

Modellieren im Physikunterricht

WE-Heraeus-Fortbildung für
Lehramtsstudierende, Studienreferendare
und Lehrkräfte

25 – 28 November 2024

im Physikzentrum Bad Honnef, Germany

**WILHELM UND ELSE
HERAEUS-STIFTUNG**



Einleitung

Die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung ist eine gemeinnützige Stiftung des bürgerlichen Rechts zur Förderung der Forschung und Ausbildung auf dem Gebiet der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik. Sie gilt unter Physikern in Deutschland als die bedeutendste private Stiftung auf diesem Fachgebiet. Ein traditioneller Schwerpunkt der Stiftungsaktivitäten ist die Organisation von Seminaren. Einige Förderprogramme werden gemeinsam mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft durchgeführt.

WE-Heraeus-Fortbildung für Lehramtsstudierende, Studienreferendare und Lehrkräfte

Modellieren im Physikunterricht

Experimente erfüllen im Physikunterricht eine wichtige Funktion. Sie können ein Phänomen anschaulich zeigen, zum Handeln motivieren oder helfen, eine Hypothese zu überprüfen. Für die Erkenntnisgewinnung ist der letzte Punkt entscheidend. Hierzu gilt es vorab, eine Fragestellung und eine Hypothese zu generieren. Im Idealfall machen die Schülerinnen und Schüler selbst Annahmen und überprüfen sie. Sobald es aber um mehr als eine einfache Entscheidung zum qualitativen Ausgang eines Experiments geht, ist eine theoriegeleitete, mathematische Modellierung des Phänomens notwendig. Aus der fachdidaktischen Forschung wird daher seit geraumer Zeit eine stärkere Einbindung des Modellierens gefordert; insbesondere soll der Prozess nicht „nebenbei“ erledigt werden, sondern explizit Gegenstand des Unterrichts sein. Auch die Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss fordern für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung: „Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen“ (KMK, 2004).

Die Fortbildung soll Anregungen in diesem Bereich durch Vorträge von Seiten des Faches und der Fachdidaktik sowie durch praxisorientierte Workshops geben.

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr. Roger Erb

Goethe-Universität Frankfurt

Email: roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

Einleitung

Administrative Organisation:

Dr. Stefan Jorda
Elisabeth Nowotka

Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung
Kurt-Blaum-Platz 1
63450 Hanau, Germany

Tel. +49 6181 92325-12
Fax +49 6181 92325-15
E-mail nowotka@we-heraeus-stiftung.de
Internet www.we-heraeus-stiftung.de

Tagungsort:

Physikzentrum
Hauptstrasse 5
53604 Bad Honnef, Germany

Tagungstelefon +49 2224 9010-120

Tel. +49 2224 9010-113 or -114 or -117
Fax +49 2224 9010-130
E-mail gomer@pbh.de
Internet www.pbh.de

Registrierung:

Elisabeth Nowotka (WE Heraeus Stiftung)
im Physikzentrum / Registrierungsbüro
Montag 10 – 15 Uhr

Program

Program

Montag, 25. November 2024

- ab 10.00 Anreise und Registrierung
- 12:30 *MITTAGESSEN*
- 14:00 – 14:30 Roger Erb **Begrüßung, Überblick und
Organisation**
- 14:30 – 16:00 Silke Mikelskis-Seifert **Das Denken über Modelle -
philosophische Einsichten,
Unterrichtspraxis und empirische
Befunde am Beispiel der Teilchen- und
Atommodelle**
- 16:00 – 16:30 *KAFFEEPAUSE*
- 16:30– 18:00 Annette Upmeier zu **Modellieren ist das Herstellen und
Belzen Anwenden von Modellen**
- 18:30 *HERAEUS ABEND*
(kaltes und warmes Buffet inkl. freie Getränke)

