

HAUPT, O. J., DOMJAHN, J., MARTIN, U., SKIEBE-CORRETTE, P., VORST, S., ZEHREN, W. & HEMPELMAN, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*, 66(6), 342–330.

MÜTHING, K., RAZAKOWSKI, J. & GOTTSCHLING, M. (2018). *LBS-Kinderbarometer Deutschland 2018. Stimmungen, Trends und Meinungen von Kindern aus Deutschland*. LBS; Institut für Sozialforschung der PROSOZ; PROKIDS: Münster. <https://www.lbs.de/unternehmen/u/kinderbarometer/index.jsp> (08.11.2019)

PEKRUN, R. & HELMKE, A. (1991). Schule und Persönlichkeitsentwicklung: Theoretische Perspektiven und Forschungsstand. In: R. PEKRUN & H. FEND (Hg.): *Schule und Persönlichkeitsentwicklung. Ein Resümee der Längsschnittforschung*, Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 33–56.

SCHMUDE, C. (2009). *Entwicklung von Berufspräferenzen im Schulalter: längsschnittliche Analyse der Entwicklung von Berufswünschen*: Berlin. <https://edoc.hu-berlin.de/handle/18452/14626;jsessionid=779EE29164C4E5CF12BBC04177F5C3D7> (08.11.2019)

SOMMER, K., RUSSEK, A., KLEINHORST, H., KAKOSCHKE, A. & EFING, N. (Hg.) (2013). *CHEMKON KEMIE Sonderausgabe*. Wiley-VCH Verlag: Weinheim.

SOMMER, K., WAMBACH-LAICHER, J. & PFEIFER, P. (Hg.) (2018). *Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht*. Aulis Verlag in Friedrich Verlag: Seelze.

STIFTUNG POLYTECHNISCHE GESELLSCHAFT (Hg.) (2016). *Dokumentation zur Preisverleihung 2016*. Stiftung Polytechnische Gesellschaft: Frankfurt am Main.

VERBAND DER CHEMISCHEN INDUSTRIE (2018). Fachkräftemangel so groß wie nie. <https://www.vci.de/themen/bildung-forschung/bildung/fachkraeftemangel-so-gross-wie-nie-mint-fruehjahrs-report-2018.jsp> (22.08.2019).

*Bildnachweise

Bild 1–4: © Stiftung Polytechnische Gesellschaft, Spillner

FENJA BODESHEIMER (Bodesheimer@chemie.uni-frankfurt.de) studierte die Fächer Chemie und Sport für das Lehramt an Gymnasien und ist jetzt im Rahmen ihrer Promotion wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Didaktik der Chemie an der Goethe-Universität Frankfurt a.M. Sie wird durch das Main-Campus-Stipendiaten-Programm der Stiftung Polytechnische Gesellschaft gefördert.

PROF. DR. ARNIM LÜHKEN (Luehken@chemie.uni-frankfurt.de), studierte an den Universitäten Mainz und Frankfurt a.M. und promovierte 2005 über „Ultraschall und Mikrowellenstrahlung im Chemieunterricht“. Von 2005 bis 2008 war er als PostDoc im Arbeitskreis von PROF. DR. ILKA PARCHMANN in Oldenburg tätig. Seit 2008 ist ARNIM LÜHKEN als Professor für Didaktik der Chemie an der Goethe-Universität Frankfurt a.M. tätig und seit 2011 geschäftsführender Direktor des Instituts für Didaktik der Chemie. ■

PETER BENDER

Zu: „Jetzt fangen die Physiker aber das Spinnen an“

(A. EICHHORN, T. RAABE & O. KREY in MNU 72/5 (2019), S. 408 ff)

Die Missstände in den grassierenden Erklärvideos finden sich nicht nur bei Themen aus der Physik, sondern auch bei mathematischen Inhalten, zumindest, wenn diese etwas anspruchsvoller sind.

