

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).

Standort (Landkreis Trier-Saarburg)	Ausgangsgestein	Nutzungsform
[A] Wasserliesch Orchideennaturschutzgebiet	Muschelkalk	Wiese (praktisch) naturbelassen
[B] Wasserliesch Granahöhe	Buntsandstein	Wiese (praktisch) naturbelassen
[C] Tawern Ackerlandschaft	Buntsandstein	Ackerland intensiv bewirtschaftet

Tab. 1. Charakterisierung der Bodenprobenentnahmestandorte, deren A- und B-Horizontproben im Rahmen der schulischen Erprobungsphase zum Einsatz kamen.

3 Initiierung des Projektes

»Unser Boden – wir stehen drauf«

Im Rahmen der Projektwerbephase des Gymnasiums Konz konnten mit Hilfe einer Plakateinwand mit dem Projekttiltel »Unser Boden, wir stehen drauf« (Amt der NÖ Landesregierung – Abteilung Landentwicklung, 2007) und dem Untertitel »Bodenanalytik im Rahmen der Projektstage« elf interessierte Schüler und Schülerinnen aus dem Chemieleistungskurs der zwölften und zwei Schülerinnen des Chemieleistungskurses der elften Jahrgangsstufe sowie ein weiterer Schüler der zwölften Jahrgangsstufe, der Chemie abgewählt hatte und das Projekt in erster Linie aus geographischem Interesse belegte, für die Mitarbeit im Projekt gewonnen werden.

4 Projektvorbesprechung: Hinführung, Zielerarbeitung, Projektausblick

Etwa drei Wochen vor Beginn der Projektstage erfolgte mit der vierzehnköpfigen Projektgruppe eine zweistündige Projektvorbesprechung mit einer Brainstorming-Phase zum Thema »Boden«, in der die Bedeutung des Bodens für das Leben auf unserem Planeten diskutiert und hierbei insbesondere die Gesellschaftsrelevanz bodenbezogener Themen erörtert wurden. Anschließend wurde der Erwartungshorizont der Gruppe bezüglich des Projektes abgesteckt. Im Rahmen dieser einleitenden Gesprächsrunde erfolgte auch ein Hinweis auf verschiedene Bodenschutzorganisationen, die durch vielfältige Initiativen versuchen, das bisher nur marginal etablierte öffentliche Bodenschutzbewusstsein zu fördern. Als Beispiele für derartige Bodenschutzbemühungen wurden allen Schülern drei vom Kuratorium »Boden des Jahres« zur Verfügung gestellte Flyer ausgehändigt, die noch einmal die Bedeutung und Gefährdung unserer Böden hervorhoben.

Nach diesem Einstieg wurde ein Schülerdemonstrationsexperiment durchgeführt, in dessen Verlauf eine Suspension aus der A-Horizontprobe des Standortes C und destilliertem Wasser hergestellt wurde, die im Anschluss über einen Faltenfilter in ein Becherglas zu filtrieren war. Als Vergleichsprobe fungierte destilliertes Wasser, das auf entsprechende Weise über einen Faltenfilter in ein Becherglas zu filtrieren war. Die Messung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit der beiden resultierenden Filtrate zeigte der Gruppe auf, dass im Boden

Ionen (z. B. pflanzliche Nährsalze) reversibel gebunden bzw. gespeichert sein müssen.

Auf diese Weise leiteten die Schüler selbstständig die Relevanz der im Verlauf des Projektes durchzuführenden chemisch-analytischen Bodenuntersuchungen ab.

Nach einem kurzen theoretischen Vorspann zur Horizontierung des Bodenkörpers am Beispiel eines häufigen Bodenprofils mittlerer Breiten (A-, B-, C-Horizont) konnte mit der Projektgruppe die eigentliche Zielsetzung des Projektes erarbeitet werden (Kap. 2), wobei der Beschluss gefasst wurde, Bodeneigenschaften bzw. Ionengehalte in Abhängigkeit von Ausgangsgestein, Bodentiefe und Nutzungsform mit chemisch-analytischen Methoden zu untersuchen. Nachdem eine der Zielsetzung entsprechende Problemfrage fixiert worden war, erfolgte mit Hilfe von topographischem Kartenmaterial eine Vorstellung der drei exemplarisch ausgewählten Bodenprobenentnahmestandorte (Tab. 1). Nach der Herkunftsbeschreibung aller zu untersuchenden Bodenproben konnte die für Laboruntersuchungen notwendige Probenaufbereitung (Sieben, Trocknen, Verpacken) thematisiert werden (Abb. 1). An dieser Stelle wurde deutlich herausgestellt, dass im Rahmen der Projektstage ausschließlich die bereits im Verlauf der universitären Entwicklungsphase verwendeten luftgetrockneten Feinbodenproben zum Einsatz kommen sollten, da einerseits die Vergleichbarkeit zu den universitär ermittelten Analyse-

