

Lochs in der Atmosphäre? In: *geographie heute* 265, 24–33.

Reinhold, P. (1997): *Offenes Experimentieren: Ein neuer Ansatz für den Physikunterricht?* In: Fischer, H. E. (Hrsg.): *Zur Diskussion gestellt: Handlungsorientierter Physikunterricht der Sekundarstufe II. Vorschläge, Fragen, didaktische Begründungen*. Bonn, 104–125.

Reinmann, G./Mandl, H. (2006). *Unterrichten und Lernumgebungen gestalten*. In: Krapp, A./Prenzel, M./Weidenmann, B. (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie: Ein Lehrbuch*. Weinheim, 613–658.

Rinschede, G. (2007): *Geographiedidaktik*. – 3., völlig neu bearb. und erw. Auflage. Paderborn.

Salzmann, W. (1981): *Experimente im Geographieunterricht. Zur Theorie und Praxis eines lernzielorientierten geographischen Experimentalunterrichts (= Duisburger Geographische Arbeiten, Bd. 3)*. Köln.

Schubert, J. C. (2008): *Binnendifferenzierung beim experimentellen Arbeiten*. In: *Praxis Geographie* 38, H. 3, S. 22–25.

Stolz, A./Erb, R. (2014): *Experimentierverhalten und Lernzuwachs in Experimentiersituationen*

mit unterschiedlichem Öffnungsgrad. In: MNU (Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht), Jg. 67, H. 7, 388–393.

Stonjek, D. (2005): *Beobachtung*. In: Köck, H./Stonjek, D. (Hrsg.): *ABC der Geographiedidaktik*. Köln, 41.

Sweller, J. (1988): *Cognitive load during problem-solving: Effects on learning*. In: *Cognitive Science*, 12, 257–285.

Tesch, M./Duit, R. (2004): *Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie*. In: *ZfDN*, Jg. 10, 51–69.

Vogt, H./Upmeyer zu Belzen, A./Schröer, T./Hoek, I. (1999): *Unterrichtliche Aspekte im Fach Biologie, durch die Unterricht aus Schülersicht als interessant erachtet wird*. In: *ZfDN*, Jg. 5, 75–85.

Wilhelmi, V. (2000): *Experimente im Geographieunterricht*. In: *Praxis Geographie* 9, S. 4–7.

Wilhelmi, V. (2014): *Physische Geographie im Unterricht – handlungs- und prozessorientiert*. In: *Praxis Geographie* 5, 4–7.

Winkelmann, J./Erb, R. (2014): *Lernzuwachs durch Schüler- und Demonstrationsexperimente. Experimentiervorschläge zur geometri-*

schen Optik. In: MNU (Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht), Jg. 67, H. 7, 394–401.

Wirth, J./Thillmann, H./Künsting, J./Fischer, H. E./Leutner, D. (2008): *Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht*. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, Jg. 54, H.3, 361–375.

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. phil. Leif Mönter, Universität Trier, Geographie und ihre Didaktik, FB VI: Raum- und Umweltwissenschaften, Behringstraße 21 (Campus II), 54286 Trier, moenter@uni-trier.de

Prof. Dr. rer. nat. Karl-Heinz Otto, Ruhr-Universität Bochum, Geographisches Institut der Fakultät für Geowissenschaften, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, Karl-Heinz.Otto@rub.de

Beobachten, Untersuchen, Experimentieren

Ein methodisch-didaktisches Konzept zum Thema „Ökosystem Wald im Klimawandel“

Daniel Volz, Christiane Schuler, Svenja Brockmüller, Alexander Siegmund

Der Klimawandel ist in aller Munde und längst sind die Folgen auch im unmittelbaren Lebensumfeld spürbar. Am Beispiel von Wald und Forstwirtschaft nutzen Jugendliche der Sekundarstufe II den Transfer zwischen Realraum und Experimentierraum, um Zusammenhänge zu erkennen, Folgen abzuschätzen und Anpassungsstrategien zu beurteilen.

