# MNUjournal



VERBAND ZUR FÖRDERUNG DES MINT-UNTERRICHTS

**05** 2017

Jahrgang 70



Vom MINT-Unterricht und seiner Förderung

Zahlen, Formeln und Modelle für eine nachhaltige Entwicklung

Perspektiven heutiger Wissenschaft zeigen

#### Mathematik/Informatik

Physical Computing mit Arduino-Mikrocontrollern Anschauliche Zugänge zur Integralrechnung Bewusster S-Bahn fahren

#### **Physik**

Die akustische Stoppuhr in phyphox

#### Chemie

Untouchable: Erstaunliches auf der Oberfläche Wechselwirkung zwischen Teilchen

#### **Biologie**

Denn sie wissen nicht, was sie tun

Das »I« in MINT

www.mnu.de



Wir laden Sie herzlich zum 109. MNU-Bundeskongress in München-Garching ein.

### 25. März - 29. März 2018

Wir begrüßen Sie auf dem Forschungscampus Garching im Norden von München.

Als Standort der TU München und der LMU, von Instituten der Max-Planck-Gesellschaft, der bayerischen Akademie der Wissenschaft, u.v.a.m., zählt es zu einem der größten deutschen Zentren für Wissenschaft, Forschung und Lehre.



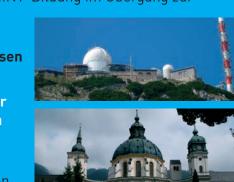
Anschließend erwartet Sie unter dem Motto "Begeistern mit Technik: Unterricht lebensbedeutsam und anwendungsorientiert gestalten" ein vielseitiges Programm aus Vorträgen und Workshops, ebenso wie ein Schülerwettbewerb und ein Science Slam.

Zusätzlich haben wir jeweils einen Tag der Astronomie, der Informatik und der MINT-Bildung im Übergang zur Sekundarstufe I gewidmet.

Nutzen Sie die vielfältigen Möglichkeiten zu Ausflügen nach München oder dessen Umland – es lohnt sich!

Gehen Sie auf eine Exkursion zum Wendelstein-Observatorium oder ins Kloster Ettal. Besuchen Sie die Münchner Museen oder eine spannende Führung durch das Max-Planck-Institut zur Quantenoptik, zur Neurobiologie, u.v.a.m.

Selbstverständlich begleitet den Kongress auch wieder ein vielfältiges Angebot an **Lehr- und Lernmittelausstellern**.



Melden Sie sich ab Januar 2018 unter www.bundeskongress-2018.mnu.de an oder im Tagungsbüro auf dem Kongress.

Wir freuen uns auf Sie!

Ihr Ortsausschuss München

**Ansprechpartner:** 

**Bernhard Heer** (Landesverbandsvorsitzender) *kontakt@bundeskongress-2018.mnu.de* 



Chefredakteur MNU-Standpunkt Prof. Dr. BERND RALLE 291 JOHANNA HEITZER Kebbestraße 29 Vom MINT-Unterricht und seiner Förderung 44267 Dortmund Tel. 0231 4755867 Aus Bildung und Wissenschaft dienstl.: TU Dortmund 292 **UTE STOLTENBERG** Fak. Chemie und Chemische Biologie Zahlen, Formeln und Modelle - ein Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung? 44221 Dortmund Bernd.Ralle@mnu.de 298 CARMEN SCHULZ - JANET BLANKENBURG - ARNIM LÜHKEN - ILKA PARCHMANN Du denkst Zukunft! Herausgeber Mathematik **Schulpraxis** Prof. Dr. SEBASTIAN KUNTZE 304 MATTHIAS EHMANN PH Ludwigsburg Physical Computing mit Arduino-Mikrocontrollern Institut für Mathematik und Informatik Reuteallee 46 HANS-JÜRGEN ELSCHENBROICH 312 71634 Ludwigsburg Anschauliche Zugänge zur Integralrechnung mit dem Integrator Tel. 07141 140826 Sebastian.Kuntze@mnu.de 318 WOLFGANG RIEMER - KATJA LÖHR StD MICHAEL RÜSING Bewusster S-Bahn fahren – eine mathematische Exkursion Palmbuschweg 47 322 SEBASTIAN STAACKS - HEIDRUN HEINKE - CHRISTOPH STAMPFER 45326 Essen Tel. 0201 368827 Die akustische Stoppuhr in phyphox Michael.Ruesing@mnu.de 327 STEFAN SCHWARZER - PATRICK LIEDTKE - RAINER ADELUNG **Physik** Untouchable: Erstaunliches auf der Oberfläche Dr. JÖRN GERDES Annette-Kolb-Straße 19 Zur Diskussion gestellt 28215 Bremen Tel. 0421 393080 334 JULIA ARNOLD - KERSTIN KREMER - ANDREAS MÜHLING Joern.Gerdes@mnu.de »Denn sie wissen nicht, was sie tun« Prof. Dr. HEIKE THEYSSEN 340 MARC J. DE VRIES Universität Duisburg-Essen Fak. Physik, Didaktik der Physik I in MINT: Fragezeichen oder Ausrufezeichen? 45117 Essen 343 CARSTEN TITTEL - MATTHIAS KREMER Tel. 0201 183-3338 Didaktischer Prüfstand Heike.Theyssen@mnu.de Chemie Diskussion und Kritik 346 OStR WOLFGANG KIRSCH Landesinstitut für Pädagogik und Medien (LPM) Beethovenstraße 26 Aktuelles aus dem Förderverein 66125 Saarbrücken Tel. 06897 7908-146 349 Reisestiftung Deutsches Museum München - MNU Landesverband Wolfgang.Kirsch@mnu.de Baden-Württemberg MNU: Klima trifft Schule 360 Prof. Dr. INSA MELLE TU Dortmund Fak. Chemie und Chemische Biologie Informationen/Tagungen 44221 Dortmund Tel. 0231 7552933 Nawi-LoLa - Lernort Labor - Die Gewinner des 23. Bundesweiten 350 Insa.Melle@mnu.de Physikwettbewerbs - 24. Bundesweiter Wettbewerb Physik im Schuljahr 2017/18 **Biologie** Prof. Dr. DITTMAR GRAF Institut für Biologiedidaktik 355 Aufgaben Universität Gießen Karl-Glöckner-Straße 21 c Besprechungen 35394 Gießen Dittmar.Graf@mnu.de 357 Zeitschriften Biologie JOACHIM BECKER 359 Bücher Hoeninger Straße 22 a 41542 Dormagen Vorschau 359



-289-

Joachim.Becker@mnu.de

#### Förderverein MNU

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V.

Geschäftsführung:

OLIVER SEEBERGER, VDI-Haus, VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf, Tel. 0211 62147106 oliver.seeberger@mnu.de

Der Verein ist durch Verfügung des Finanzamtes für Körperschaften in Hamburg als gemeinnützig anerkannt. Die Beiträge werden nur für satzungsgemäße Zwecke verwendet.

Kontoverbindung: Förderverein MNU, Hamburger Sparkasse, IBAN: DE91 2005 0550 1090 213 404 BIC-/Swift-Code: HASP DE HH XXX

#### Vorstand und Fachreferenten

1. Vorsitzender	GERWALD HECKMANN, München, gerwald.heckmann@mnu.de
Schatzmeister	Dr. Andreas Pallack, Soest, andreas.pallack@mnu.de
Schriftführer	Prof. MATTHIAS KREMER, Tuttlingen, matthias.kremer@mnu.de
Ehrenvorsitzender	ARNOLD A CAMPO, Hagen, acampo@mnu.de
Fachreferent Mathematik	Stefan Burghardt, Arnsberg, stefan.burghardt@mnu.de
Fachreferent Biologie	RAIMUND LEIBOLD, Trier, raimund.leibold@mnu.de
Fachreferentin Chemie	Dr. Judith Wambach-Laicher, Neuss judith.wambach-laicher@mnu.de
Fachreferentin Physik	BIRGIT EISNER, Freising, birgit.eisner@mnu.de
Fachreferent Informatik/Technik	GERHARD RÖHNER, Dieburg, gerhard.roehner@mnu.de
Fachreferent für Internetkommunikation	CHRISTIAN KIRBERGER, Nordhorn, christian.kirberger@mnu.de
Vertreter der Hochschulen und MNU-Chefredakteur	Prof. Dr. Bernd Ralle, Dortmund, bernd.ralle@mnu.de
Vertreter der Landesvorsitzenden	Manfred Engel, Rotenburg/Fulda, manfred.engel@mnu.de

#### Die Mitgliedschaft im Förderverein MNU

Über den Förderverein MNU informieren wir Sie gerne. Bitte Info-Blatt beim MNU-Geschäftsführer anfordern. Nähere Informationen finden Sie auch im Internet: www.mnu.de

**Geschäftsjahr ist das Kalenderjahr.** Der Beginn einer Mitgliedschaft rechnet je nach Wunsch des Eintretenden vom 1. Januar oder 1. Juli an. Der Austritt ist nur zum 31. Dezember möglich und muss dem Geschäftsführer bis 1. Oktober gemeldet werden.

#### Die Mitgliedschaft kostet ab dem 1.1.2017 jährlich:

#### Basisbeiträge:

240.020.4.450.	
Beitrag mit Bezug des MNU-Journals	EUR 80,00
Beitrag für Ehe-/Lebenspartner ohne MNU-Journal	EUR 30,00
Förderbeiträge:	
Schüler, Studenten, Referendare im ersten Mitgliedsjahr	beitragsfrei
Ab dem 2. Mitgliedsjahr	EUR 30,00
Lehrkräfte in den ersten drei Berufsjahren	EUR 60,00
Pensionäre und Rentner (auf Antrag)	EUR 60,00

Für eine Ermäßigung ist dem Geschäftsführer eine entsprechende Bescheinigung einzureichen. Alle Mitglieder erhalten die Mitgliederzeitschrift MNU-Journal.

Der Jahresbeitrag ist bis zum 1. Juni im Ganzen zu zahlen. Später noch ausstehende Beiträge werden zuzüglich der Kosten der Einziehung durch Postnachnahme erhoben.

Verlag Klaus Seeberger

Vossenacker Straße 9

41464 Neuss

Telefon 02131 1248864

Seeberger@mnu.de + info@seeberger-verlag.de

#### Das MNU-Journal erscheint sechsmal jährlich. Jede Ausgabe umfasst 72 Seiten.

Heft-Nr.	Erscheinungstermin	Anzeigenschluss	
1	15. Januar	15. Dezember	
2	15. März	15. Februar	
3	15. Mai	15. April	
4	15. Juli	15. Juni	
5	15. September	15. August	
6	15. November	15. Oktober	

#### MNU-Journal Abonnement für Schulen, Bibliotheken und Firmen

Das MNU-Journal kann zum Preis von EUR 52,00 pro Jahrgang zuzüglich Versandkosten abonniert werden. Der Bezug von Einzelheften ist, soweit noch verfügbar, zum Preis von EUR 8,00 pro Ausgabe zuzüglich Versandkosten durch den Verlag möglich.

Eine Kündigung des Jahresabonnements kann nur anerkannt werden, wenn die schriftliche Kündigung für das folgende Jahr am 1. Oktober des laufenden Jahres beim Verlag vorliegt.

#### Anschriftenänderungen

Teilen Sie die Änderung Ihrer Anschrift dem Geschäftsführer unmittelbar mit. Bei Anschriftenänderungen, die nicht mindestens vier Wochen vor Erscheinen der nächsten Ausgabe gemeldet sind, kann bei Verlust einer Ausgabe Ersatz nur gegen Berechnung gestellt werden, da die Post Zeitschriften weder nachsendet noch an den Verlag zurückgibt.

#### Redaktionelles

Zuschriften senden Sie bitte an den zuständigen Herausgeber.

Hinweise für Autoren finden Sie unter http://www.mnu.de/publikationen#mitarbeit

#### Verlag, Anzeigen- und Beilagenverwaltung

Verlag Anschrift wie oben. Anzeigen- und Beilagenpreise gemäß Tarif 1/2017. Für Stellengesuche gilt ein ermäßigter Tarif. Anzeigenschluss jeweils vier Wochen vor Erscheinen (s. obige Termine).

Satz, Druck, Bindearbeiten:

Appel & Klinger Druck und Medien GmbH

Bahnhofstraße 3a, 96277 Schneckenlohe, Telefon 09266 9928-0 www.ak-druck-medien.de; E-Mail: info@ak-druck-medien.de

#### Copyright/Fotokopien

Sämtliche Rechte liegen beim Verlag. Die Zeitschrift und ihre Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

# Vom MINT-Unterricht und seiner Förderung

Nach erfolgreicher Ausrichtung des 108. Bundeskongresses möchte ich an dieser Stelle einige Gedanken zum gemeinsamen Anliegen von Verband und Journal festhalten. Dabei nehme ich Bezug auf zwei Ereignisse im unmittelbaren Nachgang: Am 22. April fand in mehr als 600 Städten weltweit der *March for Science* statt. Am 25. Mai wurde der Aachener Karlspreis für Arbeiten über die Redefreiheit in einer digitalen Welt verliehen.

Beides hängt für mich mit dem Kongressmotto »MINT-Unterricht: zeitgemäß und nachhaltig« zusammen. Denn in einer Zeit, die bisweilen ›postfaktisch genannt wird und von deutlich veränderten Wegen der Informations- und Meinungsbildung geprägt ist, sind die MINT-Fächer von ungebrochener und besonderer Bedeutung: In ihnen sind die Lernenden am Ende weder auf das »letzte Wort des Lehrers noch auf das »Schwarz-auf-Weiß von Lehrbüchern angewiesen. Wenn unser Unterricht entsprechend darauf vorbereitet, können sie sich vielmehr ein unabhängiges Bild der Phänomene und Zusammenhänge machen:

In der Mathematik kann man nachrechnen, (systematisch) ausprobieren, Muster erkennen, Hypothesen bilden, logisch schließen und kritisch prüfen. In Biologie, Chemie und Physik kann man zudem die Natur sorgfältig beobachten oder durch gezielte Experimente befragen, messen und prüfen, ob die Ergebnisse mit aus den Hypothesen abgeleiteten Sachverhalten zusammenpassen, und dabei die Eingeschränktheit der eigenen Wahrnehmung (auch infolge eventueller Vorurteile) einkalkulieren. In Informatik und Technik kommt die Möglichkeit des Lauftests hinzu. Man kann Algorithmen und Mechanismen hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit, Ergebnistreue, Natur- und Wartungsfreundlichkeit, Effektivität, Robustheit u. ä. auf die Probe stellen. Zugleich kann man mit ihrer Hilfe ggf. die Bereiche der Sinneswahrnehmung erweitern.

Die MINT-Fächer besitzen somit ein besonderes Maß an Unabhängigkeit und zeichnen sich durch charakteristische Erkenntnismethoden sowie den damit verbundenen Wahrheitsanspruch aus. In Zeiten, in denen die Klimaerwärmung oder ihr Zusammenhang mit menschlichem Handeln geleugnet werden, machen sie unmissverständlich deutlich: Der Mensch kann die Natur verändern, aber nicht die Naturgesetze. Es wird so wenig postfaktische Mathematik geben wie eine Rechenreform.

Somit kann auch und gerade der MINT-Unterricht bei Schüler/ innen eine rationale Grundhaltung stärken und zu Mündigkeit und Selbstbewusstsein beitragen. Zugleich bietet er die Chance, eigene Entdeckungen zu machen und auf Basis des Gelernten reale oder virtuelle Instrumente zu entwickeln, die den eigenen Bedürfnissen entsprechen oder sogar die Zukunft gestalten helfen.

Der MNU fördert den Unterricht in Mathematik und den Naturwissenschaften seit 126 Jahren, den Veränderungen der Zeit entsprechend sind Informatik und Technik explizit hinzugekommen. Wir haben uns in Aachen dieser gewachsenen Strömung anschließen und in die Tradition der Bundeskongresse einreihen

dürfen. Eindrucksvoll haben wir erlebt, welch wertvoller Themen- und Referierendenpool, welch bunte Teilnehmerschaft und welch öffentliches Interesse damit verbunden sein können. Einmal mehr hat dabei die Verbandstradition gerade durch die wertschätzende Kooperation mit renommierten Hochschulen und im Umfeld historisch gewachsener Städte ihre besten Seiten entfaltet.

Im Rahmen der MNU-Bundeskongresse gibt es also für praktizierende Lehrkräfte in angenehmer Atmosphäre außerordentlich viel zu lernen. Allerdings ist, so möchte ich leicht modifiziert mit Gustav Mahler sagen, »Tradition nicht das Anbeten der Glut, sondern die Weitergabe des Feuers«. Zum Weitergeben gehört Loslassen. Und das kann man: voller Vertrauen auf das unverbrüchliche Potential der MINT-Fächer und das beste Können und Wollen ihrer nächsten Vertreter. Man sollte nicht nur lehren, sondern auch zuhören wollen. Vielleicht muss man die ein oder andere Komfortzone verlassen. Aber ich bin sicher, es lohnt sich.

Ich sage das, weil der Anteil werdender und junger, aktiver Lehrkräfte unter den Kongressteilnehmern nach positiven Entwicklungen in Aachen unbedingt weiter wachsen sollte. Vielleicht kann man noch mehr für die Präsenz des MNU-Verbands an Schulen tun. Vielleicht wäre manches langjährige Mitglied bereit, zugunsten einer jungen Lehrkraft auf seine Preisvorteile zu verzichten. Auch kamen 2017 fast drei Viertel der regulären Beiträge von Männern und von neun vergebenen Preisen ging nur einer an eine Frau. Dabei werden allmorgendlich 72 % des schulischen Unterrichts und wohl auch 50 % des MINT-Unterrichts von Frauen getragen.

Vielleicht muss man in Zeiten berufstätiger Elternpaare und schwindender Spielräume für Ehrenamtliches sogar das Osterferienformat überdenken. Dabei hat die mehrtägige Gelegenheit zu Austausch und Fortbildung in angenehmem, kulturell inspirierendem Rahmen viel für sich. Es sollte Vieles daran gesetzt werden, die hochwertige, komprimierte Weiterbildungsmöglichkeit gerade denjenigen zugänglich zu machen, die noch Jahre und Jahrzehnte des MINT-Unterrichts vor sich haben.

Im vorliegenden Heft haben wir gemeinsam mit den Journal-Herausgeber/innen einige Beiträge zusammen gestellt, die auf dem Kongress große Resonanz erfahren haben und die Einblicke in die Zukunft der MINT-Bildung eröffnen.

Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre.



Prof. Dr. JOHANNA HEITZER
(Vorsitzende des
MNU-Ortsausschusses Aachen)

# Zahlen, Formeln und Modelle – ein Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung?

**UTE STOLTENBERG** 

Bildung für eine nachhaltige Entwicklung ist ein Konzept als Orientierung für Inhaltsentscheidungen, Perspektiven auf Unterrichtsinhalte und Arbeitsweisen, dessen Implementierung in alle Bereiche des Bildungssystems angestrebt wird. Dieser Kontext wird unter dem Interesse aufgezeigt, die Potentiale der MINT-Fächer für ein derartiges Bildungsverständnis deutlich zu machen und zugleich Hinweise zu geben, wie Interesse und Motivation von Schüler/innen davon profitieren könnten.

#### 1 Zu den Zielsetzungen des Beitrags

Zahlen, Formeln und Modelle mag eine etwas plakative Zusammenfassung der MINT-Fächer sein; die drei Werkzeuge stehen jedoch für zentrale Zugänge, mit denen die Mathematik, die Naturwissenschaften, Informatik und Technik versuchen, die Welt zu verstehen und zu erklären. Sie repräsentieren zudem eine Denkweise, die Menschen, die diesen Fächern distanziert gegenüberstehen, für besonders schwer zugänglich, zu abstrakt und dem Alltag fern wahrnehmen – und häufig genug auch noch als rein fachlich, aus dem Kanon des Faches heraus sich legitimierend kommuniziert wird.

Ohne das Wissen, die Denkweisen und Methoden dieser Fächer wird sich eine zukunftsfähige Entwicklung jedoch nicht gestalten lassen. Sie müssen also integrativer Bestandteil einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung sein.

Dazu bedarf es der Klärung, was das Potential dieser Fächer für eine nachhaltige Entwicklung und für Bildung für eine nachhaltige Entwicklung sein kann.

Die folgenden Ausführungen verstehen sich als Beitrag zu dieser Klärung, indem zunächst – in diesem Rahmen nur knapp – das Verständnis von nachhaltiger Entwicklung dargelegt und das Bildungskonzept skizziert wird. Dieser Bezugsrahmen kann Anknüpfungspunkte für die Reflexion der Fachwissenschaft und Fachdidaktik der MINT-Fächer im Sinne von Bildung für eine nachhaltige Entwicklung bieten.

Zugleich soll damit deutlich werden, welche Potentiale mit dem Konzept Bildung für eine nachhaltige Entwicklung für die Gestaltung von Bildungsprozessen in Naturwissenschaften und Technik verbunden sind, um sie zu einem selbstverständlichen Bestandteil von Allgemeinbildung als Voraussetzung zur Mitwirkung an der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung zu machen.

Mit diesem Beitrag soll zudem die Dringlichkeit einer breiteren Auseinandersetzung in allen Disziplinen und Schulfächern mit der Herausforderung einer nachhaltigen Entwicklung – aktuell konkretisiert durch die Agenda 2030 – unterstrichen werden. Bisher sind Unterricht und Lehrerbildung im Sinne des Konzepts Bildung für eine nachhaltige Entwicklung die Ausnahme, oft nur ermöglicht durch das besondere Engagement einzelner Personen oder Kollegien. Mit dem Nationalen Aktionsplan BNE 2017 soll jetzt eine weitere Anstrengung unternommen werden, Bildung für eine nachhaltige Entwicklung auch so in den Strukturen des Bildungssystems zu verankern, dass sie Menschen jeden

Alters in den jeweiligen Institutionen formaler oder informeller Bildung zugänglich ist.

# 2 Nachhaltige Entwicklung – ein Such-, Lern- und Gestaltungsprozess

Die Begriffe »nachhaltig« und »Nachhaltigkeit« haben seit der Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio eine inflationäre Verbreitung auch in Bildungszusammenhängen erfahren. Man findet sie im Bildungsbericht der Bundesregierung, gelegentlich in den Rahmenplänen für Unterricht auf Länderebene – und auch in den Verlautbarungen und Publikationen des MNU. In der Regel wird damit zum Ausdruck gebracht, was – nachvollziehbar in Synonymwörterbüchern – in der deutschen Sprache auch mit »langfristig wirksam«, »dauerhaft« oder auch »unveränderlich« bezeichnet werden könnte. Bezogen auf Bildungsprozesse wäre eine begriffliche Korrektheit angebracht: »Bildung für eine nachhaltige Entwicklung« ist ein Fachbegriff, der sich auf ein weltweit geteiltes Verständnis von »Nachhaltiger Entwicklung« bezieht.

»Nachhaltige Entwicklung« bezeichnet danach ein Ziel und damit eine Aufgabe, einen Prozess und ein Konzept. Auf der Grundlage einer nun bereits Jahrzehnte langen Diskussion, ausgelöst und immer wieder befördert von wissenschaftlichen Hinweisen darauf, dass der Planet selbst als Lebensgrundlage aller Kreaturen durch menschliche Praktiken gefährdet ist und dringend Veränderungen in sozialen, ökologischen, ökonomischen und kulturellen Handlungsfeldern notwendig sind. Diese können nur durch Beteiligung aller gesellschaftlichen Gruppen und Institutionen und nur durch globale Partnerschaft erreicht werden - in einem gemeinsamen Such-, Lern- und Gestaltungsprozess für eine nachhaltige Entwicklung. Deshalb wird hier auch nicht ein Idealzustand von »Nachhaltigkeit« als Orientierung für Bildungsprozesse zugrunde gelegt, sondern unterstrichen, dass Aushandlung und Bildung als Voraussetzung und als Elemente dieses Prozesses unabdingbar sind. Mit der Agenda 2030 hat sich die Weltgesellschaft konkrete Aufgaben gestellt, um unseren Planeten langfristig zu sichern und lebenswert zu erhalten (Vereinte Nationen, 2015). Wie diese ausgestaltet werden, ist immer wieder zu verhandeln und zu konkretisieren, in einem Prozess, der auch die (nicht selten auch konflikthaften) Zusammenhänge und Relationen zwischen ökologischem, sozialem,

ökonomischem und kulturellem Handeln beachtet, wie im Vier-Dimensionen-Modell nachhaltiger Entwicklung nachvollzogen werden kann (Abb. 1).

Aus der Einsicht heraus, dass alle menschlichen Tätigkeiten und Erzeugnisse mit der sie tragenden Natur vernetzt sind, folgt, dass der Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen keine Frage von Naturschutz allein sein kann, sondern dass unser gesellschaftliches und kulturelles Handeln insgesamt unter dieser Frage betrachtet werden muss.

#### 3 Bildung für eine nachhaltige Entwicklung

Entsprechend geht es darum, Menschen heute das Wissen, die Sichtweisen und Kompetenzen zu ermöglichen, die ihnen eine Beteiligung an einer zukunftsfähigen, nachhaltigen Entwicklung ermöglichen.

Das Konzept »Bildung für eine nachhaltige Entwicklung« beschreibt, wie ein neuer, widerständiger, kreativer, kritischer, zugleich auf Integrität und Bewahrung angelegter Blick auf die Welt entwickelt werden kann – als Orientierung für die

Gestaltung von Bildungsprozessen und Bildungsinstitutionen. Man kann Bildung für eine nachhaltige Entwicklung also nicht als zusätzliches »Thema« einem bestehenden Curriculum hinzufügen; vielmehr können auf dieser Grundlage Bildungsinhalte, Perspektiven auf diese Inhalte sowie Arbeitsweisen für alle Bildungsprozesse entwickelt und begründet werden.

Hinzu kommt: Da Wissenschaft und Bildung – als zentrale Gestaltungskräfte unserer Kultur – maßgeblich zu einer nicht nachhaltigen Entwicklung beigetragen haben und weiter beitragen, bedürfen Wissensbestände, Denkweisen, Methoden, der

ökologische Dimension ökonomische Dimension vorsorgendes Wirtschaften; sparsamer Umgang mit Ressourcen; Zeitmaße der Natur (Regenerationsfähigkeit, Kreislaufwirtschaft: Stoffstrom-Management; Um weltmanagementsystem; Biodiversität: ökologische Kreislauf-Systeme; um weltverträgliche, innovative Technologien; regenerative Energie; Eco-Design (Nutzungsdauer, Entsorgungsfreundlichkeit, Ästhetik); Vorsorgeprinzip; Vermeidung der Belastung des Ökosystems ökologische und soziale Wahrheit der Preise; (Reduzierung von Schadstoff-Verursacherprinzip; einträgen, Emissionen, Abfall) regionale und lokale Sustainable Vermarktungsnetze; Development Fairer Handel soziale Dimension kulturelle Dimension nachhaltige Förderung der menschlichen Ethische Vergewisserung; Entwicklung Gesundheit; Nachhaltigkeitsgleiche Ansprüche auf die gerechte Lebensstile; ganzheitliche Naturwahrnehmung; ästhetische Nutzung natürlicher Ressourcen und gleiche Rechte auf Entwicklung; Wahrnehmung nachhaltiger Entwicklung; innergesellschaftliche Gerechtigkeit; lokale kulturelle Vielfalt der Wege zu einer nachhaltigen Entwicklung; Berücksichtigung der Lebensinteressen traditionelles Wissen; Umgang mit Zeit; zukünftiger Generationen; Demokratisierung, Partizipation aller Kultur des Umgangs mit den Dingen; Bevölkerungsgruppen in allen Lebensbereichen, Konsumentenbewusstsein; Netzwerke: lokale Öffentlichkeit; Lebensunterhalt durch Arbeit internationaler Austausch; globale Verantwortung; cosmopolitan culture

Abb. 1. Vier-Dimensionen-Modell nachhaltiger Entwicklung (Quelle: Stoltenberg, 2009)

Umgang mit ihnen und deren Rezeption und Nutzung der Reflexion. In dem Zusammenhang ist auch zu fragen, wie die seit der ersten PISA-Studie dominierenden Erwartungen an mehr naturwissenschaftliche Bildung – wie Behebung des Fachkräftemangels für technik- und naturwissenschaftlich ausgerichtete Berufe, mehr Innovationen, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, Wachstum oder schlicht die Aussage, eine technologisch so entwickelte Gesellschaft brauche sie für die Zukunftsgestaltung – hinsichtlich damit verbundener Zielsetzungen unter dem Anspruch einer nachhaltigen Entwicklung zu beurteilen sind.

- Bildung ist werteorientiert zu gestalten und ermöglicht zugleich Wertereflexion;
- Wissen ist als Zusammenhangswissen, Orientierungs- und Handlungswissen zugänglich und bewusst zu machen;
- Bildungsprozesse orientieren sich an ernsthaften, sinnvollen Fragen und Aufgaben (und setzen dabei relevantes fachliches Wissen und fachliche Denk- und Arbeitsweisen in interdisziplinären Arbeitszusammenhängen in Wert);
- Schlüsselprobleme von Gegenwarts- und Zukunftsgestaltung werden thematisiert und es werden dabei Nachhaltigkeitsperspektiven eingenommen und bewusst gemacht;
- Es werden Arbeitsweisen gewählt, welche die Ausbildung der Kompetenzen und Haltungen ermöglichen, die für die Mitwirkung an einer nachhaltigen Entwicklung bedeutsam sind;
- Die Bildungsinstitution als Ort alltäglichen informellen Lernens wird nach Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung gestaltet;
- Ziele und Inhalte von Bildungsprozessen werden in partizipativen Verfahren immer wieder der Reflexion zugänglich gemacht, um ihre Relevanz für Individuen, die Gesellschaft und die sie erhaltenden natürlichen Lebensgrundlagen immer wieder kritisch hinterfragen zu können.

Kasten 1. Aspekte einer Bildung für nachhaltige Entwicklung

MNU Journal – Ausgabe 5.2017 – 293 –

Das Konzept »Bildung für eine nachhaltige Entwicklung« wurde in den letzten gut 20 Jahren – auch in internationaler Zusammenarbeit – ausformuliert und erprobt. Die »UN-Dekade Bildung für nachhaltige Entwicklung 2005–2014« bot eine Plattform für eine breite Verständigung über das Konzept und den Austausch von Praxiserfahrungen (vgl. auch die internet-Plattform www. bne-portal.de und Publikationen der UNESCO für unterschiedliche Bildungsbereiche). Eine didaktische Orientierung ist im Kasten 1 knapp zusammengefasst.

Bildungseinrichtungen zeigen, dass damit Qualität von Bildung erreicht werden kann. Didaktische Konzepte wie Lebensweltorientierung, Kompetenzorientierung, »Schülernähe« können damit konkretisiert werden, wenn man Forschungsergebnisse einbezieht, die auf das Interesse von Kindern und Jugendlichen an der Mitgestaltung ihres eigenen Lebens und an Fragen einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet sind (MICHELSEN & GRUNENBERG & MADER & BARTH, 2016). Das ist angesichts der seit langem beklagten Sorge, dass sich zu wenig Schülerinnen und Schüler für MINT-Fächer interessieren bzw. im Laufe der Schulzeit das Interesse und die Motivation eher sinken (EISNER et al., 2017), auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht eine wichtige Botschaft.

Das Weltaktionsprogramm »Bildung für nachhaltige Entwicklung« hat weltweit fünf prioritäre Handlungsfelder ausgemacht, um – entsprechend dem Ziel 4 der Nachhaltigen Entwicklungsziele der UN (Sustainable Development Goals, SDGs, Abb. 2) – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung in den Strukturen des Bildungssystems zu verankern. Der »Nationale Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung« (2017) beschreibt aktuell deren Konkretisierung durch Ziele und Handlungsnotwendigkeiten für Schulen, Lehrer/innenbildung und Rahmenbedingungen für Bildungsprozesse und Bildungsinstitutionen¹. Diese Anforderungen wurden in einem breiten Verständigungsprozess zwischen Bildungspraktiker/innen, Wissenschaftler/innen, Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft formuliert und bedürfen nun – auch hinsichtlich der MINT-Fächer – der Umsetzung.

Ziel 4

4.7 Bis 2030 sicherstellen, dass alle Lernenden die notwendigen

Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben, unter anderem durch Bildung für nachhaltige Entwicklung und nachhaltige Lebensweisen, Menschenrechte, Geschlechtergleichstellung, eine Kultur des Friedens und der Gewaltlosigkeit, Weltbürgerschaft und die Wertschätzung kultureller Vielfalt und des Beitrags der Kultur zu nachhaltiger Entwicklung.

Abb. 2. Ziel 4 der nachhaltigen Entwicklungsziele (Vereinte Nationen, 2015)

#### 4 Potentiale der MINT-Fächer für Bildung für eine nachhaltige Entwicklung – Potentiale des Konzepts Bildung für eine nachhaltige Entwicklung für MINT-Fächer

Die Auseinandersetzung mit Bildung für eine nachhaltige Entwicklung als orientierender Grundlage ist eine Anforderung an alle Schulfächer. Dabei ist das Anliegen, erreichbare Kompetenzen als Kriterium für Schulerfolg zu werten (wie in den KMK Bildungsstandards) ein guter Anknüpfungspunkt auch unter dem Anspruch, Kompetenzen für die Bewältigung der Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung zu fördern. Auch wenn die KMK-Bildungsstandards (hier am Beispiel der Mathematik) mit dem Anspruch formuliert werden, Mathematik als Teil der Allgemeinbildung und »in ihrer Reichhaltigkeit als kulturelles und gesellschaftliches Phänomen« erfahrbar zu machen (Bildungsstandards 2015, S. 11), werden die Bildungsstandards bisher eher aus dem System des jeweiligen Faches heraus als mit gesellschaftlichem Bezug begründet.

In einigen Rahmenlehrplänen der Länder zu den MINT-Fächern wurde jedoch die – seit Jahren bildungspolitisch als notwendig erachtete – Verankerung von Bildung für eine nachhaltige Entwicklung bereits beachtet. Allerdings ist das Verständnis dieser Aufgabe noch sehr heterogen – sowohl hinsichtlich der verschiedenen MINT-Fächer in einem Bundesland als auch hinsichtlich eines Faches in den 16 Bundesländern. Hier kann nur an Beispielen illustriert werden, welch ein Handlungsbedarf noch besteht.

So werden im Kernlehrplan NRW (2014) Personal- und Sozial-kompetenzen strikt von den rein fachlichen, zu überprüfenden Kompetenzen getrennt. Dagegen sehen die Bildungspläne in Hamburg auch für die MINT-Fächer Ausführungen zu dem »Beitrag des Faches zur Bildung« vor. Dieser wird hinsichtlich einiger Fächer auch im Horizont der Nachhaltigkeitsaufgabe formuliert. Doch selbst, wenn in einzelnen Fächern ein Bezug zu nachhaltiger Entwicklung hergestellt wird, bleibt das Verständnis sowohl von »nachhaltiger Entwicklung« als auch von »Bildung für eine nachhaltige Entwicklung« in der Regel hinter dem Stand der wissenschaftlichen und öffentlichen Diskussion (wie sie sich in nationalen und internationaler politischer Programmatik findet) zurück.

Die Potentiale der MINT-Fächer für eine nachhaltige Entwicklung liegen auf verschiedenen Ebenen; sie gilt es, bewusst zu machen und für Bildung für eine nachhaltige Entwicklung zu nutzen. Sie betreffen sowohl Denk- und Arbeitsweisen als auch den Gegenstandbereich der Fächer. Das soll im Folgenden unter einigen für Bildung für eine nachhaltige Entwicklung relevanten und weiter oben knapp erläuterten Kategorien angesprochen werden.

#### 4.1 Schlüsselthemen einer nachhaltigen Entwicklung

Probleme globalen Wandels durch zunehmende Verflechtung von weltweiten Umweltveränderungen, grenzenlosem Wirtschaften, kulturellem Wandel und einem wachsenden Nord-Süd-

Der Nationale Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung wird am 20. Juni 2017 von der Nationalen Plattform BNE verabschiedet.

Gefälle sind Anlass für die Entscheidung der Weltgesellschaft, gemeinsam eine nachhaltige Entwicklung anzustreben. Sie entstanden und entstehen in weltweiten Wirkungszusammenhängen, an dem jeweils auch immer lokales und regionales Handeln beteiligt sind. Denkweisen und Erkenntnisse von Naturwissenschaft, Technik, Informatik und Mathematik sind zum einen Ursache, ja - wie am Beispiel von sich verselbständigender Logik am Beispiel des Bruttosozialprodukts oder einer grenzenlosen Innovationsgeschwindigkeit und damit quasi naturwüchsig anmutender künstlicher Alterung von ressourcenverbrauchenden Produkten - gar Treiber einer nicht nachhaltigen Entwicklung. Sie sind zugleich gefordert, zum Verständnis von Schlüsselproblemen wie dem Verlust von Biodiversität als auch von kultureller Vielfalt, Finanzkrisen, Bodendegradation, Klimawandel, Verlust von sozialem Zusammenhalt, Ressourcenverantwortung oder Problemen der Welternährung beizutragen und Lösungen im Sinne nachhaltiger Entwicklung mit zu entwickeln.

Diese Aufgabe muss in Bildungsprozessen bewusst gemacht und aufgegriffen werden. Sie können als Kontext für den Aufbau von Fachwissen (wie beispielsweise im Ansatz »Chemie im Kontext«) aufgegriffen werden. Oder sie können Anlass sein, Bildungsprozesse so zu gestalten, dass der Wert von Fachkompetenzen sichtbar und zugleich erfahrbar wird, dass damit auch ein Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung geleistet werden kann (zum Beispiel, wenn man von einem konkreten lokalen Problem ausgeht). Vor diesem Hintergrund sind Anforderungen wie »der Unterricht habe sich an den Interessen der Schüler« oder »an deren Lebenswirklichkeit« zu orientieren, zwar richtig, jedoch nicht hinreichend. Bildungsprozesse müssen heute so organisiert sein, dass sie allen Schüler/innen ermöglichen, sich mit relevanten Zukunftsfragen auseinanderzusetzen auch denen, die nicht die Chance haben, dafür mit Anregungen Interesse zu entwickeln.

#### 4.2 Naturverständnis

Mathematik und Naturwissenschaften können dazu beitragen, dass ein komplexes Naturverständnis entwickelt wird, welches als Schlüssel für die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung betrachtet werden kann. Alle Produkte und Erzeugnisse unseres Handelns basieren auf natürlichen Lebensgrundlagen - und wir ge- und verbrauchen sie. Ressourcenverantwortung bewusst zu machen, ist im Fach Chemie naheliegend und bereits vielfältige Praxis. In der Biologie ist es möglich, Lebensprozesse so bewusst zu machen, dass man erkennt, dass die Natur eigene Zeiten hat wie Wachstumsprozesse, Reproduktiuonszyklen, Zeiten für Regenerierung von Ökosystemen etc., die wir kennen und mit denen wir leben müssen, statt gegen sie. Biodiversität lässt sich in allen Fächern als wichtige Ressource für Gegenwarts- und Zukunftsgestaltung bewusst machen, sei es in der Physik oder Technik durch Einbeziehung von Bionik, sei es in der Biologie durch lebensnahe Beispiele des Zusammenhangs von Gesundheit und Biodiversität, sei es in der Chemie durch die Arbeit mit Naturstoffen. Die Sensibilisierung für die Bedeutung der menschlichen Einbettung in die Natur lässt sich in der Mathematik erreichen, wenn man erfahrbar macht, dass unsere Welt, ja der Kosmos durch grundlegende Muster und Regelmäßigkeiten, Symmetrien, Rhythmen, Strukturen bestimmt ist, die sich in Zahlen ausdrücken lassen.

Wünschenswert wäre, die unterschiedlichen Zugänge der Fächer zur Natur für Schüler/innen zusammenzuführen. Kognitive Einsichten, verbunden mit Staunen und »Ehrfurcht vor dem Leben« können eine Haltung fördern, die Menschen zu einem nachhaltigen Handeln bewegen kann.

#### 4.3 Weltbilder – Menschenbilder

Die »exakten Naturwissenschaften« sind nicht zuletzt durch Phänomene einer nicht nachhaltigen Entwicklung (wie das Auftreten von mutierten Pflanzengenen in dem Genom der Biene) und durch neuere naturwissenschaftliche Erkenntnisse fraglich geworden; die Chaostheorie folgt überraschenden Gesetzen, vermeintlich sichere naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden erschüttert.

Verbindet man Zugänge zu naturwissenschaftlichem Wissen und zu naturwissenschaftlichen Denkweisen mit diesen Erfahrungen und wissenschaftstheoretischen Reflexionen, kann der für eine nachhaltige Entwicklung bedeutsame Umgang mit Unsicherheit und Nichtwissen zu einem Bildungsziel werden. Die Wertschätzung für Menschen kommunizieren, die Risikoabwägung betreiben, statt jede innovative Idee sogleich umsetzen zu wollen, sollte integrativer Bestandteil gerade naturwissenschaftlichtechnischen Unterrichts sein. So könnte eine auf Werte gegründete Thematisierung der Notwendigkeit von Aushandlung und Risikoabwägung naturwissenschaftlich gestützt werden.

# 4.4 Nachhaltigkeitsstrategien als didaktische Kategorien

Dass ein funktionales Verständnis von naturwissenschaftlichem/ technischem Wissen, orientiert an Effizienz und Wirtschaftlichkeit zu kurz greift, lässt sich an Beispielen nicht nachhaltiger Entwicklung verständlich machen. Eine Perspektive auf Problemstellungen, die naturwissenschaftliches, mathematisches, technisches Verständnis und Wissen zugänglich machen kann, bieten die Nachhaltigkeitsstrategien. Effizienzstrategie, Konsistenzstrategie, Suffizienzstrategie und Gerechtigkeitsstrategie (STOLTENBERG, 2009) geben Anhaltspunkte für den Umgang mit bestehendem Wissen als auch für die Notwendigkeit der Generierung neuen Wissens. Diese Strategien können als didaktische Kategorien für die Planung des Unterrichts herangezogen werden. Sie sollten zudem auch in Bildungsprozessen aufgezeigt werden und somit Gegenstand des Unterrichts sein.

# 4.5 Mathematische/naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen

Wenn man nachhaltige Entwicklung als gesellschaftlichen Such-, Lern- und Gestaltungsprozess sieht, werden Zahlen, Formeln und Modelle zu einem wichtigen Instrumentarium, um gegenwärtige Entwicklungen bewerten und Szenarien, Zukunftsentwürfe, alternatives Denken und alternative Konzepte entwickeln zu können. Arbeitsweisen wie das Beobachten und Beschreiben von Vorgängen und Versuchsabläufen, die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten, das Modellieren von Phänomenen kann als Kompetenz erfahrbar gemacht werden, die einen Blick auf Alternativen erlaubt. Konkrete Beispiele, z. B. aus einer nachhaltigen Chemie (wie das wasserund energiesparende Färben von Baumwolle bei 40 Grad, das strenge ökologische und toxikologische Bestimmungen sowie

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 295 -

Richtlinien für eine sozial verantwortliche Textilproduktion erfüllt (vgl. Bundespreis Ecodesign 2015), sind in der Lage, Schüler/innen zu überzeugen, dass das Repertoire der Mathematik und Naturwissenschaften zukunftstauglich ist.

Macht man deutlich, dass Kreativität eine der notwendigen Voraussetzungen naturwissenschaftlich-mathematischer Entdeckungen oder technischer Innovationen ist (was sich an vielen historischen Beispielen zeigen lässt), kann auch nachvollziehbar werden, dass diese Fächer für Innovationen im Sinne nachhaltiger Entwicklung bedeutsam sind. Allerdings ist dann das derzeit in der fachlichen und fachdidaktischen Diskussion dominante Verständnis der Entwicklung von Innovationen kritisch zu reflektieren. »Kreativitätspotenzial, das auf Empfindung und Eingebung, auf Wissen und Können, aber auch auf Handlungsvermögen und Entscheidungsfähigkeit beruht«, kann dann nicht »die industrielle Produktionswirtschaft« als »die entscheidenden Maßstäbe und Instrumente der Bewertung innovativer Problemlösungen« werten (SPUR, 2012, 70). Kreativität wäre vielmehr an einen Verantwortungskontext gebunden, von Gerechtigkeit und dem Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen inspiriert.

