

## Digitale Bildung

Hauptsache Lesen? Was beim Bildschirmlesen zu beachten ist

MINT Wissen S. 3

## Raumfahrt

Die Internationale Raumstation – eine Heimat im All

MINT Wissen S. 4

## Biologie

Upcycling-Modelle – wenn Abfall lebendig wird

Unterricht S. 7

## Experimente

Mit AdUmint die Ozeanversauerung erforschen

Unterricht S. 8

## Wettbewerb

Jugend forscht – wir fördern Talente

MINT Markt S. 14

## Extrapoliert

Als Lehrkraft fühlt man sich bisweilen wie bei einer Schachweltmeisterschaft. Man bewegt sich von Feld zu Feld und trifft Entscheidungen, sei es im Klassenraum, auf dem Pausenhof, in den Konferenzen, die bis 17 Uhr gehen, oder in den Elterngesprächen. Wer 27 Stunden Unterricht gibt, hat eine Arbeitswoche von 45 Zeitstunden. Und im Feierabend rattert das Hirn weiter. Als Lehrer\*in hat man nie das Gefühl: Jetzt ist Dienstschluss.

Die gängigen Klischees sprechen dagegen eine ganz andere Sprache: Lehrkräfte haben vormittags recht und nachmittags frei, lautet eins. „Faule Säcke“ ist ein Begriff, der einst von Altkanzler Gerhard Schröder fiel – zwar hat er das inzwischen zurückgezogen, doch da war das Kind nun leider bereits in den Brunnen gefallen. Man darf sich zu Recht fragen, wie solche Klischees mit dem Fakt zusammenpassen, dass Lehrkräfte zur Berufsgruppe mit der höchsten Burn-out-Rate gehören.

Und wie kann man nun mit solchen Vorurteilen umgehen? Zuerst kann Verständnis helfen. Abneigungen gegen Lehrkräfte haben oftmals psychologische Gründe, wie Heinz-Elmar Tenorth, emeritierter Professor für historische Bildungsforschung, erklärt. Es gibt ein Machtgefälle zwischen denen, die durch Noten Lebenswege beeinflussen, und denen, die sich dem ausgeliefert fühlen. „Wir können nicht ertragen, dass uns jemand für unmündig erklärt“, sagte er der *Süddeutschen Zeitung*. Ein weiteres Problem: Beim Thema Schule werden alle zu Expert\*innen, schließlich hat jede\*r mal eine Schule besucht und weiß daher, wie der Hase läuft. So haben sich Bilder gefestigt. Demgegenüber stehen kaum erfüllbare Erwartungen: Lehrer\*innen sollen die Schutzbefohlenen mühelos motivieren, Verständnis für sie haben und ihnen nebenbei noch etwas über das Leben beibringen – so wie beispielsweise Robin Williams im Film *Club der toten Dichter*. Es ist paradox: Die Gesellschaft erwartet so viel von Lehrkräften – und traut ihnen gleichzeitig nichts zu.

Die Wahrheit ist: Diese Widersprüche sind nicht miteinander zu vereinbaren, egal, was man tut. Welche Haltung sollte man also denjenigen entgegenbringen, die generell über Lehrer\*innen klagen? Man könnte die Kritiker\*innen einladen, einen Tag lang mit in die Schule zu kommen. Dort könnten sie selbst eine Stunde halten, unausgereifte Reformen auslöffeln, für Kolleg\*innen einspringen, Stunden dokumentieren, die DSGVO berücksichtigen, Ermahnungen aussprechen. Abends könnten sie dann noch Klassenarbeiten korrigieren, Stunden vorbereiten, Elterngespräche führen ...

Nun, besser ist es wohl, man legt sich als Lehrkraft „einfach“ ein dickes Fell zu. (cs)



**Der Tag hat noch gar nicht richtig angefangen, da haben wir schon tausend Dinge im Kopf: schnell anziehen, frühstücken, zur Arbeit hetzen ... Kaum dort angekommen, fühlt sich der Schreibtisch schneller als ein Fußballstadion beim Finale der Weltmeisterschaft. Der Kopierer streikt, das Meeting wurde vorverlegt und der Kaffee ist alle. Nach nur zwei Stunden Arbeit ist man direkt wieder reif für das Bett, weil man letzte Nacht schon wieder kaum geschlafen hat.**

Und wer hat Schuld an der Misere? Für viele ist es der Stress selbst. Stress ist der Sündenbock unserer Zeit. Er macht uns krank, kaputt und kraftlos. Hinterlistig lauert er uns nicht nur auf der Arbeit auf. Auch in der Freizeit macht er sich breit und lässt uns hastig von einem Termin zum nächsten springen. Kein Wunder, dass uns überall Produkte angeboten werden, die versprechen, den Stress loszuwerden oder ihn wenigstens zu reduzieren. Mit Yoga, Wellness oder Powerfood sagen wir dem Stress den Kampf an! Doch ist Stress wirklich so schlecht wie sein Ruf? Oder tun wir dem Stress unrecht, indem wir ihn für unsere eigene ungesunde Lebensführung verantwortlich machen?

### Ist Stress wirklich der Übeltäter?

Diese Frage stellte ich mir, als ich in Frankfurt am Main zum Thema Stadtökologie

promovierte. Ich wollte unter anderem wissen, ob Stadtkaninchen weniger Stress haben als ihre Artgenossen auf dem Land. Dazu musste ich aber erst mal wissen, was „Stress“ überhaupt bedeutet und wie ich ihn messen kann. Und da fing der Stress für mich erst richtig an ...

Wie Asterix und Obelix auf der Suche nach dem Passierschein A38 irrte ich von einem Fachbuch über Stress zum nächsten. Auf dem Weg begegneten mir viele Mythen, Märchen und Missverständnisse rund um das Thema. Allein schon die Bedeutung des Wortes ist nicht ganz klar. Für die einen ist Stress alles, was von außen auf uns einbricht und unser Gleichgewicht durcheinanderbringt, für die anderen kommt Stress aus uns selbst heraus. Wir selbst entscheiden bewusst oder unbewusst, ob uns etwas stresst oder nicht.

### So entstand das Konzept von Stress

Dieses Bedeutungs-Wirrwarr hat seinen Ursprung bei dem Vater des Stresses: Hans Hugo Selye. Der entdeckte in den 1940er-Jahren in seinem Labor in Montréal zufällig den Stress. Eigentlich war der Mediziner auf der Suche nach einem bisher unbekanntem Hormon. Dazu spritzte er Ratten eine Lösung, die er zuvor aus den Eierstöcken von Kühen herstellte. Die Ratten reagierten darauf mit geschwollenen Lymphknoten, blutenden Eingeweiden und vergrößerter Nebennierenrinde. Für Selye war diese Reaktion seiner Laborratten ein eindeutiger Hinweis darauf, dass er sein Ziel erreicht hatte. Die Wissenschaft wusste damals schon, dass die Lymphknoten bei der Reaktion auf Hormone beteiligt sind.

Warum sich auch die Eingeweide auflösten und die Nebenniere verrücktspielte, konnte sich Selye allerdings nicht erklären. Er forschte weiter und stellte zu seiner Überraschung fest, dass die Ratten die gleiche Reaktion zeigten, wenn er ihnen andere chemische Stoffe gab, beispielsweise

→ Lesen Sie weiter auf Seite 2

ANZEIGE



excitingedu DIGITAL  
Virtuelle Veranstaltungsreihe

### Termine:

- 15. November 2023 | Eigene Rechte kennen und Schüler\*innen sensibilisieren
- 6. Dezember 2023 | KI meets Bildung: Der Weg zu innovativem Unterricht



Weitere Infos:  
[www.excitingedu.de](http://www.excitingedu.de)

Jetzt  
kostenfrei  
anmelden!





Formalin. Und auch auf Kälte, Hitze oder körperliche Überanstrengungen zeigten die Ratten immer die gleichen Reaktionen: geschwollene Lymphknoten, blutende Eingeweide und vergrößerte Nebennierenrinde. Selye wusste nun, dass er hier etwas viel Größeres auf der Spur war als nur der Erforschung eines neuen Hormons. Er taufte seine Entdeckung „Allgemeines Anpassungssyndrom“, das später den Namen „Stress“ bekommen sollte.

### Das Missverständnis um Stress

Für Selye war klar, dass der Stress der Ratten eine Reaktion auf die Anforderungen von außen war. Die blutenden Eingeweide, die geschwollenen Lymphknoten und die vergrößerte Nebennierenrinde waren alles Anzeichen dafür, dass der Körper gegen den Kuh-Cocktail kämpfte. Wie ein Sondereinsatzkommando greift Stress ein, wenn das Fußballspiel außer Kontrolle gerät. Stress war somit aus Selyes Sicht etwas Gutes, denn er hilft dem Körper, trotz Einflüssen von außen im Gleichgewicht zu bleiben. Der eigentliche Übeltäter ist somit nicht der Stress, sondern es sind die Anforderungen, denen wir täglich ausgesetzt sind. Sind diese zu groß, kann der Körper so viel reagieren, wie er will – er wird nicht mehr zurück ins Gleichgewicht kommen.

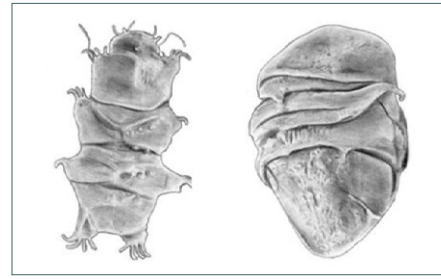
Aber wieso haben wir von Stress heute so ein schlechtes Bild, wenn sein Entdecker doch so positiv über Stress sprach? Im Laufe der Zeit wurden Stress immer wieder neue Bedeutungen zugesprochen. Die Aussprache von Herrn Selye, der gebürtiger Wiener war, tat dabei sein Übriges. Selye sprach ursprünglich von Stress als das, was von außen auf die Ratten einwirkte: das

Kuh-Gemisch, das Formalin oder die Hitze. Die Reaktion der Ratten nannte er „Strain“, englisch für Widerstand. Stress und Strain klangen jedoch sehr ähnlich, wenn Selye sie mit seinem schlechten Englisch aussprach. Nach dem Stille-Post-Prinzip wusste nach zahlreichen Vorträgen von Selye niemand mehr, was nun eigentlich der Stress und was der Strain war. Stress kam gleichzeitig von außen und von innen. Stress war sowohl das giftige Formalin als auch die blutenden Eingeweide. Sätze wie „Stress bringt mich noch um“ oder „Von dem ganzen Stress bekomme ich noch Magengeschwüre“ verdanken wir also der Reaktion der Laborratten von Herrn Selye. Klar, dass seither keiner etwas mit Stress zu tun haben will.

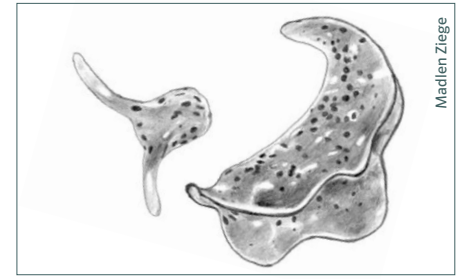
### Stress aus Sicht der Natur

Auch ich machte während meiner Promotion Stress dafür verantwortlich, dass mir die Haare ausgingen, ich Schlafstörungen und einen Nervenzusammenbruch hatte. Bis ich eines Tages damit begann, Stress aus Sicht der Evolutionsbiologie zu betrachten: Stress ist, wenn die Fitness sinkt! Und mit Fitness meine ich nicht, dass ein Kaninchen besonders hoch springen oder eine Biene schnell fliegen kann. Ich meine die biologische Fitness, die Anzahl eigener Nachkommen und die enger Verwandter. Es geht darum, möglichst lange zu leben und sich möglichst viel fortzupflanzen. Und das geht nur, wenn sich Tiere, Pflanzen, aber auch Pilze und Bakterien immer wieder neu an ihren Lebensraum anpassen.

Die biologische Fitness können wir uns vorstellen wie ein Bankkonto. Alles, was zu einem langen Leben und vielen eigenen



Das mikroskopisch kleine Bärtierchen (links) ist ein Wunder der Natur: Im Tönnchenzustand kann es Temperaturen zwischen  $-272\text{ °C}$  und  $+151\text{ °C}$  überleben. Die Meeresschnecke der Gattung *Elysia* (rechts) wirft als Reaktion auf einen Parasiten ihren Körper ab und lässt sich einen neuen nachwachsen.



Nachkommen und Nachkommen enger Verwandter beiträgt, zählt auf dieses Konto ein. Gleichzeitig gibt es die Stressfaktoren, die es der Fitness schwer machen: Fressfeinde, Parasiten oder höhere Temperaturen – theoretisch kann alles im Leben zu einem Stressfaktor werden. Diese Stressfaktoren „buchen“ vom Fitnesskonto ab. Die Folge: Die Fitness geht runter und der Stress geht rauf.

Und genau dieser Zusammenhang war es auch, der erklärte, warum es immer mehr Wildkaninchen in der Stadt und immer weniger auf dem Land gibt. Im ländlichen Umland finden Wildkaninchen kaum noch genug Nahrung und Versteckmöglichkeiten. Riesige offene Agrar- und Grasflächen bieten keine dichten Böschungen für die Anlage von Kaninchenbauten. Doch diese Bauten sind wichtig, damit die Wildkaninchen ihre Jungen geschützt aufziehen und sich selbst vor Feinden in Sicherheit bringen können. Gleichzeitig gibt es vor allem im Winter nicht genug Nahrung, damit alle Kaninchen überleben könnten. Um die Fitness der Landkaninchen ist es somit nicht gut bestellt. In der Stadt hingegen finden sich in den Parks und Grünanlagen viele Hecken und Büsche. Hier können die Hasenartigen ihre Bauten geschützt anlegen. Und direkt neben dem Bau finden sich unzählige Kaninchen-Supermärkte in Form von Schrebergärten oder Kräutern auf Parkflächen. Sichere Behausungen und ein reich gedeckter Tisch zahlen auf das Fitnesskonto der Stadtkaninchen ein. Kein Wunder, dass es den Frankfurter Wildkaninchen so gut ging, dass ihre Zahl stetig anstieg. Auch Räuber wie Füchse, Greifvögel oder Marderartige müssen die Stadtkaninchen nicht fürchten. Fuchs und Co. gibt es zwar auch in Frankfurt, aber sie profitieren ebenfalls vom reichen Nahrungsangebot und bedienen sich lieber an den Mülltonnen, anstatt einem flinken Wildkaninchen nachzujagen.

### Was wir von der Natur lernen können

Die Umsiedlung vom Land in die Stadt schien eine Stressreaktion der Wildkaninchen auf immer weniger Nahrung und weniger Baumöglichkeiten auf dem Land zu sein. Für mein Buch *Die unglaubliche Kraft der Natur: Wie Stress Tieren und Pflanzen den Weg weist* habe ich unzählige solcher Stressantworten recherchiert und kam aus dem Staunen gar nicht mehr heraus. Da gibt es Pflanzen wie den Glatthafer, die sich an Zeiten der Dürre erinnern und bei einer erneuten Trockenperiode mehr Wasser einsparen können. Diese Form von „Stressgedächtnis“ bei Pflanzen ist ein völlig neues Phänomen, das die Wissenschaft immer mehr erforscht. Auch das mikroskopisch kleine Bärtierchen überrascht mit unglaublichen Fähigkeiten im Umgang mit Stress. Sind die Umstände ungünstig, trocknen die Bärtierchen aus und nehmen das sogenannte Tönnchenstadium ein. Mit diesem Trick werden sie zu regelrechten Super-

bären und können selbst extreme Temperaturen über Monate hinweg überstehen. Diese Superkräfte sind auch der Wissenschaft aufgefallen und bescherten den Bärtierchen ein Ticket zum Mond. Versuche zeigen, dass die Tiere sogar nach einer Reise zum Erdtrabanten mit Aufenthalt im All wieder aus ihrem Tönnchenstadium zum Leben erweckt werden konnten.

Doch wer denkt, dass sich erinnerende Pflanzen und Bärtierchen mit Superkräften nicht mehr zu toppen sind, irrt. Die Meeresschneckenart *Elysia marginata* schießt mit ihrer Stressantwort den Vogel ab – oder besser gesagt den Kopf. Sind die Schnecken von einem Parasiten befallen, werfen sie ganz einfach ihren Körper ab und lassen sich einen gesunden nachwachsen. Dazu wird die Schnecke für einige Zeit zur Pflanze und betreibt Fotosynthese. Auf diese Weise kann sich vom Kopf her ein komplett neuer Körper entwickeln, der alle wichtigen Organe besitzt. Von wegen, Schnecken seien langweilig!

### Fazit: Ohne Stress geht es nicht

Auch Herr Selye wusste bereits, dass ein Leben ohne Stress nicht möglich ist. Wir haben erst dann keinen Stress mehr, wenn wir tot sind. So sind die vielen Anforderungen von außen der Motor für die Evolution. Erst durch die vielen Herausforderungen im Leben werden Bakterien, Pilze, Pflanzen und Tiere inklusive wir Menschen dazu gezwungen, uns anzupassen. Um sich anzupassen, braucht es Weiterentwicklung. Und geht es nicht genau darum im Leben: sich weiterzuentwickeln?

Nach der Recherche für mein Buch bin auch ich fest davon überzeugt, dass es sich lohnt, unsere Haltung zum Stress zu überdenken. Wir können Stress immer als Wegweiser verstehen, der uns zeigt, dass es Zeit ist, etwas zu ändern. Wenn unser Lebensraum unsere Fitness in Mitleidenschaft zieht, weil zu viele Anforderungen an uns gestellt werden, zahlt es sich aus, darüber nachzudenken, woanders hinzugehen oder sich einer anderen Tätigkeit zuzuwenden. Stress fordert uns auf, uns selbst ehrlich zu fragen: „Was bin ich eigentlich für ein Tierchen und was brauche ich, um glücklich zu sein?“ Mit diesem Wissen lade ich Sie ein, Ihren Stress ebenfalls in einem neuen Licht zu sehen. Vielleicht ist er eine freundliche Erinnerung an Sie, etwas in Ihrem Leben zu ändern.

Dr. Madlen Ziege

ANZEIGE

## SOZIALPOLITIK

Die Unterrichtsmaterialien „Sozialpolitik“ bündeln alle wissenswerten Fakten zu den Themen:

ARBEITSWELT VON MORGEN

SOZIALE SICHERHEIT UND GERECHTIGKEIT

LEBEN UND ARBEITEN MIT BEHINDERUNG

AUSBILDUNG UND STUDIUM

Das Schüler\*innenmagazin - auch in Leichter Sprache - kann auf [www.sozialpolitik.com](http://www.sozialpolitik.com) heruntergeladen oder auf [www.sozialpolitik.com/bestellung](http://www.sozialpolitik.com/bestellung) kostenfrei bestellt werden.

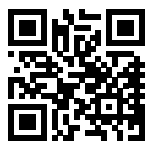


Herausgeber:

Bundesministerium für Arbeit und Soziales

Klett MINT

! Auf [www.sozialpolitik.com](http://www.sozialpolitik.com) finden Sie ein Lehrerbegleitheft, Arbeitsblätter, digitale Wissenstests und ein großes Archiv. Die Magazine sind auch in englischer und französischer Sprache verfügbar.