1. Regionale Folgen des Klimawandels – eine Herausforderung für Gesellschaft und Bildung

Der Umgang von Politik und Gesellschaft mit dem Klimawandel hat in den vergangenen Jahrzehnten einen tiefgreifenden Wandel erfahren. Lag der Fokus zunächst noch klar auf Aktivitäten zur Minderung des Klimawandels, folgt das heutige Vorgehen dem von Hans Joachim Schellnhuber, Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) geprägten Leitsatz: „Das Unbeherrschbare vermeiden und das Unvermeidbare beherrschen“

(vgl. Endlicher 2007, 119). Der aktuelle wissenschaftliche Kenntnisstand und das gestiegene politische Bewusstsein über die regionalen Konsequenzen des globalen Klimawandels haben dabei europaweit zu einer Doppelstrategie aus Klimaschutz (Mitigation) und Klimaanpassung (Adaption) geführt. Auch in Deutschland wurden auf Bundes- und Landesebene Strategien zur Anpassung an den Klimawandel erarbeitet. Diese stellen Risiken und Chancen der Folgen des Klimawandels dar und leiten daraus Empfehlungen für mögliche Anpassungsmaßnah-

men ab (vgl. u. a. Bundesregierung 2008, UM BW 2015). Der Monitoringbericht 2015 der Bundesregierung zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel zeigt anhand von Daten aus 15 Gesellschaftsbereichen, welche Veränderungen durch den Klimawandel sich heute schon feststellen lassen und welche Gegenmaßnahmen greifen (UBA 2015). Dabei wird deutlich: Den globalen Klimawandel aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Sicht „beherrschbar“ zu halten ist eine der zentralen gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Zwar ist der Klima-

tierraum im Hinblick auf ihre Effizienz überprüft und anschließend in Form konkreter Handlungsempfehlungen für den Waldumbau mit Douglasie auf den Realraum übertragen werden. Eine kritische Reflexion der Modellgrenzen schließt die Experimentierphase ab. Die formulierten Handlungsempfehlungen werden abschließend bezüglich ihrer Nachhaltigkeit in Bezug auf die ökologischen, ökonomischen und sozialen Funktionen des Waldes diskutiert und beurteilt (vgl. z. B. BMELV 2011).

4. Fazit

Der globale Klimawandel und seine tiefgreifenden Folgen auf regionaler Ebene machen einen raschen gemeinsamen Kompetenzerwerb aller gesellschaftlichen Akteure notwendig. Neben den beobachtbaren Folgen richtet sich der Blick der Wissenschaft dabei insbesondere auch auf das Verständnis künftig noch zu erwartender Auswirkungen der differenzierten klimatischen Veränderungen. Experimente bilden eine unverzichtbare Methode wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, um schon heute Vulnerabilitäten zu erkennen und geeignete Anpassungsstrategien zu entwickeln. Die große Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung macht den Klimawandel auch zu einem zentralen Bildungsthema – der unmittelbare lebensweltliche Bezug schafft zahlreiche Ansätze für ein forschend-entdeckendes Lernen. Die im Öffnungsgrad skalierbare Anwendung experimenteller Arbeitsweisen auf aktuelle Problemstellungen ermöglicht Jugendlichen dabei die Entwicklung von Beurteilungskompetenz und einer darauf aufbauenden Gestaltungskompetenz als Betroffene und Akteure im Kontext des Klimawandels. Hierbei dienen Experimente zum einen dazu, die von Forschung und Wissenschaft erkannten Zusammenhänge zu überprüfen und Klimafolgen anschaulich zu machen, zum anderen fördert das eigene Experimentieren berufs- und studienvorbereitend auch die Kompetenzen zur Erforschung eigener Fragestellungen. Der problemorientierte Dreiklang aus eigenen Erhebungen im Gelände, vertiefender Analyse im Labor und Erarbeitung in Experiment und Modell fördert methodische und methodologische Fähigkeiten der Jugendlichen und begleitet sie im mehrfachen doppelten Transfer aus dem Realraum in den Experimentierraum und zurück. Das Themenfeld „Ökosystem Wald im Klimawandel“ fordert und fördert die Erarbeitung systemischer Zusammenhänge und eignet sich

dabei in besonderer Weise auch zur Integration von Aspekten ökologischer, ökonomischer und sozialer Nachhaltigkeit im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. Mit Blick auf die aktuelle Situation, die geprägt ist durch die Gleichzeitigkeit von auf Prognosen beruhenden Klimavorhersagen, vielfach noch unerforschten Wechselwirkungen der beteiligten Systeme und der Notwendigkeit zum Entwurf geeigneter Anpassungsstrategien, adressiert das methodisch-didaktische Konzept bewusst auch den Umgang mit Unsicherheiten. ■

