

- Durch Ablesen der relativen Feuchte vor und nach dem Aufheizen der Sauna, kann man sich davon überzeugen, dass allein aufgrund der Temperatursteigerung der Wert der Feuchte drastisch abnimmt.
- Die Wirkung des Schwitzens kann zum einen dadurch illustriert werden, dass mitgenommene und während des Saunierens an eine höhere Stelle in der Sauna platzierte Eier je nach Zeitdauer allmählich gekocht werden. Einem Steak geht es ähnlich. Zum anderen kann man durch Messung des Körpergewichts vor und nach dem Saunabesuch den Flüssigkeitsverlust bestimmen.
- Durch Messung der Hauttemperatur und anderer Gegenstände in der Sauna (z. B. mit Hilfe eines Infrarotthermometers) kann man sich davon überzeugen, dass die Haut der kälteste Ort ist. Darüber hinaus kann die Diskrepanz zwischen gefühlter und gemessener Temperatur hautnah erfahren werden.

Insgesamt hilft die Sauna, für verschiedene physikalische Größen eine Art körpereigenen Maßstab zu entwickeln, indem man das Gemessene und Beobachtete unmittelbar mit eigenen Empfindungen verknüpft, die den physikalischen Größen einen Teil ihrer Abstraktheit nehmen.

9 Zusammenfassung

Eine finnische Sauna stellt einen künstlichen Raum dar, in dem der menschliche Körper extremen thermischen Bedingungen ausgesetzt ist. Da die Wärmekapazität und die Wärmeleitfähigkeit der Luft wesentlich geringer sind als die des Wassers kann man in der Sauna Lufttemperaturen von 100° und mehr eine gewisse Zeit lang nicht nur überleben, sondern sogar genießen.

Möglich wird das zum einen dadurch, dass der menschliche Körper zu einem großen Teil aus Wasser besteht und damit über eine große Wärmekapazität verfügt. Selbst größere Energieströme führen kurzfristig nicht zu einer signifikanten Erhöhung der Körpertemperatur.

Zum anderen sorgt die große Verdampfungswärme von Wasser dafür, dass die Verdampfung von Schweiß auf der Haut so effektiv ist, dass der auf den Körper einwirkende große Energiestrom weitgehend aufgezehrt wird. Die Körpertemperatur

wird dadurch zumindest eine Zeitlang davor bewahrt anzusteigen.

Zu einer (physikalischen) Kuriosität führt schließlich die Wirkung eines Aufgusses. Die Luftfeuchte wird dadurch so groß, dass der Dampf am durch Schwitzen kühl gehaltenen Körper wie an einer kalten Scheibe kondensiert. Dadurch wird aber der Kühlmechanismus abgewürgt und die restliche Aufenthaltsdauer in der Sauna meist stark verkürzt.

Literatur

CALDWELL, J. E., AHONEN, E. & NOUSIAINEN, UNTO (1984). Differential effects of sauna-, diuretic-, and exercise-induced hypohydration. *J. Appl. Physiol.* 57/198, 1018–1023.

HAVENITH, G. (2001). Individualized model of human thermoregulation for the simulation of heat stress response. *J Appl Physiol* 90: 1943–1954, 2001, p. 1946.

PFLUG, A. (2004). Thermodynamik in Badewanne und Sauna. In: Deutsche Physikalische Gesellschaft (Hrsg.) *Didaktik der Physik*. Berlin: Lehmanns.

PRECHT, H. & CHRISTOPHERSEN, J. (1973). *Temperature and Life*. Berlin etc.: Springer.

SCHLICHTING, H. J. (1988). Leben im Wärmebad. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik* 37/5, 30.

VESALA, T. (1996). Phase transitions in Finnish sauna. In: M. KULMALA & P. E. WAGNER (eds.): *Nucleation and Atmospheric Aerosols. Proceedings of the Fourteenth International Conference on Nucleation and Atmospheric Aerosols*. Pergamon, 1996, 403–406.

Prof. Dr. H. JOACHIM SCHLICHTING war bis 2011 Direktor des Instituts für Didaktik der Physik der Universität Münster, Wilhelm-Klemm-Str. 10, 48149 Münster.

Homepage: www.uni-muenster.de/physik.dp,
sowie: hjschlichting.wordpress.com.

Email: schlichting@uni-muenster.de



Böden und Bodenanalytik

Ein Thema für den naturwissenschaftlichen Unterricht

JÜRGEN KOPP

Eine Thematisierung bodenbezogener Fragestellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht ist nicht nur aus fachlicher Sicht gewinnbringend, sondern auch aus dem Blickwinkel der Schüler und der Gesellschaft von besonderer Relevanz. Es wurden Handreichungen zu qualitativen und quantitativen Versuchen entwickelt und erprobt, die auf eine Integration bodenanalytischer Themen in den Chemieunterricht abzielen und ganzheitliche Zugänge zur Umwelterziehung eröffnen. In diesem Beitrag werden die didaktisch-methodischen Grundlagen ausgeführt.

1 Einleitung

Unter Berücksichtigung der lebensstiftenden und lebenserhaltenden Funktionen des Bodens sollte sich grundsätzlich jede

Lehrkraft dazu aufgefordert fühlen, im Rahmen ihrer Einflussmöglichkeiten einen Beitrag zur Förderung des Bodenschutzbewusstseins der heranwachsenden Generationen zu leisten. Aus Sicht des Faches Chemie kann eine derartige Einflussnah-

me besonders nachhaltig durch die gezielte Integration bodenanalytischer Fragestellungen und Versuche in den Fachunterricht erfolgen.

