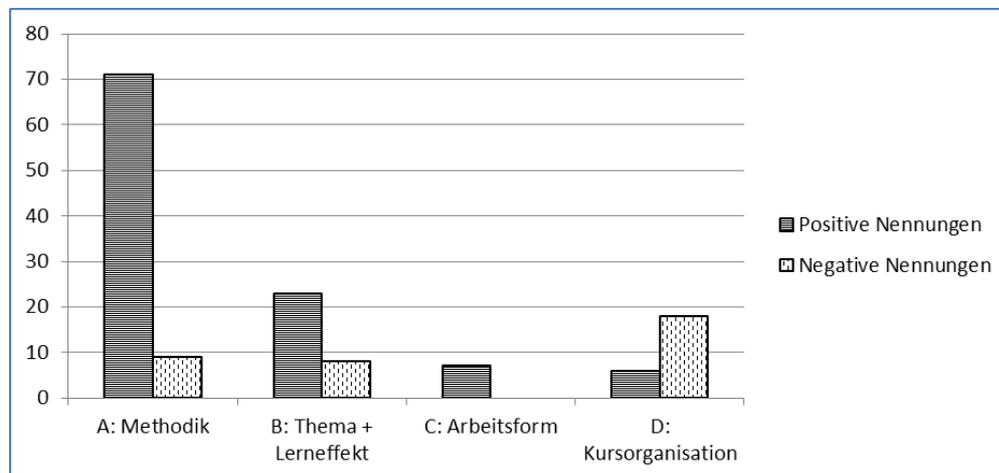


Abbildung 4: Evaluation der SchülerInnenkurse durch Blitzlicht
(Anzahl der Nennungen: 142; Anzahl der SchülerInnen: 115)

Tabelle 2: Evaluation der SchülerInnenkurse durch Blitzlicht (Anzahl von Nennungen)

Kategorien	Beschreibung durch SchülerInnen (Beispiele)	Unterkategorien	Nennung	Nennung gesamt	Beschreibung durch SchülerInnen (Beispiele)	Unterkategorien	Nennung	Nennung gesamt	
	POSITIVE AUSSAGEN				NEGATIVE AUSSAGEN				
A: Methodik	abwechslungsreich, anregend, kreativ ("man konnte viel selber machen")	praktisch	13	71	("Das Experiment ging schief")	Nicht-funktionieren	2	9	
	("Programmieren [PC-Spiel, Experiment, Rollenspiel, Konferenz] hat Spaß gemacht",	Experimente	14		7	("Kostüme [Tierlaute, Blitzlicht] war peinlich")	nicht dem Alter angemessen		7
		Arbeit am PC	18						
		BNE-Methoden	15						
		Nennung ohne Bsp.	11						
B: Thema + Lerneffekt	interessant, interdisziplinär, aktuell, lehrreich ("jugendliches Zukunftsthema"; "Politisch", "gelernt, was auf uns zukommt")		23	23	("langweilig", "Diskussion zu lang")			8	
C: Arbeitsform	("Gruppenarbeit hat mir gefallen")		7	7				0	
D: Kursorganisation	("Gut durchdachte Unterrichtsreihe")	Ablauf	2	6	verwirrend ("man wußte nicht, was noch kommt")	Ablauf	2	18	
	("es gab keinen Druck")	Athmosphäre	2		Zeit ("ich hatte zu wenig Zeit")	Athmosphäre	4		
	hilfreich ("gute Erklärungen")	Anleitung + Arbeitsblätter	2		verwirrend, verunsichernd ("ich hätte mehr Hilfe beim Programmieren gebraucht")	Anleitung + Arbeitsblätter	12		
Gesamt				107				35	

Eine Studierendengruppe hat die SchülerInnen eines Kurses um eine Einschätzung der Methodik und des Themenverständnisses mittels Klebepunkt auf einem Flipchart gebeten (Abbildung 5). Hier lässt sich in einem Aspekt ein vergleichbares Bild erkennen wie bei den Auszählungen der Blitzlichtaussagen: Vor allem die Methodik wird positiv gesehen. Auffällig ist allerdings das Fehlen von negativen Meinungen.

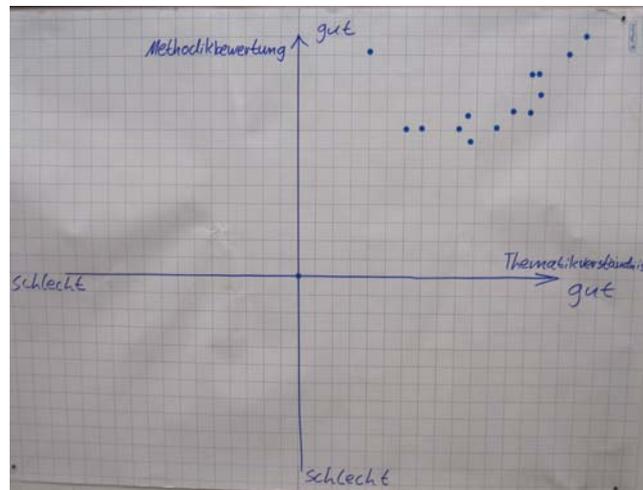


Abbildung 5: Einschätzung der Methodik und des Themenverständnisses durch SchülerInnen mittels Klebepunkten auf einer Flipchart (n=15)

Insgesamt sollten diese Befunde zwar nicht überbewertet werden, sie geben jedoch ein Bild darüber ab, wie die SchülerInnen die Kurse insgesamt bewerten und erlauben damit einen kleinen Einblick in das (positive) emotionale Erlebnis des Schülerlaborbesuches (nach dem Motto: „Es hat Spaß gemacht.“) sowie in das aktuelle Interesse z. B. am Thema oder an den Methoden. Die Ergebnisse lassen sich einordnen in die gegenwärtige Interessensforschung im Rahmen von Schülerlaborbesuchen. Unsere Ergebnisse decken sich mit Studien, die bei singulären Schülerlaborbesuchen einen (kurzzeitigen) Anstieg des aktuellen Interesses feststellen konnten (z. B. Guderian, 2007).

Das ausgewiesene Projektziel auf Schülerebene war die Förderung der Gestaltungskompetenz. Motivationale Aspekte sind als Teilkompetenz in der Gestaltungskompetenz enthalten (*Sich selbst und andere motivieren können.*) (De Haan, 2008). Darüber hinaus lässt sich fragen, inwiefern das Interesse eines Menschen mit dem tatsächlichen Erwerb von Kompetenzen zusammenhängt. Ein Zusammenhang findet sich bei der vielfach zitierten Definition des Begriffes Kompetenz von Weinert aus dem Jahr 2001, die ein besonderes Augenmerk auf nicht-kognitive Anteile von Kompetenz lenkt: „[...] bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (zitiert nach Schreiber 2007, S. 71). Auch vom Bundesverband der Schülerlabore *Lernort Labor* wird dieser Zusammenhang explizit in Bezug auf BNE gesehen: „Schülerlabore und Schule bilden das ideale Fundament für naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung. Schülerlabore [...] haben eine erwiesenermaßen positive Auswirkung auf Motivation und aktuelles Interesse“ (Hempelmann und Haupt 2015, S. 6). Holodynski & Oerter (2002) betonen dass zum längerfristigen Interesse affektive Werte nötig sind, z. B. dem Lerngegenstand etwas persönlich Wichtiges beizumessen (ebd., S. 561). Daher ist es besonders erfreulich, dass Schülerinnen

und Schüler ihr Interesse am Thema z. B. mit dem Attribut „jugendliches Zukunftsthema“ begründet haben.

Wahrnehmung der Kompetenzentwicklung der Lernenden durch die Studierenden:

Die Evaluation der Wirksamkeit der Schülerveranstaltungen muss eine Passung zu den durch die Studierenden gesetzten Zielen besitzen. Das heißt, dass die zu fördernden Standards der Gestaltungskompetenz in Niveaustufen zerlegt und anschließend in tatsächlich wahrnehmbare Beobachtungsaufträge umgewandelt werden müssen. Die hochschuldidaktische Zielsetzung ist dabei, den Studierenden einen Blick auf Lehr-Lern-Prozesse zu ermöglichen, den sie im Schulalltag nutzen können, um den Erfolg des eigenen Unterrichts messen zu können. Um den Zusammenhang von Bildungsstandards und Wahrnehmung des Kompetenzstands von SchülerInnen zu verdeutlichen, wird eine kurze Episode aus einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung geschildert:

Ein Student wählte beispielsweise aus der Gestaltungskompetenz die Teilkompetenz „Gemeinsam planen und handeln können“ den Standard „Die Schülerinnen und Schüler benennen und analysieren in Gruppen differente Standpunkte zur Nachhaltigkeit auf ihre Hintergründe hin und können in diesem Zusammenhang Kontroversen demokratisch austragen“.

Um die Stärkung der im Standard genannten Fähigkeiten zu erreichen, entwickelte der Student einen 45-minütigen Unterrichtsabschnitt „Demo-Experiment mit Schülerbeteiligung“, der in den Gesamtrahmen der Labortermins eingebettet wurde: Die SchülerInnen übernahmen zur Beobachtung des Experiments bestimmte Rollen (Mitglied einer Umweltorganisation, Atom-Lobbyist, Mitarbeiter BSI, Mitarbeiter einer Agentur für Handel personenbezogener Daten), erarbeiteten sich deren grundsätzliche Standpunkte und nahmen anschließend in Kleingruppen an einer fiktiven physikalischen Demonstration zum Thema „Stromnetz und Smart-Grid“ teil. Je nach Rolle mussten die SchülerInnen dabei das (smarte) Stromnetz auf verschiedene Aspekte hin betrachten, z. B. aus Perspektive der Agentur für Handel personenbezogener Daten: „Wo entstehen im Netz personenbezogene Daten, mit denen Gewinn erwirtschaftet werden könnte?“ Anschließend mussten die SchülerInnen an der Gestaltung einer Pressekonferenz mitwirken, in der die Grundlinien der Entwicklung des Smart-Grid vorgestellt werden sollten. Die SchülerInnen traten in der Vorbereitung der Pressekonferenz als Fachexperten auf, die politischen Entscheidungsträgern zuarbeiten sollten. Die von allen beteiligten verabschiedete Presseerklärung spiegelte dabei das Ergebnis der gemeinsamen Beratung. In einer anschließenden Phase verließen die SchülerInnen ihre Rolle und reflektieren darüber, ob und warum die Interessen ihrer Rolle wahrgenommen wurden.

Der Student entwickelte ein Beobachtungsinstrument, das sowohl die Gruppenarbeit als auch das dabei bestehende Produkt in Betracht zieht. Dabei stellte er entsprechend der von ihm identifizierten Niveaustufen des o.g. Standards Beobachtungskategorien auf. Mit Hilfe der anderen Studierenden wurden die Schülerinnen beobachtet, um Aussagen über den Kompetenzstand treffen zu können. Folgende beobachtbare Niveaustufen wurden erarbeitet:

- (1) (a) Die Schülerinnen und Schüler nennen vorgegebene Standpunkte der Nachhaltigkeit und werden ihre Meinung in der Gruppe weniger ausgeprägt vertreten.
(b) Die Pressemitteilung wird zu Gunsten der anderen Interessengruppen ausfallen.
- (2) (a) Die Schülerinnen und Schüler nennen ihre differenten Beobachtungen aus der Experimentierphase und nutzen diese um ihre Argumente in der Expertengruppe zu

stützen. Die Schülerinnen und Schüler setzen sich mit verschiedenen Aspekten von Nachhaltigkeit (ökonomisch/ökologisch/sozial) auseinander.

(b) In der Pressemitteilung wird von verschiedenen Aspekten von Nachhaltigkeit gesprochen. Experimentelle Befunde werden erwähnt.

(3) (a) Wie bei (2).

(b) Die Pressemitteilung enthält Ergebnisse des Experiments und einen demokratisch gefundenen Kompromiss zwischen verschiedenen Interessengruppen.

Die Beobachtungsergebnisse wurden in der Stundenauswertung genutzt, um eine Bewertung des Unterrichtsabschnitts vorzunehmen. Auch wenn die Niveaustufenkonkretisierung durchaus streitbar ist, so ermöglicht sie doch, den Fokus der Wahrnehmung auf den Lehr-Lern-Prozess zu legen. Die Passung des Beobachtungsinstruments auf die Zielsetzung des Unterrichtsabschnitts ermöglicht in der Reflexion kritische Stellen des Unterrichts wahrzunehmen. Diese Art der Beobachtung führt dazu, dass die Komplexität von Unterricht auf wesentliche Aspekte reduziert wird. Dies hilft vor allem Novizen dabei, Ursachen und Bedingungen eines (nicht-)erfolgreichen Unterrichts wahrzunehmen.

Auf Basis der Beobachtungen entwickeln die Studierenden im Anschluss an die Laborveranstaltungen Unterrichtsvignetten zu Schlüsselsituationen. Unterrichtsvignetten verstehen wir dabei als Veranschaulichung einer Unterrichtssituation, die angereichert durch Informationen über den Kontext der Situation für Dritte zu verstehen ist. Die Vignetten können dabei unterschiedliche Formen annehmen: textuelle Beschreibungen, Zeichnungen, Videos, kommentierte Fotos, etc. Die Vignetten werden in einer gesonderten Reflexionssitzung genutzt, um eine Gruppendiskussion über den Unterricht zu ermöglichen.

Weiterhin nutzen die Studierenden ihre Beobachtungsergebnisse (und auch andere, nicht verschriftlichte Wahrnehmungen), um den Unterricht mit dem Ziel einer Verbesserung zu ändern. Aus didaktischer Perspektive sind die Variationen zwischen der ersten und der zweiten Durchführung in besonderem Maße von Interesse. Das Gestalten, Bewerten und Reflektieren der Variationen bietet den Studierenden Lerngelegenheiten, die sie – durch die kurze zeitliche Abfolge der unterrichtlichen Situationen – in der zweiten Ausbildungsphase im Vorbereitungsdienst nicht haben. Der Variation Theory (Runesson, 2011) folgend, gehen wir weiterhin davon aus, dass die Variation der unterrichtlichen Gestaltung zulässt, entscheidende Aspekte des Unterrichtens wahrzunehmen. Die zyklische Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen im Labor stellt deshalb aus unserer Perspektive eine einzigartige und wertvolle Lerngelegenheit für angehende LehrerInnen dar.

4.2.3 Wirksamkeit auf Ebene der Schülerinnen und Schüler: ein Fazit

Es hat sich gezeigt, dass den Studierenden die eigentliche Bewertung des Smart Grids mit den Schülerinnen noch schwer fällt und dass hier konkrete Bewertungsmaterialien nach handfesten Kriterien bzw. Indikatoren fehlen. Die schon vorhandenen Ansätze sollten weiter ausgearbeitet werden. Thematisiert wurde auch, dass das konkrete Lernen der SchülerInnen von einer mit Weitblick für verschiedene Nachhaltigkeitsaspekte geführten Moderation seitens der Studierenden abhängt und dass facettenreichere Diskussionen zu den Praxis-Terminen geführt wurden, in denen die Studierenden das zweite Mal ihr Konzept durchführen konnten (vgl. Abschnitt 3).

Fazit auf Schülerebene:

- Das konkrete Bewerten von Chancen und Risiken des Smart Grids nach messbaren Indikatoren ist im Schülerlabor noch nicht gelungen.
- Es ist aber gelungen, Kompetenzstrukturen bei den Schülerinnen und Schülern anzulegen und zu fördern sowie sie für Nachhaltige Entwicklung zu sensibilisieren. Dies zeigen die teilnehmende Beobachtung, dokumentierte Unterrichtsvignetten, die Auswertung von Arbeitsmaterialien und die Auswertung von Redebeiträgen der Diskussionen.

4.3 Ziel 3: Materialentwicklung

Die Materialentwicklung im Rahmen des Projekts war eine Maßnahme, die drei Effekte erzielen sollte. Erstens sollte das außerschulische Bildungsangebot der Schüler- bzw. Lehr-Lern-Labore der Freien Universität dauerhaft durch BNE-Elemente ergänzt werden. Zweitens sollte der Prozess der Materialerstellung den Kompetenzerwerb der Studierenden stärken. (Und im besonderen Maße trifft dies zu, wenn die Studierenden wahrnehmen können, dass die von ihnen entwickelten Materialien nicht nur singuläre Auswirkungen innerhalb des Besuchs einer Schulklasse haben, sondern auch im Nachgang von ausgebildeten LehrerInnen und im Zuge weiterer Laborbesuche genutzt werden.) Drittens sollten die erstellten Materialien zukünftig weiteren Schüler- bzw. Lehr-Lern-Laboren und LehrerInnen für den schulischen Unterricht zugänglich gemacht werden, um den Unterricht und außerschulische Lernorte (über den lokalen Raum Berlin-Brandenburg hinaus) zu stärken.

Erste Erfahrungen aus dem Materialerstellungsprozess zeigen, dass einige Materialien teilweise unmittelbar weitergegeben werden konnten – ein Teil der Materialien benötigte jedoch eine redaktionelle Überarbeitung und mussten in den weiteren Entwicklungszyklen der Praxisseminare weiter überarbeitet werden. Hieraus ergab sich innerhalb der zyklischen Unterrichtsentwicklung eine neue Aufgabe, um die das ursprüngliche Modell erweitert werden muss, denn aus hochschuldidaktischer Perspektive ergibt sich ein Spannungsfeld zwischen zwei Polen: Zum einen sollen die im Labor entwickelten Materialien Qualitätsstandards entsprechen, die eine Verbreitung der Materialien zulässt. Zum anderen ist die Würdigung der Arbeitsergebnisse der Studierenden entscheidend für deren Selbstwahrnehmung ihrer professionellen Entwicklungen – unabhängig davon, ob die Materialien Standards entsprechen, die man erst von berufstätigen Lehrkräften erwarten darf.

Bezüglich der Publikation der Arbeitsprodukte wurde deshalb folgendes Vorgehen gewählt: Auf der Webseite⁶ des Projekts wurden abgeschlossene Module besonders gekennzeichnet, redaktionell überarbeitet und veröffentlicht. Weiterhin wurden auch Materialien zugänglich gemacht, die sich noch im Arbeitsprozess befinden. Diese waren über eine kollaborative Plattform („github/gitlab“) erreichbar, die es Dritten ermöglicht, eigene Änderungswünsche in den Materialien vorzunehmen. So konnten die Materialien im Projekt in weiteren – auch semesterübergreifenden – Zyklen des Entwicklungsprozess überarbeitet werden.

Im Kontext der Materialentwicklung wurden in den Praxisseminaren u. a. die folgende Methoden adaptiert und erprobt:

⁶ <https://www.mi.fu-berlin.de/w/MILAB/ProjektBNE> (letzter Zugriff: 06.2016)

- **Gruppenpuzzle:** zur Erarbeitung von fachlichen Aspekten des Smart Grids. Das Material enthält Informationstexte für die Expertengruppen Erzeuger, Verbraucher, Energienetz und Speicher sowie ein Übersichtsblatt zur Zusammenführung der Informationen.
- **Stationenlernen:** mit Texten und Experimenten zur fachlichen Erarbeitung des Smart Grids.
- **Demonstrations-Experiment mit Schülerbeteiligung:** zur Modellierung eines herkömmlichen Energienetzes mit Simulation von Stromspitzen, die zur thermischen Belastung bzw. Zerstörung von Fernleitungen führen können. Erweiterung des Experiments durch Hinzuschalten eines dezentralen (z. B. regenerativen) Energieerzeugers, wodurch die Fernleitungen entlastet werden und eine zuverlässige Versorgung entsteht. Die SchülerInnen bekommen spezielle Rollen (Datenerhebungsfirma, Atomkraftlobby, Verbraucherschutz, Umweltorganisation) zugewiesen und erhalten spezielle **Beobachtungsaufgaben** (z. B. Verbraucherschutz: „An welcher Stelle des Netzes ist der Datenschutz besonders gefährdet?“ bzw. Firma: „Wo entstehen im Netz personenbezogene Daten, mit denen Gewinn erwirtschaftet werden könnte?“). Die Erkenntnisse aus den Beobachtungen fließen in einer knappen Presserklärung zusammen, die auf die verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit (Bolscho & Seybold, 2000, S. 73) hin diskutiert werden.
- Programmierung eines Smart Meters mit Hilfe des **Arduino-Microcontrollers**.

Die Materialien finden sich Online zum Download⁷, als Zusammenstellung im Anhang 1, und sie wurden auch im Themenheft „Smart Grid“ der Zeitschrift ‚Praxis der Naturwissenschaften – Unterricht Physik‘ (Nordmeier, 2016) vorgestellt.

4.3.1 Unterrichtsreihe „Smart Grid“

Ein Teil der Projektergebnisse wurde im Themenheft „Smart Grid“ in der Zeitschrift ‚Praxis der Naturwissenschaften – Unterricht Physik‘ (Nordmeier, 2016) veröffentlicht. Die folgende Dokumentation zur Unterrichtsreihe „Smart Grid“ ist in Teilen (textgleich) dem Beitrag von Malte Buchholz (Buchholz, 2016) entnommen.

Die im Projekt entwickelten und erprobten Materialien lassen sich auch als Unterrichtsreihe „Smart Grid – Motor für Nachhaltigkeit oder Mittel zur Überwachung?“ im schulischen Unterricht einsetzen (vgl. Buchholz, 2016). Die zentrale Zielsetzung dieser Unterrichtsreihe ist es, SchülerInnen aufzuzeigen, dass die Gestaltung von technischen Systemen auf bewussten Entscheidungen basiert und konkrete Auswirkungen auf das Zusammenleben in unserer Gesellschaft hat. Beispielhaft erfahren die Schülerinnen und Schülern, wie sie als Bürgerinnen und Bürger Entscheidungsprozesse bezüglich der Gestaltung von Informatiksystemen beeinflussen können – und warum physikalisches und informatisches Wissen und Können dafür Grundvoraussetzung ist.

Struktur der Unterrichtsreihe: Die Unterrichtsreihe kann ab Klasse 10 im Informatik- oder Physikunterricht durchgeführt werden. Die Reihe ist modular aufgebaut und nimmt – je nach Auswahl des entsprechenden Lernpfads – 7 bis 15 Unterrichtsstunden in Anspruch (Abbildung 6). Optimal ist eine Umsetzung im fächerverbindenden Unterricht, alle fundamentalen Lernschritte können jedoch von Lehrkräften beider Fächer durchgeführt werden. Fachspezifische Methoden wie die Programmierung oder Durchführung von Demonstrationsexperimenten finden sich in optionalen Modulen.

⁷ <https://www.mi.fu-berlin.de/w/MILAB/ProjektBNE> (letzter Zugriff: 06.2016)

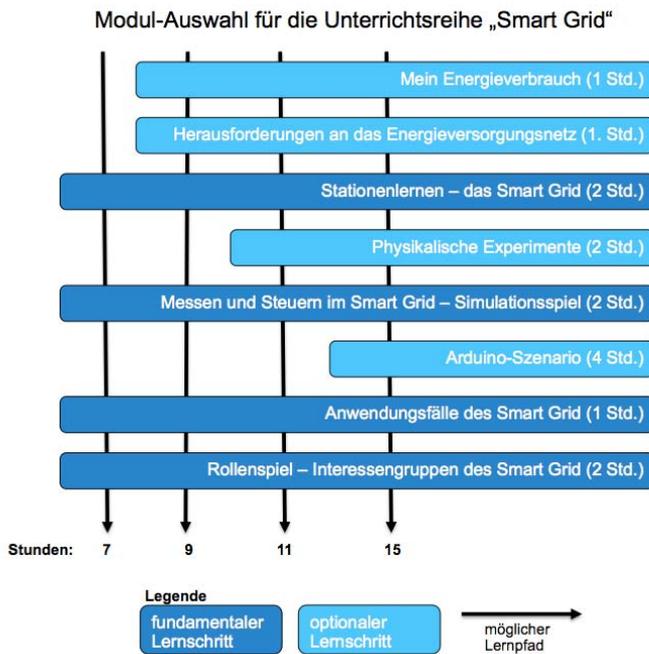


Abbildung 6: Mögliche Lernpfade durch die Unterrichtsreihe "Smart Grid" (aus Buchholz, 2016)
 Module der Unterrichtsreihe

Module 1 und 2: ‚Mein Energieverbrauch‘ & ‚Herausforderungen an das Energieversorgungsnetz‘

Vereinfacht formuliert müssen ‚Erzeugung‘ und ‚Verbrauch‘ von Energie im Energieversorgungsnetz ausgeglichen sein – ansonsten droht ein Blackout. Mit der Integration erneuerbarer Energien in das Versorgungsnetz ist jedoch nicht nur die Erzeugung Schwankungen ausgesetzt. Auch der Mensch nutzt bzw. verbraucht Energie nicht gleichmäßig. Im optionalen Einstieg in die Unterrichtsreihe Smart Grid stellen die Schülerinnen und Schüler eine Verbindung zwischen ihrem eigenen Gebrauch elektrischer Geräte und typischen Lastprofilen her, also dem zeitlichen (z. B. täglichen) Verlauf der bezogenen elektrischen Leistung.

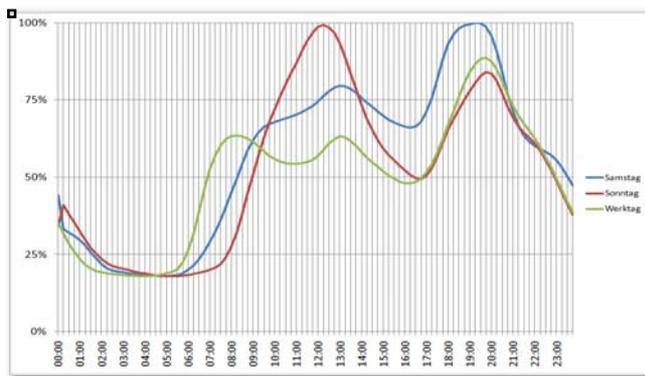


Abbildung 7: Typisches ‚Lastprofil‘ in einem Wintermonat (aus Buchholz, 2016)

Zunächst erhalten die Schülerinnen und Schüler ein typisches ‚Lastprofil‘ (Abbildung 7) und interpretieren den entsprechenden Kurvenverlauf. In einem zweiten Schritt schließen sie in Kleingruppen typische elektrische Geräte an ein Leistungsmessgerät und messen deren Leistung. Mit Hilfe der Messungen können die Schülerinnen und Schüler ihr eigenes Lastprofil des vorangegangenen Tages erstellen. Durch den Vergleich eines heißen Sommertags, eines Winterabends und eines milden Frühlingstages wird im Modul 2 ‚Herausforderungen an das Energieversorgungsnetz‘ deutlich, dass nicht

nur der eigene Energieverbrauch von Wetterbedingungen abhängt, sondern auch die Energieerzeugung durch erneuerbare Energien. Dies hilft den Lernenden dabei, im Verlauf der Unterrichtseinheit Aussagen über das Netz im Ganzen zu ziehen. Somit können Phänomene wie z. B. Lastspitzen nachvollzogen, typische Herausforderungen an Energieversorgungsnetze gesammelt und die Bedeutung von Umweltfaktoren für den Netzbetrieb analysiert werden.

Modul 3: ‚Stationenlernen – das Smart Grid‘

Das Stationenlernen-Modul stellt den ersten fundamentalen Lernschritt innerhalb der Unterrichtsreihe dar. An fünf Stationen erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler Aspekte rund um das Thema Smart Grid: 1. Struktur und Funktion von Energieversorgungsnetzen, 2. Der ökologische Fußabdruck regenerativer Energien, 3. Nutzen und Gefahren von Smart Metern, 4. Netzfrequenz und Stromausfälle und 5. Energiespeicherung.

Die Schülerinnen und Schüler sichern ihre Ergebnisse und Erkenntnisse auf einem Laufzettel, der am Ende des Stationenlernens im Plenum ausgewertet wird. Die vierte Station ‚Netzfrequenz und Stromausfälle‘ muss von der Lehrkraft betreut werden, alle anderen Stationen können von den Schülerinnen und Schülern in Eigenarbeit erschlossen werden. Das Stationenlernen schafft die Voraussetzungen dafür, im weiteren Verlauf der Unterrichtsreihe über Gestaltungsmöglichkeiten des Smart Grid zu diskutieren und urteilen. In der Bearbeitung der dritten Station ‚Nutzen und Gefahren von Smart Metern‘, werden z. B. anhand eines Radiobeitrags, einer Fernseh-Reportage und eines Blog-Eintrags unterschiedliche Perspektiven auf die Technologie beleuchtet. Die digitalen Mess- und Steuerungsgeräte können dabei helfen, das Gesamtnetz effizient zu steuern, ‚Stromfresser‘ im Haushalt zu identifizieren, via Visualisierung über den eigenen Energieverbrauch zu reflektieren und das Smart Home zu vernetzen. Gleichzeitig besteht die Gefahr, dass durch Datenanalysen Verhaltensprofile der VerbraucherInnen erstellt werden. Anhand von Smart Meter Tagesprofilen können die Schülerinnen und Schüler versuchen, selbst Aussagen über das Nutzungsverhalten zu treffen (Abbildung 8).

Ihr Stromverbrauch

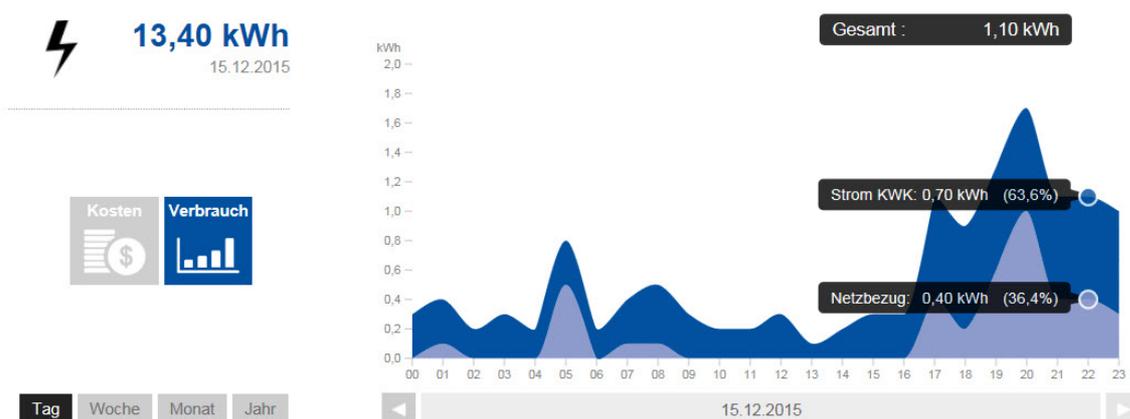


Abbildung 8: Von einem Smart Meter bereitgestellte ‚Verbrauchsdaten‘ im Tagesverlauf (aus Buchholz, 2016).