1. Sieben mit 2 mm-Edelstahlprüfsieb (Zerdrücken fester Bodenaggregate mit einem Stößel aus Polyethylen)



2. Trocknen an der Luft bei 8–10 °C auf Folien aus Polyethylen (ca. 3 Tage)



Ergebnis: luftgetrocknete Feinbodenproben = lutro-Feinbodenproben

Aufbewahrung in Gefrierbeuteln aus Polyethylen



Abb. 1. Aufbereitung von Bodenproben für chemische Analysen

ergebnissen gewährleistet werden musste (Voraussetzung zur Beurteilung der Schultauglichkeit) und andererseits eine zusätzliche Probenentnahme und -aufbereitung den ohnehin eng bemessenen zeitlichen Rahmen des Projektes gesprengt hätten (zusätzlicher Zeitbedarf von ca. vier Tagen). Anschließend erfolgte die Präsentation des Projektablaufplans (Tab. 2), während der alle zu erprobenden, qualitativen und quantitativen Bodenuntersuchungen vorgestellt wurden. Nach Abschluss dieser Präsentationsphase wurde schließlich noch gemäß Tabelle 2 die Einteilung der Arbeitsgruppen vorgenommen.

Jeder Gruppe wurde ein gruppenspezifisches Schülerskript in zweifacher Ausfertigung ausgehändigt, was den Schülern bis zum Beginn der Projektwoche die Möglichkeit einer vorbereitenden Auseinandersetzung mit dem Programm und einer gruppeninternen organisatorischen Absprache geben sollte. Die Schülerskripte bestanden hierbei aus folgenden sechs Teilen, wobei allen Versuchen ein ausführlicher theoretischer Einführungsteil vorangestellt wurde.

- a. Projektablaufplan (Tab. 2)
- b. V1: Ladungszustand der Bodenkolloide (Kap. 6.1)
- c. V2: Abschätzung der Feinbodenart mit der Fingerprobe (Kap. 6.1)
- d. Analytischer Teil: Gruppenspezifische(r) quantitative(r) Versuch(e) (Tab. 2)
- e. Schüleranleitung zur Bedienung von *Microsoft Office Excel 2003* (Kap. 6.3)
- f. Schüleranleitung zur Bedienung von *Microsoft Office PowerPoint 2003* (Kap. 6.3)

Da die Schüler der Projektgruppe ihre gruppenspezifischen quantitativen Bodenuntersuchungen im Verlauf der Projektwoche stets an sechs Bodenproben durchführen sollten, war von der Entwicklung einer Arbeitsroutine auszugehen, so dass die Lernenden bezüglich ihrer Analysen schließlich als Experten betrachtet werden konnten. Aus diesem Grund schien es berechtigt, die Gruppen im Rahmen der Projektwoche motivierend als »Expertengruppen« anzusprechen, was jedoch keineswegs