# 4.6 Problemorientiertes Arbeiten/Lernen an ernsthaften Aufgaben und Fragestellungen

Fachliches mathematisches und naturwissenschaftliches Wissen wird in Lehrplänen aber auch im Unterricht selbst nicht selten als Wissensbestand behandelt, dessen Aneignung nicht der Begründung bedarf, sondern bereits als »Kulturgut« ausgewiesen ist. Diese Vorgehensweise wird didaktisch durch sich daran anschließende »Anwendungsbeispiele« geadelt. Besonders zugespitzt wird diese Sichtweise, wenn, wie im Hamburger Bildungsplan Mathematik (2009) formuliert wird, dass es darauf ankomme, »die Fähigkeit (zu entwickeln) (...), im Leben nach der Schule die Mathematik als Orientierung in unserer komplexen Umwelt nutzen zu können und den Transfer zwischen realen Problemen und Mathematik zu leisten« (ebd., 10).

Das Konzept »Bildung für eine nachhaltige Entwicklung« bietet eine andere Perspektive, um den Sinn schulischen Wissens einsehbar zu machen und damit auch Interessen von Kindern und Jugendlichen gerecht zu werden. Erfahrungs- und Gestaltungsmöglichkeiten mit einer nachhaltigen Entwicklung werden als (motivierender) Bestandteil von Bildungsprozessen einbezogen. Ausgehend von realen Aufgaben und Problemstellungen, die eine Beschäftigung im Sinne verantwortlicher Zukunftsgestaltung lohnen, wird gezeigt, dass man zum Verständnis der Problemstellung und zu Lösungsansätzen fachliches Wissen braucht. Allerdings können komplexe Problemstellungen wie die Entwicklung eines lokalen Klimaschutzkonzepts oder eines Mobilitätskonzepts nur fächerübergreifend und unter Bezug auf Werte und deren Reflexion erfasst werden. Dann allerdings bieten derartige Themenstellungen die Chance, dass fachliches Wissen als Zusammenhangswissen entsteht, verbunden mit Orientierungs- und Handlungswissen.

#### 4.7 Systemisches Denken, Denken in Relationen

Wie schon im Zusammenhang mit dem Naturverständnis angeklungen, ist das Denken in Relationen und Zusammenhängen grundlegend für Wissen, Kompetenzen und Haltungen, die Menschen befähigen, sich an einer nachhaltigen Entwicklung zu beteiligen. Es geht darum, Beziehungen zu anderen Menschen, anderen Kreaturen und zu Dingen aufnehmen, verstehen und gestalten zu können. Hergestellte Dinge sind Ergebnis oder Anschauungsobjekt in allen MINT-Fächern. Sie sind nicht neutral; Dinge speichern normatives Wissen und normative Aufforderungen. Ein nicht reparaturfähiges Bügeleisen kommuniziert eine andere Botschaft als eines, das sich aufschrauben lässt. Die Rede über Dinge als »tote Materie« - gedacht als Gegensatz zur lebendigen Natur – ist irreführend. In den von Menschen hergestellten Dingen stecken immer auch Ressourcen aus dem Ökosystem Erde (STOLTENBERG 2010). Die Lebensdauer von Dingen und die Art des Gebrauchs kann Auskunft über Stoffströme und Hinweise auf nicht nachhaltige Produktion und Konsumtion von Dingen geben. WOLFGANG M. HECKL, Generaldirektor des Deutschen Museums München, hat mit seinem Buch »Die Kultur der Reparatur« (2013) Reparieren als hervorragendes Lern- und Praxisfeld für MINT-Fächer beschrieben. »Reparatur ist ein Kreislauf von Analyse, Strategie, Implementierung und Erfolgserlebnis« (ebd., 162). Nicht die Bausteine/Elemente des Systems stünden im Fokus sondern die Grundmuster der gesamten Organisation. Zum Reparieren gehöre das Wissen um die Herstellung der Dinge selbst und das Bewusstsein für Kreisläufe. Zudem werde so ein Verhältnis zu den Dingen aufgebaut, das in Ressourcenverantwortung münden kann.

So ist der Prozess des Reparierens ein direkter Zugang zu systemischem Denken. Reparaturcafés als Organisationsform an Schulen böten zudem den weiter oben als Chance für naturwissenschaftlich-technische Bildung beschriebenen notwendigen Bezug zu nachhaltigem Handeln auf lokaler Ebene.

# 4.8 Ästhetische Zugänge zum Verständnis einer nachhaltigen Entwicklung und zum Verständnis von Mathematik und Naturwissenschaft

Zahlen, Formeln und Modelle haben auch eine ästhetische Qualität. Sie können ihr Potential als Bildungsanlässe dann entfalten, wenn man sie als einen Zugang zum Verständnis der Zusammenhänge von Kultur und Natur begreift. Ein faszinierendes Beispiel sind die Fibonacci-Zahlen und ihre Korrespondenz



Abb. 3. Natürliche Spirale einer Aloe (Quelle: http://quer-denken.tv/605-schauberger-wirbel-und-die-forellenturbine/)

in der Natur und in unserer Kultur – seien es die natürlichen Spiralen (Abb. 3), sei es der »goldene Schnitt«. Ein Philosophieren darüber, was solche Zusammenhänge für den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen und für die Gestaltung unserer gebauten Umwelt bedeuten, sensibilisiert für die kulturelle Dimension nachhaltiger Entwicklung. Staunen über die o. g. Zusammenhänge, berührende Schönheit oder auch »wilde« Muster von Fraktalen können dann auch ein Weg zu Interesse und Wertschätzung von Mathematik und Naturwissenschaft sein.

#### 4.9 Reflexion über das Fach

Bildung für eine nachhaltige Entwicklung darf nicht (wie eine »Umwelterziehung«, die Regeln für richtiges Verhalten vermittelt) zu einer Instrumentalisierung von Schüler/innen führen. Nicht Verhaltensänderung ist das Ziel, sondern Befähigung, über sich in dieser Welt unter Bezug auf wissenschaftliche Einsichten und Wertentscheidungen verhalten zu können und damit eine »emanzipatorische Perspektive« (WALS, 2011). Unterricht als Ermöglichung von Denk- und Arbeitsweisen und von Wissen steht einem Verständnis der »Vermittlung« von Wissen gegenüber. Deshalb gehören Fragen wie: Was kann unser Fach beitragen zu einer verantwortlichen Zukunftsgestaltung? Welche Betrachtungsweisen tragen zu einer (nicht) nachhaltigen Entwicklung bei, nicht nur zum didaktischen Begründungskontext von Unterricht, sondern als Inhalt auch in den Unterricht selbst? Dazu kann das Wissen um naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung ebenso herangezogen werden wie die Reflexion über die Grenzen fachwissenschaftlichen Arbeitens. Wissensgenerierung für eine nachhaltige Entwicklung findet interdisziplinär und zudem im Austausch zwischen Wissenschaft und Gesellschaft - transdisziplinär - statt.

#### 5 Schlussbemerkung

Auch wenn heute bereits Spielräume für die Gestaltung von Unterricht im Sinne des Konzepts Bildung für eine nachhaltige Entwicklung gegeben sind, ist eine breite Verankerung des Konzepts in der Struktur von Bildungseinrichtungen und Unterricht auf Rahmenlehrpläne/Curricula angewiesen, die die Aufgabe der Fächer unter der Perspektive nachhaltiger Entwicklung reflektieren und entsprechend Empfehlungen zur Gestaltung von Unterricht geben. Voraussetzung ist allerdings der Zugang von Lehrerinnen und Lehrern zu diesem Konzept, Unterstützung und Ermutigung, damit zu arbeiten und ein breiter Diskurs, in dem man sich über Erfahrungen und Weiterentwicklung austauschen kann. Bildung für eine nachhaltige Entwicklung als Orientierung von Bildung und Weiterbildung in den verschiedenen Phasen der Lehrerbildung (STOLTENBERG & HOLZ, 2017) bleibt damit eine zentrale Voraussetzung für eine innovative Veränderung von Bildungsprozessen und -institutionen.

#### Literatur

Bildungsplan gymnasiale Oberstufe Mathematik (2009). Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg. Behörde für Schule und Berufsbildung.

Bundespreis Ecodesign 2015. http://www.bundespreisecodesign.de/de/wettbewerb/2015/nominierte.html (12.05.2017).

EISNER, B.; KATTMANN, U.; KREMER, M.; LANGLET, J.; PLAPPERT, D.; RALLE, B. (2017). Bildung stärken: Naturwissenschaftlichen Unterricht verändern. *MNU 70*(3), 148–153.

Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule Nordrhein-Westfalen. Mathematik. 2014.

MICHELSEN, G., GRUNENBERG, H., MADER, C. & BARTH, M. (2016). Nachhaltigkeit bewegt die jüngere Generation. In: Greenpeace: *Nachhaltigkeitsbarometer 2015* (neue Ausgabe). Bad Homburg: VAS.

Nationaler Aktionsplan BNE 2017. http://www.bne-portal.de/de/bundesweit/nationaler-aktionsplan.

SPUR, G. (2013). Innovationsfähige Kreativität in der Technikforschung. In: Kreativität in der Forschung. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Hrsg. von Th. Heinze, H. Parthey, G. Spur & R. Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag.

STOLTENBERG, U. & HOLZ, V. (2017). LeNa – LehrerInnenbildung für eine nachhaltige Entwicklung. Lüneburg. http://www.leuphana.de/lena.html (12.05.2017).

STOLTENBERG, U. (2010). Die Dinge und wir. *umwelt & bildung*, 3, 2010, 6-9.

STOLTENBERG, U. (2009). Mensch und Wald. Theorie und Praxis einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung am Beispiel des Themenfelds Wald. München: ökom.

Vereinte Nationen (2015). Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 1. September 2015. New York.

WALS, A. J. (2011). *Learning Our Way to Sustainability.* Los Angeles: SAGE Publications. *http://www.sagepublications.com* (12.05.2017).

Dr. rer. soc. UTE STOLTENBERG ist Sozialwissenschaftlerin mit Studienschwerpunkten in der Bildungswissenschaft und Empirischen Kulturwissenschaft. Als Universitätsprofessorin an der Leuphana Universität Lüneburg war sie in der Lehrerbildung tätig, heute als Seniorprofessorin für Nachhaltigkeitsforschung. Sie ist Mitglied des Deutschen Nationalkomitees für das UNESCO-Programm »Der Mensch und die Biosphäre« (MAB) und Mitglied des Stiftungsrats der Hamburger Klimaschutzstiftung. Seit 2016 Mitglied und Vorsitzende des Advisory Boards für das Forschungsprogramm »Earth System Science« der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 297 -

### Du denkst Zukunft!

# Ein fächerübergreifendes Projekt zu wissenschaftlich und gesellschaftlich relevanten Themen am Beispiel Morbus Alzheimer

CARMEN SCHULZ - JANET BLANKENBURG - ARNIM LÜHKEN - ILKA PARCHMANN

Das Projekt »Du denkst Zukunft!« ermöglicht Lernenden Einblicke in wissenschaftlich hoch aktuelle und gesellschaftlich relevante Themen in einem mehrstufigen Konzept. Ein multimedialer Projekttag »Das ist [m]eine Welt!« soll Schüler/innen sensibilisieren und ihnen erste thematische und berufsorientierende Einblicke in das jeweilige Themenfeld ermöglichen. Die erste inhaltliche Ausgestaltung dieses Konzepts erfolgte im Projekt zum Thema Morbus Alzheimer. In Deutschland leiden etwa 1,5 Millionen Männer und Frauen unter der Demenzform Morbus Alzheimer. Aufgrund der alternden Gesellschaft werden 2050 voraussichtlich doppelt so viele Menschen betroffen sein. Somit kann das Themas Morbus Alzheimer früher oder später viele Schüler/innen selbst betreffen, sei es in der eigenen Familie, im Freundeskreis, im Beruf oder allgemein im sozialen Umfeld unserer Gesellschaft. Im Rahmen des Projekttags werden vor allem neurobiologische, aber ebenso ökonomische, juristische und ethische Aspekte erarbeitet. Im Anschluss besteht für interessierte Jugendliche die Möglichkeit eines Praktikums in einer wissenschaftlichen Einrichtung, das wiederum weiterführend zu einer Wettbewerbsteilnahme motivieren soll. Im Beitrag wird der Projekttag vorgestellt und ein Ausblick auf zukünftige Angebote gegeben.

# 1 Hintergründe und inhaltliche Schwerpunkte des Projekts

Laut dem World Alzheimer Report 2015 leiden weltweit rund 46,8 Millionen Menschen an Demenz, wobei diese in ca. 60 % der Fälle auf eine Alzheimer-Demenz zurückgeführt wird. Der Begriff Demenz bezeichnet eine ganze Gruppe von Krankheitsbildern, bei denen Gehirnfunktionen wie Gedächtnis, Orientierung, Sprache und Lernfähigkeit verloren gehen.

Die Demenzform »Morbus Alzheimer« stellt das Rahmenthema für das erste Projekt dar und wurde aufgrund der hohen medizinisch-wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Relevanz ausgewählt. Die Begegnung und Auseinandersetzung mit Morbus Alzheimer erfordert neben Kenntnissen über die Krankheit auch Einblicke in persönliche und gesellschaftliche Perspektiven und Ansätze zum Umgang mit Patienten. Das Thema ermöglicht daher, wie viele andere Medizinthemen auch, eine breite und fächerverbindende Auseinandersetzung und ist somit für einen Projekttag oder eine fächerübergreifende Zusammenarbeit in der Profiloberstufe gut geeignet.

Fachdidaktische Untersuchungen zeigen in der Regel ein hohes Interesse von Schüler/innen an Medizinthemen (SCHREINER & SJØBERG, 2004; HOLSTERMANN & BÖGEHOLZ, 2007), dieses Potential wird bisher aber fast ausschließlich im Biologieunterricht genutzt. Das Projekt *Du denkst Zukunft!* verbindet naturwissenschaftliche Aspekte mit gesellschaftlichen, politischen und auch ethischen Fragestellungen und stellt damit für verschiedene Fächer und Schülerinteressen Materialien bereit. Diese werden über eine passwortgeschützte Online-Plattform (Abb. 1–3) bereitgestellt und bieten damit die Möglichkeit individueller Schwerpunktsetzungen. Die Materialien wurden in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt Frankfurt am Main erstellt, um neben der fachdidaktischen Perspektive auch die medizinische Qualität zu gewährleisten. Die Lernenden erhalten über Filme, wissenschaftliche Artikel und Studien (z. B. »Nonnenstudie«)

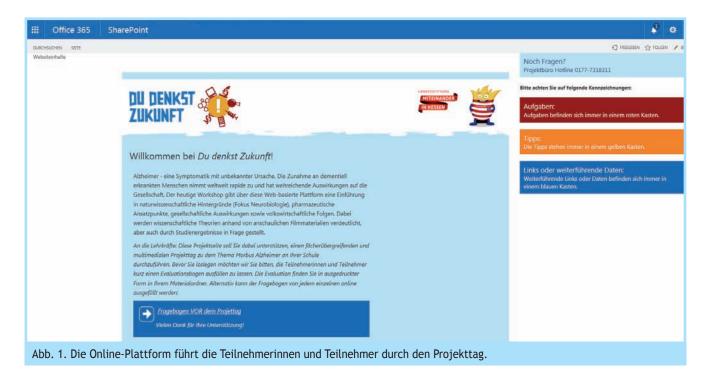
fundierte, übersichtliche und schülergerechte Grundlagen der biologischen Zusammenhänge der Symptomatik (Plaque-, Tautheorie bzw. mögliche Mitverursacher und sonstige Risikofaktoren). Es werden sowohl deutsche als auch englische Materialien verwendet, wobei Fachvokabular übersichtlich in einem Glossar übersetzt wird.

Neurobiologische Grundlagen wie neurocytologische Zusammenhänge, Stoffwechsel, gesunde und gestörte Signalübertragung an Nervenzellen, Immunbiologie, Studien zur Demenzform und Krankheitsverlauf sind die naturwissenschaftlichen Schwerpunktinhalte dieses Bereichs. Die Schüler/innen werden auch mit aktuellen immunbiologischen, jedoch kontroversen Erkenntnissen zur Alzheimerentstehung konfrontiert. Dabei lernen sie anhand eines Quellenmaterials des kontroversen Diskurses führender Wissenschaftler, wie bedeutsam Verfahren der Hypothesenbildung, des Vergleichs und der kritischen Betrachtung naturwissenschaftlicher Studien sind. Über die Biologie hinaus werden medizinische Aspekte aufgegriffen, beispielsweise die Diagnostik des Krankheitsbilds sowie Therapieansätze, medizinische Betreuung und Prävention. In diesem Zusammenhang lernen die Schüler/innen medikamentöse Therapieansätze auf der neurobiologischen Ebene (Acetylcholinesterase-Hemmer) kennen.

Wissenschaftshistorische Aspekte zur Person und zum Wirken von ALOIS ALZHEIMER werden ebenfalls betrachtet, wobei die Lernenden erfahren, dass hinter Namen, Forschungsergebnissen und Krankheiten wissenschaftlich arbeitende Personen stehen. Außerdem kann deutlich gemacht werden, dass Forschung zu einem Thema zeitlich irgendwann begann und auch bis in die aktuelle Zeit anhalten kann. Mit Blick auf gesellschaftswissenschaftliche und ethische Fragestellungen bietet das Material Statistiken zur Häufigkeit von Demenz im Zusammenhang mit dem Lebensalter sowie prognostische Daten zur Entwicklung von Demenz in Deutschland bis zum Jahr 2050. Die Auswertung des statistischen Materials steht dabei genauso im Vordergrund wie deren Einordung in einen gesellschaftlichen Zusammen-

hang unter Berücksichtigung des demographischen Wandels. Anhand eines Artikels aus dem Handelsblatt vom Juni 2015,

»Eine Krankheit – fünf Herausforderungen«, erarbeiten die Schüler/innen die kaum abschätzbaren politischen, sozialen



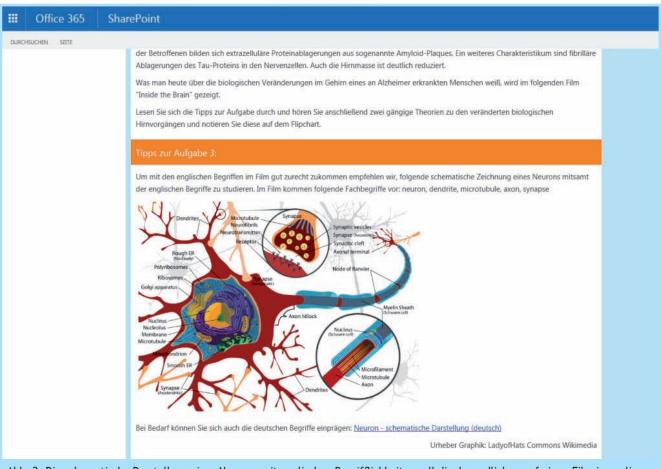
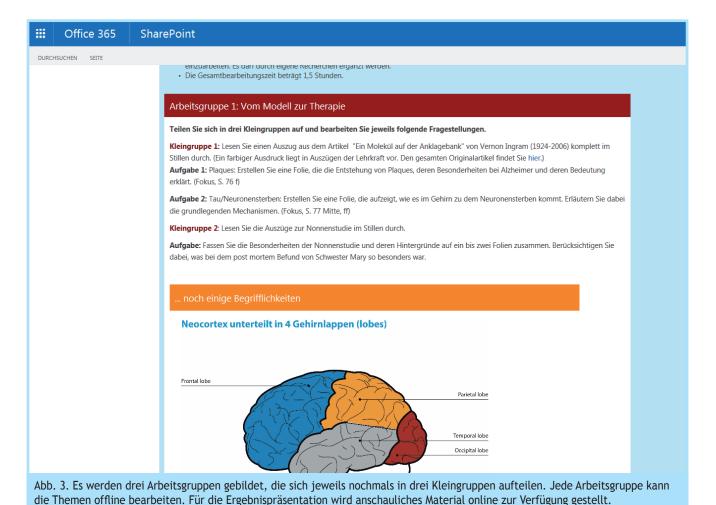


Abb. 2. Die schematische Darstellung eines Neurons mit englischen Begrifflichkeiten soll die Jugendlichen auf einen Film in englischer Sprache vorbereiten. Bei Bedarf können die deutschen Begrifflichkeiten aufgerufen werden.

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 299 -



und ökonomischen Risiken, die aus stark steigenden Zahlen von als auch in der Vielfalt der Zugäng Alzheimer-Erkrankten in der Gesellschaft resultieren können. Studien zur Interessenforschung u

Alzheimer-Erkrankten in der Gesellschaft resultieren können. Interviews mit dem selbst unter Alzheimer-Symptomen leidenden Psychologieprofessor RICHARD TAYLOR und dem Regisseur DAVID SIEVEKING (Kinofilm »Vergiss mein nicht«) vermitteln den Schüler/innen sehr persönliche Einblicke in die Herausforderungen im familiären Umfeld aus der Sicht unmittelbar Betroffener. Des Weiteren setzen sich die Lernenden mit Daseinstheorien auseinander und bekommen aufgezeigt, welche Bedeutung Daseinsthemen für die Persönlichkeit gesunder und dementer Menschen haben.

# 2 Organisatorische Struktur von Du denkst Zukunft!

Das Projekt bietet die Möglichkeit individueller Schwerpunktsetzungen in Richtung naturwissenschaftlicher, gesellschaftswissenschaftlicher und ethischer Aspekte. Die multimediale Lernumgebung verknüpft anspruchsvolle wissenschaftsnahe Informationen mit filmischen Darstellungen. Darüber hinaus ermöglicht sie es, den Projekttag weitestgehend durch die Schüler/innen selbst gestalten zu lassen, da die intuitive Benutzerführung ein selbstständiges Arbeiten ohne zusätzliche Anleitung ermöglicht. Das Projektteam von *Du denkst Zukunft!* e. V. knüpft damit sowohl in der Form der Wissensvermittlung als auch in der Vielfalt der Zugänge und Aktivitäten an aktuelle Studien zur Interessenforschung und -förderung von Schüler/innen an (DIERKS, HÖFFLER & PARCHMANN, 2014; BLANKENBURG, HÖFFLER & PARCHMANN, 2016). Das Gesamtkonzept baut eine Förderung von Interessen und Erkenntnissen in drei Stufen auf (Abb. 4). Während sich die erste Stufe im Sinne einer Breitenförderung versteht, richten sich die zwei folgenden Stufen speziell an talentierte und interessierte Schüler/innen.

#### Stufe 1: Multimedialer Projekttag

Das Projekt startet mit einem schüleraktivierenden und fächerverbindenden Projekttag an der eigenen Schule. Grundlage ist eine Online-Plattform, die nach einer gemeinsamen Einführung arbeitsteilig genutzt wird. Die Aufgaben der Lehrkraft liegen in der Organisation des Projekttags, z. B. der Bereitstellung von Räumlichkeiten, wobei neben den Gruppenarbeitsräumen ein Plenarraum mit Beamer und Internetverbindung und ein Computerraum zur Erstellung von Ergebnispräsentationen verfügbar sein sollten. Die Materialien selbst werden nach Anmeldung über das Projekt bereitgestellt. Hierfür ist die Kontaktaufnahme mit dem Projektbüro notwendig (carmen.schulz@dudenkstzukunft. de). In einem persönlichen Gespräch oder per Mail werden Fragen zum Projektablauf beantwortet und im Anschluss ein schulspezifischer Zugang zur Online-Plattform erstellt sowie ein auf die Schüleranzahl adaptierter Materialordner zusammengestellt. Aktivierende Informations- und Arbeitsmaterialien sind die Internetrecherche, Filmdarstellungen und computerbasierte Textverarbeitungs- sowie Präsentationformate. Klassische Methoden wie Textarbeit sowie Tafeleinsatz werden zusätzlich genutzt, um ein möglichst breites Methodenrepertoire anzubieten und neben motivationalen Zielsetzungen auch Einblicke in aktuelle wissenschaftliche Arbeiten zu geben. Zusätzliche Motivation im Arbeitsprozess wird durch einen häufigen Phasen- und Sozialformwechsel erreicht. Die Sozialformen während des Projekttags wechseln von Plenumsarbeit bis zu Gruppenarbeiten und Präsentationsformen in Gruppen. Hierbei sind die Gruppenzusammensetzung und auch die Gruppenthemen frei wählbar, was wiederum eine höhere Arbeitsmotivation und Förderung des eigenverantwortlichen Lernens erzielt.

### Stufe 2: Praxistag oder Praktika in wissenschaftlichen oder gesellschaftlichen Einrichtungen

Für stärker interessierte Schüler/innen, die sich nach der Teilnahme am Projekttag tiefer mit der Thematik auseinandersetzen möchten, wird derzeit ein Praxistag angeboten; längerfristig angedacht ist auch die Vermittlung längerer Praktika. Die Interessierten müssen sich hierfür mit einem auf das Thema bezogenen Aufsatz bewerben. Während des Praxistags können sie sich auch über verschiedene Berufsperspektiven informieren und zu bestimmten Berufsfeldern Erfahrungen und Impulse sammeln. Diese zweite Stufe soll die Teilnehmenden durch Intensivierung der gelernten Inhalte und durch Erprobung von realen Arbeitssituationen an authentischen Arbeitsorten motivieren, über eine mögliche Berufsperspektive nachzudenken. Die Praxistagorte werden in enger Absprache mit den Schulen und entsprechend dem Interesse der motivierten Schüler/innen regional angeboten. So sind neben Praktika im Bereich Grundlagenforschung (z. B. Max-Planck-Instituts für Hirnforschung in Frankfurt am Main, Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen in Bonn) auch Praxistage in sozialen, sportlichen oder musischen Einrichtungen möglich.

Stufe 3: Wettbewerb (in Planung)

Die dritte Projektstufe ist ein freiwilliger Wettbewerb für Schüler/innen, die sowohl am Projekt- als auch am Praxistag teilge-

nommen haben. Dabei haben die Teilnehmenden die Chance, sich tiefer mit ihren selbstständig gewählten Themen zu befassen und dieses in der wissenschaftlichen Verteidigung ihrer Ergebnisse zu präsentieren. Neben den Präsentationsfähigkeiten sind auch soziale Kompetenzen wichtig, etwa beim Kontakt mit Mentorinnen und Mentoren sowie Mitstreitenden. Extrinsische Motivationswerkzeuge sind Ehrungen und Preise zum Abschluss des Wettbewerbs.

#### 3 Wissenschaftliche Begleitung

Die wissenschaftliche Begleitung wird vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel (IPN) übernommen. Diese verfolgt primär zwei Ziele:

- (1) die kontinuierliche Optimierung und Übertragung des Grundmodells auch auf andere Themen im Sinne eines Design-Based-Research-Ansatzes (KNOGLER & LEWALTER, 2014; SCHEERSOI & HENSE, 2015) sowie
- (2) die wissenschaftliche Analyse von Interessenstrukturen in verschiedenen Lernsituationen und Lernumgebungen (BLANKENBURG et al., 2016; DIERKS et al., 2015). In der Pilotphase nahmen 138 Schüler/innen am Projekttag teil und trugen durch ihre Bewertungen aktiv zur kontinuierlichen Optimierung bei. Seit dem Schuljahr 2015/16 wird eine systematische wissenschaftliche Begleitung durchgeführt.

Ziel der ersten Projektstufe in der Schule ist die Vermittlung von Grundlagen zum Rahmenthema Morbus Alzheimer, um viele Schüler/innen an das Zukunftsthema heranzuführen und für dieses zu sensibilisieren. Da sich die Lernenden die Informationen selbstständig erarbeiten, sind die Qualität, Verständlichkeit und Interessantheit der einzelnen Arbeitsmaterialien zentral. Aus diesem Grund wurden die Teilnehmenden seit dem Schuljahr 2015/2016 (bisher N=151; 55,6 % weiblich; 11. oder 12. Jahrgang; verschiedene Bundesländer (Stand 06/2016)) im Anschluss an den Projekttag zu ihrer Einschätzung (von 1 »nicht gut« bis 4 »sehr gut«) bezüglich der einzelnen Elemente befragt. Abbil-

dung 5 zeigt die Befragungsergebnisse.

Stufe 3:
Wettbewerb Profilbildung identifizierter Talente

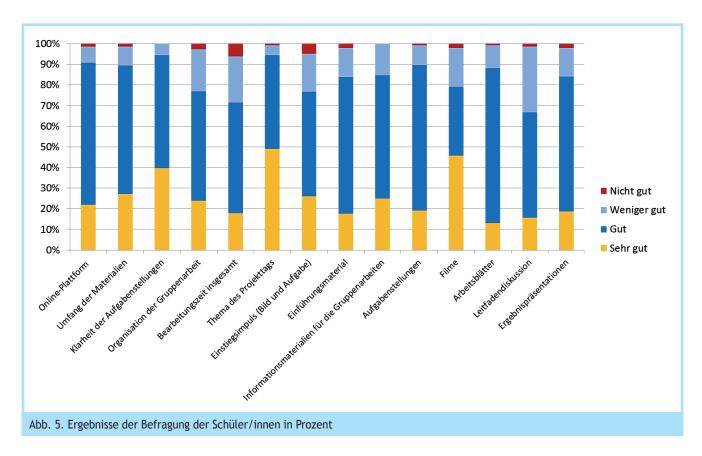
Stufe 2:
Praxistage Einschreibung motivierter Schüler/innen
Motivation und Praxiserfahrung

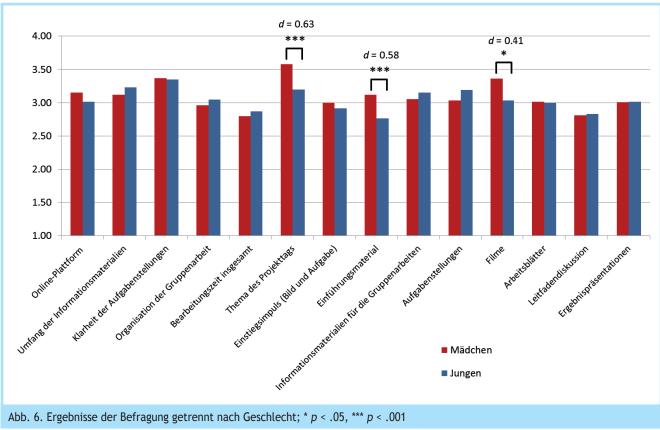
Stufe 1:
Projekttag Bewerbung interessierter und leistungsbereiter Schüler/innen
In der Breite interesssieren und sensibilisieren

Abb. 4. Dreistufiger Projektaufbau von Du denkst Zukunft!

Die Ergebnisse weisen insgesamt darauf hin, dass die Materialien positiv (sehr gut oder gut) bewertet wurden. Wie laut den genannten Interessensstudien zu erwarten, wurde das gewählte Thema Morbus Alzheimer von fast 95 % der Schüler/innen als interessant eingeschätzt. Auch die Online-Plattform sowie der Umfang und die Klarheit der Materialien wurden überwiegend positiv bewertet. Gerade diese Aspekte sind für die selbstgesteuerte Erarbeitung des Themas wichtig. Die Befragung enthüllte aber auch Verbesserungsmöglichkeiten, etwa bei der Organisation der Gruppenarbeit, der Länge der gesamten Bearbeitungszeit und der Leitfadendiskussion.

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 301 -





Bei der geschlechtergetrennten Betrachtung (Abb. 6) fällt auf, dass Mädchen die drei Elemente Thema, Einführungsmaterial und Filme signifikant interessanter einschätzten als Jungen.

Eine mögliche Erklärung hierfür könnte die Emotionalität des Einführungsmaterials sowie der präsentierten Filme sein. Der Einführungsfilm zeigt eine Jugendliche im Alter der Schüler/ innen, deren Mutter an einer frühen Alzheimerform erkrankt und der Abschlussfilm (Ausschnitte aus einem preisgekrönten Dokumentarfilm) zeigt sehr einfühlsam, wie es einem selbst Betroffenen mit Alzheimer ergeht. Verbunden mit den Informationen zu den neurobiologischen Grundlagen und den Statistiken scheint dieses Format besonders geeignet zu sein, Mädchen für das Thema zu interessieren.

Die Schüler/innen wurden außerdem nach ihrem Teilnahmeinteresse an der nächsten Stufe des Projekts, dem Praxistag, befragt. Dabei gaben 52,6 % der Schülerinnen und 35,7 % der Schüler an, an einem Praxistag mehr über das Thema erfahren zu wollen. Die Ergebnisse der differenzierten Untersuchung von Interessenstrukturen werden derzeit ausgewertet und nachfolgenden publiziert.



Abb. 7. Zwei Schülerinnen schauen das Ergebnis der präparierten Nervenzelle unter dem Fluoreszenzmikroskopie im TeachingLab des Max-Planck-Instituts für Hirnforschung an; © Du denkst Zukunft! Foto: DENNIS MÖBUS

#### 4 Fazit und Ausblick

Soziale, wirtschaftliche und politische Auswirkungen steigender Zahlen dementer Menschen legitimieren, neben dem hohen Motivationspotential durch den medizinischen Schwerpunkt, das Rahmenthema im schulischen Zusammenhang zu erarbeiten, naturwissenschaftlich kritisch und kontrovers zu durchleuchten sowie Lernende zu sensibilisieren und in ihren Möglichkeiten der Berufswahl anzuregen. Die hierfür bereitgestellten Materialien haben sich als geeignet erwiesen, genau diese Ziele zu erreichen. Die wissenschaftliche Begleitung hat das Potential des Projekttags bestätigen können.

Lehrerinnen und Lehrer, die das Projekt an ihrer Schule durchführen möchten, erhalten weitere Informationen und das kostenfreie Unterrichtsmaterial für den Projekttag über die Projektleitung von Du denkst Zukunft! (www.dudenkstzukunft.de; carmen.schulz@dudenkstzukunft.de).

Aktuell wird die Übertragung des Rahmenmodells auf ein zweites Themenfeld in Kooperation mit dem Exzellenzcluster Entzündungskrankheiten (Inflammation@Interfaces) der Uni-

versitäten Kiel und Lübeck und weiteren Partnereinrichtungen vorbereitet. Über dieses weitere Medizinthema hinaus, stehen die Themen »Mobilität« und, »Energie« im Ausblick für das Projekt »Du denkst Zukunft!«

#### Dank

Wir danken der Landesstiftung Miteinander in Hessen, den mitwirkenden Einrichtungen insbesondere dem Gesundheitsamt Frankfurt am Main und dem Max-Planck-Institut für Hirnforschung sowie allen teilnehmenden Schulen für die Unterstützung!

#### Literatur

BLANKENBURG, J. S., HÖFFLER, T. N. & PARCHMANN, I. (2016). Fostering today what is needed tomorrow: Investigating students' interest in science. *Science Education*, 100(2), 364–391.

DIERKS, P. O., HÖFFLER, T. & PARCHMANN, I. (2014). Interesse von Jugendlichen an Naturwissenschaften: Ist es wirklich so schlecht wie sein Ruf? CHEMKON, *21*, 111–116.

HOLSTERMANN, N. & BÖGEHOLZ, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13, 71–86.

KNOGLER, M. & LEWALTER, D. (2014). Design-Based Research im naturwissenschaftlichen Unterricht. Das motivationsfördernde Potenzial situierter Lernumgebungen im Fokus. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 61(1), 2–14.

PRINCE, M., WIMO, A., GUERCHET, M., ALI, G-C., WU, Y-T. & PRINA, M. (2015). The global prevalence of dementia. World Alzheimer Report 2015 The Global Impact of Dementia an analysis of prevalence, Incidence, cost and trends, 22.

SCHEERSOI, A. & HENSE, J. (2015). Kopf und Zahl – Praxisorientierte Interessenforschung in der Biologiedidaktik (PIB). *Biologie in unserer Zeit*, 45(4), 214–216.

SCHREINER, C. & SJØBERG, S. (2004). The relevance of science education. Sowing the seeds of ROSE. Oslo: Acta Didactica.

Prof. Dr. ILKA PARCHMANN ist Vizepräsidentin der CAU Kiel und Leiterin der Abteilung Didaktik der Chemie des IPN Kiel; Dr. JANET BLANKENBURG beschäftigt sich am IPN mit Begabtenforschung und leitet das plus-MINT Programm der Stiftung Louisenlund; Prof. Dr. ARNIM LÜHKEN ist Prodekan und Geschäftsführender Direktor am Institut für Didaktik der Chemie der Goethe Universität Frankfurt; CARMEN SCHULZ leitet das Pilotprojekt und ist Ansprechpartnerin für Fragen zum Projekt.

Internetadresse: www.dudenkstzukunft.de

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 303 -

# Physical Computing mit Arduino-Mikrocontrollern



MATTHIAS EHMANN

Informatiksysteme sind heute überall in unserem Alltag. Mit Sensoren erfassen sie ihre Umgebung und reagieren darauf mit Aktoren. Das Thema »Physical Computing« bietet hohes Motivationspotential für den Unterricht und lebensnahe Anwendungen in verschiedenen Bereichen. Im vorliegenden Artikel werden Einsatzmöglichkeiten für Mikrocontroller im Informatikunterricht auf unterschiedlichen Stufen an praktischen Beispielen gezeigt und Erfahrungen vorgestellt.

#### 1 Physical Computing

Das tägliche Leben ist ohne Informatiksysteme kaum mehr denkbar. Mobile Geräte sind mittlerweile zu alltäglichen Begleitern geworden. Tablets und Smartphones besitzen zahlreiche Sensoren und Aktoren, um auf ihre Umgebung zu reagieren. Die Displayhelligkeit wird an das Umgebungslicht angepasst, der Bildschirminhalt an der Orientierung des Geräts ausgerichtet, ortsbasierte Dienste wie Routenplanung oder Umgebungssuche verwenden die genaue Position des Geräts, basierend auf GPS-Informationen.

Mittlerweile sind aber auch andere Alltagsgegenstände »ausgewachsene Rechner«, die mit ihrer Umgebung interagieren: Waschmaschinen, die Nachrichten an mobile Geräte versenden, um auf den zur Neige gehenden Waschmittelvorrat hinzuweisen und den benötigten Artikel gleich im passenden Shop zur Bestellung anbieten;

Heizungssteuerungen, die zu Hause die Temperatur schon hochregeln, wenn der Bewohner sich vom Arbeitsplatz auf den Weg nach Hause macht;

Jalousien, die abhängig von Lichteinfall, Tageszeit oder auch auf Befehl des Nutzers aus der Ferne öffnen oder schließen.

Diese Beispiele aus dem Bereich Smart Home zeigen dieselbe Charakteristik wie die angesprochenen mobilen Geräte: Sensordaten werden erfasst und rufen eine entsprechende (Re-)Aktion hervor. Dabei handelt es sich um das Grundprinzip des Physical Computings.

Möchte man hier einen Blick hinter die Kulissen der Technik wagen, ist das mittlerweile mit entsprechenden Mikrocontroller-Boards problemlos möglich.

#### 1.1 Arduino

Große Verbreitung und Bekanntheit hat die Physical Computing Plattform Arduino (https://www.arduino.cc) erreicht, die 2005 am Interaction Design Institute Ivrea (Italien) entwickelt wurde. Einerseits bietet das Projekt mit der Arduino Mikrocontroller-Familie quelloffene Hardware. Andererseits wird auch eine Entwicklungsumgebung mit dem Namen Arduino bereitgestellt. Die Mikrocontroller-Boards gibt es in verschiedenen Ausprägungen mit unterschiedlicher Anzahl von analogen Ein- und digitalen Ein- und Ausgängen. Als Grundlage für diesen Artikel dient das Arduino-Modell UNO.

#### 1.2 Arduino im Informatikunterricht

Robotersysteme werden schon lange im Informatikunterricht, hauptsächlich im Bereich der Algorithmik, eingesetzt. Sie üben eine Faszination auf die Lernenden aus. Ihr positiver motivationaler Aspekt wurde bereits vielfältig bestätigt (WIESNER & BRINDA, 2008). Sowohl von Lehrenden als auch Lernenden werden immer wieder die direkte Interaktion, das »Anfassen«, die gute Nachvollziehbarkeit von Abläufen und die kreativen Gestaltungsmöglichkeiten bei Robotersystemen genannt.

Am Fachgebiet Didaktik der Informatik an der Universität Bayreuth finden seit 2013 regelmäßig Workshops mit Arduino für Schüler/innen statt. Die Teilnehmer schreiben auch der Verwendung der Mikrocontroller die oben aufgeführten Eigenschaften Enaktivität sowie hohe Nachvollziehbarkeit zu und loben, dass sie selbst kreativ werden können.

Im Folgenden werden unterschiedliche Einsatzgebiete und Erfahrungen bei der Verwendung von Mikrocontrollern im Unterricht und bei Schülerworkshops vorgestellt.

#### 2 Arduino im Anfangsunterricht – Imperative Algorithmik

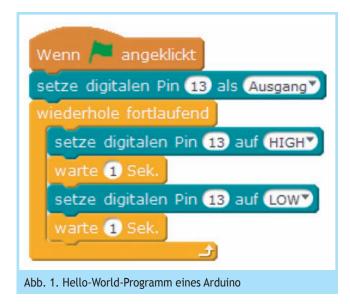
Scratch (https://scratch.mit.edu) ist eine sehr weit verbreitete Programmierumgebung, die bei der Einführung in die algorithmische Denkweise genutzt wird. Einen großen Vorteil von Scratch stellt der Ausschluss von Syntaxfehlern durch die visuelle Programmierung dar. Es werden algorithmische Puzzleteile zu einem Ablauf zusammengesetzt. Dabei sind die Bausteine nur syntaktisch korrekt kombinierbar. Zur Ansteuerung von Arduino-Mikrocontrollern gibt es angepasste bzw. erweiterte Versionen von Scratch (S4A: http://s4a.cat, Snap4Arduino: http://snap4arduino.org). In den angesprochenen Schülerworkshops wird die Software mBlock (http://www.mblock.cc) verwendet, die eine zusätzliche Kategorie »Arduino« mit speziellen Bausteinen zur Verfügung stellt. Die mBlock Umgebung wurde für die Workshops noch etwas erweitert.

#### 2.1 Arduino mit der Programmierumgebung mBlock

Ein erster Ablauf, der mit den Schüler/innen/n umgesetzt werden kann, ist das Hello-World-Programm eines Mikrocontrollers (Abb. 1). Dabei soll eine auf dem Arduino-Board vorhandene

LED dauerhaft blinken. Beim Arduino UNO ist die auf dem Board verfügbare LED L (Abb. 2) fest mit dem digitalen Ein-/Ausgang 13 verbunden. Das Programm zeigt bereits einen charakteristischen Aufbau. Zunächst wird der Mikrocontroller konfiguriert, indem Pin 13 als Ausgang festgelegt wird. Oft folgt dann eine unendliche Wiederholung, wie im Beispiel für das fortwährende Blinken.

Um weitere Anweisungen sequentiell in die Wiederholungsstruktur einzufügen, bietet es sich an, eine Ampelschaltung zu realisieren. Dazu ist der Aufbau von drei LEDs – rot, gelb und grün – auf einem Steckbrett nötig (Abb. 2). Die Schüler/innen kommen dabei mit einigen physikalischen Grundlagen in Berührung: Polung einer LED, Vorwiderstände und Aufbau von Stromkreisen zwischen digitalen Ausgängen und Ground am Arduino. Als Vorlage zum Stecken von Schaltungen können Schaltskizzen dienen, die sich leicht mit der frei verfügbaren Software Fritzing (http://fritzing.org) erstellen lassen.



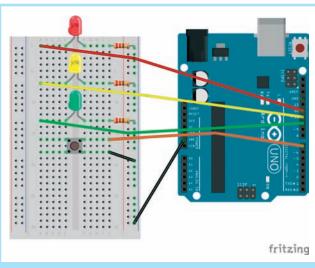


Abb. 2. Schaltskizze für den Anschluss von drei LEDs und einem Taster

Die Erfahrung im praktischen Einsatz zeigt, dass die Schüler/innen, selbst bei der Arbeit mit einem wenig spektakulären Aktor wie der LED, große Motivation für die Bearbeitung entsprechender Aufgabenstellungen mitbringen. Das oftmals ins Feld geführte Argument, dass der Kontext Mikrocontroller eher Jungen ansprechen würde, haben mehrere reine Mädchengruppen nicht bestätigt. Sie konnten sich so für die Thematik begeistern, dass sie sich selbstständig über Ampelschaltungen in anderen Ländern informierten und diese umgesetzt haben.