Modul 4: ‚Physikalische Experimente‘

Der Themenbereich Smart Grid bietet Anknüpfungsmöglichkeiten für diverse vertiefende Experimente. Eine Sammlung von Experimentiervorschlägen zu den Themen erneuerbare Energien, Energiespeichern, Energieeffizienz und Strom wurden von Grötzebauch et al. (vgl. Anhang 2) zusammenge-

stellt. Als optionales Modul können ausgewählte Experimente im Unterricht durchgeführt werden und z. B. die Funktionsweise von Pumpspeicherkraftwerken, Solaranlagen oder Hochspannungsleitungen zu erforschen. Es ist auch möglich, weitere Freihandexperimente in das Stationenlernen (Modul 3) zu integrieren.

Modul 5: ‚Messen und Steuern im Smart Grid – das Simulationsspiel‘

Das ‚Smart Grid Simulationsspiel‘ nutzt ein lokales Computernetzwerk, um das Energieversorgungsnetz zu simulieren. Das Spiel zielt darauf ab, den Zusammenhang von ‚Erzeugung‘ und ‚Verbrauch‘ im Netz exemplarisch aufzuzeigen; auch in Bezug auf die Notwendigkeit der Aufrechterhaltung einer konstanten Netzfrequenz (50 Hz), um ‚Stromausfälle‘ zu vermeiden. Für die Steuerung des Netzes sind die Netzbetreiber zuständig – diese Rolle wird im Simulationsspiel von einigen Schülerinnen und Schülern eingenommen (Abbildung 9). Alle anderen Schülerinnen und Schüler repräsentieren Haushalte im Netz (Abbildung 10). Vor Beginn des Spiels machen sich die Lernenden mit beiden Perspektiven vertraut, indem sie zugleich Erzeuger und Verbraucher im Netz spielen.



Abbildung 9: ‚Smart Grid Simulationsspiel‘ – Perspektive des Netzbetreibers (aus Buchholz, 2016).



Abbildung 10: ‚Smart Grid Simulationsspiel‘ – Perspektive eines ‚Verbrauchers‘ (aus Buchholz, 2016).

Im darauf folgenden Simulationsspiel ist es die Aufgabe der Netzbetreiber, ‚Stromausfälle‘ zu vermeiden sowie die eigenen Kosten gering zu halten. Die Haushalte simulieren währenddessen unterschiedliche Nutzungsverhalten, indem sie verschiedene Geräte im Haushalt an- und ausschalten. Erfahrungsgemäß versuchen Schülerinnen und Schüler schnell, den Netzbetreiber durch möglichst

unberechenbare Verbrauchsmuster vor Herausforderungen zu stellen. Durch das Hoch- und Herunterfahren von Kraftwerken kann der Netzbetreiber regelnd eingreifen. Im Unterricht können mehrere Netze gleichzeitig betrieben und die Ergebnisse der Netzbetreiber miteinander verglichen werden.

Das Simulationsspiel kann weiterhin in einen ‚Smart Modus‘ versetzt werden, in dem die Netzsteuerung automatisiert wird. Dabei ändert sich die Perspektive des Verbrauchers: Neben einem Smart Meter findet sich in einem Haushalt auch ‚smarte‘ Haushaltsgeräte wieder, die erst auf ein Steuerungssignal des Netzbetreibers hin die Erlaubnis bekommen, ans Netz zu gehen.

In der Reflexion des Simulationsspiels werden der Zusammenhang zwischen Über- bzw. Unterproduktion, der Netzfrequenz und Blackouts festgehalten. Weiterhin entdecken die Schülerinnen und Schüler, dass regenerative Energien Umwelteinflüssen ausgesetzt sind (die Solaranlage liefert in der Nacht keine Energie) und dass dies im Netz der regenerativen Energien zu einem steigenden Reguliierungsbedarf führt. Die Rolle des Informationsnetzes, das im Smart Grid parallel zum eigentlichen Energieversorgungsnetz aufgebaut wird, und die Rolle der Informatik in einem solchen Netz, inklusive des Smart Meter, werden von den Lernenden gesichert (vgl. Yamashina, Mühlenbruch & Nordmeier, 2016).

Das Simulationsspiel geht von einem Szenario aus, das die Steuerungsmöglichkeiten der Netzbetreiber erweitert: Einige der Haushaltsgeräte besitzen einen Smart Modus, der dem Netzbetreiber erlaubt, eigene Regelungsmechanismen zu nutzen und Geräte in Wartestellung zu versetzen, um sie bei einer Produktionsspitze einzuschalten. In der Realität könnte eine solche verbrauchsseitige Steuerung z. B. über flexible Tarife realisiert werden. Während der Reflexion sollte jedoch deutlich gemacht werden, dass dies eine von vielen Gestaltungsmöglichkeit innerhalb des Smart Grid ist – die Schülerinnen und Schüler müssen im Laufe der Unterrichtseinheit selbst entscheiden, wie das Smart Grid gestaltet werden sollte. Das Gedankenspiel kann sogar noch weitergetrieben werden: Sollte ein Netzbetreiber in der Lage sein, meinen Fernseher auszuschalten, wenn ein Produktionsengpass droht?

Modul 6: ‚Arduino-Szenario‘

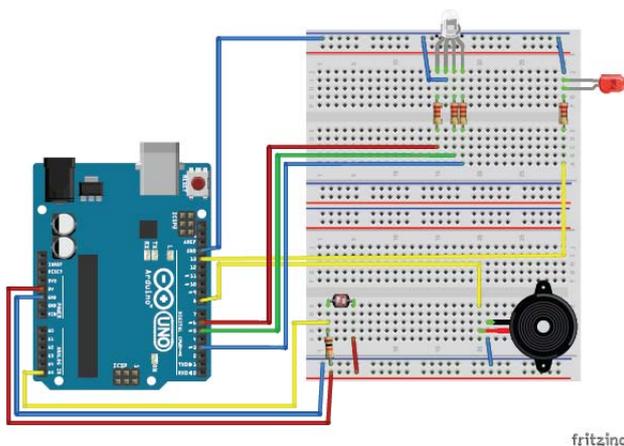


Abbildung 11: Schaltungsplan der Smart-Meter-Simulation (aus Buchholz, 2016).

Das optionale Modul 6 ‚Arduino-Szenario‘ setzt die Verfügbarkeit von mindestens einem Arduino-Mikrocontrollern pro drei Lernenden sowie grundlegende Programmierfähigkeiten der Lehrkraft voraus. Mit Hilfe des programmierbaren Mikrocontrollers Arduino kann ein einfaches Smart Meter simuliert werden: Ein Fotowiderstand simuliert eine Solarzelle auf dem Dach eines Haushalts, mehre-

re LEDs repräsentieren Verbraucher, ein Piezo-Signalgeber und eine Status-LED fungieren als Ausgabegeräte des Smart Meter. Der Mikrocontroller ist das Herz des Smart Meter – hier können die Schülerinnen und Schüler die eigentliche Steuerung umsetzen (Abbildung 11). Als größere Projektarbeit kann das Szenario auch um eine echte Solarzelle und eine LCD-Anzeige erweitert werden.

Um den Lernenden die Programmierung des Mikrocontrollers zu erleichtern, wurde die Programmierumgebung um eine deutschsprachige Bibliothek sowie Beispielprogramme erweitert. Zum Einstieg in die Programmierumgebung und das eigentliche Szenario setzen die Schülerinnen und Schüler zwei Funktionen um: Speist die Solarzelle zu wenig Energie ein, soll dies durch ein akustisches oder optisches Signal angezeigt werden. Speist die Solarzelle viel Energie ein, soll dies durch die Farbe oder Intensität der RGB-LED repräsentiert werden.

Den geschlossenen Aufgabentypen folgt eine Phase, in der die Schülerinnen und Schüler eine eigene Funktionalität entwickeln sollen. Ein typisches Szenario ist z. B. das Hinzuschalten von zusätzlichen Verbrauchern (z. B.: andere Haushalte in der Umgebung), die bei ausreichend erzeugter Energie vom eigenen Haushalt mitversorgt werden oder ein Steuerungsmechanismus, der Verbraucher abschaltet, sobald die Solarzelle nicht ausreichend Energie liefert. Erfahrungsgemäß setzen die Schülerinnen und Schüler zunächst kontextfreie Ideen um – z. B. werden Farbwerte der LED oder auch die Belastbarkeit der Lehrkraft durch die ausgiebige Nutzung des Piezo-Signalgebers getestet. Den Lernenden sollte entsprechender Raum gegeben werden, jedoch rechtzeitig auf das tatsächliche Szenario verwiesen und verbindliche Ziele gesetzt werden.

Neben der Steuerungsfunktion, die das Smart Meter übernimmt, ist besonders die Nutzung der Protokollfunktionen interessant für den weiteren Verlauf der Unterrichtsreihe. Das Smart Meter kann von den Schülerinnen und Schülern in der Art erweitert werden, dass alle Aktionen des Geräts in einem Protokoll gespeichert werden. In der Reflexion des Unterrichtsabschnitts können diese Daten – entsprechend der Leitfrage – auf ihre Aussagekraft hin bewertet werden.

Modul 7: ‚Anwendungsfälle des Smart Grid‘



Abbildung 12: Ergebnis Anwendungsfall: ‚Die Daten der Smart Meter sind nicht anonymisiert und können von Dritten erworben werden‘ (aus Buchholz, 2016).

Die Frage, wie das Smart Grid gestaltet werden sollte, ist eng mit der Modellierung von Informatiksystemen verknüpft. Im Arduino-Szenario (Modul 6) wird etwa deutlich, dass die Entwurfsentscheidung darüber, was das Smart Meter protokollieren soll, Auswirkungen auf Bereiche wie Datensicherheit und Datenschutz mit sich bringt. Im Modul 7 wird die Perspektive gewechselt und das Smart Grid als Gesamtsystem betrachtet. Um Entwurfsentscheidungen auf Ebene des Gesamtnetzes zu treffen, wird eine Methode der informatischen Anforderungsanalyse – das Erstellen von Anwendungsfällen („Use Cases“) genutzt. Durch die Beschreibung der Interaktion von Nutzern und System werden Funktionen eines Systems in ihrer Gesamtheit beschrieben. Anwendungsfälle sind Teil einer hohen Abstraktionsstufe und benötigen keine detaillierten Ausführungen von technischen Vorgängen. Sie beantworten die Frage „Was soll das System leisten?“, und nicht: „Wie soll das System etwas leisten?“ Durch die Analyse und Reflexion mehrerer Anwendungsfälle können die Schülerinnen und Schüler entscheiden, wie ‚ihr‘ Smart Grid gestaltet werden sollte.

Zu diesem Zweck analysieren die Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen in Rotation ca. acht zuvor ausgehängte Anwendungsfälle (Abbildung 12). Im Sinne einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung werden die Anwendungsfälle aus den Perspektiven Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft betrachtet – die Lernenden sammeln jeweils für jede Perspektive positive und negative Argumente. Der Anwendungsfall ‚Sämtliche Haushaltsgeräte können online vom Verbraucher gesteuert werden.‘ könnte aus ökologischer Perspektive positive Auswirkungen auf das Verbraucherverhalten haben, aus gesellschaftliche-sozialer Perspektive den Komfort erhöhen, aber auch neue Risiken im Bereich Datensicherheit und Datenschutz mit sich bringen.

Die Analyse der Anwendungsfälle zeigt den Lernenden Gestaltungsmöglichkeiten auf, die innerhalb des Smart Grid existieren. Vom Bau neuer Stromtrassen über die Nutzung von Smart Metern bis hin zur Idee des ‚Elektroautos als Energiespeicher‘ können die Schülerinnen und Schüler sich Meinungen über verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten bilden. In einer anschließenden Reflexion in Form eines Galerierundgangs sollten insbesondere Argumente besprochen werden, die aufgrund von Fehlvorstellungen entstanden sind. Die entstandene Sammlung muss für den weiteren Verlauf der Unterrichtseinheit aufgehoben (oder abfotografiert) werden.

Modul 8: ‚Rollenspiel – Interessengruppen des Smart Grid‘

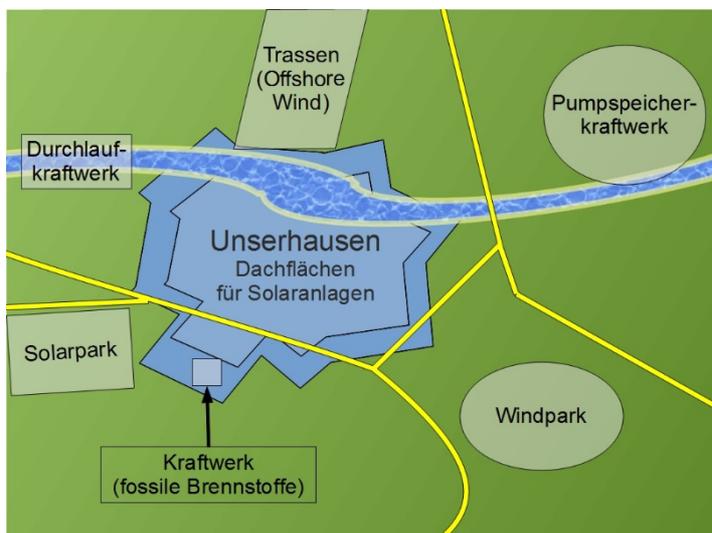


Abbildung 13: Die Karte von Unserhausen veranschaulicht im Rollenspiel die Planspiele der Stadtplaner (aus Buchholz, 2016).

Im abschließenden Modul 8 der Unterrichtsreihe führen die Schülerinnen und Schüler ein Rollenspiel durch. Die Kleinstadt *Unserhausen* möchte in Zukunft mindestens 80% ihres ‚Stroms‘ aus erneuerbaren Energien beziehen und im Zuge dessen ihr Energieversorgungsnetz umbauen (Abbildung 13). Alle Beteiligten der Diskussionsrunde sind sich einig: Das Netz soll umgebaut werden – doch wie? Ziel des Spiels ist es, einen Kompromiss zu finden, der alle beteiligten Interessengruppen berücksichtigt.

Im Rollenspiel diskutieren Netzbetreiber, Energiekonzern, Aktivistenverband sowie skeptische und begeisterte Bürgerinnen und Bürger mit dem Ziel, die eigenen Wünsche umzusetzen. In einer Vorbereitungsphase bekommen die Schülerinnen und Schüler zunächst Zeit, sich in ihre Rollen einzufinden. Dazu sollen neben den Rollenbeschreibungen auch die Argumente genutzt werden, die sich die Lernenden im vorangegangenen Modul erschlossen haben. Die Kompromissfindung bezieht sich vor allem auf zwei große Themenbereiche: 1. Welche erneuerbaren Energien sollen genutzt werden? 2. Welche Daten sollen durch Smart Meter erfasst werden und wem gehören diese Daten? Neben klaren Interessen wie z. B. dem Erhalt der Netzstabilität und geringen Kosten für den Energiekonzern besitzt jede Gruppe auch Partikularinteressen, wie z. B. dem Erhalt der Kleingartensiedlung, die einer Stromtrasse weichen müsste sowie geheime Ziele, die das Verhalten der Spieler mitbestimmt: Einige der Bürgerinnen und Bürger besitzen z. B. Aktien eines Solaranlagenherstellers und setzen sich deshalb vehement für den Bau eines Solarparks ein.

Die Lehrkraft nimmt im Spiel die Rolle des Moderators und Experten ein. Einigen sich die Spieler auf die Nutzung eines bestimmten Energietyps, kann mit Hilfe einer Tabellenkalkulation in Echtzeit dargestellt werden, wie viel des Energiebedarfs dadurch abgedeckt werden kann. Kommen die Schülerinnen und Schüler im Laufe des Spiels zu keinem Kompromiss, sollte festgehalten werden, woran die Entscheidung gescheitert ist. Ansonsten wird das erzielte Ergebnis festgehalten.

Im Anschluss an das Rollenspiel sollen die Schülerinnen und Schüler zunächst aus ihrer Rolle heraus in einer Meinungslinie darlegen, ob sie mit dem Ergebnis der Diskussion zufrieden sind. Nach einem deutlichen Einschnitt durch die Lehrkraft sollen die Lernenden anschließend aus ihrer eigenen Perspektive Position auf der Meinungslinie beziehen und sich zum Ergebnis der Konferenz äußern. Besonders spannend ist dabei die Offenlegung der verdeckten Ziele der Spielparteien. Erfahrungsgemäß erzeugt das Rollenspiel weiteren Diskussionsbedarf und wirft neue fachliche Fragen auf, die bei Bedarf in einer zusätzlichen Unterrichtsstunde behandelt werden können.

Aus didaktischer Perspektive ist besonders interessant, dass es das eine Smart Grid noch nicht gibt, eine Einführung jedoch absehbar ist – dies bedeutet, dass sich das System in einem Stadium befindet, in dem über seine Gestaltung entschieden wird. Die Schülerinnen und Schüler können dadurch erfahren, dass technische Systeme Ergebnis eines gesellschaftlichen, fachlichen und politischen Diskurses sind, in dem diverse Interessengruppen beteiligt sind. Als zukünftige kritische (und kompetente) Bürgerinnen und Bürger sollen sie erfahren, dass sie an einer Gestaltung solcher Systeme – egal ob aus Perspektive des Experten oder der des Verbrauchers – teilhaben können. Bei der Beantwortung der Leitfrage der Reihe ‚Smart Grid – Motor für Nachhaltigkeit oder Mittel zur Überwachung?‘ wollen die meisten Schülerinnen und Schüler kein Sowohl-als-auch akzeptieren. Die Unterrichtsreihe ist so angelegt, dass die Lernenden vielmehr mit einem ‚Das entscheiden wir!‘ antworten können. Der Kontext Smart Grid zeigt, wie physikalisches und informatisches Fachwissen genutzt werden

kann, um gesellschaftliche Teilhabe und Mitbestimmung bei der Gestaltung technischer Systeme zu ermöglichen.

4.4 Ziel 4: Verankerung von BNE in Studienordnung und Verstetigung

Um BNE und die Bemühungen dieses Projekts dauerhaft im Studium zu verankern, müssten BNE und nachhaltige Entwicklung auch in die Studienordnungen einfließen. Dies war ebenfalls eine Zielsetzung des gesamten Projekts.

Diese Zielsetzung konnte für die beiden Fachdidaktiken Informatik und Physik durch eine Änderung der Studien- und Prüfungsordnungen schon innerhalb der Projektlaufzeit erreicht werden, so dass „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ nun tatsächlich zu den Studieninhalten der Lehrkräftebildung in diesen Fächern gehört (für beide Studiengänge, Lehramt Gymnasium und Integrierte Sekundarschule).

Abbildung 14 zeigt einen Auszug aus der Modulbeschreibung des Studienmoduls „Ausgewählte Themen“ der Didaktik der Informatik, und Abbildung 15 den entsprechenden Auszug aus dem Modul der Physikdidaktik.

Es werden also auch zukünftig Praxisseminare (und auch andere Veranstaltungen) zu BNE angeboten, zum Berichtszeitpunkt (Sommersemester 2016) z. B. ein neues BNE-Praxisseminar „Klimawandel und Schülervorstellungen“⁸.

FU-Mitteilungen

h) Informatik

Modul: Ausgewählte Themen der Fachdidaktik Informatik ISS
Hochschule/Fachbereich/Institut: Freie Universität Berlin/FB Mathematik und Informatik
Modulverantwortliche/r: Professur für Didaktik der Informatik
Zugangsvoraussetzungen: Keine
Qualifikationsziele: Die Studentinnen und Studenten verfügen über die folgenden schulartbezogenen Kompetenzen, sie können: <ul style="list-style-type: none"> • Informatikdidaktische Theorien und Konzeptionen rezipieren, reflektieren und auf schulische, fachunterrichtliche und außerschulische Lernorte und Felder beziehen, • schulformbezogen Informatikdidaktische Konzeptionen strukturiert und systematisch darstellen und erläutern sowie theoriegeleitet in einen schulformspezifischen Zusammenhang mit fachlichem Lehren und Lernen stellen, • Informatikdidaktische Theorien und Konzeptionen auf fach- und bildungswissenschaftliche Ansätze beziehen und dabei die Aspekte Gender, Diversity und Inklusion auf Lerngruppen bezogen berücksichtigen und bewerten, • auf Basis der Bildungsstandards für das Fach Informatik schulformbezogen exemplarisch Ansätze selbstbestimmten, kooperativen, kumulativen sowie kontextbezogenen Lernens erörtern, • den Einfluss des fachspezifischen Medieneinsatzes auf das Lehren und Lernen von Informatik reflektieren und bewerten.
Inhalte: Es werden unterschiedliche Schwerpunkte angeboten, wie beispielsweise: spezielle Probleme des schulartbezogenen Lehrens und Lernens von Informatik, spezielle experimentelle Lernumgebungen und experimentelle Zugänge zu ausgewählten Themen; Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE); Gestaltung und Analyse von lernförderlichen Aufgaben; Differenzierung und Umgang mit Heterogenität; Informatiklernen an außerschulischen Lernorten und im Schülerlabor; fachübergreifender Unterricht; unterrichtspraktische Erfahrungen in komplexitätsreduzierten Lehr-Lern-Situationen im Lehr-Lern-Labor/Schülerlabor; Gender und Diversity im Informatikunterricht.

Abbildung 14: Auszug aus der Modulbeschreibung des Studienmoduls „Ausgewählte Themen“ der Didaktik der Informatik (SPO 2015).

⁸ <http://www.fu-berlin.de/vv/de/lv/291719?m=245287&pc=299820&sm=231509> (letzte Aufruf: 06/2016)

FU-Mitteilungen

k) Physik

Modul: Fachdidaktik Physik – Ausgewählte Themen ISS
Hochschule/Fachbereich/Institut: Freie Universität Berlin/FB Physik
Modulverantwortliche/r: Professur Didaktik der Physik
Zugangsvoraussetzungen: Keine
Qualifikationsziele: Die Studentinnen und Studenten verfügen über die folgenden Kompetenzen und vertiefen diese unter Berücksichtigung der besonderen Bedingungen und Anforderungen der Schulform Integrierte Sekundarschule. Sie können: <ul style="list-style-type: none">• physikdidaktische Theorien und Konzeptionen rezipieren, reflektieren und theoriegeleitet auf schulische, fachunterrichtliche und außerschulische Lernorte und Felder beziehen,• schulformbezogen physikdidaktische Konzeptionen strukturiert und systematisch darstellen und erläutern sowie theoriegeleitet in einen schulformspezifischen Zusammenhang mit fachlichem Lehren und Lernen stellen,• physikdidaktische Theorien und Konzeptionen auf fach- und bildungswissenschaftliche Ansätze beziehen und dabei die Aspekte Gender, Diversity und Inklusion auf Lerngruppen bezogen berücksichtigen und bewerten,• auf Basis der Bildungsstandards für das Fach Physik schulformbezogen exemplarisch Ansätze selbstbestimmten, kooperativen, kumulativen sowie kontextbezogenen Lernens erörtern,• den Einfluss des fachspezifischen Medieneinsatzes auf das Lehren und Lernen von Physik reflektieren und bewerten.
Inhalte: In den Seminaren I und II werden unterschiedliche Schwerpunkte angeboten, wie beispielsweise: spezielle Probleme des Physiklernens der Sekundarstufen I und II; spezielle experimentelle Lernumgebungen und experimentelle Zugänge zu ausgewählten Themen, insbesondere der modernen Physik; Freihandexperimente; Naturphänomene, Physik des Alltags und Lernen im Kontext; Lernen mit Neuen Medien und Gestaltung multimedialer Lernumgebungen im Physikunterricht; Physiklernen an außerschulischen Lernorten, Physik im Museum/Science Center und im Schülerlabor; Bildung für nachhaltige Entwicklung ; fachübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht; unterrichtspraktische Erfahrungen in komplexitätsreduzierten Lehr-Lernsituationen im Lehr-Lern-Labor/Schülerlabor.

Abbildung 15: Auszug aus der Modulbeschreibung des Studienmoduls „Ausgewählte Themen“ der Didaktik der Physik.

4.5 Ziel 5: Vernetzung, Wissenstransfer und Verbreitung der Projektergebnisse

Im Projektzeitraum fanden regelmäßig Treffen der Projektgruppe statt, und die Veranstaltungen wurden gemeinsam geplant, es fanden gegenseitige Hospitationen in den Laboren statt, und ein Teil der Seminar wurde in weiteren Projektphasen auch gemeinsam durchgeführt, so dass die Vernetzung der beiden Fachgebieten Didaktik der Informatik und der Physik sehr gut gelungen ist.

Das Projekt wurde auch an zahlreichen öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen vorgestellt. Exemplarisch seien hier die in Berlin regelmäßig stattfindende „Lange Nacht der Wissenschaften“ oder „Sommeruni“ genannt.

Die intendierte Zusammenarbeit mit den ProjektpartnerInnen ist ebenfalls gut gelungen; z. B. durch eine gemeinsam ausgerichtete Veranstaltung bereits auf der Berlin-Brandenburger MNU-Tagung 2014 realisiert. Hier stellten Stefan Moll (Universität Oldenburg), Claudia Ermel (TU Berlin), Helen Krofta und Malte Buchholz (FU Berlin) ihre Konzepte zum Thema Smart Grid einem interessierten Publikum vor. Wichtig war uns hier die Darstellung verschiedener Perspektiven und Umsetzungsmöglichkeiten des Themas Smart Grid im schulischen Umfeld mit besonderer Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten. Ein Austausch über den weiteren Verlauf der Projektpartnerschaft erfolgte ebenfalls bei dieser Gelegenheit. Hier wurden beispielsweise Hospitationen bei den Schülerlaborveranstaltungen des dEIn Labor (TU Berlin) sowie bei den Smart Grid-Veranstaltungen von MI.Lab und PhysLab (FU Berlin) im Wintersemester 2014 verabredet, die dann zu einer guten Vernetzung führten (s. u.). Ziel war zunächst ein gegenseitiges Feedback mit kritischer Einschätzung der Veranstaltungen

und die Eruierung der Integration neu entstandener Smart Grid-Module mit Stärkung von Maßnahmen zur Schulung von Gestaltungskompetenz.

Der ebenfalls bereits in 2014 zweimal angebotene Lehrerworkshop „Smart Grid: Unterricht zu einem komplexen Nachhaltigkeitsthema“ im Rahmen der GenaU-Jahrestagung am DESY in Zeuthen richtete sich an Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer. Ziel war die Kompetenzentwicklung der TeilnehmerInnen im Bereich „Wissen & Können“ sowie „Werten“ des Kom-BINE-Modells (vgl. Abschnitt 3). Sowohl bei der MNU- als auch bei der GenaU-Tagung wurden unsere neuen Konzepte den teilnehmenden Lehrkräften ausgegeben. Im GenaU-Workshop war dies mit der Aufgabe verbunden, die Wirkung zur Kompetenzentwicklung (Gestaltungskompetenz) und Möglichkeiten der Realisierung im eigenen Unterricht einzuschätzen.

Das Projekt wurde im Projektzeitraum auch dem wissenschaftlichen Publikum sowie weiteren Schülerlabor-AkteurInnen in zahlreichen weiteren Tagungen und Events vorgestellt:

- **GDCP-Tagung 2014** in Bremen (Vortrag und Publikation: Krofta, Nordmeier, Buchholz & Schulte, 2015). Hier ergaben sich zudem neue Kontakte zu BNE-interessierten WissenschaftlerInnen, beispielsweise eine weitere Kooperationsanfrage aus Oldenburg.
- **WIPSCE-Tagung für Informatik-Lehrende 2014**, FU-Berlin
- **DPG-Tagung 2015** in Wuppertal. Der Titel des Beitrags war „Interdisziplinäre Praxisseminare im Lehr-Lern-Labor zur BNE-Lehramtsausbildung“. Diese Tagung zeichnet sich sowohl durch wissenschaftliches Publikum als auch durch in der Praxis tätige Lehrkräfte aus. Daher wurden neben dem Poster auch die bislang fertiggestellten Unterrichtsmaterialien vorgestellt und ausgegeben.
- **Lela-Tagung 2015** in Berlin. Titel des Beitrags „Bildung für nachhaltige Entwicklung anhand des Themas Smart Grid: Lehramtsausbildung in den Schülerlaboren PhysLab und MI.Lab“. Der Schwerpunkt lag bei dieser Tagung auf den Unterrichtsmaterialien. Ziel war es, die auf dieser Tagung anzutreffende Klientel der SchülerlaborbetreiberInnen zu erreichen und für die Übernahme der Konzepte und Materialien in den eigenen Schülerlaboren zu werben. Die Materialien wurden dabei präsentiert und Kontaktdaten von Interessierten zur Netzwerkbildung gesammelt.
- Workshop „**NTU in Schülerlaboren**“ 2015 in Osnabrück: Teilnahme mit Posterausstellung
- Gezielte Einladung von Pilotschulen 2015, die auch die Materialien in der Schule ausprobieren, für die Schülerkurse im Sommersemester.
- **21. Internationale Sommerakademie der DBU 2015** in Ostritz mit Vortrag „Risiken und Chancen von Smart Grids im Schülerlabor bewerten“.
- Projekt-Workshop „**Informatik-Lehrerbildung im Lehr-Lehr-Labor**“ 2015 in Berlin.
- **GDCP-Tagung „Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik“ 2015** in Berlin (Vortrag und Publikation: Krofta, Nordmeier, Buchholz & Schulte, 2016).
- **Informatiktag 2015** an der FHTW in Berlin. Die Workshops werden als offizielle Fortbildungen durch die Länder anerkannt. Der Informatiktag ist seit 15 Jahren die bekannteste Fortbildungsgelegenheit für Informatiklehrende in Berlin-Brandenburg.
- „**13. Berlin-Brandenburger MNU-Landeskongress**“ 2015 in Berlin. Vortrag / Fortbildung.
- **GFD-Tagung "Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe – Beiträge der fachdidaktischen Forschung"** 2015 in Hamburg. (Vortrag und Publikation: Krofta, Buchholz, Nordmeier & Schulte, 2016).

- **GenaU**-Jahrestagung 2015 in Berlin. Lehrerfortbildung an mit dem Titel: „Bewertungskompetenz fördern am Beispiel von Smart Grid: Methoden und Experimente für einen fächerverbindenden Unterricht (Phy-Inf)“

Im Folgenden soll die Dokumentation von fünf zentralen Projektaktivitäten zur Vernetzung, zum Wissenstransfer und zur Verbreitung der Materialien aus dem zweiten Projektjahr einen tieferen Einblick in diese Projektaktivitäten bieten:

4.5.1 Projektworkshop „Lehrkräftebildung und BNE im Lehr-Lern-Labor“

Am 11.09.2015 wurde in Berlin im Rahmen der Vernetzung mit den Projektpartnern ein Workshop zum Thema „Lehrkräftebildung und Bildung für Nachhaltige Entwicklung im Lehr-Lern-Labor“ organisiert. Ziel des Workshops war es, die Projektergebnisse unter den Partnern zu multiplizieren, Materialien und Konzepte auszutauschen und eine Ausrichtung der Labore auf BNE zu fördern.