In der 1972 vom Europarat verabschiedeten Europäischen Bodencharta heißt es: »Der Boden ist eines der kostbarsten Güter der Menschheit. (...) Bodenerhaltung muss auf allen Stufen gelehrt werden und immer stärker in den Blickpunkt der Öffentlichkeit treten« (zit. n. HELLBERG-RODE, 2002–2004). Obwohl uns gemäß dieser politischen Konzeption offensichtlich weit mehr als die Gravitation mit dem Boden verbindet, tendiert der postmoderne Mensch vielfach dazu, Boden als etwas Gegebenes und Selbstverständliches anzusehen und ihn allenfalls mit Schmutz zu assoziieren. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse zeigen jedoch sehr klar auf, dass der Boden zahlreiche Funktionen übernimmt, die das Leben auf unserem Planeten in seinen vielfältigen Formen ermöglichen und sichern. Anknüpfend an diese Erkenntnisse ist unser Boden folglich als kostbare Lebensgrundlage zu betrachten, die es im Hinblick auf die Zukunft der Menschen nachhaltig zu schützen gilt. Zur Etablierung eines solchen Bodenschutzbewusstseins in der Öffentlichkeit ist es demnach notwendig, das negative Bild vom »Schmutz« durch das positive Bild der »Lebensgrundlage« zu ersetzen, was sich allerdings nur dann effektiv realisieren lässt, wenn die Gesellschaft adäquat über die lebensstiftenden und zugleich lebenserhaltenden Bodenfunktionen sowie die schwerwiegenden Folgen anthropogen bedingter Bodenbelastungen informiert wird. Der Schule kommt hierbei eine tragende Rolle zu, da bodenbezogene Themen zum einen zahlreiche Anknüpfungsmöglichkeiten an Fachinhalte verschiedener Fächer aufweisen (v. a. Chemie, Biologie, Physik und Erdkunde) und zum anderen vielfältige gesellschaftsrelevante Alltagsbezüge umfassen (z. B. Reinhaltung des Grundwassers), wodurch sich folglich ein breites Spektrum möglicher Zugänge zur kontextorientierten und fachübergreifenden respektive fächerverbindenden Umwelterziehung ergibt. Dabei sollte gerade im naturwissenschaftlichen Unterricht das Ziel anvisiert werden, ein angemessenes und ausgewogenes Maß zwischen Theorie und Praxis zu gewährleisten. Aus Sicht des Faches Chemie liegt es hierbei nahe, die zentrale Stellung des Bodens in der Ökosphäre durch eine Integration bodenanalytischer Fragestellungen und Versuche im Fachunterricht zu erarbeiten. Alle im Zuge von chemisch-analytischen Bodenuntersuchungen vermittelten naturwissenschaftlichen Zusammenhänge sollten letztlich auch die Entwicklung eines nachhaltigen Bodenschutzbewusstseins fördern; denn was Schülerinnen und Schüler nicht verstehen, werden sie auch nicht schätzen, und was sie nicht schätzen, werden sie auch nicht schützen.

2 Didaktische Begründung

Obwohl sich ausgehend von der fachwissenschaftlichen Theorie und Praxis grundsätzlich zahlreiche Einbettungsmöglichkeiten bodenbezogener Themen in den naturwissenschaftlichen Unterricht ergeben, werden solche Lerninhalte häufig nur im Erdkundeunterricht vertieft aufgegriffen. Um diesem Trend entgegenzuwirken, soll im Folgenden die Fach-, Gesellschafts- und Schülerrelevanz des Umweltkompartimentes »Boden« aus dem Blickwinkel des naturwissenschaftlichen Unterrichtes näher beleuchtet werden.

2.1 Fachrelevanz

Bodenbezogene Themen weisen im Hinblick auf die Lehrpläne aller naturwissenschaftlichen Fächer vielfältige Anknüpfungsmöglichkeiten an verbindlich und unverbindlich zu vermit-

telnde Begriffe und Inhalte auf. Die Vielfalt dieser Anknüpfungsmöglichkeiten beruht letztlich auf der Tatsache, dass Böden *offene* (Eingebundenheit in Energie- und Stoffflüsse), *dynamische* (Kennzeichnung durch anhaltende Entwicklungsprozesse) und *dreiphasige* (Bodenmatrix, Bodenwasser, Bodenluft) Systeme darstellen, die sich unter natürlichen Bedingungen im Überschneidungsbereich von Lithosphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre entwickeln (BLUM, 2007, S. 1), weshalb sie aus zahlreichen naturwissenschaftlichen Blickwinkeln beleuchtet werden können, was wiederum mit einer großen Anzahl möglicher Themenfelder korreliert. Vor diesem Hintergrund stellt sich schließlich die Frage nach den Vorteilen, die sich für den naturwissenschaftlichen Unterricht ergeben, wenn bodenbezogene Themen aus dem breiten Pool beschriebener Anknüpfungsmöglichkeiten aufgegriffen werden. Hierbei muss vor allem auf drei Aspekte verwiesen werden, die eine Thematisierung bodenbezogener Fragestellungen aus fachlicher Sicht begründen:

- a) Bodenbezogene Themen bieten zahlreiche Möglichkeiten zur Verbindung von Theorie (vgl. Bodenkunde) und Praxis (vgl. Bodenuntersuchungen). Hierbei lassen sich in den meisten Fällen umweltbezogene Fragestellungen aufgreifen (z. B. Überdüngung, Bodenbelastung, Trinkwasserbelastung), wodurch ein Beitrag zur Umwelterziehung geleistet werden kann. Da das überaus breite Spektrum bodenbezogener Themen ein ebenso breites Spektrum an Komplexität aufweist, lassen sich entsprechende Lerninhalte unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Anforderungen bezüglich theoretischer und praktischer Kenntnisse auf vielfältige Weise didaktisch und methodisch sinnvoll mit den Vorgaben der Lehrpläne, den »Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss« und den »Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPAs)« verknüpfen. So kann der Unterrichtsschwerpunkt in Abhängigkeit jeweils vorliegender Leistungsvoraussetzungen beispielsweise auf organoleptische Untersuchungen (z. B. Untersuchung der Feinbodenart), qualitative Nachweise (z. B. Fällungsreaktionen), halbquantitative Bestimmungen (z. B. Teststäbchen) oder quantitative Analysen (z. B. Fotometrie) gelegt werden.
- b) Bodenbezogene Fragestellungen besitzen ein großes fachübergreifendes bzw. fächerverbindendes Potential, wodurch neben der vertikalen insbesondere eine horizontale Wissensvernetzung gefördert werden kann. In diesem Sinne lassen sich besonders viele horizontale Vernetzungsmöglichkeiten zwischen den vier Fächern Chemie, Biologie, Physik und Erdkunde erkennen.
- c) Bodenbezogene Themen bieten aufgrund ihrer zahlreichen Praxisbezüge sowie ihres fachübergreifenden bzw. fächerverbindenden Charakters vielfältige Möglichkeiten zur Realisierung von Projektunterricht oder von projektorientiertem Unterricht, wodurch ein problem- und handlungsorientiertes Lernen ermöglicht wird. Dabei können Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz trainiert und demnach essentielle Schlüsselqualifikationen erworben werden.

Ein Vergleich der drei aufgeführten Aspekte mit den Bildungsstandards und den EPAs am Beispiel des Faches Chemie macht deutlich, dass insbesondere im Rahmen bodenanalytischer Themen eine Kompetenzentwicklung in allen vier Kompetenzbereichen (Inhalts- und Handlungsdimension) gefördert werden kann (KMK, 2004, 2007). Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass die Einbindung bodenbezogener Themen in den naturwissenschaftlichen Unterricht zahlreiche Möglichkeiten zum ganzheitlichen Lernen eröffnet, wobei bedeutende kognitive, psychomotorische und affektive Lernziele erreicht

werden können, was letztlich der so genannten »Goldenen Regel« von COMENIUS gerecht wird, »alles, so weit wie möglich, den Sinnen zugänglich zu machen«, und dem Leitspruch von PESTALOZZI entspricht: »Lernen mit Kopf (Denken), Herz (Fühlen) und Hand (Handeln)« (MEMMERT, 1995, S. 7, S. 23; WINKEL, 1995, S. 11 ff.) (Abb. 1).

2.2 Gesellschaftsrelevanz

Die Bedeutung des Bodens für das gesamte Leben auf unserem Planeten ist in keinerlei Hinsicht zu unterschätzen: »Mutter Erde ist die Mutter allen Lebens, der Pflanzen, Tiere und der Menschen. Aus ihrem fruchtbaren Schoß kommt alles Leben hervor und geht wieder zu ihr zurück« (MARQUARDT-MAU, 1988, S. 86).

Eine Übersetzung dieser allegorischen Beschreibung in naturwissenschaftliche Konzepte macht deutlich, dass der Boden in alle grundlegenden Stoffkreisläufe eingebunden ist, die das Leben auf unserem Planeten ermöglichen. In modernen Gesellschaften reichen die Ansprüche an den Boden aber weit über eine Absicherung dieser stofflichen Lebensgrundlagen hinaus, wobei insbesondere auf die vielfältigen und breiten Nutzungsansprüche des Wirtschafts-, Verkehrs- und Freizeitsektors verwiesen werden muss. Hierdurch werden Probleme angesprochen, bei denen es sich im Wesentlichen um fortschreitende Bodenverluste (vgl. Bebauungsmaßnahmen) und Bodenbelastungen (vgl. Schadstoffeinträge) handelt. Unter Berücksichtigung der lebenssichernden bzw. lebenserhaltenden Bedeutung des Bodens müsste er eigentlich von der Weltbevölkerung, sinnbildlich formuliert, »auf Händen getragen« statt »mit Füßen getreten« werden, was bereits im Jahre 1862 von FALLOU, einem deutschen Mitbegründer der wissenschaftlichen Bodenkunde, propagiert wurde: »Es gibt in der ganzen Natur keinen wichtigeren, keinen der Betrachtung würdigeren Gegenstand als den Boden. (...) Eine Nation, die ihren Boden zerstört, zerstört sich selbst« (zit. nach Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2002, S. 6, S. 8).

Im Zuge der Sensibilisierung politischer Gremien bezüglich möglicher Folgen fortschreitender Bodenverluste und Bodenbelastungen wurden mittlerweile auf nationaler und internationaler Ebene Gesetze zum Bodenschutz erlassen. Trotz solcher Bodenschutzrichtlinien ist ein hinreichendes Bodenschutzbewusstsein in der Öffentlichkeit jedoch oft nur marginal etabliert, was zum einen darauf zurückgeführt werden kann, dass viele Menschen postmoderner Gesellschaften den Kontakt zur Landwirtschaft verloren haben und nicht mehr über den Ursprung ihrer Nahrungsmittel nachdenken. Zum anderen muss darauf verwiesen werden, dass sich Bodendegradierungen oft nur schleichend vollziehen und daher im Gegensatz zu diversen Belastungen von Wasser und Luft selten unmittelbar wahrgenommen werden können. Zur Etablierung eines adäquaten Bodenschutzbewusstseins in der Öffentlichkeit muss daher eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen zuständigen Behörden, Bodenschutzor-

ganisationen und schulischen Einrichtungen erfolgen. In diesem Sinne wurden in der Bundesrepublik Deutschland bereits zahlreiche Organisationen gegründet, die durch vielfältige Initiativen den Bodenschutz forcieren und gezielt das öffentliche Bodenschutzbewusstsein fördern, hierunter insbesondere die »Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (DBG)«, der »Bundesverband Boden (BVB)« und die »Kommission Bodenschutz beim Bundesumweltamt (KBU)«. Dabei ist insbesondere auf die Aktion »Boden des Jahres« zu verweisen, die 2004 von der DBG und dem BVB initiiert wurde, wobei jährlich am Weltbodentag (5. Dezember) ein spezifischer Bodentyp als »Boden des Jahres« für das Folgejahr präsentiert wird: Schwarzerde (2005), Fahlerde (2006), Heide-Podsol (2007), Braunerde (2008), Kalkmarsch (2009), Stadtböden (2010), Vega (2011), Niedermohr (2012), Plaggenesch (2013).