### Literaturtipp

Madlen Ziege: **Die unglaubliche Kraft der Natur.** Wie Stress Tieren und Pflanzen den Weg weist. Piper, 240 S., 22 Euro, 2023



Digitale Bildung

# Hauptsache Lesen? Was beim Bildschirmlesen zu beachten ist

Digital First, Textverstehen zweitrangig? Der Eindruck könnte entstehen, wenn man das Leseverhalten von Jugendlichen und jungen Erwachsenen mit den Ergebnissen der empirischen Leseforschung kontrastiert. Denn die Leseforschung sagt, dass wir anspruchsvolle Sachtexte weniger gut verstehen, wenn wir sie digital lesen. Befragt nach ihren Lesegewohnheiten berichten aber Studierende, dass sie mehr als 80 Prozent ihrer Leszeiten vor dem Bildschirm verbringen. Belletristik wird hingegen lieber auf Papier gelesen als auf dem E-Reader. Dabei gibt die Leseforschung mit Blick auf die narrativen Texte Entwarnung: Ein Nachteil ist mit der digitalen Lektüre nicht verbunden.

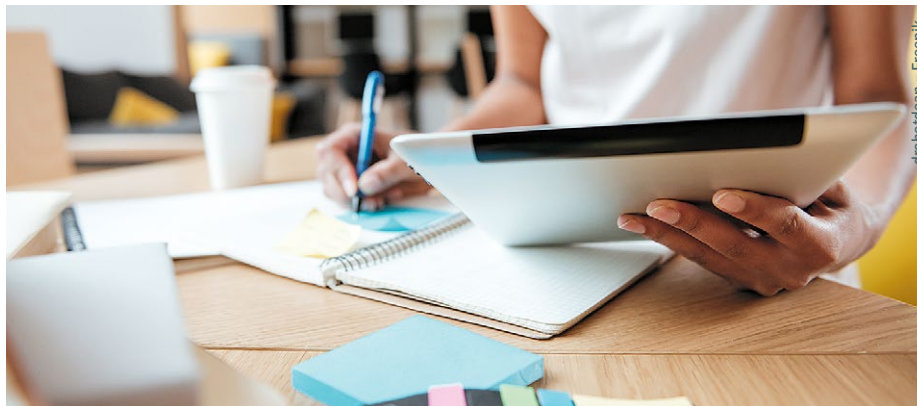
Die Paradoxien lassen sich besser verstehen, wenn neben dem Genre (Sachtexte vs. Erzähltexte) und dem Lesezweck (Lernen vs. Unterhaltung) auch die Lesemodalität (informativ vs. intensiv) betrachtet wird. Dies soll im Folgenden geschehen. Der Fokus liegt dabei auf den Sachtexten, die zu Lernzwecken gelesen werden. Sie sind in schulischen Zusammenhängen von besonderer Relevanz.

**Digitale Texte werden schneller gelesen**

Vor mehr als vier Jahren hatten sich im norwegischen Stavanger mehr als 130 Leseforscher\*innen besorgt über die Zukunft des Lesens in einer zunehmend digitalisierten Welt geäußert. Ergebnisse von Metaanalysen wiesen auf eine *Bildschirmunterlegenheit* beim Lesen längerer Sachtexte hin. Zu dieser Bildschirmunterlegenheit kommt es offenbar, weil digitale Texte schneller, unkonzentrierter, sprunghafter und weniger sorgfältig gelesen werden als Texte auf Papier. Das digitale Endgerät – mehr mit dem passiven Konsumieren assoziiert als mit dem aktiven Lernen – triggert ein eher oberflächliches Lesen. In Stavanger wurde die Besorgnis geäußert, dass mit einem exzessiven Bildschirmlesen die Fähigkeit zum langsamen, gründlichen und konzentrierten Lesen verloren gehen könnte.

**Vorteile digitaler Texte**

Häufig handelt es sich bei den Sachtexten um Einzeltexte. Es können aber auch zwei oder mehr Sachtexte zugleich – wenn auch nicht gleichzeitig – gelesen werden. All dies kann sowohl am Bildschirm als auch auf Papier geschehen. Interaktive



Mediales Crossover: Digital lesen und analog notieren!

Texte, die über Verknüpfungen unmittelbar zu weiteren Text-, Ton- oder Bilddokumenten führen, lassen sich hingegen nur am Bildschirm lesen. Das Lesen solcher Hypertexte erschließt die besonderen Möglichkeiten des digitalen Lesemediums. Es ist aber auch mit besonderen Anforderungen verbunden. Das kompetente *Navigieren* („To click or not to click?“), eine sorgfältige *Quellenprüfung* („Who’s behind the information?“) und das *Integrieren* widersprüchlicher Informationen gehören dazu.

Die erwähnte Bildschirmunterlegenheit hat sich beim Lesen von Einzeltexten gezeigt. Wenig überraschend. Denn mit dem Lesen bloßer PDF-Klone papierener Einzeltexte sind die Nachteile des digitalen Lesemediums verbunden, ohne dass seine primären Vorzüge zum Tragen kämen – neben der Interaktivität ist dies die Ermöglichung nicht linearer und höchst individueller Lesepfade. Dies ist zu bedenken, bevor das (begrenzte) Phänomen der Bildschirmunterlegenheit zum Anlass genommen wird, die digitalen Möglichkeiten vorschnell mit dem Bade auszuschütten. Unstrittig sind ohnehin die sekundären Vorteile: Digitale Texte sind leicht zugänglich und ortsunabhängig verfügbar.

**Wir lesen, um zu lernen**

Wissenserwerb und Wissensvermittlung jenseits des Schriftsprachlichen sind kaum mehr vorstellbar. Lesen muss man können. Auf der Wortebene ist Lesen zunächst einmal ein Prozess der visuellen Wahrnehmung. Aus kognitionspsychologischer wie aus neurowissenschaftlicher Sicht macht es dabei keinen Unterschied, ob gepixelte Punkte auf einem Bildschirm oder druckschwarze Buchstaben auf dem Papier zu sehen sind. In beiden Fällen kommt

es durch eine Reihe kohärenzstiftender höherer Verarbeitungsprozesse zu einer mentalen Repräsentation des Gelesenen auf der Satz- und Textebene. Spezifische Leseabsichten und inhaltliches Vorwissen erleichtern das Textverstehen. Ein gut geschriebener Text ebenso!

Schulen und Universitäten treiben die Digitalisierung des Lesens vehement voran. Wissenschaftliche Zeitschriften gibt es bald nur noch in elektronischer Form. Die gedruckte *Encyclopaedia Britannica* hat 2012 nach 244 Jahren das Aus ereilt und den deutschen *Brockhaus* kurz darauf. Digital wird also das neue Normal. Digitales Lesen muss aber gelernt werden.

**Informativisches vs. verstehendes Lesen**

Dass der am Bildschirm gelesene Sachtext weniger gut verstanden und behalten wird, liegt nicht am Lesemedium an sich, sondern an einem veränderten Leseverhalten. Denn beim Bildschirmlesen geraten wir leicht in einen informativ-zweckorientierten Lesemodus. Funktional ist ein solcher Lesemodus dann, wenn es um das rasche Suchen und Finden von Informationen in einem Text geht. Der Vorteil des elektronischen Mediums liegt hier auf der Hand: Überblickend-überfliegend (Skimming) und gezielt-suchend (Scanning) lässt sich am Bildschirm meist effizienter lesen als auf Papier.

Für das Verstehen und Behalten längerer Sachtexte ist ein oberflächlich-flüchtiger Lesemodus hingegen nachteilig. Das intensiv-gründliche Lesen braucht Zeit und Anstrengung. Empirische Studien haben gezeigt, dass es beim Bildschirmlesen häufiger zu Ablenkungen und Leseunterbrechungen kommt als beim Lesen auf Papier.



**Literaturtipp**

Andreas Gold:  
**Digital lesen. Was sonst?**  
Vandenhoeck & Ruprecht Verlag,  
181 S., 23 Euro, 2023


Hinzu kommt ein Realitätsverlust, der sich in einer Überschätzung des eigenen Textverstehens und in einer Unterschätzung der Textschwierigkeit manifestiert. So wird das Auffinden von Informationen mit dem Verstehen von Zusammenhängen verwechselt. Dazu passt, dass der digitale Lesevorgang schneller beendet wird. Kein Wunder, dass die Leseleistungen dann unzureichend sind.

**So lässt sich die Bildschirmunterlegenheit überwinden**

Das Abdriften ins Oberflächliche muss nicht sein. Intensiv-verstehend kann ein Text gedruckt wie gepixelt gelesen werden. Dazu gehört es, bewusst langsamer zu lesen, sich digital oder analog fortlaufend Notizen zu machen und sich zwischendurch Fragen zum Text zu stellen und zu beantworten. Es liegt aber auch in der Verantwortung der Lehrpersonen, zum verstehenden Lesen anzuleiten. Die Leseforschung zeigt: Wenn Texte für Studierende besonders interessant waren, wurden sie auch am Bildschirm motivierter und konzentrierter gelesen. Wenn der Leseauftrag mit einer anspruchsvollen Form der Ergebnissicherung verknüpft war (und nicht nur mit der Beantwortung von Richtig-/Falsch-Fragen), wurde auch am Bildschirm intensiver und gründlicher gelesen. Wenn die Lesegeräte offline waren, war das Ablenkungspotenzial geringer.

**Fazit**

Es ist Geschmackssache, ob wir Krimis und Romane am Bildschirm oder auf Papier lesen. Beide Lesemedien ermöglichen den immersiven Lesemodus des zeitvergessenen Lesens (Deep Reading). Beim Bildschirmlesen von Sachtexten muss man sich um einen intensiv-verstehenden Lesemodus (Deep Understanding) jedoch aktiv bemühen.




**Dr. Andreas Gold** ist Seniorprofessor für Pädagogische Psychologie an der Goethe-Universität Frankfurt am Main. Er ist weiterhin Leseforscher und Autor zahlreicher Lehrbücher.

**HERBSTSPECIAL** ENTDECKT


Spannendes aus der MINT-Welt!

Unsere Lesetipps finden Sie online unter nebenstehendem QR-Code oder unter:  
[www.mint-zirkel.de/2023/09/entdeckt-4](http://www.mint-zirkel.de/2023/09/entdeckt-4)

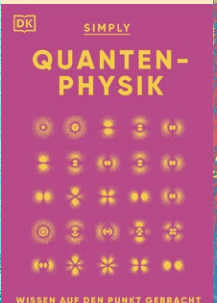
Freuen Sie sich unter anderem auf:




**Die verborgene Geschichte der Erde**




**Der Ruf des Sommers**




**QUANTENPHYSIK**



**DIE UNFASSBARE VIELFALT DES SEINS**



**kinder und Resilienz**



**Frisch im Kopf**



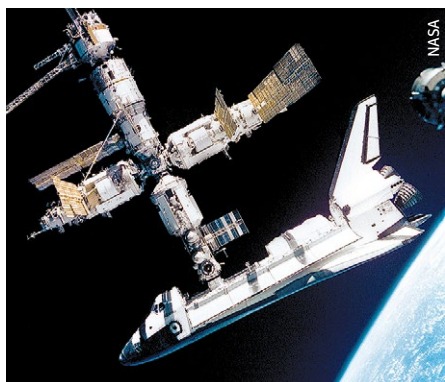
## Raumfahrt

# ISS – eine Heimat im All

Mit Platz für sieben reguläre Besatzungsmitglieder und einer ununterbrochenen menschlichen Präsenz seit Oktober 2000 ist die Internationale Raumstation (ISS) die größte und erfolgreichste Raumstation aller Zeiten. Ihre Zukunft jedoch wird immer ungewisser.

Schon während des Wettlaufs zum Mond hatten die USA und die Sowjetunion das nächste Fernziel im Blick: eine Landung mit Menschen auf dem Mars. Doch es kam anders, denn nach den Mondlandungen des Apollo-Programms von 1969 bis 1972 blieb die Raumfahrt ein halbes Jahrhundert lang in der Nähe der Erde. Die Sowjetunion entwickelte immer komplexere Raumstationen, bis hin zur legendären Mir. Die USA konzentrierten sich auf das Space Shuttle, das leistungsfähigste Raumschiff der Geschichte.

Mit dem Ende des Kalten Krieges wuchsen beide Programme in einer Art histo-



Im Juni 1995 dockte mit dem Space Shuttle Atlantis erstmals ein amerikanisches Raumschiff an der russischen Mir an

rischem Glücksfall zusammen. Aus der Kooperation erwuchs in wenigen Jahren die Internationale Raumstation. Sie ist seit gut 20 Jahren das zentrale Projekt für die Raumfahrt der USA, Russlands, Europas, Japans und Kanadas.

## Zusammenarbeit mit Hindernissen

Die erste Phase der neuen Zusammenarbeit war das Shuttle-Mir-Programm. Die amerikanische Raumfähre brachte Fracht, Bauteile und Besatzung zur Mir. Die NASA bekam Einblicke in den Dauerbetrieb einer komplexen, modularen Raumstation – womit die USA keine eigenen Erfahrungen hatten. Die NASA und ihre Gast-Crews konnten auf der Mir auch Langzeitexperimente in den eigens dafür ausgestatteten Forschungsmodulen Spektr und Priroda durchführen.

Für die russische Raumfahrt ging es jedoch um weitaus mehr: Mit dem Shuttle-Mir-Programm zahlten die USA Hunderte Millionen Dollar, ohne die ein Weiterbetrieb der Raumstation in den 1990er-Jahren wahrscheinlich unmöglich gewesen wäre. Die nächste Phase der Kooperation war der gemeinsame Aufbau der ISS mit einem russischen Segment und einem internationalen Segment. Von 1998 bis 2001 wurde eine Art erste Ausbaustufe fertiggestellt.



Die ISS im Mai 2010, fotografiert aus dem Space Shuttle Atlantis auf einem seiner letzten Flüge

Doch der weitere Ausbau der ISS wurde von einer Katastrophe jäh unterbrochen. Am 1. Februar 2003 verglühte das Space Shuttle Columbia beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre wegen eines Schadens am Flügel, der zwei Wochen zuvor beim Start entstanden war. Zwar konnten russische Sojus-Raumschiffe weiterhin Besatzungen zur ISS und zurück bringen, doch fast alle noch fehlenden großen Module und Bauteile waren für Starts mit amerikanischen Space Shuttles vorgesehen.

## Die Erfüllung der Vision

Erst 2006 wurde der Aufbau der ISS durch die verbleibenden Space Shuttles Discovery, Atlantis und Endeavour wieder aufgenommen. Das Programm hatte nun jedoch ein Ablaufdatum: Bis 2011 mussten alle großen Module und Bauteile ins All gebracht sein – danach würde nie wieder ein Space Shuttle starten. Alle verbleibenden 22 Shuttle-Flüge sollten dem Aufbau und Betrieb der ISS dienen, mit Ausnahme der Mission STS-125 zur Wartung des Hubble-Weltraumteleskops. Das straffe Programm hatte Erfolg: Ab 2006 wurde die ISS-Außenstruktur samt Solarpanels stark erweitert. Es folgten die großen Forschungslabors Columbus aus Europa und Kibō aus Japan sowie die in Europa gebauten Knotenmodule Harmony und Tranquility – Letzteres zusammen mit der berühmten Aussichtskuppel namens Cupola.

Mit dem Ende des Space-Shuttle-Programms im Jahr 2011 war die Station nahezu fertiggestellt. Doch es begann eine fast zehn Jahre lange Durststrecke, während derer es nur genau einen Weg zur ISS gab. Raumfahrer\*innen aus den USA, Europa, Japan und Kanada waren darauf angewiesen, in russischen Sojus-Raumschiffen mitzuflogen. Die USA zahlten hierfür im Schnitt rund 55 Millionen Dollar pro Flug. Die Lage entspannt sich seit 2020 wieder, denn mittlerweile fliegen regelmäßig Dragon-Raumschiffe der US-Firma SpaceX zur ISS; das Starliner-Raumschiff von Boeing soll bald folgen.

Die Erfahrung in der Raumfahrt sagt: Je mehr verschiedene Raumschiffe zur Verfügung stehen, desto besser für die Versorgung der Station und die Sicherheit ihrer Besatzung. Eine Reihe von Fehlfunktionen russischer Raumschiffe machte dies in den letzten Jahren deutlich. Der prominenteste Fall ereignete sich im Jahr 2018: In dem Sojus-Raumschiff, das unter anderem den deutschen Astronauten Alexander Gerst zur ISS gebracht hatte, wurde aus bis heute ungeklärter Ursache ein Loch gefunden und notdürftig im All geflickt. Heute sind in der Regel mindestens ein russisches und ein amerikanisches Raumschiff zugleich

an der ISS angedockt, was mehr Flexibilität bei unerwarteten Problemen bietet.

## Ungewisse Zukunft

Bis Herbst 2021 sah es danach aus, als würde die bewährte ISS-Kooperation selbstverständlich so lange weitergeführt, wie die inzwischen seit Jahrzehnten im All dienende Technik mitspielen würde. Doch am 15. November 2021 führte das russische Militär überraschend einen Test einer Antisatellitenwaffe durch, indem es einen ausgedienten russischen Satelliten abschoss. Die Trümmerwolke im niedrigen Erdborbit bedrohte fast augenblicklich das Leben der siebenköpfigen ISS-Besatzung – darunter der gerade erst eingetroffene Deutsche Matthias Maurer sowie zwei russische Kosmonauten. Die Besatzung zog sich zeitweise in ihre Raumschiffe zurück, geplante Außeneinsätze wurden verschoben.

Kurz darauf folgte der russische Überfall auf die Ukraine. Der beeinträchtigt zwar bisher nicht den täglichen Betrieb der Raumstation oder die Flugpläne zu ihrer Versorgung. Doch eine gemeinsame Fortführung der Kooperation auf lange Sicht wird immer unwahrscheinlicher. Die russische Raumfahrtagentur verfolgt Pläne für eine neue, allein russische Raumstation, so wie auch China eine betreibt. Das internationale Segment der ISS soll mit kommerziell betriebenen Modulen von US-Raumfahrtunternehmen erweitert werden, bevor diese sich möglicherweise zu eigenen Stationen abtrennen. Für die kommenden Jahre jedenfalls werden die Raumfahrtprogramme der beteiligten Länder genauso aneinander gebunden bleiben wie die zusammengedockten Module der Raumstation – mangels Alternative.

Die ISS begann als hoch ambitioniertes Gemeinschaftsprojekt sehr ungleicher Partner, geboren aus einer historischen Ausnahmesituation. Sie inspirierte eine ganze Generation mit gelebter Zusammenarbeit im All und ist heute eine der komplexesten Maschinen, die die Menschheit je gebaut hat. Doch sie zeigt bedauerlicherweise auch, dass nicht einmal der Weltraum 400 Kilometer über dem Erdboden über jene Konflikte erhaben ist, die am Erdboden wüten.

Michael Büker

## Medien- und Nachrichtenkompetenz

# Klassenzimmer trifft Journalismus

Seit 2022 ist „Journalismus macht Schule“ (JmS) ein eingetragener, gemeinnütziger Verein. JmS unterstützt Lehrkräfte bei der Vermittlung von Informations- und Nachrichtenkompetenz. Mit Tipps und Tools für den Klassenraum soll die Nachrichtenkompetenz der Schüler\*innen verbessert und durch Unterrichtsbesuche von Journalist\*innen authentisch vermittelt werden.