Beteiligt waren die Labore „Infosphere“ der RWTH Aachen, „MI.Lab“ der Freien Universität Berlin, „OLELA“ der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, „dEIn Labor“ der Technische Universität Berlin, „PhysLab“ der Freier Universität Berlin und „coolMINT“ der Universität Paderborn.

Die Gestaltung des Workshops bestand aus einem Wechselspiel von Berichten der einzelnen Laborstandorte und interaktiven Phasen, die sowohl darauf abzielten, bereits bestehende Angebote um den Aspekt der BNE zu ergänzen, als auch das im Projekt an der Freien Universität entwickelte Konzept zur Integration von BNE in die Lehramtsausbildung zu vermitteln und zu dissimulieren. Zu diesem Zweck wurden bereits bestehende Angebote unter der Perspektive BNE überprüft, Anschlussmöglichkeiten ausgelotet sowie geplante BNE-Projekte diskutiert.

Besonders intensiv wurde diskutiert, wie BNE und informatische Bildung verknüpft werden können. Dabei wurden nicht nur Themenfelder identifiziert, die informatische und nachhaltige Inhalte verbinden, sondern auch Möglichkeiten, wie diese Verbindungen auf fachdidaktischer Ebene umgesetzt werden können.

Intensiv wurde dabei auch die Frage nach dem Zusammenhang von Gestaltungskompetenz und Handlungsorientierung (siehe dazu z. B. de Haan, 2008) in Bildungsveranstaltungen in außerschulischen Lernorten diskutiert. Ergebnis der Diskussion war, dass der Begriff der Handlungsorientierung im Rahmen einer BNE-Lehrerausbildung nicht (nur) im Sinne Pestalozzis als Konzept gemeint ist, dass einen Unterricht mit hoher Schüleraktivität vorsieht. Vielmehr stellt die BNE Bildungsinstitutionen vor die Aufgabe, eine Handlungsorientierung zu leben, die auf konkrete gesellschaftliche Wirkung abzielt. Die grundlegende Frage war, ob BNE wirksam werden kann, wenn die Handlung der SchülerInnen in einer simulierten Umgebung stattfindet, die losgelöst von der realen Gesellschaft existiert. Die Frage, ob Handlungsorientierung nur wirksam werden kann, wenn gesellschaftlich etwas bewirkt wird, muss jedoch ohne entsprechende Untersuchungen zunächst unbeantwortet bleiben. Nichtsdestotrotz erschien es allen Anwesenden sinnvoll, außerschulische Bildungsangebote so auszurichten, dass die Handlungen der SchülerInnen reale Adressaten besitzen.

Im Zuge des Workshops wurden weiterhin Kontakte zum MINT-Projekt „Schülerlabore zu Lehr-Lern-Laboren“ (gefördert durch die Deutsche Telekom Stiftung) geknüpft. Durch die Anbindung des Projekts an die Didaktiken der Informatik und der Physik kann eine Verstärkung der Integration von BNE-Lehrerbildung in die Lehramtsausbildung weiter gefördert werden. Da die Freie Universität in-

nerhalb des Telekom-Projekts eine koordinierende Rolle einnimmt, entsteht eine multiplizierende Wirkung, die auch die BNE-Lehrerbildung betrifft.

4.5.2 Lehrerfortbildungen: Verbreitung des Konzepts und des Materials auf Schulebene

Im Zuge der Lehrerfortbildungen auf dem „Informatiktag“ am 15.09.2015 an der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) und der Jahrestagung des Landesverbands des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU) am 24./25.09.2015 konnten die im Projekt entwickelten Materialien weiter verbreitet werden. Das Feedback der Lehrkräfte konnte weiterhin genutzt werden, um Anregungen für kommende Materialentwicklungszyklen zu erhalten. So konnten vor allem Erkenntnisse für die Gestaltung des Moduls „Smart-Grid Simulation“ und die Einbindung von Arduino-Mikrocontrollern in physische Smart-Grid-Modellwelten gewonnen werden (vgl. Abschnitt 4.3.1). Die weitere Gestaltung des Moduls „Smart-Grid Simulation“ wurde als Abschlussarbeit weiter vorangetrieben.

In beiden Fortbildungen wurde Wert darauf gelegt, Fortbildungsmöglichkeiten zu gestalten, die es Lehrkräften ohne Zweitfach Physik/Informatik ermöglichen, die entwickelten Materialien im Fachunterricht einzusetzen. Zu diesem Zweck wurden Hemmschwellen zum fachfremden Unterrichten thematisiert und Möglichkeiten zur schulinternen Kooperation mit KollegInnen vorgestellt.

Die Frage nach der Bewertung des Smart-Grid eröffnete kontroverse Diskussionen zur unterrichtlichen Gestaltung der Urteilsphase. Hierbei wurden als mögliche Ansätze die Szenariotechnik, Rollenspiele und Anwendungsfälle (Use-Cases) diskutiert. Es zeigte sich, dass die ökonomische Bewertung des Smart Grid für die teilnehmenden Lehrkräfte ein Schlüsselmoment für die Bewertung des gesamten Systems darstellt. Die Anregungen der TeilnehmerInnen lieferten wertvolle Hinweise für die zukünftige Entwicklung von Urteilsphasen innerhalb von BNE-Unterricht. Mit Blick auf die ökonomische Bewertung des Systems wurde vor allem eine flexible Preisgestaltung im Smart Grid kritisch gesehen. Der Gedanke, der hinter einer solchen Preisgestaltung steht, ist: Im Energieverteilungsnetz wird das Verbraucherverhalten durch flexible Tarife gesteuert, um so effizienter regenerative Energien einzubinden (Beispiel: Liefern Solar- und Windkraft viel Energie, werden günstige Tarife angeboten; ist eine Lastspitze absehbar, wird Energie teurer). Eine flexible Preisgestaltung könnte jedoch auch zu einer intransparenten Preisgestaltung führen, wie sie etwa im Bereich des Kraftstoffpreises an Tankstellen bekannt ist. Während Fixkosten für Netzbau und Umrüstung von Geräten nachvollziehbar zu berechnen sind, ist die zukünftige Preisgestaltung von Tarifen schwer abzuschätzen – vor allem wenn man die Grundannahme trifft, dass eine intransparente Preisgestaltung leicht zu Missbrauch führen kann.

Das Feedback der TeilnehmerInnen war sehr positiv. Es zeigte sich vor allem, dass die im Projekt entwickelten Module in der derzeitigen Form von Lehrkräften als Grundlage genutzt werden können, um die im Labor entwickelten Materialien – nach Aussage der TeilnehmerInnen – in Schulen umzusetzen. Gut entwickelte Materialien wurden weiterhin als wichtig angesehen, um weitere Lehrkräfte der eigenen Schule zur Umsetzung eines fächerverbindenden Unterrichtsvorhabens zu motivieren.

Im Rahmen der Lehrerfortbildungen wurden zwei Experimente vorgestellt und deren unterrichtliche Umsetzung diskutiert, die zwei entscheidende Teilaspekte des Smart-Grid betreffen: Auf physikalischer Seite wurde ein Experiment zur Repräsentation der Netzfrequenzstabilität vorgestellt

(Abbildung 16; vgl. Grötzebauch & Nordmeier, 2016). Die vermehrte Einbindung regenerativer Energien führt aufgrund der Abhängigkeit von Umweltbedingungen (Sonneneinstrahlung, Wind) zu neuen Herausforderungen bei der Erhaltung der Netzfrequenz von 50Hz. Eine Abweichung von der Netzfrequenz kann zu Stromausfällen führen. Das Smart Grid soll durch „intelligente“ Steuerung genau dieses Problem der Garantie der Versorgungssicherheit im Netz der regenerativen Energien adressieren. Das Experiment bietet Lehrkräften nun die Möglichkeit, die Themen Netzfrequenz und -stabilität für SchülerInnen im Unterricht zu behandeln.

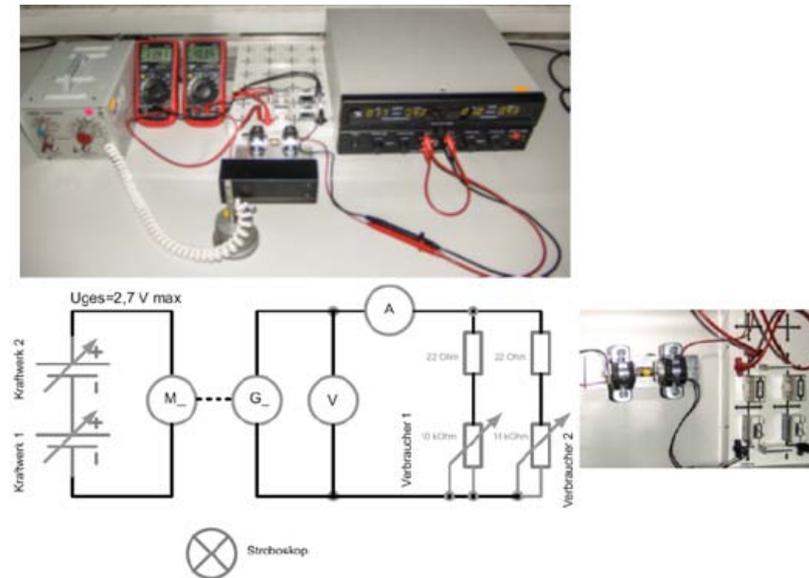


Abbildung 16: Aufbau eines Netzwerks mit einer Motor-Generator Kombination zur Darstellung der Abhängigkeit des Energieverteilungsnetzes von der Netzfrequenzstabilität (Grötzebauch & Nordmeier, 2016). Das Bereitstellen von gut dokumentierten Experimentaufbauten und Konstruktionshinweisen kann fachfremde Lehrkräfte dazu bewegen, mit Hilfe von Kolleginnen und Kollegen fächerverbindenden Unterricht zu organisieren.

Von informatischer Seite wurde die unterrichtliche Einbindung von Arduino-Mikrocontrollern weiterentwickelt. Hierzu entstand im Rahmen einer studentischen Arbeit ein Experiment (Abbildung 16), das Steuerungstechnik im Smart Grid, das Wandeln beim Konsumenten – bis hin zum Erzeuger im Netz repräsentiert.

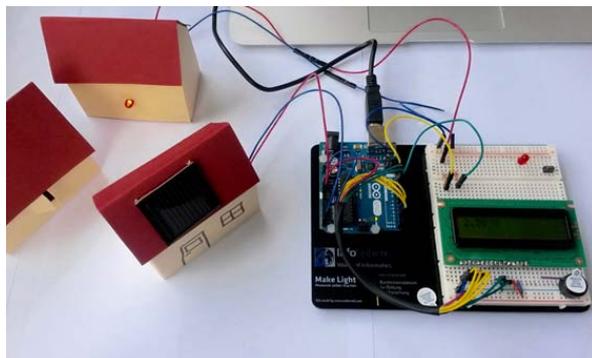


Abbildung 17: Prototyp eines Arduino-Experiments im Zusammenhang mit dem Smart Grid.

Mit Hilfe von Mikrocontrollern können die SchülerInnen ein Szenario entwickeln, in dem ein Haushalt bei günstigen Wetterbedingungen in einem lokalen Subnetz die Nachbarschaft mit Energie versorgen kann. Dieser Fokus auf ‚greifbare‘ programmierbare informatische Artefakte soll den SchülerInnen ermöglichen, leichter das Konzeptmodell des Smart Grid zu erfassen. Im Workshop fand diese Idee großen Anklang, auch bedingt dadurch, dass Arduino-Mikrocontroller an (Berliner) Schulen bereits

relativ weit verbreitet sind. Der Arduino-Mikrocontroller übernimmt Steuerungsaufgaben, die im Haushalt ein Smart Meter ausführt, kann aber auch als Gateway-Steuerung an Netzknotenpunkten eingesetzt werden. Der Aufbau einer Miniwelt, die im Aufbau und der Programmierung Jugendlichen gerecht wird, soll generisch angelegt werden, sodass in Zukunft weiterhin Abschlussarbeiten ausgeschrieben werden können, die entsprechende modulare Erweiterung und entsprechende Bauanleitungen sowie unterrichtliche Einsatzmöglichkeiten festhalten.

Im Sommersemester 2015 wurde ein Teil der bislang erstellten Materialien daraufhin getestet, ob sie auch in Schulen einsetzbar sind (vgl. Abschnitt 4.3.1). Hierfür nutzten wir die Kooperation mit unserer Partnerschule „Königin-Luise-Stiftung“, da sich durch unsere langjährige Zusammenarbeit und unseren persönlichen Kontakt die Möglichkeit bot, die Vorbereitung der SchülerInnen in der Schule und den Schülerlaborkurs eng aufeinander abzustimmen. Die SchülerInnen sollten sich anhand des im Wintersemester 2014/2015 entwickelten Materials „Gruppenpuzzle Smart Grid“ auf die Thematik vorbereiten.

Eine verpflichtende Voraussetzung für dieses Vorgehen war, dass wir seitens der Schule zwei Klassen benötigten, die auf identische Weise vorbereitet wurden, da die betreuende Studiengruppe für ihre zwei Durchläufe des Konzepts ähnliche Voraussetzungen benötigten, wenn sie nicht zwei unterschiedliche Unterrichtsentwürfe planen wollte. Glücklicherweise hatte die Kontaktlehrerin unserer Partnerschule zwei Schulklassen der gleichen Jahrgangsstufe und war bereit, sich in das Gruppenpuzzle einzuarbeiten und es mit beiden Klassen auszuprobieren.

Ein Fazit aus Perspektive der Schule war, dass das Gruppenpuzzle sehr gut in der Schule umsetzbar war. Ein Grund dafür ist sicherlich, dass man für das Gruppenpuzzle kein spezielles Experimentier- oder Programmierzubehör, sondern nur die Arbeitsblätter und Schreibzeug benötigt. Ähnliches gilt auch für das Material ‚Szenariotechnik‘.

Bei Gesprächen mit verschiedenen Lehrkräften hört man immer wieder das Argument, dass in den Schulen das für die übrigen Materialien benötigte Zubehör nicht vorhanden ist und daher die Materialien nicht eingesetzt werden können. Teilweise scheitert der Einsatz schon an banal erscheinenden Kleinigkeiten wie z. B., dass die in den Materialien vorgeschlagenen youtube-Filme in den Schulen nicht angeschaut werden dürfen. Die im Projekt entwickelten und erprobten Materialien sollten nun einen problemlosen Einsatz auch in der Schule ermöglichen. Die vorhandenen Module wurden, um die Durchführung in Schule zu erleichtern, um mögliche Lernpfade ergänzt, die eine Bearbeitungs-Reihenfolge der Module vorschlagen (s. Abbildung 6 u. vgl. a. Buchholz, 2016).

4.5.3 Wissenstransfer und Verbreitung des Konzepts auf wissenschaftlicher Ebene: LeLa-Workshop „NTU in Schülerlaboren“

Am 08.06.2015 fand bei der DBU in Osnabrück der LeLa-Workshop „NTU in Schülerlaboren“ statt. Unser Projekt hat an dem Workshop teilgenommen und leistete Beiträge zur allgemeinen Diskussion und zur Posterausstellung.

Das bundesweite Schülerlabornetzwerk ‚Lernort Labor‘ (LeLa) führt (zum Berichtszeitpunkt) das Projekt „Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung in Schülerlaboren: Inventarisierung - Qualitätssicherung - Dissemination“ durch. Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung (NTU) vermittelt interdisziplinäres Wissen über naturwissenschaftliche und technische Fragen. Sie fördert

Umweltbewusstsein und nachhaltiges Umwelthandeln. Ziel des Projektes ist die Erfassung von NTU-Schülerlaborangeboten, der Aufbau eines fachlichen NTU-Netzwerkes der Schülerlabore zur Qualitätssicherung und die Verbreitung von Best-Practice-Beispielen.

Auf diesem Workshop kamen SchülerlaborvertreterInnen zusammen, die ein großes Interesse am Themenfeld Nachhaltige Entwicklung und BNE hatte und um ihr Wissen zu Nachhaltigkeitsthemen durch ihre Schülerlaborarbeit weiterzugeben. Verschiedene Projekte wurden über Vorträge und eine Posterausstellung präsentiert, und es zeigte sich, dass die unterschiedlichsten Nachhaltigkeitsthemen, wie z. B. Erneuerbare Energien, Seltene Erden, Müll und Recycling, Verkehr etc. in den Konzepten angesprochen werden. In den Diskussionen wurde deutlich, dass das Wissen über BNE, also gewissermaßen die ‚Didaktik der Nachhaltigkeit‘, noch weiter aufgebaut werden muss. Viele der ausgearbeiteten Programme der Schülerlabore waren vor allem auf fachwissenschaftliches Lernen und nur in Ansätzen auf gesellschaftliche Aspekte ausgerichtet. Dies steht zwar im Einklang mit dem Ziel der Schülerlabore, vor allem das naturwissenschaftlich-technische Interesse und Verständnis der Heranwachsenden zu steigern und auf diese Weise den fachlichen Nachwuchs zu fördern (Dähnhardt et al., 2009). BNE zielt aber auch auf die eigenständige Urteilsbildung mit dem Ziel der Fähigkeit zum innovativen, am Leitbild der Nachhaltigkeit orientierten, (naturwissenschaftlich-technischen) Handeln. Insbesondere der BNE-Dreiklang „Erkennen/ Bewerten/ Handeln“ (Schreiber, 2007) ist mit der reinen fachwissenschaftlichen Herangehensweise nur zu einem Teil bearbeitet. Hier sollten die fachwissenschaftlichen Konzepte auf jeden Fall um eine gesellschaftskritische Komponente ergänzt und damit in Richtung Bewerten und Handeln ausgearbeitet werden. Dies könnte mit dem gesellschaftskritisch-problemorientierten Ansatz (Feierabend & Eilks, 2011) geschehen. BNE-Methoden wie Rollenspiele, Podiumsdiskussionen, Wandzeitungen, Zukunftsmethoden etc. würden dann die klassischen Schülerlabortätigkeiten wie z. B. Hypothesieren und Experimentieren ergänzen.

Ausführliche Diskussionen im Nachgang des Workshops beschäftigten sich auch damit, ob BNE-Methoden wirklich in die Schülerlabore Einzug halten müssten. Ein häufig gehörtes Argument lautete, dass die Zeit der Laborveranstaltung immer sehr knapp sei und man den Lehrkräften ja auch Materialien für die BNE-Methoden zur Durchführung in der Schule mitgeben könnte. Die Erfahrungen in unserem Projekt zeigen aber, dass eine Integration von BNE in ein Schülerlabor gelingen kann – und auch sollte, wenn wirklich entsprechende BNE-Kompetenzen, darunter Umweltbewusstsein und Handlungsbereitschaft, gefördert oder zur Weiterverbreitung von BNE beigetragen werden soll. Denn BNE ist auch bei den Lehrkräften noch zu wenig im Bewusstsein. Sie wären mit der Aufgabe, den BNE-Teil des Schülerlabors in der Schule durchzuführen, überfordert, wenn das Schülerlabor nur die fachwissenschaftlichen Grundlagen gelegt hätte. Studien haben z. B. gezeigt, dass Lehrkräfte allein schon mit der in den Rahmenlehrplänen geforderten Bewertungskompetenz überfordert sind bzw. ihr gegenüber Skepsis wegen der zusätzliche Belastung hegen (Mrochen et al., 2009, S. 3).

BNE im Schülerlabor bietet neben der Kompetenzentwicklung auf Schülerebene genau diese Chance, den begleitenden Lehrkräften BNE in der Praxis zu zeigen und sie dafür zu sensibilisieren und zu motivieren. In der Praxis des Schülerlabors beobachtete BNE-Konzepte und -Methoden können anregend für die Lehrkräfte sein, ihrerseits an den Themen weiter zu arbeiten und neue Methoden in den Schulen auszuprobieren. Hier könnte eine Unterstützung in Form von Vor- oder Nachbereitungsmaterialien angeboten werden, welche tiefgehende Themenaspekte, mit geeigneten BNE-Methoden fertig aufbereitet, enthalten könnten. Werden dabei interdisziplinäre Betrachtungen sowie Gelegenheiten zum Perspektivwechsel und zur gesellschaftlichen Bewertung von naturwissenschaftlichen

Problemen ermöglicht, kann das Potential zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Gestaltungskompetenz bei den SchülerInnen und die Multiplikatorenfunktion des Labors als hoch eingeschätzt werden. Diese Chance sollten die Schülerlabore als spannende Herausforderung annehmen.

4.5.4 Wissenstransfer und Verbreitung des Konzepts auf wissenschaftlicher Ebene: 21. Internationale Sommerakademie der DBU

Auf der 21. Internationalen Sommerakademie der DBU in Ostritz, St. Marienthal, (29.06. bis 01.07.2015) hielt Frau Krofta im Arbeitskreis 4 „Bildung und Kommunikation: Bewertungskompetenzen in der Praxis“ den Vortrag „Bewerten von Smart Grids in Schülerlaboren“, der inhaltlich die Projektarbeit und Ergebnisse auf Schülerebene vorstellte.

Im Vortrag wurden einleitend das Projekt und seine Ziele vorgestellt. Im Ziel geht es um die Bildung für nachhaltige Entwicklung um eine naturwissenschaftlich-technische Grundbildung bei den SchülerInnen, zu der eine zukunftsgerichtete Sichtweise, das Erlernen von eigenverantwortlichem Handeln, Partizipation an gesellschaftlichen Prozessen und die Mitgestaltung nachhaltiger Entwicklung gehören. Damit bewegen sich diese Bildungsziele im Bereich der Förderung von Gestaltungs- (De Haan, 2008) und Bewertungskompetenz (Feierabend & Eilks, 2011). Es wurde gezeigt, wie die Schülerlaborveranstaltungen in die universitäre Lehre eingebettet sind: Unsere Studierenden sind über die Gestaltung von BNE-Veranstaltungen direkt an der o. g. Zielerreichung beteiligt.

Im Vortrag wurde das inhaltliche Thema Smart Grid erläutert und dargestellt, was ein nachhaltiges Smart Grid ausmachen würde. Das Thema ist geeignet für BNE, weil es kontrovers genug ist, das Smart Grid noch gestaltbar (Hinwirkung auf Datenschutz) ist und Lebenswelt- bzw. Zukunftsbezug hat und weil es fächerverbindendes Lernen mit Perspektiven auf Informatik, Physik und Gesellschaft ermöglicht.

Dem Publikum wurden Praxis-Beispiele für die Förderung von Bewertungskompetenz im Schülerlabor präsentiert. Anhand des Modells zur ethischen Urteilskompetenz nach Reitschert et al. (2007) müssen die Studierenden Operationalisierungen vornehmen, so dass aus Standards konkreter Unterricht entsteht. Dieser verläuft schließlich in drei Phasen: Generieren von Fachwissen zum Thema (Physikschwerpunkt), Sensibilisierung für Nachhaltigkeitsaspekte und gesellschaftliche Kontroversen (Informatikschwerpunkt) sowie das Bewerten des Smart Grids (BNE-Schwerpunkt).

Es wurde auch berichtet, dass den Studierenden die eigentliche Bewertung des Smart Grids mit den SchülerInnen noch schwer fällt, aber durchaus schon erfolgreiche Ansätze beobachtet werden konnten, die weiterzuentwickeln sind. Thematisiert wurde auch, dass das konkrete Lernen der SchülerInnen von einer mit Weitblick für verschiedene Nachhaltigkeitsaspekte geführten Moderation seitens der Studierenden abhängt und dass facettenreichere Diskussionen zu den Praxis-Terminen geführt wurden, in denen die Studierenden das zweite Mal ihr Konzept durchführen konnten.

DBU-Sommerakademie Gesamtfazit:

- Der besondere Gewinn der Sommerakademie für das Projekt lag in der Aktualität der Vorträge aus verschiedenen Perspektiven der „Nachhaltigkeits-Stakeholder“. Die Akademie gab einen wertvollen Einblick in den derzeitigen Arbeitsstand von Politik, Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft, Verbraucherschutz, Bildung und Kommunikation.

- Besonders interessant in Bezug auf den eigenen Vortrag war zu sehen, wie auch die Wissenschaft mit konkreten Nachhaltigkeitsbewertungen von Produkten kämpft und dies bis dato noch nicht möglich ist (Bsp. Vortrag von Prof. Dr. Matthias Finkbeiner, TU Berlin). Dies machte deutlich, welche Grenzen uns im Hinblick auf die Erstellung von Bewertungsmaterialien für SchülerInnen gesetzt sind. Es ist eine Herausforderung sowohl für uns Dozierende als auch für Studierende, geeignete Bewertungstools zu komplexitätsreduzierten Teilthemen des Smart Grids zu erstellen, zumal es das Smart Grid per se noch gar nicht gibt. Auf der anderen Seite bietet gerade dies die Chance, den Umgang mit unsicheren und komplexen Themen, wie es für BNE charakteristisch ist, zu lernen und dies auch zu kommunizieren.
- Gewinnbringend war auch der Austausch mit in der BNE-Lehrerbildung tätigen Personen. Die Akademie bot einerseits die Gelegenheit, sich von sehr erfahrenen Personen (z. B. Prof. Dr. Ingo Eilks, Uni Bremen) eine kollegiale Einschätzung der eigenen Projektarbeit und zielführende Tipps einzuholen.

4.5.5 Wissenstransfer und Verbreitung des Konzepts auf wissenschaftlicher Ebene: GDCP- und GFD-Tagung 2015

Das Projekt war auf der Tagung der GDCP „Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik“ vom 14. bis 16.09.2015 in Berlin und auf GFD-Tagung "Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe – Beiträge der fachdidaktischen Forschung" vom 28. bis 30.9.2015 in Hamburg mit Vorträgen vertreten.

Auf beiden Tagungen hielt Frau Krofta Vorträge zum Erwerb von BNE-Lehrerkompetenzen im Lehr-Lern-Labor am Beispielthema Smart Grid. Sie fokussierten auf den Lernfortschritt der Lehramtsstudierenden im Praxisseminar Smart Grid. Auf der GFD-Tagung wurden zudem vertieft schon vorliegende Evaluationsergebnisse diskutiert. (vgl. auch Krofta et al., 2015; Krofta, Nordmeier et al., 2016)

Die Vorträge enthielten eine ausführliche Vorstellung des Seminarkonzeptes (s. Abschnitt 3). Die Lerngelegenheiten zu den einzelnen Kompetenzfacetten wurden mit konkreten Darstellungen der Lerngelegenheiten im Praxisseminar sowie Beobachtungen des studentischen Lernens verdeutlicht. Es wurden Argumente vorgebracht, weshalb es sich als lohnend erwiesen hat, mit dem noch normativen Kompetenzmodell KOM-BiNE (Rauch et al., 2008) zu arbeiten. Den ZuhörerInnen wurden das Design des Forschungsprojektes und die Operationalisierung des KOM-BiNE-Modells vorgestellt mit dem Ziel der Definition von Taxonomiestufen, mit denen man den Kenntnisstand der Studierenden einordnen kann.

Zum Forschungsstand konnten bereits exemplarisch Portfolioausschnitte präsentiert und diskutiert werden sowie sichtbar gemacht werden, zu welchen Anteilen sich die Studierenden im Portfolio mit den einzelnen KOM-BiNE-Kompetenzen auseinandersetzen. Im Vortrag wurde dabei vertiefend auf die Facette des Wertens eingegangen. Interessante Erkenntnisse sind dabei natürlich einerseits die Fortschritte der Studierenden. Besonders wertvoll sind aber auch die Stellen, in denen Probleme der Studierenden mit dem Werten deutlich werden oder die Studierenden Diskrepanzen zwischen ihrem theoretischen Wissen und dem gezeigten praktischen Können, der Umsetzung und Reflexion in der Praxis, zeigen. Gerade diese geben auf hochschuldidaktischer Ebene zentrale Hinweise, wo die Problemstellen in den Lernprozessen liegen und wie man Seminarkonzepte anpassen muss. Hier erhalten

die DozentInnen eine Rückmeldung und Anhaltspunkte, wie die Studierenden gezielt gefördert und beraten werden können.

Fazit der Vorträge (insbesondere der GFD-Tagung):

- Besonders gewinnbringend war die Teilnahme an der GFD-Tagung, auf der sich auf wissenschaftlicher Ebene die Personen zusammenfinden konnten, die sich mit BNE beschäftigen und sich auf dieses Bildungsfeld spezialisiert haben. Hier konnte ein Austausch ‚auf Augenhöhe‘ stattfinden. Dies stand im Gegensatz zu Gesprächen auf anderen Veranstaltungen, in denen zu Gesprächsbeginn meistens erklärt werden musste, was BNE ist und warum es notwendig ist, sich mit diesem Thema zu beschäftigen. Die GFD-Tagung stand zudem in zeitlicher Nähe zur UN-Vollversammlung, in der gerade die neuen Nachhaltigkeitsziele verabschiedet worden waren.
- Obwohl auf der GFD-Tagung i. W. BNE-SpezialistInnen vertreten waren, waren doch diejenigen, die sich tatsächlich mit BNE-Lehrerbildung beschäftigten, nur in sehr kleiner Anzahl vorhanden. Im Strang zur Lehrerbildung wurden neben dem eigenen gerade mal zwei Vorträge angeboten. Hier zeigte sich, dass die BNE-Lehrerbildung ein weitgehend unbearbeitetes Feld ist und es noch so gut wie keine Erkenntnisse zur Kompetenzentwicklung gibt. (Frau Prof. Dr. Hemmer stellte z. B. ein Promotionsprojekt vor, in dem versucht wird, ein Instrument zur Erfassung von BNE-Lehrerkompetenzen in Anlehnung an das Professionswissen (Baumert & Kunter, 2006) zu entwickeln. Die Arbeiten stehen aber noch am Anfang und befinden sich in der Phase der Itementwicklung. Frau Prof. Dr. Hellberg-Rode präsentierte Ergebnisse einer Delphistudie, in der sie der Frage nachgegangen ist, welche BNE-Kompetenz-Aspekte BNE-ExpertInnen für Lehrkräfte als nötig erachten. Vorrangig nötig sind demnach Wissen zu BNE, zu globalen Prozessen und zum Perspektivwechsel.)
- Damit ist der aktuelle Forschungsstand zu den BNE-Lehrerkompetenzen in Deutschland vermutlich bereits im groben beschrieben. Damit können wir nicht ohne Stolz sagen, dass wir mit unserer Forschung absolute Pionierarbeit leisten. Uns ist kaum eine wissenschaftliche Arbeit bekannt, die versucht, BNE-Lehrerkompetenzen nachzuweisen. Wie wichtig diese Ansätze, im Anbetracht auch der neuen UN-Nachhaltigkeitsziele sind, lässt sich sicherlich leicht erahnen.