1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag
<p>ab 8:00 Uhr</p> <p>Kurze theoretische Einführung</p> <p>Qualitative Untersuchungen [und Auswertung]</p> <p>V1: Ladungszustand der Bodenkolloide</p> <p>V2: Abschätzung der Feinbodenart mit der Fingerprobe</p>	<p>an jedem Tag gilt freie Zeiteinteilung ab 8:00 Uhr, freiwillig bis 18:00 Uhr</p> <p>Quantitative Untersuchungen Auswertung mit <i>Excel</i> und Ausarbeitung von Vorträgen mit <i>PowerPoint</i></p> <p>-----</p> <p>Expertengruppe I</p> <p>a) Bestimmung der Dichte absolut trockener Feinbodenproben b) Bestimmung der Dichte von Ausgangsgesteinen (fakultativ) c) Bestimmung des Wassergehaltes lufttrockener Feinbodenproben d) Bestimmung der organischen Substanz absolut trockener Feinbodenproben</p> <p>-----</p> <p>Expertengruppe II</p> <p>a) Bestimmung der Bodenacidität b) Bestimmung des Carbonatgehaltes nach SCHEIBLER</p> <p>-----</p> <p>Expertengruppe III</p> <p>a) Bestimmung des Gehaltes austauschbar gebundener Erdalkali-Kationen b) Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit (Konduktivität)</p> <p>-----</p> <p>Expertengruppe IV</p> <p>Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphatgehaltes</p> <p>-----</p> <p>Expertengruppe V</p> <p>Bestimmung des pflanzenverfügbaren Kalium-Kationengehaltes</p> <p>-----</p> <p>Expertengruppe VI</p> <p>Bestimmung des pflanzenverfügbaren Nitrat-Stickstoffgehaltes</p> <p>-----</p> <p>Expertengruppe VII</p> <p>Bestimmung des pflanzenverfügbaren Ammonium-Stickstoffgehaltes</p> <p>-----</p> <p>Mineralstickstoffgehalt-Bestimmung</p>			<p>ab 8:00 Uhr</p> <p>Präsentation der <i>PowerPoint</i>-Vorträge</p>
<p>ab 10:30 Uhr bis 15:00 Uhr</p> <p>Bodenkundliche Exkursion zu den Entnahmestandorten aller zu untersuchenden Bodenproben</p> <p>Standort A Orchideennaturschutzgebiet (Wasserliesch)</p> <p>Standort B Granahöhe (Wasserliesch)</p> <p>Standort C Ackerlandschaft (Tawern)</p> <p>Analyse von Bodenprofilen: Horizontierung, Bodentypen</p> <p>Analyse der Vegetation: Identifikation von Zeigerpflanzen</p>				<p>ab 12:00 Uhr bis 13:00 Uhr</p> <p>Evaluation des Projektes durch die Projektgruppe (Evaluationsbogen)</p> <p>Abschlussbesprechung</p>

Tab. 2. Zeitlicher Ablauf der Projektwoche

eine methodische Verwandtschaft zur Expertenrunde im Sinne eines Gruppenpuzzles anzeigen sollte.

5 Informationen zur Projektgruppe, fachlicher und methodischer Lernstand

Es stellte sich als ein großer Vorteil für den reibungslosen Ablauf der Unterrichtsreihe heraus, dass die Schüler des Chemieleistungskurses der zwölften Jahrgangsstufe zum Zeitpunkt der Projekttage bereits mit zahlreichen fachlichen und methodischen Grundlagen vertraut waren, die im Zusammenhang der konzipierten Bodenanalysen eine tragende Rolle spielen sollten. Dies galt beispielsweise für die beiden Fachmethoden »Fotometrie« und »Komplexometrie«, so dass die in den Schülertexten enthaltenen, theoretischen Einführungsteile zu allen Versuchen vielfach eine Wiederholung zum vorangehenden Chemieunterricht darstellten. Auch die vom Lehrplan vorgesehenen Themenblöcke »Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz«, »Redoxchemie«, »Elektrochemie« und »Säuren und Basen« waren zum Zeitpunkt der Projekttage vollständig im genannten Chemieleistungskurs behandelt, was sich ebenfalls positiv auf die Entwicklung eines vertieften Verständnisses bezüglich der Versuchstheorie auswirkte. Der Heterogenität der Lerngruppe wurde durch binnendifferenzierende Maßnahmen begegnet, wonach alle fotometrischen

Analysen und die komplexometrische Untersuchung ausschließlich von solchen Schülern durchgeführt wurden, die sich im Verlauf ihrer Oberstufenzeit bereits mit den erforderlichen fachlichen und methodischen Grundlagen auseinandersetzen mussten. Die Möglichkeit der Anwendung chemischer Analysemethoden auf Bodenproben aus ihrer Region führte bei allen Schülern der Projektgruppe zu einem recht großen Interesse an chemisch-analytischen Fragestellungen.

6 Projektdurchführung

Da die Schüler im Rahmen der Projektvorbesprechung darüber informiert wurden, dass sie während der Projekttage letztlich Erprobungs- und Evaluationsarbeit bezüglich universitär ausgearbeiteter Konzepte leisten sollten, entwickelte sich sehr schnell ein hohes Maß an Motivation und Verantwortung in der Projektgruppe.