Im Verein schließen sich Vertreter\*innen aus verschiedenen Medien, Journalistenschulen und Universitäten, aus Lehrerfortbildung und Medienpädagogik sowie aus Medienanstalten und Institutionen der politischen Bildung zu einem bundesweiten Netzwerk zusammen.

## Junge Menschen brauchen Nachrichtenkompetenz

Ziel ist es, in einer koordinierten und nachhaltigen Anstrengung Schüler\*innen zu kompetenten Akteur\*innen in der demokratischen Öffentlichkeit zu machen. Denn angesichts des durch die sozialen Medien ermöglichten Wandels der Öffentlichkeit, in der wir alle Informationen posten, liken und verbreiten können, benötigen gerade junge Menschen Nachrichtenkompetenz. In den letzten Jahren ist ein vielfältiges Ökosystem der Medienkompetenzförderung entstanden. Nun gilt es, dieses zu koordinieren und zielgerichtet zu gestalten.

## Was bietet „Journalismus macht Schule“?

Lehrkräfte können auf der Website eine Anfrage für einen Journalist\*innen-Schulbesuch stellen, der in der Regel eine Dop-

pelstunde einnimmt. Die Journalist\*innen sollen mit den Schüler\*innen ins Gespräch kommen, deren Fragen beantworten und auch Fragen an sie stellen. In Absprache mit der Lehrkraft kann auch auf bestimmte Themen wie Recherche, Interviewführung oder Quellencheck spezifisch eingegangen werden. Darüber hinaus bietet JmS eine Plattform, auf der geprüfte Unterrichtsmaterialien und bundesweite, teilweise nach Bundesländern aufgeschlüsselte Aktionen, Veranstaltungen und Projekte zum Thema Medienkompetenz zum Download und zur Information bereitgestellt werden.

Franziska Görner

**Journalismus macht Schule**



Journalismus macht Schule

Mehr über den gemeinnützigen Verein „Journalismus macht Schule“ erfahren Sie hier:  
[www.journalismus-macht-schule.org](http://www.journalismus-macht-schule.org)

## Download

Eine Übersicht über die wichtigsten ISS-Module und ihre Aufgaben steht Ihnen hier zum Download zur Verfügung:  
[www.mint-zirkel.de/2023/09/raumstation](http://www.mint-zirkel.de/2023/09/raumstation)





Mathematik

# Musik, Papier und die zwölfte Dimension

Je größer die Frequenz einer schwingenden Klaviersaite, umso höher ist der Ton, den der Mensch hört. Allerdings steigt die Tonhöhe nicht gleichmäßig mit der Frequenz an, sondern wird vom Gehör logarithmisch abgeflacht.

Nach den Gesetzen der Mathematik ist die Summe der Logarithmen zweier Zahlen gleich dem Logarithmus ihres Produktes:  $\log a + \log b = \log(ab)$ . Die Erhöhung eines Tones um eine Oktave entspricht einer Verdopplung seiner Frequenz. Addiert man zu einem Ton 1, 2, 3, 4 oder allgemein  $n$  Oktaven, muss man darum seine Frequenz mit  $2^1, 2^2, 2^3, 2^4$  oder  $2^n$  multiplizieren. Jede Oktave der gleichstufig temperierten Tonleiter ist in zwölf Halbtöne gleichen Abstands unterteilt. Um von einem Halbton zum nächsten zu gelangen, muss man zu ihm eine Zwölftel Oktave addieren und darum seine Frequenz mit  $2^{1/12} = \sqrt[12]{2} \approx 1,05946$  multiplizieren.

### So lassen sich alle Frequenzen berechnen

Die Frequenz des Kammertons  $a'$  ist auf 440 Hz normiert. Daraus ergeben sich die Frequenzen aller anderen Töne. Für  $c'$  bekommt man dadurch die Frequenz  $\frac{1}{2} \sqrt[12]{2} \cdot 440 \text{ Hz} \approx 261,63 \text{ Hz}$  und für die gesamte eingestrichene Oktave die Frequenzen der folgenden Tabelle.

Ton	Frequenz
$c'$	261,63 Hz
$cis', des'$	$(\sqrt[12]{2})^1 \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 277,18 \text{ Hz}$
$d'$	$(\sqrt[12]{2})^2 \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 293,67 \text{ Hz}$
$dis', es'$	$(\sqrt[12]{2})^3 \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 311,13 \text{ Hz}$
$e'$	$(\sqrt[12]{2})^4 \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 329,63 \text{ Hz}$
$f'$	$(\sqrt[12]{2})^5 \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 349,23 \text{ Hz}$
$fis', ges'$	$(\sqrt[12]{2})^6 \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 369,99 \text{ Hz}$
$g'$	$(\sqrt[12]{2})^7 \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 392,00 \text{ Hz}$
$gis', as'$	$(\sqrt[12]{2})^8 \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 415,30 \text{ Hz}$
$a'$	$(\sqrt[12]{2})^9 \cdot 261,63 \text{ Hz} = 440 \text{ Hz}$
$ais', b'$	$(\sqrt[12]{2})^{10} \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 466,16 \text{ Hz}$
$h'$	$(\sqrt[12]{2})^{11} \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 493,88 \text{ Hz}$
$c''$	$(\sqrt[12]{2})^{12} \cdot 261,63 \text{ Hz} \approx 523,25 \text{ Hz}$

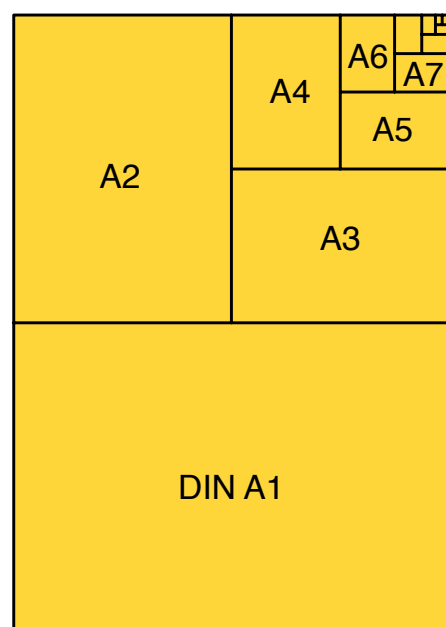
Die niedrigen und höheren Oktaven von der Subkontraoktave bis zur sechsgestrichenen Oktave beginnen mit den Tönen aus der folgenden Tabelle.

Ton	Frequenz
„C	$2^{-4} \cdot 261,63 \text{ Hz} = 16,35 \text{ Hz}$
,C	$2^{-3} \cdot 261,63 \text{ Hz} = 32,70 \text{ Hz}$
C	$2^{-2} \cdot 261,63 \text{ Hz} = 65,41 \text{ Hz}$
c	$2^{-1} \cdot 261,63 \text{ Hz} = 130,81 \text{ Hz}$
$c'$	261,63 Hz
$c''$	$2^1 \cdot 261,63 \text{ Hz} = 523,25 \text{ Hz}$
$c'''$	$2^2 \cdot 261,63 \text{ Hz} = 1.046,50 \text{ Hz}$
$c''''$	$2^3 \cdot 261,63 \text{ Hz} = 2.093,00 \text{ Hz}$
$c'''''$	$2^4 \cdot 261,63 \text{ Hz} = 4.186,01 \text{ Hz}$
$c''''''$	$2^5 \cdot 261,63 \text{ Hz} = 8.372,02 \text{ Hz}$

Im Prinzip gibt es noch beliebig viele Oktaven unterhalb der Subkontraoktave und oberhalb der sechsgestrichenen Oktave, aber ihre Töne sind für den Menschen unhörbar.

### Wie die Frequenzen, so die Papierformate

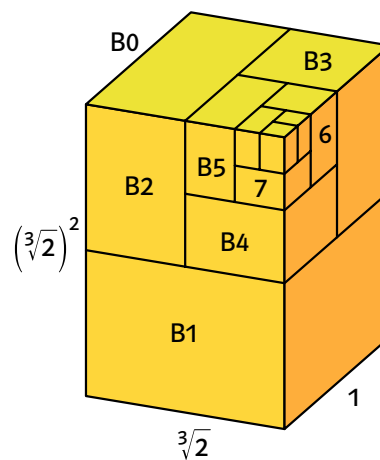
Wechseln wir kurz das Thema und gehen dazu vom Konzertsaal ins Büro. Die Papierformate sind seit 1922 in Deutschland normiert nach DIN 476 und von den meisten Ländern der Welt in ähnlicher Form übernommen worden. Sie wurden von dem Ingenieur und Mathematiker Walter Porstmann entwickelt. Das Grundmaß aller Papierformate ist ein rechteckiger Bogen von 1 Quadratmeter Größe, dessen Seitenlängen im Verhältnis  $1:\sqrt{2}$  zueinander stehen. Sein Format wird als A0 bezeichnet. Halbiert man einen A0-Bogen parallel zu seinen kurzen Seiten, erhält man zwei A1-Bögen. Auch die Seiten des A1-Bogens stehen wieder im Verhältnis  $1:\sqrt{2}$  zueinander. Dass das Seitenverhältnis genau  $1:\sqrt{2}$  ist, hat einen guten Grund: Nur dann bleibt bei der Halbierung eines Bogens das Seitenverhältnis erhalten. Durch weitere Halbierungen erhält man die anderen A-Formate. Einen einzelnen A0-Bogen kann man also so zerschneiden, dass man je ein Blatt aller anderen Formate von A1 bis A $\infty$  erhält.



Das Grundmaß aller Papierformate

### Vom Zweidimensionalen zum Dreidimensionalen

Was man im Zweidimensionalen machen kann, sollte man auch im Dreidimensionalen versuchen. Wir gehen darum vom genormten Rechteck zum genormten Quader. Das Grundmaß aller dreidimensionalen Formate ist ein B0-Quader von 1 Kubikmeter Volumen. Halbiert man ihn parallel zu seinen kleinsten Flächen, entstehen zwei B1-Quader, deren Kanten im selben Verhältnis zueinander stehen wie die Kanten des B0-Quaders. Durch fortgesetzte Halbierung bekommt man die Quader von B2 bis B $\infty$ , die alle die gleichen Kantenlängenverhältnisse haben. Man kann leicht überprüfen, dass dies die Verhältnisse  $1:\sqrt[3]{2}:(\sqrt[3]{2})^2$  sein müssen.



Das Grundmaß eines genormten Quaders

### Von der Mathematik zurück zur Musik

Eduard Baumann aus Fribourg in der Schweiz ist noch einige Dimensionen weiter nach oben gestiegen. Das Vorstellungsvermögen des Menschen versagt dort zwar, aber die Mathematik hat damit keinerlei Probleme. Baumann stellte fest, dass bei einem zwölfdimensionalen Hyperquader, der beim Halbieren seine Kantenverhältnisse bewahren soll, die Kanten im Verhältnis  $1:\sqrt[12]{2}:(\sqrt[12]{2})^2:(\sqrt[12]{2})^3:\dots:(\sqrt[12]{2})^{11}$  stehen müssen. Der K0-Hyperquader hat ein Hypervolumen vom  $1 \text{ m}^{12}$ .

Damit war Baumann in der Musik gelandet. Nimmt man einmal an, dass 1 m gerade 11.502,76 Hz entspricht, dann sind die Kantenlängen des K0-Hyperquaders genau die Frequenzen 8.372,02 Hz, 8.869,84 Hz,

..., 15.804,27 Hz der sechsgestrichenen Oktave. Halbiert man den Hyperquader, bekommt man zwei K1-Hyperquader. Ihre Kanten sind alle um einen Halbton kürzer und haben als Längen die Frequenzen der Halbtöne  $h''''', c''''', cis''''', d''''', \dots, a'''''$  und  $ais'''''$ . Auch jede weitere Halbierung der Hyperquader kürzt alle Kantenlängen um jeweils einen Halbton. Nach zwölf Halbierungen gelangt man zum Hyperquader K12, dessen Kantenlängen die Frequenzen der fünfgestrichenen Oktave sind. So geht dies immer weiter: Nach jeweils zwölf Halbierungen sind alle Kantenlängen eines Hyperquaders um eine Oktave kürzer geworden, bis man schließlich beim K108-Hyperquader und der Subkontraoktave angelangt ist.

Nun könnte man ja erwarten, dass durch diesen geradezu ästhetischen Zusammenhang zwischen den DIN-A-Papierformaten und der Musik Noten auf DIN-A-Papier gedruckt würden. Das ist aber mitnichten so: Notenblätter haben bedauerlicherweise ganz andere Papierformate.



Prof. Dr. Heinrich Hemme ist Physiker und Unterhaltungsmathematiker. Er hat etwa 2.500 Artikel und rund 30 Bücher geschrieben, darunter *Mathematische Kopfnüsse* (Petersberg, 2022).

ANZEIGE

**ES GEHT UM DIE WELT!**  
 #abenteuer #reise  
 #verantwortung #klimazukunft

Weitere Informationen unter 0471 902030-0 oder [www.klimahaus-bremerhaven.de/lernort](http://www.klimahaus-bremerhaven.de/lernort)

**KLIMAHHAUS BREMERHAVEN**



## Astronomie

# Nur mit Licht zum Sterngewicht

Albert Einsteins Relativitätstheorie dient heute als Werkzeug: Erstmals wurde die Masse eines Sterns anhand der Deformation seiner Raumzeit ringsum gemessen. Schon 1912 hatte Einstein entdeckt, wie ein Stern durch seine Schwerkraft die Lichtstrahlen eines anderen, viel weiter entfernten Sterns geringfügig verbiegt. Weil der Ablenkwinkel winzig ist, schrieb er 1936, nachdem er diesen Gravitationslinseneffekt erneut untersucht hatte: „Selbstverständlich besteht keine Hoffnung, das Phänomen zu beobachten.“

Zwar maßen britische Astronomen bereits 1919, dass die von der Allgemeinen Relativitätstheorie als Krümmung der Raumzeit beschriebene Gravitation tatsächlich Lichtstrahlen auf krumme Touren zwingt. Freilich glückte dieser revolutionäre Nachweis lediglich vor unserer kosmischen Haustür: bei der Sonne. Inzwischen jedoch gehört der Gravitationslinseneffekt zum Alltag der Astronom\*innen – allerdings hinsichtlich ganzer Galaxien und Galaxienhaufen, nicht einzelner Sterne.

## Auf der Suche nach Positionsverschiebungen

Trotzdem wurde der astrometrische Mikrogravitationslinseneffekt nicht vergessen. So wird die scheinbare Positionsverschiebung eines fernen Sterns heute genannt, wenn sein Licht im Gravitationsfeld eines anderen Sterns abgelenkt wird, der – von uns aus betrachtet – fast genau vor dem Hintergrundstern steht beziehungsweise an diesem vorüberzieht.

1964 hatte der norwegische Astrophysiker Sjur Refsdal vorgeschlagen, nach solchen Ereignissen Ausschau zu halten. Das klang damals utopisch. Doch im Jahr 2000 suchten Samir Salim und Andrew Gould von der Ohio State University in Columbus systematisch nach geeigneten Kandidaten. Sie fanden 32 bis zum Jahr 2015. Keiner wurde gemessen.

Dank des 2013 gestarteten Astrometrie-satelliten Gaia steht nun aber eine Fülle von Präzisionsdaten zur Verfügung. Auf dieser Basis wurden seit 2018 insgesamt rund 7.200 Mikrolinsenereignisse mit Lichtablenkungen von mindestens 0,1 Millibogensekunden in diesem Jahrhundert prognostiziert. Besonders fündig wurden Ulrich Bastian, Markus Demleitner, Jonas Klüter und Joachim Wambsgans vom Astronomi-

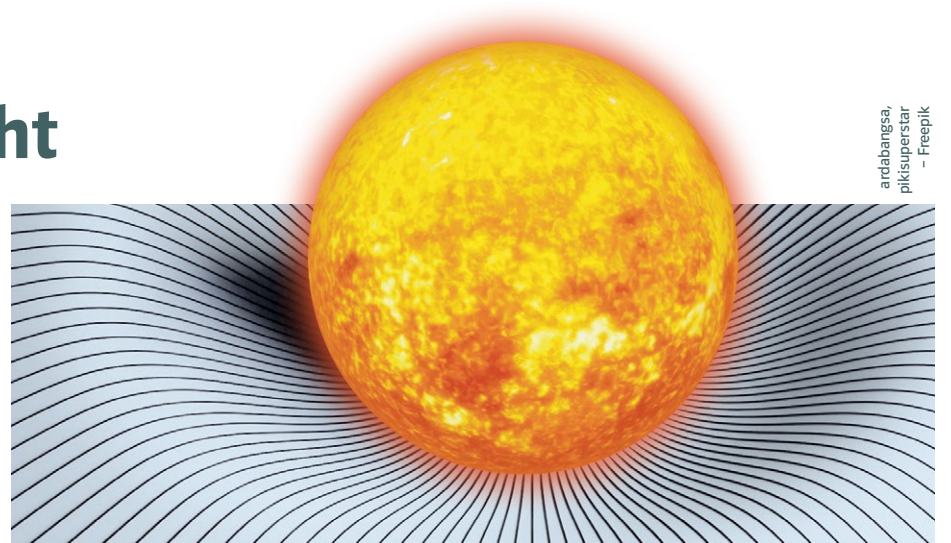
schen Rechen-Institut (ARI) der Universität Heidelberg. Auch Daniel M. Bramich und Martin B. Nielsen von der New York University in Abu Dhabi identifizierten zahlreiche Kandidaten.

## Vom Testfall zum Messinstrument

Mit dem Mikrogravitationslinseneffekt kam es zu einer bemerkenswerten Entwicklung: Zunächst war die Lichtablenkung die Nagelprobe für die Allgemeine Relativitätstheorie. Um diese zu überprüfen, wurde die Ablenkung immer genauer gemessen – inzwischen mit einer Präzision von 1 zu 10.000. Im Umkehrschluss lässt sich aus der Lichtablenkung aber auch die Masse des Vordergrundobjekts errechnen, das die Krümmung verursacht. Der Effekt kann also gewissermaßen als astrophysikalisches Werkzeug eingesetzt werden: als Sternenwaage.

Inzwischen sind drei astrometrische Mikrolinseneffekte gemessen und publiziert worden. Zuerst gelang dies einem Team um Kailash C. Sahu vom Space Telescope Science Institute in Baltimore, Maryland, bei dem 17 Lichtjahre fernen Weißen Zwergstern Stein 2051 B im Sternbild Giraffe mithilfe des Hubble-Weltraumteleskops. Weiße Zwerge sind die kompakten Ruinen ausgebrannter kleinerer Sterne, deren Masse nicht ausreichte, um als Supernova zu explodieren. Auch unsere Sonne wird in etwa 7,6 Milliarden Jahren zu einem solchen Zwerg kollabieren, wenn ihr Brennstoff verbraucht ist. 2017 veröffentlichte Sahu das Ergebnis: Stein 2051 B hat 0,675 plus/minus 0,051 Sonnenmassen.

Die zweite Messung glückte mit dem Very Large Telescope der Europäischen Südsternwarte in Chile bei Proxima Centauri, dem mit einer Distanz von nur 4,24 Lichtjahren sonnennächsten Stern.



