

Klima und Energie

WE-Heraeus-Fortbildung für Lehrkräfte

29.11. – 02.12.2020

Physikzentrum Bad Honnef

**WILHELM UND ELSE
HERAEUS-STIFTUNG**



Änderungen vorbehalten

Einführung

Die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung ist eine gemeinnützige Stiftung des bürgerlichen Rechts zur Förderung der Forschung und Ausbildung auf dem Gebiet der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik. Sie gilt unter Physikerinnen und Physikern in Deutschland als die bedeutendste private Stiftung auf diesem Fachgebiet. Einige Förderprogramme werden gemeinsam mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft durchgeführt. Ausführliche Informationen finden Sie unter <https://www.we-heraeus-stiftung.de>.

Inhalte:

Seit einiger Zeit drängen die Themen Klima und Energie in den schulischen Alltag. Die Veranstaltungen „Fridays for Future“ sind nicht nur medial präsent, sondern beeinflussen auch das Schulleben. Die Politik gibt dazu unterschiedliche, teilweise widersprüchliche Signale: Zum einen wird die Wichtigkeit des Themas anerkannt, zum anderen auch die gleichzeitig bestehende Schulpflicht betont. Einige Bildungspolitiker wünschen sich, dass die Thematik in der Schule stärker aufgegriffen und dort mit den Schülern intensiv behandelt wird. Die Schüler finden im Internet sehr vielfältige Informationen. Es existieren z.T. Videos, die Erklärungen zum Themenkreis liefern. Mitbedingt durch die teilweise unsachlich geführte politische Kontroverse stößt man jedoch immer wieder auf Kommentare bzw. Videos oder Internetseiten, die mit sachlich falschen Argumenten - die eher aus dem Gefühl herauskommen oder dem Eigeninteresse dienen - in die falsche Richtung lenken wollen. Aus dieser gesellschaftlichen und schulischen Entwicklung folgt eine besondere Verantwortung für die Lehrer, den Jugendlichen die Problematik näher zu bringen und sie bei Fragen zu unterstützen. Ziel der Fortbildung ist es, den Lehrern sachlich fundierte physikalisch-naturwissenschaftliche Grundlagen zu dem Thema zu vermitteln und auf vertiefende Fragestellungen einzugehen. So soll erreicht werden, dass sie auf die verschiedenen Aspekte der Thematik vorbereitet werden.

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr. Stephan Borrmann	Universität Mainz und Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz
Prof. Dr. Christoph Buchal	Forschungszentrum Jülich und Universität zu Köln
Dr. Guido Ewald	Gymnasium zu St. Katharinen Oppenheim
Prof. Dr. H.-Jürgen Kluge	Universität Heidelberg und Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt

Einführung

Administrative Organisation:

Dr. Stefan Jorda
Mojca Peklaj

Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung
Postfach 15 53
63405 Hanau

Tel. 06181 92325-0
Fax 06181 92325-15
E-Mail peklaj@we-heraeus-stiftung.de
Internet www.we-heraeus-stiftung.de

Veranstaltungsort:

Physikzentrum
Hauptstraße 5
53604 Bad Honnef

Organisatoren Tel. 02224 9010-120

Tel. 02224 9010-113 oder -114 oder -117
Fax 02224 9010-130
E-Mail gomer@pbh.de
Internet www.pbh.de

Taxi Tel. 02224 2222

Registrierung:

Mojca Peklaj (WE-Heraeus-Stiftung)
Rezeption im Physikzentrum
Sonntag (14:00 h – 18:00 Uhr) und
Montagsmorgen

Programm

Programm

Sonntag, 29. November 2020

ab 14:00	<i>REGISTRIERUNG</i>
ab 16:30	Johannes Lhotzky und Timo Graffe, Arbeitsgruppe Klaus Wendt, Universität Mainz Climate Escape Room (Experimente zu Klima und Energie)
18:30	<i>ABENDESSEN</i>

Montag, 30. November 2020

08:00	<i>FRÜHSTÜCK</i>	
08:45 – 09:00	Guido Ewald Heinz-Jürgen Kluge (online)	Begrüßung
09:00 – 10:00	Jürgen Renn (online)	Das Anthropozän und die Energiewende
10:00 – 11:00	Manfred Lindinger (online)	Klimafrage und Energiewende in den Medien
11:00 – 11:30	<i>KAFFEPAUSE</i>	
11:30 – 12:30	Luca Samlidis	"Fridays for Future" vor und während der Pandemie - Zwischen Forderungen, Demonstrationen und Strukturen
12:30 – 12:40	Stefan Jorda	Über die Wilhelm und Else Heraeus- Stiftung
12:40	<i>MITTAGESSEN</i>	

Programm

Monday, 30. November 2020

14:00 – 15:00	Christoph Buchal	Energie - Klima - Bevölkerung (Teil 1)
15:00 – 16:00	Stephan Borrmann	Physik des Klimawandels: Treibhaus- Atmosphäre und Temperaturerhöhung
16:00 – 16:30	<i>KAFFEPAUSE</i>	
16:30 – 17:30	Stephan Borrmann	Physik der Auswirkungen: Ozeane, Kryosphäre, Wolken und Niederschläge
17:30 – 18:30	Jochem Marotzke (online)	Vorhersagen sind schwierig ... Möglichkeiten und Grenzen von Klimamodellen
18:30	<i>ABENDESSEN</i>	
19:30	Thomas Leisner Diskussion	Schulexperimente zum Klimawandel

Programm

Dienstag, 1. Dezember 2020

08:00	<i>FRÜHSTÜCK</i>	
09:00 – 10:00	Christoph Buchal	Energie - Klima - Bevölkerung (Teil 2)
10:00 – 11:00	Gerald H. Haug (online)	Der Klimawandel aus geowissenschaftlicher Sicht
11:00 – 11:30	<i>KAFFEPAUSE</i>	
11:30 – 12:30	Thomas Pütz	Lebensmittel für 10 Mrd. Menschen - "Auf der Suche nach dem globalen Kompass – Entwicklungslinien"
12:30	<i>MITTAGESSEN</i>	
14:00 – 15:00	Daniela Jacob (online)	Auswirkungen der globalen Erwärmung um 1,5° C über dem vorindustriellen Niveau
15:00 – 16:00	Michael Düren	Strom und Wasserstoff aus der Wüste
16:00 – 16:30	<i>KAFFEPAUSE</i>	
16:30 – 17:30	Gerd Ganteför (online)	Methoden und Chancen des Geo- Engineering
17:30 – 18:30	Ludger Mohrbach (online)	Klima und Kernenergie
18:30	<i>HERAEUS-ABEND (kaltes und warmes Buffet inkl. Getränken)</i>	
20:00	Ottmar Edenhofer (online)	Herausforderungen des Klimawandels und der Klimapolitik
	Diskussion	