Kürzlich ist mir ein solches Erklärvideo untergekommen, in dem mithilfe des ZENONschen Paradoxons vom Wettlauf zwischen ACHILLES und der Schildkröte der Begriff „unendlich“ (in Anführungszeichen wörtliche Zitate, jedoch mit

geglättetem Satzbau), mit dem sich ja „in der Mathematik viel beschäftigt wird“, „nachvollziehbar“ gemacht werden soll, „speziell für den Fall, dass Ihr schon“ den Übergang „von der Sekantensteigung zur Tangentensteigung durchgenommen habt“. Es ist schon ein paar Jahre alt und wird täglich noch zig-mal angeschaut: <https://www.youtube.com/watch?v=BKZHV2XyRsM&t=6s> vom 03.07.2013 mit der Überschrift „Achilles holt die Schildkröte nicht ein, warum? Unendlichkeit in der Mathematik, Matherätsel“ mit 38.384 Aufrufen bis zum 03.12.2019, davon 1891 seit dem 01.10.2019.

Das ganze Video ist didaktisch-metho-

disch (inklusive Tafelbild) ziemlich schlecht gemacht. Das Paradoxon wird zwar dargelegt, indem einerseits der Wettlauf geschildert wird und andererseits die Graphen der Zeit-Ort-Funktionen der beiden Läufer/innen im Koordinatensystem zum Schnitt gebracht werden, aber es erfolgt kein Versuch einer Auflösung. Eigentlich kann man (als Lehrende oder als Lernende) es sowieso nur auflösen, wenn man bereits über einen ordentlichen Grenzwertbegriff verfügt. Es bleibt im Dunkeln, wieso gerade das Paradoxon zur Klärung des als Intro und dann noch einmal als Outro bemühten Übergangs von der „Sekantensteigung“ zur „Tangentensteigung“ herangezogen wird; denn dem Erklärer geht es ja „nur“ um eine Veranschaulichung des „Unendlichkleinwerdens“ bei einer konvergenten Folge.

Vor allem sind die mehrfach auftauchenden Wendungen folgender Art mangelhaft:

„Hier jetzt mal ein Beispiel für etwas, was unendlich klein wird“; „von der Sekantensteigung zur Tangentensteigung, wo irgendetwas irgendwann so klein wird, dass es eigentlich nicht mehr da ist“; „und irgendwann ist dann der Weg, den die Schildkröte zurückgelegt hat, praktisch irgendwann weg“; „dieser Bereich, den ich hier mir geschnappt habe, bis ich da hinkomme, wird so unendlich klein, dass praktisch nichts mehr übrig ist“; „die Schildkröte hat immer noch einen Vorsprung, doch dieser Vorsprung ist irgendwann so gering, dass er praktisch irgendwann nicht mehr da ist“ oder „Ihr lasst den zweiten Punkt immer näher auf den ersten drauf zuwandern, so dass der Abstand irgendwann so klein ist, dass es gar keinen mehr gibt“.

Damit werden genau die Fehlvorstellungen und Fehlverständnisse produziert bzw. bedient, die für die meisten Menschen den Erwerb des Grenzwertbegriffs verunmöglichen. Bei den üblichen Folgen (wie auch beim Paradoxon) gibt es keine Nummer, ab der „irgendetwas“ (die Folgenglieder) „so klein wird“ (eigentlich: sind), „dass es eigentlich nicht mehr da ist“. Womöglich hat der Erklärer selbst keinen adäquaten Begriff vom mathematischen Grenzwert. Aber statt einfach die Finger davon zu lassen, meint er vermutlich, dass er seinem Image, besser als die Lehrer/innen erklären zu können, gerecht werden muss, und wagt sich an Inhalte, die ihn überfordern.

Ob von den 38.384 Aufrufer/inne/n irgendjemand aufgrund des Videos irgendein Verständnis über Folgen und Grenzwerte gewonnen hat, kann man füglich bezweifeln. Vielleicht wird aber manche/r in dem Glauben bestärkt, der Grenzwert sei etwas derart Mysteriöses, dass man ihn nur so wolkig darstellen kann, und meint dann, ihn insofern verstanden zu haben, – so wie möglicherweise der Erklärer selbst.

Gewiss, auch bei etablierten Lehrer/inne/n (und Didaktiker/inne/n!) ist so manche Fehlvorstellung, so manches Fehlverständnis von Folgen und Grenzwerten vorhanden, und es werden Sätze verwendet wie die obigen oder „die Polygone werden immer kreisähnlicher,

bis sie schließlich zum Kreis werden“ oder „das Verhalten der Folge im Unendlichen“ usw. Das Hauptübel ist die Überbewertung einer sog. dynamischen Sichtweise von Folgen bei der Begriffsbildung.