Program

Dienstag, 26. November 2024

| | | |
|---------------|--|---|
| 08:00 | <i>FRÜHSTÜCK</i> | |
| 09:00 – 10.30 | Roger Erb | Modellieren mit GeoGebra |
| 10:30 – 11:00 | <i>KAFFEPAUSE</i> | |
| 11:00 – 12:30 | Hans-Dieter Körner | Mathematisierung, Modellierung und Modellanwendung im Chemieunterricht |
| 12:30 | <i>MITTAGESSEN</i> | |
| 14:00 – 15:30 | Jan Winkelmann (<i>online</i>) | Durch Verfälschungen zu naturwissenschaftlicher Erkenntnis - Die Bedeutung von Idealisierungen |
| 15:30 – 16:00 | <i>KAFFEPAUSE</i> | |
| 16:00 – 17:30 | Ulrich Kortenkamp | Physik und Simulationen mit Cinderella |
| 18:30 – 19.30 | <i>ABENDESSEN</i> | |
| 20.00 | Vorstellung der Teilnehmer:innen mit Präsentationen | |

Program

Mittwoch, 27. November 2024

| | | |
|---------------|---|--|
| 08:00 | <i>FRÜHSTÜCK</i> | |
| 09:00 – 10:30 | Mareike Freese Albert Teichrew | Workshop AR-Modelle mit GeoGebra Teil 1 |
| 10:30 – 11:00 | <i>KAFFEPAUSE</i> | |
| 11:00 – 12:30 | Mareike Freese Albert Teichrew | Workshop AR-Modelle mit GeoGebra Teil 2 |
| 12:30 | <i>MITTAGESSEN</i> | |
| 14:00 – 18:00 | Wanderung (<i>festes Schuhwerk erforderlich</i>) | |
| 18:30 – 19.30 | <i>ABENDESSEN</i> | |
| 20:00 | Jochen Triesch | Das Gehirn im Computer |

Program

Donnerstag, 28. November 2024

| | | |
|---------------|--------------------------------|---|
| 08:00 | <i>FRÜHSTÜCK</i> | |
| 09:00 – 10:30 | Teilnehmerinnen und Teilnehmer | Workshop AR-Modelle mit GeoGebra, Teil 3 |
| 10:30 – 11:00 | <i>KAFFEPAUSE</i> | |
| 11:00 – 12:00 | Roger Erb | Feedback und Abschluss |
| 12:00 | <i>MITTAGESSEN</i> | |

Abreise

Abstracts of Talks

(in alphabetical order)

Modellieren mit GeoGebra

R. Erb

Goethe-Universität, Frankfurt

GeoGebra ist eine Dynamische Geometrie-Software (DGS), die im Mathematikunterricht oft verwendet wird. Sie kann aber auch im Physikunterricht verwendet werden, wenn der zu modellierende Sachverhalt sich im Wesentlichen auf eine geometrische Grundlage reduzieren lässt. Man erhält dann so genannte "experimentierfähige" Modelle, in denen Lernende eigenständig Parameter variieren können, um so Hypothesen vorab zu testen, die anschließend in einem Realexperiment überprüft werden. Im Vortrag wird eine Einführung in die physikalische Modellierung mit GeoGebra gegeben, und es werden Modellierungen aus der Optik und anderen Gebieten vorgestellt.

References

- [1] R. Erb. Optik mit GeoGebra. Berlin, Boston: de Gruyter. (2016)
- [2] A. Teichrow & R. Erb. Dynamisch modelliert. Physik Journal 2, Heft 2, 25-28. (2022)

Workshop AR-Modelle mit GeoGebra

Albert Teichrew und Mareike Freese

Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt, Deutschland

Eine Funktion von Experimenten im Physikunterricht ist u. a. Hypothesen zu überprüfen, was oft eine theoriegeleitete, mathematische Modellierung des Phänomens erfordert. Mithilfe von Augmented Reality (AR) können reale Experimente mit passenden GeoGebra-Modellen überlagert werden. Die virtuellen Bestandteile sollen die realen Strukturen des Experiments dort erweitern, wo nicht beobachtbare Elemente zum Verständnis des Experiments beitragen. Das Ziel ist es, den Vergleich von Modell und Realität und damit die Überprüfung von Hypothesen zu erleichtern.