2.3 Schülerrelevanz

Schülerinnen und Schüler gestalten die Zukunft unserer Gesellschaft, weshalb gerade im Verlauf ihrer schulischen Ausbildung die vielfältigen Anknüpfungsmöglichkeiten bodenbezogener Themen an fachspezifische Inhalte (vgl. Kap. 2.1) und die sich daraus ergebenden Chancen einer Thematisierung gesellschaftsrelevanter Boden Aspekte (vgl. Kap. 2.2) genutzt werden sollten, um bei ihnen ein adäquates Bodenschutzbewusstsein zu etablieren. In diesem Zusammenhang ist es didaktisch sinnvoll, bodenbezogene Fragestellungen aus der alltäglichen Erfahrungswelt von Schülerinnen und Schülern aufzugreifen, denn sinnstiftende Kontexte bilden die Grundlage für jeden erfolgreichen Lernprozess (DEMUTH et al., 2008). Hierbei können die alltäglichen Begegnungen der Schülerinnen und Schüler mit dem Umweltkompartiment »Boden« einerseits be-

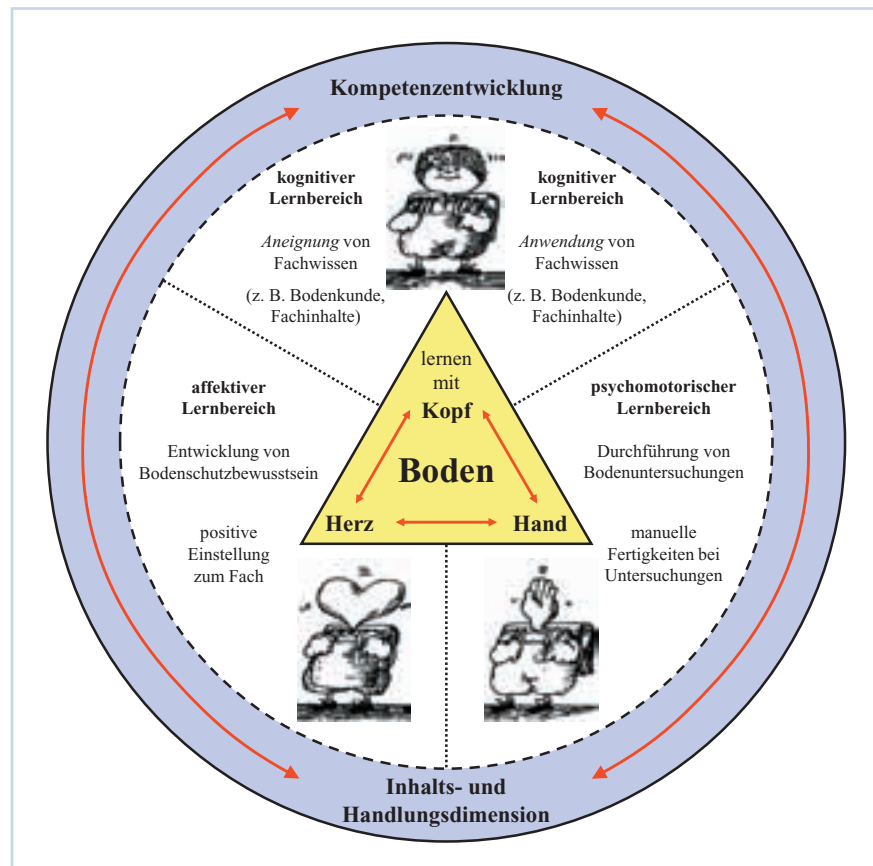


Abb. 1. Unser Boden – ein Zugang zum ganzheitlichen Lernen (Karikaturen nach Staatliche Grundschule Hohenölsen, 2008)

wusst oder unbewusst erfolgen, andererseits *theoretischer* oder *praktischer* Natur sein. Auf theoretischer Ebene leisten neben unterschiedlichen Zeitungen, Lehrbüchern und Internetportalen insbesondere Fernsehsendungen einen entscheidenden Beitrag, wobei in erster Linie auf Nachrichten und Magazine verwiesen werden kann. Auf praktischer Ebene erhalten vor allem Schülerinnen und Schüler aus land- und forstwirtschaftlich geprägten Regionen oft tiefgehende Einblicke in bodenbezogene Themen (z. B. Bodenbearbeitungen, Bodenmeliorationen, Bodendegradierungen), insbesondere wenn ihre Eltern, Verwandte oder Freunde im Bereich der Land- oder Forstwirtschaft tätig sind. Für den Unterricht sind sowohl theoretische als auch praktische Bodenerfahrungen der Lerngruppe geeignet, um kontextorientierte Fragestellungen und Unterrichtsprozesse anzubahnen (z. B. Bodenschutzkalkungen, Düngungsmaßnahmen oder Grundwasserbelastungen). Auf diese Weise sollte die Motivation der Schülerinnen und Schüler, sowie deren Akzeptanz gegenüber dem naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert werden.