Die Verbindung zwischen Scratch – im beschriebenen Fall in der Form von mBlock – und Arduino erlaubt es auch, graphische Elemente auf der Scratch-Bühne in Abläufe einzubinden. Für das Beispiel wird eine Ampel mit Bedarfstaster realisiert. Den Taster gibt es sowohl als Bauelement in der Schaltung als auch graphisch in Scratch (Abb. 3). Der physische Taster wird als digitaler Schalter an einem digitalen Pin des Arduino betrieben. Beide »Taster« können betätigt werden. Die graphische Variante zeigt zudem noch an, ob ein Ampelsignal angefordert wurde. Im Bedarfsfall wird dann die Rotphase länger ausfallen als gewöhnlich. Für die Umsetzung sind hier das Variablenkonzept und bedingte Anweisungen nötig.

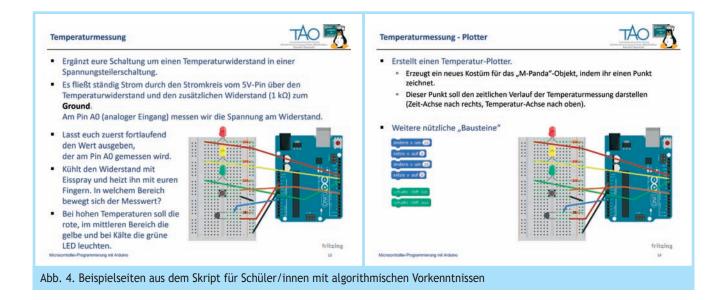


Abb. 3. Arduino- und Ampeltasterobjekt auf der Scratch Bühne

Die Möglichkeiten von Scratch können auch zur Visualisierung von Sensorwerten verwendet werden. Auf recht einfache Art lässt sich ein graphisches Thermometer realisieren, das den zeitlichen Verlauf des Spannungsabfalls an einem temperatursensitiven Widerstand (Heißleiter, NTC) aufzeichnet.

An diesem Beispiel bietet es sich an, einen kurzen Blick auf die Methodik zu werfen, die in den Schülerveranstaltungen zum Einsatz kommt. Sie ist relativ unabhängig davon, ob es sich um Teilnehmer mit oder ohne algorithmische Vorkenntnisse handelt. Der Verlauf ist geprägt von kurzen Inputphasen mit entsprechenden Impulsen und viel Zeit zum Entdecken und Experimentieren. Damit kann jeder Schüler/in dem eigenen Lerntempo folgen und auch individuell vertiefen. Erreicht wird

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 305 -



das durch ein problemorientiertes Begleitskript. Dem Temperaturmessgerät wird zunächst eine »Temperaturampel« vorgeschaltet, um die Eigenschaften des analogen Sensors kennenzulernen (Abb. 4).

Die Thematik bietet auch fächerverbindende Aspekte. Die Spannungsteilerschaltung und ihre Notwendigkeit für die Messung eröffnet Gelegenheit zur Wiederholung von Inhalten aus dem Fach Physik. Die elektrischen und thermischen Eigenschaften des Heißleiters können geklärt werden, um zu begründen, wieso die Spannung eigentlich am verwendeten 10 k $\Omega$  Widerstand statt am Temperaturwiderstand gemessen wird.

Um die Skalierung des Wertebereichs an den Graphikbereich anzupassen, sind Aspekte aus den Gebieten direkte Proportionalität bzw. lineare Funktionen hilfreich (Abb. 5). Die Erfahrung zeigt, dass insbesondere leistungsstarke Schüler/innen die Darstellung weiter perfektionieren möchten und sich sehr intensiv mit der Umrechnung von Messwerten befassen. So kann auch eine Eichung des Sensors vorgenommen bzw. seine Temperatur-Widerstandskennlinie als Grundlage für die Umwandlung der Messwerte in »echte« Temperaturwerte genutzt werden.

# 2.2 Anschluss des Arduino und Programmausführung

Bei der Verwendung von mBlock ist eine dauerhafte USB-Verbindung zum Arduino nötig. Im letzten Beispiel wurden darüber offensichtlich die Sensordaten an mBlock übertragen. Grundsätzlich läuft das Programm immer in mBlock ab und sendet bei Bedarf Befehle an den Arduino bzw. empfängt von ihm Daten. Der Arduino ist aber auch fähig, Programme autonom, ohne Anbindung an einen Rechner, auszuführen. Dazu muss ein Programm in entsprechend ausführbaren HEX-Code übersetzt und anschließend auf den Mikrocontroller übertragen werden. Danach ist er völlig unabhängig. Der übliche Weg zur Erstellung eines solchen Programms ist die Verwendung der Arduino-Programmierumgebung. Sie bietet eine C-ähnliche Sprache und unterstützt das Übersetzen in ausführbaren Code sowie die Übertragung zum Arduino. Allerdings ist es auch direkt in mBlock möglich, das visuell erstellte Scratch-Programm in die

C-ähnliche Sprache zu übersetzen und dann mit diesem Quellcode weiterzuarbeiten.

#### 2.3 Weitere Sensoren, Aktoren und Modelle

An den Mikrocontroller lassen sich nahezu beliebig weitere Sensoren und Aktoren anschließen. In den durchgeführten Einheiten kamen unter anderem Helligkeitssensoren in Verbindung mit weißen LEDs als Lichtschranken, Ultraschall-Entfernungssensoren, Bewegungsmelder und Motoren zum Einsatz.

Für ein Lehrplanmodul des Fachs Informationstechnologie an bayerischen Realschulen zum Thema »Messen, Steuern, Regeln« wurde ein Funktionsmodell entwickelt, das diese Zusammenhänge an einer Arduino-basierten Lüftersteuerung erfahrbar macht. Eine Glühlampe heizt einen Temperatursensor, mit einem Lüfter kann gekühlt werden. Ziel ist dabei, den gemessenen Temperaturwert durch den Lüfter in einem vorgegebenen Intervall zu halten. Der Aufbau besitzt noch zusätzliche Taster und eine Lichtschranke für weitere Experimente.

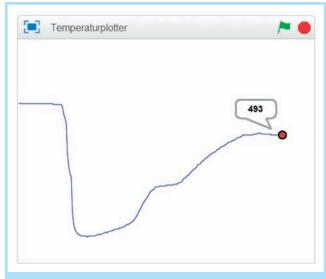


Abb. 5. Aufgenommener Temperaturverlauf, mit Ausgabe des aktuellen analogen Messwerts

Die gewählte Programmierumgebung mBlock unterstützt neben Arduino Mikrocontrollern noch weitere auf der Arduino Plattform beruhende Mikrocontroller-Boards des Anbieters Makeblock. In den Veranstaltungen kommen teilweise mBot Roboter (http://www.makeblock.cc/mbot) zum Einsatz (Abb. 6)



3 Arduino bei der Einführung

in die objektorientierte Programmierung

Eine Einführung in die objektorientierte Modellierung und Programmierung versucht oft, Alltagserfahrungen von Schüler/innen/n zum Gegenstand zu machen.

Beispielsweise lässt sich die Situation einer ampelgesteuerten Straßenkreuzung gut objektorientiert modellieren und bei der Einführung in die Programmierung auch umsetzen. Dabei werden Zustände von Lampen bzw. Ampeln häufig durch Textausgabe oder graphische Simulation dargestellt.

Erfahrungsgemäß ist Unterricht in diesem Bereich sehr selektiv. Gerade von leistungsschwächeren Schüler/innen/n wird häufig die mangelnde Anschaulichkeit, trotz schülernaher Kontexte, beklagt. Es gibt gute Erfahrungen mit der Verwendung eines physischen Funktionsmodells einer Kreuzung anstelle textueller bzw. graphischer Simulation (MÜLLER & EHMANN, 2013). Allerdings ist das verwendete Modell nur in diesem einen Kontext nutzbar.

```
umschalten

einschalten

einschalten

ein

ausschalten

umschalten

umschalten

umschalten

umschalten
```

Abb. 7. Zustandsübergangsdiagramm für eine LED und resultierendes Klassendiagramm der Klasse Led

```
public class Led {
    private boolean ein;
    private int pin = 13;
    public Led() {
        ausschalten();
    public Led(int neuerPin) {
        pin = neuerPin;
        ausschalten();
    public void einschalten() {
        ein = true;
        Arduino.outputOn(pin);
    public void ausschalten() {
        ein = false;
        Arduino.outputOff(pin);
    public void umschalten() {
        if (ein)
            ausschalten();
            einschalten();
```

Abb. 8. Umsetzung des Zustandsübergangsdiagramms einer LED in eine Java-Klasse

Am Fachgebiet Didaktik der Informatik der Universität Bayreuth entsteht derzeit im Rahmen der Masterarbeit einer Studienreferendarin eine Arduino-Erweiterung für die Java Entwicklungsumgebung BlueJ (https://www.bluej.org). Damit ist die Ansteuerung des Mikrocontrollers über statische Methoden einer Klasse Arduino möglich. Das erwähnte Beispiel einer ampelgesteuerten Straßenkreuzung ist so auch mit einem Arduino umsetzbar.

Den Einstieg kann eine zustandsorientierte Betrachtung einer einzelnen LED bilden. Dabei werden ihre Zustände analysiert, Zustandsübergänge festgelegt und in einer Klasse mithilfe verändernder Methoden umgesetzt. Für ein Objekt der Klasse Led

illustrieren die beiden Graphiken die Situation (Abb. 7).

Schritt für Schritt kann nun das Klassendiagramm in eine erste Java-Klasse übersetzt werden (Abb. 8). Dabei lernen die Schüler/innen die Klassendefinition, Konstruktoren, Attribute, Methoden, Variablen, Sichtbarkeiten und erste Kontrollstrukturen in Java kennen. Für die Verwendung mit dem Arduino genügt bereits die auf dem Board verfügbare

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 307 -

LED L in Verbindung mit Pin 13, um eine zusätzliche enaktive Komponente zu bekommen. Die Klasse Arduino stellt zwei statische Methoden outputOn(...) und outputOff(...) zum Einbzw. Ausschalten eines digitalen Ausgangs bereit.

Versuche mit Schüler/innen/n haben gezeigt, dass in der Einfachheit und der Realitätsnähe ein deutlicher Mehrwert liegt, im Vergleich zu einer graphischen Simulation mit unterschiedlich gefüllten Kreisen. Die Verwendung von Graphikbibliotheken, das Platzieren und Füllen der Kreise »verstellt« wesentlich stärker den Blick auf die eigentliche Thematik als die wenigen Methodenaufrufe zum Schalten der LED.

Das Beispiel ist erweiterbar und kann beim Thema »Beziehungen« ausgebaut werden. So wird zunächst eine Ampel bestehend aus drei LEDs im Zustands- und Klassenmodell beschrieben und anschließend die Umsetzung erarbeitet. Eine Betrachtung von Straßen- und Fußgängerampeln führt hin zu einer Vererbungshierarchie. Die BlueJ-Erweiterung unterstützt unter anderem auch die Abfrage von Tastern, ohne dazu parallele Prozesse nutzen zu müssen. Dadurch kann der Aufbau auch noch um Ampeltaster ergänzt werden.

#### 4 Mikrocontroller im Internet of Things

Mikrocontroller spielen im Internet of Things eine entscheidende Rolle. Einerseits lesen sie Sensorwerte aus und schalten Aktoren, andererseits senden sie Zustandsinformationen und empfangen Befehle über eine Netzwerkverbindung. Sie sind damit in ihrer Programmausführung autonom, kommunizieren aber mit anderen Komponenten.

#### 4.1 Amazon Dash Button

Eine Anwendung aus dem Bereich Internet of Things, die es 2016 bis an prominente Stelle in Nachrichtensendungen geschafft hat, ist der Amazon Dash Button (Abb. 9). Es handelt sich dabei um ein kleines Gerät, das nach außen lediglich eine LED und einen Taster erkennen lässt. Es wird in ein heimisches WLAN eingebunden, mit einem Amazon Benutzerkonto verknüpft und sendet bei Betätigen des Knopfes eine Bestellung über einen bestimmten Artikel an Amazon.

Der Dash Button kann Ausgangspunkt für vielfältige und interessante Betrachtungen im Informatikunterricht sein. Mögliche Themenbereiche sind: Informatik, Mensch und Gesellschaft; Datenschutz, Datensicherheit; Computernetze; Datenbanken.

Eine Analyse des Netzwerkverkehrs zeigt, dass der Dash Button per https mit einem Webserver von Amazon kommuniziert. Welche Daten gesendet werden und was mit diesen passiert, kann Beginn für Überlegungen im Unterricht sein. Bezieht man den Ablauf des Registrierungsprozesses eines Dash Buttons mit in die Überlegungen ein, erscheint es wahrscheinlich, dass er lediglich eine eindeutige Kennung an den Webserver schickt und diese dann mit einem Eingangszeitstempel in einer Datenbank gespeichert wird. Er dient damit als Webclient und als Datenquelle für eine Datenbank. Der Aufbau eines eigenen

vergleichbaren Systems schafft somit Verknüpfungen zwischen Themengebieten, die sonst im Unterricht oftmals isoliert nebeneinander stehen. Es sind grundlegende Kenntnisse über http., Datenbanken und Algorithmik nötig. Die Programmierung erfolgt dann direkt in der Arduino Entwicklungsumgebung.

Ein Arduino ist von Haus aus nicht netzwerkfähig. Es gibt verschiedene Zusatzplatinen, die sich direkt auf die Mikrocontroller-Platine oder ein Steckbrett aufstecken lassen, die den Arduino mit einer WLAN- oder Ethernet-Schnittstelle ausstatten. Für die WLAN-Anbindung hat sich mit dem ESP8266-Chip (https://espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/ overview) ein günstiges Modell etabliert. Bei der ESP8266-Familie handelt es sich jedoch um eigenständige Mikrocontroller, mit entsprechenden analogen Ein- und digitalen Ein- und Ausgängen, die sich selbst mit der Arduino-Entwicklungsumgebung programmieren lassen. Zudem sind sie auch performanter als der Arduino UNO. Es ist sinnvoll, direkt eine ESP8266-Platine für Aufgaben zu nutzen, die eine WLAN-Verbindung benötigen. Im Rahmen von Schülerworkshops mit Schüler/innen/n aus der Oberstufe werden an der Universität Bayreuth derzeit Wemos Mikrocontroller (https://www.wemos.cc) eingesetzt, die es in unterschiedlichen Varianten gibt.

Die Hardwarekonfiguration für einen »Nachbau« des Amazon Dash Button (Abb. 10) gestaltet sich sehr einfach. Neben der



ADD. 9. AIIIdZOII DaSII DULLOII

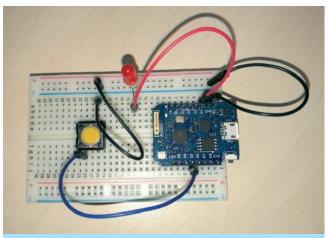


Abb. 10. »Nachbau« eines Amazon Dash Buttons mit einem Wemos D1 mini Pro Mikrocontroller

Wemos-Platine sind auf dem Steckbrett lediglich ein Taster und eine LED angebracht und vergleichbar mit dem Arduino verkabelt.

Um die Implementierung eines eigenen http-Clients in der Arduino-Umgebung muss man sich nicht selbst kümmern. Es gibt dafür entsprechende Bibliotheken. Aufbau einer Verbindung zum Webserver, Senden einer Anfrage und Auswerten der Antwort sind leicht zu bewerkstelligen und zeigen die entsprechenden Schritte, die auf Protokollebene spezifiziert sind. (Abb. 11) Die Kennung des Dash Buttons wird als GET-Parameter in der Anfrage übermittelt.

Auf Serverseite kommt das XAMPP-Paket (https://www.apachefriends.org) zum Einsatz, das einen Apache Webserver mit php-Unterstützung und MariaDB als Datenbank mitbringt. XAMPP ist vorinstalliert und soweit konfiguriert, dass der Webserver externe Verbindungen zulässt.

Die Datenbankstruktur wird von den Schüler/innen/n selbst implementiert. Sie besteht aber nur aus einer Tabelle mit drei Spalten für einen künstlichen Primärschlüssel, die Dash Button Kennung und einen Zeitstempel.

Die Erstellung der Webseite zum »Auffangen« der vom Client übertragenen Kennung des Dash Buttons vermittelt in den meisten Fällen neue Inhalte. Einerseits müssen mit der GET-Methode beim Seitenabruf übertragene Parameter extrahiert werden. Dies knüpft direkt an die Spezifikation des vielleicht schon behandelten http an. Andererseits muss eine Datenbankverbindung aufgebaut und genutzt werden. Das Erstellen von entsprechenden SQL-Abfragen ist in der Regel schon bekannt.

#### 4.2 Weitere Anwendungen

Mit dem oben geschilderten Grundprinzip können beliebige drahtlose Sensoren entwickelt und durch das Zusammenspiel unterschiedlicher Informatiksysteme Sensordaten in einer Datenbank erfasst werden. Dazu ist die Einbindung des Wemos in ein vorhandenes Wireless LAN möglich.

Die Autonomie des Mikrocontrollers kann noch weiter gehen. Der Wemos bzw. ESP8266 sind in der Lage, ein eigenes drahtloses Netzwerk aufzuspannen und können als Access Point dienen. Weiterhin gibt es eine Bibliothek, die den Mikrocontroller mit einem vollwertigen Webserver-Dienst ausstattet. So können eigenständige drahtlose Sensoren mit Weboberfläche realisiert werden (Abb. 13).

# 5 Mikrocontroller in Projekten: Best Practice Wetterstation

Am Schülerforschungszentrum der Technologieallianz Oberfranken/Standort Bayreuth fand in den Winterferien 2017 eine Projektwoche zum Thema »Wir entwickeln unsere eigene Wet-

```
void datenUebertragen()
  // Warte auf WLAN Verbindung
  if (WiFiMulti.run() == WL CONNECTED)
   HTTPClient http:
    // http-Verbindung konfigurieren
   http.begin("http://192.168.1.100/dash/index.php?dashbutton=67890"); //HTTP
    // Seitenabruf
    int httpCode = http.GET();
    // http-Fehler bei negativem httpCode
    if (httpCode < 0) (
      Serial.println("Fehler");
      blink(3);
    } else { // erfolgreiche Übertragung
      if (httpCode == HTTP CODE OK) (
       String payload = http.getString(); // Antwort des Webservers
       Serial.println(payload);
       blink(1);
   http.end();
 }
```

Abb. 11. Programmausschnitt für den Dash Button: Aufbau und Nutzung einer http-Client-Verbindung

Abb. 12. Quellcode der Webseite zum Eintragen der Dash Button Kennung in die Datenbank

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 309 -



Abb. 13. Wemos Mikrocontroller als Accesspoint mit Webserver – Live Darstellung eines Messverlaufs an einem NTC

terstation mit Arduino« statt. Neun Schüler/innen der achten und neunten Jahrgangsstufe haben dabei in Kleingruppen gemeinsam eine Wetterstation entwickelt. Jede Gruppe wurde von Lehramtsstudierenden aus der Informatik betreut.

Alle Teilnehmer hatten im Vorjahr einen Grundlagenworkshop zur Mikrocontroller Programmierung mit dem Arduino UNO in Verbindung mit mBlock besucht. Einen Monat vor der Projektwoche trafen sich die Beteiligten zu einem Auftaktworkshop. Dabei spezifizierten die Schüler/innen die Funktionen der Wetterstation und legten insbesondere fest, welche Sensordaten erfasst werden sollten. In einer Internetrecherche suchten sie passende Sensoren aus, die anschließend beschafft wurden.

Zu Beginn der Projektwoche bildeten sich vier Gruppen: Schaltungsaufbau und Mikrocontroller Programmierung; Datenverwaltung und Datenbankserver; Graphische Datenvisualisierung und Webserver; Gehäuseentwicklung und 3D-Druck. Die Schüler/innen waren mit riesiger Motivation bei der Sache, haben sich mit Hilfe der studentischen Tutoren in teilweise ganz neue



Abb. 14. »Konstruktives Chaos« bei der Gruppe »Schaltungsaufbau und Mikrocontroller Programmierung«

Themengebiete eingearbeitet und auch erlebt, wie ein anfangs überdimensional erscheinendes Projekt arbeitsteilig in kleinen Schritten bewältigt werden kann. Besonders die Koordination der Gruppen hat sich im Projektverlauf zum Selbstläufer entwickelt. Es wurden selbstständig Anforderungen für Schnittstellen diskutiert und festgelegt. Projektverlauf und -fortschritt dokumentierten die Teilnehmer in einem Forum und mit Hilfe eines Scrumboards.

Am Ende der viertägigen Projektwoche ist eine mit Arduino programmierte auf dem Wemos Mikrcontroller basierende »Schaltzentrale« entstanden, an die selbst entwickelte Sensorplatinen in 3D-gedruckten Gehäusen angeschlossen werden. Die Messdaten werden drahtlos an einen Datenbankserver geschickt. Ein Webfrontend stellt die Messdaten dar. Die Wetterstation erfasst Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Niederschlagsmenge, Windrichtung, Windstärke, UV-Strahlung und Helligkeit.

Ein Projekt in dieser Größenordnung lässt sich so meist nicht direkt im Informatikunterricht umsetzen. Allerdings kann es kleiner dimensioniert (nur ein oder wenige Sensoren, Verzicht auf graphische Darstellung der Messwerte, keine Gehäuse im 3D-Druck) werden. Damit besteht die Chance, dass Schüler/innen das vielfältige Zusammenspiel einzelner Informatiksysteme selbst praktisch gestalten können und so ein vertieftes Verständnis entwickeln.

Alle in diesem Artikel verwendeten Beispiele und zusätzliche Hinweise sind unter http://did.inf.uni-bayreuth.de/mnu2017 verfügbar.

#### Literatur

WIESNER, B. & BRINDA, T. (2008). Using Robots as Teaching Aid in Early Secondary Education. In: IFIP (Hrsg.): Proceedings of the Joint Open and Working IFIP Conference on ICT and Learning for the Net Generation, Kuala Lumpur, Malaysia. https://www.researchgate.net/publication/45344480\_Using\_Robots\_as\_Teaching\_Aids\_in\_Early\_Secondary\_Informatics\_Education (20.05.2017)

MÜLLER, C. & EHMANN, M. (2013). Hands-on-Informatik – Vermittlung objektorientierter Konzepte mit einem Funktionsmodell. In: BREIER, N., STECHERT, P. & WILKE, T. (Hg.): Praxisband Informatik & Schule 2013 der 15. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Kiel: Computer Science Series. 3.2013. S. 143–152. https://www.numerik.uni-kiel.de/~discopt/kcss/kcss\_2013\_03\_v1.0\_print.pdf (20.05.2017)

Dr. MATTHIAS EHMANN, matthias.ehmann@uni-bayreuth.de, leitet das Fachgebiet Didaktik der Informatik an der Universität Bayreuth und die Sektion Informatik des TAO Schülerforschungszentrums Oberfranken am Standort Bayreuth.

# Programmieren lernen leicht gemacht!

# **Spannender MINT-Unterricht mit LEGO® MINDSTORMS® Education EV3**

Schon heute haben 71 % aller MINT-Berufe mit Informationstechnologien zu tun. Auf dem Arbeitsmarkt der Zukunft werden die digitalen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern ihre beruflichen Chancen mitbestimmen. Daher gehört das logische und verknüpfte Denken, das im Rahmen der informatorischen Bildung beim Programmieren gelernt wird, zu einer der wichtigsten Grundlagen.

#### Das beliebte Robotik-System EV3 garantiert

- · Konstruktion eigener Modelle zur Verwirklichung der Programme
- · eine intuitive Programmiersprache mit Drag&Drop-Funktion
- · schnelles Begreifen und große Lernfreude
- einfaches Erarbeiten lehrplanrelevanter Themen







# Anschauliche Zugänge zur Integralrechnung mit dem Integrator



HANS-JÜRGEN ELSCHENBROICH

Es wird ein anschaulicher und weitgehend kalkülfreier Zugang zu Grundvorstellungen der Integralrechnung entwickelt, der Schüleraktivitäten und Verständnisgewinnung in den Vordergrund stellt. Dazu wird die digitale Lernumgebung Integrator vorgestellt, die zunächst die Rechenarbeit für Untersummen, Obersummen etc. an GeoGebra überträgt und dann einen direkten Zugang zur Integralfunktion ermöglicht, indem die rechte Integrationsgrenze dynamisch variiert wird. Das führt genetisch zur Findung des Hauptsatzes, zur Einsicht in den Zusammenhang zwischen Differenzieren und Integrieren.

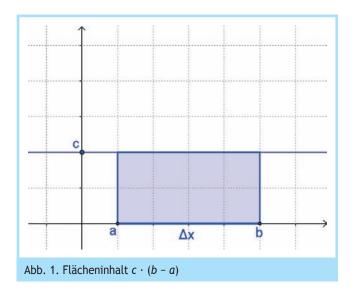
Bei der Integralrechnung gibt es zwei typische Ansätze: Entweder klassisch geometrisch als Berechnung von Flächeninhalten zwischen einem Funktionsgraphen und der x-Achse oder anwendungsorientiert als (Re-)Konstruktion, d. h. als Berechnung eines Bestandes bei bekannter Änderungsrate.

menhang kann man hier anschaulich von einer Füllfunktion sprechen. Es ist offensichtlich, dass die Füllfunktion in diesem Fall eine lineare Funktion mit der Steigung c ist, was man mit Spur oder Ortslinie des Punktes I = (x, Inhalt) auch sichtbar machen kann (Abb. 2).

#### 1 Konstante Funktionen

In beiden Ansätzen ist die Aufgabe bei konstanten Funktionen f(x) = c einfach zu lösen:

- Untersucht man anwendungsorientiert, wieviel Liter vom Zeitpunkt a bis zum Zeitpunkt b in einem Behälter geflossen sind, wenn pro Sekunde c Liter fließen, kommen wir auf den Term  $c \cdot (b a) = f(x) \cdot \Delta x$  (Abb. 1).
- Beim geometrischen Ansatz kommen wir mit der Flächenformel für Rechtecke ebenso auf  $c \cdot (b a) = f(x) \cdot \Delta x$ .



Dabei drängt sich gleich die Frage auf, wie sich der Inhalt dynamisch entwickelt, wenn x als rechte Grenze im Intervall [a;b] variabel ist. Damit kommen wir von der Berechnung eines konkreten Wertes zu einer funktionalen Sichtweise. Im Sachzusam-

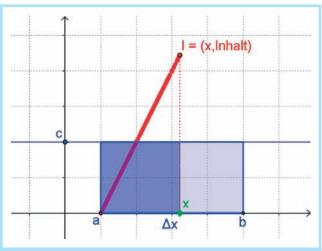


Abb. 2. Dynamischer Füllvorgang, lineare Füllfunktion

Bei einer stückweise konstanten Funktion erhalten wir dann eine stückweise lineare Füllfunktion (Abb. 3), die in natürlicher Weise stetig ist.

Das kann man dann fortsetzen und geometrisch den Flächeninhalt unter dem Graphen einer linearen Funktion  $f(x) = m \cdot x$  berechnen (HOFFKAMP, 2009). Oder man untersucht anwendungsorientiert den zurückgelegten Weg bei linearer Beschleunigung (z. B. im freien Fall).

Bei komplizierteren Funktionen f kann man diese dann durch stückweise konstante Funktionen ersetzen und diesen Ersetzungsprozess verfeinern. Hierbei ist es zur Entwicklung des Integralbegriffs sinnvoll und nötig, die n-ten Untersummen und Obersummen zu betrachten, um eine Einschachtelung zu erreichen. Wir beschränken uns für den Zugang im schulischen Rah-

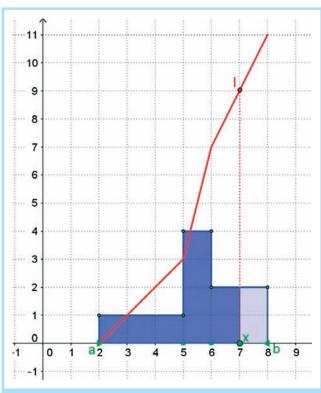


Abb. 3. Dynamischer Füllvorgang, stückweise lineare Füllfunktion

men auf stetige Funktionen f und äquidistante Unterteilungen des Intervalls [a;b]. Dabei sind entsprechende Produktsummen zu berechnen, wobei man für den mathematischen Grenzwertprozess entsprechende Formeln braucht. Dies ist mit teilweise erheblichem Rechenaufwand und mit meist nicht einfachen Summenformeln verbunden (insbesondere wenn man diese Formeln nicht einfach vertrauensvoll aus Formelsammlungen nimmt, sondern herleitet).

#### 2 Untersumme, Obersumme, Integral

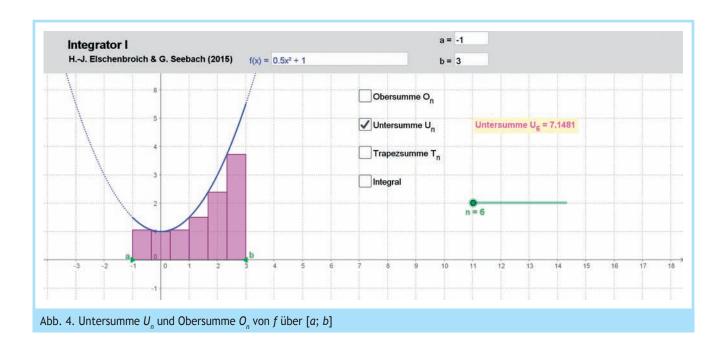
Die Lernumgebung Integrator (ELSCHENBROICH, 2016, 2015; ELSCHENBROICH & SEEBACH, im Druck) ermöglicht es, zu einer beliebigen Funktion f mit einem Schieberegler für die Variable n zunächst über einem Intervall [a;b] die Untersumme  $U_n$  und die Obersumme  $O_n$  für n äquidistante Unterteilungen zu berechnen (n kann dabei groß werden, bleibt aber endlich). Ohne weiteren Rechenaufwand auf Benutzerebene kann man n am Schieberegler variieren und die Auswirkungen auf  $U_n$  und  $O_n$  beobachten und natürlich auch a, b, und f ändern (Abb. 4). Dies entspricht dem standardmäßigen schulischen Ansatz, bietet aber in der digitalen Lernumgebung den Vorteil, für größere n oder für andere a und b nicht jedesmal alles neu berechnen zu müssen, sondern einfach die mächtigen Tools von GeoGebra als nRechenknechtn nutzen zu können.

Dabei ist aber bei aller Beschleunigung durch mächtige Tools zwischendurch auch auf eine Entschleunigung, auf ein Innehalten und Vertiefen zu achten, indem bei geeigneten Funktionen und kleinen n die entsprechenden Berechnungen für  $U_n$  und  $O_n$  von den Schüler/inne/n mit dem Taschenrechner selber durchgeführt werden. Dabei bietet es sich an, solche Funktionen, Intervalle und Unterteilungen zu wählen, wo die Unter- und Obersummen einfach zu finden sind und mit Links- oder Rechtssummen übereinstimmen.

Für sehr große n erlebt man dann, wie sich die Werte von  $U_n$  und  $O_n$  immer mehr annähern. Auch wenn dies numerisch durchaus langsam vonstattengeht, ist doch die Tendenz der Annäherung anschaulich unverkennbar.

#### 3 Summenfunktionen, Integralfunktion

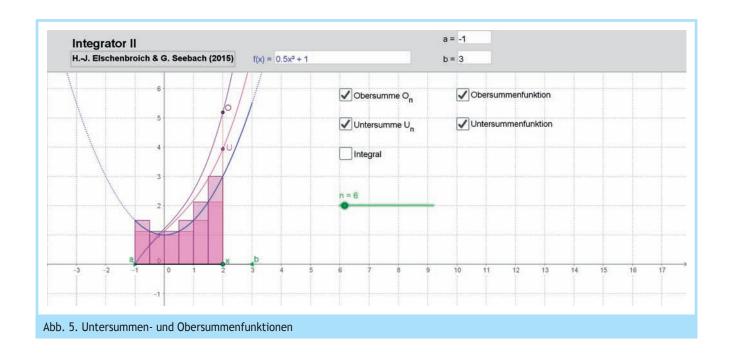
Der entscheidende Schritt kommt nun, indem wir die rechte Grenze x im Intervall [a; b] variabel ansetzen (was beim Einstieg schon als  $\rightarrow$ Füllfunktion $\leftarrow$  vertraut ist). So ist es möglich,

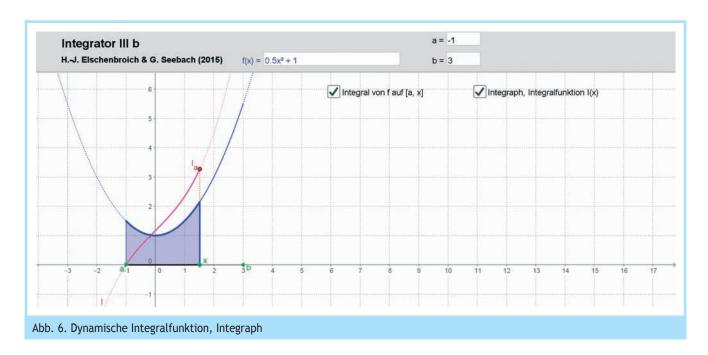


MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 313 -

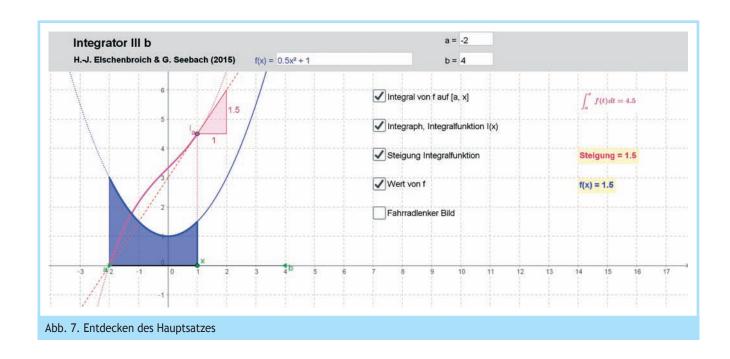
über [a;x] mit  $x\in [a;b]$  die Werte von  $U_n$  und  $O_n$  zu berechnen und als y-Koordinate in passende Punkte  $U_a=(x;\_)$  und  $O_a=(x;\_)$  zu exportieren. Wir erhalten aus diesen Punkten dann die Graphen der Untersummenfunktion und Obersummenfunktion als Ortslinien und erleben, wie diese für immer größere n schließlich auf Bildschirmebene anschaulich zusammenfallen (Abb. 5). Dies führt uns so genetisch zur Integralfunktion, die für jedes n von der entsprechenden Untersummenfunktion und Obersummenfunktion eingeschachtelt wird. Allerdings sind Untersummenfunktion und Obersummenfunktion begrifflich nicht ganz trivial. Sie hängen einerseits vom Parameter a ab. Andererseits spielt auch der Wert von n eine wichtige Rolle bei der sukzessiven Annäherung an die Integralfunktion.

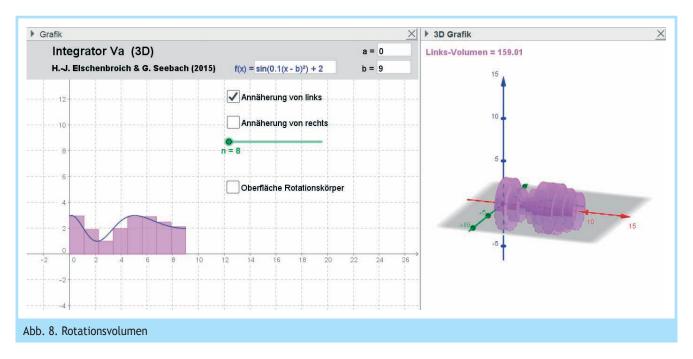
Wenn man aus Zeitgründen oder Komplexitätsgründen einen direkten Zugang haben möchte, kann man auch sofort und nur den Wert des Integrals von f auf [a; x] in die y-Koordinate eines Punktes  $Z = (x; \_)$  exportieren und das Verhalten dieses Punktes untersuchen. Insbesondere kann man dessen Ortslinie noch so gestalten, dass sie nicht global, sondern nur dynamisch bis zur jeweiligen Stelle x gezeichnet wird (Abb. 6). Damit erhalten wir einen digitalen Integraphen, der graphisch die Integralfunktion zu einem gegebenen Funktionsgraphen zeichnet (ELSCHENBROICH, 2016). Wir können alternativ auch das CAS-Tool von GeoGebra nutzen und bekommen mit dem Befehl Integral [f, a, x] nicht nur einen graphischen, sondern auch einen funktionalen Zugang zur Integralfunktion.





-314-





#### 4 Hauptsatz

Die Integralfunktion bietet in der dynamischen Integrator-Umgebung die Möglichkeit, die Steigung der Integralfunktion im Punkt Z, d. h. an der Stelle x, und den Zusammenhang mit der Ausgangsfunktion f zu untersuchen (Abb. 7). Dabei kann man entdecken, dass die Steigung der Integralfunktion stets genauso groß ist wie der Wert von f(x) (BLUM, ELSCHENBROICH & KRIMMEL, 2016). Natürlich ist das kein formaler Beweis, hier steht das Erleben, das Entdecken dieses Sachverhalts im Vordergrund. Dies bereitet aber den klassischen Beweis vor. Den Integrator kann man dabei nutzbringend einsetzen, indem man die Integralfunktion von stückweise konstanten Funktionen untersucht und

erkennt, dass an den Sprungstellen von f die Integralfunktion eine Knickstelle hat und nicht differenzierbar ist (vgl. Abb. 3).

Als  $\$ Schmankerl $\$ kann man noch in Z einen symbolischen Fahrradfahrer einblenden, der auf dem Graphen der Integralfunktion lang fährt, dessen Lenker auf der Normalen liegt und der Lichtkegel stets in Richtung der Tangente weist.

#### 5 Volumen von Rotationskörpern

Ein direkter und graphischer Zugang ist auch bei der Berechnung des Volumens von Rotationskörpern möglich. Hier kann

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 315 -

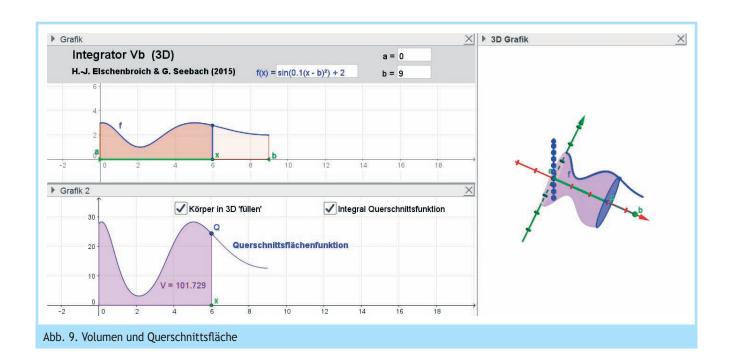
man für immer größere n links im 2D-Fenster die Rand-Funktion f wie gehabt durch Rechteck-Streifen approximieren und rechts im 3D-Fenster die Approximation des Rotationskörpers durch zugehörige Zylinder-Scheiben erleben und sehen, wie der Rotationskörper für größere n immer  $\cdot$ glatter wird (Abb. 8). Aus programmtechnischen Gründen wird im 3D-Fenster einfach mit Linkssumme und Rechtssumme statt Untersumme und Obersumme gearbeitet (was bei stetigen Funktionen ja problemlos ist).

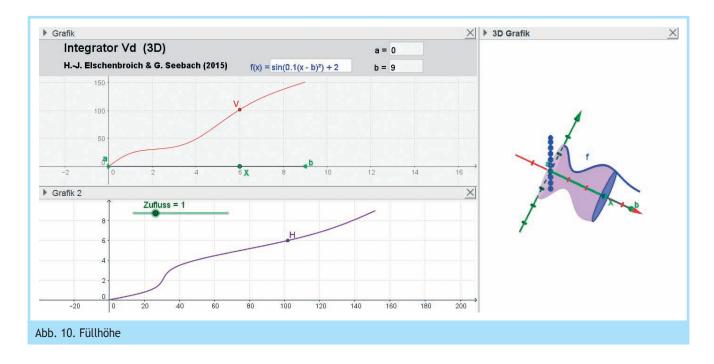
Offensichtlich wird durch die Summation der Zylinder  $\pi \cdot f^2(x) \cdot h$  letztlich die Funktion  $g(x) = \pi \cdot f^2(x)$  integriert.

Wenn man dabei noch erkennt, dass  $\pi \cdot f^2(x)$  geometrisch der Flächeninhalt eines Kreises ist, der als Schnittfläche einer zur x-Achse orthogonalen Ebene mit dem Rotationskörper entsteht, so erhält man in einer dynamischen Sicht den  $\cdot$ Film $\cdot$  eines durch den Rotationskörper wandernden Kreises (Abb. 9).

Dies führt auf einen weiteren Zugang zum Rotationsvolumen, nämlich als Integral der Querschnittsfläche längs der Höhe des Körpers.

So wie man im 2D-Fall die Integralfunktion mit der Vorstellung des ›Flächen füllen‹ verbinden kann, so bietet sich hier die Vorstellung des ›Körper füllen‹ an.





- 316 - MNU Journal - Ausgabe 5.2017

#### 6 Füllhöhe

Das Spiegeln der Volumenkurve an der Hauptwinkelhalbierenden ist hier in *einem* Koordinatensystem aber optisch nicht günstig. Es bietet sich daher an, den gespiegelten Graphen im zweiten Grafikfenster zu zeigen und da die x-Achse und die y-Achse sinnvoll zu skalieren (Abb. 10).

#### 7 Ein Blick zurück und nach vorn

Als schulisches Thema hat die Differenzial- und Integralrechnung und die Behandlung von Funktionen überhaupt erst eine sehr kurze Historie. Erst Anfang des 20. Jahrhunderts wurde in der Meraner Reform überhaupt in Erwägung gezogen, das heute Analysis genannte Themengebiet in die Schule zu bringen (was damals eine umwälzende Neuerung war). Für die Unterprima hieß es unter dem Label Arithmetik (!): »Zusammenhängende Betrachtung der bisher aufgetretenen Funktionen in ihrem Gesamtverlauf nach Steigen und Fallen (unter eventueller Heranziehung der Begriffe des Differentialquotienten und des Integrals), mit Benutzung zahlreicher Bespiele aus der Geometrie und Physik, insbesondere der Mechanik.« (GUTZMER, 1908, S. 110 f). Über die ›eventuelle‹ (!) Heranziehung der Begriffe (!) hinaus war nichts in Richtung des uns heute geläufigen Kalküls der Integrations- und Ableitungsregeln vorgesehen. Selbst nach dem 2. Weltkrieg hieß es noch: »Es besteht ja kein Zweifel darüber, dass die Technik des Integrierens nicht zu den Lehraufgaben der höheren Schule gehört, dagegen darf man wohl von einem zur Hochschule gehenden jungen Menschen erwarten, dass er den Sinn des Integralzeichens wirklich begriffen hat.« (KRAFT, 1948, S. 13)

Bei der Funktionenlupe und dem Integrator liegt der Fokus heute deutlich auf der Entwicklung von Verständnis, dem Aufbau von Grundvorstellungen. Die Anschaulichkeit und Kalkülfreiheit dieses Ansatzes soll nicht als Feldzug gegen den gängigen Analysis-Kalkül missverstanden werden, es soll vor allem dem Kalkül eine anschauliche Basis gegeben werden. Es ist auch nicht intendiert, dass die Schüler keinerlei eigene Berechnungen mehr machen sollen. Ein Rückgang des Kalkülanteils und eine Beschränkung auf Exemplarisches ist aber schon seit Jahrzehnten kontinuierlich zu beobachten und wird sich sicher auch fortsetzen. Dafür gibt es diverse Gründe, von der Verkürzung von Schulzeit und Unterrichtsstunden bis hin zum Aufkommen der Stochastik. Dass man zu der Zeit vor 70 oder 100 Jahren zurück kommt, möchte ich bezweifeln. Aber sicher wird, auch durch die Verfügbarkeit von CAS, immer wieder die Frage neu zu beantworten sein: Wieviel und welche Ableitungsund Integrationsregeln sollen neben dem Grundverständnis von Ableitung und Integral und dem Hauptsatz gelehrt und geübt werden? Wann und in welchen Fällen wollen wir ein CAS zulassen, das uns zu einer gegebenen Funktion f die Ableitung oder die Integralfunktion ausgibt? Auf diese Fragen wird es keine Antwort von Ewigkeitswert geben, sie müssen immer wieder aktuell neu beantwortet werden.