Lichtstrahlen gelangen auf die sprichwörtliche schiefe Bahn, wenn sie das Gravitationsfeld eines Sterns passieren. Denn Masse verformt die Raumzeit. Das hat Albert Einstein mit einem eingedellten Gummiteuch verglichen.

Ein internationales Team um Alice Zurlo von der Universität Santiago de Chile berichtete 2018, dass dieser Rote Zwergstern 0,15 plus/minus 0,06 Sonnenmassen hat.

Allerdings ist sowohl Stein 2051 B als auch Proxima Centauri Teil eines Mehrfachsystems. Anders LAWD 37 im Sternbild Fliege am Südhimmel. Mit einer Entfernung von 15,12 Lichtjahren ist er der zweitnächste bekannte isolierte Weiße Zwerg. Er hat etwa ein Hundertstel des Durchmessers unserer Sonne, ungefähr 14.000 Kilometer, und lediglich 0,05 Prozent ihrer Leuchtkraft. Entstanden ist er vor etwa 1,15 Milliarden Jahren. Sein Vorläufer war wahrscheinlich ein heller, heißer Stern mit dem 4,4-Fachen der Sonnenmasse. Der Großteil seiner Materie wurde durch heftige Sternwinde in den Weltraum geblasen – vor allem im aufgeblähten Stadium des Roten Riesen, das dem Kollaps zum Weißen Zwerg vorangeht. Ob LAWD 37 von Planeten umkreist wird, ist unbekannt; eine gezielte Suche des Hubble-Weltraumteleskops konnte keinen nachweisen.

## Erste direkte Massebestimmung

LAWD 37 bewegt sich rasch am Himmel. Auf Grundlage der Gaia-Messungen von 2014 bis 2017 hatte Peter McGill von der Cambridge University vorausgesagt, dass LAWD 37 im November 2019 einen 400-mal lichtschwächeren Hintergrundstern passieren würde, und prognostizierte eine scheinbare Positionsverschiebung dieses Sterns um bis zu 2,8 Millibogensekunden infolge seiner Lichtablenkung im Gravitationsfeld des Weißen Zwergs. Daraufhin wurde Beobachtungszeit mit dem Hubble-Weltraumteleskop beantragt – und genehmigt. Nur dieses kann bei derart extremen Helligkeitsunterschieden so präzise messen. Unter der Leitung von Kailash Sahu nahm es LAWD 37 ins Visier, insgesamt neunmal vom 1. Mai 2019 bis zum 16. September 2020. „Diese Ereignisse geschehen sehr selten, und die Effekte sind winzig“, sagt McGill, der nun an der University of California in Santa Cruz forscht. „In unserem Fall war es, als würde man die Länge eines Autos auf der Erde vom Mond aus messen wollen.“ Verglichen mit dem ersten Nachweis einer Lichtablenkung, während der Sonnenfinsternis von 1919, war der Ablenkwinkel 625-mal kleiner.

Die Messungen waren äußerst schwierig. Der Schein des Weißen Zwergs erzeugt unvorhersagbare Reflexionen in der Optik, sodass jede einzelne Aufnahme sorgfältig analysiert werden musste. Außerdem waren aufwendige Modellsimulationen nötig, um das Rauschen im Detektor zu berücksichtigen und die statistische Güte der Messungen besser abschätzen zu können.

Vor wenigen Monaten stellten Peter McGill und sein internationales Team, zu dem auch Nielsen, Klüter und Wambsgans gehören, die Ergebnisse vor. Während des engsten scheinbaren Abstands am Himmel, 397 Millibogensekunden, betrug die gemessene Lichtablenkung des Hintergrundsterns 2,46 plus/minus 0,34 Millibogensekunden. Das stimmt mit der Voraussage gut überein. Daraus ergibt sich, dass LAWD 37 0,56 plus/minus 0,8 Sonnenmassen schwer ist.

Das Resultat ist die erste quasi direkte Massebestimmung eines Einzelsterns (abgesehen von der Sonne). Es passt gut zu den Modellen der Entstehung und Entwicklung von Weißen Zwergen. Weitere Mikrolinsenmessungen von LAWD 37 werden mithilfe anderer Hintergrundsterne in den nächsten Jahrzehnten möglich sein. Damit wird sich die erste Messung nicht nur überprüfen lassen, sondern die Masse des Weißen Zwergs könnte im Idealfall auch auf bis zu drei Prozent genau bestimmt werden.

Das Resultat ist die erste quasi direkte Massebestimmung eines Einzelsterns (abgesehen von der Sonne). Es passt gut zu den Modellen der Entstehung und Entwicklung von Weißen Zwergen. Weitere Mikrolinsenmessungen von LAWD 37 werden mithilfe anderer Hintergrundsterne in den nächsten Jahrzehnten möglich sein. Damit wird sich die erste Messung nicht nur überprüfen lassen, sondern die Masse des Weißen Zwergs könnte im Idealfall auch auf bis zu drei Prozent genau bestimmt werden.

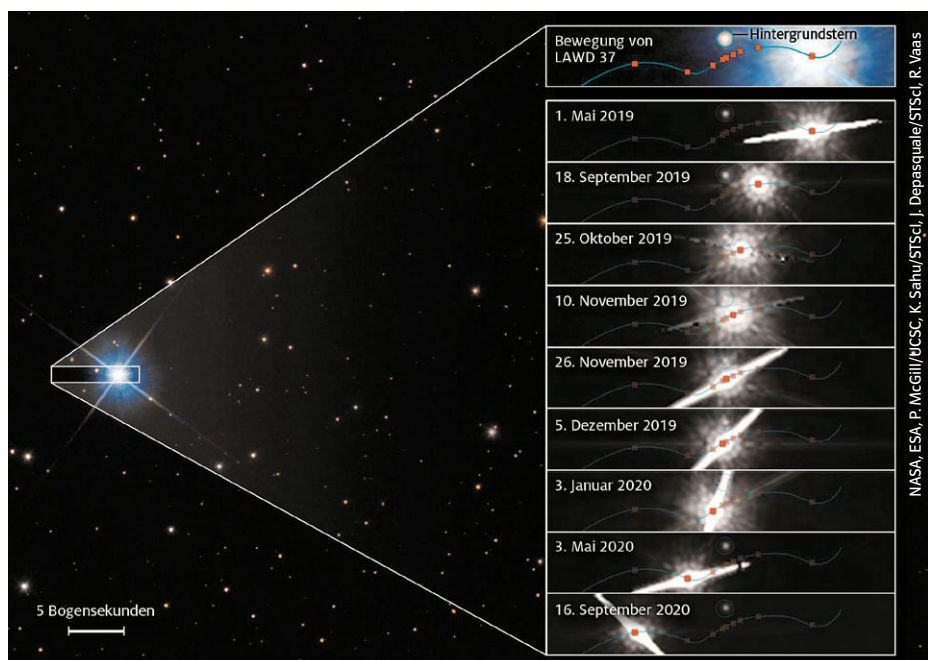
## Leuchtende Zukunft

Dank der Präzisionsdaten von Gaia sind künftig noch viele Mikrolinsen messbar, auch von gewöhnlichen Sternen. „Bis 2030 gibt es etwa 50 bis 100 Ereignisse, die gut beobachtet werden können“, ist Jonas Klüter zuversichtlich, der inzwischen an der Louisiana State University in Baton Rouge arbeitet.

Einen weiteren Weißen Zwerg hat Kailash Sahu schon im Visier: LAWD 66 in 74 Lichtjahren Entfernung – dieses Mal jedoch nicht mit Hubble, sondern mit dem 2021 gestarteten James Webb Space Telescope. Die ersten Aufnahmen wurden bereits 2022 gemacht, zur maximalen Lichtablenkung kommt es im August 2024. Weil Webb für infrarote Wellenlängen empfindlich ist, in denen Weiße Zwerge weniger hell strahlen, tritt der lichtschwache Hintergrundstern deutlicher hervor.

Und Jonas Klüter hat mit dem ARI-Team für 473 verschiedene Zwergsterne 625 Ereignisse in den nächsten Jahrzehnten vorausgerechnet. Die Relativitätstheorie wird Einsteins Zweifel zum Trotz also bald wie am Fließband als astrometrisches Werkzeug zum Einsatz kommen.

**Rüdiger Vaas** ist Publizist, Dozent sowie Astronomie- und Physik-Redakteur beim Monatsmagazin *bild der wissenschaft* und Autor von 14 Büchern, darunter *Einfach Einstein!* (Kosmos, 2018).



Der Weiße Zwerg LAWD 37 – hier mit hellen Reflexen und Detektor-Übersättigungen auf den Fotos des Hubble-Weltraumteleskops – bewegt sich relativ rasch am irdischen Himmel. Die blaue Linie rechts oben markiert seine Bahn (die Wellenform resultiert aus der Bewegung der Erde um die Sonne). Im November 2019 zog LAWD 37 an einem 400-mal lichtschwächeren Hintergrundstern vorbei und lenkte dabei dessen Licht geringfügig ab: um weniger als 3 Millibogensekunden. Das konnte das Hubble-Teleskop mit insgesamt neun Positionsmessungen nachweisen (rote Punkte). Sie ermöglichten Rückschlüsse auf die Masse des Zwergsterns.



## Biologie

# Wenn Abfall lebendig wird – Upcycling-Modelle veranschaulichen biologische Prozesse

Die Anschaffung von Unterrichtsmitteln ist oftmals eine kostspielige Angelegenheit. Auf der Suche nach Alternativen, die zudem die Selbstständigkeit, Kreativität und das handwerkliche Geschick von Kindern fördern, lohnt sich der Blick über Ländergrenzen hinweg. So zeigt der informelle Sektor in den wirtschaftlich ärmeren Ländern unserer Erde Improvisationstalent und einen innovativen Reichtum, den man in der formalen Schule westlicher Staaten oft vergeblich sucht. Not macht erfinderisch – sie provoziert Einfälle auch für scheinbare Abfälle, und es gibt offenbar nichts, was sich nicht durch Recycling herstellen lässt.

In vielen Ländern der Welt gibt es nur begrenzte Lernmöglichkeiten vor Ort. Oft mangelt es bereits an den einfachsten Lehr- und Lernmitteln für einen anschaulichen und anregenden Unterricht. Manche Schulen bieten gerade das Allernotwendigste: ein Schulgebäude mit Dach gegen Regen und Sonne, Bänke zum Sitzen, rohe Bretter als Tische, Tafel und Kreide. Kritiker\*innen beklagen zudem, dass viele Schulen nicht nur Orte der materiellen Armut, sondern in deren Folge auch der methodischen Monotonie sind, der Unterrichtsablauf durch Anschreiben, Abschreiben, Auswendiglernen und Wiedergeben bestimmt wird. „Copycopy“ oder „talk and chalk“ wird dieses Ritual zuweilen genannt. Warum also sollte man die Improvisationstalent und den innovativen Reichtum des informellen Sektors nicht nutzen, um eben jene materielle Misere und damit auch die methodische Monotonie zu ändern?

## Not macht erfinderisch

Ein Blick in die Geschichte zeigt, dass es auch in Deutschland Zeiten gab, wo aus der Not heraus nach Möglichkeiten gesucht wurde, um dennoch den Unterricht anschaulich gestalten zu können. Schließlich



Modell des menschlichen Verdauungssystems aus Fahrradschläuchen und Ölflaschen (Sammlung Hans Schmidt)

kam der Schulbetrieb nach den Schrecken des Zweiten Weltkrieges nur langsam wieder auf die Beine. Dieser historische und auch der aktuelle Ideenreichtum anderer Länder ist dabei voller pfiffiger, einfacher Lösungen, die es zu entdecken und zu nutzen lohnt.

Alternativen, die zudem inspirieren, sind also denkbar. So gilt das Interesse von Bildungspolitik\*innen und Entwicklungsexpert\*innen in einigen wirtschaftlich ärmeren Ländern nicht nur der Fortbildung von Lehrkräften, sondern auch der systematischen Herstellung von sogenannten angepassten Lehrmitteln, die aus lokalen Materialien preiswert und innerhalb kürzester Zeit hergestellt werden können. Eine Idee, die auch hierzulande hilfreich scheint. Nicht zuletzt, da in der wohlversorgten pädagogischen Konsumgesellschaft das gekonnte und selbstverständliche Improvisieren oft unberücksichtigt bleibt.

## Improvisieren lernen im handlungsorientierten Unterricht

Die Arbeit mit biologischen Modellen gehört zum naturwissenschaftlichen Unterricht. Schließlich dienen Modelle dazu, die Realität zu interpretieren. Interessant wird Unterricht aber erst dann, wenn Kinder selbstständig Hand anlegen, sie Modelle bauen, mit ihnen arbeiten und an ihnen lernen können. Beteiligt man Schüler\*innen also am Herstellungsprozess, lassen sich nicht nur die Freude am Fach, sondern auch Initiative, Kreativität und das handwerkliche Geschick fördern. Fächerverbindendes oder fächerübergreifendes Arbeiten wie das Anwenden erlernter Fertigkeiten u.a. aus dem Fach Werken bieten sich hier an. Im handlungsorientierten Unterricht lässt sich so in einfacher, improvisierter Studienqualität fast kostenlos Abstraktes ganz nebenbei „begreifbar“ machen. Dabei sind der Gestaltung keine Grenzen gesetzt: Naturwissenschaftliche Phänomene und biologische Prozesse – vom Aufbau eines Vogelschnabels bis hin zur Funktionsweise des menschlichen Verdauungssystems – lassen sich mit ein wenig Kreativität und Alltagsgegenständen anschaulich darstellen.

Ein weiterer Nutzen: Durch die Verwendung und Umwandlung tatsächlicher oder scheinbarer Abfallprodukte in neuwertige Produkte erfahren „wertlose“ Gegenstände eine stoffliche Aufwertung. Diese Wiederverwertung oder das sogenannte Upcycling ist mittlerweile eine Modeerscheinung bei kreativ tätigen Menschen. Die Übertragung auf den Biologieunterricht kann somit an die Alltagserfahrungen der Kinder anknüpfen.

## Ideen gefällig?

Lohnenswert ist ferner der Einsatz von Straßenkreide, die an sich ja bereits einen hohen Aufforderungscharakter besitzt. Erhalten Schüler\*innen beispielsweise den Arbeitsauftrag, in Gruppenarbeit das Verdauungssystem nach einer Vorlage vergrößert nachzuzeichnen, kann dieses anschließend nicht nur beschrieben, sondern sogar „durchlaufen“ werden. Selbst die Mundwerkzeuge von Insektenköpfen wie der Saugrüssel eines Schmetterlings lassen sich durch Styroporkugeln, Pfeifenreiniger etc. nachbauen. Ein schöner Nebeneffekt: Durch den Werkstattcharakter wird die Lehrkraft zur Lernbegleitung. Dies ermöglicht ein differenziertes Arbeiten in heterogenen Lerngruppen auch bei eventuell vorhandenen Sprachbarrieren. Und die Produkte selbst können anschließend im



Modell einer Amöbe (Sammlung Hans Schmidt)

Schulhaus an geeigneter Stelle ausgestellt werden, wodurch die Lerntätigkeit der Kinder eine Wertschätzung erfährt und ganz nebenbei auch für einen anschaulichen naturwissenschaftlichen Unterricht geworben wird.

**Dr. Karl Porges** ist als Mitarbeiter (Postdoc) an der Friedrich-Schiller-Universität Jena in der AG Biologiedidaktik tätig.

**Hans Schmidt** hat in vielen Ländern unter anderem in Workshops des Goethe-Instituts Anleitungen für die Herstellung von Lehrmitteln aus lokalen Materialien vermittelt. Seine Sammlung hat er der Universität Jena, AG Biologiedidaktik überlassen. Gezeigt wurde diese auch im Rahmen der Ausstellung „Einfälle für Abfälle“ in vielen Museen in Deutschland.

## ANZEIGE

jugend präsentiert  
und Wissen wird lebendig

**Schüler\*innenwettbewerb**

- Bundesweiter Wettbewerb mit mehr als 8.000 Teilnehmer\*innen jährlich
- Ab 7. Klasse bis 21 Jahre
- Bewerbungsfrist vom 1. November bis 15. Februar
- Gewinn: mehrtägige Städtereise mit exklusivem Einblick in die Welt der Forschung

**#zeigher**  
was du weißt

**Lehrkräftetrainings**

- Kostenfreie Multiplikator\*innentrainings für Lehrkräfte der Sekundarschulen
- Weiterführende Fortbildungs- und Netzwerkveranstaltungen
- Kostenfreie Unterrichtsmaterialien

Fördern Sie mit Jugend präsentiert die Präsentationskompetenz Ihrer Schüler\*innen in den MINT-Fächern

[www.jugend-praesentiert.de](http://www.jugend-praesentiert.de)

Projektträger

Projektbüro

Forschungsstelle

## Literaturtipps

Wie groß ist eine Zelle und wie ist sie aufgebaut? Mit welchen Flossen lenkt der Fisch? Wie funktionieren Stimmbänder? Es ist spannend, wenn man mit allen Sinnen auf Entdeckungsreise geht. Eine Flasche mit Schnüren wird so zum Polypen, Ballons werden zu Muskeln und Streichhölzer zu Chromosomen. Diese und weitere Anregungen finden Sie in:



Hans Schmidt, Andy Byers:  
**Biologie einfach anschaulich – Begreifbare Biologiemodelle zum Selberbauen mit einfachen Mitteln.**  
Verlag an der Ruhr, 176 S., 26,99 Euro, 2012.



## Experimente

# Experimentieren fürs Klima – mit AdUmint die Ozeanversauerung erforschen

Die Versauerung der Ozeane hat dem Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung zufolge einen erheblichen Einfluss auf marine Lebensformen, insbesondere auf jene, die ihre Skelette und Schalen aus Kalk aufbauen (zum Beispiel Korallen, Muscheln, Schnecken, Kalkalgen). Diese Organismen spielen eine essenzielle Rolle im marinen Ökosystem. Der niedrigere pH-Wert des sauren Wassers beeinträchtigt jedoch ihr Wachstum und kann das gesamte Ökosystem aus dem Gleichgewicht bringen.

Besonders in den polaren Regionen ist die Ozeanversauerung deutlich erkennbar und stellt eine ernsthafte Bedrohung für kalkbildende Organismen dar. Das Verschwinden dieser Organismen könnte sich auf viele andere Arten auswirken und weitreichende Folgen für uns Menschen haben, deren Existenz von den Ozeanen abhängt. Es ist daher von höchster Bedeutung, das Bewusstsein für dieses komplexe Problem zu schärfen und Maßnahmen zum Schutz zu entwickeln.

## Wie kommt es zur Ozeanversauerung?

Das Ozeanwasser hat im Durchschnitt einen leicht basischen pH-Wert von etwa 8. Mit steigender  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atmosphäre nehmen die Ozeane vermehrt  $\text{CO}_2$  auf, wobei es mit dem Wasser reagiert und Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) entsteht. Die Kohlensäure gibt Wasserstoffionen an das Wasser ab, was wiederum zu einer Erhöhung der Wasserstoffionen-Konzentration führt und das Wasser saurer macht. Dieser physikalisch-chemische Prozess wird als Ozeanversauerung bezeichnet.