3 Handreichungen für den bodenanalytischen Chemieunterricht

Bodenanalytik im Chemieunterricht bietet vielfältige Anknüpfungsmöglichkeiten an spezifische Fachinhalte, ermöglicht kontext-, problem- und handlungsorientiertes Arbeiten und besitzt darüber hinaus ein großes fachübergreifendes bzw. fächerverbindendes Potential, was beispielsweise im Rahmen von Projektarbeit bzw. projektorientierter Arbeit verstärkt ausgeschöpft werden kann. Trotz dieser weitreichenden Vorteile bodenanalytischer Unterrichtseinheiten zeigen Erfahrungen der Vergangenheit und Beobachtungen der Gegenwart, dass bodenanalytische Fragestellungen im Gegensatz zu gewässeranalytischen Themen oftmals – wenn überhaupt – nur marginal im Chemieunterricht behandelt werden.

Dieser Sachverhalt lässt sich zum einen auf zeitliche Aspekte zurückführen, da Wasserproben in aller Regel einen direkten Zugang zu nasschemischen Analysemethoden erlauben, wohingegen Bodenproben zunächst adäquat aufbereitet werden müssen (Sieben, Trocknen, Extrahieren). Zum anderen erfordert eine qualifizierte Interpretation bodenanalytischer Untersuchungsergebnisse neben chemischen, biologischen und physikalischen Kenntnissen oftmals ein fundiertes geographisches Verständnis, was zumeist mit einem hohen Ausmaß an Vorbereitungsarbeit für die Lehrkraft korreliert. Vor diesem Hintergrund scheint es plausibel, dass zahlreiche Lehrkräfte im Rahmen der Umwelterziehung ohne weitere Hilfestellungen bevorzugt den gewässeranalytischen Weg beschreiten. Was Hilfestellungen zum bodenanalytischen Unterricht betrifft, so sehen viele Lehrkräfte berechtigterweise in Bodenanalyseköffern eine geeignete Zugangsmöglichkeit. Derartige Koffer vermitteln zwar über beiliegende Arbeitsbücher alle notwendigen Kenntnisse und stellen Arbeitsmaterial und Versuchsvorschriften zur Verfügung, können aber von vielen Schulen aus Kostengründen nicht angeschafft werden. Darüber hinaus verursachen solche Koffer nach ihrer Anschaffung häufig weitere Kosten, da die chemischen Zusammensetzungen mitgelieferter Lösungen (vor allem Extraktionslösungen) in aller Regel nicht in den beiliegenden Arbeitsbüchern veröffentlicht werden, so dass die Lösungen stets nachgekauft werden müssen. Demnach bewegt sich die Integration bodenanalytischer Themen in den Chemieunterricht im Spannungsfeld zahlreicher Vor- und Nachteile, wobei Zeitmangel seitens der Lehrkräfte bzw. Finanzierungsprobleme seitens der Schulen in den meisten Fällen dazu führen, dass die Nachteile alle Vorteile überwiegen und die Bodenanalytik nicht zur Anwendung kommt.

Ausgehend von der festen Überzeugung, etwas an diesem desolaten Zustand verändern zu müssen, ergab sich die Motivation, ausführliche Handreichungen für den bodenanalytischen Chemieunterricht zu entwickeln, die das Gewicht der Nachteile im beschriebenen Spannungsfeld stark zugunsten der Vorteile verschieben sollen (KOPP, 2009).

Entsprechend der beschriebenen Motivation war es das Ziel, ausführliche Informations- und Arbeitsmaterialien zur Integration bodenanalytischer Themen in den Chemieunterricht zu *entwickeln* und zu *erproben*, die interessierten Lehrkräften und Lerngruppen eine schnelle und wissenschaftlich fundierte Zugangsmöglichkeit zu theoretischen (Bodenkunde bzw. Bodenchemie u. a.) und praktischen (Versuchsvorschriften bzw. Chemikalienbedarf u. a.) Aspekten des Themenfeldes »Bodenanalytik« bei zugleich möglichst niedrigen Kosten bieten sollen. Die Entwicklungsphase derartiger Materialien erfolgte im Fachbereich Chemie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, die sich anschließende schulische Erprobungsphase hingegen im Landkreis Trier-Saarburg am Gymnasium Konz. Hierbei war eine Eingrenzung der Zielsetzung erforderlich.

3.1 Exemplarische Vorgehensweise bezüglich der zu untersuchenden Bodenproben

Sowohl die universitäre Entwicklung, als auch die sich anschließende schulische Erprobung spezifischer wissenschaftlicher Methoden zur bodenanalytischen Arbeit im Chemieunterricht sollten jeweils exemplarisch mit den gleichen Bodenproben durchgeführt werden.

Nach Abwägung lokaler und fachlicher Vor- und Nachteile wurde beschlossen, die Bodenproben im Gemeindegebiet der benachbarten Ortschaften Wasserliesch und Tawern zu entnehmen, die beide zur Verbandsgemeinde Konz und zum Landkreis Trier-Saarburg gehören. Grund für die Auswahl dieser Standorte war *einerseits*, dass es sich bei den beiden Gemeindegebieten um einen gut überschaubaren Landschaftsraum handelt, der aufgrund wechselnder Ausgangsgesteine (z. B. Muschelkalk und Buntsandstein) durch verschiedene Bodentypen (z. B. Rendzina und Braunerde) charakterisiert ist. *Andererseits* liegt das Gymnasium der Verbandsgemeinde Konz in unmittelbarer Nähe zum beschriebenen Landschaftsraum, was sich im Rahmen der Erprobungsphase für eine bodenkundliche Exkursion zu den Bodenprobenentnahmestandorten günstig erwies. Die zu untersuchenden Bodenproben wurden aus den A- und B-Horizonten (vgl. Infobox 1, Abb. 2) der auf Muschelkalk bzw. Buntsandstein beruhenden Böden entnommen.