Konkrete Aufgabensequenzen zur Arbeit mit dem Integrator finden sich in der Online-Ergänzung zu diesem Beitrag.

#### Literatur

BLUM, W., ELSCHENBROICH, H.-J. & KRIMMEL, K. (2016). Das Integral wirklich verstehen. *mathematik lehren*, 199, 37–42

ELSCHENBROICH, H.-J. & SEEBACH, G. (im Druck, vstl. 2018). *Mathe mit Pfiff.* Erscheint in Velber: Friedrich Verlag.

ELSCHENBROICH, H.-J. (2016). Anschauliche Zugänge zur Analysis mit alten und neuen Werkzeugen. *Der Mathematikunterricht*, 1, 26–34.

ELSCHENBROICH, H.-J. (2015). Digitale Werkzeuge im Analysis-Unterricht. In W. BLUM, S. VOGEL, C. DRÜKE-NOE, A. ROPPELT (Hrsg.), *Bildungsstandards aktuell: Mathematik in der Sekundarstufe II* (S. 244–254). Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage.

GUTZMER, A. (1908). Die Tätigkeit der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner.

HOFFKAMP, A. (2009). Funktionales Denken und Analysispropädeutik – Ein Beitrag zu einem qualitativen Einstieg in die Schulanalysis durch Computereinsatz. http://cermat.org/ sites/default/files/Rundbrief-CA-Hoffkamp.pdf

KRAFT, A. (1948). Propädeutik im mathematischen Unterricht. *MNU*, 1, 9–13.

#### Links

www.integrator-online.de



HANS-JÜRGEN ELSCHENBROICH, Korschenbroich, hans-juergen. elschenbroich@mnu.de, war Lehrer für Mathematik und Informatik, Fachleiter am Studienseminar und Medienberater sowie Fachreferent Mathematik im MNU-Bundesvorstand.

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 317-

# Bewusster S-Bahn fahren – eine mathematische Exkursion



WOLFGANG RIEMER - KATJA LÖHR

»Man sieht nur, was man weiß« (GOETHE) – Viele Phänomene des Alltags fallen uns erst auf, wenn wir genügend Hintergrundinformation über sie besitzen. Genau das passiert, wenn Schüler/innen Aufgaben zu Geschwindigkeitsprofilen nicht nur durchrechnen, sondern anschließend mit einem GPS-Tacho auch messend nachfahren: Geradensteigungen als gefühlte Beschleunigungen, Polygonflächen als zurückgelegte Wegstrecken gewinnen dadurch eine neue »Erlebnisqualität«. Gute Lokführer fahren nämlich stückweise lineare Geschwindigkeitsgraphen – und das merkt man sehr genau, wenn man es weiß. Nach der in diesem Beitrag beschriebenen Exkursion werden Schüler/innen »durch die Brille der Theorie« schauen, wenn sie S-Bahn fahren. Sie kann im Rahmen der Differentialrechnung auch genutzt werden, das beliebte »Modellieren« von Bewegungen durch ganzrationale Funktionen kritisch zu hinterfragen.

#### 1 Einleitung

»Typisch! Wieder so eine eingekleidete Kontextaufgabe mit glatten Ergebnissen«. Genau diesen »ersten Eindruck« hinterlässt die Bewegungsaufgabe 1 aus der Kopiervorlage 1.

Verstärkt wird der Eindruck dadurch, dass diese Aufgabe aus dem Kapitel »stückweise lineare Funktionen« eines Schulbuchs (WEIDIG, 2000) stammt. Hätte sie nicht genauso gut im Kapitel »Polynome« stehen können – oder bei »Exponentialfunktionen«?

Dann hätte man die S-Bahnfahrt vermutlich durch ein Polynom oder eine Exponentialfunktion »modelliert«. Daran haben wir uns im Zuge der »kontextorientierten Zentralprüfungskultur« mittlerweile mit »Grummeln im Magen« gewöhnen müssen (vgl. RIEMER, 2013a). Wie der FAZ-Artikel (Kopiervorlage 1) belegt, wurde die Schulbuchaufgabe aber tatsächlich mit Sachverstand formuliert. Sie bietet die Chance, beim Durchrechnen nicht nur (innermathematische) Kompetenzen im Umgang mit linearen Funktionen zu schulen, sondern beim experimentellen Prüfen im Sinne der ersten WINTER'schen Grunderfahrung auch etwas über »die Welt da draußen« in Erfahrung zu bringen. – Nur sieht man ihr das auf den ersten Blick gar nicht an.



Abb. 1. Die S13 verkehrt zwischen Düren und Troisdorf

Lokführer wenige Überraschungen und ermöglichen – anders als beim Autofahren – lange Phasen mit konstanten Beschleunigungen, also linear zunehmenden Geschwindigkeiten. Aber auch die Verwendung authentischer Daten würde für Schülerinnen und Schüler nichts daran ändern, dass man »nur eine Matheaufgabe« löst. Erst wenn man mit der Lerngruppe im Rahmen einer Exkursion tatsächlich die S-Bahn besteigt und im Sinne des GOETHE-Zitats die Realität mit den Augen der Theorie »sieht«, ändert sich das.

#### 2 Mathematische Exkursion

GPS-Empfänger zeigen Tracks, Wegstrecken und Geschwindigkeiten nicht nur an (vgl. die Screenshots in der Kopiervorlage), sie speichern diese auch ab. So kann man reale Geschwindigkeitsprofile konstruierten Funktionsgraphen gegenüberstellen und Modell- und Realitätsebene gegeneinander abgrenzen (RIEMER, 2013b). Wie Abb. 2 zeigt, lassen sich S-Bahn-Fahrten auf freien Strecken ohne Weichen tatsächlich ausgezeichnet durch stückweise lineare Funktionen beschreiben. Solche Strecken bieten dem

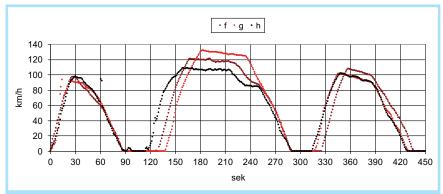


Abb. 2. Geschwindigkeitsprofile dreier S-Bahnen der Linie S13 (s. Abb. 1) zwischen Köln Weiden-West und Köln Ehrenfeld

# Mit GPS S-Bahn fahren: Eine mathematische Exkursion

#### I Vorbereitung

Energiesparend zu fahren heißt, möglichst weit vorausschauend zu fahren. Im Training lernen die Lokführer, schon kurz vor dem Erreichen einer Bergkuppe das Gas wegzunehmen und anschließend bergab den Schwung zu nutzen oder mit Vollgas anzufahren. Messungen haben es belegt: Je schneller die Höchstgeschwindigkeit erreicht wird, desto mehr Energie kann später eingespart werden. Und hat ein Zug erst einmal seine Höchstgeschwindigkeit erreicht, kann er über weite Strecken rollen und verliert dabei nur wenig an Tempo. Hielscher nennt ein Beispiel. »Wenn du von Stuttgart Richtung Mannheim fährst, kannst du schon 50 Kilometer vor Mannheim die Leistung abschalten und rollst noch immer exakt nach Fahrplan in den Bahnhof ein.«

#### Quelle: FAZ vom 26.07.2008

#### Aufgabe 1

a) Triebwagenzüge von U- und S-Bahnen fahren besonders wirtschaftlich, wenn sie in einer Anfahrphase konstant beschleunigt werden, dann ausrollen und schließlich abgebremst werden. In diesem Fall kann die Geschwindigkeit v in Abhängigkeit von der Zeit t durch eine stückweise lineare Funktion beschrieben werden mit z. B.

$$v(t) = \begin{cases} 3,6 \ t & \text{für } 0 \leq t < 20 \ \text{(Anfahrphase)} \\ -0,2 \ (t-20) + 72 & \text{für } 20 \leq t < 30 \ \text{(Ausrollphase)} \\ -4 \ (t-30) + 70 & \text{für } 30 \leq t \end{cases} \text{ (Bremsphase)} \end{cases} \text{ mit } t \text{ in Sekunden und } v \text{ in } \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Zeichne den Graphen der Funktion  $t \rightarrow v(t)$ .

Lies ab und berechne anschließend genau, nach wie vielen Sekunden die S-Bahn wieder hält.

- b) Erläutere anhand konkreter Zahlen, dass die Faktoren 3,6; -0,2 und -4 die Bedeutung von Beschleunigungen haben, die angeben, um wie viele km/h die Bahn in jeder Sekunde schneller bzw. langsamer wird.
- c) Berechne mithilfe von Dreiecks- bzw. Trapezformeln die Strecken, die die S-Bahn während der drei Phasen zurücklegt.
- d) Stelle Vermutungen an, woran man beim S-Bahnfahren spüren kann, dass man sich an einer Knickstelle des Geschwindigkeitsgraphen befindet.
- e) Zusatz: Aufgrund einer Verspätung beschleunigt der Lokführer 24,5 s lang und bremst dann sofort ab. Zeichne den zugehörigen Graphen ein und lies ab, wie viele Sekunden der Zeitgewinn bis zum Halt etwa beträgt.

#### Kopiervorlage 1. Vorbereitung

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 -319-

#### II Exkursionsanleitung (S-Bahn fahren zwischen zwei Haltestellen)

Wenn man beim S-Bahn Fahren darauf achtet, kann man Beschleunigungs-, Roll- und Bremsphasen gut voneinander unterscheiden, nicht nur am Fahrgeräusch, sondern (mit Ohrenstöpseln und geschlossenen Augen) auch am Druck, mit dem man in den Sitz »gepresst« oder aus dem Sitz »gehoben« wird bzw. an der Kraft, mit der man sich festhalten muss.

In dieser Exkursion erhältst du Gelegenheit, mit einem GPS-Empfänger oder einer entsprechenden Smartphone-App zu prüfen, ob bzw. wie gut sich der Geschwindigkeitsverlauf in Beschleunigungs-, Roll- und Bremsphasen tatsächlich durch lineare Funktionen beschreiben lässt – und wie realistisch die in Aufgabe 1 angegebenen Beschleunigungs- und Bremswerte (3,6 km/h je Sekunde, –0,2 km/h je Sekunde und –4 km/h je Sekunde) tatsächlich sind. Dabei erfährst du, wie sich diese Steigungswerte beim Fahren »anfühlen« und erkennst, dass es auch weniger perfekte Lokführer gibt, die beim Bremsen Rollphasen einbauen oder beim Beschleunigen nach einem Halt nicht durchgängig Vollgas geben.

#### Fahrprotokoll/Arbeitsaufträge

Ihr teilt eure Klasse in Siebenergruppen (Techniker, Chef, 5 Beobachter), die sich auf verschiedene Wagen verteilen, damit ihr unabhängig voneinander messen könnt.

Der **Techniker** jeder Gruppe sorgt (schon vor Besteigen der S-Bahn, damit man ein gutes GPS Signal bekommt) dafür, dass ein GPS-Track aufgezeichnet wird, indem er auf dem Bahnsteig die Spuraufzeichnung des Geräts aktiviert. Er stellt Dauerbeleuchtung ein, so dass der Screen des Gerätes nicht dunkel wird. Er hält das Gerät für alle sichtbar. Am Ende sichert er den Track und stellt ihn allen zur Verfügung. Falls das GPS-Gerät es erlaubt, macht der Techniker zu den vom Gruppenchef benannten Zeitpunkten Screenshots.

Der Gruppenchef hat eine zentrale Aufgabe, da er der gesamten Gruppe Signale gibt. Er sorgt für absolute Konzentration seiner Gruppe, während die Bahn noch steht. Er gibt bei jeder gefühlten Veränderung der Fahrweise (Bahn steht, Lokführer gibt Gas, Bahn rollt aus, Bahn wird abgebremst), ein vorher verabredetes Signal, z. B. einen kleinen Pfiff. Dies ist für alle Beobachter das Zeichen, jetzt Wahrnehmungen zu protokollieren oder Messwerte zu erfassen. Die Beobachter einer jeder Gruppe platzieren sich dabei um den jeweiligen Techniker herum, der das jeweilige GPS-Gerät zum Ablesen der Daten bereithält.

**Beobachter 1** notiert in Spalte 2 des Protokollbogens jeweils sekundengenau die verstrichene Gesamtzeit zu dem Zeitpunkt, zu dem der Chef das Signal gibt.

**Beobachter 2** notiert in Spalte 3 einen Buchstaben [S (Stehen), G (Gas geben), R (Rollen), B (Bremsen)], der symbolisiert, welche Bewegung (z. B. Rollen) nun beginnt. Dabei zählen Schlingern, Rumpeln über Weichen etc. nicht, nur Geschwindigkeitsänderungen.

**Beobachter 3** notiert die auf dem GPS-Gerät aktuell angezeigte Geschwindigkeit.

Beobachter 4 notiert bisher zurückgelegte Wegstrecke in km.

**Beobachter 5** versucht *sofort nach* dem Signal des Gruppenchefs am GPS-Tacho abzulesen, um wie viel km/h sich die Geschwindigkeit je Sekunde verringert/vergrößert. Eventuell helfen

Geschwindigkeitsnotizen im Sekundenabstand, um den Wert nachträglich zu berechnen.



Hier nimmt die Geschwindigkeit in 1 s um 2 km/h ab

#### Fahrtenprotokoll

	Beobachter 1: Verstrichene Zeit zum Zeitpunkt des Signals (sekundengenau)	Beobachter 2: Fahrweise Jetzt beginnt das S: Stehen G: Gas geben R: Rollen B: Bremsen	Beobachter 3: Geschwindigkeit zum Zeitpunkt des Signals (km/h)	Beobachter 4: Strecke zum Zeitpunkt des Signals (km)	Beobachter 5: Beschleunigung kurz nach dem Signal (km/h je s)
Start					
1					
2					
3					
4					
5					

Kopiervorlage 2. Exkursionsanleitung (S-Bahn fahren zwischen zwei Haltestellen)

#### III Auswertung

- a) Übertragt das Fahrprotokoll sauber ins Heft, wobei man durch Sichten der Screenshots ggf. nachträglich korrigieren oder ergänzen kann.
- b) Tragt zunächst die Zeit-Geschwindigkeits-Punkte ins Koordinatensystem ein. Zeichnet dann mithilfe dieser Punkte den Graphen.
- c) Zeichnet mithilfe von www.gpsvisualizer.com (oder Excel) das Zeit-Geschwindigkeitsdiagramm, das zum aufgezeichneten Track gehört. (Ggf. können das auch die Techniker der einzelnen Gruppen parallel erledigen).
- d) Berechnet mithilfe von Flächenformeln die Längen der zugehörigen Teilstrecken. Notiert die Abweichungen von den gemessenen Werten.
- e) Bewertet gemeinsam, wie gut man aus gefühlter Beschleunigung und punktuell gemessenen Geschwindigkeiten den gesamten Graphen rekonstruieren kann.
- f) Vergleicht eure Geschwindigkeitsgraphen mit dem Graphen aus Aufgabe 1. Vergleicht auch die gemessenen Beschleunigungen mit den Angaben aus Aufgabe 1. Haltet ihr die in Aufgabe 1 gemachten Angaben vor dem Hintergrund eurer Erfahrungen für realistisch?

#### IV Ergänzung für die Einführungsphase (EF: Klasse 10/11)

Wenn man in der EF mit Polynomen arbeitet, versucht man zur Vorbereitung zentraler Prüfungen im Kontext von Steckbriefaufgaben mitunter, das Weg-Zeit-Diagramm der Fahrt zwischen zwei Haltestellen durch ein Polynom dritten Grades mit horizontalen Tangenten im Start- und Stopp-Zeitpunkt zu »modellieren«. Begründe, warum dieser Modellierungsversuch inhaltlich wenig sinnvoll ist.

Kopiervorlage 3. Auswertung und Ergänzung

#### 3 Grundvorstellungen

Der Zeit-Geschwindigkeits-Kontext ist für die Oberstufenmathematik ein zentraler Sachzusammenhang, der immer wieder herangezogen wird, um Konzepte und Begriffe wie Änderungsrate, Ableitung und Integralfunktion (zur Rekonstruktion von Größen aus Änderungen) Sinn stiftend zu verankern. Er bietet damit enormes Potential zum Aufbau von Grundvorstellungen. Damit diese Vorstellungen langfristig »tragen«, bedarf es zuvor des bewussten Aufbaus durch Antizipieren, Erfahren und Reflektieren. Dies erfordert, die Wahrnehmung bei der Exkursion auf die entscheidenden Parameter zu lenken, um anschließend »Erlebnis« und Daten/Grafiken miteinander in Beziehung setzen zu können.

#### 4 Beobachtungsaufträge

Der Erfolg einer solchen Exkursion steht und fällt daher mit den Beobachtungsaufträgen und damit, dass jeder einen Beitrag zum Gelingen des Ganzen beisteuern muss. Das ist das Anliegen der Kopiervorlage. Das Durchrechnen der Aufgabe 1 liefert den mathematischen Rahmen, also gewissermaßen die Brille, durch

die man während der Exkursion hindurchschaut. Man nutzt sie, um vorab Fragen, Vermutungen, Wahrnehmungs- und zu messende Parameter für die Exkursion zu generieren:

- Ist die Modellierung durch stückweise lineare Funktionen wirklich angemessen?
- Falls ja: Wie müsste es sich anfühlen, wenn die Geschwindigkeit für einen Zeitraum linear ansteigt bzw. fällt? Woran würde man die »Knickstellen« beim Fahren erkennen?
- Welche Parameter sollten auf der Fahrt erhoben werden, um diese Fragen zu beantworten?

Bei dem Protokollierungsauftrag 2 ist es immer wieder höchst erstaunlich, wie genau man die Knickstellen im Geschwindigkeitsgraphen zeitlich lokalisieren kann, wenn der Lockführer "Gas gibt", "auskuppelt" oder die Bremsung einleitet.

Die auf dem Empfänger im Sekundentakt gut zu beobachtende Linearität der Geschwindigkeitszu- bzw. Abnahme gemessen in der eingängigen Einheit »km/h je Sekunde« – für Schüler/innen liegen Welten zwischen den direkt ablesbaren »km/h je s« und dem eleganten »m/s²« – macht Beschleunigung sinnlich erfahrbar, insbesondere dadurch, dass man die Kraft, mit der man gegen den Sitz gedrückt wird, auch körperlich spürt. Es ersteht eine für den Matheunterricht seltene »Erlebnisquali-

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 321-

### Schulpraxis

tät«, die man in keinem Schulbuch abbilden kann. Es lohnt sich daher sehr, den Schritt in die Realität zu wagen, er zahlt sich aus und liefert einmal mehr die Chance, das zu realisieren, was in nahezu jeder Lehrplanpräambel zur ersten WINTER'schen Grunderfahrung zu lesen ist: Der Mathematikunterricht sollte ermöglichen, Erscheinungen der Welt um uns ... in einer spezifischen Art wahrzunehmen und zu verstehen.

#### 5 Ein Tipp zum Schluss

Es empfiehlt sich, vor der eigentlichen Messung eine Probefahrt durchzuführen. Erfahrungsgemäß drücken Schaffner gleichermaßen neugierig wie schmunzelnd beide Augen zu, wenn eine Klasse einen geeigneten Streckenabschnitt zwecks »Lokführervergleichs« mit einer einzigen Fahrkarte auch mehrfach hin und zurück durchfährt. Nur gerade sollte die Strecke sein, ohne Weichen!

#### Literatur

WEIDIG, I. (Hg.) (2000). Lambacher-Schweizer 11 (NRW): Klett Verlag, 98.

RIEMER, W. (2013a). Im ICE von Hamm nach Bielefeld – mit GPS und Google bekommt auch eine Prüfungsaufgabe »Pfiff«. In: ISTRON Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht Bd. 1. Springer Spektrum 111–125.

RIEMER, W. (2013b). Mit Positionen rechnen – GPS im Matheunterricht nutzen: PM 53 34–37. [Hier findet man Tipps zum Einsatz von GPS-Empfängern und Smartphone Apps sowie zur Auswertung von GPS-Tracks].

Die Daten der drei S-Bahn Fahrten aus Abbildung 2 sind im Download zu diesem Artikel als Excel-Datei verfügbar.



KATJA LÖHR und Dr. WOLFGANG RIEMER, Katja.Loehr@siegtal-gymnasium.de, w.riemer@arcor.de, August-Bebel-Str. 80, 50259 Pulheim, arbeiten am Zentrum für Schulpraktische Lehrerausbildung, Köln.

# Die akustische Stoppuhr in phyphox



#### Schallexperimente mit dem Smartphone

SEBASTIAN STAACKS - HEIDRUN HEINKE - CHRISTOPH STAMPFER

Die kostenlose App phyphox (Android und iOS) bietet viele neuartige Funktionen, um Physikexperimente mithilfe der gängigen Smartphone-Sensoren durchzuführen. Ein besonderes Werkzeug stellt hier die akustische Stoppuhr dar, welche für Schüler/innen eine intuitive Methode bietet, die Schallgeschwindigkeit zu bestimmen oder Zeitmessungen bei Fallexperimenten durchzuführen.

#### 1 Einleitung

Die Sensoren moderner Smartphones werden schon seit geraumer Zeit genutzt, um einfache und kostengünstige Experimente zu realisieren, die Schüler/inne/n einen besonderen Zugang zur Physik bieten, nämlich das eigene Smartphone als Messgerät. Aus der Kombination verschiedenster, weit verbreiteter Sensoren wie dem Beschleunigungssensor oder dem Gyroskop können komplexe Bewegungsabläufe erfasst und untersucht werden (Kuhlen, Stampfer, Wilhelm & Kuhn, 2017). Dabei sollte man jedoch nicht den ältesten, zugleich aber auch zeitlich präzisesten und am weitesten verbreiteten Sensor vergessen: das Mikrofon. Mit einer Datenrate von 48.000 Hz ist es schneller als jeder gängige Beschleunigungssensor und daher besonders geeignet, schnelle Abläufe und kurze Ereignisse zeitlich zu vermessen.

Die mit einfachen Mikrofonen durchgeführten Experimente haben dabei durchaus eine längere Tradition. Schon lange vor der Verbreitung von Smartphones wurden die Soundkarten in Desktop-Rechnern als günstige und in der breiten Masse bereits verfügbare Alternative zu einem digitalen Oszilloskop erkannt (MEHRL & HAGLER, 1998).

Im Schuleinsatz ist es jedoch nicht ausreichend, dass das Prinzip eines Experiments bzw. eines Messverfahrens demonstriert wurde, sondern es muss zugleich mit einfachen Mitteln zugänglich gemacht werden. Hier zeigen alle bisher aufgeführten Beispiele ein praktisches Problem, das der hohen Datenrate geschuldet ist. Selbst eine vergleichsweise kurze Aufnahme von beispielsweise zehn Sekunden generiert bereits fast eine halbe Million Datenpunkte, welche unmöglich von Hand ausgewertet werden können. Stattdessen werden bei Experimenten mit Schulbezug die Aufnahmen exportiert und in externer Audio-



Abb. 1. Das Hauptmenü der App phyphox

Software weiter analysiert. In der Praxis bedeutet dies zunächst das Organisieren von Notebooks oder den Umzug in einen Raum mit entsprechenden Computern, dann das Übertragen der Da-

ten und schließlich das Einarbeiten der Schüler/innen in eine unbekannte und meist recht komplexe Software.

Eine elegantere Lösung bietet die Schallmessung, wie sie von KASPER (2015) vorgeschlagen wird. Hier wird die Aufnahme und Analyse in einer Oszilloskop-App durchgeführt, in welcher die Schüler/ innen Markierungen in der aufgezeichneten Wellenform setzen und so Zeitintervalle messen können. Dies erfordert keine Übertragung auf ein Zweitgerät und keine Einarbeitung in weitere Software, aber es steht leider keine einheitliche App für die beiden gängigsten mobilen Plattformen, Android und iOS, zur Verfügung. Hinzu kommt das Problem, dass die Interpretation dieser Wellenform bereits eine recht hohe Abstraktion erfordert, die bei den typischen Schulexperimenten zumindest für die jüngeren Jahrgänge schwerer zu verstehen ist als das eigentliche Thema des Unterrichts. Die App »phyphox« (Abb. 1) der RWTH Aachen University versucht solche Auswertungs- und Abstraktionsschritte zu vermeiden. Hierzu bietet die App vorgefertigte Experiment-Module, welche verschiedene Sensoren als Datenguellen definieren, eine Datenauswertung erlauben und die Ergebnisse dem Experiment angemessen darstellen (http://phyphox.org). Diese Module können zudem von den Nutzern geändert oder komplett neu erstellt werden. Phyphox ist kostenlos für Android und iOS verfügbar.

Im Folgenden werden wir das Experiment-Modul »akustische Stoppuhr« diskutieren, welches dem Nutzer die Analyse der Wellenform abnimmt und sofort das Zeitintervall zwischen zwei lauten Schallereignissen ausgibt, so dass das Smartphone zu einer akustisch auslösbaren Stoppuhr wird. Hierbei entsteht zwar ein gewisser Blackbox-Charakter, aber das Prinzip, dass die Zeit zwischen zwei Geräuschen gemessen wird, ist für Schüler/innen sehr leicht nachvollziehbar. Damit überwiegt der Vorteil, dass die deutlich vereinfachte Auswertungsmethode nicht mehr vom eigentlichen Unterrichtsthema ablenkt. Der physikalische Hintergrund der Auswertungsmethode kann durch die Lehrkraft aber auch in einer eigenen Unterrichtsstunde thematisiert werden.

#### 2 Die akustische Stoppuhr

Das phyphox-Experiment »akustische Stoppuhr« (Abb. 2) ist denkbar einfach. Der Nutzer stellt eine Schwelle ein, oberhalb welcher die Stoppuhr auslöst. Dies ist ein Wert zwischen 0 und 1, wobei 0 absoluter Stille entspricht und 1 der maximalen Amplitude, die das Mikrofon erfassen kann. Der Wert sollte also gerade so hoch eingestellt werden, dass die Stoppuhr nicht durch Hintergrundgeräusche ausgelöst wird.

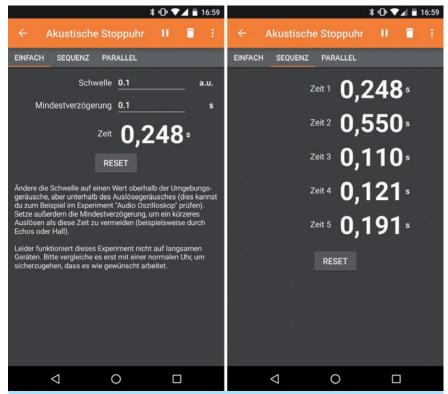


Abb. 2. Das Experiment »akustische Stoppuhr« kann die Zeit zwischen zwei (links) oder mehreren (rechts) Schallereignissen messen.

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 323 -

Wurde das Experiment gestartet, beginnt die Zeitmessung mit dem ersten Schallsignal, welches die Schwelle überschreitet. Das nächste Signal oberhalb der Schwelle stoppt die Uhr wieder. Da jedoch nahezu jedes Geräusch die Schwelle mehrfach überschreitet und auch der Nachhall in Räumen noch oberhalb der Schwelle liegen kann, besteht die Gefahr, dass die Messung bereits durch das erste Geräusch wieder gestoppt wird. Um dies zu vermeiden ignoriert das Experiment akustische Signale nach einer Auslösung für eine gewisse Zeit, die vom Nutzer als »Mindestverzögerung« angepasst werden kann.

Statt nur eine einzige Zeit zu messen, bietet das Experiment zudem die Möglichkeit, bis zu fünf Zeitmessungen in einem Experiment durchzuführen. Hierbei ist entweder das erste Geräusch das gemeinsame Startsignal aller Uhren, von denen dann mit jedem weiteren Geräusch die jeweils nächste gestoppt wird (»parallel«), oder die jeweils nächste Uhr startet mit dem Stoppsignal der vorherigen (»Sequenz«). Werden weitere Uhren benötigt, ist es für den Nutzer auch möglich, das Experiment mit unserem externen Editor (http://phyphox.org/editor) zu laden und weitere Uhren nach dem Vorbild der vorhandenen zu ergänzen. Der Einsatz der akustischen Stoppuhr wird im Folgenden anhand konkreter Unterrichtsbeispiele erläutert.

#### 3 Schallgeschwindigkeit messen

Mit dem beschriebenen Werkzeug ist eine besonders anschauliche und auch für junge Schüler/innen in Zweiergruppen leicht durchführbare Messung der Schallgeschwindigkeit möglich. Hierzu benötigen die beiden Teilnehmer/innen je ein Smartphone, welche in einem zuvor vermessenen Abstand d (beispielsweise d=5,0 m) platziert werden (Abb. 3). Die beiden Experimentatoren stellen sich hinter jeweils ein Gerät. Die Schwelle des Experiments »akustische Stoppuhr« sollte so ein-

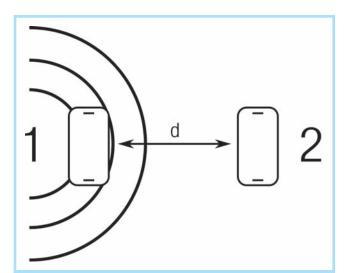


Abb. 3. An Position 1 wird ein Geräusch erzeugt, welches aufgrund seiner Ausbreitung das linke Smartphone als erstes und das rechte verzögert auslöst. Das folgende Geräusch von Position 2 stoppt anschließend beide Smartphones, davon das linke Smartphone wiederum verzögert.

gestellt werden, dass die Uhren nicht von selbst auslösen, aber beide durch ein Klatschen ausgelöst werden können.

Im Experiment klatscht nun eine Person in die Hände (alternative Geräuschquellen, wie die im Sportunterricht üblichen Starterklappen, bieten sich natürlich an), was beide Zeitmessungen startet. Da sich das Geräusch von dieser Person jedoch mit der Schallgeschwindigkeit v ausbreitet, startet das entfernte Smartphone um d/v verzögert. Anschließend stoppt die andere Person beide Uhren wiederum mit einem Geräusch aus der anderen Richtung, so dass nun das erste Smartphone um d/v verzögert stoppt. Es ergibt sich eine Zeitdifferenz zwischen beiden Geräten um  $2 \cdot d/v$ , unabhängig davon, wie lange der zweite Experimentator mit dem Stoppgeräusch gewartet hat. Diese Messmethode ist für Schüler/innen gut nachvollziehbar: Es wird eine Schallwelle ausgesendet, die die Strecke s zurücklegen muss und eine zweite, die diese Strecke wieder zurückwandert, so dass insgesamt s = 2d vermessen werden. Mathematisch muss nur die Differenz beider Zeitmessungen gebildet und die gesuchte Geschwindigkeit v = s/t berechnet werden. Mit dieser Methode konnten wir die Schallgeschwindigkeit zu 370 m/s bestimmen, was durch einen sorgfältigen Aufbau in windstiller Umgebung und eine größere Entfernung der Smartphones noch verbessert werden kann.

#### 4 Freier Fall

Die Möglichkeiten der akustischen Stoppuhr beschränken sich jedoch nicht nur auf akustische Phänomene. Grundsätzlich kann jede einfache Zeitmessung hiermit durchgeführt werden, wenn man eine Methode findet, die zu stoppenden Ereignisse akustisch deutlich zu machen. Ein Beispiel hierfür ist der einfache Fallversuch, bei welchem die Zeit gemessen werden soll, die ein Objekt benötigt, um aus der Ruhe im freien Fall die Höhendifferenz h zu überwinden.

Wie das akustische Stoppsignal erzeugt werden kann, ist recht offensichtlich: Das fallende Objekt erzeugt dieses Geräusch beim Aufprall auf dem Boden. Dieses kann durch eine Metallplatte zudem verstärkt werden. Das akustische Startsignal muss jedoch gezielt erzeugt werden, wobei es möglichst simultan zu Beginn des freien Falls auftreten soll.

Eine einfache Variante ist es, den Fall dadurch einzuleiten, dass entweder das Fallobjekt von einer Plattform geschlagen wird (typischerweise liegt eine Metallkugel am Rande eines Tisches und wird durch eine zweite von der Kante gestoßen, Abb. 4a) oder die Plattform unter dem Objekt weggeschlagen wird (beispielsweise ein Lineal, welches mit einem Stift seitlich unter einer ruhenden Kugel weggeschlagen wird, Abb. 4b). In beiden Fällen erzeugt der Stoß ein Geräusch, welches nahezu simultan mit dem Fall auftritt. Es ist darauf zu achten, dass der Stoß keinen Impuls in Fallrichtung überträgt.

Da dieses Stoßgeräusch jedoch vergleichsweise leise ist und in den Hintergrundgeräuschen einer Schulklasse leicht untergeht, bevorzugen wir eine Methode, die lauter ist und leichter an einem Stativ mit verschiedenen Höhen verwendet werden kann. Dazu wird das Fallgewicht an dem Mundstück eines kleinen Luftballons befestigt, indem es mit einem kurzen Metalldraht durch die Ballonhaut hinter dem Knoten gestochen und einge-

hakt wird (Abb. 4c). Der Ballon wird in eine Drahtschlaufe an einem Stativ gelegt, so dass das Gewicht unterhalb der Schlaufe herausragt. Der Fall kann nun dadurch eingeleitet werden, dass der Luftballon zum Platzen gebracht wird, was zugleich das Startgeräusch erzeugt.

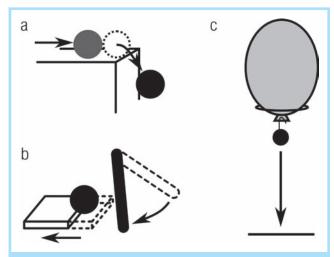


Abb. 4. (a) Auslösen der akustischen Stoppuhr durch das Stoßgeräusch zweier Kugeln (b) Auslösen durch das Geräusch beim Wegschlagen einer Halterung (c) Auslösegeräusch durch Platzen eines Ballons

Wie bei allen hier vorgestellten Experimenten, ist die Messgenauigkeit mehr als ausreichend für einen Demonstrationsversuch. Es gibt (abgesehen von den später diskutierten allgemeinen möglichen Fehlerquellen) jedoch zwei Fehlerquellen, deren man sich bei diesem Aufbau bewusst sein sollte. Die erste ist die Schallgeschwindigkeit, da Start- und Stoppsignal an verschiedenen Orten erzeugt werden. Liegt das Smartphone beispielsweise auf dem Boden, wird das Startsignal um die Zeit verzögert, die der Schall braucht, um die Fallstrecke zurückzulegen. Bei einer Fallstrecke von zwei Metern führt dies zu einem Fehler von 6 ms, der leicht dadurch zu vermeiden ist, dass das Smartphone mittig auf der Fallstrecke oder in einer etwas grö-Beren Entfernung platziert wird, so dass die durch beide Signale zurückzulegenden Strecken zum Smartphone vergleichbar sind. Zusätzlich beobachten wir eine systematische Abweichung von etwa 10 ms, die wir einer Verzögerung zuschreiben, welche zwischen dem Einreißen der Luftballonhaut, bei welcher der Knall entsteht, und dem Zusammenfallen des Ballons auftritt, bis das Gewicht frei fallen kann.

#### 5 Der springende Ball als inelastischer Stoß

Einen Schritt weiter geht schließlich das Experiment »Inelastischer Stoß«, welches das gleiche Prinzip verwendet wie die akustische Stoppuhr, aber zusätzlich noch eine Auswertung der gemessenen Zeiten nachschaltet.

Die Idee des Experiments ist denkbar einfach: Man lässt einen Ball (beispielsweise eine kleine Metallkugel, einen Tischtennisball oder aber auch einen Basketball) mehrfach auf dem Boden aufprallen und misst die Intervalle der Aufprallgeräusche (Abb. 5). Aus diesen Intervallen lassen sich mit kleineren Annahmen die Sprunghöhe und der Anteil der beim inelastischen Aufprall verlorenen Energie berechnen. Nimmt man an, dass zwischen zwei Stößen ein senkrechter Wurf mit der Beschleunigung  $g=9,81~\text{m/s}^2$  erfolgt, folgt für die maximal erreichte Höhe zwischen zwei Stößen  $h=1/8\cdot g\cdot \Delta t^2$ , da diese Höhe auf der Hälfte des Intervalls  $\Delta t$  zwischen den beiden Stößen erreicht wird und somit über die Zeit  $\Delta t/2$  der freie Fall zum Boden stattfindet. Aus der gleichen Annahme folgt, dass die Energie zwischen den Stößen (während des freien Falls/senkrechten Wurfs) erhalten bleibt, so dass das Verhältnis der kinetischen Energie vor und nach dem Aufprall dem Verhältnis der so bestimmten Höhen entspricht.

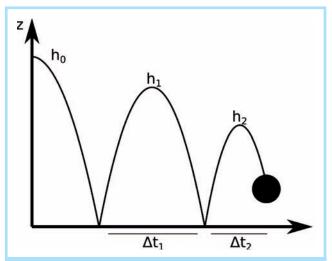


Abb. 5. Zeitintervalle und Höhen bei einer Folge inelastischer Stöße eines springenden Balls.

Die maximale Höhe  $h_0$  vor dem ersten Stoß, also entweder die Höhe, aus der der Ball fallen gelassen wurde oder auch die erreichte Höhe, wenn er hoch geworfen wird, stellt einen Sonderfall dar. Hier gibt es kein Zeitintervall, aus welchem die Höhe berechnet werden kann. Ebenso kann nicht der Energieverlust beim ersten Stoß berechnet werden, da hierzu die Höhe ho vor und nach dem Stoß h, benötigt wird, was wiederum zwei Zeitintervalle und damit einen Stoß vor und einen Stoß nach dem betrachteten Stoß erfordert. Nimmt man jedoch an, dass der Anteil der verlorenen Energie bei jedem Stoß gleich ist, kann man den Energieanteil des zweiten Stoßes auf den ersten Stoß anwenden und hieraus die Anfangshöhe berechnen. Wie gut diese Annahme ist, hängt vom verwendeten Ball und von der Aufprallgeschwindigkeit ab, da in der Regel bei Stößen mit hoher Energie, also aus größeren Höhen, mehr Energie verloren geht. Im Beispiel eines Basketballs, der aus zwei Metern Höhe auf den Boden prallt, beläuft sich dieser Fehler auf etwa 5 cm.

Mit phyphox kann dieses Experiment mit Hilfe der akustischen Stoppuhr durchgeführt werden. Da die Auswertung nur vergleichsweise einfache physikalische und mathematische Grundlagen verlangt, kann diese von den Schülerinnen und Schülern diskutiert und durchgeführt werden. Andererseits kann es aber

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 325 -

auch von Vorteil sein, diese Auswertung von phyphox durchführen zu lassen. Dies kann zum Beispiel nach der Ausarbeitung der Auswertung genutzt werden, um dieses Experiment auf den Sportunterricht zu übertragen. Es kann aber auch bewusst als Blackbox zum Vergleich verschiedener Bälle eingesetzt werden (vorausgesetzt, sie springen gut und laut genug, um drei Stöße zu erfassen), wenn beispielsweise der inelastische Stoß und nicht die Kinematik im Vordergrund des Unterrichts stehen soll.

#### 6 Anstiegszeiten und Reproduzierbarkeit

Neben experimentspezifischen Fehlerquellen, wie im Abschnitt zum freien Fall diskutiert, gibt es Überlegungen zur Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit, welche die grundlegende Methode betreffen, wie die Messung ausgelöst wird. Rein theoretisch sollte es mit der hohen und präzisen Abtastung von 48.000 Hz kein Problem sein, Zeiten mit einer Genauigkeit von einer Millisekunde oder darunter aufzulösen. Dies wird jedoch bereits dadurch begrenzt, dass Schallereignisse nicht instantan die Auslöseschwelle überschreiten, sondern dass sie, bedingt durch die Trägheit des Mikrofons, den Wellencharakter des Schalls und insbesondere die Dispersion der Schallwelle, eine Anstiegszeit haben. Der genaue Zeitpunkt, zu welchem das Signal die Messung auslöst, liegt daher im Allgemeinen innerhalb dieser Anstiegszeit und je nachdem, bei welcher Amplitude die Auslöseschwelle liegt, erfolgt die Auslösung bereits zu Beginn des Anstiegs oder erst zum Ende nahe der maximalen Amplitude des Signals (Abb. 6a).

Sind Start- und Stoppgeräusch identisch, ist dies auch kein Problem, da die Verzögerungen innerhalb der Anstiegszeit dann ebenso identisch sind und in der gemessenen Zeitdifferenz letztendlich verschwinden. Variieren beide Auslöser jedoch in ihren Amplituden oder in ihrer Form, kann das gemessene Zeitintervall von der gewählten Auslöseschwelle abhängen.

Um diesen Effekt zu demonstrieren, haben wir mit einem externen Computer ein Audiosignal erzeugt, welches periodisch alle 500 ms einen über 20 ms in der Amplitude linear ansteigenden Sinus-Ton mit einer Frequenz von 1 kHz erzeugt (Abb. 6b). Der Anstieg über 20 ms entspricht einem eher schlecht definierten Auslösegeräusch, ist aber sehr gut für diese Demonstration geeignet. Zudem haben wir ein phyphox-Experiment erstellt, welches alle gemessenen Zeiten der »akustischen Stoppuhr« aufzeichnet, sodass wir diese anschließend den vom Computer erzeugten Signalen zuordnen können.

Zusätzlich wird nun die maximale Amplitude jedes zweiten Geräuschs relativ zu den ursprünglichen Geräuschen variiert, während es weiterhin über 20 ms ansteigt (Abb. 6c). Hierdurch verschiebt sich der Auslösezeitpunkt jedes zweiten Geräuschs um einen Wert  $\Delta t$ , wodurch nicht mehr kontinuierlich 500 ms, sondern alternierend  $t_{_{A}}$  = 500 ms +  $\Delta t$  und  $t_{_{B}}$  = 500 ms -  $\Delta t$  gemessen werden.

Wie erwartet sieht man in Abbildung 7, dass bei gleicher maximaler Amplitude der aufeinanderfolgenden Signale ein festes Intervall von 500 ms gemessen wird. Sind die maximalen Amplituden jedoch nicht gleich, werden zwei unterschiedliche Intervalle gemessen. Hierbei ist zu beachten, dass dies ein sehr spezielles Beispiel für diesen Effekt ist. Reale Signale unterscheiden sich meist bereits deutlich in ihrer Form (ein plat-

zender Ballon erzeugt ein anderes Geräusch als ein Aufprall) und sind oft nicht gut reproduzierbar (in die Hände klatschen). Hinzu kommt, dass die eingestellte Schwelle als Anteil der ma-

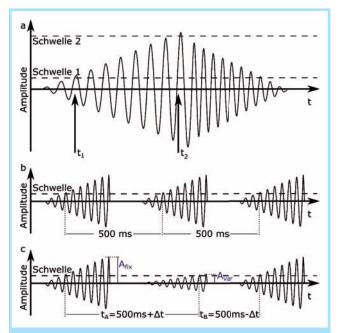


Abb. 6. a) Ein reales, nicht instantan ansteigendes Signal löst bei niedrigerer Schwelle 1 früher aus als bei einer höheren Schwelle 2. Nach dem gleichen Prinzip lösen Signale unterschiedlicher Amplitude bei gleicher Schwelle unterschiedlich aus. b) Ein über 500 ms periodisches Signal erzeugt für beliebige Schwellen die zu erwartenden Intervalle von 500 ms. c) Ein ebenso periodisches Signal, aber mit alternierender Maximalamplitude erzeugt eine Verzögerung  $\Delta t$ , die zu zwei alternierenden gemessenen Intervallen  $t_{\rm A}$  und  $t_{\rm B}$  führt.

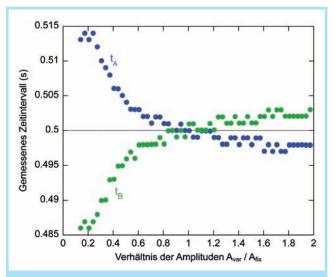


Abb. 7. Gemessene Zeitintervalle als Funktion des Verhältnisses der Maximalamplituden aufeinander folgender Signale (siehe Abb. 6c). Blaue Punkte entsprechen der gemessenen Zeit  $t_{\scriptscriptstyle A}$  von einem Signal fester Maximalamplitude zu einem Signal mit variierter Maximalamplitude, grüne Punkte beschreiben den umgekehrten Fall  $t_{\scriptscriptstyle o}$ .