Insofern ist der Erklärer durchaus in guter Gesellschaft. Aber seine ganze Performance lebt von dem Image, dass er besser erklären kann als „die“ Lehrer/innen. Und das ist nun wirklich nicht der Fall, auch wenn seine Follower dieses Unvermögen wohl nicht erkennen (und umgekehrt so manche etablierte Lehrkraft es vermutlich auch nicht besser macht).

Dieses Erklärvideo ist seinerseits Ausfluss eines grundsätzlichen Systemfehlers unseres Analysiscurriculums. Dort wird ja der Ableitungsbegriff in seiner komplexen Form einer Quotientenfolge aus zwei Nullfolgen betrachtet, ohne dass die Schüler/innen über ein brauchbares infinitesimales Denken verfügen. An diesem Bruch will das Erklärvideo ansetzen, scheitert jedoch, auch und gerade wegen dem scheinbar schüler/innen/nahen lässigen Habitus in Sprache, Aufbau, Gedankenführung usw. Z. B. fällt kein einziges Mal der Name ZENON, sondern es ist von „einem Philosophen“ die Rede, der „mal gesagt hat, Achilles ist zehnmal so schnell wie die Schildkröte...“ usw.

Ich möchte noch auf einen zweiten Gesichtspunkt des Artikels eingehen: Dass die (fach)didaktische Forschung „Erklärungen als zentrales Element von Unterricht...wenig thematisiert“, ist eigentlich nicht „erstaunlich“ (EICHORN, RAAB & KREY, 2019, 408). Drei ideologisch fundierte Paradigmen der modernen Pädagogik stehen nämlich dieser Thematisierung in der Forschung entgegen.

- (i) Politisch-gesellschaftlich: Sobald Erklären stattfindet, handelt es sich nicht mehr um selbstbestimmtes, selbstständiges Lernen und die Illusion der Augenhöhe zwischen Lehrenden und Lernenden geht verloren.
- (ii) Didaktisch-psychologisch: Der Erfordernis von Erklärungen steht der pädagogische Konstruktivismus (in seinem verbreiteten naiven Verständnis) diametral entgegen.

- (iii) Methodisch-erkenntnistheoretisch: Wer in der Didaktik nur statistisch gewonnene Erkenntnisse akzeptiert, findet zum Konstrukt des Erklärens keinen Zugang.

In Fächern wie Mathematik und Physik wissen Lernende und Lehrende schon immer um den hohen Wert (guten!) Erklärens und scheren sich nicht um die Paradigmen der Bildungswissenschaft (wie nicht zuletzt die hohe Zahl von Abonnent/inn/en der Internethilfeportale zeigt, unter denen sich bestimmt auch so manche Lehrkraft befindet). ■

WOLFGANG PROSKE

Zu: Reaktionen von Kohlenwasserstoffen mit Bromwasser als Schülerversuch

(KLAUS MÜLLER & WOLFGANG KIRSCH in MNU- Journal 72/2 (2019), S. 127-135
 Leserbrief von T. LEHMANN in MNU Journal 72/4 (2019), S. 334f
 Antwort von K. MÜLLER & W. KIRSCH in MNU Journal 72/4 (2019), S. 335-338)

Unfälle mit elementarem Brom an Schulen haben mich seinerzeit erwogen, Alternativen zu entwickeln. Die von anderen analytischen Anwendungen (Titrations mit Kaliumbromat) her bekannte Bromat-Bromid-Lösung verwendete ich, um damit alle bisher in der DDR üblichen Schulexperimente mit Brom systematisch zu erproben. Diese Ergebnisse wurden 1995 erstmals publiziert (PROSKE & KUHN, 1995). Als Jahre später Kaliumbromat als krebserzeugend eingestuft wurde, wurde dieses durch Natriumbromat, seinerzeit als brandfördernd eingestuft, substituiert. Aufgrund der geringen Konzentration ($c = 0,25\%$) war die Bromat-Lösung nicht mehr einstuftungspflichtig. Auf zahlreichen Experimentalvorträgen habe ich das Verfahren vorgestellt. Die Folge war dann auch, dass sich immer mehr Schulen entschlossen haben, auf elementares Brom zu verzichten und die Alternative Bromat-Bromid-Lösung zu etablieren. Auch die