Ziel war letztlich der Vergleich unterschiedlicher Bodeneigenschaften (vgl. Kap. 3.3) in Abhängigkeit von Ausgangsgestein (Muschelkalk versus Buntsandstein), Bodentiefe (A-Horizont versus B-Horizont) und Nutzungsform (Wiese versus Acker).

3.2 Exemplarische Vorgehensweise bezüglich der Schulart und Schulstufe

Die entwickelten bodenanalytischen Materialien zielen insbesondere auf den gymnasialen Oberstufenunterricht im Fach Chemie ab, wobei hinsichtlich theoretischer und praktischer Anforderungen der Versuche ein Schwerpunkt auf das Leistungskursniveau gelegt wurde. Nach Abschluss der universitären Entwicklungsphase wurden die konzipierten Materialien zur Überprüfung ihrer Schultauglichkeit auf schulischer Ebene erprobt, wobei eine fachübergreifende und projektorientierte Reihe realisiert werden konnte. Die schulische Erprobungs-

phase erfolgte im Rahmen der Projekttagge des Gymnasiums Konz (20. bis 24. April 2009) mit einer Gruppe von 14 Schülerinnen und Schülern. Hierbei stammten elf Schülerinnen und Schüler aus dem Chemieleistungskurs der zwölften und zwei Schülerinnen aus dem Chemieleistungskurs der elften Jahrgangsstufe. Ein weiterer Schüler der zwölften Jahrgangsstufe, der Chemie abgewählt hatte, partizipierte aus geographischem Interesse.

3.3 Exemplarische Vorgehensweise bezüglich der Versuche

Aus der großen Fülle denkbarer Bodenanalysen wurden vor allem solche Versuche ausgewählt und für die schulische Praxis entwickelt, die sowohl sinnvolle Einbettungsmöglichkeiten in den rheinland-pfälzischen Lehrplan der Sekundarstufe II für das Fach Chemie an Gymnasien aufweisen, als auch hinsichtlich ihrer Ergebnisse einen hohen Vernetzungsgrad zeigen. Hierbei erfolgte die Entwicklung einiger qualitativer Nachweise (fünf Versuche) und verschiedener quantitativer Analysen (zwölf Versuche) (s. u.).

Die Ergebnisse der chemischen Analysen wurden schließlich mit den Erkenntnissen einer bodenkundlichen Exkursion zu den Bodenprobenentnahmestandorten verglichen, wobei insbesondere die Beschaffenheit der Bodenprofile und pflanzliche Zeigerwerte nach ELLENBERG (Infobox 2, Abb. 3) im Zentrum der Betrachtungen standen (Reaktionszahl R und Stickstoff-

zahl N, Tab. 1). Im Rahmen der Exkursion konnte daher ein wertvoller fachübergreifender Beitrag zu den chemischen Analysen aus geowissenschaftlicher und botanischer Sicht geleistet werden.

Zu folgenden Versuchen wurden Informations- und Arbeitsmaterialien (Handreichungen) entwickelt:

- I. **Qualitative Versuche** – Schwerpunktsetzung: Mittelstufe und Oberstufe
Sie dienen v. a. der Erarbeitung bodenkundlicher Grundlagenkenntnisse.
Versuch ...
 1. zum Ladungszustand der Bodenkolloide
 2. zur mikrobiellen Harnstoffzersetzung im Boden
 3. zur Adsorption und Desorption von Schwermetall-Kationen
 4. zur Abschätzung des Carbonatgehaltes
 5. zur Abschätzung der Feinbodenart (Fingerprobe)

- II. **Quantitative Versuche** – Schwerpunktsetzung: Oberstufe (v. a. Leistungskursniveau)
Sie dienen v. a. der Einübung und Vertiefung chemisch-analytischer Kenntnisse und Fertigkeiten.
Analyse ...
 1. der Dichte absolut trockener Feinbodenproben (Archimedisches Prinzip)
 2. der Dichte von Ausgangsgesteinen (Archimedisches Prinzip)

Infobox 1

Beim Boden handelt es sich um einen dreidimensionalen Körper, der eine Gliederung in meist oberflächenparallele Schichten aufweist, die jeweils durch mehr oder weniger einheitliche Merkmale und Eigenschaften charakterisiert sind. Diese Schichten werden als *Bodenhorizonte* bezeichnet. Zur Klassifizierung werden Bodenhorizonte durch Großbuchstaben symbolisiert. *Organische Horizonte* zeichnen sich definitionsgemäß durch einen Massenanteil der organischen Substanz an der Trockenmasse des jeweiligen Bodens von mindestens 30 Prozent aus. Beträgt der Massenanteil der organischen Substanz allerdings weniger als 30 Prozent, so liegen definitionsgemäß *mineralische Horizonte* vor. Häufig auftretende mineralische Bodenhorizonte sind der A-Horizont (Oberbodenhorizont), B-Horizont (Unterbodenhorizont) und C-Horizont (Untergrundhorizont). Beim *Bodenprofil* handelt es sich um einen zweidimensionalen Vertikalschnitt durch den Boden, wodurch die Abfolge der Bodenhorizonte in flächenhafter Ansicht erkennbar wird. Aus der das Bodenprofil charakterisierenden Art und Kombination der Bodenhorizonte kann der jeweils vorliegende Bodentyp (z. B. Schwarzerde, Braunerde, Rendzina) ermittelt werden. (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 2005, S. 81 ff.)