### Schulpraxis

ximal messbaren Amplitude bei verschiedenen Smartphones verschiedenen realen Schwellen entsprechen kann, da sich die Empfindlichkeit des Mikrofons unterscheidet. Entsprechend können bei nominell gleichen Einstellungen die Messungen an verschiedenen Smartphones leicht voneinander abweichen. In der Praxis ist dieser Einfluss meist vernachlässigbar, sollte jedoch als Fehlerquelle in Betracht gezogen werden, wenn sehr unterschiedliche Geräusche als Auslöser verwendet werden.

MEHRL, D. & HAGLER, M. (1998). Active learning using inexpensive sound cards for circuits and communications experiments. *Frontiers in Education Conference*. *FIE* '98, 28(3), 1102–1106.

KASPER, L., VOGT, P. & STROHMEYER, C. (2015). Stationary waves in tubes and the speed of sound. *The Physics Teacher*, 53(1), 523–524.

#### 7 Fazit

Die akustische Stoppuhr in phyphox ist ein sehr vielseitig einsetzbares Werkzeug, welches bei vielen Experimenten verwendet werden kann und auf nahezu¹ jedem Smartphone zur Verfügung steht. Dabei wird eine aufwändige Auswertung durch ein sehr einfaches Messprinzip ersetzt, welches eine Genauigkeit liefert, die den meisten didaktischen Anwendungsfällen vollkommen genügt. Beachtet man zudem die möglichen Fehlerquellen kann die Genauigkeit bis hin zur Millisekundenskala verbessert werden.

SEBASTIAN STAACKS ist Mitarbeiter am 2. Physikalischen Institut der RWTH Aachen und Entwickler der App phyphox. Er beschäftigt sich mit neuartigen Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien in der Lehre.

CHRISTOPH STAMPFER ist Professor für Experimentalphysik und Leiter des 2. Physikalischen Instituts A der RWTH Aachen. Er forscht auf dem Gebiet der experimentellen Festkörperphysik und beschäftigt sich mit neuen Medien im Physikunterricht.

HEIDRUN HEINKE ist Professorin für Experimentalphysik an der RWTH Aachen. Sie leitet dort die Arbeitsgruppe Physikalische Praktika und ist verantwortlich für die Lehramtsausbildung in der Fachgruppe Physik der RWTH Aachen.

#### Literatur

KUHLEN, S., STAMPFER, C., WILHELM, T. & KUHN, J. (2017). Phyphox bringt das Smartphone ins Rollen. *Physik in unserer Zeit*, 3(48), 148–149.

Da es für dieses Experiment unter den Bedingungen der flexiblen Datenauswertung in phyphox notwendig ist, 48000 Messwerte pro Sekunde zu analysieren, kann es vorkommen, dass wenige ältere Smartphones (typischerweise frühe Android 4-Modelle) zu langsam sind, um die Daten schnell genug auszuwerten. Ein einfacher Vergleich mit einer realen Uhr über mehrere Sekunden zeigt in diesem Fall eine deutliche Abweichung.

# Untouchable: Erstaunliches auf der Oberfläche



Untersuchung der Benetzbarkeit von unpolaren, mikro- und nanostrukturierten sowie heißen Oberflächen

STEFAN SCHWARZER - PATRICK LIEDTKE - RAINER ADELUNG

Der folgende Beitrag widmet sich der interdisziplinären Betrachtung des Phänomens der Wasserstrahlreflexion mit chemischen und physikalischen Schwerpunkten. Ausgehend von einem alltagsnahen Beispiel zum Lotos-Effekt wird auf den eng verknüpften Kontext der Wasserstrahlreflexion eingegangen. Dieser stellt ein einfach wahrzunehmendes, überraschendes Phänomen dar, welches mittels Energieerhaltung im Unterricht beschrieben werden kann. Beide Effekte treten auf unpolaren, mikro- und nanostrukturierten Oberflächen durch superhydrophobe Eigenschaften des Materials in Erscheinung. Ebenfalls wird auf sehr heißen Oberflächen mit Leidenfrost-Effekt eine Reflexion beobachtet, was aber nicht auf die Oberflächenstruktur zurückgeführt werden kann. Es wird eine Modelldarstellung eines reflektierten Wasserstrahls, mit Federn als Analogkomponenten und schulorientierte Energieformen zur Beschreibung, vorgeschlagen.

#### 1 Einleitung

Im Pflanzen- oder Tierreich können ganz unterschiedliche Oberflächen mit wasserabweisender Wirkung beobachtet werden. Eine wichtige Bedingung für diese (super)hydrohobe Eigenschaft ist eine vorliegende Mikro- und Nanostrukturierung des unpolaren Oberflächenmaterials. Sind die genauen Gründe dieser Nichtbenetzbarkeit chemisch sowie physikalisch verstanden, lässt sich dieses Wissen in technische Prozesse übertragen und folglich neue Materialien mit der gewünschten Eigenschaft her-

stellen. Daraus resultieren Alltagsprodukte, die wir täglich verwenden (Abb. 1), aber als Verbraucher die Chemie und Physik (AUFLEGER, 2005) dahinter nicht immer komplett durchdringen. Dazu gehören auftretende Effekte auf Oberflächen, wie eine direkt zu beobachtende Wasserstrahlreflexion. An dieser Stelle setzt der vorliegende Beitrag mit der schulischen Erschließung des Themas Benetzbarkeit von Oberflächen an. Neben dem reinen Fachwissen lassen sich in diesem Zusammenhang ebenfalls Bewertungsaspekte diskutieren. Denn bis vor einigen Jahren wurden entsprechende Produkte mit wasserabweisenden Ei-

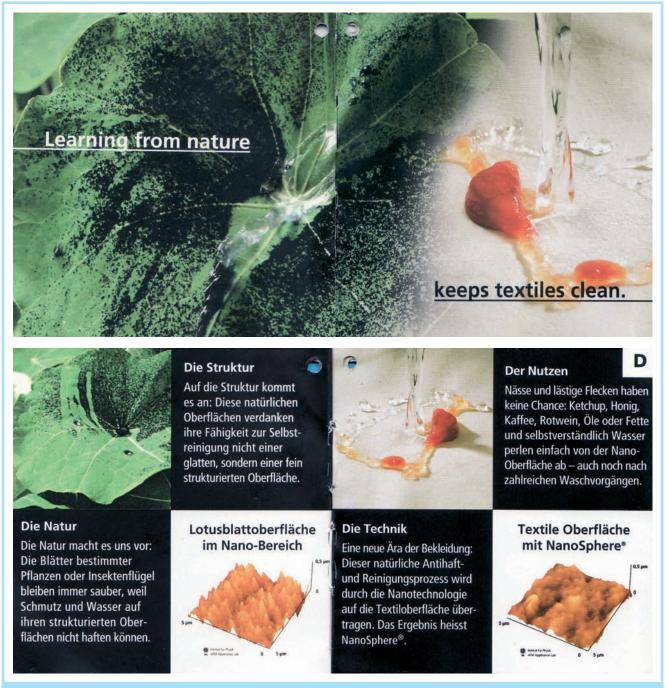


Abb. 1. Werbeetikett, das einer selbstreinigenden Textiloberfläche anhing. Oben: Es wird die Inspiration aus der Natur, die bionische Entwicklung von einem Blatt Kapuzinerkresse zu einem industriell hergestellten Textil, hervorgehoben. Unten: Für ein Werbeetikett ist die Erklärung informativ, insbesondere die Erwähnung der notwendigen Rauigkeit der Oberfläche (Quelle: Schoeller Textil AG).

#### Exkurs Lotos-Effekt

Weist eine (natürliche) Oberfläche, wie ein Blatt Kapuzinerkresse, sehr geringe Benetzungseigenschaften durch z. B. Wasser auf, perlt die Flüssigkeit auf ihr ab, nimmt Schmutzpartikel mit und es kommt zur erwähnten Selbstreinigung. In diesem Zusammenhang wird von einem Lotos- oder Lotus-Effekt®, in Anlehnung an die tropische Lotosblume bei der dieser Effekt das erste Mal beobachtet wurde, gesprochen. Die Schreibweise Lotus-Effekt® ist markenrechtlich geschützt (ÖPA Österreichisches Patentamt, 2017) aber in der Verwendung, insbesondere auf internationaler Ebene, ebenfalls gängig. Um markenrechtliche Probleme, insbesondere bei möglichen Präsentationen von Projekten auf der Schulhomepage o. Ä. zu vermeiden, sollte von einem Lotos-Effekt gesprochen werden. Neben Alltagsprodukten, die den Lotos-Effekt imitieren, in diesem Zusammenhang wird häufig der Begriff Bionik verwendet, finden sich auch im heimischen Garten eine Reihe von Pflanzen, die eine eindrucksvoll zu beobachtende Selbstreinigung aufweisen. Ein Beispiel dafür ist die Kapuzinerkresse, s. Abb. 1. Treffen auf ein Blatt Kapuzinerkresse Wassertropfen oder ein Wasserstrahl aus der Gießkanne, perlt das Wasser nicht nur ab, sondern ein Wasserstrahl wird sogar reflektiert. Ob Lotos-Effekt oder Reflexion, in beiden Fällen ist das Zusammenspiel von Mikro- sowie Nanostruktur und der Polaritätseigenschaft der Oberfläche entscheidend.

Kasten. Exkurs Lotos-Effekt

genschaften offensiv mit dem Zusatz »nano« beworben. Diese Kennzeichnung hat in den letzten Jahren deutlich abgenommen und ist im Einzelhandel kaum noch zu finden. Bekleidungslinien oder Oberflächenversiegelungen erhalten nun andere Werbetexte. Es ist nicht mehr von »Nanotec«, sondern von »Bioprotect« die Rede. Die Zusammensetzung der Produkte änderte sich dabei meist jedoch nicht. Auch werden vermehrt Begriffe wie biomimetisch oder bionisch auf Produktverpackungen abgedruckt (HICKMANN & SCHWARZER, 2015). Gründe dieser Veränderung sind laut einer repräsentativen Bevölkerungsbefragung in der abnehmenden Kaufbereitschaft für Nano-Produkte und im kritischeren Verhältnis von Risiko und Nutzen von Nanotechnologien zu sehen (Nanoview, 2014). Chemiedidaktische Projekte, die an dieses kontrovers zu diskutierende Thema der Nanotechnologie anknüpfen, schaffen Lerngelegenheiten zur Förderung der Bewertungskompetenz im Sinne einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BnE) für Schüler und insbesondere für Lehrkräfte (MENTHE, 2016).

Ohne ein adäquates Fachwissen ist aber auch die Diskussion um Chancen und Risiken eines vergleichsweise neuen Technologiefeldes nicht zu führen. Daher wurde bereits in vorangegangenen Beiträgen gezeigt, wie sich in einfachen Schulversuchen schrittweise und nachvollziehbar, mit wenigen Handgriffen und mit schulischen Mitteln Nanopartikel und -materialien herstellen lassen. Versuche zur Nanotechnologie können im Rahmen eines Seminarfachs in der Oberstufe eingesetzt werden (FREIENBERG & BECKHAUS, 2008) oder gezielt einzelne Themengebiete, wie z. B. Redoxreaktionen oder Polaritäten, mit aktuellen Beispielen ergänzen.

Um eine beständige, sich selbstreinigende Kupferoberfläche zu erhalten, wird im ersten Schritt des Versuchs die Mikro- und Nanostrukturierung durch eine Redoxreaktion erhalten (BETH-KE, ADELUNG & SCHWARZER, 2017). Mit diesem Versuch kann herausgearbeitet werden, dass die Oberflächenbeschaffenheit eine wichtige Rolle spielt (KREUZ-PREUSSKER, ZDENEK & BORSTEL, 2007). Dieser Punkt wird im Werbeetikett, vgl. Abbildung 1, ganz richtig mit der Rauheit in Verbindung gebracht. Anders als vielleicht intuitiv angenommen, sind selbstreinigende Oberflächen nicht glatt.

#### 2 Die Wasserstrahlreflexion

Wie im Kasten »Exkurs Lotos-Effekt« angeführt und beim genauen Hinschauen in Abbildung 1 im oberen linken Bild zu erkennen, wird ein Wasserstrahl, der auf eine superhydrophobe Oberfläche trifft, von dieser reflektiert. Die Wasserstrahlreflexion wird durch die Art des Fluids, der Geschwindigkeit, den Einfallswinkel des eintreffenden Wasserstrahls und natürlich der Beschaffenheit der Oberfläche beeinflusst. Über das anschauliche Beispiel der Werbekampagne »St. Pauli pinkelt zurück« (Abb. 2) und ein millionenfach angeschautes Video (Interessengemeinschaft St. Pauli e. V., 2015) wurde bereits an anderer Stelle berichtet (SCHWARZER, LIEDTKE & ADELUNG, 2016).



Abb. 2. Logo der Werbekampagne »St. Pauli pinkelt zurück«

Festzuhalten ist, dass sowohl das erwähnte modifizierte Kupferblech (Abb. 3, links) als auch ein Blatt Kapuzinerkresse ein Reflexionsverhalten aufweisen. Die Wasserstrahlreflexion ist sogar auf besonders heißen Oberflächen (> 300 °C) zu beob-

MNU Journal – Ausgabe 5.2017





Abb. 3. Wasserabweisende Eigenschaften der modifizierten Kupferoberflächen (links) und einer heißen Metalloberfläche (rechts). In beiden Fällen kommt der Wasserstrahl von der linken Seite und wird auf der Oberfläche nach rechts reflektiert.

achten, was sich an dieser Stelle natürlich nicht mehr über die Oberflächeneigenschaften und Polaritäten erklären lässt. Ebenfalls auf Oberflächen mit verminderter Rauigkeit tritt dieses Phänomen auf (Abb. 3, rechts).

Vielmehr spielt auf heißen Oberflächen der sogenannte Leidenfrost-Effekt eine Rolle (SCHWARZER, WILKE, ABDELAZIZ & ELBAHRI, 2015). Dieser Effekt wird in der Regel im Physikunterricht der Mittelstufe unter der Thematik Wärmeleitung flüchtig erwähnt (SELZER, 1991). Durch die hohen Temperaturen verdampft die unterste Wasserschicht z. B. eines Wassertropfens, die mit der Oberfläche in Kontakt tritt, sofort. Der dabei entstehende Dampf steht unter hohem Druck und entweicht unter dem Tropfen. Dabei ist die Menge an Dampf enorm, aus 1 Liter Wasser entstehen 1673 Liter Wasserdampf bei Normaldruck. Der über diesem dünnen Dampfkissen schwebende Wasserstrahl ist gut isoliert gegen die erhitzte Oberfläche und erwärmt sich nur wenig.

Ob Struktur oder Temperatur, eine Gemeinsamkeit gilt in beiden Fällen: Die Benetzung und die dazugehörige Reibung sowie Adhäsion können an der Oberfläche nicht auftreten, da eine Trennung stattfindet. Ursächlich dafür ist Gas, Luft in den Zwischenräumen der Strukturen oder Wasserdampf. Bei der Leidenfrost-Reflexion wird das Gas als Wasserdampf aus dem Wasserstrahl erzeugt, bei der Wasserstrahlreflexion auf superhydrophoben Oberflächen ist die Benetzung von hydrophoben »Stacheln« so ungünstig, dass nur ein kleiner Teil der Oberfläche benetzt wird und die Luft als Gas nicht aus den Zwischenräumen der Oberflächenstruktur durch das Wasser verdrängt werden kann (BETHKE, ADELUNG & SCHWARZER, 2017).

Eine genauere Betrachtung der Benetzungseigenschaften kann in einem einfachen Versuch erfolgen (siehe Kasten Arbeitsblatt »Betrachtung der Benetzungseigenschaften von Oberflächen«).

Die Betrachtung der Wasserstrahlreflexion bietet eine Reihe von fächerverbindenden Aspekten für den Schulunterricht. Für das Fach Chemie können Struktur-Eigenschafts-Zusammenhänge (BETHKE, ADELUNG & SCHWARZER, 2017) in enger Anbindung an die Biologie diskutiert werden. Das Aufzeigen von energetischen Querbezügen bietet sich in der Physik an, was im folgenden Absatz erfolgt.

## 3 Physikalische Betrachtung der Wasserstrahlreflexion

#### 3.1 Modelldarstellung als Federn

Die Reflexion eines Wasserstrahls folgt nicht dem Reflexionsgesetz, das Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe I aus dem Teilgebiet Optik bekannt ist. Der Einfallswinkel und der Ausfallswinkel sind ungleich groß  $\alpha \neq \alpha'$  (Abb. 4), auch wenn dieser Sachverhalt bei einer ersten Beobachtung vielleicht vermutet wird:

»Der Einfallswinkel entspricht dem Ausfallswinkel, wie wenn ein Lichtstrahl auf einen Spiegel trifft.«

Zitat Schüler einer 12. Klasse

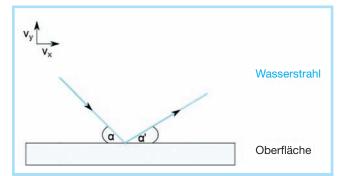


Abb. 4. Reflexionsverhalten eines Wasserstrahls auf einer wasserabweisenden Oberfläche mit dem Einfallswinkel  $\alpha$  sowie dem Ausfallswinkel  $\alpha'$ .

Das Phänomen der Wasserstrahlreflexion ist erst seit einigen Jahren Gegenstand materialwissenschaftlicher Forschung und Publikationen, die an der Universität zu Kiel ihren Anfang genommen haben. Diese wurde von CELESTINI et al (CELESTINI, KOFMAN, NOBLIN & PELLEGRIN, 2010) aufgegriffen und erstmals in der Kapsschen Theorie der Wasserstrahlreflexion (KAPS, ADELUNG, SCHARNBERG, FAUPEL, MILENKOVIC & HASSEL, 2014) vollständig erklärt und von KIBAR (KIBAR, 2016) bestätigt. In der Literatur (SCHARNBERG, 2007) wird zur physikalischen Klärung der Reflexion ein Modell vorgeschlagen, welches sich der in Abbildung 5 aufgeführten Analogien bedient. Dabei werden schulorientierte Energieformen zur Ergründung der Wasserstrahlreflexion verwendet.

#### Arbeitsblatt: Betrachtung der Benetzungseigenschaften von Oberflächen

Unterschiedliche Oberflächen können unterschiedlich von Wasser benetzt werden. Was aber steckt chemischen und physikalisch hinter diesen unterschiedlichen Benetzungseigenschaften?

Materialien: Heizrührer, Stativ mit Klemme und Muffe, Kunststoffspritze (50 mL), Injektionskanüle (0,7 mm · 30 mm), Wasser, falls notwendig 1000er Schleifpapier zum Reinigen der Heizrühreroberfläche oder planes, sauberes (Aluminium)Blech

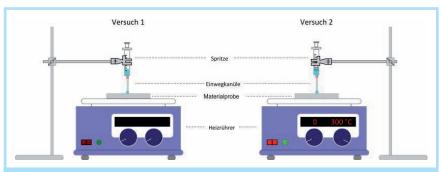


Abb. a. Versuchsaufbau zur Ermittlung des Benetzungsverhaltens auf Oberflächen

#### Teilversuch 1

Zunächst wird auf die unbedingt saubere Platte des ausgeschalteten Heizrührers ein Wassertropfen aus der vorab befüllten Spritze mit Kanüle platziert (Abb. a, links). Der Tropfen muss bei minimalem Kontakt mit der Kanüle auf der Oberfläche platziert werden. Nun kann ein Foto oder eine Zeichnung vom Benetzungsverhalten angefertigt werden. Hinweis: Ist die Platte verschmutzt, muss diese vorab mit einem 1000er Schleifpapier gründlich gereinigt werden. Alternativ

kann ein planes (Aluminium)Blech auf die Heizplatte gelegt und auf dieser der Versuch durchgeführt werden.

#### Teilversuch 2

Die Schritte aus Teilversuch 1 werden auf der auf 300 °C aufgeheizten Metalloberfläche wiederholt (Abb. a, rechts; Abb. b). Nun kann ein Foto oder eine Zeichnung des Benetzungsverhaltens angefertigt werden.

Materialien: Stativ mit Klemme und Muffe, Kunststoffspritze (50 mL), Injektionskanüle (0,7 mm · 30 mm), Wasser, Materialproben: wasserabweisende Pflanzenblätter von Kapuzinerkresse, Rose, Weihnachtsstern etc.

#### Teilversuch 3

Wiederhole den Versuch ohne Heizrührer und untersuche mit der beschriebenen Methode das Benetzungsverhalten von Pflanzenblättern (z. B. Kapuzinerkresse, Weihnachtsstern, Bananenpflanze, div. Kohlsorten) durch einen Wassertropfen.

#### Teilversuch 3a

Wiederhole den Versuch mit einem Blatt (z. B. Kapuzinerkresse, Weihnachtsstern, Bananenpflanze, div. Kohlsorten), das an einer Stelle mit der Fingerkuppe unter Ausübung von leichtem Druck glatt gerieben wurde, bis ein leichter Glanz auf der Oberfläche zu beobachten ist. Es wird ein Wassertropfen auf diese Stelle gegeben.

Aufgabe 1: Untersuche die Benetzungseigenschaften verschiedener Oberflächen. Dokumentiere anhand einer Skizze die Ergebnisse der folgenden Teilversuche und formuliere eine Hypothese für das Verhalten der Wassertropfen auf der jeweiligen Oberfläche. Erkläre ob eine chemische oder physikalische Wirkung hinter dem jeweiligen Verhalten steckt.

Aufgabe 2: Bewerte die Aussage: »Die Oberfläche zeigt einen Lotos-Effekt und kann nicht nass werden, weil sie ganz glatt ist«. (Tipp: Es wird von einem Lotos-Effekt gesprochen, wenn eine Oberfläche sehr geringe Benetzungseigenschaften durch z. B. Wasser aufweist. Aufgelagerte Schmutzpartikel werden vom abperlenden Wasser mitgerissen, die Oberfläche reinigt sich dabei selbst.)

Eine weiterführende Möglichkeit zur Quantifizierung des Benetzungsverhaltens ist der Online-Ergänzung zu diesem Artikel zu entnehmen!

#### Versuch zur Wasserstrahlreflexion

Materialien aus den vorangegangenen Versuchen: Heizrührer, Kunststoffspritze (50 mL), Injektionskanüle (0,7 mm  $\cdot$  30 mm), Wasser, Materialproben: wasserabweisende Pflanzenblätter aus den Teilversuchen 3/3a

#### Teilversuch 4:

Fülle die Kunststoffspritze mit aufgesetzter Kanüle mit Wasser und richte einen Strahl Wasser auf:

- die kalte Metalloberfläche
- die heiße Oberfläche bei 300 °C
- die benannten wasserabweisenden Pflanzenblätter

Aufgabe 3: Dokumentiere anhand einer Skizze deine Beobachtungen. Erläutere deine Aufzeichnungen unter Verwendung folgender Fachbegriffe, die du aus dem Teilgebiet Optik schon kennen solltest: Reflexion, Einfallswinkel, Ausfallswinkel

Kasten. Arbeitsblatt »Betrachtung der Benetzungseigenschaften von Oberflächen«



Abb. b.
Aufbringen
eines
Wassertropfens
mit Hilfe
einer
Spritze
mit
Injektionskanüle

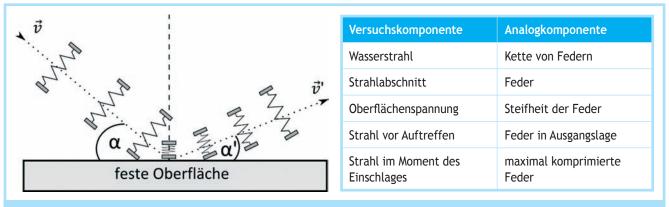


Abb. 5. Modelldarstellung eines reflektierten Wasserstrahls (Seitenansicht) als Federn, welche beim Auftreffen auf eine feste Oberfläche komprimiert werden. Im Falle der Reflexion des Strahls werden sie in großem Maße dekomprimiert (links). Gegenüberstellung von Versuchs- und Analogkomponente (rechts).

Der Wasserstrahl wird für diese Betrachtung vereinfacht als eine Kette von Federn dargestellt, deren Steifigkeit stellvertretend für die Oberflächenspannung des Wasserstrahls steht. Zur Vereinfachung wird die Wechselwirkung zwischen den einzelnen Federn, also parallel zur Ausbreitungsrichtung des Strahles, vernachlässigt. Vor dem Auftreffen befinden sich die Federn in einer Gleichgewichtsposition und weisen keine Spannenergie auf. Da sich der Wasserstrahl aus einer bestimmten Höhe h mit der Geschwindigkeit  $\vec{v}$  in Richtung der reflektierenden Oberfläche bewegt, haben die Wassermoleküle und damit die modellierten Federn eine potentielle Energie im Gravitationsfeld der Erde sowie eine kinetische Energie. Sobald der Wasserstrahl mit der Oberfläche in Kontakt tritt, werden im Modell die Federn zusammengepresst und die kinetische Energie in Spann-

energie umgewandelt. Im realen Fall ist es nun unter anderem von der Viskosität der Flüssigkeit, der Geschwindigkeit und dem Einfallswinkel des Strahls sowie von der Hydrophobizität der Oberfläche abhängig, ob und wie der Strahl reflektiert wird. Wasser ist als inkompressible Flüssigkeit mit vernachlässigbarer innerer Reibung ein gutes Modell, bei dem die komplette Energie in einer vergrößerten Oberfläche gespeichert wird, symbolisiert durch die zusammengedrückte Feder. Bei der Reflexion ist die Beschleunigung senkrecht zur Oberfläche maximal, sodass der Strahl wieder abhebt und analog sich die Federn im Modell wieder dekomprimieren. Im Falle des Wassers ist ein Abheben einfach möglich, da die Oberfläche kaum benetzt wird.

## 3.1 Betrachtung der Energieformen

In Anlehnung an Abbildung 4 und unter Beachtung der angeführten Vereinfachung als Kette von Federn kann eine genauere Betrachtung der Energieformen erfolgen (Abb. 6). Zunächst liegt der Wasserstrahl in zylindrischer Form vor, aufgrund seiner Geschwindigkeit besitzt er anfänglich eine kinetische Energie  $E_{kin,0}$  und aufgrund seiner Höhendifferenz zur Oberfläche eine potentielle Energie  $E_{pot,max}$ . Er wird wie beschrieben als Kette von Federn gesehen, die noch nicht deformiert wurden und deren Spannenergie somit  $E_{spann}=0$  beträgt. Durch den Fall des Wasserstrahls im Gravitationsfeld der Erde wird potentielle in kinetische Energie umgewandelt bis zu dem Punkt, an dem der Strahl auf die Oberfläche trifft ( $E_{pot}=0$ ) und die kinetische Energie ihr Maximum erreicht ( $E_{kin}=E_{kin,max}$ ). Während die zylindrische in eine bidimensionale, gespreizte Form überführt wird (Abb. 7), wird die kinetische Energie in Spannenergie umgewandelt, bis die kinetische Energie in y-Richtung gleich 0 ist und und die Spannenergie maximal wird. Im Modell ist die

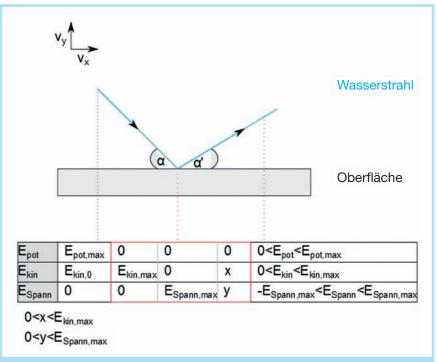


Abb. 6. Darstellung der Wasserstrahlreflexion mit den Geschwindigkeitskomponenten  $v_{_{\chi}}$  und  $v_{_{y}}$  und dem Einfallswinkel  $\alpha$ , dem Ausfallswinkel  $\alpha'$  sowie dreier schulunterrichtsorientierter Energieformen zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten.

Feder nun am stärksten komprimiert. Allerdings kommt es bei maximaler senkrechter Beschleunigung zu einer Dekomprimierung der Feder, die Spannenergie wird wieder in Bewegungsenergie umgewandelt, der Strahl hebt unter dem Winkel  $\alpha'$  ab und wird in seine zylindrische Form zurücküberführt (Abb. 7). Da der Strahl an Höhe gewinnt, nimmt auch seine potentielle Energie auf Kosten der kinetischen Energie zu.

Im Gegensatz zum Zustand vor der Reflexion oszilliert der Strahl mit abnehmender Amplitude nun ebenfalls, sodass ein Anteil der Energie in Spannenergie umgewandelt wird. Für den Fall der Reflexion stellt die zylindrische Form einen stabileren Zustand mit geringerer Oberflächenenergie dar als eine breitflächige Ausbreitung. Zudem ist festzuhalten, dass die senkrechte Geschwindigkeitskomponente  $v_y$  für die Reflexion relevant ist, während Deformationen in der Horizontalen nicht durch das Modell beachtet werden (nach SCHARNBERG, 2007).

#### 4 Aushlick

Im Artikel wurden nicht im Detail der Einfluss von Druck und Durchmesser des Wasserstrahls auf das Reflexionsverhalten beschrieben. Beide Faktoren lassen sich aber über Spritzen und Kanülen mit unterschiedlichem Durchmesser leicht variieren und z. B. im Rahmen von Projekten im Physikunterricht näher systematisch untersuchen. Es lassen sich auch Mehrfachreflektionen beobachten, wenn zwischen zwei superhydrophoben Oberflächen, z. B. zwei Blätter der Kapuzinerkresse, ein Wasserstrahl appliziert wird.

#### Danksagung

Die Autoren danken der Schoeller Textil AG, der Interessengemeinschaft St. Pauli und Hafenmeile e. V. sowie der Agentur Publicis Pixelpark für die freundliche Überlassung von Bildmaterial. Ferner wird der DFG für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Teilprojekts Öffentlichkeitsarbeit des SFB 677 und der DBU für die Förderung des Projekts »Nanotechnologien im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung« gedankt.

#### Literatur

AUFLEGER, M. (2005). Nie mehr putzen? Der Lotus-Effekt. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 16(85–86), 10–15.

BETHKE, C., ADELUNG, R. & SCHWARZER, S. (2017). Generierung einer mikro- und nanostrukturierten Kupferoberfläche mit Lotos-Effekt – Ein Versuch für die Sekundarstufen I und II. *CHEMKON*, 24(1), 31–38.

CELESTINI, F., KOFMAN, R., NOBLIN, X. & PELLEGRIN, M. (2010). Water jet rebounds on hydrophobic surfaces: a first step to jet micro-fluidics. *Soft Matter*, *6*(23), 5872.

FREIENBERG, J. & BECKHAUS, S. (2008). Seminarfach in der Oberstufe. Umsetzungsmöglichkeiten eines neuen Unterrichtsfaches am Beispiel des Themenbereichs Nanotechnologie. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, *61*(8), 480–487.

HICKMANN, K. & SCHWARZER, S. (2015). Nanotechnologie im Alltag. Eine Stationsarbeit. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 68(1), 35–39.

Interessengemeinschaft St. Pauli e. V. (2015). St. Pauli pinkelt zurück. www.youtube.com/watch?v=uoN5EteWCH8 (21.05.2017).

KAPS, S., ADELUNG, R., SCHARNBERG, M., FAUPEL, F., MILENKO-VIC, S. & HASSEL, A. W. (2014). Determining superhydrophobic surfaces from an expanded Cassie Baxter equation describing simple wettability experiments. *arXiv preprint arXiv:1408.5273*.

KIBAR, A. (2016). Experimental and numerical investigations of the impingement of an oblique liquid jet onto a superhydrophobic surface. Energy transformation. *Fluid Dynamics Research*, 48(1), 15501.

KREUZ-PREUSSKER, J., ZDENEK, C. & BORSTEL, G. V. (2007). Hingeschaut und nachgebaut. Selbstreinigende Blätter und Lotus-Effect. *Naturwissenschaften im Unterricht*. *Chemie*, 18(97), 20–25.

MENTHE, J. (2016). NanoBiNE. Nanotechnologien im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. www.uni-hildesheim.de/fb4/institute/biologie/abteilung-chemie/projekte-schuelerlabore/nanobine/(21.05.2017).



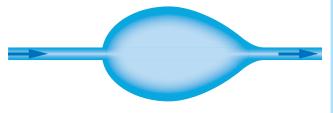


Abb. 7. Realansicht (links) und Zeichnung (rechts) eines reflektierten Wasserstrahls in der Aufsicht. Deutlich ist die Spreizung und das Zusammenführen, von links nach rechts, des Strahls auf der Oberfläche zu erkennen.

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 333 -

## Zur Diskussion gestellt

Nanoview – Einflussfaktoren auf die Wahrnehmung der Nanotechnologien und zielgruppenspezifische Risikokommunikationsstrategien. Abschlussbericht. (2014) Bundesinstitut für Risikobewertung: Berlin.

ÖPA Österreichisches Patentamt (2017). Online Auskunftssystem für Marken. http://see-ip.patentamt.at.

SCHARNBERG, M. (2007). Dissertation, Universität Kiel, Funktionale organische Dünnfilme: macau.uni-kiel.de/receive/dissertation\_diss\_00002487.

SCHWARZER, S., LIEDTKE, P. & ADELUNG, R. (2016). St. Pauli und das Phänomen der Wasserstrahlreflexion. Natürliche, nanound mikrostrukturierte Oberflächen mit Lotos-Effekt inspirieren zur Untersuchung neuer Materialien. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 27(152), 34–38.

SCHWARZER, S., WILKE, T., ABDELAZIZ, R. & ELBAHRI, M. (2015). Wenn ein Wassertropfen zum schwebenden »Nano-Reaktor« wird. Einsatz eines Leidenfrost-Tropfens zur Darstellung und Untersuchung von Nanopartikeln. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 64(4), 23–27.

SELZER, W. (1991). Freihandversuche zur Wärmeübertragung durch Strömung und Leitung. *Naturwissenschaften im Unterricht*. *Physik*, 39(2), 24–27.



Prof. Dr. Stefan Schwarzer, Ludwig-Maximilians-Universität München, Department Chemie, Didaktik der Chemie, Butenandtstr. 5–13, 81377 München, stefan.schwarzer@lmu.de, ist Professor für Chemiedidaktik an der LMU München.

PATRICK LIEDTKE, Regionales Berufsbildungszentrum Technik Kiel, Geschwister-Scholl-Straße 9, 24143 Kiel, pat.liedtke@web.de, ist Lehrer für Chemie und Physik.

Prof. Dr. RAINER ADELUNG, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Technische Fakultät, Institut für Materialwissenschaft, Kaiserstr. 2, 24143 Kiel, ra@tf.uni-kiel.de, ist Professor für Materialwissenschaften.

## »Denn sie wissen nicht, was sie tun«



#### Educational Data Mining zu Schülervorstellungen im Bereich Methodenwissen

JULIA ARNOLD - KERSTIN KREMER - ANDREAS MÜHLING

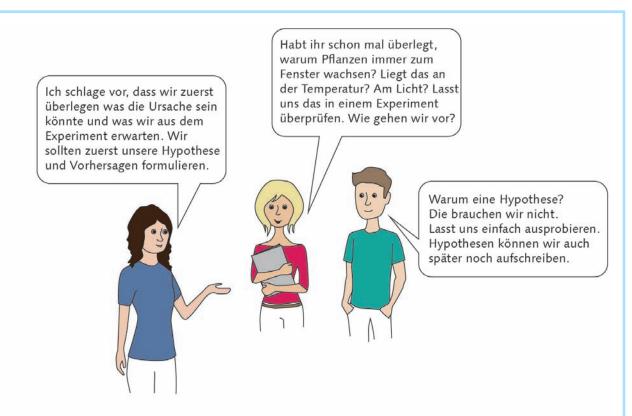
Beim Experimentieren nach Anleitung reflektieren Lernende häufig nicht die Sinnhaftigkeit einzelner Schritte, wie bspw. das Formulieren von Hypothesen. Damit bleiben wichtige Lerngelegenheiten ungenutzt. Dieser Beitrag zeigt einerseits Möglichkeiten, wie Schülervorstellungen im Bereich Methodenwissen erhoben werden können und gibt andererseits Hinweise aus dem Educational Data Mining, welche Vorstellungen sich besonders zur Förderung anbieten.

#### 1 Forschendes Lernen und Methodenwissen

Das selbständige Experimentieren bzw. die Methode des Forschenden Lernens dienen dem Erwerb von Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung bzw. dem Wissenschaftlichen Denken (MAYER, 2007). Bei der Vermittlung steht häufig das prozedurale Wissen im Zentrum und es wird betont, dass die Lernenden die Prozessschritte verstehen und somit bspw. in der Lage sein sollen Hypothesen zu formulieren. Lernende sollen im Rahmen des Forschenden Lernens in der Lage sein, wissenschaftliche Methoden wie z. B. das Experiment für die naturwissenschaftliche Problemlösung zu nutzen. Um dies zu erlernen, ist das Befolgen von Versuchsanleitungen wie Kochrezepte nicht zielführend. Daher benötigen sie auch mehr als nur prozedurales Wissen darüber, wie man bestimmte Handlungen durchführt. Sie müssen ein Verständnis dafür entwickeln, warum sie bestimmte Prozeduren ausführen, um ihre

- S: Störvariablen wäre der äußere Einfluss wie, dass wir keine konstante Temperatur haben. Ich bin auch grad am überlegen. Keine Ahnung. Und Störvariablen können wir auch ausschließen, indem wir das Experiment halt öfters machen. Also wenn wir's immer wieder wiederholen.
- B: Und wie?
- S: Dass wir das immer wiederholen.
- B: Jaja aber was bringt uns das denn, wenn wir das immer so ...
- S: Ja, dass die Störvariable ausgeschlossen ist, dass wir zum Beispiel keinen Messfehler haben oder so. Es kann ja sein, dass der Indikator was Falsches und anzeigt, also was nicht falsch ist, sondern dass wir zu lange oder zu wenig gewartet haben.

Kasten. 1. Gespräch von Lernenden über Störvariablen während der Ausarbeitung einer Experimentier-Planung



#### Wozu braucht man eine Hypothese?

Beantwortet die Frage, indem ihr die Aussagen diskutiert. Bezieht dazu die Gütekriterien wissenschaftlichen Arbeitens ein. Begründet eure Antwort.

Geht dazu so vor:

- 1. Jeder in der Gruppe sagt seine Meinung.
- 2. Ihr diskutiert über die unterschiedlichen Meinungen.
- 3. Ihr schreibt euren Konsens auf.

Eine Hypothese ist dazu da, dass man im Voraus schon weiß, in welche Richtung das Experiment gehen könnte. So hat man erstmal einen Anhaltspunkt, womit man anfangen kann. Außerdem hilft die Hypiothese, das Experiment zu planen.

Abb. 1. Concept Cartoon mit offenem Antwortfeld und beispielhafter Schülerantwort.

Fähigkeiten flexibel in unterschiedlichen Kontexten nutzen zu können. Diese Grundidee lässt sich auch in dem oben angeführten Zitat wiederfinden (siehe Kasten 1. Diesem Verständnis liegt Wissen zugrunde, das als Methodenwissen bezeichnet werden kann (MAYER, 2007). Es ist das deklarative Wissen und das Verständnis der wissenschaftlichen Methoden, ihrer Grenzen und Möglichkeiten. Im Gegensatz zum Fachwissen geht es nicht um wissenschaftliche Konzepte selbst, sondern um Ideen und Konzepte über die wissenschaftliche Methode (GOTT & Du-GGAN, 1995). Es heißt auch das »Denken hinter dem Tun« oder »prozedurales Verstehen« (ROBERTS, 2001), weil es stark mit dem prozeduralen Wissen der wissenschaftlichen Untersuchung zusammenhängt (GOTT & DUGGAN, 1995). Grundsätzlich kann das Methodenwissen als Antwort auf die Frage »Warum?« in der Wissenschaft gesehen werden. Diese Frage nimmt Bezug auf die Qualitätskriterien wissenschaftlichen Arbeitens (GOTT, DUGGAN & ROBERTS, o. J.; ROBERTS & GOTT, 2003). Die wichtigsten dieser Qualitätskriterien sind Objektivität, Reliabilität und Validität. Zum Beispiel werden Hypothesen formuliert, um die Variablen und ihre Beziehung zu definieren und so zur sicheren Validität sowie Objektivität und interpersonale Transparenz der Dateninterpretation, die in Bezug auf die Hypothese oder Messung von Variablen erfolgen muss, zu sichern (GLAESSER, GOTT, ROBERTS & COOPER, 2009a, GOTT & DUGGAN, 1996, GOTT et al., o. J.; ROBERTS & GOTT, 2003). ARNOLD (2015) identifiziert wichtige Aspekte des Methodenwissens, die in Tabelle 1 zusammengefasst werden.