Im Unterricht kann dies mithilfe der AR-Funktion der App GeoGebra 3D Rechner umgesetzt werden. AR-Modelle werden so in das Kamerabild eingeblendet, dass bei Veränderung der Position des Mobilgeräts die modellierten 3D-Objekte an der zugewiesenen Stelle verbleiben. Der Modellinhalt lässt sich allerdings mit Schiebereglern an reale Gegebenheiten des Experiments anpassen. In der Mechanik können auf diese Weise Massepunkte, Geschwindigkeitspfeile und Kräfte innerhalb des realen Experiments visualisiert werden. In den Themen Elektrizität und Magnetismus sind es Potentiale und Felder. In der Optik können Lichtwege und Wellen modelliert und gemeinsam mit dem Phänomen betrachtet werden.

Im Rahmen des Workshops wird der Einsatz von AR-Modellen zunächst anhand von Beispielen erläutert. Danach werden Modelle und Experimente mit bereitgestellten und eigenen Mobilgeräten ausprobiert (Smartphones oder Tablets mit vorinstallierter GeoGebra App). Abschließend erfolgt eine Einführung in die eigenständige Modellierung von AR-Modellen mit GeoGebra. Für diesen Teil des Workshops wird die Arbeit mit einem Laptop empfohlen.

Referenzen

- Freese, M., Teichrew, A., Winkelmann, J., Erb, R., Ullrich, M. & Tremmel, M. (2023). Measuring teachers' competencies for a purposeful use of augmented reality experiments in physics lessons. *Frontiers in Education*, 8, 1180266. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1180266>
- Teichrew, A. & Erb, R. (2020). How augmented reality enhances typical classroom experiments: examples from mechanics, electricity and optics. *Physics Education*, 55(6), 065029. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb5b9>
- Teichrew, A. & Erb, R. (2022). Dynamisch modelliert. *Physik Journal*, 21(2), 25–28.

Mathematisierung, Modellierung und Modellanwendung im Chemieunterricht

Hans-Dieter Körner

*Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd,
Institut für Naturwissenschaften, Abteilung Chemie*

Die Ergebnisse einer Erhebung der Einstellungen von Studierenden verschiedener Naturwissenschaften und des Lehramts zur Mathematisierung im Rahmen der Erkenntnisgewinnung im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer in der Schule, bilden den Ausgangspunkt für differenziertere Betrachtungen des Modellierens und des Umgangs mit Modellen im Chemieunterricht. Zunächst sollen Hinweise identifiziert werden, ob die Einstellungen zum Modellieren und zum Einsatz von Modellen in den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen vergleichbar sind oder welche Unterschiede verzeichnet werden können. Daraus ergibt sich die Frage, worauf das möglicherweise zurückzuführen ist und welche Implikationen sich für die Unterrichtspraxis ergeben. Dabei wird zunehmend der Blick darauf gerichtet, welche Bedeutung der Förderung verschiedener Modellkompetenzen im Chemieunterricht beigemessen wird. Die Vorstellung einzelner Praxisbeispiele soll zur Reflexion und Diskussion anregen.

Physik und Simulationen mit Cinderella

Ulrich Kortenkamp

Universität Potsdam, Institut für Mathematik,
Karl-Liebknecht-Str. 24-25, 14476 Potsdam, Deutschland

Die Modellierung von physikalischen Experimenten mit Dynamischer Geometrie-Software (DGS) liegt nahe und wird auch schon oft praktiziert – in 2D, in 3D und auch mit VR/AR [1]. Meistens wird dabei auf die weit verbreitete Software GeoGebra zurückgegriffen.