Literatur

Albrecht, A./Kohnle, U./Hanewinkel, M./Bauhus, J. (2011): Sturmrisiko von Fichte versus Douglasie auf baden-württembergischen Versuchsflächen. In: Tagungsband der Jahrestagung 2011 des Deutschen Verbands Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA), Sektion Ertragskunde, 21–31.
URL: http://www.nw-fva.de/~nagel/SektionErtragskunde/band2011/Tag2011_03.pdf [13.09.2015]
Albrecht, A./Hanewinkel, M./Bauhus, J./Kohnle, U. (2015): Sturmstabilität der Douglasie: schlechter als ihr Ruf. URL: http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/sturm_schnee_eis/fva_douglasie_windwurf/index_DE [13.09.2015]
BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2014): Der Wald in Deutschland, Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur.
URL: https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/BMEL_Wald_Broschuere.pdf [13.09.2015]
BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2015): Entdecke den Wald, die kleine Waldfibel. URL: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Waldfibel.html> [13.09.2015]
BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2011): Waldstrategie 2020, Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung. URL: <http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Waldstrategie2020.pdf> [13.09.2015]
Bolte, A./Hertel, D./Ammer, C./Schmid, I./Nörr, R./Kühr, M./N. Redde (2003): Freilandmethoden zur Untersuchung von Baumwurzeln. In: Forstarchiv 74, S. 240–262.
Bräuning, A./Kaminske, V. (2007): Die Arbeit an Jahrringen. Dendrochronologie in der Schule. In: Praxis Geographie, Jg. 37, H. 7/8, 48–51.
Brockmüller, S./Jungkunst, H. F. (2015): Was tun, wenn der Boden sich vom Acker macht?! Einflussfaktoren erkennen und verstehen,

Schutzstrategien beurteilen. In: Praxis Geographie 45, 5, 36–41.

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen, 78 S. URL: www.bmu.de/klimaschutz/downloads/doc/42783.php [13.09.2015]

Eikmeier, C./Kirchner, W. H./Otto, K.-H. (2015): Der Treibhauseffekt im Becherglas, Experimentieren und Modellieren über die Prozesse der globalen Erwärmung. In: geographie heute H. 332, 24–27.

Endlicher, W. (2007): Das Unbeherrschbare vermeiden und das Unvermeidbare beherrschen – Strategien gegen die gefährlichen Auswirkungen des Klimawandels.

In: Endlicher, W./Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke –, 119–131.

URL: https://www.pik-potsdam.de/services/infothek/buecher_broschueren/images/broschuere cms_100.pdf [13.09.2015]

Fischer, H. W. (2011): Das Holz der Douglasie – vielseitig verwendbar. – Vortrag im Rahmen des Seminars 2.4.6 „Douglasie – Neophyt oder Baum der Zukunft?“ der Landesforsten Rheinland-Pfalz. URL <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/Veroeffentlichungen/fischer-dougl.pdf> [13.09.2015]

Jentsch, A./Beierkuhnlein, C. (2010): Simulating the Future – Responses of Ecosystems, Key Species, and European Provenances to Expected Climatic Trends and Events. In: Nova Acta Leopoldina, NF 112, Nr. 384, 89–98. URL: http://www.bayceer.uni-bayreuth.de/bayceer/de/pub/pub/90118/Jentsch_Beierkuhnlein.pdf [13.09.2015]

Kölling, C. (2007): Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. In: AFZ-Der Wald, H. 23, 1242–1245.

URL: http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/boden-klima/dateien/a69_klimah_llen.pdf [13.09.2015]

Kölling, C./Knoke, T./Schall, P./Ammer, C. (2009): Überlegungen zum Risiko des Fichtenanbaus in Deutschland vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Forstarchiv 80, S. 42–54. URL: http://www.waldundklima.de/klima/klima_docs/forstarchiv_2009_fichte_01.pdf [13.09.2015]

Kownatzki, D./Kriebitzsch, W.-U./Bolte, A./Liese, H./Schmitt, U./Elsasser, P. (2011): Zum Douglasienanbau in Deutschland. In: Johann Heinrich von Thünen Institut (Hrsg.): Landbauforschung, Sonderheft 344.

Licht, W. (2013): Zeigerpflanzen erkennen und bestimmen.

Liebig, G. (2012): Entdeckendes Lernen – ein Unterrichtsprinzip. In: Liebig, H. (Hrsg.): Entdeckendes Lernen. Baltmannsweiler, S. 1–15.

LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2013): Zukünftige Klimaentwicklung in Ba-

den-Württemberg, Perspektiven aus regionalen Klimamodellen (Kurzfassung). URL: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/229985/> [13.09.2015]

Mönter, L./S. Hof (2012): Experimente. In: Haversath, J.-B. (Hrsg.): *Geographiedidaktik. Theorie – Themen – Forschung*. Braunschweig, S. 289–313.

Otto, K.-H. (2009): Experimentieren als Arbeitsweise im Geographieunterricht. In: *Geographie und Schule* 31, 180, S. 4–15.

Otto, K.-H., Mönter/L., Hof, S./J. Wirth (2010): Das geographische Experiment im Kontext empirischer Lehr-/Lernforschung. In: *Geographie und ihre Didaktik. Journal of Geography Education* 38, 3, S. 133–145.