Programm

Mittwoch, 2. Dezember 2020

08:00	<i>FRÜHSTÜCK</i>	
09:00 – 10:00	Sebastian Schiebahn	Mobilität
10:00 – 11:00	Robert Schlögl	Wasserstoff, das Öl von morgen?
11:00 – 11:30	<i>KAFFEPAUSE</i>	
11:30 – 12:00	Klemens Schwarzer (online)	Interview: Energie und sauberes Wasser für Entwicklungsländer
12:00 – 13:00	Verena Spatz Jana Tampe (online)	Eine Unterrichtseinheit zur Elektromobilität
13:00	<i>MITTAGESSEN</i>	
14:30 – 16:00	Sabine Meßmer-Luz (online)	Erneuerbare Energie und Klimawandel - Unterrichtsmaterial mit Schülerpatenbesuchen
16:00 – 16:15	Guido Ewald	Schlussbemerkungen
16:15	Johannes Lhotzky und Timo Graffe, Arbeitsgruppe Klaus Wendt, Universität Mainz	Climate Escape Room (Experimente zu Klima und Energie)
	Rainer Wackermann, Ruhr-Universität Bochum	Schullexperimente zum Treibhauseffekt
ca. 18:00	ENDE DER VERANSTALTUNG UND ABREISE	

Abstracts der Vorträge

(in chronologischer Abfolge)

„Das Anthropozän und die Energiewende“

Jürgen Renn

Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin, Deutschland

Energiewenden hat es seit Entstehung des Lebens auf der Erde gegeben. Sie waren fast immer mit revolutionären Veränderungen verbunden, etwa als Bakterien lernten, chemische Energie aus Sonnenlicht zu gewinnen. Auch in der Menschheitsgeschichte waren Energiewenden mit revolutionären Veränderungen verbunden, z.B. als im 19. Jahrhundert die Nutzung fossiler Brennstoffe der industriellen Revolution einen wesentlichen, bis heute anhaltenden Schub verlieh.

Der Vortrag wird das Konzept des Anthropozäns und seine Geschichte vorstellen und auf die Rolle von Energietransformationen als mögliche Ursachen und Antworten auf die Herausforderungen des Anthropozäns eingehen. Das Anthropozän ist ein Konzept, das der Nobelpreisträger Paul Crutzen 1999 erstmals formuliert hat. Er hat die Behauptung aufgestellt, dass die Erde in das Anthropozän eingetreten ist, eine neue Periode der Erdgeschichte, die durch den globalen Einfluss des Menschen auf praktisch alle Dimensionen des Erdsystems, das Klima, die Lithosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre tiefgreifend geprägt wird.

Die Dringlichkeit einer globalen Energiewende ergibt sich aus der Hauptrolle des bislang weitgehend auf fossilen Brennstoffen basierenden Energiesystems im Vorantreiben des anthropogenen Klimawandels, eines der spürbarsten Merkmale des Anthropozäns. Dass wir diese Wende dringend brauchen, heißt allerdings nicht, dass wir auch in der Lage sind, sie zu bewerkstelligen oder auch nur den richtigen Weg dorthin zu erkennen. Eine Voraussetzung dafür ist jedenfalls, der Versuchung zu widerstehen, die von allzu einfachen Lösungen ausgeht. Sie sind oft von einem blinden Glauben an die unbegrenzten Möglichkeiten von Wissenschaft und Technik getragen.

Historische Energiewenden können dagegen Einblicke in die Komplexität der beteiligten Faktoren gewähren. Wie der Vortrag erläutern wird, folgen sie einer Dynamik, für die Pfadabhängigkeiten und sich selbst verstärkende Rückkopplungsschleifen zwischen Umweltfaktoren, Gesellschaft, und Technologieentwicklung eine Schlüsselrolle spielen. Auch der Umbau des gegenwärtigen Energiesystems ist nicht ohne radikale politische, soziale und ökonomische Veränderungen denkbar. Vor dem Hintergrund historischer Erfahrungen plädiert der Vortrag plädiert, dass die die jetzt anstehende Energiewende ein ganzes System betrifft, dass sowohl ökonomische, politisch-regulative, und technisch-wissenschaftliche Komponenten hat.

Klimafrage und Energiewende in den Medien

Dr. Manfred Lindinger

Frankfurter Allgemeine Zeitung, Ressort „Natur und Wissenschaft“

Der amerikanische Präsident kann einfach behaupten, den Klimawandel hätten sich die Chinesen ausgedacht, um der amerikanischen Wirtschaft zu schaden. Vor zehn Jahren wäre das noch peinlich, wenn nicht sogar unmöglich gewesen. Heute scheint so etwas ganz normal zu sein. Nicht zuletzt aufgrund der sozialen Medien. Durch kurze Nachrichten werden heutzutage Nachrichten und Fake News kreiert, die mit den Fakten gar nichts mehr zu tun haben und es auch nicht wollen. Gleichzeitig gehen Jugendliche und auch Kinder auf die Straße, um für die Rettung des Klimas und gegen Kohle und Gaskraftwerke zu demonstrieren. Dies ist eine Herausforderung für die Wissenschaft, aber auch für die Medien, deren Aufgabe es mehr denn je ist, sachlich und kompetent über aktuelle Themen zu berichten, diese einzuordnen und dem Leser ein möglichst umfangreiches und objektives Bild zu liefern, damit dieser sich eine eigene Meinung bilden kann. In meinem Vortrag möchte ich einen Einblick in die typischen Arbeitsabläufe eines Wissenschaftsjournalisten und Zeitungsredakteurs geben, von der Themenfindung und Recherche über das Schreiben von Artikeln für Print und Online bis hin zur Gestaltung einer Zeitungs- und Internetseite. Darüber hinaus zeige ich anhand von Beispielen, wie Klimawandel und Energiewende, die noch vor gut 30 Jahren fast ausschließlich auf den Wissenschaftsseiten zu lesen waren, im Laufe der Zeit die Kulturseiten sowie den Politik- und Wirtschaftsteil erobert haben.