Ich möchte in meinem Beitrag Cinderella [2] vorstellen, ein „altes“ DGS, welches neben mathematischen Zugängen zur Geometrie (mit der Unterstützung auch nicht-euklidischer Geometrie und komplexer Zahlen) auch Physiksimulationen und eine einfach zugängliche Programmiersprache, CindyScript, integriert [3,4]. Dabei gehe ich auf „klassische“ Physiksimulationen [5] ein, auf die Kombination von Sensordaten mit abstrakten Modellen und auch auf die Möglichkeiten, die GPU von Rechnern und Mobilgeräten zu nutzen, um selbst hochperformante numerische Simulationen durchzuführen [7].

References

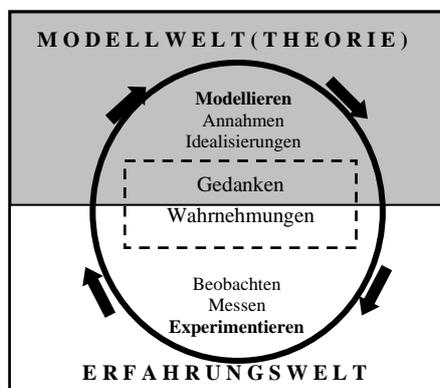
- [1] Teichrew, A. & Erb, R.: *Dynamisch modelliert*, Physik Journal **21** Nr. 2 (2023)
- [2] Richter-Gebert, J., Kortenkamp, U.: *The Cinderella.2 Manual: Working with the Interactive Geometry Software*. Springer, Heidelberg (2012)
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-34926-6>
- [3] Richter-Gebert, J., Kortenkamp, U.: *The power of scripting: DGS meets programming*. Acta Didactica Napocensia **3**(2), 67–78 (2010)
- [4] von Gagern, M., Kortenkamp, U., Richter-Gebert, J., Strobel, M.: *CindyJS*. In: *Greuel, GM., Koch, T., Paule, P., Sommese, A. (eds) Mathematical Software – ICMS 2016*. LNCS **9725**. Springer, Cham (2016)
https://doi.org/10.1007/978-3-319-42432-3_39
- [5] Kortenkamp, U., & Richter-Gebert, J. (2008). *Cinderella.2 – Geometrie und Physik im Dialog*. In: *Computeralgebra-Rundbrief: Sonderheft zum Jahr der Mathematik 2008*, 12–14. <https://fachgruppe-computeralgebra.de/data/JdM-2008/Sonderheft.pdf>
- [6] Kortenkamp, U., & Richter-Gebert, J.: *Blended Experimentation with DGS*. <https://www3.risc.jku.at/conferences/cadgme2009/Kortenkamp.zip>. CADGME 2009, Linz (2009)
- [7] Montag, A. & Richter-Gebert, J.: *CindyGL: Authoring GPU-Based Interactive Mathematical Content*. In: *Greuel, GM., Koch, T., Paule, P., Sommese, A. (eds) Mathematical Software – ICMS 2016*. LNCS **9725**. Springer, Cham (2016)

Das Denken über Modelle – philosophische Einsichten, Unterrichtspraxis und empirische Befunde am Beispiel der Teilchen- und Atommodelle

Silke Mikelskis-Seifert

Physik, Pädagogische Hochschule Freiburg, Deutschland

Modelle sind grundlegende Werkzeuge im Physikunterricht, um komplexe Phänomene zu verstehen. Besonders in Bereichen, die unserer sinnlichen Wahrnehmung nicht direkt zugänglich sind, wie die Mikrowelt, helfen Modelle, die Lücke zwischen Erfahrung und Abstraktion zu schließen (Mikelskis-Seifert & Euler, 2009). Doch Lernende stehen oft vor der Herausforderung, Modelle von der realen Welt zu unterscheiden. So werden Teilchen- und Atommodelle häufig missverstanden und mit