Otto, K.-H./L. Mönter (2015): Scientific Literacy im Geographieunterricht fördern. Experimentelle Lehr-/Lernformen und Modellexperimente. In: *geographie heute*, H. 322, S. 2–7.

Peter, C. (2013): Problemlösendes Lernen und Experimentieren in der geographiedidaktischen Forschung: Eine Interventions- und Evaluationsstudie zur naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung im Geographieunterricht. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen. URL: http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2014/10703/pdf/PeterCarina_2014_01_15.pdf [15.09.2015]

Prietz, J./Bachmann, S. (2011): Verändern Douglasien Wasser und Boden? In: *LWF aktuell*, H. 84, 50–52. URL: <http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a84-bergwaldwirtschaft.pdf> [13.09.2015]

Rinschede, G. (2007): *Geographiedidaktik*. Paderborn.

Roloff, A./Grundmann, B. (2008): *Klimawandel und Baumarten-Verwendung für Waldökosysteme (Forschungsstudie)*. Dresden. URL: <http://www.wald-in-not.de/download/KLAM.pdf> [15.09.2015]

Ruthe, C. (1981): Erstellung einer Handlungsanleitung zur Schadbildanalyse und –bewertung an Bäumen, sowie Beurteilung ihres

Gefährdungspotentials im Hinblick auf die Verkehrssicherungspflicht im Zuständigkeitsbereich des Forstamtes Driburg. URL: http://download.ble.de/07BM003/Abschlussbericht_2_Kapitel%20-%20Anlage_1.pdf [15.09.2015]

SDW – Schutzgemeinschaft Deutscher Wald (Hrsg. o. J.): *Waldlehrpfad Baumarten*. URL: http://www.sdw-brandenburg.de/cms/upload/waldlehrpfad/inhalt_baumarten.swf [15.09.2015]

Siegmund, A./Volz, D. (2015): Dem Wandel begegnen – Anpassung an die regionalen Folgen des Klimawandels. In: *Praxis Geographie* 45, 5, S. 4–7.

Stiftung Wald in Not (Hrsg. 2008): *Wald im Klimastress: Fakten-Folgen-Strategien*. URL: http://www.wald-in-not.de/download/Klima_061008.pdf [15.09.2015]

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2015a): *Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung*. URL: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf [13.09.2015]

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2015b): *Nachhaltige Waldwirtschaft. Die vielfältigen Funktionen des Waldes*. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/forstwirtschaft/nachhaltige-waldwirtschaft> [15.09.2015]

UM BW - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.) (2015): *Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg, Vulnerabilitäten und Anpassungsmaßnahmen in relevanten Handlungsfeldern*. URL: http://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/interm/Dateien/Dokumente/4_Klima/Klimawandel/Anpassungsstrategie.pdf [13.09.2015]

Unsel, R. (2013): *Anpassungsstrategie Ba-*

den-Württemberg an die Folgen des Klimawandels, Fachgutachten für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft, Teil A: Langfassung. URL: <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/109165/U13-W04-N12.pdf?command=downloadContent&filename=U13-W04-N12.pdf>

Wullschlegel, S.D./Strahl, M. (2010): Erde 3.0, Klimawandel im Freilandexperiment. In: *Spektrum der Wissenschaft*, Juli 2010, 80–85. URL: <http://www.spektrum.de/pdf/sdw-10-07-s080-pdf/1036786> [13.09.2015]

Zocher, U. (2000): *Entdeckendes Lernen lernen. Zur praktischen Umsetzung eines pädagogischen Konzepts in Unterricht und Lehrerfortbildung*. Donauwörth.

Anschriften der Verfasser

Dipl.-Geoökol. Daniel Volz, Research Group for Earth Observation – rgeo, Abteilung Geographie der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, Czernyring 22/11–12, 69115 Heidelberg. E-Mail: volz@ph-heidelberg.de

Christiane Schuler, M.Sc., Research Group for Earth Observation – rgeo, Abteilung Geographie der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, Czernyring 22/11–12, 69115 Heidelberg. E-Mail: christiane.brandt@ph-heidelberg.de

Dipl.-Geogr. Svenja Brockmüller, Research Group for Earth Observation – rgeo, Abteilung Geographie der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, Czernyring 22/11–12, 69115 Heidelberg. E-Mail: brockmueller@ph-heidelberg.de

Alexander Siegmund, Prof. Dr. rer. nat., Pädagogische Hochschule & Universität Heidelberg, Abteilung Geographie, AG Physische Geographie und ihre Didaktik, Research Group for Earth Observation – rgeo, Czernyring 22/11–12, 69115 Heidelberg. E-Mail: siegmund@ph-heidelberg.de