Gegenwärtig nehmen die Ozeane etwa ein Viertel des anthropogen verursachten

$\text{CO}_2$  auf und tragen somit zur Milderung der globalen Erwärmung bei. Jedoch lässt diese Puffereigenschaft mit zunehmender Versauerung nach. Die Funktion der Ozeane als bedeutende „ $\text{CO}_2$ -Senke“ wird daher in Zukunft abnehmen und den Treibhauseffekt weiter verstärken, sofern der  $\text{CO}_2$ -Ausstoß nicht deutlich vermindert wird.

## Eine Meerjungfrau in der Kontextgeschichte

Das Projekt AdUmint bietet Lehrkräften ein innovatives Tool zur Vermittlung der Ozeanversauerung im Kontext des Klimawandels. In einem faszinierenden Unterwasserabenteuer werden die Auswirkungen der Ozeanversauerung in einer sinnstiftenden Geschichte nach der Methode des digitalen Storytellings in einem Comic eingebettet. Die pädagogische Agentin dieser Geschichte, eine Meerjungfrau, lebt im Korallenriff und beobachtet besorgt, wie sich dieses verändert. Neugierig macht sie sich auf den Weg zum „Ocean Science Lab“, um mehr zu erfahren. Dort stellt sie die Forschungsfrage, welche Auswirkungen ein steigender  $\text{CO}_2$ -Gehalt auf kalkbildende Lebewesen hat, und führt dazu ein Experiment durch.

Die gewonnenen Erkenntnisse lassen die Meerjungfrau nicht mehr los, und sie setzt sich für den Schutz der Meeresorganismen ein. Die Geschichte wird zu einem inspirierenden Aufruf zum Schutz der marinen Lebensräume.

## So funktioniert das Experiment

Im Experiment wird untersucht, wie sich ein erhöhter  $\text{CO}_2$ -Gehalt im Meerwasser auf die dort lebenden Schalentiere auswirkt. Das Experiment unterteilt sich gemäß dem Forschungskreislauf in die Phasen Vermuten, Planen, Durchführen und Auswerten. Demnach stellen die Schüler\*innen in der ersten Phase des Experiments Vermutungen darüber an, wie sich die Ozeanversauerung auf die im Meer lebenden Schalentiere auswirkt.



**Hier geht's zum Experiment**

Das Experiment eignet sich für Schüler\*innen der 5. und 6. Klasse. Das MuxBook kann in der Webversion abgerufen und mit der Remix-Funktion bearbeitet werden. Für die Arbeit am Smartphone ist das MuxBook nicht geeignet. Das zugehörige Buch ist zu finden unter: [www.t1p.de/experiment-ozean](http://www.t1p.de/experiment-ozean)

Zur Vorbereitung auf die digitale Experimentierumgebung empfehlen wir ein Tutorial zur Arbeit mit MuxBooks: [www.t1p.de/muxbooks-tutorial](http://www.t1p.de/muxbooks-tutorial)

Im zweiten Schritt soll das Experiment geplant werden. Um die Planung zu erleichtern, werden den Schüler\*innen die für das Experiment benötigten Materialien dargeboten (Kreidestücke, Bechergläser, Leitungs- und mit  $\text{CO}_2$  versetztes Wasser (Sprudelwasser), Kreidehalter, Waage, Unterlage).

Im Anschluss daran erhalten sie die Aufgabe, einen geeigneten Versuchsaufbau zu entwickeln. Um gleiche Bedingungen für das Experiment herzustellen, erhalten die Schüler\*innen Hinweise über die Menge und Art des Wassers sowie über die Größe der Kreidestücke.

Die dritte Phase besteht aus der Durchführung des Experiments. Da die Kreide zu Beginn immer Wasser aufnehmen wird, muss diese zunächst für eine Minute in Leitungswasser gelegt werden. Jetzt können die Schüler\*innen mit der eigentlichen Durchführung beginnen. Die erste Aufgabe ist, je ein Becherglas mit Leitungswasser und ein weiteres mit Sprudelwasser zu befüllen. Im nächsten Schritt werden die Kreidestücke gewogen. Anschließend werden beide Kreidestücke mithilfe des Kreidehalters gleichzeitig in das Sprudel- und Leitungswasser gegeben. Nach zwei, vier und sechs Minuten wird der Kreidehalter wieder herausgeholt, die Kreidestücke

werden abgetrocknet und erneut gewogen. Die Ergebnisse der Messung werden dabei tabellarisch festgehalten und anschließend in ein Koordinatensystem eingetragen.

In der Phase der Auswertung sollen die Schüler\*innen anhand der Beobachtungen aus dem Experiment entscheiden, ob ihre Vermutung aus der ersten Phase sich als richtig oder falsch erwiesen hat. Zum Abschluss soll erklärt werden, was es für die im Meer lebenden Schalentiere bedeutet, wenn der  $\text{CO}_2$ -Gehalt im Wasser steigt.

## Vorteile pädagogischer Agent\*innen

Die Förderung von Experimentierkompetenzen in heterogenen Lerngruppen erfordert eine individuelle Gestaltung der Lernumgebung. Studien zeigen, dass Mädchen ausführlichere Erklärungen und Kontrollmöglichkeiten wünschen und Personen mit geringer Selbstwirksamkeitserwartung Anweisungen Schritt für Schritt befolgen. Eine gut strukturierte Instruktion und angemessene Unterstützungsmaßnahmen sind entscheidend für erfolgreiches Experimentieren im Unterricht.

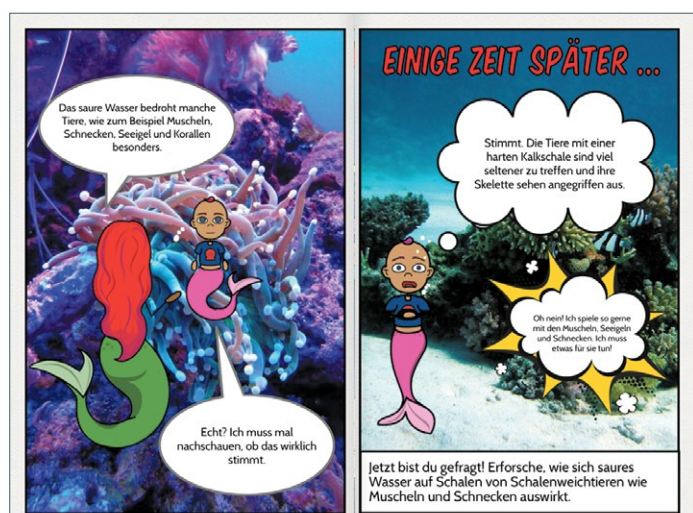
Um diese Herausforderungen zu bewältigen, setzen unsere digitalen Experimentierumgebungen auf pädagogische Agent\*innen, animierte Charaktere, die Schüler\*innen beim Lernen begleiten und motivieren sollen. Forschungsergebnisse zeigen, dass sympathische Agent\*innen, die durch die digitale Experimentierumgebung führen, den Lernerfolg und die Motivation der Schüler\*innen fördern können, besonders bei Lernenden ohne oder mit wenig Vorwissen.

Jun.-Prof. Dr. Nadine Tramowsky,  
Felix Nell und Laura Hipp

**Das Projekt AdUmint**

Bundesministerium für Bildung und Forschung **AdUmint**

Gefördert durch das BMBF hat das Projekt AdUmint das Ziel, Experimentierkompetenz und Selbstwirksamkeitserwartung im Bereich MINT zu fördern. Dazu werden digitale, barrierearme Anleitungen, unterschiedliche Darstellungsformen und gestufte Lernhilfen während der Durchführung von Experimenten zum Klimawandel eingesetzt. Weitere Informationen zum AdUmint-Projekt finden Sie unter: [www.ph-freiburg.de/recce/projekte/adumint.html](http://www.ph-freiburg.de/recce/projekte/adumint.html)



**Durchführung und Dokumentation**

**Arbeitsauftrag**

Trage deine Messwerte aus der Tabelle als Punkte in das Koordinatensystem ein. Die x-Achse stellt die Zeit in Minuten dar, und die y-Achse das Gewicht in Gramm.

Wichtig: Male die Punkte der Messwerte der Kreide aus dem kohlenstoffhaltigen Wasser in BLAU und die Punkte der Messwerte der Kreide aus dem Leitungswasser in ROT. Verbinde die Punkte im Anschluss.

Brauchst du Hilfe beim Erstellen des Koordinatensystems? Lass mich wissen, wenn ich helfen kann!

Einen Tipp für mich? Erzähl mir mehr!

Tipps: Tipp 2.pdf, Lösung.pdf

Während die Kontextgeschichte als Comic dargestellt wird (links), wird das Experiment mit adaptiven Lernhilfen in Form von Tipps und Lösungen dokumentiert (rechts)

## Literaturtipps

Domagk, S. (2008). *Pädagogische Agenten in Multimedialen Lernumgebungen: Empirische Studien zum Einfluss der Sympathie auf Motivation und Lernerfolg*. Logos-Verlag.

Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (2022). *Fakten zur Ozeanversauerung*. Online verfügbar unter: [www.awi.de/im-fokus/ozeanversauerung/fakten-zur-ozeanversauerung.html](http://www.awi.de/im-fokus/ozeanversauerung/fakten-zur-ozeanversauerung.html) [letzter Zugriff: 30.08.2023].

Irion, T. & Hägele, N. (2020). MuxBooks. Das Arbeitsheftkonzept der Gegenwart. *Grundschule Deutsch*, 65, 16–17.

Jahnke-Klein, S. (2011). Jungen und Mädchen im Mathematikunterricht. Was wünschen sie und wie sollte mit den Wünschen umgegangen werden? *Pädagogik*, 63(3), 14–17.

Tramowsky, N. (2023). MuxBooks. Digitale Stories mit Kindern im naturwissenschaftlichen Sachunterricht gestalten. In T. Irion, M. Peschel & D. Schmeinc (Hrsg.), *Grundschule und Digitalität: Grundlagen, Herausforderungen, Praxisbeispiele* (S. 315–324). Beiträge zur Reform der Grundschule, 155. Frankfurt am Main: Grundschulverband.

<https://doi.org/10.25656/01:25820>



MINTSPACE by Hohenloher

## Ein Fachraum für die Geografie!

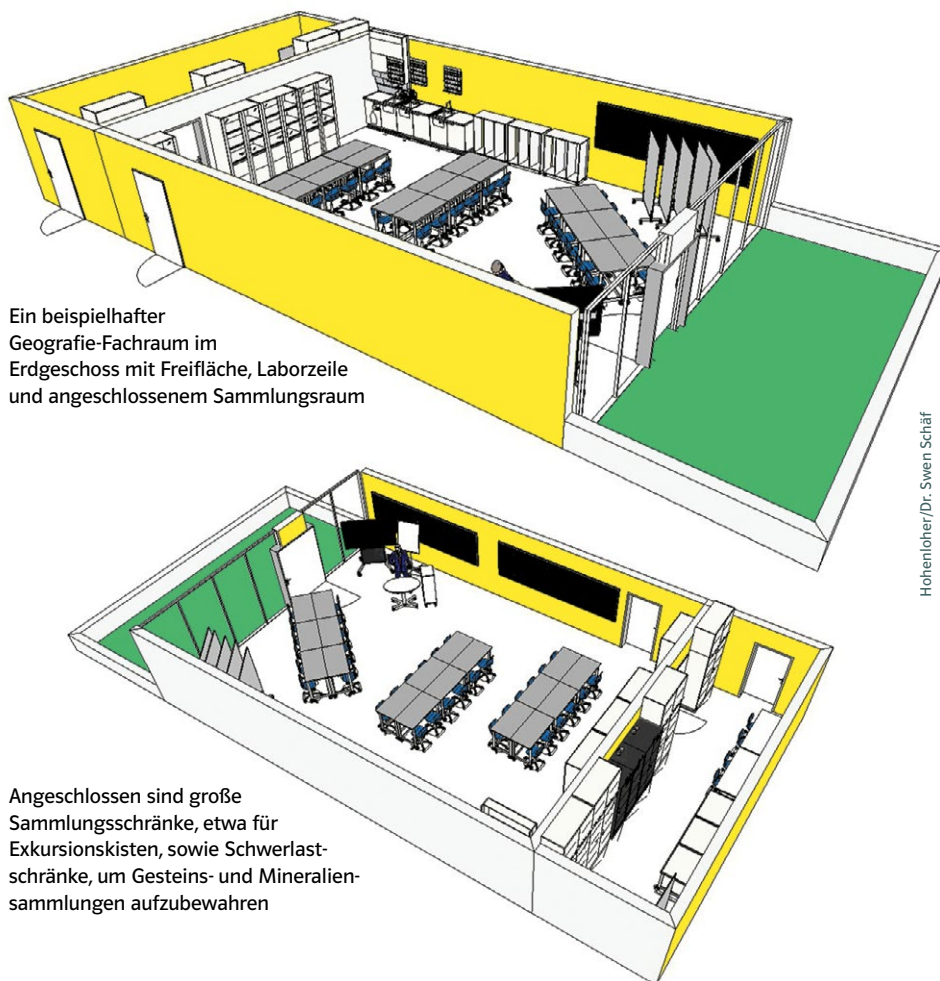
Die Geografie ist im Allgemeinen kein Bestandteil von MINT. Das „N“ in „MINT“ steht gemeinhin nur für Biologie, Chemie und Physik, aber nicht für den naturwissenschaftlichen Teilbereich der Geografie, die Physische Geografie. Das ist schon deshalb äußerst bedauerlich, da Geografie das Leitfach schlechthin für BNE (Bildung für nachhaltige Entwicklung) ist und Themen der Geografie wie Klima und Energie, Welternährung oder Umweltmigration allgemein als wichtige Zukunftsthemen eingeschätzt werden.

Mit der Integration geografischer Themen könnte im MINT-Unterricht beispielsweise das Interesse für den Klimaschutz, das vor allem bei jungen Frauen weitverbreitet ist, in ein MINT-Interesse überführt werden. Darüber hinaus ist die Geografie das einzige Schulfach, das sowohl Gesellschafts- als auch Naturwissenschaft ist. „MINT“ steht dagegen immer noch vor der Herausforderung, die kausalerkenntnisorientierten Naturwissenschaften und die final-handlungsorientierte Technik zusammenzuführen. Technik wird – im Gegensatz zur naturwissenschaftlichen Erkenntnis – immer unter gesellschaftlichen Werten und Normen entwickelt und eingeführt; die Geografie, die Physische Geografie und Humangeografie in einem Fach vereint, könnte damit auch fachdidaktisch Vorbild für MINT sein.

### Geografie führt ein Schattendasein in den Studententafeln

Statt aber angesichts der globalen Probleme und der Bedeutung von BNE nun die Bedeutung der Geografie im Kanon der Schulfächer zu stärken, sehen wir das Gegenteil: Stundenkontingente, die die Geografie im Zuge der Einführung von G8 verloren hat, erhielt sie mit dem Zurückgehen zu G9 nicht wieder; Oberstufenreformen oder die Einführung neuer Fächer und Leitperspektiven gehen zuungunsten der Geografie – in vielen Studententafeln ist die Geografie lediglich noch mit einer einzigen Wochenstunde vertreten. Kann das angesichts der Bedeutung von BNE für unsere Zukunft angemessen sein?

Anders als die Fächer Biologie, Chemie oder Physik verfügt die Geografie auch äußerst selten über einen eigenen Fachraum – die Modellraumprogramme der Schulbau-Verwaltungsvorschriften sehen



Ein beispielhafter Geografie-Fachraum im Erdgeschoss mit Freifläche, Laborzeile und angeschlossenem Sammlungsraum

Angeschlossen sind große Sammlungsschränke, etwa für Exkursionskisten, sowie Schwerlastschränke, um Gesteins- und Mineraliensammlungen aufzubewahren

einen solchen gar nicht vor. Wo es dennoch einen Geo-Fachraum gibt, entstand dieser durch individuelle Freiraumgestaltung mutiger Schulleitungen und engagierter Geo-Fachschaften. Wäre es nicht richtig, ein wichtiges Fach wie die Geografie zur Stärkung der Wahrnehmung in Bildungspolitik, Gesellschaft, Schüler- und Elternschaft oder im Kollegium mit einem eigenen Fachraum auszustatten?

### Ein Fachraum oder ein Makerspace muss her

Dieser Frage ist der Autor in Gesprächen und Workshops mit Hochschuldidaktiker\*innen, Schulleiter\*innen und Geografie-Lehrkräften nachgegangen – mit einem eindeutigen Ergebnis: Das Fach Geografie braucht einen eigenen Fachraum! Als Kompromiss wäre ein MINT-Lernraum mit Makerspace denkbar, der auf alle Bedürfnisse der Geografie eingeht. Wie müsste nun ein solcher Geografie-Fachraum aussehen, was müsste er leisten?

### Und so kann das Ganze ausgestattet sein

Die Abbildungen zeigen das Ergebnis eines Workshops am Burghardt-Gymnasium in Buchen im Odenwald, eine von bundesweit nur zwei „Schwerpunktschulen für Geografie“: Der Geografie-Fachraum liegt idealerweise im Erdgeschoss und verfügt über eine Freifläche für Bodenbeprobungen, eine schülerbetriebene Wetterstation oder Vermessungspunkte für geodätische Übungen. Der Raum selbst enthält eine Laborzeile, die großen Wassertröge sind mit einem Sandfang ausgestattet – Wasser- oder Bodenuntersuchungen müssen dann nicht mehr im Chemie-Fachraum durchgeführt werden (zu dem die Geografie-Lehrkraft, wenn sie denn nicht zufällig auch Chemie unterrichtet, aus Sicherheitsgründen nur eingeschränkt Zugang hat).

Der Fachraum enthält zudem mobile Tische und Stühle zur flexiblen Gestaltung von Unterricht oder zu selbstorganisiertem Lernen. Neben einer Kreidetafel oder einem



www.hohenloher.de/mintspace

Whiteboard gibt es mehrere Projektionsflächen zur permanenten Kartenprojektion und der gleichzeitigen Projektion von Tafelanschriften und Schülerergebnissen über Dokumentenkameras. Großzügig dimensionierte Schränke bieten Platz für Experimentierboxen, Atlanten und große Modelle wie beispielsweise Küstenschutzmodelle oder Tellurien.

Auch die angeschlossene Sammlung verfügt über ausreichenden Platz in großen Sammlungsschränken, beispielsweise für Exkursionskisten und Schutzhelme, ein eigenes Chemikalienlager und besonders tragfähige Schwerlastschränke für Gesteins- und Mineraliensammlungen, Geologenhämmer oder Erdbohrstöcke.

### Fazit

Das eindeutige Fazit: Ein eigener Fachraum würde es erleichtern, trotz des geringen Stundenkontingents abwechslungsreichen und handlungsorientierten Geografieunterricht anzubieten. Der Geo-Fachraum würde darüber hinaus das Fach in der schulischen und gesellschaftlichen Wahrnehmung stärken. Und nicht zuletzt wäre zu hoffen, dass sich durch eine Stärkung der Geografie mehr junge Menschen für dieses Fach, für BNE und für unseren Planeten interessieren – und vielleicht gelänge es sogar, den MINT-Fächern damit ein Image als „Weltretter-Fächer“ zu geben.



Dr. rer. nat. Dr. phil. Dierk Suhr

ist Diplom-Biologe und seit seiner Dissertation zu „Konzepten einer MINT-Didaktik“ ein glühender Anhänger der Geografie. Derzeit ist er als pädagogischer Leiter für

den Schul- und Laborausstatter Hohenloher tätig und entwickelt Raumkonzepte für die naturwissenschaftliche und technische Bildung aus pädagogisch-didaktischen Perspektiven.