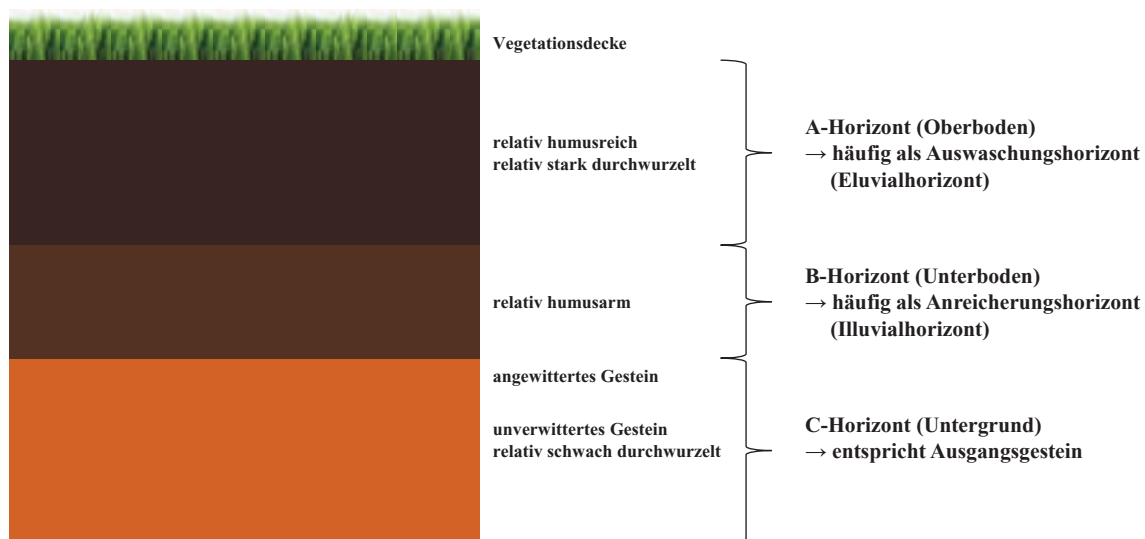


Abb. 2. Häufiges Bodenprofil mittlerer Breiten, stark schematisiert (verändert nach PFEIFER P., PFEIFER G., FRANKE & BARTZ, 1997, Medientasche)

Infobox 2

Um Auskünfte über die Standortansprüche einer Pflanzenart zu erhalten, werden zumeist die »Zeigerwerte« nach ELLENBERG herangezogen. Anhand dieser Zeigerwerte lässt sich beispielsweise ableiten, ob es sich bei einer Pflanzenart bezüglich spezifischer Standortfaktoren um eine Zeigerpflanze (Bioindikator) handelt oder nicht. Im Ellenberg'schen Zeigerwertsystem werden zur Charakterisierung des ökologischen Verhaltens einer Pflanzenart acht Standortfaktoren erfasst, drei Klima- und fünf Bodenfaktoren.

	Standortfaktor	Zeigerwertbezeichnung	
Klimafaktoren	Licht	Lichtzahl	L
	Temperatur	Temperaturzahl	T
	Kontinentalität	Kontinentalitätszahl	K
Bodenfaktoren	Feuchtigkeit	Feuchtezahl	F
	Bodenreaktion (sauer – alkalisch)	Reaktionszahl	R
	Mineralstickstoffgehalt	Stickstoffzahl	N
	Salzgehalt	Salzzahl	S
	Schwermetallgehalt	Schwermetallresistenz	B, b

Tab. 1. Zeigerwerte des ökologischen Verhaltens nach ELLENBERG

Hierbei wird die Intensität der Standortfaktoren – abgesehen vom Schwermetallgehalt – mit arabischen Zahlen (zumeist 1–9) gewichtet, die als »Zeigerzahlen« bezeichnet werden und für jede Pflanzenart tabelliert sind. Je größer die Zeigerzahl eines Standortfaktors für eine spezifische Pflanzenart, desto höher ist die von ihr favorisierte Intensität bezüglich dieses Faktors.

Abb. 3. Zeigerwerte nach ELLENBERG (ELLENBERG et al., 1991)

3. des Wassergehaltes lufttrockener Feinbodenproben (Gravimetrie)
4. der organischen Substanz (Humus) absolut trockener Feinbodenproben (Gravimetrie)
5. der Bodenacidität (pH-Meter)
6. des Carbonatgehaltes nach SCHEIBLER (Gasvolumetrie)
7. des Gehaltes austauschbar gebundener Erdalkalitionen (Chelatometrie bzw. Komplexometrie)
8. der elektrischen Leitfähigkeit (Konduktometer)
9. des pflanzenverfügbaren Phosphatgehaltes (VIS-Spektroskopie, Bildung von Ammoniumphosphorvanadomolybdat)
10. des pflanzenverfügbaren Kalium-Kationengehaltes (Turbidimetrie, Bildung von Kaliumtetraphenylborat)
11. des pflanzenverfügbaren Nitrat-Stickstoffgehaltes (VIS-Spektroskopie, Bildung eines Azofarbstoffes)
12. des pflanzenverfügbaren Ammonium-Stickstoffgehaltes (VIS-Spektroskopie, Bildung eines Indophenolfarbstoffes)

Bezüglich der schulischen Erprobungsphase muss darauf hingewiesen werden, dass die Schülerinnen und Schüler anhand der universitär ausgearbeiteten Materialien gut interpretierbare Ergebnisse produzierten. Ein Vergleich der Messwerte aller Schülerinnen und Schüler mit den Ergebnissen der universitären Entwicklungsphase machte deutlich, dass die in Mainz ermittelten Abstufungen gut reproduziert werden konnten. Eine detaillierte Beschreibung der Erprobungsphase in diesem Heft unter Schulpraxis nachzulesen.