4.5.5 Fazit zur Zielsetzung: Vernetzung, Wissenstransfer und Verbreitung

Eine zentrale Zielsetzung des Projekts betraf die Vernetzung mit weiteren Akteuren aus den Schüler- und Lehr-Lern-Laboren und einem Wissenstransfer bzw. der Verbreitung der Projektergebnisse. Dieser Ansatz folgte der Idee einer ‚Leuchtturmwirkung‘ und zielte dabei auf einen Nachahmungseffekt durch weitere lehrerbildende Institutionen (bspw. Universitäten), die dazu das Konzept der Praxisseminare und die hochschuldidaktischen Zielsetzungen zur Entwicklung von BNE-Lehrerkompetenzen übernehmen. Eine solche Zielsetzung konnte innerhalb einer Projektlaufzeit von zwei Jahren natürlich nur initiiert werden. Eine gute Voraussetzung dafür ist aber, dass inzwischen viele Hochschulen über Schülerlabore verfügen, die für die Lehrkräftebildung genutzt werden (dann genannt: Lehr-Lern-Labore). Um die Übernahme durch andere Standorte zu fördern, wurde das Projekt auf Kongressen und Tagungen der Informatik-/ Naturwissenschaftsdidaktiken vorgestellt und die Projektergebnisse breit veröffentlicht sowie die erarbeiteten und erprobten Materialien umfänglich zur Verfügung gestellt.

Das Projektteam zielt mit den beschriebenen Maßnahmen auf eine gute Verbreitung der (Unterrichts-) Konzepte zur Förderung von Gestaltungskompetenz erstens in den Schulen und zweitens in weiteren Schülerlaboren. Im Projekt bestanden Kooperationen mit anderen Schülerlabor-Standorten zum Erfahrungsaustausch, zur gegenseitigen Beratung sowie zum gemeinsamen Weiterentwickeln von innovativen Angeboten zur Förderung von Gestaltungs- und Bewertungskompetenz. Ziel ist auch die Übernahme der entwickelten Materialien und Konzepte an weiteren Standorten, um sie dort ggf. selbst weiter auszubauen oder auch an weitere Partner zu vermitteln. Weiterhin bestehen Vernetzungen zu Schülerlaboren außerhalb der Universitäten durch Mitgliedschaft im lokalen Schülerlabornetzwerk GenaU und dem Netzwerk LernortLabor auf Bundesebene. Des Weiteren konnten Kontakte zu AkteurInnen in den Schulen aufgebaut werden. Neben der Teilnahme an diversen Fortbildungen wurden gezielt Klassen aus Pilotschulen ins Schülerlabor eingeladen. Persönliche Kontakte ermöglichten es uns darüber hinaus, die Materialien auch auf ihre Tauglichkeit in der Schule überprüfen zu lassen. Dadurch konnten wir einen direkten Fluss von Know-How und BNE in die Klassenräume bewirken. Zusätzlich wurden die Materialien regelmäßig per Mailingliste verbreitet. Hiermit erreichten wir Lehrkräfte, die bereits BNE-Vorkenntnisse haben und unseren Konzepten aufgeschlossen gegenüberstehen. Zu ihnen gehören beispielsweise ehemalige Studierende, die jetzt an den Schulen arbeiten, aber auch Lehrkräfte, die unsere Angebote mit ihren Klassen besucht haben sowie TeilnehmerInnen von Lehrerfortbildungen. Auch durch diesen Personenkreis erhoffen wir uns einen ‚Schneeballeffekt‘ und die Erreichung einer großen Anzahl von SchülerInnen in der Zukunft.

5. Fazit

Der Kern des Projekts – BNE stärker als bisher in die Lehrerbildung und damit auch mittelbar in die Schulpraxis zu integrieren – bezog sich auf fünf zentrale Zielsetzungen (vgl. Abschnitt 2.3). Die Arbeit im Projekt und die Maßnahmen zur Zielerreichung sind in den folgenden Abschnitten dieses Bericht dokumentiert:

1. Abschnitt 4.1: die **Entwicklung von Praxisseminaren**, die Lehramtsstudierende darauf vorbereiten, inhaltlich, methodisch und didaktisch professionell BNE-Themen aufzubereiten.
2. Abschnitt 4.2: die Nutzung der an der Freien Universität Berlin angesiedelten und äußerst gut besuchten **Schülerlabore** PhysLab und MI.Lab, um den Studierenden zu ermöglichen, praxisnah und theorieorientiert **BNE-Unterricht** zu entwickeln und mit Schulklassen durchzuführen.
3. Abschnitt 4.3: die iterative **Materialentwicklung** von innovativen, fächerverbindenden **Unterrichtseinheiten mit BNE-Themenschwerpunkten** (geeignet, dem interdisziplinären Charakter von BNE Rechnung zu tragen) zur Nutzung auch in Schulen und anderen außerschulischen Einrichtungen.
4. Abschnitt 4.4: die nachhaltige **Verankerung von BNE** in den Studienordnungen der Lehramtsausbildung in Physik und Informatik an der Freien Universität.
5. Abschnitt 4.5: **Vernetzung und Wissenstransfer** zwischen Wissenschaft und Bildung sowie die Verbreitung der entwickelten Module durch und der Austausch darüber mit weiteren Schülerlaboren und Lehrkräften.

Durch die Entwicklung von Erhebung- und Messinstrumenten und die deskriptive Evaluation der Praxisseminare konnten wir im Projekt Erkenntnisse über die Entstehung von BNE-Lehrerkompetenzen gewinnen und damit einen Beitrag für zukünftige Bildungskonzepte leisten.

Die explizite und nach wissenschaftlichen Erkenntnissen theoriefundierte Förderung von BNE-Lehrerkompetenzen ist per se schon zu einem gewissen Maße innovativ. Der bewusste Einsatz von interdisziplinären Studierendenteams (Physik und Informatik), die praktische Durchführung mit Schulklassen in den Schülerlaboren sowie die Weiterverbreitung der Materialien sind nach unseren Informationen in Deutschland einmalig. Gleiches trifft zu für die Forschungsaktivitäten zur Evaluation der gewonnenen BNE-Lehrerkompetenzen nach dem KOM-BiNE-Modell (Rauch et al. 2008). Die Ergebnisse dienen der Verbesserung des Konzeptes und damit einer gezielten Förderung von BNE-Kompetenzen, die ansonsten ‚schwer‘ erreichbar sind (z. B. Reflexion, Kommunikation und Management von Gruppenprozessen, ‚Fühlen‘, zukunftsorientiertes Denken und Handeln).

Fazit zu den fünf Zielfacetten:

(1) BNE-Lehrkräftebildung & Entwicklung von Praxisseminaren

- Die im Projektzeitraum 2014 bis 2016 jedes Semester durchgeführten Praxisseminare wurden stetig weiter entwickelt und modifiziert. Den Studierenden (und auch Lehrkräften) wurden Wege aufgezeigt, wie die Integration von BNE im Unterricht (und in der Schulentwicklung) gelingen kann.
- Der Ansatz des KOM-BiNE-Kompetenzmodells (Rauch et al. 2008) in Verbindung mit forschender zyklischer Unterrichtsentwicklung (Hornung & Schulte, 2011; Dohrmann & Nordmeier, 2015) umzusetzen, ist im Projekt erfolgreich gelungen.
- Die Nutzung von schriftlichen Portfolios erwies sich sowohl aus Perspektive der Lernenden als auch aus forschender hochschuldidaktischer Perspektive als sinnvoll, um den Kompetenzerwerb der Studierenden nachvollziehbar und sichtbar zu machen. Im Rahmen der Kompetenzmessung der Studierenden konnten dabei auch neue Erkenntnisse in Bezug auf das Modell gewonnen werden. Im Rahmen der Gesamtprojektlaufzeit wurden die Ergebnisse, der Kodierleitfaden und auch eine konstruktive Modellkritik zum KOM-BiNE-Modell bereits veröffentlicht. Die Ergebnisse verweisen auf die Zielerreichung durch die aktuelle Ausbildungskonzeption. Das im Rahmen des Projekts entwickelte fächerverbindende Seminarkonzept wird insgesamt als erfolgreich wahrgenommen. Die Verbindung von Theorie und Praxis wird nach Aussage der Studierenden sehr geschätzt. Aufgrund dieser Befunde wurde BNE nun auch in die Studienordnungen der Fachgebiete Didaktik der Physik und Informatik aufgenommen.
- Der beschriebene neue Ansatz zur Förderung der Kooperation der Studierenden in Verbindung mit der Förderung ihrer kommunikativen Kompetenz durch die Nutzung von elektronischen Kommunikationsplattformen zeigte sich Projektverlauf als vielversprechender Ansatz.
- Die fortschreitende Evaluation der Praxisseminare hat gezeigt, dass die Studierenden im Bereich „Werten“ im Vergleich zu den anderen Kompetenzfeldern eine niedrigere Ausprägung zeigen. Als Konsequenz soll im zukünftigen Praxisseminaren der zu konzipierende Unterricht darauf abzielen, die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schüler stärker zu fördern. Wir versprechen uns davon, dass damit auch auf Ebene der Studierenden die Teilkompetenz „Werten“ gestärkt wird.

(2) BNE-Lehr-Lern-Labore & Wirkungen auf Ebene der Schülerinnen und Schüler

- Mit der Entwicklung der einzelnen Module und der Unterrichtseinheit zum Thema Smart Grid wurde das Angebot des MI.Labs und des PhysLabs um eine erste BNE-Unterrichtseinheit erweitert.
- Um die Wirksamkeit (und die Reichweite) des Projekts zu erhöhen, wurden im Projektverlauf die Anzahl der teilnehmenden bzw. erreichten Schulklassen auf vier pro Semester erweitert, denn die mehrfache Durchführung der Unterrichtseinheit pro studentischer Kleingruppe hat unmittelbaren Einfluss auf deren Kompetenzentwicklung. Die mehrfache Durchführung mit zweiwöchigem Abstand hat sich als fruchtbar erwiesen: Die Studierenden haben ihre Lehr-Lern-Konzepte vom ersten zum zweiten Termin in hohem Maße verfeinert. Die Wahrnehmung der Unterschiede in den Durchführungen durch die Studierenden trägt zusätzlich zu einer stärkeren Reflexion des Unterrichts bei.
- Die Erfahrungen im Projekt haben auch gezeigt, dass ein Teil der Studierenden ein großes Interesse daran hat, den entwickelten Unterricht über das im Seminar geforderte Maß hinausgehend auch freiwillig im Rahmen von regulären Laborbesuchen anzubieten. Hier gilt es zu überlegen, wie dieses ehrenamtliche Engagement – etwa durch organisatorische Unterstützung – in Zukunft weiter gefördert werden kann.
- Die Evaluation der Laborveranstaltungen anhand der Äußerungen der Schülerinnen und Schüler deutet darauf hin, dass die Förderung der Gestaltungskompetenz – zumindest als unmittelbarer Effekt – auch auf Ebene der SchülerInnen erfolgreich war. (Im Zuge der Verschiebung des Fokus auf die Förderung der Bewertungskompetenz müssen in Zukunft aber neue diagnostische Instrumente auf Schülerebene entwickelt und eingesetzt werden.)
- Die aktuell entwickelten Unterrichtskonzepte sind in der vorliegenden Form umsetzbar. Positive Ergebnisse sind wahrnehmbar und können auch von den Studierenden durch Diagnose der Kompetenzentwicklung der SchülerInnen erfasst werden.

(3) BNE-Materialentwicklung

- Die Materialien finden sich Online zum Download⁹, als Zusammenstellung im Anhang 1, und sie wurden auch im Themenheft „Smart Grid“ der Zeitschrift ‚Praxis der Naturwissenschaften – Unterricht Physik‘ (Nordmeier, 2016) vorgestellt.
- Im Rahmen des Projekts wurden auf der Projekt-Webseite insgesamt sieben ausgearbeitete Module zum Thema BNE & Smart Grid veröffentlicht. Insgesamt entstanden innovative Materialien, die durch die Webseite und innerhalb von Lehrerfortbildungen weiterverbreitet wurden und werden. Die zu den Praxisseminaren entstandenen Computersimulationsspiele zum Thema Smart Grid wurde von weiterentwickelt und sind auch auf der Website verfügbar. Die Internetpräsenz wurde im Projektzeitraum auch im Rahmen der Lehrerfortbildungen als Anlaufpunkt für die Umsetzung von BNE im Regelunterricht stetig weiterentwickelt.
- Die bisherigen Rückmeldungen an das Projektteam zeigen, dass die im Projekt entwickelten Materialien auf sehr positive Resonanz stoßen.

⁹ <https://www.mi.fu-berlin.de/w/MILAB/ProjektBNE> (letzter Zugriff: 06.2016)

(4) BNE-Verankerung

- Die Studienordnungen der Didaktik der Physik und Informatik wurden in der Projektlaufzeit überarbeitet. Seit dem Wintersemester 2015/16 ist BNE als fester Bestandteil in der Lehramtsausbildung dieser Fächer dauerhaft verankert.
- Durch Publikationen, Fortbildungen und Austausch mit Akteuren der Informatik- und Physikdidaktik wurde (und wird) der Ansatz „BNE in der Lehramtsausbildung“ in den entsprechenden Communities weiter publik gemacht. Als wichtiges Beispiel sei die GFD-Fachtagung „Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe – Beiträge der fachdidaktischen Forschung“ im September 2015 genannt, auf der das Seminarkonzept und erste Evaluationsergebnisse vorgestellt wurden.

(5) BNE-Vernetzung, Wissenstransfer und Verbreitung der Ergebnisse

- Im Rahmen von Tagungen, Fortbildungen, Workshops und anderen Events wurden u. a. Kontakte zu außerschulischen Lernorten der Universität Oldenburg, dem Schülerlabor dEInLabor der Technischen Universität Berlin und dem InfoSphere in Aachen hergestellt, gemeinsam gearbeitet und ein Netz etabliert. Weiterhin wurden durch das Schülerlabor-Netzwerk GenaU weitere Kontakte aufgebaut.
- Im Bereich der BNE wurden (und werden) die Projektakteure bereits als ExpertInnen angesehen. Dies zeigt sich zum Beispiel in der Anfrage des GenaU-Netzwerks, als BeraterIn für BNE-Fragen zur Verfügung zu stehen sowie im Feedback im Rahmen der wissenschaftlichen Tagungen. Im Zusammenspiel mit dem aktuellen Trend, BNE stärker in Schülerlaboren zu verankern, kann dies die Multiplikator-Wirkung des Projekts und somit die Dissemination stärken.
- Die Zusammenarbeit mit den Partnerlaboren konnte insgesamt gestärkt werden. Neben dem Austausch von Materialien ist dabei vor allem der Austausch auf konzeptueller Ebene entscheidend. Wir haben die begründete Hoffnung, dass unsere Partnerlabore in Zukunft Projekte anstoßen werden, die einen Schwerpunkt auf BNE bzw. auf die Verbindung von BNE und Lehrerbildung legen.
- Die Wirksamkeit der Vernetzung mit AkteurInnen aus dem schulischen Bereich ist schwer fassbar. Das positive Feedback und das Interesse der TeilnehmerInnen auf Lehrerfortbildungen sind noch kein Indikator dafür, ob die im Lehr-Lern-Labor entwickelten Materialien und Konzepte im Unterricht umgesetzt werden. Als Strategie zur effektiven Verbreitung wurde vor allem versucht, über die Gestaltung des Unterrichtsmaterials Hürden zur Umsetzung von BNE in Schulen abzubauen.
- Im Projektzeitraum wurde auch versucht, eine intensivere unterrichtliche Anknüpfung an den Laborbesuch zu gestalten, indem Material an eine Partnerschule gegeben wurde, das vor dem Besuch im Unterricht eingesetzt wurde. Durch die so gewonnenen Vorerfahrungen der SchülerInnen konnte während des Besuchs der Schulklasse weitaus intensiver in die Problematik des Themas eingestiegen werden. Eine solche Vorgehensweise ist empfehlenswert, wurde jedoch gezielt zunächst mit KollegInnen aus dem schulischen Bereich durchgeführt, die bereits eine enge Bindung an die Labore der Freien Universität hatten.

Das gesamte Projektteam bedankt sich sehr bei der DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) für die Förderung des Projekts und die gute Zusammenarbeit und Unterstützung. Ohne diese Förderung wäre die Umsetzung der in diesem Bericht dokumentierten Maßnahmen und eine erfolgreiche Zielerreichung nicht möglich gewesen.

6. Literaturverzeichnis

- Abels, Simone (2011). LehrerInnen als „Reflecrive Practitioner“: Reflexionskompetenz für einen demokratiefördernden Unterricht. Wiesbaden: VS Verlag.
- Altrichter, H. & Posch, P. (2007). Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht, Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Bain, John D., Mills, Colleen, Ballantyne, Roy & Packer, Jan (2002). Developing Reflection on Practice through Journal Writing: impacts of variations in the focus and level of feedback. In: *Teachers and Teaching*, 8 (2), 171-196.
- Baumert, Jürgen & Kunter, Mareike (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *ZfE*, 9 (4), 469-520.
- Bayrhuber, H. & Rost, J. (2004). Umwelterziehung und Bildung für nachhaltige Entwicklung. In S. Blömeke, P. Reinhold, G. Tulodziecki & J. Wildt (Hrsg.), *Handbuch Lehrerbildung* (S. 603-613). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Biggs, John & Collis, Kevin (1982). *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy*, New York: Acad. Press.
- Buchholz, M. (2016): Unterrichtsreihe „Smart Grid – Motor für Nachhaltigkeit oder Mittel zur Überwachung?“. In: *Praxis des Naturwissenschaften - Physik*, 3/6.
- Burmeister, Mareike, Schmidt-Jacob, Sabine & Eilks, Ingo (2013). German chemistry teachers' understanding of sustainability and education for sustainable development: An interview case study. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 14, 169-176.
- Dohrmann, R.; Nordmeier, V. (2015): Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore (LLL): Ein Projekt zur forschungsorientierten Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung. In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Wuppertal 2015*. URL: <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/658/787> (letzter Zugriff: 06.2016)
- Feierabend, Timo; Eilks, Ingo (2011): Der Klimawandel vor Gericht: Bewerten Lernen als Kern allgemeiner Bildung und essentielle Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe. In: *Plus Lucis Online 1-2* (2011), S. 2-10. URL: <http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/111/S02.pdf> (letzter Zugriff: am 10.10.2014)
- Guderian, Pascal (2007): *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte: Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik*. Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Dissertation. – <http://edoc.hu-berlin.de/docviews/abstract.php?lang=ger&id=27927> (letzter Zugriff: 4.2015)
- Grötzebauch, H. & Nordmeier, V. (2016): Experimentelle Zugänge zum Smart Grid aus physikalischer Perspektive. In: *Praxis des Naturwissenschaften - Physik*, 3/65. (Skript 'Experiment zum Smart Grid' downloadbar unter: https://didaktik.physik.fu-berlin.de/home/download/SG/Smart_Grid.html) (letzter Zugriff: 02.2016)
- Haan, Gerhard de; Harenberg, Dorothee (1999): *Bildung für nachhaltige Entwicklung*. In: *Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung* (Heft 72), Bonn.
- Haan, Gerhard de (Hrsg.) (2007): *Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrerbildung - Kompetenzerwerb für zukunftsorientiertes Lehren und Lernen*. Berlin. URL: <http://www.transfer-21.de/index.php?p=362> (letzter Zugriff: 4.2015)
- Haan, Gerhard de (2008): *Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept für Bildung für nachhaltige Entwicklung*. In: Bormann, Inka; de Haan, Gerhard (Hrsg.): *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung*, Wiesbaden, S. 23-44.

- Hall, Gene E. (2011): Implementing change: patterns, principles, and potholes. Boston.
- Hempelmann, Rolf; Haupt, Olaf J. (2015): Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung in Schülerlaboren: Inventarisierung – Qualitätssicherung – Dissemination. In: Lela magazin, Ausgabe 11, S. 6-7.
- Höttecke, Dietmar (2011): Rollen- und Planspiele zur Schulung von Bewertungskompetenz. In: Eilks, Ingo; Feierabend, Timo; Hößle, Corinna; Höttecke, Dietmar; Menthe, Jürgen; Mrochen, Maria; Oelgeklaus, Helen (Hrsg.): Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht. Aulis Verlag, S. 17-24.
- Höttecke, Dietmar; Mrochen, Maria (2010): Bewerten Lernen im Treibhaus. Physikalisches Wissen beim Bewerten und Entscheiden nutzen. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 59, Nr. 2, S. 26-35.
- Holodynski, Manfred; Oerter, Rolf (2002): Motivation, Emotion und Handlungsregulation. In: Oerter, Rolf; Montada, Leo (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. 5. Aufl. Weinheim: Beltz Verlag.
- Hornung, Malte; Schulte, Carsten (2011): ProspectiveTeachers@Research: CS teacher education revised. In: Proceedings of the 11th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (Koli, Finland), S. 138-143.
- Jegstad, Kirsti Marie; Sinnes, Astrid Tonette (2015). Chemistry Teaching for the Future: A model for secondary chemistry education for sustainable development. In: INT J SCI EDUC, 37 (4), 655-683
- KMK (Hrsg.) (2005): Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004. München: Wolters Kluwer.
- KMK (2012). Zur Situation und zu Perspektiven der Bildung für nachhaltige Entwicklung. – <http://bit.ly/1KlfuRT> (letzter Zugriff: 12.2015).
- Krofta, Helen (2011): Das Schülerlabor – ein außerschulischer Lernort mit BNE-Potential. Rostock, Zentrum für Qualitätssicherung (ZQS), unveröff. Masterarbeit (Universität Rostock).
- Krofta, H.; Fandrich, J.; Nordmeier, V. (2013): Praxisseminare im Schülerlabor: Forschendes Lernen im Lehramtsstudium. In: Bernholt, S. (Hrsg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Kiel: IPN, S. 713-715.
- Krofta, H.; Nordmeier, V.; Buchholz, M.; Schulte, C. (2015): BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor. In: S. Bernholt (Hrsg.): Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Kiel: IPN, S. 495-497.
- Krofta, H. (2016): Bildung für nachhaltige Entwicklung im Physikunterricht – am Beispiel Smart Grid. In: Praxis des Naturwissenschaften - Physik, 3/65.
- Krofta, H.; Nordmeier, V.; Buchholz, M.; Schulte, C. (2016): Kompetenzen für Bildung für Nachhaltige Entwicklung in der ersten Phase der Lehramtsausbildung. In: C. Maurer (Hrsg.): Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Kiel: IPN, S. 238-240.
- Krofta, H.; Buchholz, M.; Nordmeier, V.; Schulte, C. (2016): Förderung von BNE-Lehrerkompetenzen durch zyklische Unterrichtsentwicklung im Lehr-Lern-Labor (im Druck).
- Marks, R.; Bertram, S.; Eilks, I. (2009): Chemiebezogene Bewertungskompetenz. In: Unterricht Chemie 17/ 94-95. 69-73.
- Mayring, Philipp (2010): Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. 11. Auflage, Weinheim: Beltz.
- Mrochen, M., Höttecke, D., Eilks, I., Hößle, C., Menthe, J., Kellinghaus, H., & Feierabend, T. (2009). Bewerten im Fächervergleich. Wie verstehen Lehrkräfte verschiedener Fächer den Kompetenzbereich Bewerten. In: V. Nordmeier & H. Grötzbauch (Hrsg.), Didaktik der Physik. Tagungs-CD der DPG-Tagung 2009.

- Nordmeier, V. (Hrsg.) (2016): Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, Themenheft: Smart Grid, 3/65. Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Rauch, Franz; Streissler, Anna; Steiner, Regina (2008): Kompetenzen für Bildung und Nachhaltige Entwicklung (KOM-BiNE) – Konzepte und Anregungen für die Praxis. URL: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/ba/bine_kombine_18307.pdf (letzter Zugriff: 06.2016)
- Reitschert, Katja; Langlet, Jürgen; Hössle, Corinna; Mittelsten Scheid, Nicola; Schlüter, Kirsten (2007): Dimensionen Ethischer Urteilskompetenz: Dimensionen und Niveaunkretisierung. In: MNU 60, 1, 43-51.
- Runesson, Ulla (2011): What is it Possible to Learn? On Variation as a Necessary Condition for Learning. In: Scandinavian Journal of Educational Research, 50:4, S. 397-410.
- Schecker, H. & Höttecke, D. (2007): "Bewertung" in den Bildungsstandards Physik. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 18, Nr. 97, 29-36.
- Schlichting, H.J. (1983): Energie- und Energieentwertung. Quelle & Meyer, Heidelberg.
- Schlichting, H.J. (2000): Energieentwertung – ein qualitativer Zugang zur Irreversibilität. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik, 49/2, S. 2-6.
- Schreiber, Jörg-Georg (2007): Kompetenzen, Themen und Leistungsanforderungen. In: KMK und BMZ (Hrsg.): Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. 3. Aufl. Bon, S. 69-90.
- Wehling, H.-G. (1977): Konsens à la Beutelsbach? Nachlese zu einem Expertengespräch. In: Schiele, S.; Schneider, H. (Hrsg.): Das Konsensproblem in der politischen Bildung, Stuttgart, 173–184.
- Yamashina, T., Mühlenbruch, T. & Nordmeier, V. (2016): Experimente mit einem Smart Meter Modell. In: Praxis des Naturwissenschaften - Physik, 3/65.

7. Verzeichnis von Begriffen

- A:** Rolle der Atomlobby im Rollenspiel
- AGB:** Allgemeine Geschäftsbedingungen
- BNE:** Bildung für Nachhaltige Entwicklung
- F:** Rolle der Firma im Rollenspiel
- FHTW:** Fachhochschule für Technik und Wirtschaft
- FU:** Freie Universität Berlin
- GAU:** Größter anzunehmender Unfall (z.B. Atomkraft)
- GDCP:** Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
- Genau:** Netzwerk der Schülerlabore in Berlin und Brandenburg
- HU:** Humboldt-Universität zu Berlin
- KOM-BiNE:** Kompetenzen für Bildung für Nachhaltige Entwicklung
- L:** Lehrperson
- LeLa:** LernortLabor Bundesverband der Schülerlabore e.V.
- MINT:** Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik
- MNU:** Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V.
- NTU:** Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung
- S:** SchülerIn
- SuS:** Schülerinnen und Schüler
- TU:** Technische Universität Berlin
- U:** Rolle der Umweltorganisation im Rollenspiel
- WIPSC:** Workshop in Primary and Secondary Computing Education

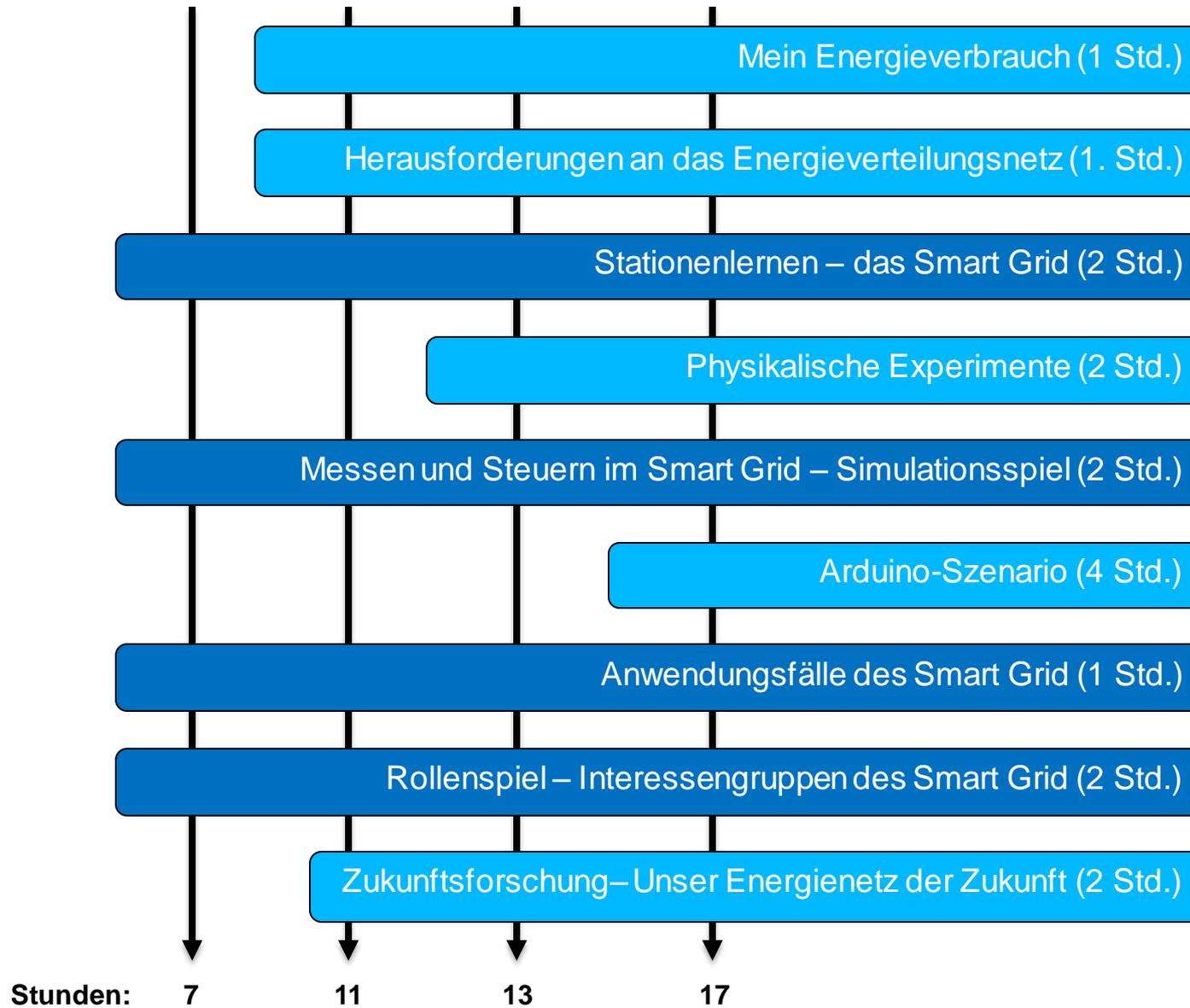
8. Anhänge

8.1 Anhang 1: Materialien zu den Modulen und Auswahl für die Unterrichtsreihe „Smart Grid“

8.2 Anhang 2: Belegexemplar Themenheft „Smart Grid“ der Zeitschrift Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule“ (Heft 3/65, 2016)

Anhang 1:
Materialien zu den Modulen und
Auswahl für die Unterrichtsreihe „Smart Grid“

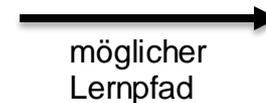
Modul-Auswahl für die Unterrichtsreihe „Smart Grid“



Legende

fundamentaler Lernschritt

optionaler Lernschritt



Der Energieverbrauch eines Haushalts im Tagesverlauf

Fragestellung

Wie setzt sich der Energieverbrauch eines typischen Haushalts zusammen?