ANZEIGE

**medienBuddy**  
SCIENCE TO GO!  
www.hohenloher.de/medienbuddy

**Hallenloher**

Hallo!



## Physik

# Auftrieb mit dem Teilchenmodell vermitteln

„All things are made of atoms“, war Richard Feynmans Antwort auf die Frage, welche wissenschaftliche Idee er der Nachwelt weitergeben würde, wenn nur eine zu retten wäre. Tatsächlich ist das Teilchenmodell auch eines der ersten Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht, mit dem sich Schüler\*innen auseinandersetzen. Gleichzeitig ist es das Modell, bei dem am häufigsten Modellgrenzen aufgesucht werden. Selbst mit der einfachen Vorstellung von kleinen, sich regellos bewegenden Teilchen können schon viele Phänomene erklärt werden.

Die Anwendung im Unterricht erstreckt sich häufig auf die Wärmelehre oder auf Druck und Dichte: Aggregatzustände, Temperatur, Längen- und Volumenänderungen – die Vorstellung kleinster Teilchen ist hilfreich. In anderen Bereichen wird das Teilchenmodell nicht mit der gleichen Selbstverständlichkeit eingesetzt. Auch der Auftrieb wird in der Schule in der Regel nicht mit dem Teilchenmodell in Verbindung gebracht. Eine einfache Überlegung zeigt aber, dass eine Modellvorstellung hier das Verständnis unterstützen kann.

## Einführung in den Auftrieb

Oft wird der Auftrieb in Schulbüchern über Experimente eingeführt. Aufbauend auf dem zuvor erarbeiteten Druckbegriff wird meist nicht mehr konkret mit Teilchen argumentiert. Stattdessen wird möglichst zügig das Archimedische Gesetz angestrebt – in verschieden detaillierter Form, auf Wasser und Erdbeschleunigung bezogen oder in allgemeiner Form, etwa wie folgt: „Die Auftriebskraft eines Körpers ist genauso groß wie die Gewichtskraft des vom Körper verdrängten Wassers.“

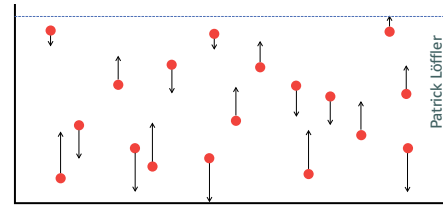
## Ein Teilchenmodell des Auftriebs

Möller (1999) fordert, zum Verstehen der Auftriebskraft und des Archimedischen Prinzips müsse die Aufmerksamkeit weg vom eingetauchten Körper hin auf das Wasser und seine Eigenschaften gerichtet werden. Diesem Ansatz folgend, modellieren wir Wasser mit kleinsten Teilchen und deren aus der kinetischen Gastheorie bekannten Eigenschaften. Dort ist es üblich, Druck über Stoßprozesse von Gasteilchen zu veranschaulichen und auch quantitativ herzuleiten. Analog betrachten wir Stoßprozesse von Wasserteilchen. Es gelten folgende Annahmen:

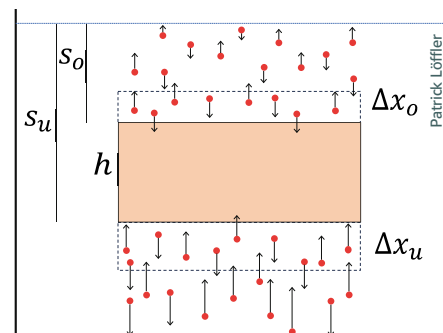
- Die Wasserteilchen stoßen vollkommen elastisch.
- Die einzige Kraft, die auf die Wasserteilchen wirkt, ist die Gravitation.

Als Analogie kann man die Vorstellung von Gummibällen verwenden, die an der gedachten Wasseroberfläche fallen gelassen werden und am Boden des Behälters abprallen und sich somit in einer beständigen Auf- und Abbewegung befinden. Die Fallgeschwindigkeit nimmt mit der Tiefe gemäß  $v = \sqrt{2sg}$  zu. In der folgenden

Abbildung sind zur Veranschaulichung die Geschwindigkeitsvektoren eingezeichnet – eine dynamische Visualisierung ist mit entsprechender Software realisierbar.



Da der Wasserspiegel gleich bleibt, sind im Mittel jeweils gleich viele Wasserteilchen in der Auf- wie in der Abbewegung. An dieser Stelle drängt sich die Frage nach Stoßprozessen der Wasserteilchen untereinander und der freien Weglänge auf. Betrachtet man allerdings nur den dabei weitergegebenen Impuls, können die Stoßprozesse untereinander vernachlässigt werden. Auch damit verbundene Richtungsänderungen sind für die folgende Auftriebsherleitung nicht von Belang: Die vertikale Geschwindigkeitskomponente bleibt erhalten. Horizontale Impulskomponenten, die auf die Seitenflächen übertragen werden, heben sich gegenseitig auf. Zur Bestimmung des insgesamt auf den Körper übertragenen Impulses betrachten wir daher diejenigen Teilchen, die innerhalb einer Zeitspanne  $\Delta t$  mit der Körperunter- bzw. -oberseite stoßen können. Da die Geschwindigkeit der Teilchen oberhalb und unterhalb nicht gleich ist, ergeben sich unterschiedlich große Bereiche:



## Bedeutung für die Auftriebskraft

Zur Herleitung der Auftriebskraft ist zunächst der pro Zeiteinheit übertragene Impuls an der Unter- und Oberseite zu beschreiben. Dazu wird der durchschnittliche Impuls eines Teilchens auf die Zeiteinheit bezogen, woraus sich die jeweilige wirkende Kraft ergibt. Die Anzahl der Teilchen entspricht der Hälfte der Teilchen, die sich in  $\Delta x_o$  bzw.  $\Delta x_u$  befinden, da sich im Mittel jeweils die Hälfte in einer Auf- bzw. Abwärtsbewegung befindet. Die Geschwindigkeit der Teilchen in den jeweiligen Bereichen ergibt sich aus der Erdbeschleunigung und der Fallstrecke, die für die Oberseite mit der Eintauchtiefe  $s_o$  gleichgesetzt wird. Für die Unterseite ergibt sich die Fallstrecke  $s_u$  entsprechend aus der Eintauchtiefe  $s_o$  und der Höhe  $h$  des eingetauchten Körpers. Da  $v_u$  größer ist als  $v_o$ , ist entsprechend  $\Delta x_u$  größer als  $\Delta x_o$ . Es stoßen also in der gleichen Zeit mehr und schnellere Teilchen an die Unterseite als an die Oberseite.

$$F_A = F_u - F_o = \frac{N_u/2 \cdot m_T \cdot v_u}{\Delta t} - \frac{N_o/2 \cdot m_T \cdot v_o}{\Delta t}$$

Über Volumen und Dichte ausdrückt:

$$F_A = \frac{A \cdot \Delta x_u \cdot \rho \cdot v_u}{2 \cdot \Delta t} - \frac{A \cdot \Delta x_o \cdot \rho \cdot v_o}{2 \cdot \Delta t}$$

$\frac{\Delta x_u}{\Delta t}$  bzw.  $\frac{\Delta x_o}{\Delta t}$  entsprechen aber gerade  $v_u$  und  $v_o$ :

$$F_A = \frac{A \cdot \rho \cdot v_u^2}{2} - \frac{A \cdot \rho \cdot v_o^2}{2} = \frac{A \cdot \rho}{2} \cdot (v_u^2 - v_o^2)$$

Aus  $v = \sqrt{2sg}$  folgt:

$$F_A = \frac{A \cdot \rho \cdot g \cdot 2}{2} \cdot (s_u - s_o)$$

Da  $s_u = s_o + h$ , gilt:

$$F_A = A \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

Und wegen  $A \cdot h = V$  schließlich:

$$F_A = \rho \cdot V \cdot g$$

Das Archimedische Gesetz wird hier also aus den Eigenschaften des Wassers, genauer: den Wasserteilchen, hergeleitet. Das Volumen des vom Wasser verdrängten Körpers ergibt sich hier aus den „Stoßflächen“ und der Höhe des Körpers. Daran anschließend können nun konfirmatorische Experimente zur Prüfung der hergeleiteten Formel eingesetzt werden – anstatt wie oben beschrieben zur induktiven Herleitung derselben.

## Über Modelle reden

Zum Aufbau eines tragfähigen Modellbegriffs gehört auch das Reden über Modelle, also den Modellierungsprozess, die Modellannahmen und -grenzen (Mikelskis-Seifert, 2006). Das vorgestellte Teilchenmodell des Auftriebs bietet hierzu vielfältige Gelegenheiten. So kann etwa die Rolle des Gefäßbodens thematisiert werden und damit zusammenhängend die Frage gestellt werden: Kann es Auftrieb in der Schwerelosigkeit geben? Hypothesen dazu lassen sich sogar experimentell überprüfen. In Fallversuchen kann das Verhalten von Körpern in einer Wasserflasche untersucht werden. Mit modernen Smartphones können Zeitlupenvideos erstellt werden. Alternativ bieten Videoplattformen im Internet eine Auswahl an entsprechenden Versuchen.

Beispiele wie diese sollten nicht vermieden, sondern vielmehr gezielt aufgesucht werden, um ein adäquates Verständnis von der Rolle von Modellen in den Naturwissenschaften aufzubauen. Dem entgegen steht die Notwendigkeit, in einem zeitlich meist sehr eng gesteckten Rahmen die vom Lehrplan geforderten Inhalte zu vermitteln. Hier gilt es, einen Mittelweg zu finden und Mut aufzubringen, sich auf dynamische Unterrichtsgespräche einzulassen – es liegt eine große Chance darin.

## Download

Den kompletten Beitrag mit vielen weiteren Details sowie den Quellen finden Sie hier:

[www.mint-zirkel.de/2023/09/auftrieb](http://www.mint-zirkel.de/2023/09/auftrieb)



**Dr. Patrick Löffler** ist Geschäftsführer des Zentrums für Lehrerbildung an der RPTU in Landau. Der Fachdidaktiker, Lehrer und Schulbuchautor hat am DFG-Graduiertenkolleg „Unterrichtsprozesse“ promoviert und forscht seit 2012 zur Modellanwendung.

ANZEIGE

## Schüler-Experimentiersätze für die MINT-Fächer



Physik



Chemie



Biologie



Natur und Technik



Mathematik



Informatik

NEU: Künstliche Intelligenz

www.mekruphy.com

# MEKRUPHY



MINT

# MINT braucht Technik – und Geografie!

Seit nunmehr 15 Jahren ist „MINT“ eher ein griffiges Akronym zur Beschreibung der „MINT-Fachkräftelücke“, die die deutsche Wirtschaft bedroht, als ein bildungswissenschaftliches, pädagogisch-didaktisches Konzept. Grund genug, sich das einmal näher anzuschauen.

Der Verfasser hat sich daher die Mühe gemacht, die hinter „MINT“ stehenden Fachdidaktiken intensiv daraufhin zu untersuchen, ob erstens eine sinnvolle Synthese wissenschaftstheoretisch überhaupt möglich ist – schließlich ist es nicht selbstverständlich, dass beispielsweise Mathematik-, Biologie- und Technikdidaktik auf gemeinsamen Konzepten beruhen. Wenn eine Synthese denn möglich wäre, schliesse sich zweitens die Frage an, ob ein solches MINT-Konstrukt auch einen pädagogisch-didaktischen Mehrwert bieten würde.

## Wir brauchen ein neues Image für die „Nerd-Fächer“

Die Antwort auf beide Fragen lautet „Ja“ – allerdings unter zwei Prämissen: Ein MINT-Konzept, das tatsächlich einen Mehrwert böte, müsste sowohl Technik- als auch Geografieunterricht umfassen. Beides sucht man in aktuellen MINT-Konzepten allerdings meist vergeblich: Einen unverkürzten, mehrperspektivischen Technikunterricht, der diesen Namen auch verdient, findet man zumindest an Gymnasien selten, während der Geografieunterricht in den Stundentafeln zunehmend in der Bedeutungslosigkeit verschwindet.

Dabei sind es gerade die final orientierte Technik, die aus kausal orientierter naturwissenschaftlicher Erkenntnis erst Handlungsoptionen entwickelt, und der globale Blick der Geografie auf Schlüsselprobleme und Nachhaltigkeitsziele, die den „Nerd-Fächern“ ein neues Image als „Weltretter-Fächer“ verleihen könnten. Dieses „Weltretter-Image“ könnte die Integration des Fachinteresses in das Selbstbild von Schüler\*innen erleichtern, die vorberufliche Orientierung damit positiv beeinflussen und ein „Fridays for Future“-Engagement in MINT-Interesse überführen.



Der Blick der Geografie auf Schlüsselprobleme und Nachhaltigkeitsziele könnte den „Nerd-Fächern“ ein neues Image als „Weltretter-Fächer“ verleihen

## Geografie und Technik muss mehr Beachtung geschenkt werden

Dieser Meinung schlossen sich die Verantwortlichen für Bildungspolitik und Curricula-Gestaltung aber bisher offensichtlich nicht an; die geografische Bildung hat hier offenbar ein ähnliches Problem wie die allgemeine Technikbildung: Obwohl sich die Welt heute nur im Zusammenhang globaler Schlüsselprobleme, weltweiter Verflechtungen und menschengemachter Technik verstehen lässt, tun sich beide Disziplinen schwer, diese Tatsache in einen entsprechenden Stellenwert innerhalb des allgemeinbildenden Curriculums einzusetzen.

Ernst Kapp, der bereits 1877 mit seinem Werk *Grundlinien einer Philosophie der Technik. Zur Entstehungsgeschichte der Kultur aus neuen Gesichtspunkten* eine frühe, wenn nicht sogar die erste Technikphilosophie verfasste, war interessanterweise Gymnasiallehrer für Geschichte und – Geografie. Im Jahr 1845 erschien von ihm zunächst das Werk *Philosophie oder vergleichende Erdkunde*, das 1868 unter dem Titel *Vergleichende allgemeine Erdkunde in wissenschaftlicher Darstellung* neu aufgelegt wurde, bevor er sich mit den *Grundlinien einer Philosophie der Technik*

aufmachte, eine Kultur- oder Zivilisationstheorie des Menschen zu entwerfen, die ganz auf einem „technischen Weltverhältnis, vom Gebrauch einfacher Werkzeuge bis hin zum modernen Staat“, fußte.

## Warum Geografie und Technik „Weltretter-Fächer“ sind

Wenn wir mehr junge Menschen für MINT begeistern wollen, im Sinne unserer Wirtschaft wie unseres ganzen Planeten, dann brauchen wir mehr Geografieunterricht, um globale Probleme wie Klimawandel,

**Literaturtipp**

Dierk Suhr:  
**Konzepte einer MINT-Didaktik. Fachdidaktische Analyse und Versuch einer Synthese.**  
Budrich Academic Press,  
309 S., 46 Euro, 2023

Biodiversitätsschwund oder Welternährung aufzugreifen. Und wir brauchen einen mehrperspektivischen Technikunterricht, der über Sachtechnik hinausgeht und auch gesellschaftliche Fragestellungen einbindet. In der Folge erhält MINT die Relevanz, die für Motivation und Interesse unabdingbar ist. Dann können auch junge Frauen diese „Weltretter-Fächer“ besser mit ihrem Selbstbild vereinbaren – und die Erde wird ein besserer Ort.

**Dr. rer. nat. Dr. phil. Dierk Suhr** ist Diplom-Biologe und promovierte in Biophysik und Technikdidaktik. Als interdisziplinär denkender Mensch und Gründungsgeschäftsführer von Klett MINT brennt er seit Langem für „MINT“. Derzeit ist er als pädagogischer Leiter für den Schul- und Laborausstatter Hohenloher tätig und entwickelt Raumkonzepte für die naturwissenschaftliche und technische Bildung aus pädagogisch-didaktischen Perspektiven.

## ANZEIGE

### Außerschulische Lernorte

# Es geht um die Welt!

Was hat unser Essverhalten mit Klimaschutz zu tun und welchen Einfluss hat das Klima auf unsere Natur? Im Klimahaus Bremerhaven können sich Schüler\*innen auf anschauliche und leicht verständliche Weise mit verschiedenen Aspekten der Themen Klima und Nachhaltigkeit auseinandersetzen.

Die Schüler\*innen erleben auf einer Reise um die Welt die Klimazonen unserer Erde hautnah. Sie spüren die trockene Hitze der Wüste, durchqueren das Packeis der Antarktis und fühlen das tropische Klima am Sandstrand von Samoa. Im „World Future Lab“ gestalten sie ihre Zukunft und nehmen das Schicksal der Erde selbst in die Hand.

In dem interaktiven Spiel-, Lern- und Arbeitsbereich steht das Thema Zukunfts-

### Das Klimahaus® Bremerhaven

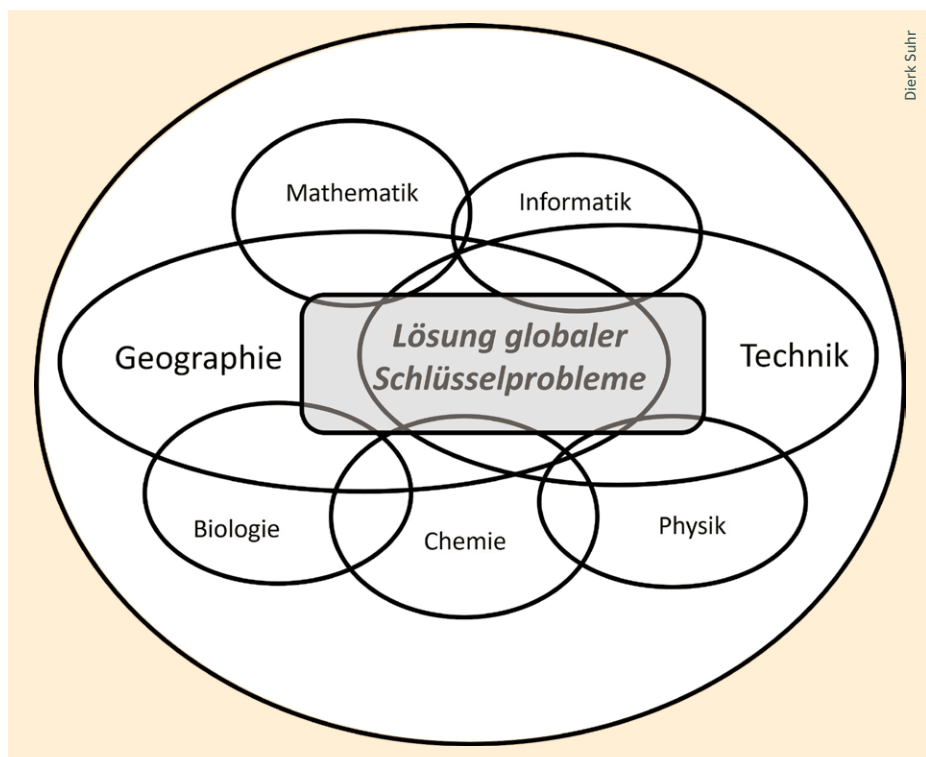
Das Klimahaus wurde bereits mehrfach für die strukturelle Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung von der Deutschen UNESCO-Kommission ausgezeichnet und stellt als außerschulischer Lernort eine optimale Ergänzung zur Schule dar. Hier sind Unterrichtsthemen interaktiv und mit allen Sinnen erfahrbar. Weitere Informationen finden Sie unter:

[www.klimahaus-bremerhaven.de](http://www.klimahaus-bremerhaven.de)



Interaktiver Spielbereich „World Future Lab“

fähigkeit im Zentrum der Vermittlung. An acht Stationen, um einen großen Projektglobe herum, werden die Spielenden in Situationen versetzt, in denen sie individuelle, klimarelevante und verantwortungsvolle Entscheidungen treffen müssen. Hier sind viel Kreativität, Strategie und Teamwork gefragt. Eine einmalige Spielidee, bei der die Welt im wahrsten Sinne des Wortes im Mittelpunkt steht. Zu den unterschiedlichen Ausstellungsbereichen der Wissens- und Erlebniswelt gibt es Erkundungsbögen für jede Altersklasse und es werden betreute Programme zu verschiedenen Themen angeboten.