Literatur

Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hg.) (2005). *Bodenkundliche Kartieranleitung*. Stuttgart: Schweizerbart'scher Verlag.

BLUM, W. E. H. (2007). *Bodenkunde in Stichworten*. Berlin · Stuttgart: Gebrüder Borntraeger Verlag.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.) (2002). *Ohne Boden bodenlos, eine Denkschrift zum Bodenbewusstsein*. http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/boden/downloads/Denkschrift_Ohne_Boden_Bodenlos.pdf (26.11.2012).

DEMUTH, R.; GRÄSEL, C.; PARCHMANN, I.; RALLE, B. (Hrsg.) (2008). *Chemie im Kontext – Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann.

ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1991). *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Göttingen: Verlag Erich Goltze.

HELLBERG-RODE, G. (Hg.) (2002–2004). *Europäische Bodencharta (1972)*. <http://hypersoil.uni-muenster.de/0/02/03/03/01.htm> (26.11.2012).

KOPP, J. (2009). *Exemplarische Entwicklung und Erprobung wissenschaftlicher Methoden zur bodenanalytischen projektorientierten Arbeit in der gymnasialen Oberstufe – Ein bodenanalytischer Zugang zur fachübergreifenden Umwelterziehung anhand von Bodenproben aus dem Landkreis Trier-Saarburg*, 1. Staatsarbeit, Universität Mainz.

MARQUARDT-MAU, B. (1988). Mutter Erde. In: M. SCHÄCHTER (Hg.). *Mittendrין – die Erde hat kein dickes Fell*. Berlin: Mann Verlag, 85–95.

MEMMERT, W. (1995). *Didaktik in Grafiken und Tabellen*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

PFEIFER, P.; PFEIFER, G.; FRANKE, I. & BARTZ, P. (1997). Boden. In: SCHMIDKUNZ, H.; HÄUSLER, K. (Hg.). *Unterricht Chemie, Stundenbilder – Experimente – Medien*. Köln: Aulis-Verlag Deubner.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hg.) (2004). *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung – Chemie*. München: Luchterhand Verlag.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hg.) (2007). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand Verlag.

Staatliche Grundschule Hohenölsen (Hg.) (2008). *Unser Leitbild, Lernen mit Kopf – Herz – Hand*. <http://www.gs-hohenölsen.schulen-greiz.de/schulprofil/leitbild/> (14.08.2011).

WINKEL, G. (1995). *Umwelt und Bildung – Denk- und Praxisanregungen für eine ganzheitliche Natur- und Umwelterziehung*. Seelze-Velber: Kallmeyer Verlag.

JÜRGEN KOPP, Jahrgang 1984, absolvierte 2010 an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz sein erstes Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien in den Fächern Biologie und Chemie. 2012 erwarb er am Staatlichen Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien Kaiserslautern sein zweites Staatsexamen. Er ist Lehrer am Gymnasium Konz.

Kontakt: J.N.Kopp@gmx.de



»Unser Boden, wir stehen drauf«

Eine Projektbeschreibung



JÜRGEN KOPP

Zur Integration bodenanalytischer Versuche in den Chemieunterricht wurden an der Johannes-Gutenberg Universität Mainz Informations- und Arbeitsmaterialien entwickelt (KOPP, 2009), die im Rahmen einer fachübergreifenden und projektorientierten Unterrichtsreihe in der gymnasialen Oberstufe erfolgreich erprobt werden konnten. Die im Beitrag beschriebene Erprobungsphase der Materialien erfolgte im Rahmen der Projekttag am Gymnasium Konz, wobei vor allem Schülerinnen und Schüler partizipierten, die Chemie auf dem Leistungskursniveau belegten.

1 Einleitung

Anknüpfend an den Beitrag »Böden und Bodenanalytik – Ein Thema für den naturwissenschaftlichen Unterricht« (KOPP, 2013) sollen in den folgenden Abschnitten alle vorbereitenden Tätigkeiten, die didaktisch-methodische Vorgehensweise und wesentliche Erfahrungen bezüglich der universitär entwickelten Arbeitsmaterialien im Rahmen der schulischen Erprobungsphase während einer Projektphase am Gymnasium Konz beschrieben und ausgewertet werden. Auch wenn in den folgenden Kapiteln immer wieder der Begriff »Projekt« verwendet wird, so muss betont werden, dass die durchgeführte Unterrichtsreihe nicht als »reines Projekt« (MÜNZINGER, 1994, S. 13) bezeichnet werden kann, da insbesondere die Mit- und Selbstbestimmungsmöglichkeiten der Lerngruppe aufgrund fehlender bodenkundlicher Vorkenntnisse nur reduziert ermöglicht werden konnten. Vielmehr handelte es sich um ein projektorientiertes Vorgehen.

2 Reduktion der universitär untersuchten Bodenproben für den Schuleinsatz

Für die schulische Erprobungsphase kamen aus Zeitgründen nicht alle universitär untersuchten Bodenproben zum Einsatz, sondern lediglich solche Proben, deren bodenanalytische Ergebnisse unter Berücksichtigung der anvisierten Zielsetzung die besten interpretierbaren Abstufungen zeigten.

Da hinsichtlich der Zielsetzung ein Vergleich der untersuchten Bodeneigenschaften in Abhängigkeit des Ausgangsgesteins (Muschelkalk versus Buntsandstein), der Bodentiefe (A-Horizont versus B-Horizont) und der Nutzungsform (Wiese versus Acker) angestrebt wurde, kamen nach intensiver Abwägung aller universitär ermittelten Analyseergebnisse lediglich die A- und B-Horizontproben von drei Standorten (also insgesamt sechs Bodenproben) zum Einsatz (Tab. 1).