Material

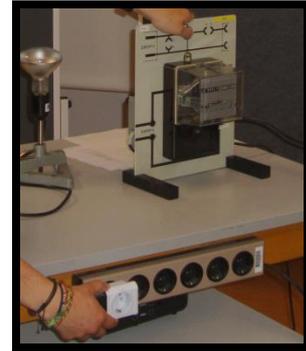
- Energiekostenmessgerät
- Stromzähler
- Arbeitsbogen
- Diverse Elektrogeräte (z.B. Wasserkocher, Laptop, Kochplatte, Toaster)
- Steckdosenleiste

Durchführung

Die Schülerinnen und Schüler erhalten zunächst in Diagrammform eine Übersicht über den typischen Energieverbrauch eines Haushalts („Standardlastprofil“), aufgeschlüsselt nach Werk-, Sams-, und Sonntagen. Sie spekulieren über Ursachen des schwankenden Energieverbrauchs und notieren erste Vermutungen über typische Verbrauchsprofile von Haushalten.

Im Anschluss schließen die Lernenden in Kleingruppen diverse elektrische Verbraucher an das Energiekostenmessgerät und notieren sich deren Energiebedarf.

Anhand der Analyse zweier Szenarien, erschließen sich die Lernenden Zusammenhänge zwischen Umwelteinflüssen (Temperatur, Lichtverhältnisse) und typischen Verbraucherverhalten und stellen Verbindungen zu ihrem eigenen Energieverbrauch her.



Auswertung

Die Ergebnisse der Gruppenarbeitsphase werden im Plenum zusammengetragen: Die Lernenden nehmen zum Standardlastprofil begründet Stellung und spekulieren über typisches Verbraucherverhalten und setzen dies zu ihrem eigenen Verbrauchsprofil in Beziehung.

Wozu das Ganze?

Die Analyse von spezifischen Lastprofilen hilft den Lernenden im weiteren Verlauf der Unterrichtseinheit Aussagen über das Stromnetz im Ganzen zu ziehen. Somit können Phänomene wie z.B. Lastspitzen nachvollzogen werden, typische Herausforderungen an Stromnetze gesammelt und die Bedeutung von Umweltfaktoren für den Netzbetrieb analysiert werden. Modul 1 bildet somit die Grundlage für Modul 2, in welchem die Perspektive weg vom einzelnen Verbraucher hin zum gesamten Stromnetz erweitert wird.

Dauer

Ca. 45 Minuten

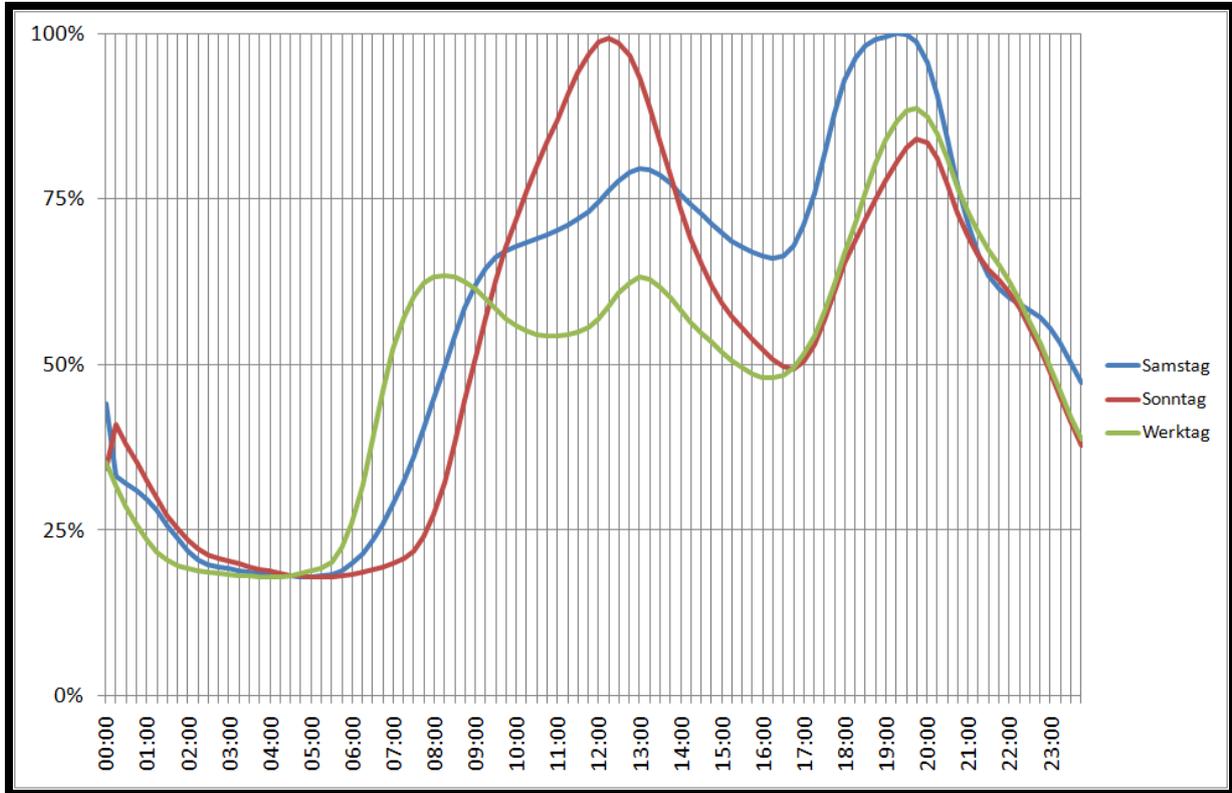
Anhang

Doppelseitiges Arbeitsblatt „Der Energieverbrauch eines Haushalts im Tagesverlauf“

ACHTUNG! Bei diesen Experimenten liegt eine Wechselspannung von 230V an.

Thema: Der Energiebedarf eines Haushaltes im Tagesverlauf

Zu verschiedenen Tageszeiten benötigen Haushalte unterschiedliche Mengen von Energie. Auf der Abbildung erkennst du auf der x-Achse die Tageszeit und auf der y-Achse die von einem durchschnittlichen Haushalt benötigte Energie genormt auf 100% der *Spitzenlast* an unterschiedlichen Wochentagen.



1. Aufgabe: Siehe dir die Grafik genau an und markiere die Linie, die den Energiebedarf eines Wochentages darstellt.

2. Aufgabe: Überlege gemeinsam mit deiner Gruppe, welche Gründe es für den schwankenden Energieverbrauch geben kann! Notiert mindestens drei Gründe im Kästchen:

Auf eurem Gruppentisch befinden sich verschiedene elektrische Verbraucher. Ihr findet einen Stromzähler (siehe linkes Bild), eine Energiekostenmessgerät (siehe rechtes Bild) und Kabel. Wenn ihr nacheinander die verschiedenen elektrischen Geräte dort anschließt, könnt ihr deren Energiebedarf ablesen.



ACHTUNG! Bei diesen Experimenten liegt eine Wechselspannung von 230V an. Geht achtsam mit Steckern, Kabeln und Geräten um.

- 1. Aufgabe:** Unten findet ihr 2 Szenarien mit unterschiedlichen Bedingungen (Uhrzeit, Temperatur). Notiert gemeinsam in der Gruppe, welche elektrischen Verbraucher bei euch zu Hause in den Szenarien genutzt werden!
- 2. Aufgabe:** Messt mit dem am Gruppentisch befindlichen Energiekostenmessgerät die Energie (in Watt) die diese Geräte verbrauchen. Tragt diese in die Tabelle ein!

Verbraucher	Szenario 1 Montag, 19:00, -15°C	Szenario 2 Sonntag, 13:00, 23°C
Kühlschrank	120 Watt	120 Watt

3. Aufgabe: Bildet die Summe des Energiebedarfs der einzelnen Szenarien. Besprecht die Ergebnisse in eurer Gruppe!

4. Aufgabe: Zeichne deinen eigenen Stromverbrauch des gestrigen Tages in das Diagramm ein! Gibt es Unterschiede oder Gemeinsamkeiten?

Erzeuger und Verbraucher im Stromnetz

Fragestellung

Welche Probleme müssen im Zuge der Energiewende innerhalb des Stromnetzes überwunden werden?

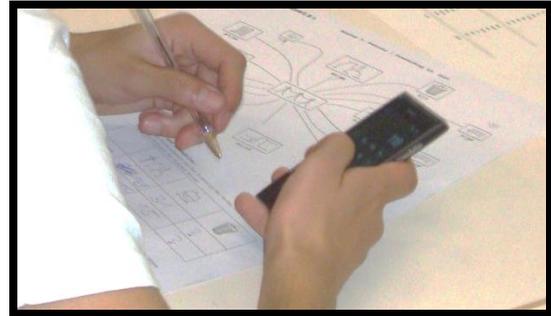
Material

- Arbeitsbögen
- Taschenrechner

Durchführung

Vor dem Modul „Stromnetz“ sollte das Modul „Energieverbrauch eines Haushalts“ behandelt worden sein.

Die Lernenden sollen sich innerhalb des Moduls erarbeiten, welche Probleme die Integration regenerativer Energien mit sich bringt. Zu diesem Zweck werden drei Szenarien miteinander vergleichen, in denen Stromerzeugung und –verbrauch stark von Umweltfaktoren abhängig ist.



Auswertung

Die drei Szenarien werden innerhalb des Plenums besprochen. Die Lernenden sollten erkannt haben, dass die Umstellung der Stromerzeugung auf regenerative Energien das Stromnetz anfälliger für Wetterbedingungen macht. Die Probleme, die dabei auftreten könnten und durch Regelung des Stromnetzes vermieden werden müssen, sind: 1. Es wird weniger Strom produziert als verbraucht wird, 2. Es wird mehr Strom produziert als gebraucht wird.

Wozu das Ganze?

Eine zentrale Aufgabe des Smart Grid ist es, die Akteure des Stromnetzes effizient zu regeln. Je mehr regenerative Energieerzeuger ans Netz gehen, desto höher ist der Regelbedarf. Es müssen z.B. konventionelle Kraftwerke hoch- oder runter gefahren werden, um die Stabilität des Netzes zu gewährleisten, Anreize für einen erhöhten Energieverbrauch gesetzt werden, um Überproduktion zu vermeiden oder per direkter Steuerung Energieverbraucher (etwa Kühlhäuser) hinzugeschaltet werden.

Dauer

Ca. 30 Min.

Anhang

- Arbeitsblatt „Erzeuger und Verbraucher im Stromnetz“
- Schaubild: Drei Szenarien im Stromnetz

Thema: Erzeuger und Verbraucher im Stromnetz

1. Aufgabe: Die Felder (z.B.

5	6	3
---	---	---

) auf dem Schaubild repräsentieren die Menge von Strom, die innerhalb der drei Szenarien entweder erzeugt oder verbraucht wird. Addiere für jedes Szenario die Menge des Stroms, die erzeugt wird und die Menge Strom, die verbraucht wird. Trage dein Ergebnis in die Tabelle ein. Je voller der „Mülleimer“ (Differenz zwischen Erzeugung und Verbrauch) wird, desto instabiler wird das Netz!

2. Aufgabe: Vervollständige die zweite Tabelle, indem du die Umweltfaktoren je einem der drei Szenarien korrekt zuordnest!

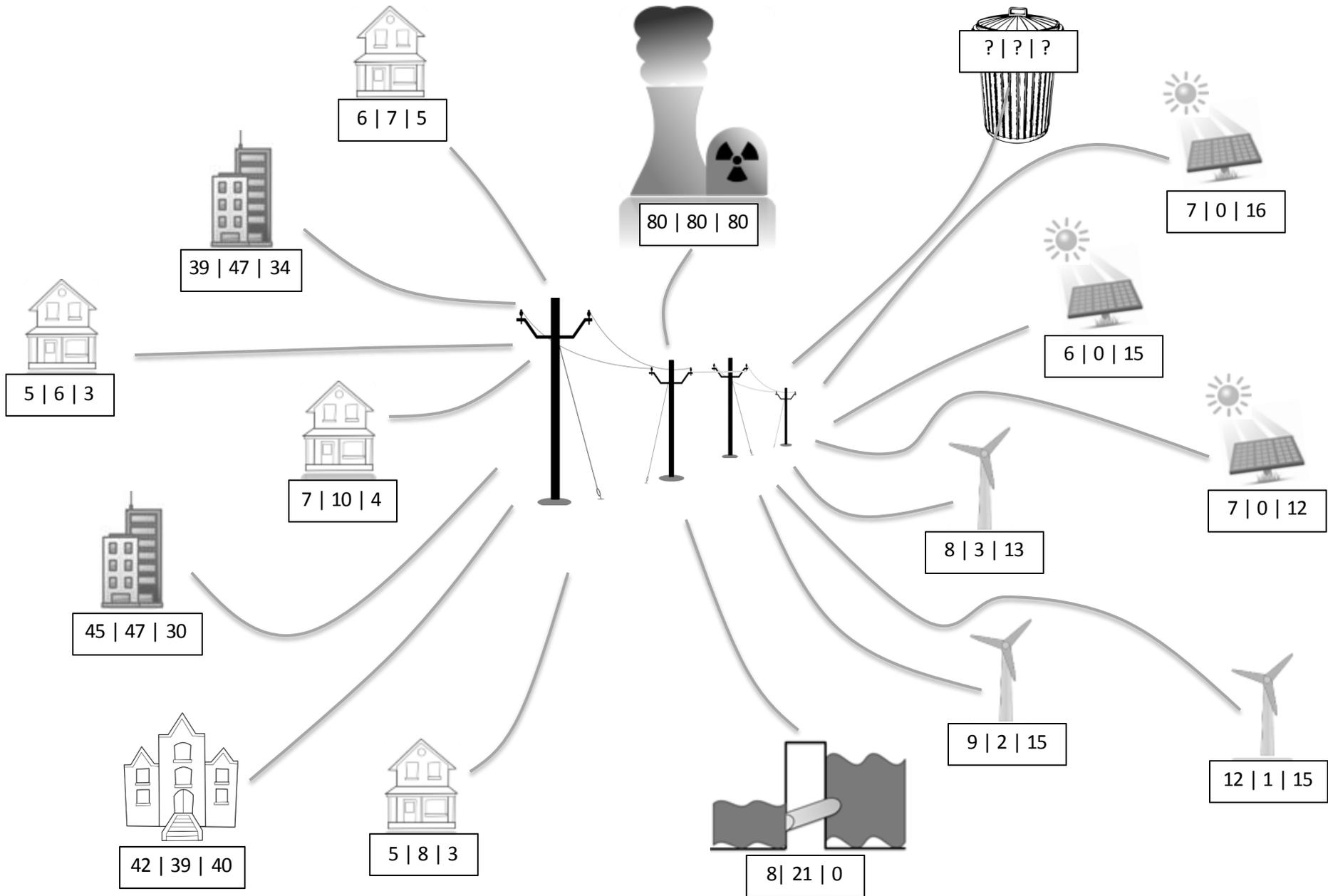
			
Mo., 3. Februar			
Fr. 14. März			
Do. 18. Juni			

	Wetterlage	Windgeschwindigkeit	Temperatur	Uhrzeit
Mo., 3. Februar	Bewölkt			19:00
Fr. 14. März		3 km/h		
Do. 18. Juni			23°C	

sonnig	-15°C	53 km/h	Keine Sonne
19:00	12°C	17:00	

3. Aufgabe: Ziel der so genannten „Energiewende“ ist es, ständig ausreichend Strom aus erneuerbaren Energien bereitzustellen. Dazu sollen die Kraftwerke für erneuerbaren Energien weitestgehend ausgelastet werden. Kohle oder Kernkraftwerke sollen nur wenig Energie liefern müssen. Notiere in Stichpunkten: Was für Probleme treten dabei auf?

3 Szenarien : Erzeuger und Verbraucher im Stromnetz



Stationenlernen zur Einführung in das Thema Smart Grid

Fragestellung

Welches Wissen ist notwendig, um Auswirkungen der Energiewende zu beurteilen? Wie bedingen sich Erzeugung und Verbrauch im Energieverteilungsnetz? Welche Einzelthematiken verbergen sich hinter dem Smart Grid? Welche sozialen Auswirkungen könnte das Smart Grid mit sich bringen?

Material

- Laptops und Kopfhörer
- Arbeitsbögen
- Magnetstreifen
- Experimente
- Schere

Durchführung

Die Lernenden sollen sich in diesem Modul notwendiges Grundwissen zum Thema Smart Grid und den Zusammenhang mit erneuerbaren Energien erarbeiten. Zu diesem Zweck stehen fünf Stationen zur Verfügung, die einen Überblick über zentrale Aspekte geben:

1. Energieverteilungsnetz (Aufbau und Wirkungsweise)
2. Umwelt (Auswirkungen der erneuerbaren Energien)
3. Smart-Meter (Auswirkungen auf die Gesellschaft)
4. Experimente (Verständnis Netzfrequenz und Einfluss von erneuerbaren Energien)
5. Energiespeicher (Problemabriss der Frage Energiespeicherung)

Auswertung

Die Auswertung erfolgt mittels eines zentralen Laufzettels, den die Schülerinnen und Schüler während des Durchlaufens der Stationen ausfüllen. Anschließend werden die Lösungen im Plenum für alle gesichert. Die Lernenden haben dadurch Voraussetzungen geschaffen, im weiteren Verlauf der Unterrichtsreihe über Gestaltungsmöglichkeiten des Smart Grid zu diskutieren und urteilen.

Wozu das Ganze?

Die Idee hinter dem Smart-Grid ist, dass dieses Erzeuger und Verbraucher im Netz effizient regelt und somit (auch) für Versorgungssicherheit sorgt. Weiterhin werden aktuelle Themen des Diskurses aufgezeigt (z.B. Netzausbau und Smart-Meter). Auf Grundlage dieses Moduls können weitere Module angeknüpft werden, die sich thematisch tiefer mit dem Smart-Grid oder erneuerbaren Energien befassen.

Dauer

Ca. 90 Minuten

Anhang

- Stationenbeschreibung
- Arbeitsblätter

ACHTUNG! Bei einem Experiment sind rotierende Teile zugänglich!

Station 1: Das Energieverteilungsnetz

Ziel dieser Station:

- Aufbau des klassischen Energieverteilungsnetz beschreiben können
- Probleme des klassischen Energieverteilungsnetz erklären können
- sich daraus ergebenden Aufbau des intelligenten Energieverteilungsnetz erklären können
- Unterschiede zwischen Smart-Grid und klassischem Energieverteilungsnetz benennen können

Aufgabe 1) Lies die Beschreibungen für das klassische und das intelligente Energieverteilungsnetz!

Aufgabe 2) Fertige mit dem Puzzle ein Modell an, welches die Struktur des Energieverteilungsnetzes darstellt!

Aufgabe 3) Fertige eine Tabelle an: Worin liegen Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten zwischen dem aktuellen Energieverteilungsnetz und dem Smart Grid?

Das klassische Energieverteilungsnetz

1. Das Energieverteilungsnetz ist zentralisiert

Wenige Großkraftwerke (z.B. Kohle und Atomkraftwerke) produzieren Strom für sehr viele Verbraucher. Der erzeugte Strom wird über vier verschiedene Netzebenen zu den Verbrauchern geleitet. In den unterschiedlichen Ebenen wird der Strom mit verschiedenen Spannungen verteilt und es gibt Verbraucher auf diesen unterschiedlichen Ebenen.

Im Höchstspannungsnetz beträgt die Spannung zwischen 220 und 380 kV. Im Hochspannungsnetz sind es 110 kV, im Mittelspannungsnetz 1 – 50 kV und im Niederspannungsnetz 230 V.

2. Strom fließt immer vom Erzeuger (Kraftwerk) zum Verbraucher (Industrie und Haushalte)

Der Strom wird nur in großen Kraftwerken erzeugt und zu den Verbrauchern auf den unterschiedlichen Netzebenen transportiert.

Das Energieverteilungsnetz ist wie ein Straßennetz aufgebaut: Das Verteilernetz kann man sich wie das Straßennetz vorstellen: Autobahnen überbrücken große Strecken und transportieren mehrspurig viele Fahrzeuge mit hoher Geschwindigkeit (analog: Höchstspannungsnetz). Von der Autobahn gehen Bundes- und Landstraßen ab, die von der Autobahn in verschiedene Gebiete der Region führen (analog: Hochspannungsnetz). Hauptstraßen führen zu verschiedenen Ortsteilen (analog: Mittelspannungsnetz) und von dort führen Seitenstraßen zu den Häusern (analog: Niederspannungsnetz).

3. Strom kann nicht in ausreichender Menge gespeichert werden (Erklärung: siehe Station „Energiespeicher“)

Strom kann zwar in begrenzten Mengen gespeichert werden, aber diese Mengen reichen bei weitem nicht aus, Strom auf Vorrat zu speichern oder größere Versorgungslücken zu decken. Dies würde entweder zu teuer sein, oder zu viel Raum benötigen. Speicher sind nur geeignet, um Schwankungen bei der Stromerzeugung zu regeln, die durch Änderungen im Verbrauch entstehen.

Intelligentes Energieverteilungsnetz “Smart Grid”

1. Dezentraler Aufbau

Strom wird in Großkraftwerken (Offshore Windparks, Solarparks, etc.) produziert und im Netz bereitgestellt. Zusätzlich gibt es aber auch kleine Kraftwerke im ganzen Land: Biogasanlagen, Solarparks, Windparks, Wasserkraftanlagen, Geothermie, etc.

Auch Haushalte und Betriebe mit Solaranlagen oder anderen Technologien erneuerbarer Energien speisen in das Netz ein.

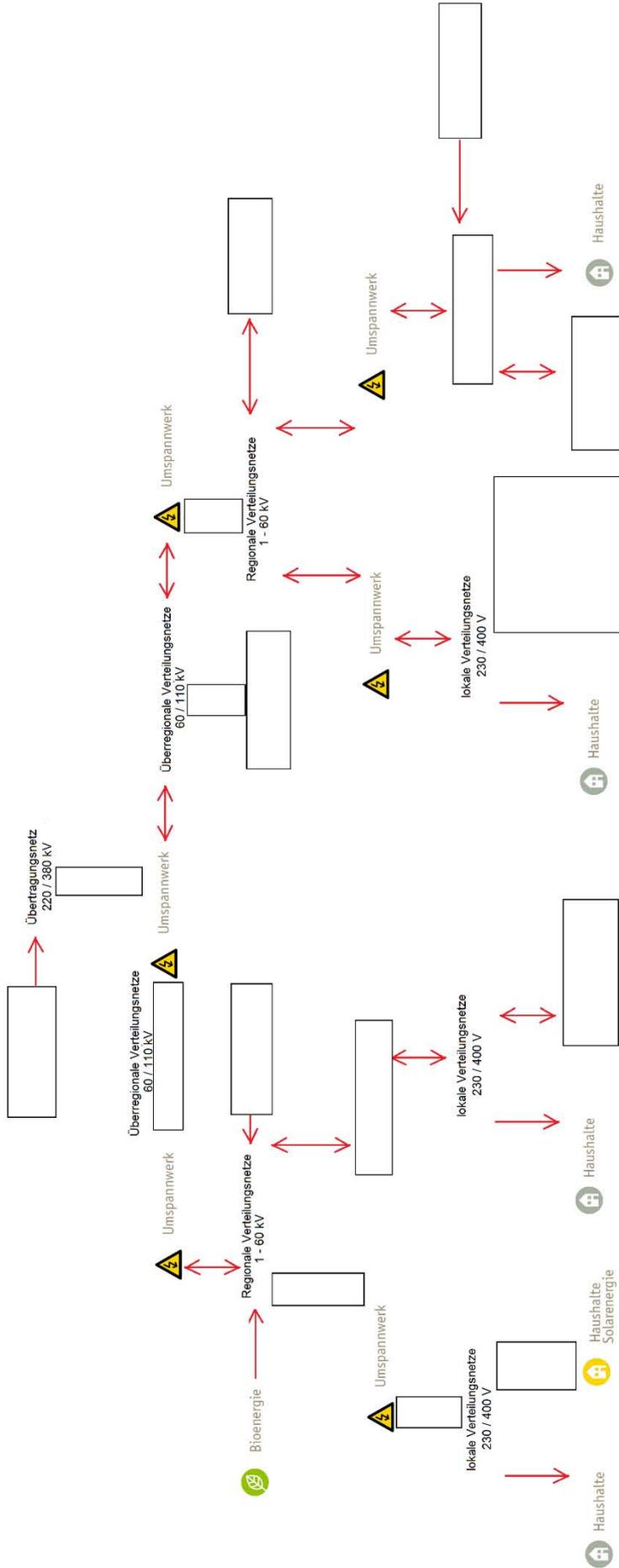
2. Strom fließt nicht nur vom Erzeuger (Kraftwerk) zum Verbraucher (Industrie und Haushalte), sondern auch umgekehrt

Das Stromnetz ist wie ein Straßennetz aufgebaut, wie beim klassischen Energieverteilungsnetz. Die Straßen sind jedoch keine Einbahnstraßen, sondern mehrspurig in beide Richtungen. Erzeuger und Verbraucher verschmelzen teilweise miteinander.

3. Strom kann nicht in ausreichender Menge gespeichert werden (Erklärung: siehe Station „Energiespeicher“)

Strom kann nach wie vor nicht in ausreichender Menge gespeichert werden, aber intelligent verteilt und genutzt werden. Stromverbrauchende Prozesse werden möglichst dann durchgeführt, wenn viel Strom zur Verfügung steht. Die vorhandenen Speicher werden vor allem zu dieser Zeit aufgeladen. Auch Prozesse, die auf Vorrat mehr Strom nutzen können, tun dies. Damit sind zum Beispiel Kühlhäuser gemeint, die ihre Temperatur weiter senken können, als nötig.

Bei weniger verfügbarer Leistung werden die Speicher genutzt, um Differenzen auszugleichen. Die Kühlhäuser können zum Beispiel die Kühlung solange abschalten, bis die Temperatur wieder soweit angestiegen ist, dass wieder gekühlt werden muss. Nur solche Prozesse werden durchgeführt, die nicht auf später verschoben werden können (wenn wieder mehr Strom zur Verfügung steht).



Station 2: Umwelt

Ziel dieser Station:

- Überblick über Umweltaspekte der erneuerbaren Energien gewinnen.
- Probleme mit Energiesparlampen benennen können.

Aufgabe 1) Schaut euch gemeinsam den Ausschnitt aus dem Panorama-Beitrag: „Das schmutzige Geheimnis sauberer Windräder an“!

Aufgabe 2) Es gibt drei verschiedene Texte. Jedervon euch liest genau einen dieser Texte! Die fettgedruckten Wörter sollt ihr später zusammen in einem Mindmap anordnen. Dabei ist besonders die Kommunikation wichtig, denn die anderen haben euren Text nicht gelesen!



Aufgabe 3) Erstellt nun ein Mindmap an der Tafel! Benutzt dafür die vorgefertigten Wörter!

Aufgabe 4) Auf der Tafel befinden sich einige Merksätze. Übertrage einen für dich passenden Merksatz in deinen Laufzettel!

Energiesparlampen

Das optimale Vorgehen beim Lampenbruch

Das Umweltbundesamt (UBA) rät bei Zerschlagen einer Energiesparlampe folgendermaßen vorzugehen:



- Zerbricht eine Energiesparlampe, sollten sofort die Fenster zum Lüften weit geöffnet werden. Direkt nach dem Lampenbruch ist der Quecksilbergehalt in der Raumluft am höchsten.
- Personen und Haustiere sollten den Raum für etwa 15 Minuten verlassen!
- Heizungen oder Klimaanlage sollten abgeschaltet werden!
- Anschließend sollte man alle weiteren Reinigungs- und Aufräumarbeiten mit geöffnetem Fenster durchführen.
- Lampenreste kehrt man am besten mit einem Pappkarton zusammen. Bruchstücke lassen sich mit Hilfe von Klebebändern aus dem Teppich holen. Alle Reste sollten dann in ein Schraubglas und auf schnellstem Wege zum Sondermüll gebracht werden. Energiesparlampen dürfen nicht über den Hausmüll entsorgt werden!

Energiesparlampen haben einen gravierenden Nachteil: Gehen die Öko-Leuchten zu Bruch, ist äußerste Vorsicht geboten. Denn in den neuen Lichtquellen steckt Quecksilber. Das giftige Schwermetall ist deshalb so unberechenbar, weil es schon bei Raumtemperatur verdampfen kann und somit die Raumluft belastet.

"Das Quecksilber ist die Achillesferse der Energiesparlampen. Daher brauchen wir mittelfristig eine Lampentechnik, von der keine Quecksilberbelastung ausgeht", sagte UBA-Präsident Jochen Flasbarth. Die richtige und notwendige Energieeinsparung von bis zu 80 Prozent gegenüber Glühlampen müsse einhergehen mit sicheren Produkten, von denen keine vermeidbaren Gesundheitsrisiken ausgehen.

Wenn bei einem Wert von etwa 10 Prozent (genauer: Daten vom Statistisches Bundesamt von 2013 Anteil von Beleuchtung 13%) des Stromverbrauchs für die Beleuchtung bei einem durchschnittlichen Haushalt alle Glühbirnen durch Kompaktstoffleuchtstofflampen ersetzt werden, die 80% Stromersparnis gegenüber Glühlampen aufweisen, reduziert das den Gesamtverbrauch des Haushalts um acht Prozent.

Photovoltaik (PV)

Waferbasierte Module:

Waferbasierte Module (90% Marktanteil) benötigen vor allem Silizium. Der Halbleiter wird mithilfe von Schmelz-, Reinigungs- und Destillationsprozessen bei hohen Temperaturen aus Quarzsand hergestellt. Die hierfür nötige Energie speist eine Solaranlage erst nach einem dreiviertel Jahr wieder ein.



Die Photovoltaik wird hierzulande durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Das Problem dabei: Die Förderung unterscheidet dabei nicht, ob die Solaranlagen in Deutschland hergestellt wurden oder anderswo. So verlagerte sich die Produktion dorthin, wo es billiger ist: nach China. Zwei Drittel der Weltproduktion entfällt auf China. Der ökologische Fußabdruck von in China gefertigten Solaranlagen ist doppelt so groß wie von in Europa hergestellten Solarpanels.

Das liegt an den geringen Umwelt- und Effizienzstandards und der überwiegenden Erzeugung des Stroms aus Kohle (Energemix). Es braucht eine Menge Energie, um Silizium zu gewinnen. Und China nutzt Energie aus schmutzigen und weniger effektiven Energiequellen, als das in Europa der Fall ist (siehe CO₂ Ausstoß von COAL bzw. Kohle auf der extra Karte).