„Fridays for Future“ vor und während der Pandemie - Zwischen Forderungen, Demonstrationen und Strukturen.

Luca Samlidis

Fridays for Future, Bonn, Deutschland

Wer hätte gedacht, dass es die vermeintlich „unpolitische“ Jugend sein würde, die seit vielen Jahren die *erste globale Protestbewegung* ins Leben ruft? Erst seit den Anfängen der „Fridays for Future“-Bewegung Ende des Jahres 2018 steht ambitionierterer Klimaschutz wieder prominent auf der weltweiten politischen Agenda. Die Europäische Union verschärft ihre Klimaziele, China kündigte an, bis 2060 klimaneutral wirtschaften zu wollen. Erfolge, die auf dem politischen Druck basieren, der aus der Zivilgesellschaft geleistet wird. Damit reiht sich die junge Klimaschutzbewegung in die erfolgreiche Geschichte des zivilen Protests ein – ist aber an entscheidenden Stellen kaum mit den großen Protesten der vergangenen Jahrzehnte zu vergleichen.

Proteste für Klima- und Umweltschutz sind im Kern nicht neu und haben eine lange Historie. Die neue, vorwiegend junge Klimaschutzbewegung der vergangenen zwei Jahre ist dabei jedoch in vielerlei Hinsicht besonders. Die Kontinuität der Massenproteste (auch während der Coronapandemie), das Durchschnittsalter der Beteiligten und der vergleichsweise hohe Professionalitätsgrad bringen den zivilgesellschaftlichen Druck auf eine neue Ebene.

Klar ist: Bei der Lösung der Klimakrise stehen wir nicht in erster Linie vor einem Ideenproblem. Die wissenschaftlichen und politischen Fakten zu den Ursachen und Folgen der Klimakrise sind in weiten Teilen klar. Die Weltgesellschaft schaut auf ein sich *stetig verschlimmerndes, gigantisches Umsetzungs- und Kommunikationsproblem*, das es schnellstens zu lösen gilt. „Fridays for Future“ zeigt auf, an welchen Stellen jetzt angesetzt werden muss.

Dreierlei möchte ich in meinem Vortrag, mit Unterstützung von aussagekräftigem Bild- und Videomaterial aus der täglichen Welt des Klimaaktivismus, darlegen und im Anschluss, gerne kritisch, darüber ins Gespräch kommen:

1. Die **Forderungen und Ziele** der „Fridays for Future“-Bewegung sind weitreichend. Welche Bestrebungen gibt es, vor welchem Hintergrund sind diese entstanden und wie soll für die Umsetzung gesorgt werden?
2. Welche **Strukturen** liegen einer weltweiten Protestbewegung zugrunde und welche Stärken und Schwächen ergeben sich daraus? Wie geht man mit unterschiedlichen Ansichten in einer Graswurzelbewegung um und wie strukturiert sich eine Bewegung im Vergleich zur Institution?
3. Wie funktioniert das Klima-Engagement vor Ort und in welchem **Verhältnis steht Aktivismus zu Bildung, Schule und Verantwortung**? Welche Rolle kann Schule bei der politischen Bildung spielen und wie können Lehrkräfte das Engagement ihrer Schüler*innen unterstützen?

Energie – Klima – Weltbevölkerung

Christoph Buchal

Forschungszentrum Jülich und Universität zu Köln

E-Mail: c.buchal@fz-juelich.de

Die Energie- und Klimafakten sind relativ leicht zu erläutern, aber die tatsächlichen Konsequenzen der allseits erwünschten Emissionsminderungen überschreiten unser Vorstellungsvermögen und führen zu erbitterten Kontroversen.

1. Das Wachstum der Menschheit sowie der Wunsch nach weltweiter Angleichung des Lebensstandards bedingen einen steigenden Bedarf an Lebensmitteln und Energie. Diese Entwicklung bildet derzeit den weitaus wichtigsten Faktor.

2. Nahrungsmittel sind und bleiben unsere völlig unverzichtbaren Energieträger. Landwirtschaftliche Flächen sind knapp und kostbar. Ihre Umwidmung zur Herstellung technischer Energieträger ist ethisch kaum zu verteidigen und bleibt als „Tropfen auf den heißen Stein“ in der quantitativen Bilanz nahezu wirkungslos.

3. Die Industriellen Revolutionen der letzten 200 Jahre beruhen auf der nahezu unbegrenzten Verfügbarkeit von Kohle, Öl und Erdgas, Sie haben einen gewaltigen Fortschritt in Lebenserwartung und Lebensqualität ermöglicht. Auch zukünftig bleibt eine sichere und bezahlbare Energieversorgung von grundlegender Bedeutung für jede Zivilisation und für die gesellschaftliche und wirtschaftliche Stabilität.

4. Ein wirksamer „Klimaschutz“ erfordert eine einschneidende, tiefgreifende Transformation dieser 200-jährigen Entwicklung weg von fossilen und hin zu nachhaltigen Energieträgern. Die damit verbundenen Herausforderungen sehe ich als eine Globale Vierte Industrielle Revolution.

5. Den Klimadiskussionen der letzten Jahrzehnte ist zu danken, dass sie ein Umdenken motiviert und den notwendigen Umsteuerungsprozess mit Nachdruck eingeleitet haben. Allerdings wird eine Globale Vierte Industrielle Revolution vermutlich erst in einem Jahrhundert ausreichend klimawirksam sein können. Leider ist nicht zu erkennen, dass eine gesamtgesellschaftlich klimawirksame Verhaltensänderung schneller zu realisieren wäre. Eine friedliche Bereitschaft zu weitgreifendem allgemeinem, aber auch ganz persönlichem Verzicht deckt sich nicht mit den menschlichen Verhaltensmustern und den Erfahrungen.

6. Falls sich die ungünstigen Projektionen der Klimaforschung bewahrheiten, drohen Krisen und Konflikte. Aber „Klimagewalt“ und „Klimakriege“ sind nicht zielführend, sondern kontraproduktiv.

7. Ich erhoffe vor allem eine rasche Fortentwicklung von technischen Innovationen. Neben neuartigen und verbesserten Energietechnologien muss auch die Option „Geo-Engineering“ dringend genauer erforscht werden, um so die Antriebe des Klimawandels abschwächen zu können.