Zur Lösung globaler Schlüsselprobleme bedarf es der globalen Perspektive der Geografie und der Handlungsperspektive der Technik in MINT (aus: Suhr 2023, S. 243)



## Biologie

# Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht nutzen

Die Beschäftigung mit Alltagsvorstellungen in den Naturwissenschaften ist seit Langem ein Thema der Didaktik. Welche Rolle sie im modernen Unterricht spielen und was überhaupt Alltagsvorstellungen sind, erläutert Prof. Dr. Ulrich Kattmann.



**Dr. Ulrich Kattmann**, Professor für Didaktik der Biologie an der Universität Oldenburg (i. R.) vermittelt seit über 45 Jahren Themen zur Biologie, vor allem Evolution und Genetik, in Universitäten, Schulen, zahlreichen Vorträgen, Aufsätzen und Büchern.

Die Beschäftigung mit Alltagsvorstellungen in den Naturwissenschaften ist seit Langem ein Thema in der Didaktik. Können Sie uns kurz erklären, was Alltagsvorstellungen sind? Vorstellungen sind gedankliche Prozesse, die leicht rekonstruierbar sind. Deshalb kann man sie als Konstrukte festhalten, identifizieren und beschreiben – und das sind dann die sogenannten Alltagsvorstellungen. „Schülervorstellungen“ wäre zu eng gefasst, weil man dieselben Vorstellungen – oder ähnliche jedenfalls – auch bei Erwachsenen finden kann. Deshalb ist der allgemeinere Terminus auch nicht pejorativ gemeint, sondern dient einfach nur als Beschreibung. Die Vorstellungen

kommen im Alltag vor, und deshalb sind es Alltagsvorstellungen.

## Können Sie ein Beispiel nennen?

Beim sogenannten biologischen Gleichgewicht etwa beschreibt eine Fachperson ein Phänomen, das es eigentlich gar nicht gibt. Doch im Alltag wird praktisch angenommen, dass in der Natur ein Gleichgewicht herrscht, das immer wieder angestrebt wird. Dabei gibt es vielmehr Konkurrenz, Zyklen oder Mosaikzyklen, die lediglich so wirken, als formten sie ein Gleichgewicht.

## Das heißt, Alltagsvorstellungen sind Vorstellungen, die in der Öffentlichkeit prägnant sind oder sich überall im Alltag platziert haben, die jedoch letztendlich nicht immer mit dem übereinstimmen, was die wissenschaftliche Forschung dazu sagt?

Ganz genau. Deshalb ist es wichtig, die Alltagsvorstellungen mit den wissenschaftlich geklärten Vorstellungen zu konfrontieren. Nur so kann man überhaupt lernen. Man lernt ja nur mit dem, was man schon weiß. Ergo kann man gar nicht ohne Alltagsvorstellungen lernen. Die schwingen immer mit, wenn das Fachliche vorgestellt wird, ganz egal, wie klar und strukturiert eine Lehrkraft ein Thema auch vorstellt.

## Es ist also wichtig, dass sich Lehrkräfte intensiv mit den Alltagsvorstellungen der Lernenden auseinandersetzen, um diese dann für den Unterricht fruchtbar machen zu können?

Genau das ist der Punkt. Es geht darum, dass gelernt wird, und lernen kann man nur mit dem, was man schon weiß. Wenn ich als Lehrkraft nicht reflektiere, was meine Schüler\*innen schon wissen könnten oder mit welchen Vorstellungen sie diesem Thema begegnen, dann wird es schwer, wirklich fachlich geklärte Vorstellungen nachhaltig zu lehren.

## Könnten Sie uns ein Beispiel nennen, wie man das in der unsrigen Lebenswelt perspektivisch fruchtbar im Unterricht umsetzen kann?

Ich habe einmal eine Untersuchung zum Thema gemacht, wie Tiere geordnet werden. Hierbei habe ich Schüler\*innen gefragt, wie sie einen Satz von etwa 20 Tieren nach ihren eigenen Vorstellungen ordnen würden. Dabei kam heraus: Schüler\*innen ordnen nicht nach vordergründig morphologischen Merkmalen, wie das Biolog\*innen gerne hätten, sondern sie ordnen vorwiegend nach Lebensräumen und Bewegungsweisen. Und beides korrespondiert: In der Luft kann man fliegen, im Wasser schwimmt man, auf der Erde läuft man.

Nun habe ich mich als Biologe gefragt: Wie kann ich das nutzen? Ich könnte zum Beispiel die Evolutionsvorstellungen reinbringen, also die Evolution vom Wasser an Land. Das ist eine Alltagsvorstellung, die mit der fachlichen Vorstellung korrespondiert, dass sich die Wirbeltiere von Fischen zu Landtieren entwickelt haben.

Also kann ich die Alltagsvorstellung „Ordnen nach Lebensräumen“ ausnutzen, indem ich die Schüler\*innen bitte: Ordnet die Wassertiere nach ihrem Übergang, also Wassertiere, Wasser-/Landtiere, Landtiere. Und das Hübsche bei der Geschichte ist: Bei der letzten Kategorie habe ich eine stammesgeschichtliche Verwandtschaftsgruppe, nämlich die Amnioten, also jene Tiere, die ein Amnion haben. Damit komme ich von der Alltagsvorstellung „Ordnen nach Lebensräumen“ zu der fachlichen Vorstellung „Gliederung nach Abstammungsgemeinschaften“. Hier kann ich wirklich effektiv Alltagsvorstellungen ausnutzen und zu einer adäquateren, zutreffenderen Gliederung kommen, als wenn ich typologisch nach Federn, Haaren, Schuppen und dergleichen ordne.

## Ist es so, dass sich die Alltagsvorstellungen verändern, wenn Schüler\*innen sich mit deren Hilfe Wissen erarbeiten? Oder bleiben die Alltagsvorstellungen so bestehen, wie sie sind?

Man weiß, dass die sehr resistent sind, deshalb kann man sie auch nicht umgehen oder ersetzen. Das wäre ein Kampf gegen Windmühlen und es wäre auch unsinnig. Alltagsvorstellungen haben ja einen bestimmten Wert im Alltag. Sie werden leichter aufgenommen und akzeptiert als die fachlichen Vorstellungen, einfach weil sie der eigenen Erfahrung entsprechen. Das heißt also, wir können nur mit den

## ANZEIGE

## Raumfahrt

## Raumfahrtmedizin für Gesundheit auf der Erde und im All

Seit jeher verbinden wir eine Faszination mit der Raumfahrt und vor allem mit Astronaut\*innen, die unseren Planeten Erde verlassen und eine abenteuerliche Reise ins All unternommen haben. Sie berichten von dem atemberaubenden Blick auf die Erde, der unglaublichen Weite des Universums und einzigartigen Augenblicken während ihrer Reise im Weltraum.

Doch was passiert mit dem Körper, wenn der Mensch die Erde verlässt, um auf der Internationalen Weltraumstation (ISS) zu forschen, den Mond oder vielleicht schon bald andere Planeten wie den Mars zu erkunden? Um diese strapaziöse Reise auf sich zu nehmen, müssen Raumfahrende in guter körperlicher Verfassung sein. Sie müssen sich physiologisch an die veränderten Bedingungen der Schwerelosigkeit anpassen, psychologisch die Trennung von Freund\*innen

und Familie bewältigen und für verschiedene Notfallszenarien gewappnet sein.

### Raumfahrt im Unterricht

Mit diesen Herausforderungen einer Weltraumreise beschäftigt sich das Arbeits- und Informationsheft „Raumfahrtmedizin“. Dieses Schulmaterial wurde von der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR und Klett MINT gemeinsam mit Lehrkräften für einen faszinierenden MINT-Unterricht entwickelt. In fünf Modulen erhalten Schüler\*innen eine umfassende

Darstellung der Humanphysiologie und ihrer Adaption an die Bedingungen im All – einfach, verständlich, faszinierend.

Zu jedem Modul gehört ein Praxisteil, in dem die Schüler\*innen selbst kreativ Medizintechnik gestalten können. In drei Projekten mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad können die Schüler\*innen zum Beispiel selbst elektronische Nasen zum Aufspüren von Gasen bauen.

### Raumfahrtmedizin auf der Erde

Als Deutsche Raumfahrtagentur im DLR möchten wir mit Raumfahrtthemen für MINT-Fächer begeistern und gleichzeitig ein Bewusstsein für den Nutzen der Raumfahrt für unser Leben auf der Erde schaffen. Astronaut\*innen helfen uns mit ihren Erfahrungen und den im All durchgeführten Experimenten auch bei Themen der Gesundheit hier auf der Erde. So werden Erkenntnisse über den Knochenabbau der Astronaut\*innen im All in der Osteoporose-Forschung genutzt, und Messverfahren der Körperkerntemperatur führen zur Optimierung der Versorgung von frühgeborenen Kindern. Raumfahrtmedizin spielt somit eine wichtige Rolle, um die medizinische Betreuung der Menschen im All und auf der Erde zu verbessern.

### Lerninhalte für den MINT-Unterricht



Space2School ist das Schulportal der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR. Dort werden raumfahrtaffine Lerninhalte für die MINT-Fächer aller Jahrgangsstufen präsentiert. Lehrkräfte können sich didaktisch aufbereitete Materialien direkt ins Klassenzimmer holen: Online-Lernmodule, Unterrichtsmaterialien und Wettbewerbe für die Extraportion Motivation.

[www.Space2School.de](http://www.Space2School.de)

### Schulmaterial für MINT-Fächer

Nach den Unterrichtsmaterialien zu Robotik, Satellitenkommunikation, Navigation und Erdbeobachtung folgt hiermit nun das fünfte Heft zu Themen der Raumfahrt. Für Lehrkräfte bietet dieses Heft vielfältige Anregungen, mit einfachen Mitteln fächerübergreifende Projekte durchzuführen und anwendungsbezogene Grundkenntnisse in Biologie, Physik, Technik und Informatik zu vermitteln.

### Arbeits- und Informationsheft „Raumfahrtmedizin“

Das fünfte Heft in der Reihe zu Themen der angewandten Raumfahrt kann kostenfrei bestellt oder digital heruntergeladen werden unter:

[www.Space2School.de/Raumfahrtmedizin](http://www.Space2School.de/Raumfahrtmedizin)





Alltagsvorstellungen lernen, und zwar indem wir kontrastieren, anknüpfen oder sie direkt als Brücke verwenden wie beim Ordnen der Tiere. Da ist ja die Alltagsvorstellung sogar die Brücke zu einer zutreffenden fachlichen Vorstellung. Das ist selten, aber es kommt vor.

**Glauben Sie, dass das Kontrastieren funktionieren kann? Oder führt es eher zu einer Gegenreaktion, gerade im Lernen?**

Ich denke, in dem Augenblick, wo die Nützlichkeit der fachlichen Vorstellungen erkannt wird, gibt es keinen Widerstand. Wenn ich aber einfach nur sage: „So ist es“ oder „So ist es nicht“, dann brauche ich mich nicht zu wundern, wenn da ein Widerstand ist. Alltagsvorstellungen gehen von der eigenen Erfahrung aus. Weshalb sollte ich das als Lehrkraft auslöschen? Das muss ich nutzen.

**Basieren Alltagsvorstellungen immer auf der eigenen Erfahrung? Oder können sie auch aus Begrifflichkeiten oder Bildern entstehen, die einem sinnvoll erscheinen und die man aufnimmt, ohne sie zu hinterfragen? Früher wurde im Biologieunterricht zum Beispiel gelehrt: Das Mitochondrium ist das Kraftwerk der Zelle. Das haben viele Schüler\*innen dankbar angenommen, so hatten sie ein Bild, und das blieb bestehen, ohne dass sie eine eigene Erfahrung damit hatten.** Die Metapher „Kraftwerk“ ist eingängig. Das Wort „Mitochondrien“ hat keine Bedeutung. Also merke ich mir als Schüler\*in „Kraftwerk“, und mindestens ein Aspekt davon stimmt ja. Diese Metapher hilft mir dabei, mich zu erinnern. Vielleicht erinnere ich mich sogar an ein Bild, das gar nicht

aussieht wie ein Kraftwerk. Und dann bin ich auf dem richtigen Weg. Also ja, wir lernen auch mit Metaphern.

Das ist übrigens ebenfalls eine Erkenntnis, die zusammen mit den Alltagsvorstellungen entwickelt worden ist. Da gibt es eine ganze Metaphern-„Theorie“.

**Das macht jedoch deutlich, dass auch Metaphern immer auf Erfahrungen basieren.**

Ja, unser gesamtes Lernen basiert wahrscheinlich auf Erfahrung.

**Sie haben eben angesprochen, dass Sie nicht glauben, dass man die Alltagsvorstellungen mit fachlich geklärten Dingen austauschen kann. Ist das bewusst so angelegt, um eben diese Alltagsvorstellungen fruchtbar zu halten?**

Die Alltagsvorstellungen überdauern jegliche fachliche Belehrung. Warum soll ich mich belehren lassen, wenn sich das, was ich meine, im Alltag bewährt? Das heißt, die didaktische Rekonstruktion besteht darin, dass ich Alltagsvorstellungen und fachlich geklärte Vorstellungen aufeinander beziehe und daraus das Lernangebot konstruiere. Und nur, wenn ich das mache, wird nachhaltig gelernt. Andernfalls versuche ich etwas überzustülpen, was zwar im Unterricht funktioniert, aber nicht im Alltag. Im Unterricht wird dann zwar gesagt, was die Lehrkraft erwartet, aber nicht, was man selbst glaubt. Das geht sogar so weit, dass ich als Schüler\*in eine Antwort für falsch halten kann, sie aber im Test hinschreibe, weil ich weiß, dass meine Lehrkraft das so haben will. Fertig, bumm, aus. Das ist also ein Verkehren von Lernen. Die Papageien-Methode, auf Deutsch gesagt.



Die Alltagsvorstellungen der Schüler\*innen spielen beim Lernen eine große Rolle

**Das heißt, wenn wir die Alltagsvorstellungen ernst nehmen, können wir sie fruchtbar machen und dadurch in der Reflexion mit ihnen zu wirksamem Lernen kommen?**

Ja.

**Spannend! Was müssten Lehrkräfte anders denken, um dieses Konzept in ihrem Unterricht anzuwenden?**

Die Einstellung von Lehrkräften, die noch nicht akzeptieren wollen, dass Alltagsvorstellungen wichtig sind, ist die: „Wenn ich das klar und strukturiert darstelle, dann muss das begriffen werden.“ Doch es wird in dem Fall eben nicht begriffen, sondern reproduziert. Und da sagte schon Johann Gottfried Herder, der übrigens auch Schulleiter war, sinngemäß: Meine Worte kann der Lernende nicht erfassen, wenn sie nicht zu seinen Worten werden. Und das ist im Grunde das, was bei den didakti-

schen Rekonstruktionen passiert, dass also die fachlichen Aussagen zu den Aussagen der Lernenden werden können, wenn sie sie mit ihren eigenen Vorstellungen konfrontieren, aufnehmen und dadurch zu eigenen Vorstellungen machen.

**Das heißt, auch die Rolle der Lehrkraft verändert sich. Sie ist nicht mehr nur die Erklärende, die „Weltwissende“, sondern sie ist vielmehr Begleiterin im Prozess der Aneignung von Welt(wissen).**

Das ist notwendig, denn Lehren, ohne dass gelernt wird, ist vergeblich. Das Lernen ist das Wichtige. Lehren ist ebenfalls wichtig, aber wenn es nicht zum Lernen führt, ist es fruchtlos.

**Ein wunderbarer Satzung, vielen Dank.**  
Ich danke Ihnen.

Das Interview führte Jörg Schmidt.

ANZEIGE



Jahreskongress  
Berufliche Bildung  
**jakobb**

**04. und 05.12.2023**

**Jahreskongress Berufliche Bildung**

Veranstaltungsort: IHK Stuttgart

**Der Kongress für Ausbilder\*innen, Lehrkräfte und Schulleitungen**

- › Keynotes, Workshops und interaktive Formate am 04.12.
- › Themen 2023:



Nachwuchsgewinnung



Nachhaltigkeit



Digitalität



Heterogenität

- › Exkursionen zu regionalen Unternehmen und Schulen am 05.12.



www.jakobb.de



## Wettbewerb

# Jugend forscht – wir fördern Talente

„Wir suchen die Forscher von morgen!“ – Das Motto, unter dem die Zeitschrift stern 1965 zur ersten Runde von *Jugend forscht* aufrief, hat nichts von seiner Aktualität verloren. Der Bedarf an naturwissenschaftlich-technischen Spitzenkräften ist in Deutschland unvermindert hoch. Angesichts des zunehmenden globalen Wettbewerbs wird sich der hierzulande bereits bestehende Fachkräftemangel sogar noch verschärfen. Vor diesem Hintergrund leistet *Jugend forscht* einen wichtigen Beitrag, um die jungen Talente zu finden und zu fördern, die wir in Wirtschaft und Wissenschaft dringend benötigen.

Heute wie vor knapp 60 Jahren kann Deutschlands bekanntester Nachwuchswettbewerb Modellcharakter beanspruchen, wenn es um eine effektive Talentförderung geht. Zentrale Reformsätze aus der aktuellen Bildungsdiskussion sind bei *Jugend forscht* seit Langem gelebte

Praxis. So bietet die Projektarbeit einen optimalen Rahmen, um junge Menschen entsprechend ihren Fähigkeiten individuell zu fördern. Durch kreatives, forschendes Lernen können sich die Kinder und Jugendlichen zudem schon frühzeitig mit dem Handwerkszeug des wissenschaftli-

chen Arbeitens vertraut machen und dadurch eine Methodenkompetenz erlangen, die zu den Kernqualifikationen der heutigen Wissensgesellschaft gehört. Best Practice sind bei *Jugend forscht* auch das eigenverantwortliche sowie das fächerübergreifende Arbeiten.