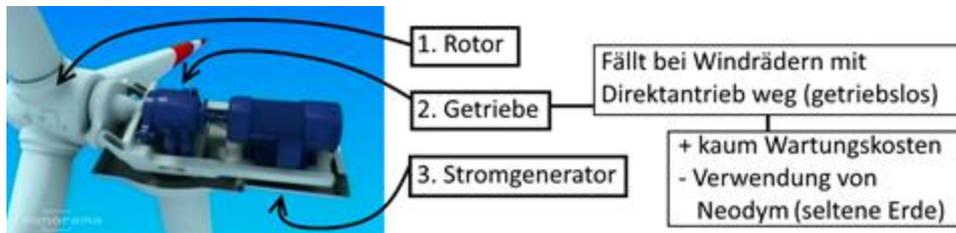
Dünnschicht-Module:

Einige Dünnschicht-Modelle (10% Marktanteil, davon 50%) bestehen aus Cadmiumtellurid (CdTe), einer Verbindung aus zwei Elementen, die umwelt- und gesundheitsschädlich sind, wenn sie freigesetzt werden.

Windkraft und Neodym

Videobeitrag vom 28.04.2011 (Panorama): Das schmutzige Geheimnis sauberer Windräder

Herkömmliche Windräder bestehen aus drei Komponenten:



GetriebeLOSE Windräder verursachen katastrophale Umweltzerstörungen in China. Denn für diese Windräder setzen die Hersteller ein wertvolles Metall ein: Neodym, eine sogenannte "seltene Erde". Neodym-Windräder verzichten meist auf ein Getriebe. Dafür brauchen sie effizientere Generatoren, die sich besonders gut aus diesem Rohstoff herstellen lassen.

Neodym wird nahezu ausschließlich in chinesischen Minen abgebaut. Bei der Trennung des Neodyms vom geförderten Gestein entstehen giftige Abfallprodukte, außerdem wird radioaktives Uran und Thorium beim Abbauprozess freigesetzt. Diese Stoffe gelangen zumindest teilweise ins Grundwasser, kontaminieren so Fauna und Flora erheblich und werden für den Menschen als gesundheitsschädlich eingestuft.

Drei der weltweit größten Hersteller für Windkraftanlagen GE Wind Energy, Vestas und Siemens Wind Power haben getriebeLOSE Windräder (unter Verwendung von Neodym) in ihrem Angebot.

Materialbogen, Aufbau und Medienquellen

Magnetstreifen

Umweltbundesamt (UBA)	Energiesparlampe	Vorgehen beim Lampenbruch
Quecksilber	giftiges Schwermetall	Energieeinsparung von 80 Prozent gegenüber Glühlampen
Photovoltaik	Waferbasierte Module	Silizium
hoher Energieaufwand bei der Herstellung	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	ökologischer Fußabdruck
China	CO₂ Ausstoß sehr hoch	geringe Umwelt- u. Effizienzstandards
Energiemix	Cadmium	Umweltzerstörung
Dünnschicht-Modelle	Neodym (seltene Erde)	Windräder
Getriebelos	herkömmlich	Gesundheitsgefahr
schwerer ökologischer Fußabdruck	Arbeitsbedingungen	Sondermüll

Merksätze

1. Die Betrachtung der Produktionskette ist wichtig, um Nachhaltigkeit zu gewährleisten.
2. Die Politik sollte Maßnahmen (z.B. Subventionen, Verbote) ergreifen, um Arbeitsbedingungen und Umwelteinflüsse zu lenken.
3. Es kann nicht von Nachhaltigkeit gesprochen werden, wenn die Produktionen von den Erzeugern der Erneuerbaren Energien (z.B. Wind, Solar) sich zu negativ auf die Umwelt auswirkt.
4. Die Kosten für die Umwelt werden nicht von den Herstellern getragen, sondern von der Gesellschaft.

Video

<http://daserste.ndr.de/panorama/archiv/2011/windkraft189.html>

Station 3: Smart-Meter

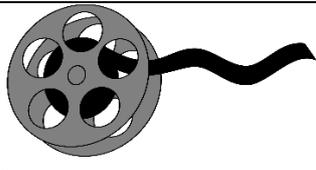
Ziel dieser Station:

- Funktionsweise des Smart-Meter beschreiben können.
- Aktuelle Situation in Deutschland beschreiben können.
- Nutzen für Verbraucher und Erzeuger erklären können.
- Gefahren eines Smart Meter benennen können.

Aufgabe 1) Jedervon euch sucht sich nun eine der folgenden Quellen aus! Euer Ziel ist es, danach über folgende Fragen diskutieren zu können:



Höre dir den Beitrag des WDR am dem MP3-Player an!



Schau dir den Ausschnitt aus der Sendung „Quer“ an“



Schau dir die entsprechende Seite eines Energiedienstblogs an!

Aufgabe 2) Tragt nun eure Ergebnisse zu den oben genannten Fragen zusammen und notiert die wichtigsten Punkte zu jeder Frage auf der Rückseite. Machen alle drei Quellen die selben Aussagen oder widersprechen sie sich gar?

Aufgabe 3) An eurer Station findet ihr ein Lastprofil eines Haushaltes. Analysiert den Verbrauchsverlauf indem ihr Stellen markiert an denen ihr Rückschlüsse über das Verhalten des Verbrauchers machen könnt. Wem könnten diese Daten außer dem Netzbetreiber noch interessieren? Würdet ihr euer Stromprofil veröffentlichen?



1. Beschreibe die Funktionsweise eines Smart-Meter!
2. Wird es in Deutschland in Zukunft eingebaut?
3. Erkläre, welchen Nutzen ein Smart-Meter für den Verbraucher hat!
4. Erkläre, welchen Nutzen ein Smart-Meter für die Erzeuger hat!
5. Nenne Gefahren bei der Nutzung von Smart-Metern!

Materialbogen, Aufbau und Medienquellen

Materialien:

- Drei Laptops
- Mindestens drei Stromprofile (Smart-Meter-Auszüge, siehe nächste Seiten)

Medienquellen:

- Video (Quer): <https://www.youtube.com/watch?v=ujPMCnRu-QA>
- Radio (WDR, bis 03:00):
<http://www.swr.de/swr2/programm/sendungen/impuls/intelligente-stromzaehler-smart-meter-greifen-daten-ab/-/id=1853902/did=16214744/nid=1853902/1y0v9ix/index.html>
- Blog: <https://blog.energiesdienst.de/intelligente-stromzaehler/>

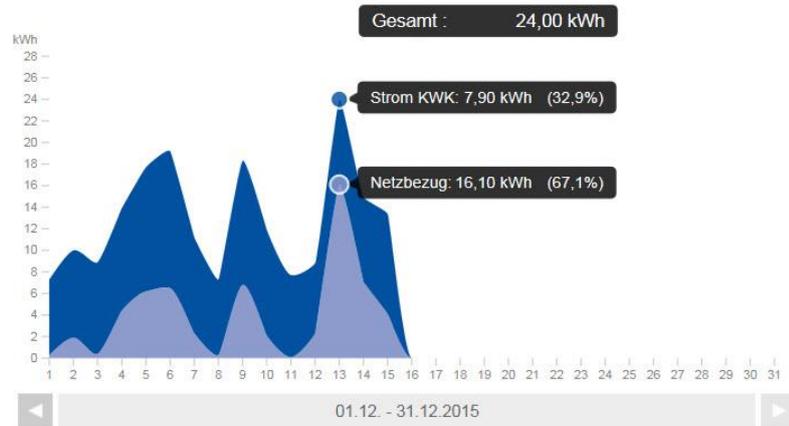
Alle Abbildungen: EWE Vertrieb GmbH / Callux Projekt

Ihr Stromverbrauch

 **194,50 kWh**
 01.12. - 31.12.2015

Kosten  Verbrauch 

Tag Woche **Monat** Jahr

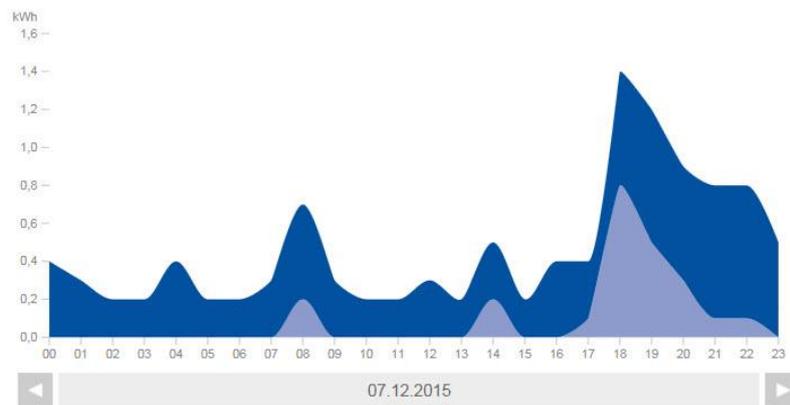


Ihr Stromverbrauch

 **11,20 kWh**
 07.12.2015

Kosten  Verbrauch 

Tag **Woche** Monat Jahr



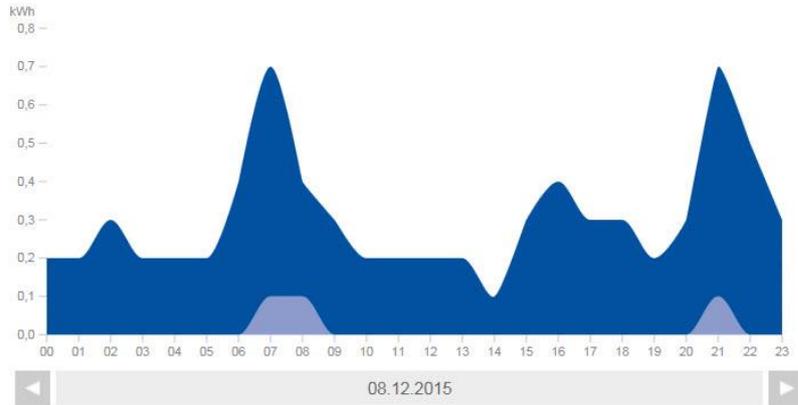
Ihr Stromverbrauch

 **7,30 kWh**
 08.12.2015

Kosten **Verbrauch**

Tag Woche Monat Jahr



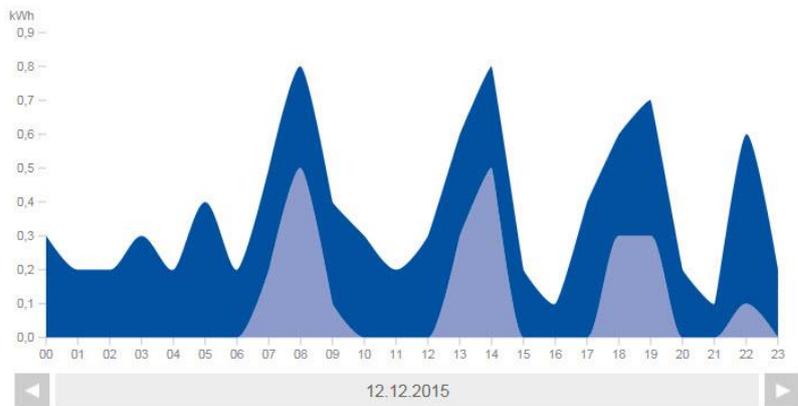
Ihr Stromverbrauch

 **8,80 kWh**
 12.12.2015

Kosten **Verbrauch**

Tag Woche Monat Jahr



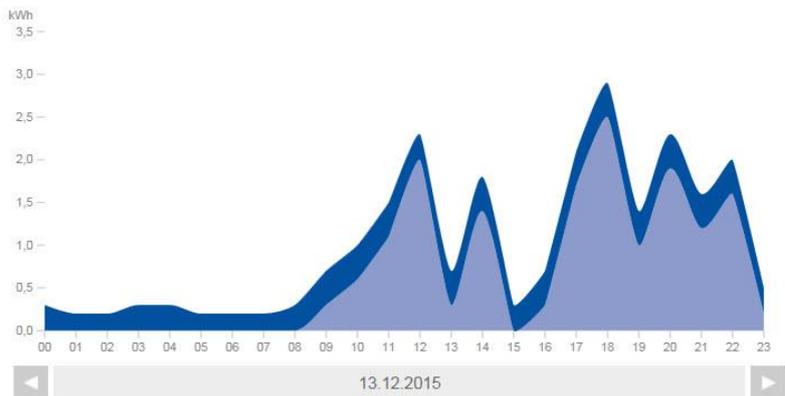
Ihr Stromverbrauch

 **24,00 kWh**
 13.12.2015

Kosten **Verbrauch**

Tag Woche Monat Jahr

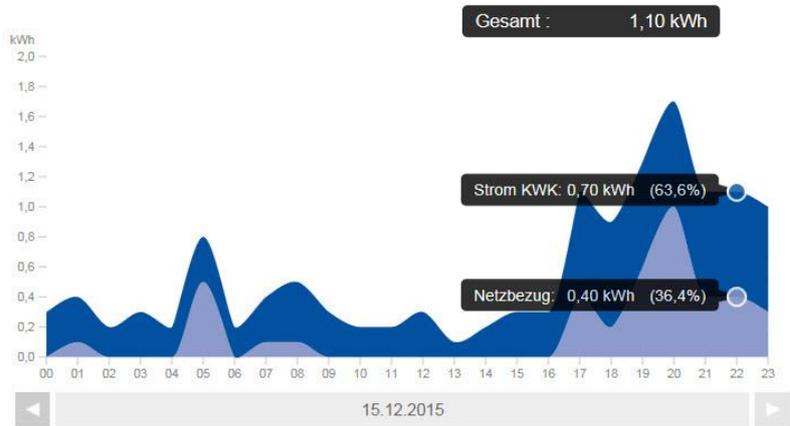


Ihr Stromverbrauch

13,40 kWh
 15.12.2015

Kosten Verbrauch

Tag Woche Monat Jahr

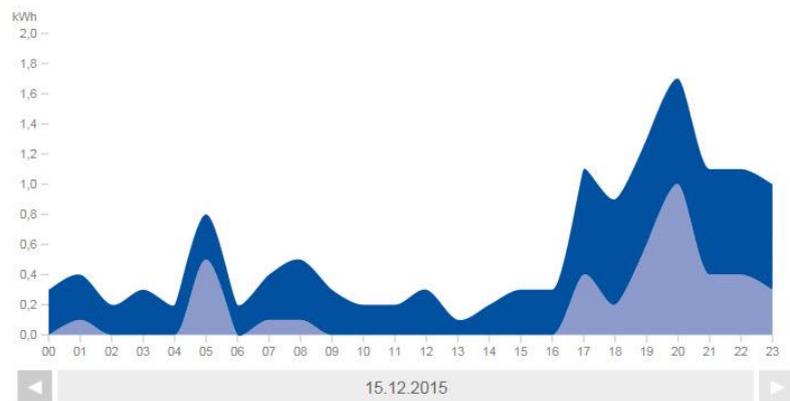


Ihr Stromverbrauch

13,40 kWh
 15.12.2015

Kosten Verbrauch

Tag Woche Monat Jahr

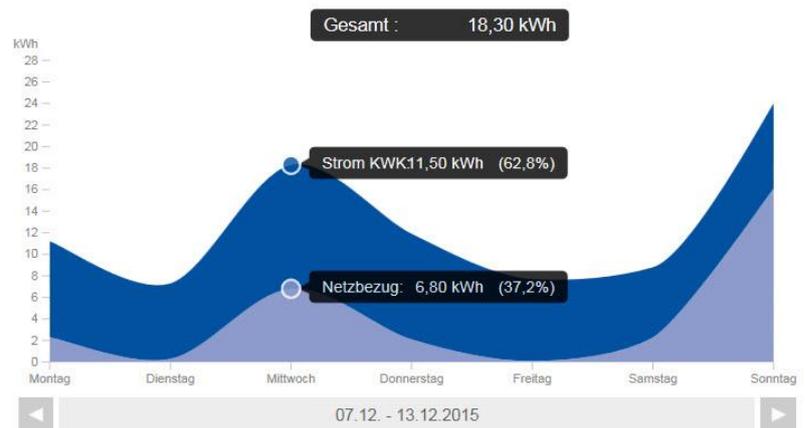


Ihr Stromverbrauch

89,20 kWh
 07.12. - 13.12.2015

Kosten Verbrauch

Tag Woche Monat Jahr



Station 4: Experimente

Ziel dieser Station:

- Bedeutung der Netzfrequenz kennen

Einführung

Im Verteilernetz fließt Wechselstrom. Das heißt die Polarität des Stromes kehrt sich mehrere Male in der Sekunde um. Das geschieht im Durchschnitt 50-mal pro Sekunde – der Strom hat also eine Frequenz von 50 Hz. In Deutschland und der EU wird die Frequenz des Stromes im Stromnetz immer so nahe wie möglich an diesen 50 Hz gehalten.

Warum ist es wichtig die Frequenz stabil zu halten? Das ist wichtig, weil die Kraftwerke sonst nicht richtig „zusammenarbeiten“ können. Außerdem kann es sonst zu Stromausfällen kommen, oder zu Schäden an Geräten, die am Stromnetz angeschlossen sind, bzw. Teilen des Stromnetzes selbst. In den folgenden zwei Experimenten bekommt ihr eine Vorstellung davon, was mit der Netzfrequenz passiert, wenn sich der Verbrauch im Netz ändert.

Das heißt, wenn der Stromverbrauch sinkt, wird weniger Leistung benötigt. Wenn der Verbrauch hingegen steigt, ist mehr Leistung nötig. Die Leistung muss in den Kraftwerken entsprechend nachgeregelt werden. Wie das die Netzfrequenz beeinflusst, probiert ihr im Experiment aus.

TIPP: elektrische Leistung

Oft ist es praktischer, statt der elektrischen Energie von der elektrischen **Leistung P** zu reden. Diese beschreibt einfach, wie viel **Energie E** pro **Zeit t** umgewandelt wird. Das ist praktisch, weil diese Werte sich gut eignen, um elektrische Bauteile und Maschinen zu vergleichen!

Formelzeichen: Leistung P (**P**ower)

Einheit: W „Watt“

Formel: $P = \frac{E}{t}$ $P = U \cdot I$

Experiment: Gekoppelte Generatoren

Aufgabe 1) Führe die Handlungen aus, die in der ersten Spalte der Tabelle aufgeführt sind und notiere dann stichpunktartig deine Beobachtungen zu den verschiedenen Teilen des Stromkreises in der Tabelle!

Handlung	Kurbel 1	Glühlampe	Kurbel 2
<i>Drehen an einer Kurbel</i>	Dreht sich ... <i>normal</i>	Leuchtet ... <i>normal</i>	Dreht sich ...
<i>Drehen an einer Kurbel, festhalten der anderen</i>	Dreht sich ... <i>schwerer</i>	Leuchtet ...	Dreht sich ... <i>nicht</i>
<i>Drehen an beiden Kurbeln in die gleiche Richtung</i>	Dreht sich ...	Leuchtet ...	Dreht sich ...
<i>Drehen an beiden Kurbeln in entgegengesetzter Richtung</i>	Dreht sich ...	Leuchtet ...	Dreht sich ... <i>schwerer</i>

Aufgabe 2) Fülle die Lücken in den Wenn-Dann-Aussagen aus. Nutzte dazu deine Beobachtungen!

Wenn **nur an einer Kurbel** gedreht wird, dann...

... _____ die andere Kurbel ebenfalls.

... _____ die Lampe.

Wenn **an einer Kurbel gedreht wird und die andere festgehalten wird**, dann...

... _____ die Lampe.

Wenn **beide Kurbeln in die gleiche Richtung drehen**, dann...

... lassen sich beide Kurbeln _____ drehen.

... leuchtet die Lampe _____.

Wenn **die Kurbeln in entgegengesetzte Richtung drehen**, dann...

... lassen sich beide Kurbeln _____ drehen.

... leuchtet die Lampe _____.

Experiment: Netzfrequenz und Netzlast

Aufgabe 1) Führe die Handlungen aus, die in der ersten Spalte der Tabelle aufgeführt sind und notiere dann stichpunktartig deine Beobachtungen zu den verschiedenen Teilen des Stromkreises in der Tabelle!

Handlung	Verbraucher	Windkraftanlage	Frequenz - zu klein - zu groß - richtig	Strom I	Spannung U	Leistung P
Durch erhöhen der Spannung am Kraftwerk Netzfrequenz auf ca. 50Hz stellen	aus	aus				
Verbraucher zuschalten	an	aus				
1) Frequenz wieder auf ca. 50 Hz stellen 2) Windkraftanlage zuschalten	an	an				
1) Frequenz wieder auf ca. 50 Hz stellen 2) Verbraucher abschalten	aus	an				

Aufgabe 2) Fülle die Lücken in den Wenn-Dann-Aussagen aus. Nutzte dazu deine Beobachtungen!

Wenn die Netzlast steigt (also mehr Stromverbrauch), dann _____ die Netzfrequenz.

Wenn die Netzlast sinkt (also weniger Stromverbrauch), dann _____ die Netzfrequenz.

Wenn die Kraftwerksleistung steigt, dann _____ die Netzfrequenz.

Wenn die Kraftwerksleistung sinkt, dann _____ die Netzfrequenz.

Materialbogen, Aufbau und Medienquellen

Materialien:

- Hinweis für die Lehrkraft: Die beiden zugrundeliegenden Experimente sind im Modul „Experimente für Smart Grid“ beschreiben.

Zusätzliche Aufbauhinweise:

- Experiment 1: gekoppelte Generatoren
Der Aufbau erfolgt analog der Beschreibung für Experiment SG2! Anstatt des Multimeters wird eine Glühlampe eingesetzt.
- Experiment 2: Netzfrequenz und Netzlast
Dieses Experiment ist eine Abwandlung des bestehenden Experiments zur Netzlast und soll die Auswirkungen der Einspeisung von erneuerbaren Energien auf die Netzfrequenz verdeutlichen. Der Aufbau lehnt sich an Experiment SG4 an und wird um folgende Komponenten erweitert:
 - Zweites Netzteil (Windkraftanlage, Einspeisung nahe der Verbraucher).
 - Einfache Si-Diode

Das zweite Netzteil wird an der Verbraucherseite angeschlossen, die Diode wird derart eingebaut, dass kein Stromfluss von den Verbrauchern in Richtung Netzteil erfolgen kann.

Anmerkungen:

Den Schülerinnen und Schülern ist bei Experiment 2 zu erklären, wie sie die Netzfrequenz an der Welle ablesen:

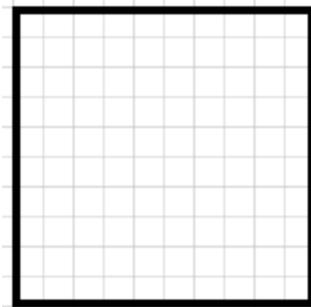
- Punkt steht nahezu still: Netzfrequenz liegt bei ca. 50 Hz
- Punkt bewegt sich auf SuS zu: Netzfrequenz ist kleiner 50 Hz
- Punkt bewegt sich weg: Netzfrequenz ist größer 50 Hz

Station 5: Energiespeicherung

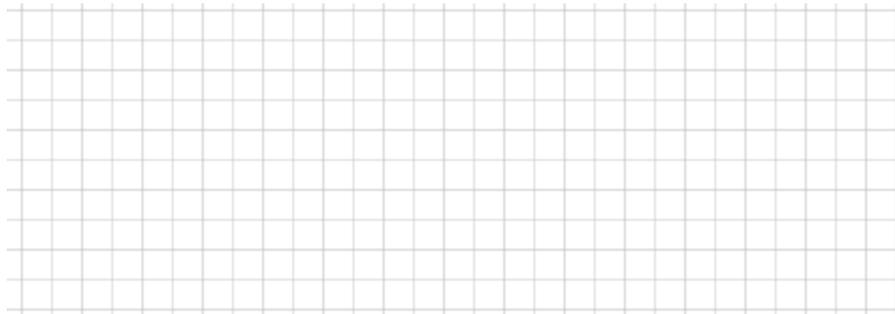
Ziel dieser Station:

- Vorhandene Energiespeichermöglichkeiten kennen

Aufgabe 1) Nachfolgend abgebildet ist die Fläche eines Einfamilienhauses mit 100 m^2 . Schätzt, wie groß die benötigte Fläche eines Batteriespeichers sein müsste, um dieses Einfamilienhaus für ein Jahr mit Strom zu versorgen und umrandet die Quadrate darunter. Dabei steht ein Quadrat für 1 m^2 . **Bearbeitet diese Aufgabe zuerst ohne den weiteren Text zu lesen!**



Fläche eines Einfamilienhauses mit 100 m^2



Umrandete Fläche entspricht der nötigen Fläche der Batterien

Aufgabe 2) Lest nun den nachfolgenden Text aufmerksam durch und beantwortet die folgenden Fragen!

- Welche Möglichkeiten Strom zu speichern gibt es?

- Warum ist es notwendig, Strom zu speichern?

- Warum sind Batterien momentan keine gute Idee zur Speicherung von Strom?

Aufgabe 3) Vergleicht eure Schätzung aus Aufgabe 1 mit dem Fallbeispiel im Text! Hättet ihr mit diesem Ergebnis gerechnet?

Für eine stabile Stromversorgung muss jederzeit genauso viel Strom erzeugt wie verbraucht werden. Diese Stabilität zu erhalten ist relativ schwierig, wenn vorrangig erneuerbare Energiequellen wie Wind- und Sonnenenergie genutzt werden. Das Problem hierbei ist, dass diese erneuerbaren Energien nicht immer verfügbar sind: In der Nacht kann kein Strom aus Photovoltaikanlagen gewonnen werden, bei schönem Wetter kein Strom aus der Windenergie. Um dieses Problem zu lösen, muss versucht werden, frei verfügbaren Strom zu speichern und bei Bedarf wieder abzugeben. Die Speicherung von Strom ist dabei jedoch immer mit Verlusten verbunden! Langfristig muss also eine Lösung gefunden werden, die den Anforderungen des Smart-Grid entspricht. Dies heißt, werden Kurzzeit- und Langzeitspeicher benötigt.

Kurzzeitspeicher werden benötigt, um Schwankungen im Verbrauch und Erzeugung flexibel ausgleichen zu können oder um die Spitzenlast abdecken zu können. Diese Kurzzeitspeicher können mittels Pumpspeicherkraftwerken, Druckluftspeicherkraftwerken oder durch die Verwendung von Batterien realisiert werden. Viel wichtiger als die Kurzzeitspeicher sind jedoch effiziente Langzeitspeicher, die die Stromversorgung beispielsweise während der Nacht sicherstellen, oder um z.B. bei langen Windflauten genügend Strom liefern zu können bzw. in den Wintermonaten genügend Energiereserven zu besitzen. Interessante Ansätze für eine Langzeitspeicherung stellen die Elektrolyse von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff dar. Der Wasserstoff kann gut gespeichert werden und anschließend mit Hilfe von Brennstoffzellen wieder in Strom umgewandelt werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass überschüssiger Wasserstoff für alternative Fortbewegungskonzepte genutzt werden können (Brennstoffzellenauto). Momentan ist der Wirkungsgrad der Elektrolyse jedoch noch sehr schlecht.

Pumpspeicherkraftwerke pumpen Wasser, wenn genügend Strom vorhanden ist, in ein höher gelegenes Becken. Wenn der Strom wieder benötigt wird, fließt das Wasser hinab und treibt einen Generator an. Diese Pumpspeicherkraftwerke benötigen jedoch viel Platz und können nur in Gegenden errichtet werden, die bergig sind. Zudem ergibt sich daraus ein erheblicher Eingriff in die Umwelt. Dies ist auf dem nachfolgenden Bild sehr gut zu erkennen.



Abbildung 1 - Pumpspeicherkraftwerk Rönkhausen

Die Speicherung von Strom mit Hilfe von Druckluftkraftwerken wird so realisiert, dass Luft unter hohem Druck in unterirdische Salzkavernen, das sind Hohlräume in Salzstöcken, gepresst werden und bei Bedarf mit dieser Pressluft ein Generator angetrieben wird. Es gibt zurzeit zwei solcher Kraftwerke weltweit, die jedoch auch noch Erdgas zum Betrieb benötigen.

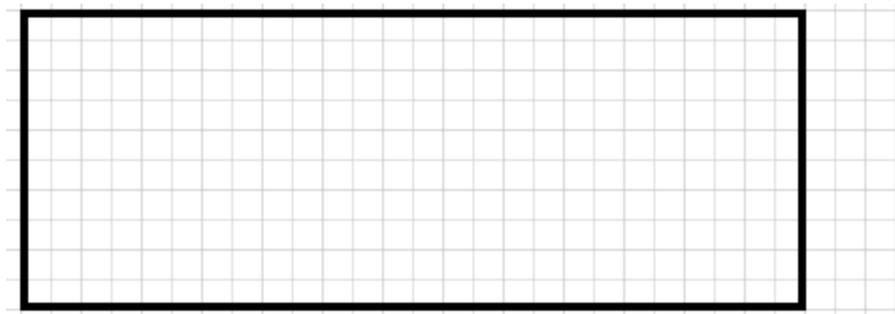
Die Speicherung von Strom in Batterien ist momentan noch nicht praktikabel. Dies liegt daran, dass Batterien noch zu teuer sind und zu viel Platz benötigen. Batterien können auch nur relativ langsam geladen werden, was eine effiziente Nutzung in einem Stromnetz fast unmöglich macht. Die Auswirkungen auf die Umwelt bei der Batterieherstellung sind zudem sehr groß. Dazu kommt, dass die Haltbarkeit von Batterien noch nicht ausreichend groß genug ist.



Abbildung 2 - Batterieblock

Fallbeispiel: Benötigte Fläche für Batterien zur Versorgung eines Einfamilienhaushalts für ein Jahr:

Ein durchschnittlicher Einfamilienhaushalt mit vier Personen verbraucht 5200 kWh Strom pro Jahr, dies sind ca. 14 kWh pro Tag. Eine normale Batterie kann ungefähr 2 Wh Strom speichern. Dies heißt, man bräuhete fast 7000 Akkus um den Strombedarf von nur einem Haus zu decken. Würde wir diese Batterien nebeneinander zu einem Quadrat aufstellen, würden wir eine Fläche von $0,7 \text{ m}^2$ benötigen. Wenn wir dies nun auf ein Jahr ausweiten, steigt die Anzahl der Akkus auf 2,6 Millionen und die benötigte Fläche auf 260 m^2 .



Aus diesem Fallbeispiel ergibt sich, dass Batterien für die Kurzzeitspeicherung denkbar schlecht geeignet sind, solange die erwähnten Nachteile nicht beseitigt sind. Wenn diese Nachteile beseitigt sind, könnte mit Hilfe von Elektroautos oder dezentralen Batterieblöcken ein großer Energiespeicher realisiert werden.