Referenzen: Ich verweise auf meine vier Bücher
ENERGIE, KLIMA, STROM und MOBIL&VERNETZT,
gefördert von der WE-Heraeus-Stiftung und preisgünstig direkt erhältlich
beim Verlag MIC gGmbH, Köln (MINT-shop24.de).

Physik des Klimawandels: Treibhaus-Atmosphäre und Temperaturerhöhung

Prof. Dr. Stephan Borrmann, Professor für Meteorologie am Institut für Physik der Atmosphäre an der Johannes Gutenberg Universität, und Direktor am Max Planck Institut für Chemie in Mainz, Deutschland

Müssen wir uns -wie seinerzeit Asterix und seine Gallier- davor fürchten, dass „uns der Himmel auf den Kopf fällt“? Angesichts der Diskussion in Medien und sozialen Netzwerken um den menschengemachten (?) Klimawandel mag man gelegentlich diesen Eindruck bekommen. Welche grundlegenden Fakten und Argumente gibt es eigentlich, die die Gleichung „Klimawandel = menschenverursachter Treibhauseffekt + Temperaturerhöhung + sekundäre Folgen für das Erdsystem“ belegen? Und haben die Schüler von Fridays for Future, die jungen (und auch vielen älteren) Menschen nicht einen Punkt, wenn sie fragen, ob die vergangenen und gegenwärtigen Treibhausgasemissionen die Zukunft der menschlichen Zivilisation entscheidend einschränken? Nimmt die Häufigkeit von Hurricanes und extremen Wetterereignissen zu, oder nicht? Gibt es mehr Dürren, oder Fluten, reißt vielleicht der Golfstrom plötzlich ab? Was sind die so genannten „Kippelemente“ unseres Klimasystems? Und wie gut lassen sich Wetter und Klima überhaupt vorhersagen? Auf Fragen dieser Art wird in dem Vortrag eingegangen, nachdem einige der wissenschaftlichen Grundlagen der Atmosphärenphysik erläutert wurden. Hierzu gehören die Mechanismen, die den Treibhauseffekt verursachen, was von den Messungen und Beobachtungen her faktisch bekannt ist, und wie die numerische Simulation von Wetter und Klima mit den modernen Computersystemen prinzipiell funktioniert. Und –ganz wichtig– worin auch die Probleme, Unsicherheiten und Ungenauigkeiten der verwendeten Methoden und die Aufgaben für zukünftige Forschung bestehen. Dabei sollte deutlich werden, dass das Fach der Meteorologie in den Lehrplänen der gymnasialen Mittel- und Oberstufe meistens falsch eingeordnet ist, denn meteorologische Themen werden üblicherweise im Geografie-Unterricht behandelt. Dies obwohl es sich bei der Meteorologie um eine hochgradig mathematische, quantitative Wissenschaft am Schnittpunkt zwischen Physik, Mathematik, Chemie, sowie auch Geografie und Biologie handelt. Potenziell wichtige Aspekte für die Perspektive von nach Studienfächern Ausschau haltenden Oberstufenschülern.

Vorhersagen sind schwierig ... Möglichkeiten und Grenzen von Klimamodellen

J. Marotzke

Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, Deutschland

Besonders schwierig sind Vorhersagen über eine Zukunft jenseits des menschlichen Erfahrungshorizonts, und um solche handelt es sich, wenn wir den Klimawandel bis zum Ende des 21. Jahrhunderts betrachten. Wir müssen uns dabei auf höchst abstrakte Werkzeuge verlassen, nämlich auf Klimamodelle. Dieser Vortrag wird die Möglichkeiten und Grenzen von Klimamodellen ausloten: Worauf basieren sie? Können wir ihren Ergebnissen vertrauen, und wenn ja, warum? Gibt es fundamentale oder praktische Grenzen ihrer Vertrauenswürdigkeit? Die Antworten auf diese Fragen liegen in grundlegenden Aspekten der Physik.

Experimente zur Wolkenbildung und der Rolle von Aerosolen im Klimageschehen

Ludger Wöste¹ und Thomas Leisner²

1) *Wilhelm- und Else- Heraeus- Seniorprofessor für neue Lehrkonzepte in der Physik
am Fachbereich Physik der Freien Universität Berlin*

2) *Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruher Institut für Technologie
und Institut für Umweltphysik, Univ. Heidelberg*

Wolken-Bildungsprozesse und Wolken-Bedeckung spielen hinsichtlich der Entwicklung unseres Klimas eine ganz entscheidende Rolle. Die dahinter verborgenen Zusammenhänge erschließen sich Schülerinnen und Schülern am ehesten mittels anschaulicher Experimente. Deshalb haben wir ein verblüffend einfaches Nebelkammer-Experiment entwickelt. Damit lassen sich - wie wir es vorführen werden - Wolkenbildungsprozesse auch im Schulunterricht sehr anschaulich demonstrieren. So zeigt das Experiment, wie die Reduktion von Druck und Temperatur bei leicht feuchter Luft in der Kammer zu merklicher Nebelbildung führt. Die Ergiebigkeit des Experimentes wird nochmals drastisch gesteigert, wenn dem Prozess in der Kammer minimale Mengen Rußpartikel oder AgJ beigemischt werden, darin elektrische Ladungsträger generiert werden, bzw. Laserlicht dort eingestrahlt wird. All dieses führt zu massiver Nebelbildung. Mögliche Anwendungen der beobachteten Effekte (z.B. bei Hagelfliegern und dem Blitzschutz) werden diskutiert.