Die unterrichtliche Betrachtung der Konzepte des Methodenwissens im naturwissenschaftlichen Unterricht ermöglicht Schülerinnen und Schülern die Einsicht, dass Wissenschaft mehr ist als die Durchführung von Routine-Verfahren (ROBERTS & GOTT, 2003). Darüber hinaus kann das wissenschaftliche Ar-

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 335 -

Aspekt	Beschreibung
Zweck des Experiments	<ul> <li>Klärung von kausalen Zusammenhängen (OSBORNE et al., 2003; KRÜGER, 2009; WELLNITZ &amp; MAYER, 2012)</li> <li>Die systematische Variation der unabhängigen Variable unter Gleichhaltung der übrigen Bedingungen ermöglicht die Untersuchung der Wirkung auf die abhängige Variable (ROBERTS, 2001).</li> </ul>
Zweck von Hypothesen	<ul> <li>Hypothesen und deren Testung bilden die Basis wissenschaftlicher Forschung (Osborne et al., 2003).</li> <li>Die Hypothese sagt den Ausgang einer Untersuchung (Experiment) voraus, wenn die vermutete Ursache (unabhängige Variable) verändert und die sich ändernde Größe (abhängige Variable) gemessen wird (prüfbar bzw. falsifizierbare; MAYER &amp; ZIEMEK, 2006).</li> <li>Die Hypothese wird vor der eigentlichen Untersuchung aufgestellt und strukturiert das systematische Planen der Untersuchung durch die Festlegung der Variablen (Validität) und das objektive Auswerten von Daten (HAMMANN, 2006).</li> <li>Eine Hypothese dient dazu, mögliche Ursachen durch den systematischen Ausschluss unwahrscheinlicher Hypothesen zu identifizieren. Daher sollten alternative Hypothesen formuliert werden, die durch die Hypothesenprüfung ausgeschlossen werden können (MAYER &amp; ZIEMEK, 2006).</li> <li>Befördert objektive Herangehensweise (MAYER &amp; ZIEMEK, 2006).</li> </ul>
Zweck der Planung	<ul> <li>Von der Präzision der Planung hängt es ab, ob die Untersuchung zu messgenauen und aussagekräftigen Resultaten führt (BORTZ &amp; DÖRING, 2006).</li> <li>Die Planung ist so zu dokumentieren, dass der Versuch exakt wiederholt (reproduziert) bzw. intersubjektiv nachvollzogen und in der Auswertung diskutiert werden kann (BORTZ &amp; DÖRING, 2006).</li> <li>Die Untersuchungsplanung orientiert sich an der Hypothese und muss in Bezug auf diese valide sein (LEDERMAN et al., 2014; ROBERTS, 2001).</li> </ul>
Funktion der abhängigen und unabhängigen Variable und ihrer Operationalisierung	<ul> <li>Die unabhängige Variable ist der Faktor, den man als Ursache vermutet und der variiert werden soll (Roberts, 2001).</li> <li>Die abhängige Variable ist die Größe in einem Experiment, die gemessen wird. In ihr spiegelt sich die Wirkungen der unabhängigen Variablen (Ursachen, Bedingungen) wider (Chen &amp; Klahr, 1999; Roberts, 2001).</li> <li>In einem Experiment muss die abhängige Variable gemessen werden (Gott et al., o. J.; Roberts, 2001). Wie sie gemessen wird, wird in der Planung festgelegt. Es muss eine Operationalisierung gewählt werden, mit der gemessen werden kann, was gemessen werden soll (Validität). Zudem soll diese Operationalisierung eine genaue Messung ermöglichen (Reliabilität) und intersubjektiv nachvollziehbar sein (Objektivität) (Gott et al., o. J.; Roberts &amp; Gott, 2003).</li> <li>Die unabhängige Variable ist die Größe, deren Einfluss bzw. Wirkung auf die abhängige Variable (zu messende Größe) untersucht wird (Gott et al., o. J.; Roberts, 2001).</li> <li>Die unabhängige Variable wird in einem Experiment systematisch verändert. Wie sie verändert werden soll, wird in der Planung festgelegt. Dies betrifft die Zahl der Ausprägungen und Messintervalle bzwabstände. Die Ausprägungen und Intervalle der unabhängigen Variable müssen so gewählt werden, dass sie von anderen reproduziert werden können (Objektivität und Reliabilität). Dies zieht nach sich, dass wirklich das untersucht wird, was zu untersuchen vorgegeben wird (Validität; Gott et al., o. J.; Roberts &amp; Gott, 2003).</li> </ul>
Zweck der Kontrolle von Störvariablen	<ul> <li>Störvariablen sind Größen, die außer der unabhängigen Variable, Einfluss auf die abhängige Variable nehmen können.</li> <li>Werden Störvariablen kontrolliert (durch Gleichhaltung oder Messung), nennt man sie Kontrollvariablen (Bortz &amp; Döring, 2006).</li> <li>Durch die Kontrolle von Störvariablen wird gewährleistet, dass das genau gemessen wird, was zu messen intendiert ist und darüber hinaus steigen Reproduzierbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse (Gott et al., o. J.; Roberts, 2001).</li> </ul>

#### Zweck von Einzelne Messungen/Experimente können immer fehlerbehaftet und unsicher sein (GOTT et al., Wiederholungen o. J.). • Um die Reliabilität einer Messung/eines Experiments zu erhöhen, muss sie mehrmals (mit unterschiedlichen Messverfahren) durchgeführt werden (BUFFLER et al., 2001; LUBBEN, BUFFLER, CAMPBELL & ALLIE, 2001). • Um Belastbare Aussagen treffen zu können, müssen Messungen/Experimente mehrmals durchgeführt werden. Das erhöht die Reliabilität und Validität (GOTT et al., o. J.; OSBORNE et al., Durch Wiederholungen kann die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse geprüft werden. Je nach Untersuchungsanlage geht die Messwiederholung mit einer Vergrößerung der Stichprobe einher (Gott et al., o. J.). Zweck der Trennung · Daten sprechen nicht für sich, sondern werden mit Bezug zur Fragestellung oder Hypothese zwischen Beschreibung und Interpretation • Diesem subjektiv gefärbten Schritt muss eine objektive Beschreibung der Daten vorweg gehen von Daten (LEDERMAN et al., 2014; LEDERMAN et al., 2002; OSBORNE et al., 2003). Zweck der kritischen • Untersuchungen bilden immer nur einen Teil der Realität ab und sind daher auch immer auf ihre Reflexion Aussagekraft hin zu beurteilen. Dies betrifft Fragen der Validität des Versuchsaufbaus und der Reliabilität der Messung. Im Rahmen der Datenauswertung werden die Grenzen der Aussagekraft der Daten und der Untersuchung aufgezeigt (MAYER & ZIEMEK, 2006). • In der Reflexion wird rückblickend das Design auf seine Validität (in Bezug auf die Hypothese) und die Reliabilität hin kritisch diskutiert (OSBORNE et al., 2003). Ansätze zur Generalisierbarkeit und Optimierung der Vorgehensweise schließen sich an und führen ggf. zu neuen Untersuchungen. Tab. 1. Aspekte des Methodenwissens (ARNOLD 2015)

beiten gefördert werden, da Methodenwissen und Fachwissen sowie Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung miteinander im Zusammenhang stehen (KREMER, SPECHT, URHAHNE & MAYER, 2013, ROBERTS & GOTT, 2004) und prozessuales Verständnis sogar notwendig ist zur Durchführung von wissenschaftlichen Experimenten (GLAESSER, GOTT, ROBERTS & COOPER, 2009b). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die Kenntnisse auch fortgeschrittener Schülerinnen und Schüler im Bereich des Methodenwissens unausgereift sind (ARNOLD, KREMER & MAYER, 2014) und dass die Aktivierung des Methodenwissens bei wissenschaftlichen Untersuchungen den Erwerb von Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung unterstützen kann (ARNOLD, 2015, ARNOLD, KREMER & MAYER, 2016).

Um das Methodenwissen gezielt zu fördern, müssen Lernvoraussetzungen ist zu den einzelnen Aspekten des Methodenwissens geklärt werden. In diesem Beitrag stellen wir eine Studie vor, die sich mit der Erfassung der Schülervorstellungen und der Identifizierung von Schlüsselkonzepten zum Methodenwissen befasst. Dazu wurde auch ein Diagnoseinstrument entwickelt und erprobt, das hier zunächst vorgestellt wird.

#### 2 Vorgehen

In einem ersten Schritt wurden anhand offener Aufgaben mögliche Schülervorstellungen erfasst. Zur Aktivierung der Vorstellungen wurde das Format der *Concept Cartoons* genutzt (siehe auch ARNOLD et al., 2016). *Concept Cartoons* sind Zeichnungen von verschiedenen Charakteren, die unterschiedliche Ansich-

ten über ein Konzept haben. Sie sollen die Ideen der Lernenden über das konkrete Konzept aktivieren und zur Diskussion anregen (KEOGH & NAYLOR, 1998, NAYLOR & KEOGH, 1999). Ein solcher Cartoon ist in Abbildung 1 dargestellt. 100 Lernende der Jgst. 11 beantworteten die Cartoons. Es konnten pro Aspekt (bspw. Warum sollte man ein Experiment planen?) zwischen drei und acht und insgesamt 42 Kategorien identifiziert werden, die eine Begründung des jeweiligen Schrittes der Erkenntnisgewinnung mit Zusammenhang zu den Gütekriterien wissenschaftlichen Arbeitens aufzeigen.

In einem zweiten Schritt wurden dann diese Kategorien genutzt, um einen Fragebogen zu entwickeln, der die Zustimmung zu 42 Aussagen bzgl. einzelner Aspekte des Methodenwissens erfragt. Ein Beispiel zum Aspekt »Planung eines Experiments« ist in Abbildung 2 dargestellt.

Da es keine konkreten Hypothesen darüber gibt, wie die Vorstellungsaspekte strukturell zusammenhängen, bzw. wie man im Unterricht konkret darauf aufbauen könnte, sind die üblichen überprüfenden Verfahren der klassischen Statistik für die gewonnenen Daten nicht sinnvoll anzuwenden. Stattdessen bieten sich sogenannten explorative bzw. Hypothesen-generierende Verfahren an. Die Frage nach versteckten Mustern bzw. der inneren Struktur von Daten ist eine zentrale Fragestellung des Data Mining. Hier geht es insbesondere darum, algorithmische Verfahren und Methoden des maschinellen Lernens zu verwenden um Zusammenhänge sichtbar zu machen. In den letzten Jahren hat sich an der Schnittstelle zwischen Data Mining und Bildungsforschung der Forschungszweig des Educational Data

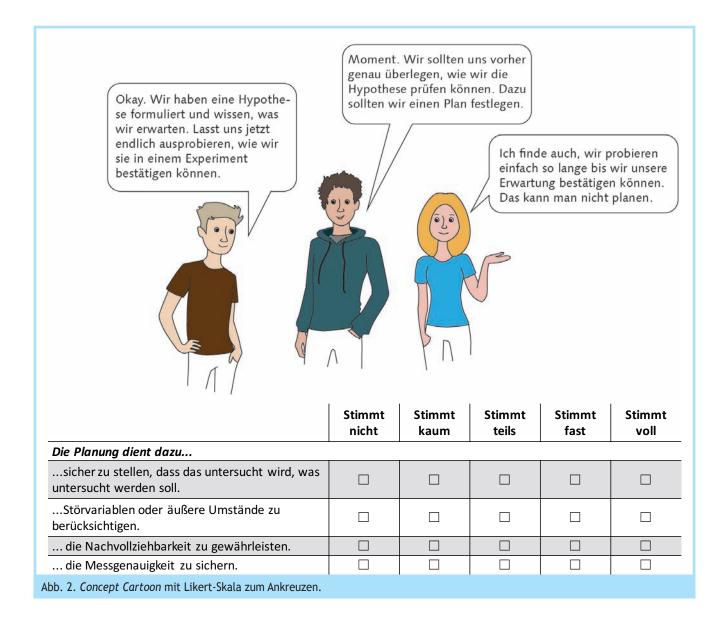
MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 337-

Mining etabliert (BAKER, 2010), der diese Verfahren auf die Daten und Fragestellungen die in Lehr-/Lernkontexten entstehen anwendet oder neue für diesen Kontext geeignete Verfahren entwickelt. Ein zentraler Aspekt des (Educational-) Data Mining ist die Visualisierung von Mustern in Daten um diese einer Interpretation durch Experten zugänglich zu machen.

Wir verwenden Methoden des Educational Data Mining um anhand der gewonnenen Daten von 64 Lernenden der Oberstufe (Einführungsphase und Q1) zentrale Vorstellungen und darauf aufbauend Hypothesen zu identifizieren. Die Ausgangsdaten bilden die paarweisen Korrelationen zwischen den erhobenen Items, wobei ausschließlich signifikante (p < 0.05) Zusammenhänge verwendet wurden. Die so gewonnene Struktur wurde durch ein algorithmisches Verfahren (multidimensionale Skalierung; Cox & Cox, 2001) graphisch aufbereitet und dargestellt. Das Verfahren stellt die Korrelationen als Verbindungen in einem Netzwerk dar, wobei die Länge der Verbindung der Stärke der Korrelation entspricht – eine höhere Korrelation führt zu einer kleineren Distanz zwischen den entsprechenden Items in der Darstellung. Da es im Allgemeinen nicht möglich ist, diese

Randbedingungen bei einer Darstellung auf der zweidimensionalen Ebene überall einzuhalten, benötigt man ein Verfahren, dass die Fehler bei der Einbettung in der Ebene möglichst minimiert. Multidimensionale Skalierung ist ein solches Verfahren. Aus dieser Darstellung wurden dann interessante Aspekte identifiziert, die mit Hilfe von weiteren Verfahren auf ihre Plausibilität anhand der Datenlage geprüft wurden. Hier wurden insbesondere Verfahren verwendet, die die Struktur des oben beschriebenen Netzwerks analysieren. Die Identifikation von Cliquen (BALAKRISHNAN & RANGANATHAN, 2012) und die Analyse des sog. »Page-Ranks« (BRIN & PAGE, 1998), der auch in der Suchmaschine Google verwendet wird um die Relevanz von gefundenen Ergebnissen zu bestimmen, kamen zum Einsatz und bestätigten den visuell gewonnenen Eindruck der inneren Struktur der Daten

Die so gewonnenen Hypothesen sind also bereits aus den konkreten Daten abgeleitet und aus verschiedenen Blickwinkel statistisch betrachtet. Die so gewonnene Indizienkette spricht dafür, dass sich die Ergebnisse in Zukunft auch auf konventionelle Art bestätigen lassen.



#### 3 Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt das Ergebnis der multidimensionalen Skalierung. Je näher zwei Items beieinanderliegen, desto stärker die Korrelation zwischen ihnen. Es fällt auf, dass gleich mehrere Items, die sich mit dem Konzept der Störvariablen befassen, sehr zentral innerhalb des Netzwerkes sind, speziell SV2, SV3 und ebenso auch SV4 und SV5. Dieser optische Eindruck bestätigt sich dahingehend, dass, wenn man die Beträge alle Korrelationen eines Items aufsummiert, die Items SV2, SV3 und SV4 die höchsten Werte erhalten und auch SV5 noch unter den Top 10 zu finden ist. In den Top 5 finden sich neben den drei Items zu Störvariablen auch noch die Items AH1 und Plan2. Auch wenn diese anderen Kategorien zugeordnet wurden, haben sie dennoch einen inhaltlichen Bezug zum Konzept der Störvariablen:

- AH1: Man braucht alternative Hypothesen, da andere Variablen als Ursache in Frage kommen.
- Plan2: Die Planung dient dazu Störvariablen oder äußere Umstände zu berücksichtigen.

Wdh4AV3

Plan3

AV7

AV5

SV4H3

AH5

AH5

Dat1

Dat2

Wdh1

Dat2

AV3

AH6

Plan1

Plan4

HSV1

AH6

Abb. 3. Ergebnis des Multi-dimensional scaling.

Die Korrelation dieser fünf Items mit den restlichen Items ist insgesamt auch positiv und signifikant (r = .51; p < .001), das heißt, das Antwortverhalten dieser – vermeintlich zentralen fünf Items – sagt das Antwortverhalten auch für die anderen Items gut vorher.

Die so gewonnenen Hinweise auf die Zentralität des Begriffs der Störvariablen kann nun durch weitere Verfahren überprüft werden. In einem nächsten Schritt wurden die sogenannten Cliquen des Korrelations-Netzwerks überprüft. Eine Clique ist eine Teilmenge von Punkten des Netzwerks, zwischen denen alle prinzipiell möglichen Verbindungen auch tatsächlich vorhanden sind. Für die vorliegenden Daten bedeutet das, dass Items, die eine Clique bilden, alle untereinander signifikant korrelieren. Die größten im Netzwerk vorkommenden Cliquen bestehen aus vier Items. Es gibt insgesamt nur drei solche Cliquen:

- 1. Hyp3, UV1, UV7, SV4
- 2. AH1, AV2, SV2, SV3
- 3. AV2, SV2, SV3, SV5

Es fällt auf, dass in jeder Clique mindestens ein Item des Bereichs der Störvariablen auftaucht, in zwei der drei Cliquen tauchen sogar jeweils drei der oben bereits als zentral identifizierten Items auf. Darüber hinaus hat auch das Item UV1 einen inhaltlichen Bezug zum Konzept der (Stör-)variablen.

Ein weiterer Blick auf die inhärente Struktur des Netzwerks liefert der Page-Rank Algorithmus. Dieser bestimmt in einem iterativen Verfahren die Wichtigkeit aller Punkte im Netzwerk basierend darauf, mit welchen anderen Punkten sie verbunden sind. Ein Item bekommt einen hohen Page-Rank, wenn die verbundenen Items zahlreich sind und bestenfalls sogar selbst einen hohen Page-Rank aufweisen. In Analogie zur Suche im Internet: Eine Seite im Internet ist dann besonders wichtig, wenn viele (wichtige) Seiten auf sie verweisen. Die Top 5 Items hinsichtlich dieses Kriteriums sind – abermals – SV2, SV3, SV4, AH1 sowie Plan2. Dies unterstreicht den optisch gewonnenen Eindruck auch hinsichtlich eines völlig anders bestimmten strukturellen Merkmals.

#### 4 Implikationen für die Unterrichtspraxis beim forschenden Experimentieren

Diese Ergebnisse implizieren eine besondere Bedeutung des Verständnisses für Störvariablen im Bereich des Methodenwissens. In zukünftigen Studien muss dies experimentell überprüft werden. Es wäre zu erwarten, dass ein Training im Methodenwissen mit explizitem Schwerpunkt auf Störvariablen effektiver ist als ein Training ohne diesen Schwerpunkt. Wenn sich die Hypothese bestätigt, könnte so ein ökonomischer Weg für die Förderung des Methodenwissens und damit für das Verstehen naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse gefunden sein. Zudem könnte man von diesen Schlüsselkonzepten ausgehend mögliche Lernwege beschreiben, um die Förderung weiter voran zu treiben.

MNU Journal - Ausgabe 5.2017

## Zur Diskussion gestellt

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht plädieren wir zunächst dafür, das Forschende Lernen stärker zu praktizieren. Zweitens sollte dabei das Methodenwissen stärker Berücksichtigung finden. Ein besseres Verständnis von Konzepten des Methodenwissen kann das Forschende Lernen verbessern und die Lernenden dazu bringen, darüber nachzudenken, was sie in wissenschaftlichen Untersuchungen tun und warum dies sinnvoll ist. Es wird ihnen auch helfen, kritischer gegenüber Studien und Ergebnissen von anderen zu sein, und damit einen Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung leisten. Einen Überblick zu den Lernvoraussetzungen ermöglicht das hier entwickelte Diagnoseinstrument auf der Basis von Concept Cartoons, das entweder explizit-reflektierend im Unterricht eingesetzt werden kann, oder dem Lehrer als Evaluationsinstrument für eine Lerneinheit dienen kann.

Um das Methodenwissen zu fördern, schlagen wir dann vor, den Begriff der Störvariablen im Prozess des forschenden Lernens explizit zu machen, denn sie scheinen der Schlüssel zum Verständnis anderer Konzepte des Methodenwissens zu sein¹. Wir argumentieren, dass, wenn Lernende das Konzept der Störvariablen aktiv anwenden können, dies ein Verständnis für wissenschaftliche Qualitätskriterien voraussetzt, vor allem über die Gültigkeit, und daher sollten andere Konzepte leichter verstehbar sein. Die Fokussierung auf Schlüssel-Konzepte könnte eine effiziente Methode sein, Schülerinnen und Schüler mit den zentralen Konzepten der Erkenntnisgewinnung vertraut zu machen und somit selbstgesteuertes Weiterlernen zu ermöglichen. Daher sollte man sich auf zentralen Aspekte konzentrieren, die den Lernprozess effektiv anreichern.

#### Danksagung

Ein besonderer Dank gilt Frau Dr. RENATE SCHWAB für die Ermöglichung der Befragung von Schülerinnen und Schülern des Carolus-Magnus-Gymnasiums in Übach-Palenberg.

Die Literaturangaben finden sich in der Online-Ergänzung.



Dr. JULIA ARNOLD, arnold@ipn.uni-kiel.de, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin (Post-Doc) in der Didaktik der Biologie am IPN in Kiel. Ihre Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte sind Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung sowie Gesundheitsbildung.

Prof. Dr. Kerstin Kremer, kremer@ipn.uni-kiel.de, ist stellvertretende Direktorin der Abteilung Didaktik der Biologie am IPN in Kiel. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung, Lernen über Nature of Science und Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Prof. Dr. Andreas Mühling, andreas.muehling@informatik.uni-kiel. de, leitet die Arbeitsgruppe Didaktik der Informatik an der Universität zu Kiel. Seine Forschungsschwerpunkt sind der Kompetenzerwerb im Programmierunterricht und Methoden des Educational Data Mining.

Weitere Cartoons, der Fragebogen und die Arbeitsmaterialien können bei der Erstautorin angefragt werden.

# I in MINT: Fragezeichen oder Ausrufezeichen?



MARC J. DE VRIES

Der Autor plädiert mit Bezug auf das englischsprachige Äquivalent STEM dafür, das I in MINT als »Ingenieurwissenschaften« zu interpretieren. Mit diesem Ansatz kann MINT-Unterricht ganzheitlicher und einheitlicher im Schulcurriculum verankert werden. Echte Anwendungen können so in einem interdisziplinären Projektunterricht von Schülerinnen und Schülern selbst formuliert und bearbeitet werden.

»MINT-Bildung« ist ein unscharfer Begriff, der eine Reihe unterschiedlicher Bedeutungen haben kann. Das einfachste und gleichzeitig uninteressanteste Verständnis ist die Summe der jeweiligen Schulfächer, deren Gemeinsamkeit lediglich darin liegt, industrierelevanten Disziplinen nahezustehen. Reizvoller ist es, unter MINT auch die Ambition zu verstehen, vielfältige

Verbindungen zwischen den Fächern zu knüpfen. Derzeit fungieren die Fächer oft als Inseln ohne Brücken, was vor allem zwischen Mathematik und Naturwissenschaften zu Transferproblemen führen kann. In der Mathematikausbildung haben Schüler etwa gelernt, lineare Gleichungen zu lösen. Sollen sie aber in der Physik eine Gleichung z. B. mit Geschwindigkeit und

Ort auflösen, scheint dieses Wissen völlig vergessen zu sein. Natürlich haben die Schüler es hier nicht wirklich vergessen; sie erkennen nur nicht, dass es sich grundsätzlich um dieselbe Art von Problemstellung handelt. Durch das Knüpfen stärkerer Verbindungen zwischen den Fächern könnte diese Situation gelöst werden. Das interessanteste Verständnis von MINT ist schließlich dasjenige als integriertes Lernfeld, in dem Schüler das Zusammenspiel von Naturwissenschaften, Mathematik und Technik an realen Beispielen (womöglich sogar in der Industrie) erkunden können.

Eine weitere mit der MINT-Abkürzung verbundene Fragestellung ist die Bedeutung des »I«. Meist wird es als »Informatik« verstanden. Bei dieser Lesart gibt es wiederum zwei mögliche Interpretationen. Einerseits kann »Informatik« allgemein für die Nutzung von Computern und digitalen Medien im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht stehen; dies entspricht dem englischen Begriff »educational technology« (Bildungstechnologie). Das ist eine eigenartige Interpretation, da sie eine Zweiteilung der Buchstaben im MINT-Akronym erzeugt, mit M, N und T als Referenz auf eigene Fächer und dem I als Referenz auf ein Bildungsmedium. Diese Lesart ist wenig konsistent, aber möglich. Konsistenter ist es, unter »Informatik« das existierende oder zumindest potentielle Schulfach zu verstehen. Das Lernen von Informationstechnologie ist ein sehr wichtiger Beitrag zur technologischen literacy bzw. genauer zur informatischen literacy. Aber selbst diese Lesart hat noch die Eigenart, mit dem internationalen MINT-Äquivalent »STEM« nicht übereinzustimmen. Das ist schnell einzusehen; S (Science) entspricht N (Naturwissenschaften), T (Technology) entspricht Technik und M (Mathematics) entspricht M (Mathematik). E steht allerdings für Engineering, was sicherlich nicht der Informatik entspricht. Für diese Inkonsistenz gibt es jedoch eine bestechend einfache Lösung: Das I kann als »Ingenieurwissenschaften« gelesen werden.

Wie sehr verändert sich die Bedeutung von »MINT« durch diese neue Interpretation? Zunächst erscheint der Unterschied dramatisch, selbst wenn »Informatik« als Schulfach statt als Bildungstechnologie verstanden wird. Vielleicht ist der tatsächliche Unterschied aber gar nicht so dramatisch. Schließlich ist die Informatik selbst eine Ingenieurswissenschaft, neben Elektrotechnik, Chemischer Technologie, Maschinenbau und Baukunde, um nur einige zu nennen. Einige Informatiker mögen hier entgegenhalten, dass auch die Informatik der Mathematik sehr nahe steht und somit keine typische Ingenieurwissenschaft ist. Dieser Einwand könnte aber ebenso für die Baukunde erhoben werden, deren Architektur-Teilbereich den Künsten mindestens so nahe steht wie dem Ingenieurwesen und dennoch als Disziplin an Technischen Universitäten existiert. Es ist also durchaus sinnig, die Informatik zu den Ingenieurwissenschaften zu zählen.

Die nächste Frage folgt sofort: Was ist in dieser Lesart der Unterschied zwischen dem I und dem T? Sind sie nicht synonym? Nein, das ist nicht der Fall, vor allem wenn das T im Kontext des Technik-Unterrichts gesehen wird. Es gibt durchaus Besonderheiten der Ingenieurwissenschaften, die im Technik-Unter-

richt nicht oder nur am Rande vorkommen. Zunächst sind die Ingenieurwissenschaften in hohem Maße quantitativ ausgerichtet, sehr viel wird berechnet; der Technik-Unterricht betont dagegen oft eher ein qualitatives, intuitives Vorgehen. Die Ingenieurwissenschaften sind eng mit den Naturwissenschaften verbunden; Technik-Unterricht liegt näher am Anfertigen bzw. »Basteln«. In den Ingenieurwissenschaften spielt die Modellierung eine zentrale Rolle, die Beschaffenheit der Modelle und ihre Abweichungen von der Realität werden sehr genau reflektiert; im Technik-Unterricht werden oft Modelle entwickelt, aber die Schüler müssen selten den Unterschied zwischen den Modellen und dem tatsächlichen Objekt bzw. Prozess reflektieren, wobei Prozesse ohnehin selten modelliert werden. Schließlich befassen sich die Ingenieurwissenschaften ausschließlich mit der Entwicklung neuer Technologie, während der Technik-Unterricht auch die Erziehung zu kritischen Bürgern anstrebt (sofern das Ziel der technischen *literacy* ernstgenommen wird). Die Lesart des I als Ingenieurwissenschaften bringt damit echt neue und wertvolle Elemente in den MINT-Kontext ein, welche noch nicht im T enthalten sind.

Eine weitere mögliche Frage: Ist das als Ingenieurwissenschaften gelesene I nicht einfach nur die Anwendung der Naturwissenschaften, also eigentlich gar kein eigenständiger Beitrag? Nein, auch das ist nicht der Fall; die Ingenieurwissenschaften weisen Besonderheiten auf, die sich in den Naturwissenschaften nicht finden lassen. Hier können uns aktuelle Einsichten aus der technischen bzw. ingenieurwissenschaftlichen Philosophie nützlich sein. Zunächst umfasst ingenieurswissenschaftliches Wissen eine normative Dimension, welche in naturwissenschaftlichem Wissen nicht vorkommt. Naturwissenschaftler untersuchen die natürlichen Phänomene ganz ohne normative Beurteilung der Realität. Niemand würde von einer Fehlfunktion bei Elektronen sprechen. Wenn sich ein Teilchen nicht wie ein Elektron verhält, ist es nicht ein Elektron mit Fehlfunktion, sondern ein gänzlich anderes Teilchen. Ingenieure sprechen dagegen sehr wohl von Fehlverhalten bei Geräten; sie haben ein normatives Element in ihrem Wissen über ihre Produkte. Die Geräte sollen einen Zweck erfüllen, und wenn ihr Verhalten diesen Zweck nicht erfüllt, spricht man von einer Fehlfunktion. Das Konzept des Zwecks in den Ingenieurwissenschaften ist schon an sich normativ. Es beschreibt nicht, was ein Gerät tatsächlich tut, sondern was es tun soll. Der Zweck eines Autos ist, etwas oder jemanden von A nach B zu bringen, und es hat diesen Zweck auch dann noch, wenn es zur Reparatur in der Garage steht und gerade nichts und niemanden von A nach B bringen kann. Eine weitere Besonderheit des Ingenieur-Wissens ist, dass es vollständig auf Vereinbarungen basieren kann, während Wissen in den Naturwissenschaften empirisch belegt sein muss. So basiert etwa im Ingenieurwesen die Größe eines M4-Bolzens nicht auf Experimenten; dennoch bildet diese Größe einen Teil dessen, was Ingenieure »wissen«. In den Naturwissenschaften ist dies undenkbar. Die Masse eines Elektrons kann nicht ausschließlich das Ergebnis einer Übereinkunft sein. Sie kann diskutiert werden, aber die Argumente einer solchen Diskussion fußen durchgängig auf empirischen Belegen, und die Übereinkunft basiert schließlich auf dem gewichtigsten dieser Belege. Entsprechend ist ingenieurwissenschaftliches Wissen im Wesen oft eher kon-

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 341 -

textgebunden, im Gegensatz zu naturwissenschaftlichem Wissen, welches höchstmögliche Allgemeingültigkeit anstrebt. Die Newtonschen Gesetze gelten (in den durch Relativitätstheorie und Quantenmechanik gesetzten Grenzen) immer und überall. Ingenieurwissenschaftliches Wissen ist dagegen oft speziell an eine bestimmte Teildisziplin gebunden, etwa die Entwicklung von Flugzeugen. Ingenieure interessieren sich mehr für Gesetze, die spezifisch für Flugzeuge sind, als für solche über »alles, was sich sich bewegt«.

Was könnte der Vorteil sein, wenn man das I im Akronym MINT als »Ingenieurwissenschaften« versteht, was besser zu dem internationalen Term STEM passt? Zuerst könnte es das schwach ausgeprägte Verständnis von Technik-Unterricht verbessern. Viele sehen diesen noch als eine Art handwerkliche Ausbildung, die von den gesellschaftlich anerkannten Fächern wie Naturwissenschaften und Mathematik weit weg ist. Bringt man die Ingenieurwissenschaften ein, kann man dieses Verständnis verändern, denn die Charakteristik von Technik-Unterricht ändert sich, wenn beides - Technik und Ingenieurswissenschaften - in MINT integriert werden. Ingenieurswissenschaften bieten sich dabei auch als natürliche Brücke zwischen dem M, dem N und dem T an. Sie verknüpfen in ihren Modellen Erkenntnisse aus den Naturwissenschaften und diese Modelle sind oft mathematischer Natur. Das Tist da, um die Modelle in reale Objekte oder Prozesse umzusetzen. Ebenso sind die Ingenieurswissenschaften sehr forschungsorientiert, genau wie die Naturwissenschaften und Mathematik, und können deshalb sehr leicht untereinander Anknüpfungspunkte finden. Zusammengenommen würde M-, I-, N- und T-Unterricht dann aufzeigen, wie diese vier Disziplinen in Entwicklung und Durchführung neuer Produkte und Prozesse interagieren. Ein alternativer Name - oder der Name des Faches, in dem MINT gemeinsam unterrichtet wird - könnte F&E (Forschung und Entwicklung, R&D »research and development« im Englischen) sein. Damit gäbe man MINT im Schulcurriculum ein gemeinsames Profil mit klarem Wiedererkennungswert. Das I kann dann auch bei dem Imageproblem von M und N helfen. Das Imageproblem besteht nicht im Mangel an Prestige, wie es im Fall von T vorliegt, sondern besteht in der Beliebtheit innerhalb der Schülerschaft – genau genommen im Mangel an derselben. M und N werden als sehr abstrakt und ohne Bezug zum realen Leben angesehen. Ein typisches Problem im M und N Unterricht ist die Dichotomie zwischen »Schuldenken« und »Alltagsdenken«. In der Schule nutzen Schüler abstrakte Konzepte, um theoretische Probleme zu lösen. Da sie oft nicht die Beziehung zu alltäglichen Phänomenen sehen, fallen sie auf intuitives Verständnis zurück, sobald sie die Schule verlassen haben und sich im Alltag bewegen. So berücksichtigen sie im Unterricht die Aussage des Newtonschen Trägheitsgesetzes, nach dem sich ein Objekt gradlinig gleichförmig weiter bewegt, wenn die Summe aller Kräfte null ist. Im Alltag kehren sie jedoch zu der Vorstellung zurück, dass ein Objekt stehen bleibt, wenn keine Kraft ausgeübt wird. Das I in MINT kann der Ort sein, an dem M und N mit dem Alltagsleben verbunden werden. Dies macht auch M und N attraktiver für Schüler. Mit einem F&E-Profil erhalten Schüler einen hoch spannenden Eindruck von der Entwicklung neuer Produkte und Prozesse in der Industrie. Das könnte Entscheidungen für eine Karriere in den Natur- und Ingenieurswissenschaften sowie in der Mathematik fördern.

Diese Versprechen erfüllen sich nicht automatisch, sobald M, I, N und T in einem integrierten Fach - oder zumindest in eng miteinander abgestimmten Einzelfächern - unterrichtet werden. Es ist in keiner Weise selbsterklärend, wie diese Abstimmung in der Praxis ausgestaltet werden kann. Es existieren oft Projekte, in denen sich alle vier einbringen, aber bei denen sie nicht auf eine natürliche Weise miteinander verbunden sind. Zum Beispiel führen Schüler im Verlauf eines Entwicklungsprojekts ein Experiment zu einem naturwissenschaftlichen Phänomen durch, das mit dem zu entwickelnden Objekt zu tun hat. Aber wenn das Resultat dieses Experiments lediglich eine nette Tabelle oder ein Graph ist, das keine Auswirkungen auf die Entwicklung selbst hat, schlussfolgern Schüler schnell, dass dieses Experiment ein Umweg war, der nicht aus Notwendigkeit genommen wurde, sondern nur weil der Lehrer diesen vorgab. In diesem Sinn ist das Image von praktischer Unbrauchbarkeit der Naturwissenschaft eher bestätigt statt falsifiziert und der Einsatz von MINT ist diesbezüglich eher kontraproduktiv. Was wäre denn eine bessere Alternative? Wie können Projekte ausgestaltet werden, die wirklich eine natürliche Verbindung der verschiedenen Teildisziplinen mit sich bringen?

Auch hier kann das I eine Schlüsselrolle übernehmen. Wenn wir uns anschauen, wie sich die Ingenieurwissenschaften in der Vergangenheit entwickelt haben, ist es eben oft nicht so, dass zuerst naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen wurden und dieses Wissen anschließend »angewendet« wurde, um Produkte und Prozesse zu entwickeln. Was oft geschieht ist, dass Ingenieure einen Prototyp konstruieren, der auf Intuition und vermutlich einigen vorhandenen naturwissenschaftlichen Einblicken basiert, und dann durch systematische Variation der physikalischen Eigenschaften des Prototyps dessen Funktionsweise herausarbeiten. Flugzeugingenieure bilden beispielsweise prototypische Flugzeuge und verändern systematisch Spannweite, Massenschwerpunkt, Tragflächenprofile und andere physikalischen Eigenschaften, um im Windkanal die Folgen dieser Veränderungen zu untersuchen. Damit werden zwei Ergebnisse erzielt: Der Prototyp kann verbessert werden und es kann Wissen über die Beziehung zwischen physikalischen Eigenschaften des Produkts und seiner Funktionsweise erworben werden. Langfristig führt so ein »lokales« (kontextgebundenes) Wissen zu generischeren Einblicken. Die Aerodynamik hat sich größtenteils aus vielen praktisch gewonnenen Erkenntnissen bei dem Entwurf verschiedener Flugzeugtypen entwickelt.

Kann diese ingenieurwissenschaftliche Praxis in Unterrichtsgestaltung ȟbersetzt« werden? Ja, und das oben genannte Beispiel kann dies illustrieren. Papierflugzeuge und Papierhelikopter sind potenziell mächtige Mittel, um Forschung und Entwicklung zu kombinieren. Papierflugzeuge sind leicht herzustellen und können schnell verändert werden. Das Flugverhalten zu testen ist ein wenig knifflig (man muss das Flugzeug ziemlich gleichmäßig werfen, um Änderungen der Flugeigenschaften unabhängig vom Werfen festzustellen), aber mit etwas Übung machbar. Die Spannweite kann durch Papierfalten variiert werden. Der

- 342 - MNU Journal - Ausgabe 5.2017

## Zur Diskussion gestellt

Massenschwerpunkt kann durch Anbringen einer Büroklammer und Verschiebung derselben nach vorne und hinten manipuliert werden. Auf diese Weise können Schüler untersuchen, welche Variable einen Einfluss auf die Dauer und die Reichweite des Fluges hat. Papierhelikopter sind vermutlich noch einfacher und mindestens genauso reich an Erkundungsmöglichkeiten. Was bringt den Papierhelikopter zur Rotation? Was definiert seine Rotationsgeschwindigkeit? Was seine Flugzeit? Wie kann die Flugzeit verlängert oder die Rotationsgeschwindigkeit erhöht werden? Es ist sehr einfach, so viele neue Papierhelikopter zu schneiden und zu falten, wie für einen ersten Eindruck von den Antworten auf diese Fragen benötigt werden. So simpel wie es ist, liefert es doch ein realistisches Abbild von der Art und Weise, wie Ingenieure arbeiten. Auch entsteht bei den Schülern Begeisterung. Was als eine Beschäftigung von gelangweilten Schülern zum Lehrerstreich angesehen wurde, wird auf einmal zu einer Aktivierung, für die Schüler nicht nur mit Spaß, sondern auch mit Lerneffekten belohnt werden: MINT Bildung im »Höhenflug«!

Zum Fazit: Wenn das I in MINT mit »Ingenieurswissenschaften« interpretiert wird, eröffnen sich neue Möglichkeiten, M-, N- und T-Bildung praktischer (vor allem das M und das N), relevanter (insbesondere das T) und begeisternder zu gestalten. MINT kann ein wirksames Werkzeug sein, Schüler anzuregen, einen Beruf im Bereich der Naturwissenschaften, der Ingenieurswissenschaften und/oder der Mathematik in Betracht zu ziehen. Das Beispiel der Papierflugzeuge und -helikopter war gelungen, aber die Herausforderung bleibt, mehr solcher Projektideen zu finden. In vielen Gebieten ist die Naturwissenschaft hinter aktuellen Technologien zu komplex für die Primar- oder sogar die

Sekundarbildung. Es erfordert die Kreativität von MINT-Lehrkräften, weitere Projektideen zu entwickeln, die eine Vielzahl an naturwissenschaftlichen Phänomenen und technischen Anwendungen einbeziehen. Aus der Genderperspektive sind besonders Anwendungen der Medizintechnologie interessant. Hilfen oder Apparaturen zum Sehen oder Hören, zur Herzschlagsmessung bzw. zur Erfassung anderer Messgrößen des menschlichen Körpers könnten eine Rolle spielen. Ein weiteres reiches Feld an technologischen Problemen liegt in der Verpackung, da diese zu vielen praktischen Fragestellungen führt: Wo ist der Beginn einer Klebebandrolle, wo der Beginn einer Toilettenpapierrolle? Wie öffnet man eine Sichtverpackung, ohne den Inhalt zu beschädigen oder das mitverpackte Benutzerhandbuch zu zerstören? All diese Alltagsfragen können Herausforderungen in einem MINT-Projekt werden, solange natürliche Verbindungen zwischen den wissenschaftlichen Phänomenen gefunden werden. Der Weg, dass eine solche MINT Bildung allseits akzeptierte Disziplin des Schulcurriculums wird, ist noch weit, aber es ist den Versuch und die Unternehmung wert. Unsere Schüler verdienen es und unsere Gesellschaft braucht es.

Der Beitrag wurde aus dem Englischen vom Lehr- und Forschungsgebiet der Didaktik der Mathematik der RWTH Aachen übersetzt.

Dr. MARC J. DE VRIES, ist Professor für Naturwissenschaftsdidaktik (science education) an der Technischen Universität Delft, Niederlande, sowie Professor der Philosophie und Pädagogik und Didaktik der Technik am KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Schweden, m.j.devries@tudelft.nl

### Didaktischer Prüfstand

#### Wechselwirkungen zwischen Teilchen

CARSTEN TITTEL - MATTHIAS KREMER



Was hält Teilchen zusammen: Bindungen, Kräfte oder Wechselwirkungen? Wie differenziert sollen wir diese Phänomene im Unterricht betrachten und wie können wir dabei die Zahl der zu lernenden Begriffe möglichst gering halten, dabei aber fachlich korrekt arbeiten? Ist zu unterscheiden zwischen Phänomenen innerhalb von Teilchen und solchen zwischen verschiedenen Teilchen? Weil Lernende bei diesem Thema immer wieder stutzig werden, gehört es auf den Prüfstand. Diskutieren Sie mit über die vorgelegten Vorschläge zum Sprachgebrauch!

## 1 Sprech- und Darstellungsweisen auf dem Prüfstand

Sowohl in der (Schulbuch)-Literatur als auch im alltäglichen Sprachgebrauch unter Chemikern findet man für dasselbe Phänomen die Bezeichnungen »Zwischenmolekulare Kräfte«, »Zwischenmolekulare Wechselwirkungen« oder »Zwischenmolekulare

Bindungen«, teilweise sogar innerhalb eines Werkes relativ undifferenziert nebeneinander. Es scheint also keine Unterschiede zwischen Kraft, Wechselwirkung und Bindung zu geben.

In den meisten Fällen werden diese zwischenmolekularen »Phänomene« dann unterteilt in van-der-Waals-..., Dipol- bzw. Dipol-Dipol-... und Wasserstoffbrücken(bindungen). Andere Lehrbücher verwenden die Bezeichnung van-der-Waals-Kräfte

als Überbegriff und differenzieren diese in Dispersions- und Dipol-Dipol-Kräfte.

#### 2 Verwirrungspotenzial obiger Sprech- und Darstellungsweisen

A) Es wird kaum unterschieden zwischen den (unterschiedlich starken) elektrostatischen Anziehungskräften als Ursache und den sich daraus ergebenden Wechselwirkungen als Folge. Auch eine Abgrenzung zur »echten« chemischen Bindung findet häufig nicht statt.

B) Der Begriff » zwischenmolekular« ist gleich in mehrfacher Weise irreführend. Insbesondere bei Makromolekülen treten gleichartige Wechselwirkungen (zur Vereinfachung verwenden wir ab hier nur noch die Bezeichnung »Wechselwirkung«, wenn keine Differenzierung notwendig ist) innerhalb eines einzigen Moleküls zwischen unterschiedlichen Molekülteilen auf und eben nicht nur zwischen benachbarten Molekülen. Auch benachbarte Atome untereinander (wie z. B. Edelgasatome) einerseits und Atome mit Molekülen andererseits, können in vergleichbarer Weise wechselwirken. Nicht zuletzt handelt es sich bei der Solvatation von Ionen durch Moleküle ebenfalls um eine verwandte Form der Wechselwirkung.

C) Die Bezeichnung »Dipol-Dipol-Wechselwirkung« für lediglich eine spezielle Untergruppe führt bei Lernenden häufig zu Unverständnis. Es erscheint ihnen nicht logisch, genau diese spezielle Form als Dipol-Dipol-Wechselwirkung zu bezeichnen, wo doch die beiden anderen Untergruppen bei genauer Betrachtung ebenso Dipol-Dipol-Wechselwirkungen sind. Dass der tatsächlich einzige Unterschied – nämlich ob die Dipole nun temporär, permanent oder aber mit besonders starker Ausprägung ausgebildet sind – in der Bezeichnung nicht nur nicht klar wird, sondern die Benennung gar Fehlvorstellungen unterstützend wirkt, bemängeln diese Lerner zurecht.

Zudem ist die Unterscheidung in van-der-Waals-WW und Dipol-Dipol-WW fachlich nicht korrekt. Bereits vor über 20 Jahren legte die IUPAC den Begriff van-der-Waals-forces als Überbegriff fest. Die Bezeichnung »van-der-Waals-Kräfte im engeren Sinn« als synonym für London-Kräfte sollte daher aus unserer Sicht wegen naheliegender Verwechslungsmöglichkeiten mit dem Überbegriff vermieden werden. Sicher stellt dies für Lernende in der Schule zunächst kein Problem dar. Aber spätestens beim Wechsel an eine korrekt benennende Hochschule muss derselbe Begriff mit neuem Inhalt im selben Kontext verknüpft werden und Lehramtsstudierende müssen mit Beginn des Vorbereitungsdienstes erneut umlernen. Dass dies zu Unklarheiten führen kann, liegt auf der Hand.

D) Die sehr bildhafte Bezeichnung Wasserstoffbrückenbindung generiert bei Lernenden teilweise die fehlerhafte Vorstellung, elementarer Wasserstoff könnte hier eine Brückenfunktion einnehmen. Außerdem wird durch die sprachlich nicht saubere Trennung zwischen einem Phänomen innerhalb eines Moleküls und einem Phänomen zwischen Molekülen die Vorstellung vom Sieden molekularer Substanzen erschwert. Die nicht tragfähige

Schülervorstellung, dass hierbei Bindungen gespalten würden, stabilisiert sich noch durch diese Bezeichnung, da dann beim Sieden von z. B. Wasser ja tatsächlich Wasserstoffbrückenbindungen gespalten würden, also eben doch »Bindungen«.

## 3 Vorschläge zur Minimierung von Verwirrung und Verständnisschwierigkeiten

Eine vergleichende Übersicht zu den folgenden Ausführungen bildet die beigefügte Abbildung.

Zu A) Die konsequente Verwendung des Begriffs »Wechselwirkung« für die zu betrachtenden Phänomene könnte hier hilfreich sein. Dadurch wird es in diesem Zusammenhang nicht nötig, sich tiefergehend mit dem physikalischen Kraft-Begriff und den damit verbundenen Schwierigkeiten auseinander zu setzen. Die Möglichkeit, elektrostatische Anziehungskräfte ganz allgemein als Ursache der Wechselwirkungen anzusprechen, bleibt davon unberührt. Auch kann von elektrostatischen Anziehungskräften als Ursache der echten chemischen Bindung gesprochen werden, ohne in der Stärke differenzieren zu müssen. Es muss nur auf andere Weise, didaktisch reduziert, sauber zwischen Wechselwirkung und chemischer Bindung unterschieden werden. Als Unterscheidungsmerkmal schlagen wir vor, den Einfluss auf die stofflichen Eigenschaften zur Hilfe zu nehmen. Wechselwirkungen verursachen auf Teilchenebene in erster Linie die physikalischen Eigenschaften der betrachteten Stoffe, wohingegen (echte chemische) Bindungen in erster Linie für die chemischen Eigenschaften der Stoffe verantwortlich sind. Hier könnte eventuell eingewendet werden, Ursache für die Zersetzung von Makromolekülen beim Erwärmen und damit für chemische Reaktionen seien ihre starken Wechselwirkungen und nicht ihre chemischen Bindungen. Dies ist allerdings nur bei oberflächlicher Betrachtung stimmig: Wechselwirkungen und Bindungen stehen hier in Konkurrenz. Ursache für die chemische Reaktion der Zersetzung ist die im Vergleich zur Wechselwirkung

Somit wird eine für die Lernenden nachvollziehbare, einfache Begriffsabgrenzung erreicht, die die verbreiteten, einerseits synonymen, andererseits aber auch homonymen Verwendungen der Begriffe Kraft, Wechselwirkung und Bindung vermeidet: »Kräfte« sind jeweils die Ursache der Phänomene »Wechselwirkung« und »Bindung« auf Teilchenebene, die für jeweils unterschiedliche Eigenschaften auf stofflicher Ebene verantwortlich sind.

schwache Bindung, die damit wiederum für die chemischen

Eigenschaften hauptverantwortlich ist. Die vorgeschlagene Be-

grifflichkeit ist also auch hier in sich stimmig.