Name:	Rolle:	Datum:
--------------	---------------	---------------

Laufzettel Stationenlernen

Erkläre, warum das neue Energieverteilungsnetz „Smart Grid“ heißt!

Erkläre, welche Bestandteile man für das Smart-Grid benötigt!

Erkläre, wie sich das Transportnetz beim Netzbau ändern muss!

Stationen:

1) Notiere die Unterschiede und Gemeinsamkeiten des Stromnetzes und des Smart Grid!

2) Notiere den „Merksatz Umweltaspekte“:

3) Nenne jeweils zwei Gründe, die für bzw. gegen den Einbau von Smart-Metern in privaten Haushalten sprechen!

4) Was bedeutet die Netzfrequenz für das Smart Grid?

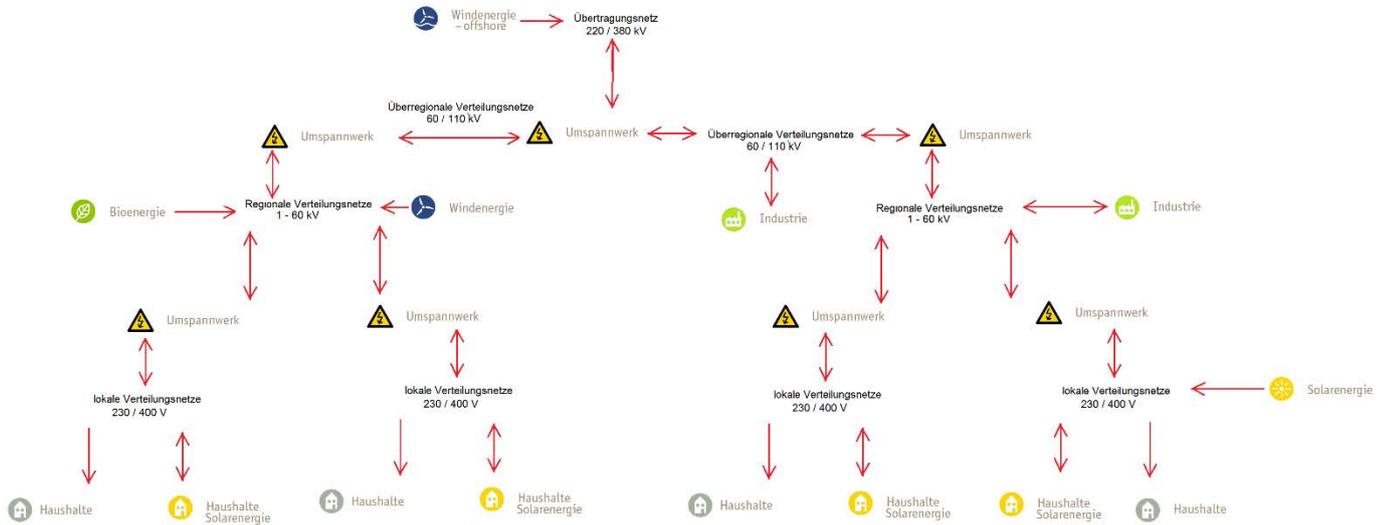
4) Was passiert mit dem Strom, wenn die Leistung bei konstanter Spannung steigt?

4) Wie beeinflusst die Netzlast (also der Energieverbrauch) die Netzfrequenz?

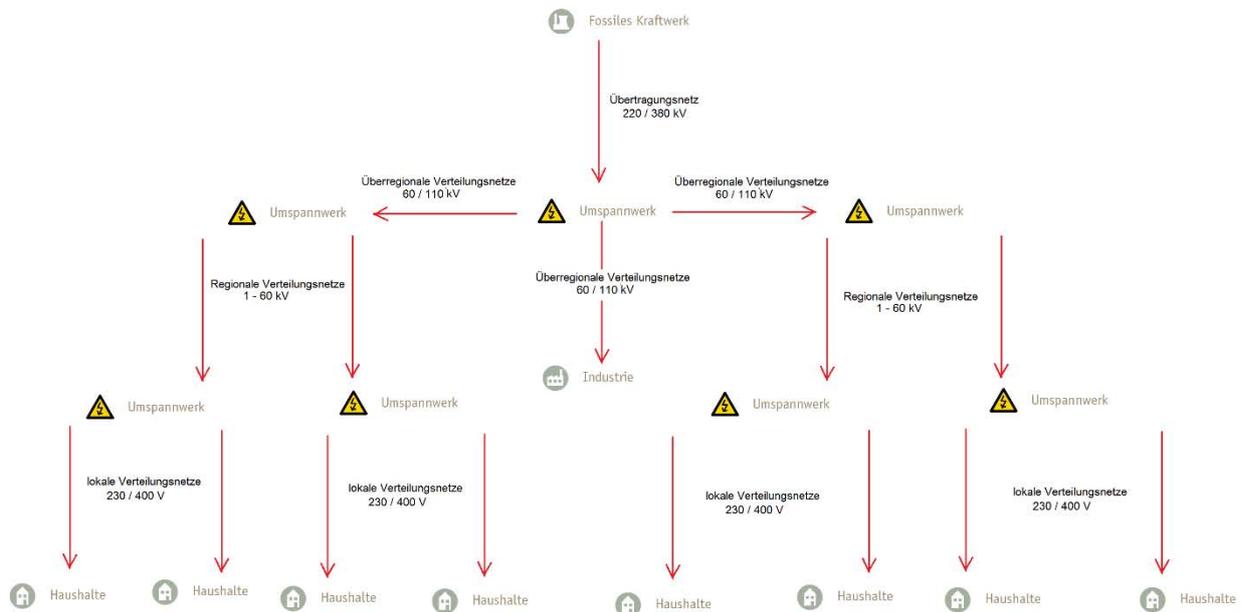
5) Wie kann man Energie speichern?

Musterlösungen

Puzzle (Station 1)



Zusätzliche Vergleichsdarstellung herkömmliches Energieverteilungsnetz



Methoden der Zukunftsforschung: zwei Worst-Case-Szenarien entwickeln

Fragestellung

Welche Risiken kommen auf die Gesellschaft zu, wenn sie sich für bzw. gegen die Einführung des Smart Grids entscheidet? Wie können die Risiken minimiert und Chancen genutzt werden?

Material

- Arbeitsbögen
- Flipchart und Stifte

Durchführung

Vor dem Modul „Szenariotechnik“ sollte Wissen zum Smart Grid aufgebaut worden sein, z.B. mit dem Modul „Energienetz“, mit Computersimulationen o. ä.

Die Lernenden entwickeln in zwei Gruppen jeweils ein Worst-Case-Szenario: eins mit und eins ohne Einführung des Smart Grids. [Anm.: Ursprüngliche Methode mit Best-Case-Szenario. Quelle: <http://www.bpb.de/lernen/unterrichten/methodik-didaktik/62269/methodenkoffer-detailansicht?mid=275>]

Dazu sichten, diskutieren und beurteilen die Gruppen die Informationsmaterialien (Anh. 1+2). Sie analysieren ihr Problemfeld, indem sie Einflussfaktoren identifizieren, Problemfälle generieren und sie auf ihre Plausibilität hin einschätzen. Sie schätzen die Problemfälle hinsichtlich ihrer Folgen ab, beschreiben sie und erstellen eine Mindmap (Anh. 3).

Die Gruppen wählen aus den Problemfällen einen der schlimmsten (plausiblen) aus und fassen ihn kreativ in einem Worst-Case-Szenario zur Präsentation zusammen. Dies kann z.B. ein Nachrichtenspot oder Tagebucheintrag sein. Alternativ kann die Mindmap präsentiert werden oder die wichtigsten Punkte an der Tafel gesammelt und diskutiert werden (Anh. 3).

Auswertung

Die zwei Szenarien werden innerhalb des Plenums reflektiert. Dazu werden die „Knackpunkte“ der jeweiligen Szenarien herausgearbeitet. Die Schülerinnen und Schüler diskutieren die Fragen:

Wie kann ein solches Szenario vermieden werden? Wie sähe ein gutes Szenario aus? Wie kann man das erreichen? Wer ist dafür verantwortlich? Was kann ICH als Bürger oder Bürgerin tun?

Die Lernenden sollen z.B. erkennen, dass es eine zentrale Aufgabe des Smart Grids ist es, Stromverbrauch und -produktion effizient aufeinander abzustimmen und regenerative Energieerzeuger ans Netz anzubinden. Das Smart Grid stellt somit eine Erleichterung bei der Bewerkstelligung der Energiewende dar. Trotzdem gibt es auch reale Risiken wie z.B. Hackerangriffe oder Datenschutzbedenken. Ein Fazit könnte sein, dass das Smart Grid noch kein fertiges System ist, sondern noch in der Gestaltungsphase ist und Mitwirkungsmöglichkeiten bestehen.

Wozu das Ganze?

Szenarien helfen dabei, mit einer unsicheren Zukunft umzugehen und deren Gestaltungsmöglichkeit zu erkennen. Die Lernenden analysieren vorausschauend Entwicklungen, um nicht nachhaltige Entwicklungen zu antizipieren und Lösungen zu finden. Sie lernen, unterschiedliche Werte, Interessen und Sachinformationen gegeneinander abzuwägen und einen eigenen Standpunkt zu erarbeiten (Teilkompetenzen 2 und 6 der Gestaltungskompetenz nach De Haan: www.transfer-21.de).

Dauer

Ca. 45-60 Min.

Anhang

- Arbeitsbögen

Anhang 1: Materialien für den Unterricht

Datum:	Methode der Zukunftsforschung: Szenariotechnik	Blatt-Nr.

Thema: Szenariotechnik

Mit Hilfe der Szenariotechnik werden vor allem längerfristige Zukunftsbilder und Entwicklungsprognosen erdacht. Auf ihrer Basis werden Strategien und geeignete Maßnahmen zu einer positiven Zukunftsentwicklung entworfen und in Gang gebracht.

Ihr sollt heute diese Technik kennenlernen und zum Thema *Energienetz der Zukunft* ein Worst-Case-Szenario entwerfen.

In der Regel werden drei Grundtypen von Szenarien unterschieden:

1. ein positives Extremszenario: es bezeichnet die bestmögliche Zukunftsentwicklung (Best-Case-Szenario)
2. ein negatives Extremszenario: der schlimmste mögliche Entwicklungsverlauf (Worst-Case-Szenario),
3. ein Trendszenario: bezeichnet die Fortschreibung der heutigen Situation in die Zukunft.

Je weiter man mit den Szenarien in die Zukunft „blickt“, desto weiter liegen die drei Grundtypen auseinander.

Szenarien sind aber keine simplen Prognosen oder realitätsfernen Fantasien. Mit der Szenariotechnik werden vielmehr Daten und Informationen mit Einschätzungen und Meinungen verknüpft, sodass als Ergebnis detaillierte und durchaus realistische Beschreibungen entstehen. Mögliche Zukunftssituationen werden veranschaulicht. Die Welt von morgen zeigt sich dabei in extremen Ausprägungen.

Um solche plausiblen und begründbaren Zukunftsbilder zu entwickeln, geht man in vier Schritten vor:

1. Problemfeld analysieren
2. Einflussfaktoren bestimmen
3. Entwicklung der Einflussbereiche prognostizieren
4. Auswirkungen der Einflussfaktoren im Szenario beschreiben

Heute sollt ihr ein Worst-Case-Szenario entwickeln. Dazu sind die einzelnen Phasen für euch in konkreten Aufgabenstellungen vorbereitet und zusammengefasst. Ihr sollt neben nüchternen Überlegungen auch eure Kreativität einsetzen.

Abschließend wird euer Szenario der Klasse vorgestellt. Erarbeitet deshalb z.B. einen Beitrag in einer „Nachrichtensendung“, einen Tagebucheintrag, o.ä. um den anderen Gruppen euer Szenario zu verdeutlichen.

Worst-Case-Szenario: Bisheriges Energienetz (ohne Smart Grid)

Euer Problemfeld

Wir befinden uns im Jahr 2050. Die Ziele der Deutschen Bundesregierung für den Anteil der erneuerbaren Energien im Energienetz wurden nicht konsequent umgesetzt. Die Idee des Ausbaus des Smart-Grids wurde von der Bundesregierung wegen zu hoher Kosten zurückgewiesen. Auch der Ausbau neuer Stromleitungen wurde nur sehr gering umgesetzt, da es immer noch viele Bürgerproteste wegen der Standorte der neuen Stromtrassen gibt.

Es ist also zum größten Teil auch im Jahr 2050 das **heutige Energienetz** vorhanden:

- Es sind unsere heutigen Stromzähler im Einsatz (also keine Smart-Meter)
- Die meisten Haushaltsgeräte werden **manuell** gesteuert (keine Smart-Devices)
- Nur 10 Prozent des Stroms werden aus erneuerbaren Quellen erzeugt.
- Die Strompreise für die Verbraucher sind gestiegen.
- Für Smarte Technologien ist jetzt vor allem China der Vorreiter.

Arbeitsauftrag

Stellt euch vor, ihr lebt in dieser Zukunftsvision.

1. Erstellt auf der Basis der Informationen vom heutigen Tag eine Mindmap mit den wichtigsten Aspekten zum heutigen Energienetz.
2. Macht euch mithilfe des Infotextes ein Bild über die Probleme, die durch den Einsatz des heutigen Energienetzes zukünftig entstehen und ergänzt damit eure Mindmap.
3. Überlegt euch mithilfe dieser Informationen die schlimmste – aber dennoch plausible – Zukunftsaussicht (lasst dabei eure Kreativität kräftig wirken), die der Ausbau der erneuerbaren Energien bietet. Stellt euch dabei auch folgende Fragen:
 - a. Welche negativen Auswirkungen hat das für euch (den Stromverbraucher)?
 - b. Gibt es auch negative Auswirkungen für die Stromkonzerne?
 - c. Was könnte bei „energiekritischen“ Wetterlagen passieren?
 - d. Welche Maßnahmen könnten sich Netzbetreiber zur Aufrechterhaltung der Stromversorgung ausdenken?
 - e. Wie weit hat sich die Erde inzwischen erwärmt? Was bedeutet das?
4. Sammelt alle negativen Auswirkungen in eurer Gruppe und fasst sie in einem Worst-Case-Szenario zusammen. Erstellt dann z.B. einen Beitrag in einer kurzen „Nachrichtensendung“, einen Tagebucheintrag, o.ä., um eure Ideen zu präsentieren.

Worst-Case-Szenario: Smart-Grid

Euer Problemfeld

Wir befinden uns im Jahr 2050. Die Ziele der Deutschen Bundesregierung für den Anteil der erneuerbaren Energien im Energienetz wurden konsequent umgesetzt, so dass 80% des Stroms aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden. Gleichzeitig wurde in den letzten Jahrzehnten der Ausbau des Smart-Grids in Deutschland stark vorangetrieben. Die wichtigsten Änderungen bei diesem Ausbau waren vor allem:

- In jedem Haushalt ist ein **Smart-Meter** (intelligente Stromzähler) installiert. Der größte Teil der Haushaltsgeräte besteht aus **Smart-Devices** (Geräte, die mit dem Smart-Meter kommunizieren).
- Es wurden große, **dezentrale Rechenzentren** gebaut, die für die Auswertung und Verarbeitung der Daten zuständig sind.
- Es gibt **variable Stromtarife**

Arbeitsauftrag

Stellt euch vor, ihr lebt in dieser Zukunftsvision.

1. Erstellt auf der Basis der Informationen vom heutigen Tag eine Mindmap mit den wichtigsten Aspekten zum Smart Grid.
2. Macht euch mithilfe der Infotexte ein Bild über die Probleme, die durch den Einsatz der Smart-Meter zukünftig entstehen und ergänzt damit eure Mindmap.
3. Überlegt euch mithilfe dieser Informationen die schlimmste – aber dennoch plausible – Zukunftsaussicht (lasst dabei eure Kreativität kräftig wirken), die der Ausbau des Smart Grids bietet. Stellt euch dabei auch folgende Fragen:
 - a. Welche negativen Auswirkungen hat das für euch (den Stromverbraucher)?
 - b. Gibt es auch negative Auswirkungen für die Stromkonzerne?
 - c. Was kann mit den gesammelten Daten passieren?
 - d. Funktionieren die Smart-Devices korrekt? Was könnte passieren, wenn sie es nicht tun?
4. Sammelt alle negativen Auswirkungen in eurer Gruppe und fasst sie in einem Worst-Case-Szenario zusammen. Erstellt dann z.B. einen Beitrag in einer kurzen „Nachrichtensendung“, einen Tagebucheintrag, o.ä., um eure Ideen zu präsentieren.

Datum:	Erwartungshorizont	Blatt-Nr.
--------	--------------------	-----------

Thema: Szenariotechnik

- a. Mindmap zum Smart Grid oder dem bisherigen Energienetz, um alle Informationen aus den vorigen Unterrichtsphasen (Modulen) zu sammeln und zu festigen
 - i. Smart Grid könnte folgende Unterpunkte haben: Smart Devices, Smart Meter, intelligente Steuerung, Energieeffizienz, ...
 - ii. bisheriges Energienetz: Erneuerbare Energien, Stromleitungen (-trassen), feste Stromtarife, Tageszeitabhängiger Energieverbrauch, ...
- b. Durch die Infotexte sollen die Mindmaps mit möglichen negativen Folgen des jeweiligen Szenarios erweitert werden
 - i. Smart Grid: Hackangriffe, Privatsphäre, ungeschützter Smart Meter, ...
 - ii. bisheriges Energienetz: Stromausfälle (Ausbau der Fernleitungen nicht genügend vorangeschritten), Energie wird immer teurer und vom Verbraucher bezahlt, Streit um Trassenführung, Energiewende kommt ins Stocken: Klimawandel verschärft sich, Folgen: ...
- c. Ausarbeitung der schlimmsten möglichen Folgen des jeweiligen Szenarios in Stichpunkten
 - i. Erarbeitung der kreativen Präsentation: Nachrichtensendung, Tagebucheintrag
- d. Präsentation der Ausarbeitung
- e. Reflexionen der Szenarien

Anhang 2: Vorschläge für ergänzende Materialien aus diversen Quellen:

1. Hacker schalten Europa den Strom aus (Thema Sicherheit; Thema Stromausfall)



2012 erschienener Roman *Blackout* von Marc Elsberg (ISBN-13: 978-3764504458):

Inhalt:

An einem kalten Februarabend geht in Italien das Licht aus. In Europa brechen die Energienetze weitgehend zusammen, Kraftwerke schalten sich ab, Fahrstühle und U-Bahnen stecken fest.

Der italienische Ex-Hacker und Informatiker Piero Manzano entdeckt einen eingeschleusten Code in seinem intelligenten Stromzähler, welche in Italien flächendeckend eingesetzt werden. Die europäischen Energienetze und insbesondere die Software-Systeme der Kraftwerke werden durch Hacker angegriffen, Energienetze brechen zusammen, Schäden an Kraftwerken entstehen.

Manzano versucht, die Behörden zu informieren, aber niemand glaubt ihm. So verstreicht wertvolle Zeit, in der der Stromausfall nicht bekämpft wird. Einige der Folgen: Nahrungs- und Wasserversorgung sowie öffentlicher Verkehr und medizinische Versorgung brechen zusammen. Ein Wettlauf mit der Zeit beginnt und ein Kampf ums Überleben. Obwohl die Behörden rund um die Uhr arbeiten und z.B. Notunterkünfte bereitstellen, wird die Situation immer dramatischer: Kälte und Nahrungsmangel führen zu Diebstahl, Plünderungen und Schwarzmärkten. Die mangelnde medizinische Versorgung und fehlende Entsorgung von Abwässern und Müll zu Seuchen.

Am Ende des Romans können die Hacker zwar entlarvt und unschädlich gemacht werden, aber es ist ein riesiger materieller Schaden entstanden und es gibt Tausende Todesopfer. Die Gesellschaft braucht Jahre, um sich von der Katastrophe zu erholen.

Welche Folgen hat das wohl für die Einschätzung der Sicherheit von Smart Metern und für das Smart Grid?

2. Wenn der Smart Meter das Fernsehprogramm verrät (Thema Datenschutz)

Ausschnitt aus einem online-Spektrumartikel¹ von 2014:

„Immer wieder haben Informatiker in der Vergangenheit Sicherheitslücken entdeckt und diese öffentlich gemacht.

Ulrich Greveler, Informatikprofessor an der Hochschule Rhein-Waal, erinnert sich noch gut daran, wie er das Smart Home in Misskredit brachte. Vor knapp drei Jahren hatte der Forscher gemeinsam mit Kollegen von der Fachhochschule Münster herausgefunden, dass anhand der Daten eines intelligenten Stromzählers auf den Film geschlossen werden kann, den der Verbraucher gerade im Fernsehen ansieht. "[Smart Meter verraten Fernsehprogramm](#)"²: Diese Schlagzeile ging darauf durch alle Medien.

Die Forscher hatten lediglich die Daten, die ein Stromzähler des Aachener Energieberaters Discovery alle zwei Sekunden vom Privathaushalt an das Rechenzentrum des Anbieters schickte, abgefangen und algorithmisch ausgewertet. Die Zahlen abzufangen war einfach – sie wurden damals unverschlüsselt übertragen. Anhand des sekundengenauen Stromverbrauchs lassen sich nicht nur einzelne Haushaltsgeräte identifizieren, da sie einen charakteristischen Verbrauch haben, sondern sogar die Sendung, die gerade im Fernsehen läuft, da helle und dunkle Szenen einen unterschiedlichen Strombedarf haben.

"Wir haben einen Nerv getroffen und die Leute wachgerüttelt", sagt Greveler – mit Erfolg: Der betroffene Hersteller stopfte die Sicherheitslücke, die Öffentlichkeit ist sensibilisiert für die Gefahren des intelligenten Hauses. "

¹ Quelle: <http://www.spektrum.de/news/wenn-das-haus-fuer-uns-denkt/1256592> (letzter Zugriff: Feb 2015)

² <http://www.heise.de/security/meldung/Smart-Meter-verraten-Fernsehprogramm-1346166.html> (letzter Zugriff: Feb 2015)

3. Die verpasste Energiewende (Thema Klimawandel)

Entnommen aus:

Lernangebot Nr. 5: Szenariotechnik am Beispiel Klimawandel, Klimaschutz und Klimapolitik

(Erstellt 2007 von der „AG Qualität & Kompetenzen“ des Programms Transfer-21)³

Einflussfaktor	Ist-Zustand heute	Wahrscheinlich im Jahr 2050	Einflussfaktor	Ist-Zustand heute	Wahrscheinlich im Jahr 2050
 Zahl der regelmäßig genutzten Autos	ca. 0,5/Einw.		 Internationale Abkommen	Kyoto-Protokoll in Kraft	
 Flugverkehr in Flüge pro Einwohner/Jahr	ca. 1,8		 CO ₂ -Ausstoß (2002)	860 000 000 t	
 Fossile u. atomare Energie (Anteil a. d. Stromerzeugung)	90 %		 CO ₂ -Konzentration	ca. 360 ppm	
 Erneuerbare Energie (Anteil a. d. Stromerzeugung)	10 %		 Mittl. Temperatur im Vergleich zu heute	0	
 Energie-Produktivität (vgl. 1990 = 100)	124		 Meeresspiegel im Vergleich zu heute	0	



ARBEITSAUFTRAG:

1. *Erstellt ein negatives Extremszenario!*

Orientiert euch dabei an den folgenden Stichpunkten und den Vorgaben in der Tabelle:

- Das Kyoto-Protokoll scheitert, Folgevereinbarungen gibt es nicht.
- Statt auf erneuerbare Energien setzen die großen Staaten auf Atomkraft. Entwicklung, Betrieb und Sicherheit verschlingen Milliarden. Zugleich werden Ölquellen und Kohlelagerstätten bis zum letzten Tropfen bzw. Gramm ausgebeutet.
- Neue Technologien dienen hauptsächlich dem Schutz der Reichen vor Umweltgiften und Naturkatastrophen.
- Die Erde heizt sich um mehr als vier Grad Celsius auf.

³ <http://www.transfer-21.de/index.php?p=320> (letzter Zugriff: Feb. 2015)

Anhang 3: Einblick in die Unterrichtssituation an der Freien Universität Berlin

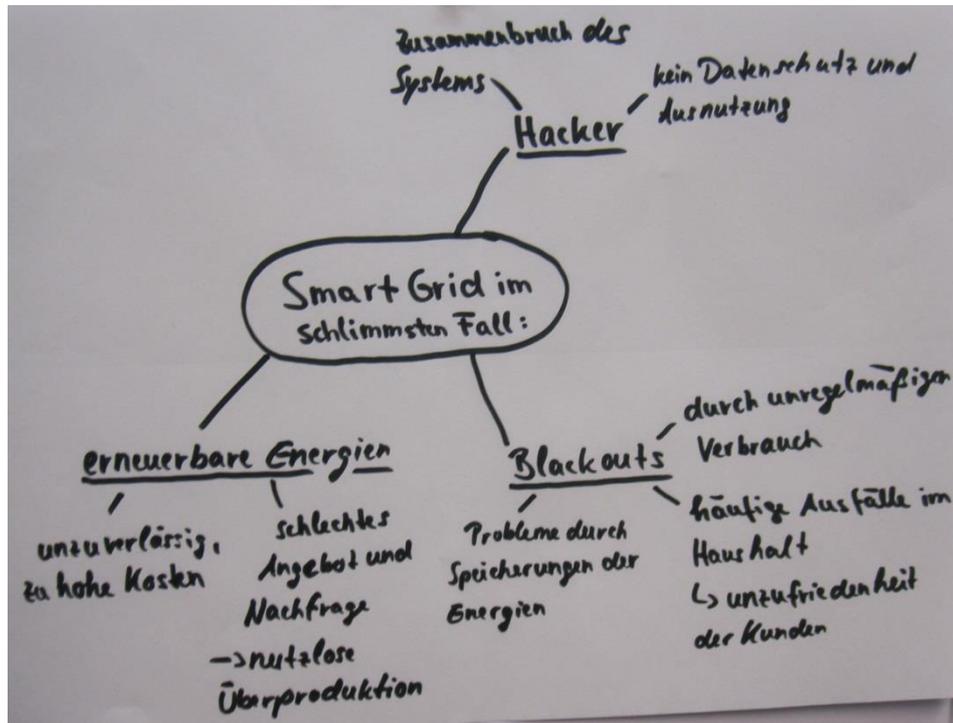


Abbildung 1: Beispiel-Mindmap für ein Worst-Case-Szenario Smart Grid

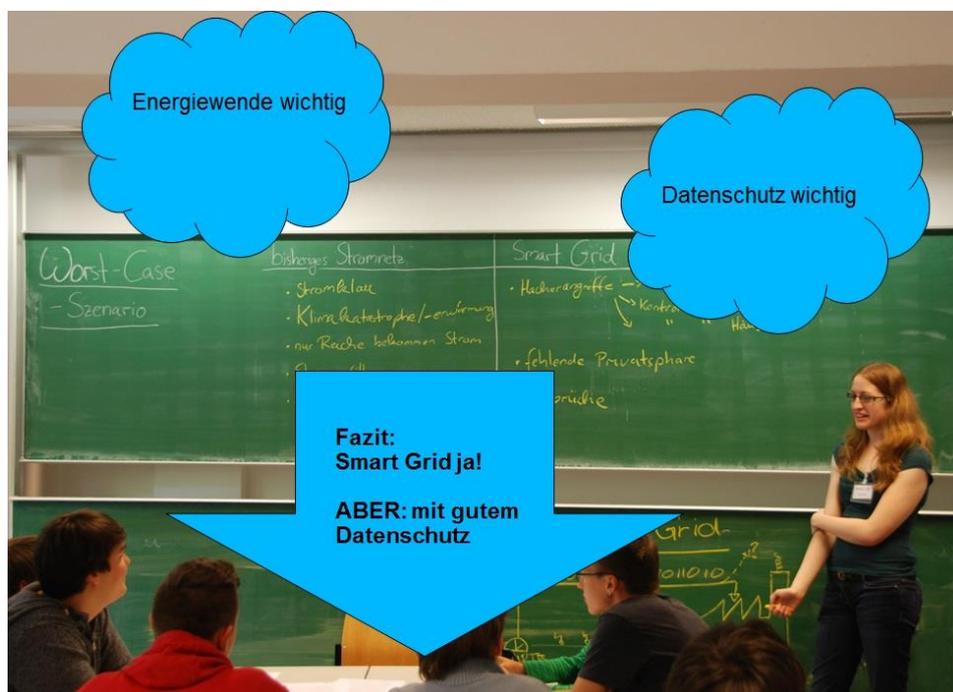


Abbildung 2: Schulklasse diskutiert mögliche Folgen aus den Szenarien und zieht ein Fazit

Gestaltungsmöglichkeiten des Smart Grid

Fragestellung

Wie sollte das Smart Grid gestaltet werden? Welche sozialen, ökonomischen und ökologischen Vor- und Nachteile sollten berücksichtigt werden?

Material

- Anwendungsfälle (gedruckt A5)
- Magnete + Tafel
- Moderationskarten

Durchführung

Vorbereitend werden die Anwendungsfälle des Smart Grid an der Tafel angebracht und mit den Kategorien „Sozial“, „Umwelt“ und „Wirtschaft“ gekennzeichnet. In einem Lehrervortrag wird erläutert, dass das Smart Grid noch nicht existiert, die Gestaltung des Systems noch verhandelt wird. Anwendungsfälle als Methode der informatischen Modellierung werden vorgestellt. Die Schülerinnen und Schüler sammeln in Kleingruppen pro Kategorie Positiv- und Negativargumente, die sie an entsprechender Stelle unter dem Anwendungsfall anbringen. Nach wenigen Minuten rotieren sie zum nächsten Fall – bereits bestückte Anwendungsfälle sollen von anderen Gruppen erweitert werden. Vor dem Beginn der Gruppenarbeit sollte ein Anwendungsfall gemeinsam mit der Lerngruppe erschlossen werden.

Auswertung

Während der Gruppenarbeit sollte die Lehrkraft nach fachlich falschen Argumenten Ausschau halten und diese im Anschluss an die Gruppenarbeit thematisieren. Die gesammelten Anwendungsfälle sollten an der Wand hängen bleiben, oder fotografiert und ausgedruckt werden, damit sie für das Modul „Rollenspiel“ genutzt werden können.

Wozu das Ganze?

Innerhalb der Unterrichtsreihe nimmt die Analyse der Anwendungsfälle eine vorbereitende Stellung ein. Sie liefert den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, auf Basis verschiedener Perspektiven Argumente vorzubereiten, die sie anschließend im Rollenspiel nutzen können. Die neun Anwendungsfälle sind so gewählt, dass sie den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, erfolgreich am folgenden Rollenspiel teilzunehmen.