Der Klimawandel aus geowissenschaftlicher Sicht

**Vortrag: Gerald H. Haug, Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz und
Departement Erdwissenschaften, ETH Zürich**

Während der gesamten Erdgeschichte unterlag das Klima großen Schwankungen – lange bevor der Mensch massiv in diese Abläufe eingegriffen hat. So war es in der Kreidezeit und im frühen Känozoikum deutlich wärmer als heute und die Pole waren eisfrei. Die Klimageschichte war danach, seit 55 Millionen Jahren, vor allem durch ein Thema geprägt: die Erde wurde kühler, unter anderem durch die Abnahme der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration. Vor 36 Millionen Jahren vereiste die Antarktis und seit 2.7 Millionen Jahren ist unser Planet auf beiden Polen eisbedeckt. Es ist eine zentrale Frage der klimaforschenden Geowissenschaften inwieweit diese Prozesse durch den menschengemachten Klimawandel revidiert werden und in welchen Zeiträumen das passiert. Hierbei wird klar, dass die Veränderungsraten des menschengemachten Klimawandels durch das Verbrennen fossiler Kohlenstoffe um Größenordnungen höher sind als alle beobachteten natürlichen Prozesse in Ozean und Atmosphäre der letzten Jahrtausende. Es gibt ferner Klimaschwellenwerte, welche den menschengemachten Klimateffekt deutlich verstärken können, wenn es nicht gelingt, die globale Temperaturerhöhung durch die Emission von Treibhausgasen auf 2 Grad Celsius zu begrenzen. Dazu gehören unter anderem die in diesem Vortrag diskutierte veränderte ozeanische Zirkulation der polaren Ozeane, die Aufnahme von Wärme durch den Ozean sowie der Albedo-Effekt, neben zahlreichen weiteren klimawirksamen Prozessen des Erdsystems.

Eines der ältesten Rätsel der Paläoklimaforschung ist die Entstehung der großen Eiszeiten auf der Nordhalbkugel vor gut 2,7 Millionen Jahren. Ein Schlüssel hierfür ist eine veränderte ozeanische Zirkulation seit dem Beginn der großen Eiszeitzyklen. Ein ‚Süßwasserkappe‘ (Halokline) bildete sich im subarktischen Nordpazifik und im Südozean aus. Diese physikalische Schichtung der polaren Ozeane spielt als ‚kommunizierende Röhre‘ im Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre die zentrale Rolle in der globalen Klimaentwicklung. Während der großen Klimawende vor 2.7 Millionen Jahren, aber auch während der Eiszeitzyklen der letzten 800.000 Jahre lässt sich ein direkter Zusammenhang zwischen der Konzentration des atmosphärischen Kohlendioxids und der Schichtung der polaren Ozeane auf beiden Hemisphären nachweisen. Änderungen der durch Salzgehalt und Temperatur bedingten Schichtung dieser Meeresregionen und die damit verbundene biologische Aktivität tragen wesentlich zu den Schwankungen der atmosphärischen CO₂-Konzentration von etwa 100ppm zwischen Eiszeiten und Warmzeiten bei. Eine stabilere physikalische Schichtung der Wasseroberfläche im subarktischen Nord-Pazifik und im Südozean reduzierte die biologische Aktivität in den Kaltzeiten. Die verstärkte Stabilität der Schichtung durch eine Halokline führte dazu, dass in den Kaltzeiten weniger Nährstoffe und CO₂ an der Wasseroberfläche exponiert und vom Ozean in die Atmosphäre abgegeben wurden. Das Ergebnis war eine ‚effizientere‘ biologischen Pumpe der polaren Ozeane in einer kälteren Welt, und umgekehrt.

**Lebensmittel für 10 Mrd. Menschen -
"Auf der Suche nach dem globalen Kompass – Entwicklungslinien"**

Thomas Pütz

Institut für Bio- und Geowissenschaften IBG-3: Agrosphäre, Forschungszentrum
Jülich GmbH, 52425 Jülich, Deutschland

Durch die großen medizinischen, hygienischen und landwirtschaftlichen Erfolge, aber auch durch fehlende Familienplanung sowie die religiösen oder sozialen Befürworter großer Kinderzahlen erlebten wir im vergangenen Jahrhundert ein starkes Anwachsen der Weltbevölkerung. Trotz zum Teil verheerender naturbedingter oder kriegereischer/totalitärer Katastrophen wächst die Bevölkerung kontinuierlich weiter an. Die landwirtschaftliche Forschung und Pflanzenzüchtung, beginnend im 18. Jahrhundert bis zum heutigen Tag, ermöglichte es den stetig steigenden Bedarf nach Nahrungsmitteln zu befriedigen. Hierbei ist es eine herausragende Leistung der Landwirtschaft, die Nahrungsmittel in einer ungekannten Vielfalt und mit einer hohen Versorgungssicherheit zu produzieren. Dies betrifft nicht alle Erdteile, denn nach wie vor ist die Verfügbarkeit und die Qualität der Lebensmittel in hohem Maße von der Herkunft, dem sozialen Umfeld und der finanziellen Ausstattung der Menschen abhängig. Im Vortrag wird auf die Erfolge der „Grünen Revolution“ eingegangen und welche Wege, Faktoren und Möglichkeiten in Zukunft die weltweite Ernährung sichern können. Hierbei wird ein besonderer Akzent auf den Boden gelegt, der als essentieller Faktor aller landwirtschaftlichen Aktivitäten produktionstechnisch am intensivsten genutzt wird. Ebenso werden die zukünftigen Schwierigkeiten und Probleme der Lebensmittelproduktion angesprochen.

Auswirkungen der globalen Erwärmung um 1,5° C über dem vorindustriellen Niveau

Daniela Jacob

GERICS - Climate Service Center Germany

Die Beschränkung der Erderwärmung auf 1,5 Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau ist machbar – wenn der politische Wille da ist. Dies ist wohl die wichtigste Botschaft aus dem Sonderbericht über 1,5 °C Erwärmung (SR1.5), der im Oktober 2018 in Incheon, Südkorea, von den Regierungen angenommen und verabschiedet wurde.

Menschliche Aktivitäten haben Schätzungen zufolge etwa 1 °C globale Erwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter verursacht und Auswirkungen auf Mensch, Natur und Lebensgrundlagen sind bereits sichtbar. Die globale Erwärmung erreicht 1,5 °C wahrscheinlich zwischen 2030 und 2052, wenn sie mit der aktuellen Geschwindigkeit weiter zunimmt.

Die klimabedingten Risiken für natürliche und menschliche Systeme sind bei einer globalen Erwärmung um 1,5 °C höher als heute, aber geringer als bei 2 °C. Sie sind regional unterschiedlich ausgeprägt und variieren auch in Intensität und Häufigkeit. Eine Begrenzung auf +1.5°C führt

- zu weniger extremen Wetterereignissen, wie Hitzewellen, Starkniederschlägen und Dürren,
- zu global ca. 50% weniger Menschen, die Wasserknappheit ausgesetzt wären
- zu einer geringeren Reduzierung von Mais-, Reis- und Weizenerträgen
- zu einem 10 cm geringeren Meeresspiegelanstieg, der ca. 10 Millionen Küstenbewohner weniger bedroht,
- bis zu mehreren hundert Millionen weniger Menschen wären bis 2050 klimabedingten Risiken ausgesetzt und von Armut bedroht
- und Auswirkungen auf Arten und Biodiversität wären geringer
- Warmwasserkorallen könnten überleben und die Risiken für marine Biodiversität, Fischerei und Ökosysteme sowie deren Funktionen und Dienstleistungen für den Menschen wäre geringer.