Eigenschaften von Alltagsobjekten beschrieben (Mikelskis-Seifert, 2009). Um Lernschwierigkeiten zu begegnen, wird ein Unterricht vorgeschlagen, der explizit das Denken in und über Modelle thematisiert (Mikelskis-Seifert, 2006). Wichtig ist dabei, Lernende systematisch zwischen der Modellwelt und der Erfahrungswelt unterscheiden zu lassen sowie über die Natur der Modelle, über deren Grenzen und Anwendungsbereiche zu reflektieren (Mikelskis-Seifert & Leisner-Bodenthin, 2007). Historische,

naturphilosophische Betrachtungen können hier hilfreich sein. Ein solcher Unterricht, der nicht nur fachliche Erkenntnisse, sondern auch das kritische Durchdenken der Modelle fördert, soll am Beispiel der Teilchen- und Atommodelle vorgestellt werden. Auch werden Ergebnisse der Wirksamkeit eines solchen Ansatzes diskutiert.

Referenzen

- [1] Mikelskis-Seifert, S. (2006). Lernen über Modelle: Entwicklung und Evaluation einer Konzeption für die Einführung des Teilchenmodells. In Fischler, H., Reiners, C. S. (Hrsg.): Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht. Logos Verlag Berlin, S. 165-198
- [2] Mikelskis-Seifert, S., Leisner-Bodenthin, A. (2007). Die Modellmethode. In S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.) Physik-Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II. Cornelsen Verlag Scriptor, Berlin, 15-29
- [3] Mikelskis-Seifert, S. (2009). Lernen über Modelle – Am Beispiel der Teilchenstruktur der Materie. In Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, Heft 7/58, S. 15-21
- [4] Mikelskis-Seifert, S., Euler, M. (2009). Eine Reise in die Mikrowelt – Einführung in die Modellierung submikroskopischer Phänomene. In Unterricht Chemie Nr. 114, 16-21

Das Gehirn im Computer

Jochen Triesch^{1,2}

¹*Frankfurt Institute for Advanced Studies, Frankfurt am Main*

²*Goethe-Universität Frankfurt*

Computermodellierung hat sich zu einem unverzichtbaren Werkzeug moderner Wissenschaft entwickelt. In diesem Vortrag illustriere ich anhand verschiedener Beispiele, wie Computermodelle uns dabei helfen, die Geheimnisse des Gehirns zu lüften. Ich erläutere einige wichtige Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen der Arbeits- und Lernweise des Gehirns und der heutiger KI-Systeme und diskutiere die Frage, inwieweit Modelle des Gehirns und KI-Systeme bald schon ein eigenes Bewusstsein entwickeln könnten.

Referenzen

- [1] Mattern, D., Schumacher, P., López, F. M., Raabe, M. C., Ernst, M. R., Aubret, A., & Triesch, J. (2024). MIMo: A Multi-Modal Infant Model for Studying Cognitive Development. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*.

Modellieren ist das Herstellen und Anwenden von Modellen

Annette Upmeier zu Belzen

*Institut für Biologie, Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie
Humboldt-Universität zu Berlin, Unter den Linden 6, 10099 Berlin*

Modellieren umfasst die Herstellung und die Anwendung von Modellen als Werkzeuge der Erkenntnisgewinnung. Modellierkompetenz wird beschrieben durch Fähigkeiten, in der Herstellung und Anwendung von Modellen neue Erkenntnisse über Phänomene zu gewinnen und über diesen Prozess zu reflektieren (Krüger & Upmeier zu Belzen, 2021). In der Herstellung tragen Modelle zum Erkenntnisgewinn bei, wenn sie als plausible evidenzbasierte Erklärungen für bisher ungelöste Phänomene hergestellt werden (Mahootian & Eastman, 2009). Erklärungen sind plausibel, wenn Mechanismen im Sinne von Ursachen einbezogen werden (Haskel-Ittah, 2022). In der Biologie gibt es funktionale, proximate (aktuale) und ultimate (historische; Hammann et al., 2024) Erklärungen. Die Komplexität einer Erklärung resultiert aus dem Einbeziehen von Ebenen wie Moleküle, Zellen oder auch Populationen (Schneeweiß & Gropengießer, 2019).