Zu B) Durch die unter A) ausgeführte klare Unterscheidung von Kraft, chemischer Bindung und Wechselwirkung wird die vorangestellte problematische Bezeichnung »zwischenmolekular« obsolet. Sie war bisher nötig, um von den innermolekularen Bindungen oder Kräften abzugrenzen. Die Unterscheidung in »Wechselwirkungen zwischen Teilchen« für die in C aufgeführten Phänomene einerseits, und »Bindungen zwischen Teilchen« für Ionen-, Elektronenpaar-, Metall- oder koordinative Bindungen andererseits, ist ausreichend und sogar eindeutiger.

Zu C) Laut IUPAC werden die van-der-Waals-Wechselwirkungen wissenschaftlich korrekt unterteilt in London-Kräfte, Keesom-Wechselwirkungen und Debey-Wechselwirkungen. Daneben stehen als Spezialfall die Wasserstoffbrückenbindungen. Basis für diese Unterscheidung bilden in erster Linie die unterschiedlichen Ursachen und damit letztlich die Stärken der elektrostatischen Wechselwirkungen. London-Kräfte sind einfach gesprochen (für eine genaue mathematisch-wissenschaftliche Abgrenzung sei auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen) Dispersionskräfte, die durch temporäre Ladungsverschiebungen in einem polarisierbaren Teilchen zustande kommen und über Induktion auf Nachbarteilchen wirken. Debey-Wechselwirkungen sind dagegen Induktionswechselwirkungen zwischen einem permanenten Dipol und einem polarisierbaren Nachbarteilchen, wohingegen man die elektrostatischen Wechselwirkungen zwischen zwei Dipolteilchen als Keesom-Wechselwirkung bezeichnet. Wasserstoffbrücken sind 3-Zentren-4-Elektronennebenvalenzbindungen.

Was hilft das nun im schulischen Kontext? Das Vokabellernen von Forschernamen zur Benennung scheint wenig zielführend, auch die sehr detaillierte Unterscheidung über die Form der Wechselwirkung ist für die Schule zu komplex. Was allerdings sinnvoll erscheint, ist die darauf didaktisch reduziert zurückgreifende reine Klassifikation über die Ursache der Wechselwirkung, wie sie bereits im Bildungsplan für Baden-Württemberg vollzogen wird. Man unterteilt die van-der-Waals-Wechselwirkungen lediglich in Wechselwirkungen zwischen temporären (induzierten) Dipolen und Wechselwirkungen zwischen permanenten Dipolen. Die Lernenden müssen keine zusätzlichen Begrifflichkeiten lernen, sondern benennen rein nach den

Ursachen, die zu identifizieren sie sowieso erlernen müssen. Die Schwäche der herkömmlichen schulischen Bezeichnung, inkonsequent einen Fall über die zu unspezifizierte Ursache zu benennen, den anderen dagegen mit einem abstrakten Namen, wird somit konsequent umgangen. Der Fall einer Wechselwirkung zwischen temporärem und permanentem Dipol muss nicht extra klassifiziert werden, da er sich jedem Lernenden automatisch erschließt und von ihm auch in seiner Stärke eingeordnet werden kann. Letztlich könnte eventuell sogar der Überbegriff der van-der-Waals-Wechselwirkung noch eingespart werden. Daneben stehen als Sonderfall weiterhin die Wasserstoffbrücken. Von der Bezeichnung als Wasserstoffbrückenbindung sollte allerdings Abstand genommen werden, da sie der oben vorgeschlagenen klaren Abgrenzung von Wechselwirkung und Bindung widerspricht. Der Sonderfall am Übergang zwischen Wechselwirkung und Bindung kann dadurch betont werden, dass eben auch gerade nicht von einer Wasserstoffbrückenwechselwirkung, sondern lediglich einer Wasserstoffbrücke gesprochen wird.

Die Solvatation, die natürlich einem anderen Sinnzusammenhang entspringt und deshalb auch von der IUPAC klar von den oben angeführten Wechselwirkungen abgegrenzt wird, kann von Lernenden auf Grund dieses theoretischen Fundaments im Themenfeld »Wechselwirkungen zwischen Teilchen« leicht verstanden und als Wechselwirkung zwischen einem Ion (als Monopol) und einem Dipol eingeordnet werden.

Zu D) Bezeichnet man im schulischen Kontext die Wasserstoff brücken(bindungen) im geschriebenen und gesprochenen Wort konsequent nur als H-Brücken, kann diesen Fehlvorstellungen

ypische Unterteilung im schulisch		Dipol-Dipol-WW	Wasserstoffbrücke	Solvatation
van-der-Waals-WW		Біроі-Біроі- ۷۷ VV	wasserstombrucke	Solvatation
senschaftliche Unter	teilung			
Van-der-Waals-Kräfte			Wasserstoffbrückenbindung	Solvatation
London-Kräfte	Debye	Y-WW Keesom-WW	Wasserstoffbrückenbindung	Solvatation
Dispersions-WW Induktion		ns-WW ElektrostatWW	Nebenvalenzbindung	Solvatation
ispersions www				
schlag		Wechselwirkungen zwischen permanenten Dipolen	Spezialfall H-Brücke	Solvatation
schlag Vechselwirkungen zw temporären Dipok	en	Wechselwirkungen zwischen permanenten Dipolen echselwirkungen	Spezialfall H-Brücke	Solvatation
schlag Vechselwirkungen zw temporären Dipok	en	permanenten Dipolen	Spezialfall H-Brücke	Solvatation
rschlag Wechselwirkungen zw temporären Dipok	en	permanenten Dipolen	Spezialfall H-Brücke	Solvatation

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 345 -

### Diskussion und Kritik

entgegengewirkt werden. Im Wort – wie in der chemischen Formel – wird die Funktion des gebundenen Wasserstoffatoms als wechselwirkendes Brückenteilchen deutlich.

#### 4 Abwägung

Der Vorschlag versucht durch eine klare, für Lernende nachvollziehbare und damit begreifbare begriffliche Abgrenzung Verwirrungspotential zu vermeiden. Dies erreicht er zudem sogar durch eine Reduzierung der zu erlernenden Fachbegriffe bei höherer Orientierung an fachwissenschaftlich korrekter Darstellung.

Aus wissenschaftshistorischer Sicht wäre es überlegenswert, ob der Name van-der-Waals aus dem schulischen Kontext komplett verschwinden sollte. Eine Variante wäre beispielsweise von permanenten und temporären Van-der-Waals-Wechselwirkungen statt von Wechselwirkungen zwischen permanenten oder temporären Dipolen zu sprechen. Dabei müsste man sich aber die Frage stellen, ob denn tatsächlich die Wechselwirkungen temporär bzw. permanent sind.

#### 5 Impulse zum Weiterdenken

 Was ist eigentlich polar: die Bindung, der Stoff, das Teilchen oder alles?  Bilden sich beim Lösen von Kohlenstoffdioxid oder Ether in Wasser H-Brücken?

Nehmen Sie Stellung zu diesem Vorschlag, berichten Sie von Reaktionen Ihrer Schüler, beteiligen Sie sich am didaktischen Prüfstand: Schreiben Sie uns Ihre Kommentare und Anregungen.

#### Literatur

IUPAC Compendium of Chemical Terminology (the »Gold Book«), doi:10.1351/goldbook.V06597 (18.11.2016)

Pure and Applied Chemistry, 1994, 66, 1077

Römpp-online, https://römpp.thieme.de/roempp4.0/do/data/RD-26-00744 (18.11.2016)

Bildungsplan Baden-Württemberg, http://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/Startseite/ BP2016BW\_ALLG/BP2016BW\_ALLG\_GYM\_CH\_IK\_8-9-10\_01\_03 (18.11.2016)

Zusammengestellt auf Grundlage der Ergebnisse einer Arbeitsgruppe »Didaktischer Prüfstand« bei der MNU-Chemie-Bundesfachleitertagung 2016 von CARSTEN TITTEL und MATTHIAS KREMER

MARTIN MATTHEIS

## Zu: Ein Brandbrief kommt selten allein

(HANS-JÜRGEN ELSCHENBROICH in MNU 70/3 (2017), 207–209

## Mathematikunterricht und Kompetenzorientierung

JÜRGEN ELSCHENBROICH kommentierte im MNU-Journal 3.2017 den offenen Brief von 130 Erstunterzeichnern vom 17. März 2017 zu »Mathematikunterricht und Kompetenzorientierung«. Die Unterzeichner freuen sich über jeden sachlichen Beitrag zu der durch den offenen Brief angestoßenen und längst überfälligen Debatte über immer stärker lesekompetenzorientierte Abiturprüfungen in Mathematik und mangelnde mathematische Kenntnisse der Abiturientinnen und Abiturienten.

In seinem Diskussionsbeitrag bestätigt JÜRGEN ELSCHENBROICH zwar die nicht zu leugnende Tatsache, dass die mathematischen Fachkenntnisse und Fähigkeiten der Studienanfänger immer schlechter werden, verneint aber den aus Sicht der Unterzeichner des offenen Briefes offensichtlichen Zusammenhang zur aktuellen Kompetenzorientierung (bei der die Schülerinnen und Schüler zwar allgemeine Kompetenzen aber kaum konkreten fachliche Fertigkeiten erwerben).

Da bereits unzählige Beiträge über durch die real existierenden Form der Kompetenzorientierung verursachte Probleme vorliegen (von denen einige in den Literaturangaben des offenen Briefes aufgelistet wurden), möchte ich diese hier nicht erneut aufzeigen, sondern nur das Hauptargument in diesem Beitrag widerlegen, mit dem die Ablehnung unseres offenen Briefes untermauert wird: Die angeblich »fehlende Sachkenntnis über Mittelstufen-Niveau« der Erstunterzeichner des offenen Briefes.

Leider hat JÜRGEN ELSCHENBROICH beim Lesen des offenen Briefes übersehen, dass sich unter den 130 Erstunterzeichnern nicht nur »Hochschul- und Fachhochschul-Professorinnen und Professoren« befinden, sondern eben auch 30 Lehrkräfte – die täglich und langfristig mit echten Schüler/innen arbeiten, um deren mathematische Kenntnisse nachhaltig zu erweitern.

Den Erwiderungsbrief haben hingegen ausschließlich Didaktik-Professor/innen unterzeichnet, deren Kontakte zu Schüler/innen sicher weniger intensiv sein dürfte.

Der Autor dieser Zeilen ist Lehrer an einem rheinland-pfälzischen Gymnasium und gehört zu den 130 Erstunterzeichnern des kritisierten offenen Briefes. Auf den von JÜRGEN ELSCHENBROICH angekündigten Artikel »was Schüler heute mehr und anders können als vor 30–40 Jahren« bin ich neugierig. Vor allem in Hinblick auf die angeblich mehr gewordenen mathematischen Kenntnisse und Fähigkeiten,

die den Schülerinnen und Schülern dabei helfen ein MINT-Studium erfolgreich zu absolvieren bin ich sehr gespannt.

Als Lehrer aus Begeisterung tun mir vor allem die Schüler/innen leid: Sie erfüllen alle in der Schule an Sie gestellten Anforderungen, erwerben eine Studierberechtigung sind dann aber in großen Teilen immer noch nicht studierfähig. Schuld daran sind aber eben nicht die Schüler/innen, sondern die zunehmende »Entrümpelung« und Entfachlichung der Lehrpläne und des Unterrichts.

Dem am Schluss des Beitrages formulierten Appell »Wir sollten mit MNU, GDM und DMV gemeinsam überlegen, wie wir die Qualität der Mathematik-Ausbildung an Schule und Hochschule verbessern können!« möchte ich deshalb voll und ganz unterstützen, jedoch um den Satz ergänzen: Dabei sollten wir unbedingt darauf achten, dass neben Hochschullehrenden und Verbandsfunktionären vor allem auf die Stimmen der aktiven Lehrkräfte gehört wird, die für die mathematische Bildung der ihnen anvertrauten Schüler/innen maßgeblich sind.

#### Literatur

http://www.tagesspiegel.de/downloads/ 19549926/2/offener-brief.pdf

HANS-JÜRGEN ELSCHENBROICH

#### Stellungnahme zum Brief von Herrn MATTHEIS

MARTIN MATTHEIS formuliert bzgl. mangelnder Mathematikkenntnisse von Studienanfängern einen »offensichtlichen Zusammenhang zur aktuellen Kompetenzorientierung (bei der die Schülerinnen und Schüler zwar allgemeine Kompetenzen, aber kaum konkrete fachliche Fertigkeiten erwerben)«. Dass dies nicht gar so offensichtlich sein kann, sieht man einerseits an der prompten Reaktion von Mathematikdidaktik-Professor/inn/ en, die eben dieses als falsch zurückwiesen. Ich hatte aus Sicht der Schule ergänzt, dass es bei etlichen der Beispiel-Aufgaben nicht um ein Mittelstufen-Niveau geht, wie in dem Brandbrief behauptet wurde. Das kann man einfach durch die Lektüre der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss und der Sek.-I-Lehrpläne verifizieren.

Ein Gespenst geht um in Europa - die Kompetenzorientierung! Was hat es denn mit dieser schrecklichen Kompetenzorientierung auf sich? Die Schüler erwerben laut Herrn MATTHEIS »zwar allgemeine Kompetenzen, aber kaum konkrete fachliche Fertigkeiten«. Zum einen könnte man einwenden, dass es die Klagen über mangelnde bzw. abnehmende mathematische Fähigkeiten von Studienanfängern auch schon vor der Erfindung der Kompetenzorientierung gegeben hat, das also nicht so monokausal sein kann. Zum anderen möchte ich nochmals konkret auflisten, um welche allgemeine Kompetenzen es denn in den Bildungsstandards der KMK im Fach Mathematik geht (KMK, 2012, S. 11), nämlich um K1: Mathematisch argumentieren, K2: Probleme mathematisch lösen, K3: Mathematisch modellieren, K4: Mathematische Darstellungen verwenden, K5: Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen und K6: Mathematisch kommunizieren. Wer sollte denn dagegen sein und was sollte durch deren Umsetzung Schlimmes passieren? Ich würde mir eher wünschen, dass diese Kompetenzen in möglichst vielen Unterrichtsstunden und möglichst vielfältig angesprochen werden. Ironie der Geschichte ist - am Rande bemerkt - dass gerade die Mathematik im IQB bei der Entwicklung der Bildungsstandards seitens der anderen Fächer Deutsch und Englisch massiv in der Kritik stand, weil ihre Kompetenzbereiche zu fachlich und zu wenig allgemein seien.

Eins sei noch angemerkt: In dem Brandbrief werden vor allem Mängel in der Mittelstufen-Mathematik angesprochen. Will man dies abstellen, muss man immer wieder, auch bis zum Abitur, diese Mittelstufen-Themen ansprechen und frisch halten (was ich auch erforderlich finde und z. B. zunehmend in hilfsmittelfreien Teilen von Prüfungen angegangen wird). Herr MATTHEIS spricht die Diskrepanz zwischen Studierberechtigung und Studierfähigkeit an. Zum einen ist zu sagen, dass das alle Fächer betrifft, aber in den anderen Fächern unterschiedliche Reaktionen hervorruft. Zum anderen ist anzumerken, dass der Hochschulzugang in der Vergangenheit deutlich geöffnet wurde, so dass

- vor allem bei Fachhochschulen - ein relevanter Anteil der Studierenden nicht mehr über das Abitur an die Hochschulen kommt bzw. selbiges länger zurückliegt. D. h. selbst bei einer Neuorientierung der Sek II im Gymnasium würde sich an dieser Problematik nichts ändern!

Herr MATTHEIS spricht dann die »die zunehmende >Entrümpelung und Entfachlichung der Lehrpläne und des Unterrichts« an. Da bin ich (mit einer gewissen Vorsicht) durchaus dabei, sehe aber vor allem das Problem in zu wenig Mathematik-Stunden in der Schullaufbahn und in mangelnder Systematik. Dass zum Beispiel in der Sek I keine Kenntnisse vom Logarithmus und Logarithmus-Funktionen sowie der trigonometrischen Funktionen vermittelt werden, ist ein Fehler und gravierender Mangel, der in der Sek II dann zwangsläufig eine Überbetonung von ganzrationalen Funktionen zur Folge hat. Am Ende seines Briefes (und meiner Antwort) sind wir uns dann erfreulicherweise schlussendlich einig: Wir kommen nur mit allen Fachverbänden gemeinsam voran und sollten auch deren Kongresse (DMV und GDM 2018 in Paderborn, MNU 2018 in München) dazu nutzen!

#### Literatur

KMK (2012). Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012). http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\_beschluesse/2012/2012\_10\_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf

ARND JUNGERMANN

#### Zu: Nachdenken über naturwissenschaftlichen Unterricht – eine Zäsur?

(BERND RALLE in MNU 70(3), 2017, 147)

Zur Effektivität des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird auf eine Frage des Dr. JOACHIM LAUB in ChiuZ aus dem Jahr 1984 zurückgegriffen, ob ein Jurist im Berufsleben noch irgendetwas aus sei-

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 347 -

nem Chemieunterricht präsent hat. Ich halte diese Frage für nicht relevant und denke, es wird wohl etwas klarer, wenn man eine zweite Frage dagegenstellt: Weiß ein Dr. rer.nat. nach 20 Jahren im Berufsleben noch etwas aus seinem Lyrik-Deutsch Unterricht über den Unterschied zwischen Hexameter, Jambus oder Daktylus und deren Bedeutungen für die Gedichtinterpretation?

Für die eigentlich relevante Frage halte

ich: Wollen wir einen Schulabschluss,

der die »allgemeine Hochschulreife« be-

inhaltet, oder soll es nur fachgebundene Hochschulreifen geben? Wenn wir uns für die »allgemeine Hochschulreife« entscheiden, dann ist relevant, ob am Ende der Schulzeit das erforderliche Wissen und Können für ein Studium mit freier Wahl eines Faches aus dem Kanon aller Fächer bereitgestellt ist. Nicht relevant erscheint mir, ob 20 Jahre nach Schulabschluss das Schulwissen und -können im nicht-gewählten Berufsfeld noch vorhanden ist. Wenn nach 20 Jahren Berufsleben der Chemiker die Magna Charta und der Jurist die Brönstedt-Theorie nicht mehr so präsent hat wie zum Schulabschluss, wird es die Leistungsfähigkeit im jeweils gewählten Beruf nicht wesentlich beeinträchtigen. Ein Klassenkamerad von mir begann 1962 mit dem Chemiestudium, weil er in der Schule Freude an der Chemie und am Chemiepraktikum gewonnen hatte. Im Studium wechselte er dann dank seiner allgemeinen Hochschulreife in freier Wahl zur Volkswirtschaft über und inzwischen beendete er seine Berufszeit als Professor in diesem Sektor. Für unsere Gesellschaft halte ich die allgemeine Hochschulreife für ein hohes Gut und denke auch, dass es richtig ist, vom gymnasialen Schulunterricht in jedem Fach ein hohes Niveau zu erwarten. Dazu muss man m. E. nicht jedes Fach in der Grundschule beginnen. Auf hohem naturwissenschaftlichem Niveau die Phänomene verstehbar zu machen, das ist - gerade in der Chemie - auch mit Einfachheit zu erreichen, wie Dr. J. LAUB es fordert. Hochschullehrbücher, die bewusst auf Einfachheit ohne Niveauverlust setzen, gibt es seit über zwei Jahrzehnten. Als Pensionär und aus der Rückschau auf mein Berufsleben stelle ich fest, dass ich für weniger methodische Modewellen und mehr Nähe zu den Phänomenen auch in den Schulbüchern dankbar gewesen wäre.

Eine weitere Zuschrift zu dem Thema finden Sie als online-Ergänzung zu diesem Heft.



BERND RALLE

#### Stellungnahme zu ARND JUNGERMANN

ARND JUNGERMANN hat natürlich Recht, dass wir unsere Schüler/innen zur Hochschulreife führen müssen. Allerdings halte ich es für notwendig, dass wir uns beständig Gedanken darüber machen, mit welchen Inhalten wir welche Kompetenzen ansteuern sollten. Und, was noch wichtiger ist, wir müssen mehr Wert darauf legen, ob unsere Schützlinge die Dinge, die wir ihnen vorsetzen, auch wirklich durchdringen und verstehen. Erst dann kann man erwarten, dass sie eine konstruktive und positive Einstellung zur Gedankenwelt der Naturwissenschaft erlangen und sich auch später an diese Wege der Erkenntnisgewinnung erinnern - übrigens in verschiedenen Lebenslagen und Berufswegen und nicht nur in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen und Problemstellungen.

CARSTEN TITTEL - MATTHIAS KREMER

#### »Das chemische Gleichgewicht auf dem didaktischen Prüfstand« – Rückmeldungen

Unser Versuch, mit der Rubrik »Didaktischer Prüfstand« für mehr Klarheit und Verständnis im Unterricht zu sorgen, stieß auf breite Zustimmung. Einige Kollegen beschäftigten sich intensiv mit unseren Überlegungen und reichten ihre Überlegungen und Ausarbeitungen ein. Dem wichtigsten Ziel dieser Rubrik, der Sensibilisierung für bestimmte Formulierungen und dem Austausch darüber mit Kollegen, auch anderer Fächer, sind wir damit ei-

nen Schritt näher gekommen. Damit die Diskussion noch intensiviert wird, werden die Zuschriften zu jedem Beitrag in ihren wesentlichen Aussagen zusammengefasst, da für einen vollständigen Abdruck der Platz im Journal nicht ausreichen würde, und gebündelt in einem der darauffolgenden Hefte veröffentlicht. Gleichzeitig werden die vollständigen Zuschriften auf der MNU-Homepage www.mnu.de veröffentlicht, gegebenenfalls ergänzt durch eine Stellungnahme der Autoren. MNU-Mitglieder sind aufgerufen, sich dann über eine Kommentarfunktion weiter an der Diskussion zu beteiligen. Allen, die auf unseren ersten Beitrag reagiert haben, möchten wir für ihre Mühe und ihren Einsatz bei diesem didaktischen Projekt herzlich danken. Vier Kollegen haben sich besonders ausführlich mit unserem Beitrag beschäftigt:

ULF JANZ bestätigt die Wahrnehmung der angesprochenen Probleme nicht nur bei Schülerinnen und Schülern sondern auch bei Lehramtsanwärtern auf allen Ausbildungsstufen. Er stimmt mit den Autoren überein, dass eine klare Unterscheidung zwischen dem Prozess der Gleichgewichtseinstellung einerseits und dem Gleichgewichtszustand andererseits von zentraler Bedeutung für das Verständnis der Gleichgewichtslehre sei. Dies müsse sowohl in der Symbolik als auch in der Sprache einen adäquaten Niederschlag finden. Ebenso seien graphische Veranschaulichungen unterstützend nötig, es werden aber andere Visualisierungen favorisiert.

Eine sprachliche Unterscheidung wie die vorgeschlagene Neu- bzw. Wiedereinstellung wird für unerheblich erachtet, da jede Störung zu einem neuen Gleichgewicht führe, egal ob sich die Gleichgewichtskonstante *K* ändere oder nicht.

Die Differenzierung von Reaktionsrate

und -geschwindigkeit wird abgelehnt, da eine Verlagerung der Betrachtung auf die Teilchenebene neue Probleme schaffe. KLAUS RÖSCH lobt allgemein den Ansatz der neuen Rubrik des didaktischen Prüfstandes als äußerst gelungen und wichtig. Die konkreten Vorschläge der Autoren schätzt er als sehr verständnisfördernd für Lernende ein, dies bezieht sich in besondere Weise auf die Darstellung mit Hilfe von Kreissegmenten. Alle Impulse zum Weiterdenken, wie z. B. die Darstellung der Auswirkungen einer

### Aktuelles aus dem Förderverein

Druckänderung werden ausführlich mit Hilfe der Kreisdiagramme und zugehörigen mathematischen Berechnungen an konkreten Beispielen erörtert. Eine alternative Darstellungsform über Zylinder wird vorgestellt und mit denselben Beispielen veranschaulicht.

Dr. ARND JUNGERMANN meint, der zentrale Punkt sei nicht getroffen: Obwohl die Entdeckung der Energiequantelung schon 117 Jahre zurückliege, spiele sie im Unterricht nicht die Rolle, die ihr zukomme.

Durch Betrachtung der Energiequantelung eröffne sich der Zugang zu einem thermodynamischen Temperaturverständnis, wodurch wir die kinetische Temperaturdeutung hinter uns lassen könnten, die nicht mit den Phänomenen übereinstimme.

Er empfindet die Kreissegmente, die als Veranschaulichungsmöglichkeit vorgeschlagen wurden, nicht als wirkliche Verständnishilfe und stellt die Frage, was ein Schüler aus einer im Beispiel vorgeschlagenen willkürlichen Wahl der Zusammensetzung des Gleichgewichts lernen könne. Die Bedeutung der grünlichen Fläche im Temperaturfeld des Beispiels mit der Temperaturänderung erschließe sich nicht und sollte besser erläutert werden.

Bei der Behauptung, die Gleichgewichtskonstante ändere sich bei Druckänderungen niemals, die in dem Impuls zum Weiterdenken enthalten ist, meldet Jun-GERMANN Zweifel an.

Interessant in diesem Zusammenhang ist auch zu beobachten, wie sehr das eigene unterrichtliche Vorgehen die fachliche Diskussion beeinflusst. Obwohl im Beitrag des Didaktischen Prüfstands nicht erwähnt, fordert JANZ in jedem Fall eine Betrachtungsweise, die einen Einsatz der Modellvorstellung des »Holzapfelkrieges« uneingeschränkt zulässt, wohingegen JUNGERMANN dies entschieden ablehnt, weil dem Modell die chemische

Komponente – die Stoffumwandlung – gänzlich fehle.

Dr. Holger Fleischer zeigt sich begeistert von der vorgeschlagenen graphischen Veranschaulichung und gibt den Anstoß, dazu eine interaktive Lernumgebung zu programmieren. Er lobt die Präzision der angeregten Unterscheidung zwischen Wieder- und Neueinstellung des Gleichgewichtes und der folgerichtigen Verwendung unterschiedlicher Pfeilarten in den Reaktionsgleichungen. Sehr intensiv setzt er sich mit den Überlegungen zur Reaktionsgeschwindigkeit bzw. -rate auseinander und kommt über die damit implizierte Unterscheidung von Stoff- und Teilchenebene zu der Frage, ob die Reaktionsgeschwindigkeit nicht ausschließlich nur über die Teilchenebene definiert werden könne.

Der weiteren Diskussion und den zukünftigen Themen des didaktischen Prüfstands sehen wir mit Spannung entgegen.

#### Reisestiftung Deutsches Museum München

## für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II

Wie in den Vorjahren vergibt der Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts MNU in Zusammenarbeit mit der Reisestiftung des Deutschen Museums München an Oberstufenschülerinnen und Oberstufenschüler Stipendien zum Besuch des Deutschen Museums in München.

#### Umfang der Stipendien

Die Stipendien umfassen die Unterbringung (Übernachtung/Frühstück) im Kerschensteiner Kolleg des Museums sowie ein von einem Fachlehrer betreutes und vom Fachpersonal des Deutschen Museums gestaltetes Kursprogramm mit Führungen und Vorträgen. Daneben bleibt Zeit für selbstständiges Arbeiten im Museum.

#### Termine

Für das kommende Jahr 2018 sind folgende Termine für fünf Stipendiatenkurse vorgesehen:

KW 4 22.-26. Januar 2018

KW 21 22.-26. Mai 2018 (Di-Sa!)

KW 26 25.-29. Juni 2018

KW 47 19.-23. November 2018

KW 50 10.-14. Dezember 2018

#### Bedingungen

Die Stipendiaten verpflichten sich, im Rahmen ihres Studienaufenthaltes eine Studienarbeit mit den besonderen Mitteln des Museums anzufertigen. Die Arbeit ist spätestens vier Wochen nach Ende des Aufenthaltes per Post beim Kerschensteiner Kolleg einzureichen. Herausragende Arbeiten werden prämiert und gegebenenfalls veröffentlicht.

Das Mindestalter der Teilnehmer beträgt 16 Jahre.

Der Förderverein MNU und das Deutsche Museum vergeben solche Stipendien an Schulen, die ihrerseits pro kostenlosem Stipendium noch *mindestens ein* Stipendium selbst finanzieren bzw. einen Sponsor für ein Stipendium vermitteln. Bei von der Schule selbst oder von Sponsoren finanzierten Stipendien sind 139 EUR an den Förderverein MNU zu zahlen:

Empfänger: Förderverein MNU IBAN: DE91 2005 0550 1090 2134 04

Hamburger Sparkasse BIC: HASPDEHHXXX

Verwendungszweck: »Reisestiftung«

und Name der Schule

Die Reisestipendien sind in besonderer Weise geeignet, mathematisch und naturwissenschaftlich interessierte Schüler/innen zu fördern und zu motivieren. Die Stipendien sollen aber nicht ausschließlich im Nachhinein als Auszeichnung für besondere Leistungen, sondern bereits zu Beginn der Oberstufe als Motivation im Hinblick auf die Fächerwahl an leistungsstarke Schülerinnen und Schüler vergeben werden.

#### Antragstellung

Um eine mittelfristige Gleichbehandlung aller an den Stipendien interessierten Schulen zu gewährleisten, werden wir bei der Vergabe der Plätze nach folgendem Zeitplan vorgehen:

Bis zum 1. November 2017 können Sie Ihre Kandidatinnen und Kandidaten für die Reisestiftung benennen. Bitte benutzen Sie dazu nur das Vorschlagsformular,

## Informationen/Tagungen

das Sie per Mail unter margit.beckerpeters@onlinehome.de anfordern können und das Sie bitte per Mail an dieselbe Adresse zurückschicken!

(Die Reihenfolge der Maileingänge spielt bis zum 1. November 2017 keine Rolle.)

Die Erfahrung der Vorjahre hat gezeigt, dass das Wahlverhalten bzgl. der Kurstermine sehr einseitig ist: Kurse im 2. Halbjahr des jeweils aktuellen Schuljahres (also im Frühjahr/Sommer) werden immer sehr stark angewählt, die Kurse im Herbst/Winter des nächsten Schuljahres verhältnismäßig wenig. Dies führt für alle Beteiligten zu zeit- und nervenraubenden Umwahlen bzw. auch leider zu Absagen, wenn nicht auf einen Alternativtermin ausgewichen werden kann.

Bitte ziehen Sie deshalb auch die Herbst/ Winter-Termine als Alternativen in Betracht (gerne dürfen Sie dennoch eine Präferenz der Frühjahr/Sommer-Termine angeben). Sie erhöhen damit die Teilnahme-Chancen Ihrer Schülerinnen und Schüler.

Ab 1. Dezember 2017 informieren wir Sie, welche der von Ihnen genannten Schülerinnen und Schüler ein Stipendium für 2018 erhalten. Bitte haben Sie Verständnis, dass wir vorher keine Auskünfte erteilen.

Nach dem 1. November 2017 eingehende Vorschläge können nur berücksichtigt werden, sofern noch Plätze frei sind.

Weitere Einzelheiten über Antragstellung und Verfahren können Sie erfragen bei:

MARGIT BECKER-PETERS und UWE PETERS,

e-Mail:

margit.becker-peters@onlinehome.de.

MARGIT BECKER-PETERS - UWE PETERS

#### MNU Landesverband Baden-Württemberg

Einladung zur Mitgliederversammlung am Freitag, dem 20.10.2017 um 16.00 Uhr am Staatlichen Seminar für Didaktik und Lehrerbildug (Gymn.) Stuttgart, Hospitalstraße 22–24 im Raum 403.

**MV Tagesordnung** 

- 1. Eröffnung und Begrüßung
- 2. Feststellung der Tagesordnung
- 3. Bericht Vorsitzender
- Bericht der Geschäftsführung und der Kassenprüfer
- 5. Entlastung Vorstand
- 6. Wahlen
  - Geschäftsführerin
  - Fachvertretung Mathematik
  - · Neue Kassenprüfer
- 7. Veranstaltungen und Ausblick 2018

8. Verschiedenes

IVO HERRMANN

#### Nawi-LoLa - Lernort Labor

Förderung von Mädchen und jungen Frauen in Naturwissenschaft & Technik

SABINE STUHLMANN

Das Projekt »Nawi-LoLa« hat zum Ziel, Mädchen und junge Frauen, auch aus Intensivklassen, in Naturwissenschaft und Technik zu fördern und das Interesse an Nawi zu wecken. In dem Beitrag wird das Projekt beschrieben.

#### 1 Die Grundidee

Die seit 2004 existierende Grundidee dieses Förderprojekts, welches sich in gezielter Form an Mädchen und junge Frauen richtet, ist es, das Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Die ersten Erfahrungen wurden an einer Schule in Wiesbaden gemacht; sie haben haben im Jahre 2008 zu einer weitergehenden Initiierung des Projektes Nawi-LoLa in der jetzigen Form geführt. Derzeit wird das Nawi-LoLa-Projekt u. a.

vom Hessischen Kultusministerium, MNU-LV Hessen (MANFRED ENGEL), dem MNU Bundesverband, dem Verband der Chemischen Industrie, dem Jugendbildungswerk Stadt und Landkreis Kassel sowie der Kinder- und Jugendakademie unterstützt. Das Projekt richtet sich an Schülerinnen der Sekundarstufen I und II von den Klassen 5 bis 13. Die Umsetzung der Idee wird in Form von unterschiedlichen Workshops

verfolgt. Hierbei ist es ein wichtiges Anliegen, die Fähigkeit und die Freude am Experimentieren im Vordergrund stehen zu lassen.
Um ein altersgerechtes Angebot zu generieren, sind verschiedene Workshops

nerieren, sind verschiedene Workshops entwickelt worden. In den zwei- bis dreistündigen Workshops der Jahrgänge 5/6, 7/8, 9/10 und 11 bis 13 wird ein breites, fächerübergreifendes Angebot in den Bereichen Biologie, Chemie, Physik, Technik und Mathematik zusammengestellt, durchgeführt und evaluiert.

Mit dem Projekt wird die Berufsorientierung und Studienwahl von Mädchen und jungen Frauen im Stadt- und Landkreis Kassel unterstützt. Die Nawi-LoLa-Workshops werden aber dank einem mobilen Labor, auch hessenweit und bundesländerübergreifend angeboten. Die Schülerinnen erleben Neugier und Begeisterung und können so über die Tätigkeiten der naturwissenschaftlichen Studiengänge und Ausbildungsberufe, in denen Frauen nach wie vor stark unterrepräsentiert sind, informiert und motiviert werden.

Die Veranstaltungen im Rahmen des Projektes dienen darüber hinaus auch der kritischen Reflexion des eigenen Selbstbildes.

Selbstverständlich werden alle Veranstaltungen vor- und nachbereitet. Die Workshops werden im Anschluss von den Teilnehmerinnen unter verschiedenen Gesichtspunkten bewertet.

Für die Jahrgänge 5/6 sowie für die Flüchtlingsgruppen, wird dies in Form einer Zielscheibe durchgeführt. Ab den Jahrgängen 7 in Form von Fragebögen. Zusätzlich werden am Ende der Veranstaltung Fragebögen der Kinder- und Jugendakademie beantwortet.

#### 2 Workshops

Die Workshops finden in Kooperation mit MNU, der Kinder- und Jugendakademie Kassel und dem Schülerforschungszent-

## Informationen/Tagungen

rum Nordhessen Kassel statt. Auf Wunsch können die Angebote aber auch direkt an den Schulen durchgeführt werden. In den Workshops können Mädchen unter Anleitung in den Bereichen Biologie, Chemie, Physik, Technik und Mathematik experimentieren und später neue Experimente entwickeln und forschend umsetzen.

Jeder der entwickelten Workshops wird fachlich aufbauend angeboten. Alle Teilnehmerinnen erhalten nach Abschluss des Workshops ein Teilnahmezertifikat.

Mit dem Aufkommen der Flüchtlingskinder an unseren Schulen findet seit fast zwei Jahren ein Nawi-LoLa-Workshop für Flüchtlingsmädchen statt. Die Workshops zeichnen sich dadurch aus, dass Stationen bilingual in deutscher und englischer Sprache sowie in den Sprachen Arabisch, Dari, Paschtu und Farsi angeboten und übersetzt werden. Im Dialog werden Experimente gemeinsam geplant und umgesetzt. Die Präsentationen der Ergebnisse erfolgen in englischer und deutscher Sprache. Die Schülerinnen arbeiten sehr gewissenhaft und das »Sprachenwirrwar« bietet viel Zeit für gute Gespräche und Spaß bei der Umsetzung, wenngleich es zu Beginn schwierig war, Mädchen aus unterschiedlichen Nationen, Kulturen, Sprachen und schulischem Vorwissen zu unterrichten.

Eine weitere Herausforderung war und ist es, die Eltern zu begeistern, ihre Mädchen an den Workshops teilnehmen zu lassen. Leider konnten wir nicht alle Eltern davon überzeugen, dass die schulische Ausbildung von Mädchen und jungen Frauen für ihre berufliche Zukunft existentiell wichtig ist.

Jeden Donnerstag findet von 14.00–15.00 Uhr das sogenannte Vokabelvorwissen und Darlegung der Fachsprache für die anstehenden Experimente statt. Zuerst werden im Labor die Sicherheitsrisiken und Regeln gründlich besprochen und in jede Sprache übersetzt.

Danach werden die Fachbegriffe immer mit selbst erstellten Bildkarten erklärt und dargestellt, damit alle Mädchen, unabhängig von der Herkunftssprache zusammen im Labor experimentieren können.

Schön zu sehen ist, dass die Mädchen mit nichtdeutscher Herkunftssprache teilweise sehr viel Vorwissen mitbringen. Dies geht in den Klassen sonst leicht unter und wird im normalen Schulalltag der Intensivklassen im Anfangsunterricht nicht abgerufen.

Die Veranstaltungen im Rahmen des Projektes dienen darüber hinaus dem Erlernen der deutschen Sprache und der kritischen Reflexion des eigenen Selbstbildes. Die Einübung sozialer Kompetenzen, der sogenannten »soft-skills« (Teamfähigkeit, Eigenverantwortung, freie Rede), werden in den Workshops zusätzlich gefördert, da die Schülerinnen ihre Experimente in der Gruppe besprechen, teilweise die Versuche verändern oder ganz im Sinne der Erkenntnisgewinnung neu entwickeln und diese später dem Plenum präsentieren.

Nach Abschluss der Veranstaltung erhalten die Schülerinnen ein Teilnahmezertifikat.

#### 3 Mentorinnen-Ausbildung – auch mit Mädchen mit Zuwanderungsgeschichte

Seit 2012/2013 werden besonders engagierte und begabte Schülerinnen zu Mentorinnen ausgebildet. Wenn die schriftliche und praktische Prüfung erfolgreich bestanden ist, werden diese Schülerinnen als Mentorinnen zertifiziert und unterstützen Sabine Stuhlmann bei Workshops, Fortbildungen für Lehrkräfte sowie bei außerschulischen Lernorten wie zum Beispiel traditionell beim Hessentag, der MINT- und Technik Messe in Witzenhausen, JuLe-Tagungen, MNU -Lehrerfortbildungen, Veranstaltungen des hessischen Wirtschaftsministerium u. ä.

Von März – Mai d. J. fand die Ausbildung zur Mentorin zusätzlich mit Mädchen aus unterschiedlichen Herkunftsländern statt. Im Mai absolvierten sie die schriftliche und praktische Prüfung genauso erfolgreich, wie die deutschsprachigen Prüflinge.

Mittlerweile unterstützen die neuen Mentorinnen die Kurse genauso wie die langjährigen Mentorinnen im Labor des Schülerforschungszentrums Nordhessens.

Im Juni wurden biologische Wasseruntersuchungen im Freilandlabor der Uni-

versität Kassel, Naturschutzgebiet Dönche, durchgeführt. Aufgrund der großen Nachfrage von anderen Flüchtlingsunterkünften und Schulen haben sich bereits neue Kooperationen angebahnt. Unter anderem wurde mit der Gemeinde Lohfelden und der Jugendbildungsreferentin der Besuch von Flüchtlingsmädchen organisiert. Zusätzlich wird es erstmals in den Sommerferien eine Nawi-LoLa-Ferienakademie (talentCAMpus) für Mädchen mit Zuwanderungsgeschichte angeboten.

Nähere Informationen unter http://www.sabine-stuhlmann.de

#### 4 Abschlussbemerkung

Eine kompetenzorientierte Anlage der Workshops soll es den Teilnehmerinnen ermöglichen, einen breiten Erfahrungsschatz mitzunehmen und diesen im Unterricht in der Schule einzusetzen und anzuwenden.

Alle Workshops sind nicht bezogen auf eine Naturwissenschaft angelegt, sie stellen vielmehr durch die Verknüpfung verschiedener Aspekte die Wechselwirkungen und Beziehungen zwischen allen Naturwissenschaften und dem Bereich der Technik her.

Diese fächerübergreifende Konzeption soll den Teilnehmerinnen verdeutlichen, dass Zusammenhänge zwischen den vier Bereichen (Biologie, Physik, Chemie und Technik) bestehen und unterschiedliche Aspekte auch aus dem Blickwinkel verschiedener Herangehensweisen untersucht werden können oder sogar müssen.

Anfragen und Anmeldungen können direkt an sabine.stuhlmann@mnu.de gesendet werden.

#### Hinweis:

MNU-Fortbildungsveranstaltung, Dienstag den 26.09.2017 an der Johann-Amos-Comenius-Schule in Kassel.

Thema: Mathematisches und naturwissenschaftliches Arbeiten mit Schüler/innen und Schülern nicht deutscher Herkunftssprache im sprachsensiblen Übergang in Regelklassen.

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 351 -

## Informationen/Tagungen

SABINE STUHLMANN ist Direktorin an der Johann-Amos-Comenius-Schule (IGS), Kassel und Initiatorin und Leiterin des Projektes »Nawi-LoLa«, Lernort Labor für Mädchen und junge Frauen. 2013 erhielt sie den Robert-Boyle-Preis HuB-MINT-Botschafterin.

#### Die Gewinner des 23. Bundesweiten Physikwettbewerbs

Drei Runden mussten die Sieger des MNU Physikwettbewerbs erfolgreich bestehen. Aus über 500 Teilnehmenden der ersten Aufgabenrunde qualifizierten sich zunächst 150 für die zweite Runde, aus der die 30 Besten schließlich zur Bundesrunde vom 27.05.-31.05.2017 nach Freising bei München eingeladen wurden. Hier galt es, sich unterschiedlichen experimentellen und theoretischen Herausforderungen zu stellen. Wie groß ist die nutzbare Energie eines Elektrolytkondensators? Aus welchem Material sollte das Trinkgefäß in einer Cafeteria bestehen? Wie bekommt man am schnellsten eine Flüssigkeit von einer in eine andere Flasche? Dies waren die Fragen, die von den Teilnehmenden in Dreiergruppen experimentell untersucht werden mussten.

In der Theorieklausur war die Konstruktion eines durch eine dicke Linse abgebildeten Gegenstandes gefordert, anhand des Beispiels eines zu öffnenden Einweckglases sollte die Kraft auf den Deckel abgeschätzt werden. Die Erde als Abend- bzw. Morgenstern von der Marsoberfläche aus gesehen war Gegenstand einer dritten Aufgabe aus dem Bereich der Astronomie.