Bisherige Emissionen lassen die Erwärmung nicht auf 1.5 °C ansteigen. Unser Handeln in den nächsten Jahren ist also entscheidend für die Vermeidung von Klimarisiken und für das Wohlergehen der Menschheit.

Strom und Wasserstoff aus der Wüste

Michael Düren

*Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung (ZEU)
und II. Phys. Institut, Justus-Liebig-Universität Gießen
Heinrich-Buff-Ring 16, 35392 Gießen
E-Mail: michael.dueren@uni-giessen.de*

Solarenergie ist in den Wüsten der Erde wesentlich günstiger als in Deutschland. Sie kann dort preiswerter und nachhaltiger genutzt werden, und zeigt wesentlich geringere Schwankungen. Das gleiche Solarmodul erzeugt in der Sahara das 2- bis 3-fache der Jahresleistung in Deutschland, und solarthermische Kraftwerke in der Wüste können mit Hilfe von Wärmespeichern Strom kostengünstig rund um die Uhr liefern. Der Transport der Energie kann über Hochspannungsgleichstromleitungen zum Endverbraucher geschickt werden, oder mit Hilfe von chemischen Speichern (Wasserstoff, Ammoniak etc.) mit Schiffen und Pipelines zum Verbraucher gebracht werden.

Das vor 11 Jahren ins Leben gerufene DESERTEC Konsortium Dii hatte zum Ziel, Solar- und Windenergie in großem Stil über Seekabel von Nordafrika und dem Mittleren Osten nach Europa zu exportieren. Aufgrund von politischen Differenzen brach das von deutschen Firmen dominierte Industriekonsortium 2014 auseinander und seitdem arbeitet die Dii unter starker arabischer und chinesischer Beteiligung an Plänen zum Export von Strom und Wasserstoff in andere Weltregionen. Heute sind bereits viele große Solarkraftwerke in verschiedenen Ländern dieser Wüstenregion in Betrieb und es gibt Pläne für Stromleitungen von der arabischen Halbinsel über Indien bis nach China. Ferner gibt es konkrete Pläne für eine Stromleitung von den Wüsten Australiens nach Süd-Ost Asien und auch in den Wüsten Gobi, Kalahari, Atakami und Mojave werden mehr und mehr große Solarkraftwerke gebaut.

Derzeit sind neben Wasserkraft die Solar- und Windkraftanlagen bereits die günstigste Energieform mit Preisen unter 1,5 ct/kWh, und schlagen damit sowohl fossile wie nukleare Formen der Stromerzeugung. Es ist zu erwarten, dass der internationale Handel von Strom und Wasserstoff aus erneuerbaren Energien in den kommenden Jahren rasant zunehmen wird.

Im Vortrag werden die technischen Grundlagen und die sozio-ökonomischen Aspekte des internationalen Energiemarktes erläutert.

Referenzen

- [1] DPG Flyer 48, Energiewende: alternativ- und grenzenlos, 2020
https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/physikkonkret/pix/pk-48_energiewende_2020-08-18_web.pdf
- [2] M. Düren, Understanding the Bigger Energy Picture – DESERTEC and Beyond, Springer 2017, 110 Seiten (online kostenlos)
<https://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-57966-5>
- [3] M. Düren, Vorlesungen EnergyTransition, Youtube Kanal „Michael Dueren“
https://www.youtube.com/channel/UCbTJM7A1EmuvjZg_T3wBuA

Methoden und Chancen des Geo-Engineerings

Gerd Ganteför

Universität Konstanz, Fachbereich Physik

Die EU unternimmt mit dem Green Deal große Anstrengungen, ihre Treibhausgasmissionen bis 2050 auf Nettonull zu bringen. Allerdings trägt Europa nur mit 10 % zu den globalen Emissionen bei und in anderen Weltregionen der Welt werden die Emissionen sogar noch weiter ansteigen. Für den Fall, dass eine globale Energiewende zu spät kommt, brauchen wir einen Plan B für das Klima und das könnten Methoden der aktiven Klimakühlung sein. Die Palette der Möglichkeiten reicht von Science-Fiction-Ideen wie weltraumgestützten Spiegeln bis hin bodenständigen Ansätzen wie dem Weißstreichen der Städte. Daneben gibt es einige wenige Methoden, die bezahlbar und machbar sind.

Klima und Kernenergie

Dr.- Ing. L. Mohrbach

VGB PowerTech e.V., Deilbachtal 173, 452571 Essen

Fast alle Länder der Welt erkennen inzwischen die immer dringlichere Notwendigkeit zur schnellen Reduktion von anthropogenen Klimagasemissionen an, insbesondere CO₂.

Die atmosphärische Gleichgewichtskonzentration von CO₂ hat bereits von vorindustriellen 280 auf über 450 ppm zugenommen, korrespondierend zu einer globalen durchschnittlichen Temperaturzunahme von bereits 1,1 K. Klimamodelle prognostizieren Erhöhungen von 2 bis zu mehr als inakzeptable 5 K bis 2050, neueste Forderungen zur maximal tolerierbaren Erhöhung liegen bei 1,5 K.

Die hauptursächliche Verbrennung von fossilen Ressourcen dient fast ausschließlich der Deckung des für ein modernes Leben unverzichtbaren Energiebedarfs, dieser liegt z.B. in Deutschland bei über 5000 W pro Person und damit dem Hundertfachen der natürlichen Körperkräfte.

Die Erde könnte theoretisch noch für einige hundert Jahre die Brennstoffe bereitstellen, der den Einsatz limitierende Engpass wird aber offensichtlich weit früher auf der Entsorgungsseite in Form von in der Atmosphäre deponiertem CO₂ erreicht.

Wie kann man das Problem bis zur erhofften Marktreife der Kernfusion in vielleicht 30 Jahren lösen?