Ein Modell, welches das Phänomen plausibel erklären kann, ist Voraussetzung für das Anwenden von Modellen (Großmann, 2019). In der Anwendung tragen Modelle zum Erkenntnisgewinn bei, wenn aus ihnen Voraussagen über Phänomene abgeleitet werden, die im Sinne von Hypothesen empirische Untersuchungen zum Phänomen einleiten (Schwarz et al., 2009). Dabei führt eine korrelativ angelegte Hypothese als Denkweise in eine wissenschaftliche, d. h. an Kriterien orientierte, Beobachtung im Bereich der Arbeitsweisen. In der Biologie ist mit Blick auf die Evolution das kriterienstete Vergleichen mindestens zweier Objekte eine besondere Form der Beobachtung, die auch in ein Ordnungssystem führen kann. In Abgrenzung davon führen kausale Hypothesen, die auf Ursache-Wirkungszusammenhänge zielen, in ein kontrolliertes Experiment (Wellnitz & Mayer, 2013; Krüger & Upmeier zu Belzen, 2021). Somit bezieht ein umfassender Modellierprozess „as the signature practice of sciences“ (Lehrer & Schauble, 2015, 672) Denk- und Arbeitsweisen ein. Der idealtypisch angelegte Modellierzyklus schließt sich, wenn über Modelle und den Prozess der Modellierung in Bezug auf den Zweck geurteilt und über den Modellierprozess reflektiert wird (Krüger & Upmeier zu Belzen, 2021).

Referenzen

- Großmann, L., & Krüger, D. (2024). Erkenntnisgewinnung (v)erklärt: Wie plant man hypothesengeleiteten Biologieunterricht?. In *Biologiedidaktische Nature of Science-Forschung: Zukunftsweisende Praxis* (pp. 99-112). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hammann, M., Trommler, F., & Krüger, D. (2024). Wie lassen sich biologische Phänomene erklären? Metawissen über biologische Erklärungstypen für den Biologieunterricht. In *Biologiedidaktische Nature of Science-Forschung: Zukunftsweisende Praxis* (31-44). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Haskel-Ittah, M. (2022). How can we help students reason about the mechanisms by which genes affect traits? In *Genetics education: Current challenges and possible solutions* (pp. 71-86). Cham: Springer International Publishing.
- Krüger, D., & Upmeier zu Belzen, A. (2021). Kompetenzmodell der Modellierkompetenz – Die Rolle abduktiven Schließens beim Modellieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27, 127-137.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2015). The development of scientific thinking. *Handbook of child psychology and developmental science*, 2(7), 671-714.
- Mahootian, F., & Eastman, T. E. (2009). Complementary frameworks of scientific inquiry: Hypothetico-deductive, hypothetico-inductive, and observational-inductive. *World Futures*, 65(1), 61-75.
- Schneeweiß, N., & Gropengießer, H. (2019). Organising levels of organisation for biology education: A systematic review of literature. *Education Sciences*, 9(3), 207.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie. Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315-345.

Durch Verfälschungen zu naturwissenschaftlicher Erkenntnis - Die Bedeutung von Idealisierungen

Jan Winkelmann

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Abteilung Physik, Deutschland

Idealisierungen sind im naturwissenschaftlichen Unterricht allgegenwärtig. Hierbei werden - im Kontext von Modellen und auch in der Planung und Auswertung von Experimenten - bewusst Annahmen getroffen, die nicht der Realität entsprechen. Gleichzeitig erheben die Naturwissenschaften zurecht den Anspruch, sich mit ihren Methoden einer komplexen Realität anzunähern, um diese besser zu verstehen. Der Vortrag widmet sich der Bedeutung von Idealisierungen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess und soll zum Reflektieren des eigenen Unterrichtens anregen.