## Nachhaltige Förderung

Die Talentförderung endet bei *Jugend forscht* nicht mit dem Wettbewerb. Vielmehr bietet *Jugend forscht* erfolgreichen Nachwuchswissenschaftler\*innen im Anschluss zur Berufsorientierung und auf allen Ausbildungsstufen vielfältige Möglichkeiten, ihre Kenntnisse und Interessen zu vertiefen. Dazu gehören Forschungspraktika, Messeauftritte, Studienreisen sowie die Teilnahme an wissenschaftlichen Tagungen und internationalen Wettbewerben. Diese Angebote vermitteln den Nachwuchskräften frühzeitig eine zielgerichtete Orientierung und motivieren sie, entsprechend ihren Begabungen eine natur- oder ingenieurwissenschaftliche Ausbildung zu wählen. Sie erhalten zudem die Chance, Kontakte zu knüpfen, die sie später für Studium oder Beruf nutzen können. Darüber hinaus haben alle ehemaligen Teilnehmer\*innen die Möglichkeit, Teil des *Jugend forscht*-Alumninetzwerks zu werden.

## Wirksames Instrument zur Nachwuchsförderung

Untersuchungen belegen, dass *Jugend forscht* ein äußerst wirksames Instrument zur Nachwuchsförderung in Deutschland ist: Neun von zehn erfolgreichen Teilnehmenden des Wettbewerbs studieren später ein mathematisches, naturwissenschaftlich-technisches oder medizinisches Fach. Im Anschluss an das Studium ist die Mehrheit der ehemaligen Bundessieger\*innen im Bereich Forschung und Entwicklung an Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen oder in Unternehmen tätig.

## Gesellschaftlich breit verankertes Netzwerk

Die erfolgreiche Talentschmiede *Jugend forscht* ist als gesellschaftlich breit verankertes, kontinuierlich wachsendes Netzwerk organisiert, in dem sich verschiedene Gruppen und Institutionen unter dem Motto „Wir fördern Talente“ für ein gemeinsames Ziel engagieren. Auch in dieser Hinsicht ist der Wettbewerb seit Jahren beispielgebend. Bund, Länder, *stern*, Wirtschaft, Wissenschaft und Schulen fördern *Jugend forscht*. Die Bundesbildungsministerin ist Kuratoriumsvorsitzende der Stiftung *Jugend forscht* e.V., Schirmherr des Wettbewerbs ist der Bundespräsident.

## Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft

*Jugend forscht* ist die älteste und größte Public-private-Partnership ihrer Art in Deutschland. Seit knapp 60 Jahren ist dieses Finanzierungsmodell ein zentrales Erfolgsrezept des Wettbewerbs. Derzeit fördern rund 250 Partner *Jugend forscht* mit einer jährlichen Summe von rund 10 Millionen Euro. Neben mittelständischen Firmen und weltweit agierenden Unternehmen engagieren sich auch Ministerien, Hochschulen,



## Jugend forscht 2024

Unter dem Motto „Mach Dir einen Kopf!“ ist *Jugend forscht* in die 59. Wettbewerbsrunde gestartet. Kinder und Jugendliche mit Interesse an Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften

und Technik (MINT) können sich bis 30. November 2023 online anmelden. Ab Februar 2024 finden bundesweit die Regionalwettbewerbe statt. Die Teilnahmebedingungen, das Formular zur Online-Anmeldung sowie weiterführende Informationen und das aktuelle Plakat zum Download gibt es unter [www.jugend-forscht.de](http://www.jugend-forscht.de).

Forschungsorganisationen, Stiftungen und Verbände. Die Partner richten die Wettbewerbe aus, stiften Preise und fördern weitere Aktivitäten wie etwa Alumni-Veranstaltungen. Ohne ihre gemeinschaftliche Unterstützungsleistung wäre die Durchführung des Wettbewerbs nicht denkbar. Dieses innovative und zukunftsfähige Organisationskonzept war und ist eine entscheidende Voraussetzung für die stetige Erweiterung von *Jugend forscht*: Mittlerweile finden auf Regional-, Landes- und Bundesebene mehr als 120 Wettbewerbe statt.



Über 5.000 Lehrkräfte engagieren sich jedes Jahr als Projektbetreuende und Wettbewerbsleitungen

## ANZEIGE

**bankenverband**

SPIEL MIT!

**SCHULBANKER**

DAS BANKENPLANSPIEL

**EINMAL SELBST BANKER SEIN...**

... eine Planspielbank verantwortlich führen und im Team echte Managemententscheidungen treffen. Bei SCHULBANKER erleben Schüler hautnah, wie Marktwirtschaft und Wettbewerb funktionieren. Sie nehmen im Chefessel ihrer virtuellen Bank Platz und los geht's!

Die Verantwortung liegt in den Händen der Schüler. Wie der Bankvorstand in der Realität treffen sie die wichtigen Entscheidungen in allen Geschäftsbereichen: Sparen und Kredite, Aktienfonds, Filialen, Aus- und Weiterbildung und vieles mehr!

**TERMINE**

- Spiel: 13.11.2023 – 19.2.2024
- Finale und Preisverleihung in Berlin: 4.5.–6.5.2024

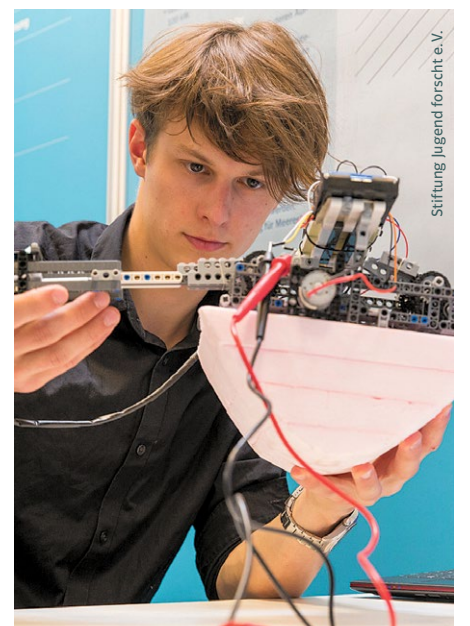
**1. PREIS**  
SCHULE: 4.000 €  
TEAM: 500 €

**2. PREIS**  
SCHULE: 3.000 €  
TEAM: 400 €

**3. PREIS**  
SCHULE: 2.000 €  
TEAM: 300 €

**ANMELDUNG**  
1.7. – 5.11.2023  
[WWW.SCHULBANKER.DE](http://WWW.SCHULBANKER.DE)

**JETZT AUF INSTAGRAM!**  
@SCHULBANKER



*Jugend forscht* steht für kreatives, forschendes Lernen

## Ehrenamtliches Engagement als Eckpfeiler

Beispielhaft ist bei *Jugend forscht* auch die Bereitschaft vieler Menschen, den Wettbewerb ehrenamtlich zu unterstützen. Über 5.000 Lehrkräfte engagieren sich jedes Jahr als Projektbetreuende und Wettbewerbsleitungen. Mehr als 3.000 Fach- und Hochschullehrkräfte sowie Expert\*innen aus der Wirtschaft bewerten die Arbeiten. Ihre freiwillige Mitarbeit ist ein wesentlicher Eckpfeiler des Wettbewerbs, der eine Beteiligung von derzeit mehr als 9.000 Jungforscher\*innen pro Runde erst möglich macht. Es sind vor allem die Projektbetreuenden und die betrieblich Auszubildenden, die den Kindern und Jugendlichen durch ihr besonderes Engagement die Gelegenheit geben, ihre Talente bei der Erarbeitung eines *Jugend forscht*-Projekts gezielt zu entwickeln.

Dr. Daniel Giese



Deutschland  
Land der Ideen



bankenverband  
bankenverband.at

boersen-zeitung.de  
Börsen-Zeitung



Kolumne

# Finden, befinden und empfinden in der Wissenschaft



**Tobias Beck** geht als Lehrer, Wissenschaftsjournalist und unerschrockener Freizeitwissenschaftler für den **MINT Zirkel** schon seit längerem Alltagsmythen auf den Grund. Für seine Kolumne schaut er sich regelmäßig auf dem Jahrmarkt der wissenschaftlichen Durchbrüche um und stößt dabei mal auf Sonderbares, mal auf Skurriles – oder auch auf schlichtweg Erstaunliches.

Was haben wir alle wieder gefunden im Sommer – Steine, Muscheln, Wurzeln oder Skurrilitäten. Der Sommer ist die große Pause im Jahr, genug Zeit also für Fundstücke, an denen man im Alltag womöglich vorbeigehastet wäre. Auch in der Wissenschaft haben in den letzten Wochen viele Findige Erkenntnisse und Dinge hervorgebracht, die vor Vielfalt schillern. Archäolog\*innen, die Meister\*innen forschenden Sammelns, haben gleich ein ganzes Bündel an Sommerloch-Fundstücken vorzuweisen: Nachdem ein Landwirt im US-Bundesstaat Kentucky auf seinem Maisfeld ein Goldstück entdeckt und die Behörden verständigt hatte, begannen sie

zu buddeln. Am Schluss kam ein 700 Münzen zählender Goldschatz aus der Zeit des Amerikanischen Bürgerkriegs ans Tageslicht. Eine Sensation. Und in Griechenland wurden bei Renovierungsarbeiten im Tatoi-Palast nördlich von Athen die Insignien des griechischen Königs Otto aus dem 19. Jahrhundert entdeckt, die bisher als verschollen galten. Krone, Zepter und Schwert seien sehr gut verpackt und gut erhalten, wie es in der Pressemitteilung heißt.

Ein Fundstück aus der Biologie liegt ebenfalls im Mittelmeer. Forscher\*innen haben vor der Küste Ägyptens den Lieblingsort der Grünen Meeresschildkröte entdeckt. Während die Tiere nach dem Schlüpfen in den ersten Jahren ziellos herumtreiben und alles fressen, was ihnen begegnet, schwimmen die Reptilien aus dem Meer offenbar im Alter von fünf Jahren gezielt zu den Seegraswiesen, wo auch ihre Eltern und Großeltern schon geschlemmt haben. Entdeckt haben den Lieblingsimbiss der Schildkröten Biolog\*innen, indem sie Ortungsdaten von Satelliten und Kohlenstoffanalysen von Knochen und Sedimenten ausgewertet haben. Bewundernswert ist die Treue der Tiere zu ihrem Lieblingsplatz: Seit 3.000 Jahren schwimmen Grüne Meeresschildkröten dorthin.

Auf dem Mars wurde auch etwas gefunden. Dort hat der aktuelle Rover „Perseverance“ der US-amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA in Gesteinsproben eine Fülle organischer Moleküle identifiziert. Forscher\*innen haben darüber jüngst in einer *Nature*-Studie berichtet. Wie sie das Fundstück allerdings nun finden – darüber sind sich die Beteiligten uneins. Schließlich können organische Moleküle sowohl durch Lebewesen als auch durch geologische Prozesse erzeugt werden. Die Frage „Gab es Leben auf dem Mars?“ ist also immer noch nicht eindeutig entschieden.

Neben dem bloßen Entdecken hat die Wissenschaft aber auch noch andere Bedeutungen des „Findens“ im Sommer ordentlich auskosten: Befunden hat eine internationale Gruppe von Wissenschaftler\*innen, die „Anthropocene Working Group“ (AWG), über eine entscheidende Frage: Wo auf der Erde lässt sich der Beginn des Anthropozäns, des vom Menschen beeinflussten Zeitalters, am besten festmachen? Ihr Vorschlag: Es soll der Crawford-See im Süden Kanadas sein. Weil er im Vergleich zu seiner Oberfläche so tief ist, dass sich Wasserschichtungen kaum mischen, speichern die Sedimente des Sees Veränderungen wie die Jahresringe eines Baums zu-



verlässig über lange Zeiträume. Wenn drei der AWG noch übergeordnete Gremien zustimmen, wird die „Goldnadel“ für den Beginn des Anthropozäns jene Schicht im Schlamm sein, in der in den 1950er-Jahren plötzlich Plutonium-Isotope zu messen waren – als Überreste der Atomwaffenzündungen während des Kalten Kriegs.

Und was gibt's Neues zum Empfinden? Auch Stille ist hörbar. Das konnten Psycholog\*innen der John Hopkins University in einer großen Studie mit akustischen Täuschungen zeigen. Genauso wie Tonsequenzen unsere Wahrnehmung und Hirnaktivität verändern können, tun das auch Sequenzen, in denen nichts zu hören ist. Offenbar behandelt unser Gehirn demnach Stille bei der Verarbeitung genauso wie Geräusche. Ob diese Erkenntnis freilich hilft, wenn jetzt nach der Sommerpause wieder die Schulen mit Trubel und Lärm beginnen? Das werden wohl alle unterschiedlich ... finden.

## Impressum

**Herausgeber**  
Dr. Benny Pock

**Redaktion**  
Jörg Schmidt (V.i.S.d.P.),  
Silke Panten, Linda Wiese

**Satz, Gestaltung**  
Tanja Bregulla

### Autor\*innen der Ausgabe

Tobias Beck, Michael Büker, Dr. Daniel Giese, Prof. Dr. Andreas Gold, Franziska Görner, Prof. Dr. Heinrich Hemme, Laura Hipp, Prof. Dr. Ulrich Kattmann, Dr. Patrick Löffler, Felix Nell, Dr. Karl Porges, Clemens Sarholz (cs), Hans Schmidt, Jörg Schmidt, Dr. rer. nat. Dr. phil. Dierk Suhr, Jun.-Prof. Dr. Nadine Tramowsky, Rüdiger Vaas, Dr. Madlen Ziege

### Wissenschaftlicher Beirat

Jürgen Böhm (Verband deutscher Realschullehrer), Prof. Dr. Helmut von Eiff (Hochschule Esslingen), Prof. Dr.-Ing. Peter Eyerer (TheoPrax-Zentrum), Elisabeth Frank (Otto-Hahn-Gymnasium Ostfildern), Prof. Dr. Johanna Heitzer (RWTH Aachen), Prof. Franz Kranzinger (Staatliches Seminar für Didaktik Stuttgart), Prof. Dr. Stefan Kruse (Pädagogische Hochschule Weingarten), Prof. Dr. Martin Lindner (Universität Halle-Wittenberg), Prof. Dr. Peter Menzel (Universität Hohenheim), Dr. Niki Sarantidou (MINT-EC), Dr. Marco Spurk (Universität Stuttgart/Fehling-Lab), Prof. Dr. Roland Stalder (Universität Innsbruck), Dr. rer. nat. Dr. phil. Dierk Suhr (Hohenloher), Klaus Trimborn (Innovationszentrum Schule-Technik.Bochum.NRW.)

**Verlag**  
Klett MINT GmbH  
Stöckachstr. 11, 70190 Stuttgart  
Tel.: 07 11 / 89 462-242  
Fax: 07 11 / 89 462-259

**Geschäftsführung**  
Dr. David Klett, Dr. Benny Pock

**Anzeigenleitung**  
Claudia Betz  
Tel.: 07 11 / 89 462-255  
c.betz@klett-mint.de

### Bezugsbedingungen

Lehrkräfte im Bundesgebiet können den **MINT Zirkel** in 20er-Sätzen fürs Lehrerzimmer an ihre Schuladresse abonnieren. Pro 20er-Satz wird eine Versandkostenpauschale von 5 Euro pro Ausgabe erhoben.

**Erscheinungsweise**  
4 x jährlich

**Druck**  
Frankfurter Societäts-Druckerei GmbH & Co. KG

**Auflage**  
60.000

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Aufnahme in elektronische Datenbanken, Mailboxen sowie sonstige Vervielfältigungen nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags. Für unverlangt eingereichtes Text- und Bildmaterial wird keine Haftung übernommen. Die Autor\*innen und Redakteur\*innen des **MINT Zirkels** recherchieren und prüfen jeden Artikel sorgfältig auf seine inhaltliche Richtigkeit. Dennoch kann es passieren, dass sich Fehler in die Texte oder Bilder schleichen. Wir übernehmen daher keine Garantie für die Angaben. Mit Anzeige gekennzeichnete Advertorials erscheinen außerhalb der Verantwortung des Herausgebers nach Angaben der in den Advertorials genannten Unternehmen.

ISSN 2193-9845

### Kooperationspartner\*innen



## In den nächsten Ausgaben

### Wie lernwirksam ist Peer Assessment im MINT-Unterricht?

Schüler\*innen Rückmeldungen auf ihre Lernleistung zu geben, ist eine Kernaufgabe von Lehrkräften. Wie wirksam aber ist es, wenn die Lernenden diese Aufgabe selbst übernehmen?

### Windenergieanlagen neu gedacht

Windenergie wird eine der tragenden Säulen unseres klimaneutralen Energiesystems sein. Allein sogenannte Offshore-

Windenergie bietet hierbei eine Reihe von Vorteilen. Monika Rößiger beschreibt, wie die technische Zukunft dieser Anlagen aussieht.

### Surfen auf Plastikmüll

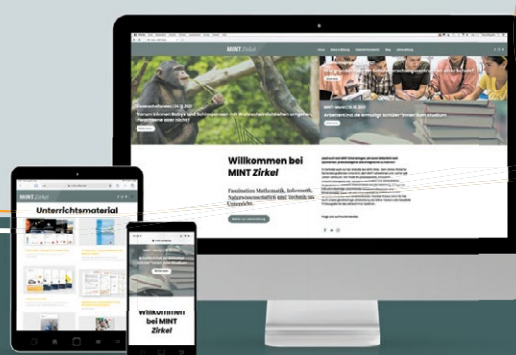
Plastik ist aus unserem Alltag kaum noch wegzudenken. Und leider findet sich Plastikmüll auch in Flüssen und Meeren. Er zirkuliert in den Ozeanen, bildet riesige Plastikwirbel. Was dies bedeutet, skizziert Dr. Inge Kronberg.

## Kennen Sie die Online-Plattform mint-zirkel.de?

Hier finden Sie alles, was Sie für zeitgemäßen und fesselnden Unterricht in MINT-Fächern benötigen:

- Hochwertige Unterrichtsmaterialien für verschiedene Schularten zu MINT-Themen
- Unseren Blog mit spannenden und unterhaltsamen Beiträgen zu Forschung und Unterrichtspraxis

Zahlreiche Zusatzangebote und vieles mehr  
**mint-zirkel.de**



Klett MINT



# Hier profitiert das gesamte Kollegium!



Alle Funktionen  
**1 Monat  
gratis testen**  
ab 5 Mitgliedern

Mit einer Schulmitgliedschaft im Lehrerbüro haben Sie keine persönlichen Kosten und sparen viel Zeit bei der Unterrichtsvorbereitung

- **Jede Woche neu:** Mehr als 400.000 Seiten Unterrichtsmaterialien der renommiertesten Bildungsverlage
- **Materialien und Ratgeber** für alle Unterrichtsfächer, alle Schulstufen und alle Schulformen unbegrenzt herunterladen und editieren
- **Praktische Hilfsmittel** für Ihr Selbstmanagement (Stundenplan, Cloud-Bereich), Fortbildungen, Webinare der SchILf-Akademie, interaktive Arbeitsblätter und Schüleranbindung
- **Versandkostenfrei** in der Lehrerwelt bestellen und von Rabattvorteilen profitieren



## Gemeinsam wird's günstiger:

Mit einer Schulmitgliedschaft ist das Lehrerbüro für Sie persönlich völlig kostenfrei. Je mehr mitmachen, desto günstiger wird es für die gesamte Schule:

**20 Mitglieder sparen  
gemeinsam 70%**



Jetzt testen und  
Mitglied werden!

[www.lehrerbuero.de](http://www.lehrerbuero.de)