„Climate Engineering“ erscheint utopisch, „Carbon Capture and Storage“ inakzeptabel, Effizienzsteigerung und Einsparung können bestenfalls den Nachholbedarf der vielen noch nicht entwickelten Länder kompensieren. Verbleibt als Königsweg die CO₂-freie bzw. -arme Bereitstellung der Energie.

2019 erzeugten 450 Kernkraftwerksblöcke in 32 Ländern 2657 TWh und damit ca. 10% des globalen Stromaufkommens. Die letzte globale Erhebung des Weltenergieerates von 2015 weist der Kernenergie einen Anteil von immerhin bereits 5% am globalen Primärenergieaufkommen zu, zum Vergleich der Wasserkraft 2% und allen anderen neuen Erneuerbaren (d.h. ohne traditionelle Biomasse) zusammen 1%.

Nur ca. ein Drittel des Primärenergieaufkommens wird weltweit zur Stromerzeugung eingesetzt. Zur CO₂- Reduzierung auch der anderen zwei Drittel werden mittelfristig zwingend Sektor übergreifende Energiesysteme benötigt, also praktisch CO₂- frei hergestellte synthetische Brennstoffe. Der Aufwand hierfür ist extrem ungleichmäßig zwischen den hierfür in Frage kommenden Erneuerbaren und der Kernenergie verteilt:

Weil Erneuerbare Energien definitionsgemäß Energiedichten im Bereich natürlicher (chemischer) Umsätze haben, wird ausschließlich Kernenergie die nötigen Energiemengen (kernphysikalisch, d.h. millionenfach dichter und damit sparsamer) zu (sozial) vertretbaren Rohstoff-, Flächen- und Arbeitsaufwänden bereitstellen können.

Eine andere Chance auf Frieden wird die Generation unserer Kinder nicht haben.

Referenzen

- [1] **World Nuclear Performance Report, WNN (2020)**
- [2] **H.-W. Schiffer et al., Weltenergieerat, Szenarios 2019 (2020)**

Mobilität

S. Schiebahn¹,

¹Rheinische Fachhochschule Köln, Köln, Deutschland

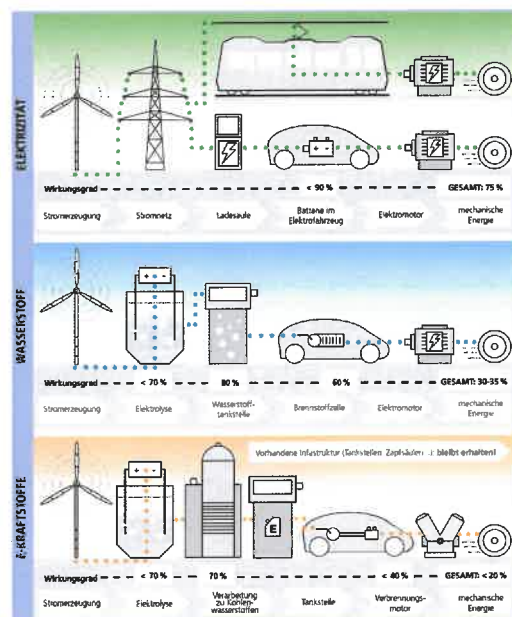
Als Ausdruck unserer persönlichen Freiheit und des Wohlstands sowie der weiter zunehmenden Globalisierung nimmt Mobilität einen wichtigen Platz in unserem Leben und der Gesellschaft ein. Der steigende Bedarf an persönlichem „Bewegungsdrang“ und weltweit vernetzter Produktionsketten führt auch zu einer immensen Bedeutung des Themas Mobilität in Bezug auf Energiebedarf und Klimaschutz.

Eine breite Palette an neuen Mobilitätskonzepten und -lösungen für diese Problematiken wird sowohl in der Wissenschaft als auch in der Öffentlichkeit diskutiert. Hierbei besteht Einigkeit darin, dass der Energiebedarf zur Umsetzung des Mobilitätsbedarfs über regenerative Energien gedeckt werden muss. In welcher Form allerdings dies geschehen soll, wird aufgrund der Komplexität kontrovers diskutiert.

Allgemein werden die Lösungswege unterschieden nach batterieelektrischer, brennstoffzellen-elektrischer und konventioneller Mobilität, welche jedoch mit klimaneutralen E-Kraftstoffen bedient wird.

Eine Betrachtung der Gesamteffizienz offenbart die Energieeinsparpotenziale von batterieelektrischer Mobilität, welche im Vergleich zu E-Fuels oft nur ein Viertel der Energie benötigen (siehe Abb. [1]). Zusätzlich wird sich ein Mobilitätskonzept der Zukunft auch in ein Gesamt-Energiekonzept der Zukunft integrieren lassen müssen, welches zentral von Verfügbarkeit und Speicherbarkeit von regenerativen Energien bestimmt wird. Hier wird Studien aus Gründen von Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit die Notwendigkeit des Imports erneuerbarer Energie in Form von klimaneutral hergestellten chemischen Energieträgern wie Wasserstoff und E-Fuels vorausgesagt [2].

Weitere Aspekte beinhalten das persönliche Mobilitätsverhalten, Warentransporte, erforderliche Speicherdichte in Abhängigkeit des Transportmediums sowie die benötigte Infrastruktur. Vieles spricht dafür, dass es nicht die eine Lösung für alle Anforderungen gibt und unsere Mobilität auch in Zukunft aus einer Mischung verschiedener Konzepte in Abhängigkeit der Anwendung besteht.



Referenzen

- [1] Ch. Buchal, A. Ruckert, S. Schiebahn (2020): Mobil & Vernetzt – Zwei Welten verschmelzen, Verlag MIC gGmbH
- [2] M. Robinius, P. Markewitz, P. Lopion et al. (2019): Kosteneffiziente und klimagerechte Transformationsstrategien für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050. (Kurzfassung) Forschungszentrum Jülich GmbH

Wasserstoff, das Öl von Morgen

Prof. Dr. Robert Schlögl

Direktor am Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion, Stiftstr. 34 – 36,
45470 Mülheim a.d. Ruhr

Direktor am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Faradayweg 4 – 6,
14195 Berlin

Wasserstoff ist ein Gas, warum vergleicht man das mit Öl? Gemeint ist, dass Wasserstoff für die Defossilisierung der Energiesysteme eine zentrale Rolle spielt. Wasserstoff ist derjenige Stoff, der erneuerbare primäre Elektrizität (EE) speicher- und transportfähig macht. Insofern kann Wasserstoff in einem Energiesystem die Rolle des Ausgleichs der natürlichen Fluktuation der EE spielen. Er kann aber auch die Versorgung von Energiesystemen mit Energie aus anderen Gegenden der Erde, wo der Kapazitätsfaktor für EE Gewinnung wesentlich besser als in Mitteleuropa ist, übernehmen. Seine Gewinnung durch Elektrolyse wird erläutert und dabei erklärt, wie gut wir über diesen schon sehr alten Vorgang Bescheid wissen.