Durch die Analyse der Anwendungsfälle wird weiterhin ein ausgewogenes Beurteilen des Smart Grid ermöglicht. Hierbei steht nicht die Frage „Wollen wir ein Smart Grid?“ im Vordergrund, sondern die Frage „Wie sollte das Smart Grid gestaltet sein?“.

Dauer

Ca. 45 Minuten

Anhang

- Anwendungsfälle
- Beispiel: einen Anwendungsfall ausfüllen
- Zusätzliche Anwendungsfälle

Hinweis: Jeder der folgenden Anwendungsfälle sollte auf eine A5 geschrieben/gedruckt werden.

Sämtliche Haushaltsgeräte können online vom Verbraucher gesteuert werden.

Zur Stromerzeugung werden große Offshore Windparks in der Nordsee errichtet.

Die Speicherung der Energie wird über Pumpspeicherkraftwerke realisiert.

Die Daten der Smart-Meter sind nicht anonymisiert und können von Dritten erworben werden.

Der Energieerzeuger hat Zugriff auf private Energiespeicher im Haushalt (Wärmetanks, Elektroautos).

Strom wird ausschließlich aus erneuerbaren Energien gewonnen. Sämtliche konventionelle Kraftwerke (Kernkraft, Kohle) werden abgeschaltet.

Das Stromnetz wird um neue Hochspannungstrassen erweitert.

Die Einspeisung privater Solaranlagen ins Netz wird vom Netzbetreiber reguliert. Alle Solaranlagen müssen an das Stromnetz angeschlossen werden.

Ackerflächen sollen mit Solaranlagen zur Energieerzeugung genutzt werden. Der Staat subventioniert schnelle und preisgünstige Lösungen.

Beispiel:



Zusätzliche Anwendungsfälle (können bei Bedarf genutzt werden)

Haushalte als Energiespeicher

1. Über das Smart Meter kann der Stromerzeuger auf bestimmte Energiespeicher im Haushalt zugreifen (Wärmetanks, Elektroautos), um überschüssigen Strom zu speichern und bei Versorgungsengpässen wieder abzurufen. Überproduktionen von Strom durch erneuerbare Energien können so dezentral gespeichert werden.
2. Der Stromanbieter kann auf den Akku eines Elektroautos zugreifen um Lastspitzen auszugleichen.

Bebauung & Umwelt

1. Auf dem Land werden vermehrt Windräder aufgestellt, um regional Strom für die ansässigen Gemeinden zu erzeugen.
2. Zur Stromerzeugung werden große Offshore Windparks in der Nordsee errichtet.
3. Um den erzeugten Strom von bestimmten erneuerbaren Energien besser da einsetzen zu können wo er gebraucht wird, wird das Stromnetz um neue Hochspannungstrassen erweitert.
4. Die Speicherung der Energie wird über Pumpspeicherwerke realisiert.
5. Die Speicherung der Energie wird über Wasserstoff / Erdgasspeicher realisiert.
6. Zur Biogasproduktion wird vermehrt auch Raps benutzt. Dadurch kann der Anteil der Erneuerbaren Energien deutlich gesteigert werden. Es werden weniger Ressourcen wie Öl und Kohle gebraucht.
7. Strom wird ausschließlich aus erneuerbaren Energien gewonnen. Sämtliche konventionelle Kraftwerke (Kernkraft, Kohle) werden abgeschaltet.

Zugriff auf elektronische Geräte & Komfort

1. Die Kaffeemaschine stellt sich morgens automatisch zum Aufstehen an indem sie erkennt, wann geduscht wird.
2. Sämtliche Haushaltsgeräte können online vom Verbraucher gesteuert werden.
3. Über euer Smartphone könnt ihr übers Internet elektronische Geräte in eurem Haushalt ansteuern.
4. Andere Parteien (WG-Mitglieder, Gäste, Temporäre Nutzer, der Stromanbieter, Konzerne, usw.) sollen auf die elektronischen Geräte in eurem Haushalt Zugriff haben.

Smarte elektronische Geräte

1. Haushaltsgeräte erkennen, wann der Strom am günstigsten ist und schalten sich dann automatisch an.
2. Wenn Strom teuer ist, schalten sich bestimmte Haushaltsgeräte automatisch ab.

Stromversorgung Autark

1. Über Photovoltaikanlagen kann der Verbraucher selbst Strom ins Stromnetz einspeisen.

Daten vom Smart Meter

1. Verbraucher nutzen die vom Smart Meter gespeicherten Daten um eine sehr gute Übersicht über ihren Verbrauch zu erlangen.
2. Die Smart Meter sammeln durchgehend/Stündlich/Täglich/Wöchentlich Informationen über den Stromverbrauch und machen sie dem Kunden unverschlüsselt zugänglich, damit dieser seinen eigenen Stromverbrauch überschauen kann.
3. Die Smart Meter sammeln (durchgehend, stündlich, täglich, wöchentlich) Daten, welche über einen festgelegten Zeitraum gespeichert werden um das Verhalten der Nutzer anonymisiert nachvollziehen zu können und das Funktionieren des Netzes zu gewährleisten.
4. Daten des Smart Meters stehen dem Netzbetreiber zu Verfügung. Damit kann der aktuelle und zukünftige Stromverbrauch sehr gut abgebildet / prognostiziert werden.
5. Der Netzbetreiber sammelt Smart-Meter (Verbraucherdaten) der Haushalte und wertet diese aus, um zuverlässige Prognosen über den Energieverbrauch zu tätigen.
- Der Stromanbieter verkauft die Daten und leitet sie an Dritte weiter.
 - Der Stromanbieter verkauft die Daten und leitet sie anonymisiert an Dritte weiter.
6. Erzeuger nutzen die Daten der Smart Meter um den Kunden Einsparungsmöglichkeiten im eigenen Haushalt aufzuzeigen und speziell angepasste Tarife anzubieten. -> automatische Energieberatung
7. Ein Fernsehhersteller wirbt mit ökologischen Fernsehern, die sich selbstständig abstellen, falls der Nutzer einschläft oder in den Urlaub fährt. Dafür benötigen sie die Daten des Smart-Meters und der Smart-Watch. Dies muss in den Nutzerbedingungen akzeptiert werden.

Ein Smart-Grid und erneuerbare Energieerzeugung planen

Fragestellung

Wie können ein Smart-Grid und neue erneuerbare Energieerzeugungsanlagen unter Berücksichtigung aller Interessen der Beteiligten umgesetzt werden?

Material

- Rollenbeschreibungsbögen
- Moderationshilfe
- Smart-Board / Beamer mit PC
- Beschreibbares Klebeband

Durchführung

Vor der Durchführung sollte die Thematik Smart-Grid und erneuerbare Energien auf Sachebene behandelt worden sein. Die Schülerinnen und Schüler sollten zudem zwingend einige Argumente kennen, die für und gegen das Smart-Grid sprechen und dessen Auswirkungen auf die Gesellschaft kennen (siehe Modul: „Anwendungsfälle im Smart-Grid“).

Die Schülerinnen und Schüler erhalten die Rollenbeschreibung und anschließend ca. 10 Minuten Zeit, sich Argumente für ihre jeweilige Rolle zu notieren. Anschließend folgt das Rollenspiel in Form einer moderierten Gruppendiskussion nach der Methode „Fish-Bowl“. Die Dauer des Rollenspiels sollte bei ca. 30 Minuten liegen und kann bei Bedarf verlängert werden.

Auswertung

Die Auswertung erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt werden die Lernenden in ihren Rollen aufgefordert, eine Meinungslinie zu bilden bei der sie angeben, wie zufrieden sie mit dem Ergebnis der Konferenz sind. Es bietet sich hier an, Extremmeinungen zu befragen. Im zweiten Schritt verlassen die Lernenden ihre Rollen und können sich zum Spiel äußern. Anschließend bilden sie erneut eine Meinungslinie – diesmal jedoch aus der eigenen Perspektive. Hierbei sollten Schülerinnen und Schüler, die einen starken Wechsel vollzogen haben, befragt werden.

Wozu das Ganze?

Neue Energieerzeugungsanlagen und die Einführung eines Smart-Grid sind nicht grundsätzlich positiv oder negativ zu bewerten. Vielmehr steht im Vordergrund, dass alle beteiligten Menschen in der Gesellschaft Ängste und Wünsche in diesem Zusammenhang haben. Dieses Rollenspiel soll aufzeigen, dass im Diskurs über neue Technologien oder notwendige Veränderungen durchaus eine unmittelbare Beteiligung der Einzelnen möglich ist, die zu einer spezifischen Gestaltung des Systems führen kann.

Dauer

Ca. 90 Minuten

Anhang

- Szenariobeschreibung
- Rollenbeschreibung (doppelseitig)
- Moderationshilfe

Rollenspiel – Einführung eines SMART-Grids

Ihr befindet euch in dem fiktiven Ort Unserhausen, in dem ein SMART-Grid samt erneuerbaren Energien eingeführt werden soll. Der Grund dafür ist, dass durch einen Klimagipfel vor wenigen Wochen beschlossen wurde, die CO₂-Emissionen zu senken. Dabei wurde entschieden, dass in Zukunft 80% des erzeugten und verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Energien stammen soll! Dafür müssen konventionelle Kohle-, Gas und Atomkraftwerke in großem Maß abgeschaltet werden. In einer Versammlung treffen sich nun verschiedene Interessensgruppen um über die konkrete Umsetzung zu diskutieren und die Frage zu klären, wie das SMART-Grid nun umgesetzt werden soll. Es existiert zudem eine Expertengruppe, die über alle notwendigen Daten verfügt, die den Stromverbrauch, mögliche Standorte für Windparks, Solaranlagen, etc. umfassen. Diese Experten werden sich regelmäßig zu Wort melden und euch aufzeigen, ob diskutierte Ideen umsetzbar sind. Bei der Diskussion sind folgende Punkte zu beachten:

- Alle Interessensgruppen möchten das SMART-Grid aufbauen
- Die Verteilung der 80% an erneuerbaren Energien kann nicht durch einen Windpark, Solarpark oder Offshore-Windpark realisiert werden
- Am Ende der Diskussion soll ein tragfähiger Kompromiss entstehen, in dem alle beteiligten Interessensgruppen ausreichend berücksichtigt sind

Netzbetreiber (UH-Net)



Ihr befindet euch in der Rolle des lokalen Netzbetreibers (UH-Net), der dafür verantwortlich ist, dass die Stromversorgung des Orts zu jedem Zeitpunkt gewährleistet ist. Ihr seid als Netzbetreiber für alle Ideen offen, solange die Netzstabilität und die Versorgung des Orts gesichert sind. Ihr vertretet die Auffassung, dass erneuerbare Energien am besten dezentralisiert aufgestellt werden sollten, um mögliche Schwankungen

besser ausgleichen zu können (z.B. Photovoltaikanlage an einem wolkenigen Tag). Für eine gute Netzstabilität benötigt ihr das SMART-Meter mit möglichst feiner Datenauflösung, damit ihr den aktuellen Verbrauch gut erfassen könnt. Wer die Kosten für die SMART-Meter trägt ist euch egal, solange ihr selbst dafür nicht aufkommen müsst. Ihr könnt aber auch damit umgehen, wenn SMART-Meter nicht eingeführt werden, oder weniger Daten erfasst werden. Ihr pocht auf den Bau einer neuen Stromtrasse um z.B. in der Nacht genügend Strom aus dem Verbundnetz zu erhalten und ihr auch bei sehr gutem Wetter genügend Strom in das Verbundnetz einspeisen könnt. Zudem wollt ihr ausreichend Speicherkapazitäten errichten.

Sammelt euch an der Argumentegalerie passende Argumente für eure Ziele heraus und nutzt diese geschickt! Verwendet auch **spontane, eigene Ideen!** Auf der Rückseite ist ausreichend Platz dafür vorhanden. Das grau hinterlegte Ziel ist euer Geheimnis, niemand darf dies erfahren. Aber ihr möchtet dieses Ziel unbedingt erreichen!

Ziele

- Netzstabilität (Netzfrequenz)
- Versorgungssicherheit
- Speicherkapazitäten errichten
- SMART-Meter einführen ohne selbst dafür zahlen zu müssen
- Daten aus SMART-Meter verkaufen

Meinungen & Argumente

- Dezentrale erneuerbare Energieerzeugung besser (Versorgungssicherheit)
- SMART-Meter muss eingeführt werden um einen Überblick über den Verbrauch zu haben
- Die Daten der SMART-Meter müssen so fein wie möglich sein
- Eine neue Stromtrasse muss auf jeden Fall gebaut werden (Netzstabilität)

Verhalten

- Netzstabilität und Versorgungssicherheit stehen nicht zur Diskussion
- Umsetzung der Stromtrasse ist verhandelbar (oberirdisch, unterirdisch)
- Umsetzung des SMART-Meter ist verhandelbar (ihr wollt es aber haben)
- Die Form der Energiespeicherung ist euch nicht sonderlich wichtig
- Kompromissfähig, ihr möchtet aber überzeugt werden

Energiekonzern (UH-Energy)



Ihr befindet euch in der Rolle des lokalen Energiekonzerns (UH-Energy), der die Kraftwerke betreibt, die abgeschaltet werden sollen. Ihr wollt auf jeden Fall ein paar Kraftwerke erhalten um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, ihr wollt diese Kraftwerke aber subventioniert wissen! Die Schließung von Kraftwerken würde zudem bedeuten, dass Arbeitsplätze verloren gehen. Ihr habt bisher nicht in erneuerbare Energien investiert, könnt es euch aber vorstellen, in den Sektor der erneuerbaren Energien einzusteigen, wenn es zentrale Standorte gibt, die ihr betreibt. Ihr wollt dabei aber möglichst wenig Geld für neue Windparks oder Solaranlagen ausgeben aber möglichst viel Geld damit verdienen! Ihr wollt auf jeden Fall eine neue Stromtrasse, die möglichst günstig ist, gebaut haben, damit eure Kraftwerke noch Strom verkaufen können! Das SMART-Meter wollt ihr

am besten in jedem Haushalt sehen. Die Kosten dafür sollen natürlich die Verbraucher tragen! Speicherkapazitäten wollt ihr grundsätzlich nicht errichten, es sei denn, ihr könnt ein zentrales, von euch betriebenes Pumpspeicherkraftwerk errichten.

Sammelt euch an der Argumentegalerie passende Argumente für eure Ziele heraus und nutzt diese geschickt! Verwendet auch **spontane, eigene Ideen!** Auf der Rückseite ist ausreichend Platz vorhanden. Das grau hinterlegte Ziel ist euer Geheimnis, niemand darf dies erfahren. Aber ihr möchtet dieses Ziel unbedingt erreichen!

Ziele

- Energiemonopol wahren und maximalen Profit erwirtschaften
- Zentrale Kraftwerke erhalten (subventioniert)
- Pumpspeicherkraftwerk errichten
- SMART-Meter einführen
- Dreckige und billige Kohlekraftwerke erhalten

Meinungen & Argumente

- Zentrale erneuerbare Energieerzeugung besser (Versorgungssicherheit)
- SMART-Meter muss eingeführt werden um einen Überblick über den Verbrauch zu haben
- Die Kosten müssen möglichst gering sein
- Eine neue Stromtrasse muss auf jeden Fall gebaut werden (Netzstabilität)

Verhalten

- Zentrales Kraftwerk muss erhalten bleiben, Subvention dafür wichtig
- Umsetzung der Stromtrasse ist verhandelbar (oberirdisch, unterirdisch)
- Pumpspeicherkraftwerk ist nicht zwingend notwendig
- Umsetzung des SMART-Meter ist verhandelbar (ihr wollt es aber haben)
- Kompromissfähig, ihr möchtet aber überzeugt werden

Aktivistenverband



Ihr befindet euch in der Rolle eines Zusammenschlusses von Umwelt- und Menschenrechtsaktivisten! Euer wichtigstes Anliegen ist es, weltweit die Menschenrechte und Umwelt so gut wie möglich zu schützen. Ihr seid auf jeden Fall für erneuerbare Energien, denn die Energiekonzerne sind für euch nicht mehr tragbar! Die Kosten für erneuerbare

energie sollen am besten vom Staat oder den Energiekonzernen getragen werden. Ihr betrachtet bei der Aufstellung von neuen Windkraftanlagen und Solaranlagen immer den gesamten Produktionsprozess: Wo wird unter welchen Bedingungen produziert und welche Stoffe werden verarbeitet? Ihr wollt also Produkte aus der EU um gegen die Ausbeutung in China zu protestieren, der höhere Preis soll durch Subventionen vom Staat ausgeglichen werden! Euch ist wichtig, dass in den Anlagen möglichst keine giftigen Stoffe und seltene Erden verbaut werden. Ihr seid gegen Offshore-Windparks, um die dort lebenden Vögel, Fische und Meeressäuger zu schützen. Das Thema Pumpspeicherkraftwerk ist für euch nicht verhandelbar, diese Art von Eingriff in die Natur ist niemals tolerierbar. Neuen oberirdischen Stromtrassen seid ihr kritisch gegenüber, unterirdischer Trassen sind die richtige Wahl für euch! Die Thematik SMART-Meter ist für euch sehr problematisch, da für euch der Datenschutz nicht gewährleistet werden kann.

Sammelt euch an der Argumentegalerie passende Argumente für eure Ziele heraus und nutzt diese geschickt! Verwendet auch **spontane, eigene Ideen!** Auf der Rückseite ist ausreichend Platz vorhanden. Das grau hinterlegte Ziel ist euer Geheimnis, niemand darf dies erfahren. Aber ihr möchtet dieses Ziel unbedingt erreichen!

Ziele

Umwelt schützen: Unterirdische Stromtrasse und möglichst kein Offshore-Windpark
 Menschenrechte schützen: Keine Solaranlagen aus China
 Erneuerbare Energien einführen, aber ohne SMART-Meter
 Kein Pumpspeicherkraftwerk, dezentrale Energiespeicherung
 Energiekonzerne entmachten, Kraftwerke schließen!

Meinungen & Argumente

Menschenrechte und Umweltschutz in China ist katastrophal
 Umwelteingriff bei Offshore-Anlagen sehr massiv
 Pumpspeicherkraftwerk ist ein unzumutbarer Eingriff in die Natur
 Eine neue Stromtrasse kann nur unterirdisch gebaut werden

Verhalten

Umsetzung der Stromtrasse ist verhandelbar (oberirdisch, unterirdisch), wenn kein Pumpspeicherkraftwerk gebaut wird!
 Subvention von Solarmodulen ist wichtig
 Kompromissfähig, ihr möchtet aber überzeugt werden

Skeptische Bürgergruppe (Schützt Unserhausen)



Ihr befindet euch in der Rolle einer skeptischen Bürgergruppe (Schützt Unserhausen)! Ihr verfolgt den Grundsatz: „So wie es jetzt ist, ist doch alles prima! Warum sollen wir etwas verändern?“ Ihr wollt aber dennoch, wenn es möglich erscheint, von Veränderungen profitieren. Wenn es um erneuerbare Energien geht, wollt ihr diese lieber zentral als Offshore-Anlagen möglichst weit weg von euren Grundstücken sehen. Diese Anlagen müssen möglichst wenig Kosten verursachen. Ihr wisst aber, dass Solaranlagen aus China unter schlechten Bedingungen hergestellt werden und dass in Windkraftanlagen seltene Erden verbaut sind. Ihr findet eine Subventionierung von in der EU hergestellten Anlagen gut. Neue oberirdische Stromtrassen sind für euch ein Ärgernis, ihr wollt nicht auf eure Kleingartenanlagen verzichten! SMART-Meter kennt ihr nicht und seid

daher skeptisch. Ihr wollt auf jeden Fall nicht extra dafür bezahlen und Daten sollen nur pro Straßenzug erfasst werden! Solaranlagen findet ihr grundsätzlich gut, aber ihr gebt zu bedenken, dass auf denkmalgeschützten Gebäuden keine Solaranlagen gebaut werden dürfen! Ein Pumpspeicherkraftwerk weit weg von eurer Gemeinde ist für euch besser als Batterien im Haus, die Platz wegnehmen!

Sammelt euch an der Argumentegalerie passende Argumente für eure Ziele heraus und nutzt diese geschickt! Verwendet auch **spontane, eigene Ideen!** Auf der Rückseite ist ausreichend Platz dafür vorhanden. Das grau hinterlegte Ziel ist euer Geheimnis, niemand darf dies erfahren. Aber ihr möchtet dieses Ziel unbedingt erreichen!

Ziele

- Möglichst nichts verändern
- Wenn erneuerbare Energien: Möglichst billig für mich
- Keine erneuerbaren Energien in meiner Nähe
- Zentrale Energieerzeugung (Solar- und Windparks) errichten
- Ihr besitzt Aktien der Energiekonzerne und wollt diese schützen

Meinungen & Argumente

- Zentrale erneuerbare Energieerzeugung besser
- Energiekonzerne können viel günstiger Strom produzieren
- Die Daten der SMART-Meter müssen so grob wie möglich sein
- Ein Pumpspeicherkraftwerk ist eine super Idee

Verhalten

- Erneuerbare Energien nur, wenn nicht in eurer nahen Umgebung
- Keine zusätzlichen Kosten für euch
- Umsetzung des SMART-Meter ist möglich, ihr wollt überzeugt werden
- Kompromissfähig, ihr möchtet aber überzeugt werden

Begeisterte Bürgergruppe (Pro Fortschritt)



Ihr befindet euch in der Rolle einer begeisterten Bürgergruppe (Pro Fortschritt)! Ihr seid neuen Technologien gegenüber immer aufgeschlossen und habt ein ausgeprägtes Bewusstsein für den Umweltschutz. Ihr interessiert euch jedoch nicht sonderlich für die Auswirkungen auf die Umwelt bei der Produktion von Solar- und Windkraftanlagen. Ihr wollt - soweit es geht - auf jedem Dach in eurem Ort Solaranlagen errichten und in jedem Haus einen kleinen Energiespeicher einbauen. Wenn zur Sicherung der Stromversorgung eine Stromtrasse gebaut werden muss, ist das vertretbar. Ein Pumpspeicherkraftwerk lehnt ihr rigoros ab. Für andere Möglichkeiten der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien seid ihr offen (Solarparks, Windparks, Offshore). Die Kosten für die erneuerbaren Energien sollten so gering wie möglich sein und auf jeden fair aufgeteilt werden. Beim Thema SMART-Meter seid ihr sehr begeistert und wollt diese auf jeden Fall haben, denn ihr könnt so zu jedem Zeitpunkt erfahren, wie viel Energie ihr in eurem Haus / eurer Wohnung verbraucht.

Sammelt euch an der Argumentegalerie passende Argumente für eure Ziele heraus und nutzt diese geschickt! Verwendet auch **spontane, eigene Ideen!** Auf der Rückseite ist ausreichend Platz dafür vorhanden. Das grau hinterlegte Ziel ist euer Geheimnis, niemand darf dies erfahren. Aber ihr möchtet dieses Ziel unbedingt erreichen!

Ziele

- Möglichst schnell erneuerbare Energien nutzen
- SMART-Meter muss eingeführt werden
- Dezentrale Erzeugung (Solaranlagen auf jedem Dach)
- Subventionierung des Umstiegs
- Ihr besitzt Aktien der Firmen, die Solaranlagen bauen und wollt profitieren

Meinungen & Argumente

- Dezentrale Erzeugung ist ideal
- Eigene Energieerzeugung ist günstig
- Die Daten der SMART-Meter müssen so fein wie möglich sein
- Ein Pumpspeicherkraftwerk ist eine schlechte Idee

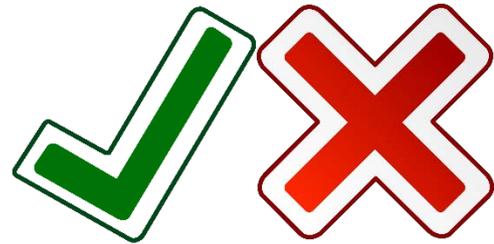
Verhalten

- Erneuerbare Energien überall, wo es möglich ist
- Offen für Kritik an Produktionsbedingungen in China
- Umsetzung des SMART-Meter, ihr überzeugt die anderen davon
- Kompromissfähig bei Streitthemen

Name:	Rolle:	Datum:
--------------	---------------	---------------

Sammelbogen für eure Argumente

Aufgabe: Sammelt auf diesem Blatt eure Argumente!
 Die vorgegebenen Bereiche sollen dir als Orientierung dienen und dir helfen, die Übersicht zu behalten! Nutze auch eigene Ideen und mache dir während der Diskussion Notizen!



Stromerzeugung:

Speicherung:

Smart-Meter:

Sonstiges:

Moderationshilfe

Vorschläge zum Einstieg in die Gruppendiskussion und Impulse zur Fortführung der Diskussion.

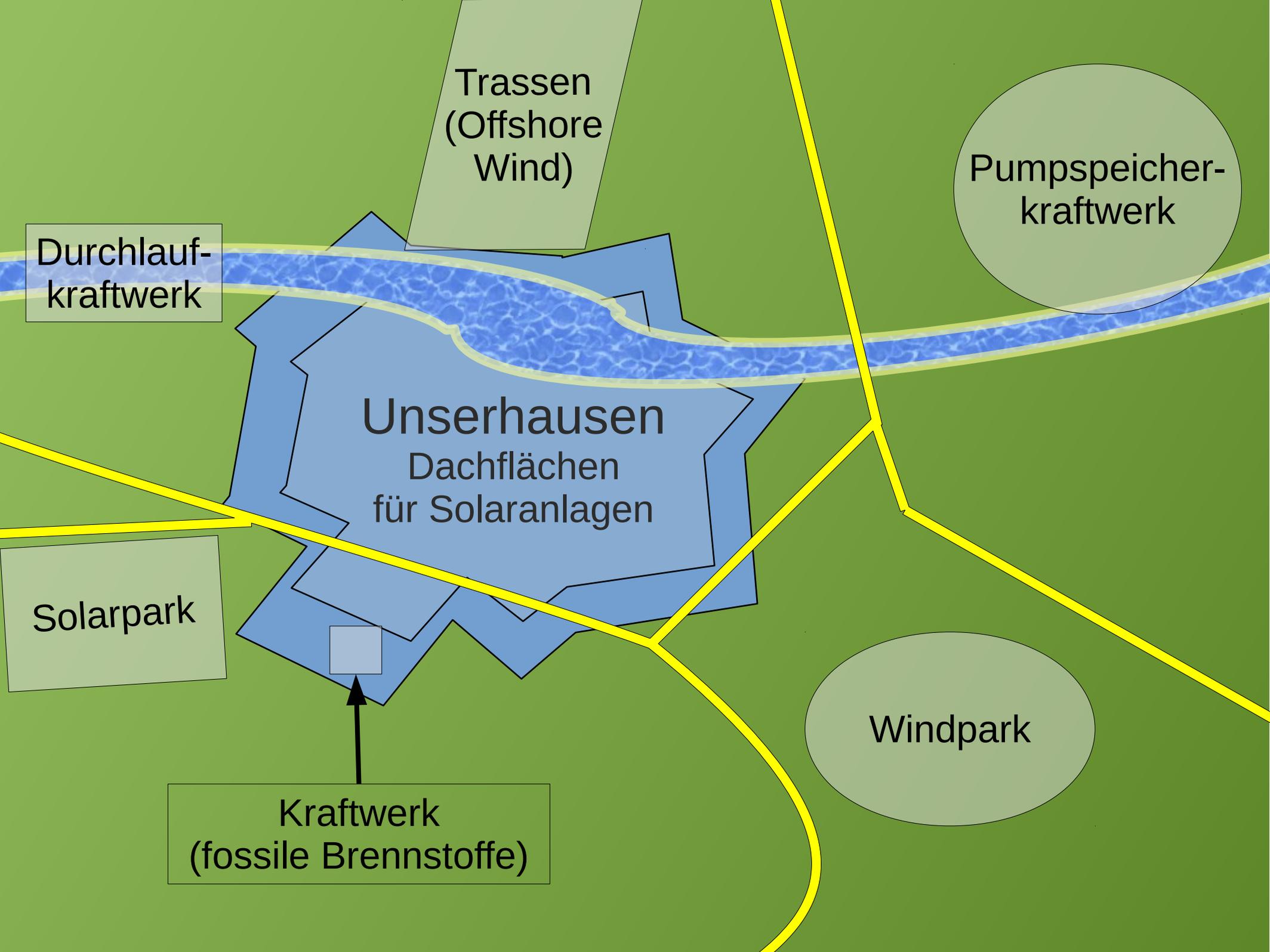
Einstieg: *„So beruhigen Sie sich doch Herrschaften! Wie sie wissen ist heute ein bedeutender Tag für Unserhausen. Es wird über die Zukunft unserer Energieversorgung gesprochen. Der letzte Beschluss fordert uns dazu auf, mehr erneuerbare Energien in unseren Strommix aufzunehmen. Darüber hinaus soll die Versorgungssicherheit weiterhin gewährleistet werden.“*

Herr Ganzgenau gehört dem Expertengremium an und steht für Fragen der Umsetzbarkeit einzelner Bauungsseiten zur Verfügung. Bitte stellen sie uns doch erst einmal die Bauungsopportunitäten vor Herr Ganzgenau.“

Impulse:

- Haben Sie die Auswirkungen der Stromtrassen bei der Nutzung von Offshore-Parks bedacht?
- Was ist mit den datenschutzrechtlichen Aspekten bei der Verwendung von Smart-Meter?
- Uns liegen Anfragen größerer Unternehmen vor, die Interesse an den Daten der Smart-Meter haben. Darunter sind einige Versicherungsunternehmen.
- Unsere Polizei hat zur Verbrechensaufklärung und -prävention ebenfalls Interesse an Smart-Meter-Daten geäußert.
- Gibt es eine Stellungnahme zu den Umweltauswirkungen von ...?
- Haben Sie auch an Elektroautos zur Energiespeicherung gedacht?
- Haben Sie an PowerBanks für das Eigenheim gedacht?
- Ist die Anonymisierung von Daten aus dem Smart-Meter nicht eine adäquate Option?
- Denken Sie an schwankende Wetterbedingungen! Wie können diese berücksichtigt werden?

Die Diskussion sollte sich grundsätzlich durch den Moderator derart entwickeln, dass die Themenblöcke Stromerzeugung, Stromspeicherung und Smart-Meter besprochen werden. Dadurch kann für jeden Einzelaspekt ein tragfähiger Kompromiss entwickelt werden, der zu einem Gesamtkompromiss führen kann. Kann kein Kompromiss gefunden werden, sollte dies in der Reflektion des Rollenspiels mit den Schülerinnen und Schülern thematisiert werden.



Trassen
(Offshore
Wind)

Pumpspeicher-
kraftwerk

Durchlauf-
kraftwerk

Unserhausen
Dachflächen
für Solaranlagen

Solarpark

Windpark

Kraftwerk
(fossile Brennstoffe)