Zum Programm der fünftägigen Bundesrunde gehört auch immer ein Besuch in einem Labor einer Universität oder Forschungseinrichtung, in diesem Jahr war es das Schülerlabor PhotonLab am MPQ in Garching. Hier hatten die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit, mit einem Interferometer zu experimentieren, über eine Spektralanalyse die Zusammensetzung von Ölen zu untersuchen, den Zuckergehalt von Cola zu bestimmen oder eine Lasergestützte Abstandsmessung durchzuführen, professionell unterstützt

von Frau Stähler-Schöpf, der Leiterin des Schülerlabors.

Aber auch ein abwechslungsreiches Besuchsprogramm war geboten: eine Munich-Airport-Tour, eine Betriebsbesichtigung bei Texas Instruments und eine Führung im Leibniz Rechenzentrum. Aufgrund der hochsommerlichen Temperaturen wurde das Besichtigungsprogramm in München gekürzt, Eis und ein schattiges Plätzchen im Jugendhaus im ländlichen Thalhausen fanden wesentlich größeren Anklang unter allen Teilnehmenden. Am letzten Abend gab es nach einem gemütlichen Grillabend noch eine besondere Überraschung: der Zauberkünstler WER-NER LINK begeisterte die Schüler wie Betreuer seiner einzigartigen Vorstellung.

Die Siegerehrung am Mittwochvormittag am Camerloher Gymnasium bildete den Abschluss der fünf Tage in Freising. Musikalisch umrahmt vom Jugendblechbläserensemble begrüßte die Direktorin Frau BLIESE die aus dem gesamten Bundesgebiet angereisten Gäste, die unter großer Spannung auf das Ergebnis des Wettbewerbs warteten. Unter Beisein vom MNU Vorsitzenden GERWALD HECKMANN wurden schließlich 14 Schülerinnen und Schüler mit einem ersten bis dritten Preis ausgezeichnet. JOHANNA SEMLER (Winfriedschule Fulda), Lovis Bock (Wilhelm Ostwald Gymnasium Leipzig) und TIMO HOFMANN (Wilhelm Ostwald Gymnasium Leipzig) erzielten die höchste Punktzahl und sind damit die Sieger des 23. Bundesweiten Physikwettbewerbs. LARA SNASCHEL (Lessing-Gymnasium Lampertheim), ESTHER JURETZKA (Ernst-Moritz-Arndt-Gymnasium Bonn), ADRIAN KÜHN (Albert-Schweitzer-Gymnasium Erfurt), PAUL MARSCHALL (Albert-Schweitzer-Gymnasium Erfurt) und LORENZ PICKENÄCKER (Lessing-Gymnasium Lampertheim) erreichten einen 2. Platz. SIMON KÖHLER (Wilhelm Ostwald Gymnasium Leipzig), ANTONIA FLICK (Lessing-Gymnasium Lampertheim), RONJA HAUSER (Gymnasium Engen), SEBASTIAN KOLLMEYER (Edith-Stein-Schule Dortmund), MERLE DONZELMANN (Gymnasium der Stadt Rahden) und PHIL WIETELMANN (Gymnasium der Stadt Rahden) einen 3. Platz. Der MNU gratuliert ganz herzlich den Siegern und spricht allen Teilnehmenden seine Anerkennung für ihre bei den drei Runden des Wettbewerbs gezeigten Leistungen aus.

Ein besonderer Dank geht an die vielen Unterstützer des Wettbewerbs, allen voran der Carl Zeiss AG, deren finanzielles Engagement seit vielen Jahren die Bundesrunde in dieser Form erst möglich gemacht hat. Aber auch Texas Instruments, die in diesem Jahr zusätzlich Unterstützung gegeben haben und dfine als neuer Sponsor. Besonderer Dank gilt auch der DPG als verlässlicher Partner des Wettbewerbsteam nun schon seit fast 25 Jahren.

Die Entwicklung der Aufgaben und die Vorbereitung der Bundesrunde erfolgt rein ehrenamtlich durch ein momentan elfköpfiges Wettbewerbsteam. Unser ausdrücklicher Dank für die teilweise schon viele Jahre geleistete, stets äußerst zuverlässige Arbeit geht an Dr. KLAUS HENNING (Hamburg), HARALD ENSSLEN (Jena), ALBRECHT DIETZL (Jena), Dr. JOACHIM WALLASCH (Alfter), Dr. GABI ERNST-BRANDT (Bonn), BENNO SCHOMAKER (Rahden), OLIVER GÖSSWEIN (Karlstadt), HANS-PETER POMMERANZ (Halle), CAROLINE SEIBOLD (Freising) und Dr. STEFAN BÄUMEL (Freising).



Das Plenum und die Gewinner des 23. Physikwettbewerbs

BIRGIT EISNER (Physik-Fachreferentin im MNU Vorstandsrat)

## 24. Bundesweiter Wettbewerb Physik im Schuljahr 2017/18

Die aktuellen Aufgaben werden in der MNU-Zeitschrift 5/2017 und im Internet unter http://www.mnu.de/wettbewerbe #physikwettbewerb Anfang Sept. 2017 veröffentlicht.

Mit den Aufgaben unseres Wettbewerbs möchten wir Schülerinnen und Schüler anregen ...

-352-

## 24. Wettbewerb 2017 / 181. Runde - Juniorstufe

#### Aufgabe PW 24 J 1 Zeltbeleuchtung

Basti und Rini haben ihre Fahrräder mit Dynamolichtanlage zum Camping mitgenommen. Dort stellen



sie fest, dass sie ihre Taschenlampe vergessen haben, aber sie finden glücklicherweise im Rucksack eine 9 V-Blockbatterie. Da sie ihr Zelt beleuchten wollen, schlägt Rini vor, die vordere Lampe von ihrem Rad abzubauen und an die Batterie anzuschließen. Basti gibt zu bedenken, dass am Dynamo "6 Volt" zu lesen ist. "Dann montiere ich die beiden Lampen von meinem Rad ab und schließe sie an die Batterie an", sagt Rini schlagfertig.

 Diskutiere, ob Basti und Rini das Zelt vernünftig beleuchten können, wenn ihnen zwei Fahrradscheinwerferlampen (6 Volt, 2,4 Watt) und zwei Rücklichtlampen (6 Volt, 0,6 Watt) zur Verfügung stehen. Führe dazu auch Experimente mit Messung der Voltzahlen durch und dokumentiere diese.

#### Aufgabe PW 24 J 2 Briefwaage

Emmi schreibt gern Briefe, in denen sie manchmal auch kleine Überraschungen versteckt. Doch mitunter kamen ihre Briefe zurück, weil sie ungenügend frankiert waren. Damit ihr das nicht wieder passiert, möchte Emmi eine Briefwaage bauen.

- Baue eine Briefwaage entsprechend der Abbildung für Briefe mit einer maximalen Masse von 200 g. Die Pappscheibe soll ein Quadrat mit 20 cm Seitenlänge sein. Bringe auf der Pappscheibe eine geeignete Skala an.
- Wie könnte man den Messbereich der Waage erweitern?

Da die Pappscheibe Teil der Lösung ist, sende sie mit ein.



#### Aufgabe PW 24 J 3 Spiegelbilder

Martin soll sich die Zähne putzen. Dicht vor dem Spiegel steht der durchsichtige, mit Wasser gefüllte Becher.

Martin schaut durch den Becher und stellt für ihn Erstaunliches fest.

- Stelle eine gefüllte Wasserflasche ganz dicht vor einen Spiegel. Schau jetzt durch die Flasche, schließe dabei einmal das linke und danach das rechte Auge.
- Nähere jetzt die Wasserflasche deinen Augen und schaue durch die Flasche.
- Beschreibe deine verschiedenen Beobachtungen unter Einbeziehung von Skizzen mit Maßen.

Vor einer Einsendung ist eine Registrierung nötig auf

https://www.mnu.de/extern/mitglieder/physikwettbewerb/registrierung.php

Die Einsendungen gehen bis zum 12. Januar 2018 (Einsendeschluss) an

HARALD ENSSLEN c/o Carl-Zeiss-Gymnasium, Erich-Kuithan-Str. 7, 07743 Jena.

Die Einsendungen sind grundsätzlich in Papierform vorzunehmen und enthalten auf jedem Blatt Name, Klasse, Schule und Schulort. Bitte keine Hefter, keine Hüllen, keine Klammern – und keine Einschreiben!

MNU Journal - Ausgabe 5.2017 - 353 -

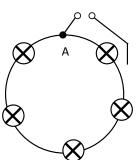
## 24. Wettbewerb 2017 / 181. Runde - Fortgeschrittene

#### Aufgabe PW 24 F 1 Lampen im Kreis

Schalte mehrere baugleiche Lämpchen zu einem Kreis. Ein Anschluss der Spannungsquelle liege an Punkt A (siehe Abbildung).



- Untersuche experimentell, wie die Helligkeit der einzelnen Lämpchen von der Position des zweiten Anschlusses relativ zum Anschluss A abhängt.
  - Variiere die Gesamtzahl der Lämpchen (von 4 bis 8) und stelle deine Ergebnisse in einer Tabelle dar. Untersuche, an welchem weiteren Punkt auf dem Kreis der zweite Anschluss liegen muss, damit alle Lämpchen gleich hell leuchten.
- Welche Spannung muss man jeweils anlegen, damit mindestens eines der Lämpchen mit der vorgesehenen Leistung leuchtet?



#### Aufgabe PW 24 F 2 Sonne im Kreis

Befestige eine Fahrradfelge flach liegend auf einem ausreichend großen Brett. Richte das Brett so aus, dass Sonnenlicht von der Felge in den Innenraum reflektiert wird. Es bildet sich dann auf dem Brett ein Reflexionsmuster, das man Kaustik nennt.

- Beschreibe die Kaustik und erkläre ihr Zustandekommen.
- Beobachte ihre zeitliche Veränderung, die durch die Positionsänderung der Sonne am Himmel verursacht wird. Dokumentiere deine Beobachtungen mit Fotos.

#### Aufgabe PW 24 F 3 Tropfen am Glas

Wenn Regen gegen eine Fensterscheibe fällt, laufen die Tropfen an der Scheibe hinab. Untersuche dieses Phänomen im Experiment:

- Lasse Wassertropfen senkrecht an einer Scheibe herunterlaufen.
   Beobachte die Bahn der Tropfen, wenn Wind waagerecht auf die Scheibe fällt (z.B. durch einen Fön erzeugt).
- Analysiere die Bewegung der Tropfen in beiden Fällen hinsichtlich ihrer Geschwindigkeitskomponenten und der Gesamtgeschwindigkeit. Dokumentiere deine Arbeit mit Photos. Hinweis: Hier ist eine Videoanalyse sinnvoll.
- Wie sieht die Bahn von Tropfen an der Scheibe einer S-Bahn aus, wenn diese anfährt? Begründe.



Vor einer Einsendung ist eine Registrierung nötig auf

https://www.mnu.de/extern/mitglieder/physikwettbewerb/registrierung.php

Die Einsendungen gehen bis zum 12. Januar 2018 (Einsendeschluss) an

Dr. KLAUS HENNING c/o Christianeum, Otto-Ernst-Str. 34, 22605 Hamburg.

Die Einsendungen sind grundsätzlich in Papierform vorzunehmen und enthalten auf jedem Blatt Name, Klasse, Schule und Schulort. Bitte keine Einschreiben!

- zum Beschäftigen mit physikalischen Problemen, die teilweise über die im Unterricht behandelten Themen hinausgehen,
- zum Experimentieren, also Planen, Durchführen und Dokumentieren von Versuchen,
- zum Suchen nach Lösungen auf verschiedenen Wegen,
- zur aussagekräftigen Darstellung möglichst vollständiger Lösungen, auch unter Verwendung von Tabellen, Diagramme oder Skizzen.

Der Wettbewerb ist dreistufig: die 1. Runde findet von September bis Dezember, die 2. Runde von Anfang Februar bis Mitte März und die Bundesrunde Anfang Mai 2018 in Freising statt.

Die Aufgaben der 1. Runde sind in eine *Juniorstufe* (bis Klassenstufe 8) und in *Fortgeschrittene* (bis Klassenstufe 10) aufgeteilt. Das Arbeiten in Gruppen (bis zu drei Teilnehmende) ist nur in der 1. Runde erlaubt.

Wodurch zeichnen sich vollständige Lösungen aus?

• Berechnungen und Herleitungen sind nachvollziehbar aufgeschrieben.

(Für eine einwandfreie Form gibt es einen oder zwei Zusatzpunkte).

- Das Ergebnis ist verbal formuliert und ggf. anschaulich ergänzt.
- Bei Erläuterungen wird zu anderen bekannten Phänomenen mit dem gleichen physikalischen Hintergrund ein sinnvoller Bezug hergestellt.

Was ist nicht sinnvoll?

- mehrfaches Einreichen vollständig identischer Lösungen von verschiedenen Gruppen.
- Aufschreiben der Ergebnisse von Aufgaben ohne Lösungsweg.
- Einreichen der Lösungen als E-Mail, Fax oder E-Mail-Anhang.

Die Lösungen zu jeweiligen Aufgaben A1, A2 und A3 sollen auf getrennten Blättern geschrieben und ohne Klammern, ohne Hülle, Hefter oder Mappe abgeschickt werden. Auf jedem Blatt bitte Vorname, Name, Schule und Klasse vermerken.

Einsendetermin 1. Runde: 12. Januar 2018 (Poststempel 12.1.2018 genügt) Spätere Einsendungen werden nicht berücksichtigt! Alle registrierten Teilnehmer/innen werden über ihre Schule über die Ergebnisse ihres Abschneidens bis Mitte Februar informiert. Die Urkunden werden per Post an das Direktorat der Schule geschickt.

Teilnahmevoraussetzung:
Jeder Teilnehmende registriert
sich online über die Homepage des MNU
http://www.mnu.de/wettbewerbe
#physikwettbewerb.
Wichtig dabei ist die vorherige
Registrierung der Lehrkraft und das
Einpflegen der Schuldaten.

Fragen rund um den Wettbewerb bitte an *Birgit.Eisner@mnu.de* (Wettbewerbsorganisation)

Die Lösungen für die »Juniorstufe« gehen bis zum 12. Januar 2018 an HARALD ENSSLEN c/o Carl-Zeiss-Gymnasium, Erich-Kuithan-Str. 5, 07743 Jena.

Die Lösungen für »Fortgeschrittene« gehen bis zum 12. Januar 2018 an Dr. KLAUS HENNING c/o Christianeum,
Otto-Ernst-Str. 34, 22605 Hamburg.

## Laternenlicht und lange Schatten



CHRISTIAN RÜHENBECK

Eine Person läuft bei Dunkelheit in gerader Linie an einer Straßenlaterne vorbei, siehe Abbildung 1 und 2. Welchem Weg folgt das Kopfende des Schattens dieser Person?

Anmerkung: Nachdem eine zeichnerische Darstellung der zugehörigen Strahlengänge gefunden ist, kann diese Aufgabe mit Hilfe der Strahlensätze (S I) oder der dreidimensionalen Koordinatengeometrie (S II) gelöst werden.





Abb. 1 und 2. Schattenbilder einer Person, die an einer Laterne vorbeiläuft

Dr. Christian Rühenbeck, christian.ruehenbeck@t-online.de

# Veränderungen im genetischen Material zwischen Mutation und Modifikation



CHRISTIANE HÖGERMANN

Es gibt bestimmte Veränderungen des genetischen Materials, die eine Zwischenstellung zwischen Mutation und Modifikation einnehmen: Diese Veränderungen können von einer Generation auf die nächste vererbt werden. Andere dagegen verändern die Nukleotidsequenz nicht. Solche sogenannten *epigenetischen Effekte* können sich dadurch auswirken, dass sie die

Genaktivität bedarfsgerecht regulieren, sind aber nicht gleichzusetzen mit Regulationsprozessen, die genetisch festgelegt sind. So können beispielsweise bestimmte Gifte wie Nikotin solange genetische Regulationsprozesse stören, wie sie dem Körper zugeführt werde, wohingegen genetisch festgelegt ist, wann z. B. das Wachstum und die Neubildung von Zellen aufhört, sodass kein unkontrolliertes Zellwachstum wie bei einer Tumorbildung eintritt.

Die chemischen Veränderungen beruhen bei vielen epigenetischen Effekten darauf, dass an bestimmte Basen der DNA, Cytosin und Adenin, sogenannte *Methylgruppen* gebunden werden (vgl. Abb. 1). Dadurch ändern sich die chemischen Eigenschaften des betroffenen DNA-Abschnitts, was zur Folge hat, dass an diese methylierten Stellen bestimmte Proteine nicht mehr binden können.

Methylierungen finden besonders an sogenannten Regulationssequenzen statt. Diese DNA-Abschnitte befinden sich meist vor einem Gen. Einige Regulationssequenzen werden durch daran gebundene Proteine aktiviert (Aktivatorproteine), die das benachbarte Gen anschalten. An andere Sequenzen lagern

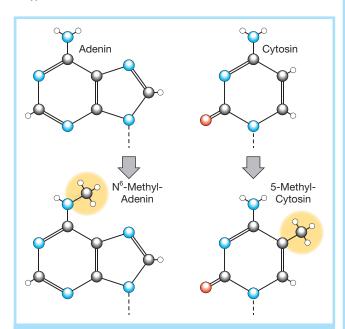


Abb. 1. Methylisiertes Adenin und Cytosin (aus: HÖFFELER, F.: Bildatlas Genexpression, Verlag Europa-Lehrmittel, 2011)

sich unterdrückende Proteine (Repressorproteine) an, durch die das angrenzende Gen ausgeschaltet wird. Besitzen nun solche Regulationssequenzen Methylgruppen – sie sind somit methyliert – können die Aktivator- und Repressorproteine dort nicht mehr anbinden.

#### Aufgaben

- 1. Analysieren Sie den unterstrichenen Textausschnitt im Hinblick auf Charakteristika von Mutation und Modifikation. Begründen Sie Ihre Ausführungen.
- 2. Fassen Sie kurz die chemischen Hintergründe einer Methylierung von Cytosin und Adenin zusammen.
- 3. Stellen Sie die Bedeutung von Adenin und Cytosin in den davon betroffenen molekulargenetisch-stoffwechselphysiologischen Vorgängen dar.
- 4. Erläutern Sie, wie durch Methylierungen die Expresssion von Genen beeinflusst werden kann.

#### Zeitschriften Biologie

(Eingang November 2016 - Juni 2017)

UB Unterricht Biologie (Erhard Friedrich Verlag, Seelze)

40 (2016), Nr. 419 und 420 sowie 41 (2017), Nr. 423 und 424

BiuZ Biologie in unserer Zeit (Wiley-VCH Verlag, Weinheim)

46 (2016), Nr. 6 sowie 47 (2017), Nr. 1-3

Naturw. Rdsch. Naturwissenschaftliche Rundschau

(Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart)

69 (2016), Nr. 822 sowie 7 (2017), Nr. 823-827

## W. RUPPERT: Goldene Gene? UB 40 (2016), Nr. 419, 35-40

Das Konzept der Beziehungen zwischen Genotyp und Phänotyp hat sich seit der Entdeckung epigenetischer Mechanismen substanziell verändert. Inzwischen sind über 200 leistungssteigernde Polymorphismen bekannt. Eine epigenetische Regulation wird durch Analyse des Methylierungszustandes von Genen erkannt. Dieser hat Einfluss auf die Genexpression. Ein Gendoping wäre denkbar, bei dem ein Gen, das mit körperlicher Leistungsfähigkeit assoziiert ist, in menschliches Gewebe eingebracht wird. Das Thema Genetik und Epigenetik bietet im Unterricht einen Ansatz für den Kompetenzerwerb in den Inhaltsfeldern »Energiestoffwechsel« und »Genetik«. Der Unterrichtseinstieg kann über den Weltrekordlauf eines bekannten Spitzensportlers erfolgen. Material zum Unterricht finden Lehrende im Internet (www.fr-v.de/ub53419 und www.bio-logisch-online.de). Außerdem findet der Leser im Anhang noch Informationen zum schnellsten Sprinter der Welt sowie zu einem »Gen für Schnelligkeit«.

## S. GRÜNBAUER – D. OSTERSEHLT: Faszination Sportherz

UB **40** (2016), Nr. 420, 24-28

Der Artikel thematisiert Unterschiede zwischen den Herzen von Normalpersonen und Sportlern. Die Differenzen werden in einer farbigen Zeichnung visualisiert. Zwei Röntgenbilder vom Brustkorb zeigen den Herzmuskel eines Langstreckenläufers und den eines Sprinters im Vergleich. Der Artikel liefert eine Aufgabe in Form eines Rätsels zum Herzminutenvolumen eines Normaltrainierten sowie eines Sportlers. Die Arbeit enthält acht Personenzeichnungen mit Sprechblasen, die jeweils einen Text zum Thema ent-

halten. Ein Säulendiagramm gibt Informationen zum mittleren Herzvolumen bei Sportlern verschiedener Sportarten. Am Ende des Artikels wird das erworbene Wissen mittels einer Mind-Map zusammengefasst. Dazu sollen alle wichtigen Begriffe auf kleine Kärtchen geschrieben werden. Diese werden auf ein Blatt Papier gelegt, sinnvoll gruppiert und mit Pfeilen verbunden. Die Pfeile können zusätzlich beschriftet werden. Ein Beispiel für ein solches Mind-Map findet der Leser auf der letzten Seite der Arbeit.

## S. MATHESIUS – R. BÖSCHE: Entwicklung des Seidenspinners

UB 41 (2017), Nr. 423, 10-16

Der echte Seidenspinner ist eines der ältesten Haustiere des Menschen. Er ist ein holometaboles Insekt und entwickelt sich über die Stadien Ei, Larve und Puppe zur Imago. Das monophage Tier ernährt sich ausschließlich von Maulbeerbaumblättern. In einem Kasten wird eine Anleitung zu Aufzucht und Haltung der Tiere gegeben. Der Schwerpunkt des Beitrags für die Sekundarstufe I liegt bei der Datenaufnahme und -auswertung von wissenschaftlichen Untersuchungen. Die Arbeit liefert ein Abfolgediagramm zum Entwicklungszyklus des Insekts mit Berechnungen zur Dauer des Lebenszyklus sowie der Länge und des Gewichts der Larvenstadien. Bilder von Seidenspinnerlarven während der Häutungsstarre und beim Einspinnen in den Kokon ergänzen ein Diagramm zum Gewicht des fünften Larvenstadiums. Ferner beinhaltet der Artikel die Erhebung von Daten zum Gewicht von Kokons und der Zusammensetzung des Kokongewichts. Die so gewonnenen Zahlen werden tabellarisch und in Form eines Säulendiagramms dargestellt. Die Arbeit erschien in einem Themenheft zur »Mathematik im Biologieunterricht«.

## M.-D. QUEREN: Wieso gehört die Sojabohne zu den wichtigsten Nutzpflanzen?

UB 41 (2017), Nr. 424, 7-11

Sojabohnen bestehen zu 40 % aus Protein und zu 21 % aus Fett. Ihr Eiweiß zählt zu den hochwertigsten pflanzlichen Proteinen. Es entspricht in seiner biologischen Wertigkeit der Milch. Der Artikel liefert auf einer Seite Fakten über Soja und die Bedeutung für den Menschen. Eine Aufgabe mit Internetadressen zur Recherche über die prozentuale Zusammensetzung der Inhaltsstoffe von Sojabohnen eignen die Arbeit für den Unterricht mit einem Ernährungsschwerpunkt. In einer zweiten Aufgabe vergleichen die Lernenden verschiedene Nutzpflanzen im Hinblick auf ihre Nährwerte. Ein botanischer oder auch landwirtschaftlicher Aspekt des Artikels liegt in einer Anleitung zur Kultivierung und Pflege von Sojapflanzen im Schulgarten oder im Klassenzimmer in Blumentöpfen. Die Lernenden werden durch Berechnungen des Nährwertes von Soja in der Auswertung, der Dokumentation sowie in der Hochrechnung ihrer Ergebnisse geschult.

## U. SCHUMACHER – C. STÜRKEN: Das Rätsel der Metastasierung

BiuZ 46 (2016), Nr. 6, 350-356

Krebs ist in Deutschland die zweithäufigste Todesursache. Krebserkrankungen im engeren Sinne sind die Karzinome. Sie bilden dichte Gewebeverbände. Wenn sie metastasieren lösen sich Krebszellen vom ursprünglichen Tumor ab. Diese wandern mit dem Blut oder mit der Lymphe. Sie siedeln sich in anderen Körperteilen an und vermehren sich dort. Trotz aller Fortschritte im Verständnis der Molekularbiologie von Tumoren sind die Heilungschancen in den letzten Jahrzehnten nicht wesentlich verbessert worden. Das rührt vor allem daher, dass manche Tumore frühzeitig metastasieren. Sie können im metastasierten Stadium nicht mehr erfolgreich therapiert werden. Die Arbeit erscheint unter der Rubrik Biomedizin. Sechs farbige Abbildungen mit überwiegend zytologischem Inhalt tragen zum Verständnis des Textes bei. Die fluoreszenzmikroskopische Aufnahme einer Krebszelle ergänzt den Artikel. Die Arbeit bietet Grundlage für einen Unterricht in der Oberstufe oder in Onkologie in einem universitären Seminar in einem medizinischen Fach oder in Biologie.

## H. EDER - W. FIEDLER: Die Bionik der Flugfeder

BiuZ 47 (2017), Nr. 1, 54-59

Erste federartige Filamente traten vor etwa 125 Millionen Jahren bei Sauriern auf. Sie könnten möglicherweise das Beschleunigen bei der Fortbewegung unterstützt oder einen kontrollierten Sprung von einem Baum ermöglicht haben. Weitere Funktionen könnten ein Schutz vor Wärme oder Kälte sowie ein Imponierkleid gewesen sein. Zunächst traten symmetrische Deckfedern auf, aus denen sich schließlich schlankere asymmetrische Flugfedern entwickelten. Viele der im Laufe der Evolution erworbenen Eigenschaften werden heutzutage an technischen Flugkörpern nachvollzogen. Dabei werden zahlreiche strukturelle Merkmale von Federn in der Strömungstechnik zur Widerstandsreduzierung eingesetzt. Die Autoren zeigen zahlreiche Anpassungen von Schwungfedern auf, die zur Erhöhung des Auftriebs sowie zur Reduzierung von Reibungs- und Wirbelwiderständen führen. Der Artikel ist stark biophysikalisch geprägt. Sein Schwerpunkt liegt in der technischen Umsetzung von Konstruktionen eines biologischen Systems. Ein Glossar erklärt mehrere Begriffe und trägt zum Verständnis der Arbeit bei.

## F. FIEBELKORN: Entomophagie: Insekten als Nahrungsmittel der Zukunft BiuZ 47 (2017), Nr. 2, 104–110

Insekten bieten eine ernstzunehmende Alternative zu unseren konventionellen Nahrungsmitteln. Studien des Nahrungsmittelherstellers Nestlé sagen den Verzehr von Insekten als einen der zehn größten Nahrungsmitteltrends voraus. Eine erweiterte Intensivierung der industriellen Landwirtschaft genügt wahrscheinlich nicht, um in Zukunft die Ernährung der Menschheit zu gewährleisten. Eine Lösung dieses Problems könnte der Verzehr von Insekten darstellen. Sie könnten einen erheblichen Teil unseres tierischen Proteinbedarfs liefern. So besitzt ein Heuschreckenschwarm beispielsweise eine Biomasse von 600.000 Tonnen. Auch die Erzeugung von Treibhausgasen ist bei der Produktion von Insekten geringer als bei Hühnern, Schweinen und Rindern. In vielen Teilen der Welt gehören Insekten seit langer Zeit zum menschlichen Speiseplan. In Deutschland sind sie als Nahrungsmittel nur wenig bekannt. Hier herrschen derzeit noch rechtliche und psychologische Barrieren. Der Artikel vergleicht vor allem Insekten als Nahrungsmittel mit herkömmlichen Nutztieren. Der Autor belegt seinen Text zum Energiegehalt und zur Nachhaltigkeit von Insekten mit ausgewählten Zahlen. Sechs Abbildungen illustrieren den Artikel. Eine grau unterlegte Box und eine Zusammenfassung heben die wesentlichen Aspekte der Arbeit hervor.

# J. SANDER: »Niedere« Blattschneiderameisen zähmen Pilze über das Nahrungsangebot Naturw. Rundsch. 69 (2016), Nr. 822, 648-650

Höher entwickelte Blattschneiderameisen nutzen ausschließlich vollständig domestizierte Pilze. Hierbei können sich die symbiontischen Pilze nicht mehr unabhängig von ihrem Wirt vermehren. Bei der Gründung neuer Kolonien nimmt die Königin Pilzsporen von ihrem Stammnest mit. Im Gegensatz dazu sind die Symbionten bei »niederen« Blattschneiderameisen noch nicht vollständig domestiziert. Sie können immer noch Gene mit ihren freilebenden Verwandten austauschen. Dabei ist das Hyphenwachstum des Pilzes stark, wenn ihm viele Kohlenhydrate und wenig Protein angeboten werden. Beim Sammeln von Nährstoffen berücksichtigen die Ameisen die Zusammensetzung des Pilzsubstrates. Sie regulieren dabei vor allem dessen Proteingehalt. Die »niederen« Blattschneiderameisen bieten dabei ihrem Pilz so wenig Protein an, dass dieser noch gut wachsen kann. Wenn aber der Proteingehalt des Substrates einen gewissen Wert erreicht, bildet der Pilz Fruchtkörper. Diese sind als Nahrung für die Ameisen unbrauchbar. Es gelingt dieser Gruppe von Ameisen weitgehend, ihre Symbionten durch das Angebot einer bestimmten Kombination aus Kohlenhydraten und Eiweiß an der Fruchtkörperbildung zu hindern und üppiges Hyphenwachstum anzuregen. Der Autor bespricht die Wirts-Symbiont-Beziehung bei den noch wenig erforschten »niederen« Blattschneiderameisen. Ein vereinfachter Stammbaum gibt die systematischen Beziehungen bei Ameisenarten wieder. Die Farbfotografie einer Ameise, bei der Pflege einer Pilzkultur illustriert das Thema.

#### L. TETSCH: Evolutive Anpassung des Ebola Virus an den menschlichen Wirt Naturw. Rundsch. **70** (2017), Nr. 825, 146-147

Das Ebola Fieber stell eine Zoonose dar. Das bedeutet, dass die Erkrankung von einem Tier auf den Menschen übertragen wird. Das Erregerreservoir bilden in diesem Fall Flughunde. Übertragungen von Mensch zu Mensch sind auch möglich. Die Viren verursachen ein mit Blutungen einhergehendes Fieber. Die Sterblichkeitsrate ist bei den Infizierten mit 30 bis 90 % hoch. In früheren Jahren waren die Ausbrüche des Ebola Fiebers mit einigen Hundert Erkrankungsfällen lokal begrenzt. 2013 jedoch trat eine Epidemie auf, die mehrere westafrikanische Länder umfasste. Gleichzeitig mutierte ein virales Oberflächenprotein. Es ist für den Eintritt des Erregers in das Zytoplasma der Wirtszelle verantwortlich. Dabei wurde seine Bindung an die menschliche Variante eines zellulären Rezeptors verbessert. Aufgrund dessen erhöht sich die Infektiosität des Virus für den Menschen. Die veränderte Virusvariante kann sich im menschlichen Wirt besser vermehren. Klinische Daten lassen vermuten, dass sich auch die Sterblichkeit der Infizierten durch das mutierte Protein erhöht hatte. Möglicherweise spielen auch andere, noch nicht analysierte Veränderungen im viralen Protein eine Rolle bei der verbesserten Infektiosität. Die Autorin schildert die molekularen Aspekte der Epidemiologie einer tödlichen Virusinfektion. Ein farbiges Schema fasst die zytologischen Aussagen des Artikels zusammen.

#### A. HABLE: Pflanzenkost bei Spinnen Naturw. Rundsch. **70** (2017), Nr. 826, 204–205

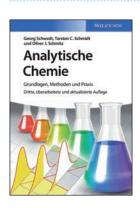
Pflanzliche Kost spielt bei der Ernährung der echten Webspinnen eine untergeordnete Rolle. Dennoch kommt es vor, dass vor allem Springspinnen pflanzliche Materialien zu sich nehmen. Vor allem beim Fressen der Spinnennetze werden pflanzliche Stoffe, die sich in den Netzen verfangen hatten, mit aufgenommen. Bislang konnte jedoch nicht gezeigt werden, dass sich eine Spinnenart ausschließlich pflanzlich ernähren kann. In Laborversuchen waren solche Tiere im Wachstum gestört und starben. Die Autorin begegnet aber der landläufigen Meinung, dass sich Webspinnen ausschließ-

lich carnivor ernähren. Sie weist dabei auf ein Phänomen hin, das bislang wenig beachtet wurde. Der eineinhalbseitige Artikel ist gut verständlich geschrieben und bietet interessante Aspekte zur Ökologie der Webspinnen.

U. GROSS

#### Bücher Chemie

GEORG SCHWEDT, TORSTEN C. SCHMIDT, OLIVER J. SCHMITZ: Analytische Chemie Grundlagen, Methodik und Praxis Wiley-VCH Verlag, Weinheim 12/2016, e-Book: EUR 66,99 Geb. Ausgabe, 560 Seiten: EUR 69,90, ISBN-13: 978-352734082-8



Seit vielen Jahren hat sich Prof. SCHWEDT als Autor für analytische Literatur verdient gemacht.

In der 3. Auflage der »Analytischen Chemie« behandelt er gemeinsam mit zwei Coautoren den heute aktuellen Stand der Analytik in zehn Kapiteln.

Einführend wird auf die heutige Bedeutung der Analytik eingegangen, verbunden mit einem kleinen historischen Exkurs. Der analytische Prozess einschließlich Qualitätssicherung der Ergebnisse und die computergestützte Analytik folgen.

Im 2. Kapitel steht die Probevorbereitung im Fokus. Die Entnahme von Proben, deren Stabilisierung, die Problematik von Aufschluss, Matrix-Eliminierung und Anreicherung von Analyten werden besprochen.

Im 3. Kapitel werden die wichtigen chemischen Analysenmethoden besprochen (Gewichtsanalyse, Maßanalyse, gefolgt von kinetischer und enzymatischerAnalyse, Immunchemie und Polymerase-Ketten-Reaktion).

Elektrochemische Analysenmethoden bilden den Schwerpunkt des 4. Kapitels, u. a. Konduktometrie, Potenziometrie, Elektrolyse/Elektrogravimetrie, Coulometrie, Polarografie, Voltammetrie und Amperometrie.

Nach einer Einführung in die thermischen Analysenmethoden werden die Thermogravimetrie, die Differenz-Thermoanalyse und die Dynamische Differenz-Kalorimetrie besprochen.

Atomspektroskopische Verfahren beinhaltet das 6. Kapitel. Nach Einführung und Überblick werden die Atomabsorptions-Spektroskopie, die optische Atomemissions-Spektroskopie und die Röntgenfluoreszenzanalyse vorgestellt.

Molekülspektroskopische Methoden bilden den Fokus des 7. Kapitels. Nach Einführung und Überblick werden die UV/VIS Spektroskopie, die Spektralfotometrie, die Fluorimetrie, die Infrarot- und Raman-Spektroskopie die Kernmagnetische

Resonanz-Spektroskopie und die Massenspektroskopie thematisiert.

Das 8. Kapitel umfasst die radiometrischen Analysenmethoden. Nach Einführung und Überblick werden die Aktivierungsanalyse und die Tracer- und Isotopenverdünnungsanalyse abgehandelt.

Physikalisch-chemische Trennmethoden sind das Kernstück des 9. Kapitels. Ausgehend von den allgemeinen Grundlagen aller chromatografischen Methoden werden die verschiedenen Verfahren, beginnend mit der Dünnschichtchromatografie über Säulenchromatografie über Chromatografie mit überkritischen Phasen hin zur Gaschromatografie bis zur Elektrophorese besprochen.

Spezielle Anwendungen werden im letzten Kapitel abgehandelt, u. a. die Anwendung von chemischen und biochemischen Sensoren sowie die Automatisierung von Analysenverfahren. Das Buch endet mit der Prozessanalytik, Strukturanalyse mit Beugungsmethoden und der Mikrostrahlund Oberflächenanalytik.

Jedes Kapitel schließt mit einer umfangreichen Liste von Literaturstellen. Aufgaben dienen zur Selbstkontrolle des erworbenen Wissens.

Dieses Werk bildet den heute aktuellen Stand der Analytik ab. Es ist *die* Informationsquelle, wenn man sich über allgemeine Grundlagen von Analysenmethoden informieren möchte.

Das Buch ist didaktisch gut gestaltet, vierfarbige Abbildungen ergänzen und veranschaulichen die beschriebenen Sachverhalte. Es kann ohne Einschränkungen empfohlen werden.

WOLFGANG PROSKE

#### In den nächsten Heften von MNU lesen Sie unter anderem

Das räumliche Viereck – eine Einführung	Frost-Test	
Biomassewachstum im Bioreaktor	Fracking – ein kontroverses Thema	
Falsche Perspektive	Stab- und Gespenstschrecken	
Informationssuche im Mathematikunterricht der Grundschule	Evolutionsbiologie im Unterricht der SBZ und der DDR	
AL-KASHIS Berechnung von sin(1°)	Darwins Evolutionstheorie im Unterricht der SI	
Selbstbau eines LC-Displays	Organspende – pro und contra	
Bienenwaben - Optimierungsprozesse in der Natur	Mechanisch-stabile Materialien aus der Natur	

#### Einladung zur Mitarbeit

MNU wird in den kommenden Jahren verstärkt aktuelle Themen aufgreifen. Zu folgenden Schwerpunktheften laden wir Sie gern zur Mitarbeit ein:

Thema	Spätester Eingang
Visualisierung/Präsentation/Kommunikation	15.10.2017
Diagnose und individuelle Förderung/Inklusion	15.01.2018
Moderne Wissenschaft/Moderne Methoden	15.11.2018

Wir freuen uns über Praxis- und Diskussionsbeiträge sowie über fachdidaktische Forschungsergebnisse zu den Themen. Bitte schicken Sie Ihr Manuskript an die entsprechenden Herausgeber.

Die Hinweise für Autoren finden Sie unter http://www.mnu.de/publikationen#mitarbeit.

BERND RALLE

### MNU: Klima trifft Schule

## Fächerübergreifender Aufruf zur Bedeutung des Pariser Abkommens für die heutige Schülergeneration

Der MNU-Verband ruft seine Mitglieder und darüber hinaus alle Lehrkräfte in Deutschland dazu auf, sich intensiv an unseren Schulen mit den Folgen des Klimawandels zu befassen.

Die aktuellen Nachrichten und die wissenschaftlichen Ergebnisse zu den Veränderungen des Klimas geben Anlass zu einem Perspektivwechsel und stellen uns vor die Aufgabe, unseren Schüler/innen zu erklären, welche Bedeutung das Pariser Abkommen für uns und insbesondere für die heutige Schülergeneration hat, und welche Konsequenzen sich für die Schule als Bildungsinstitution daraus ergeben.

Die Bereitstellung und Nutzung von Energie für unsere Mobilität, Ernährung, Kommunikation und notwendig erscheinende Lebensbedingungen füllt derzeit unsichtbar die Atmosphäre immer weiter mit Treibhausgasen an. Das Rahmenübereinkommen der Staatengemeinschaft über Klimaänderungen zeigt auch Schulen den Weg, sich dieser Tatsachen bewusst zu werden und die Dringlichkeit einer nachhaltigen Nutzung zu verstehen.

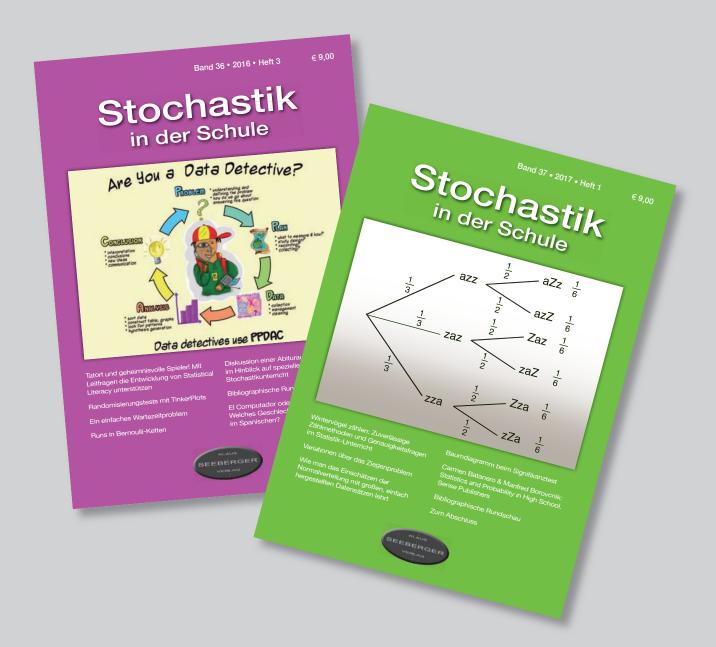
Alle Fächer können – sorgfältig abgestimmt – ihren Beitrag dazu leisten, dass Schulen zu Demonstrationsmodellen für ein zuversichtliches Umsteuern in Richtung einer klimaneutralen Gesellschaft werden.

Mit diesem Aufruf lädt der Verband zur Förderung des MINT-Unterrichtes seine Mitglieder zu zwei Maßnahmen ein:

- 1. Zur Bereitstellung von *fächerübergreifenden Umsetzungshilfen* für den Unterricht, die die Schule zum Mittelpunkt klimasensibler Maßnahmen macht;
- 2. Zu einer zentralen **Auftakt-Veranstaltung in Stuttgart** unter dem Motto »Klima trifft Schule Wie können wir unsere Schüler/-innen zur Umsetzung des Pariser Abkommens sensibilisieren, befähigen und ermutigen?«
  (Die Veranstaltung wird Ende 2017 stattfinden, der genaue Termin wird unter www. mnu.de bekanntgegeben.)

Es soll in 50 Jahren nicht heißen »Wenn wir das gewusst hätten ...«

GERWALD HECKMANN
(Vorsitzender des MNU-Verbandes)



## "STOCHASTIK IN DER SCHULE"

- wendet sich an die Lehrerinnen und Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften in Österreich, Deutschland, der Schweiz und weiteren europäischen Ländern, die auch Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik unterrichten.
- veröffentlicht Beiträge zum Unterricht in allen Schultypen und für alle Altersstufen;
- gibt Anregungen für den Unterricht, weist auf einschlägige Veröffentlichungen hin und trägt zur Weiterbildung der Lehrerinnen und Lehrer bei.

Der Beitritt zum Verein zur Förderung des schulischen Stochastikunterrichts e. V. kann jederzeit erfolgen.

Der Jahresbeitrag beträgt EUR 30,00 und schließt die Lieferung der Zeitschrift "STOCHASTIK IN DER SCHULE" ein.

Falls Sie sich für ein Probeexemplar oder ein Abonnement der Zeitschrift interessieren, erhalten Sie nähere Informationen im Bereich Abo/Probeexemplar unter:

http://www.stochastik-in-der-schule.de



## Christiani

Technisches Institut für Aus- und Weiterbildung

**SEIT 1931** 

## Alles komplett

### Koffer-Sets für den Physik-Unterricht in Sekundarstufe I

Alle Schülerversuchsgeräte sind sauber sortiert und sicher aufbewahrt. Für zahlreiche grundlegende Versuche zur Mechanik, Optik oder Elektrik/Elektronik und Elektromagnetismus. Die passenden Schüler-Arbeitshefte leiten zu selbstständigem Experimentieren an.

#### Mechanik



Mehr Infos unter: www.schule-trifft-technik.de/99799

#### Elektrik/Elektronik und Elektromagnetismus



Mehr Infos unter: www.schule-trifft-technik.de/44729

#### **Optik**



Mehr Infos unter: www.schule-trifft-technik.de/69876

#### **Koffer-Sets:**

 Mechanik 1-3
 Best.-Nr. 89-99799
 EUR 960, 

 Optik 1-3
 Best.-Nr. 89-69876
 EUR 560, 

 Elektrik/Elektromagnetismus
 Best.-Nr. 89-44729
 EUR 800,

Alle Koffer sind auch einzeln bestellbar: www.schule-trifft-technik.de/physik

Fragen Sie nach unseren günstigen Klassensätzen – ganz nach Ihren Ansprüchen zusammengestellt!

#### IHR BERATER

Nico Brückmann **Tel: 07531 5801-130** 

oder E-Mail:

brueckmann@christiani.de



www.schule-trifft-technik.de