Die Eigenschaften von Wasserstoff werden kurz beschrieben. Daraus ergibt sich, dass molekularer Wasserstoff kein idealer Energieträger oder gar Brennstoff ist. Folglich kommen Derivate des Wasserstoffes ins Spiel, die dann tatsächlich den physikalischen und chemischen Eigenschaften von Öl nahekommen. Das Beispiel der Umsetzung von Wasserstoff mit CO₂ und den daraus erhältlichen Produkten wird die dafür nötige Chemie erläutern.

Eine Betrachtung über die Mengen von Wasserstoff, die man in Deutschland und Europa benötigen wird, rundet die Darstellung ab. Dadurch wird klar, dass sehr große Mengen zu transportieren und verteilen sind. Dies wird nicht alleine mit dem Transport des Gases in Rohren gelingen. Wiederum werden die Derivate benötigt. Aus einer systemischen Perspektive^[1] ist Wasserstoff der entscheidende molekulare Energieträger im Wechselspiel mit freien Elektronen.

[1] aR. Schlögl, Angew. Chem. 2019, 131, 349-354; bR. Schlögl, Angew. Chem. 2017, 129, 11164-11167; cR. Schlögl, Angew. Chem. 2015, 127, 4512-4516.

Eine Unterrichtseinheit zur Elektromobilität

V. Spatz¹, J. Tampe¹

¹ Didaktik der Physik, Fachbereich Physik, Technische Universität Darmstadt

Der Klimawandel verlangt von mündigen Bürgerinnen und Bürgern, gewissenhafte Entscheidungen zu treffen. Dies betonte der damalige Bundespräsident Joachim Gauck in seiner Rede zum Festakt der Akademie der Technikwissenschaften am 12. Oktober 2016 in Berlin: „Wir alle, die Bürgerinnen und Bürger, sind es, die Entscheidungen treffen müssen. Wir sollten uns deshalb klarmachen, was technisch machbar und wirtschaftlich sinnvoll ist. Wir sollten diskutieren, was wünschenswert, aber auch was ethisch vertretbar ist [...]. Da bin ich mir oft nicht sicher, ob wir das mit ausreichender Stringenz tun.“

Um Schülerinnen und Schüler auf diese Diskussionen vorzubereiten, soll der Physikunterricht nach den Bildungsstandards der KMK auch Kompetenzen zur „Bewertung physikalisch-technischer und gesellschaftlicher Entscheidungen“ vermitteln. Allerdings gibt es wenig geeignetes Unterrichtsmaterial, um dies exemplarisch an einer aktuellen Fragestellung zu vermitteln.

Im Rahmen des Workshops soll daher eine Unterrichtseinheit für die Sekundarstufe I vorgestellt und im Hinblick auf die unterrichtliche Umsetzung erörtert werden (als Download vollständig verfügbar), die zu diesem Zweck rund um die Thematik von Elektromobilität entwickelt wurde.

In Stationen- und Expertenarbeit werden dabei nicht nur die physikalisch-technischen Prinzipien, sondern auch überfachliche Aspekte erarbeitet.

Erneuerbare Energie und Klimawandel – Unterrichtsmaterial mit Schülerpatenbesuchen

Dr. Sabine Meßmer-Luz und Dr. Georg Eysel-Zahl

VRD Stiftung für Erneuerbare Energien, Heidelberg, Deutschland

Die gemeinnützige und unabhängige VRD Stiftung für Erneuerbare Energien mit Sitz in Heidelberg fördert mit ihren verschiedenen Bildungsangeboten das Verständnis zu erneuerbarer Energie, Klimaschutz und Nachhaltigkeit in Kitas, Grundschulen und weiterführenden Schulen im In- und Ausland.

In Kooperation mit der Pädagogischen Hochschule Heidelberg und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt hat die VRD Stiftung umfangreiche Unterrichtsmaterialien zum Thema erneuerbare Energie und Klimawandel für die Sekundarstufe I aller Schulformen entwickelt. Die abwechslungsreich gestalteten Materialien aus Lehrerhandreichung, Arbeitsblättern und modular aufgebauten Holzboxen mit Lernspielen und Experimenten ermöglichen eine erlebnisorientierte Wissensvermittlung in verschiedenen Schulfächern, wie Physik, Biologie, Erdkunde, Chemie und im Fächerverbund.

Durch den modularen Aufbau entscheiden die Lehrkräfte selbst, welche Themenschwerpunkte sie setzen und wie lange und intensiv sie das Thema im Unterricht behandeln wollen. Die Module thematisieren die Sonnenkraft als zentrale erneuerbare Energiequelle, die Pflanzenkraft am Beispiel der Photosynthese und Biogasanlage, den Klimawandel mit Material zu Treibhauseffekt/ endlichen Energieträgern sowie Wasser- und Windkraft.

Durch diesen Unterricht werden Schülerinnen und Schüler mit den Unterrichtsmaterialien zu „Energieexperten“. Anschließend vermitteln sie ihr Wissen in der Rolle der Lehrkraft spielerisch und altersgerecht an Kitakinder oder Grundschüler/innen - „Lernen durch Lehren“. Hierdurch entstehen Bildungspartnerschaften zwischen den beteiligten Einrichtungen, die neben Sachkenntnis auch Teamarbeit, Empathie und Vermittlungsmethodik fördern¹.

In Analogie zum Programm für weiterführende Schulen hat die VRD Stiftung einen „Energie-Parcours“ für den forschend-entdeckenden Grundschulunterricht entwickelt. Derzeit werden die Materialien für weiterführende Schulen und Grundschulen an etwa 150 Einrichtungen in 13 Bundesländern eingesetzt.

Referenzen:

- 1 A. Seifert, S. Zentner, F. Nagy, Praxisbuch Service-Learning, (2019)