6.1 Theoretische Einführung und Hypothesenbildung

Zu Beginn des Projektes mussten einige notwendige theoretische Kenntnisse zur Bodenkunde bzw. Bodenchemie gelegt werden, um die Schüler in die Lage zu versetzen, ihre Analyseergebnisse möglichst selbstständig zu interpretieren. Da

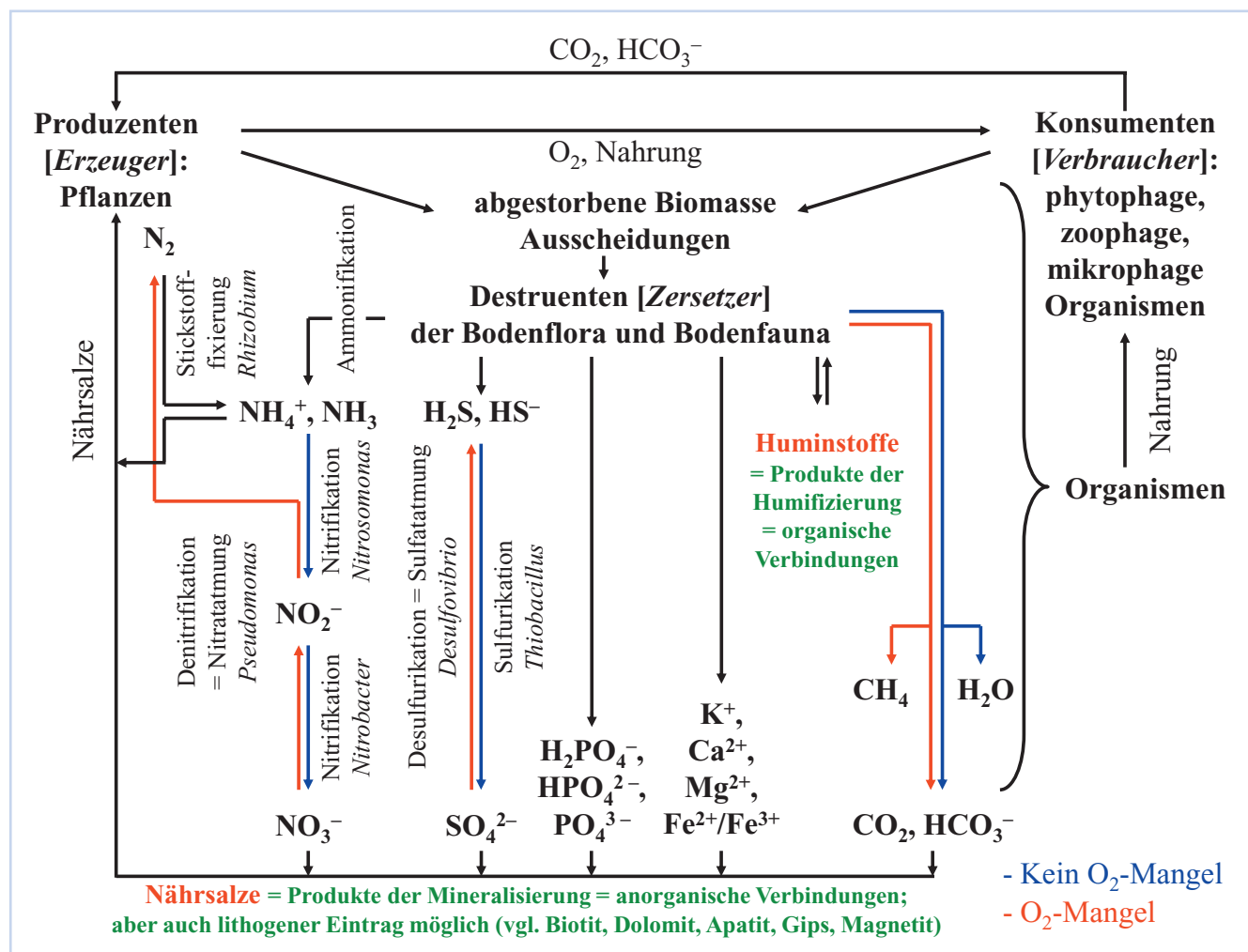


Abb. 2. Übersicht zu den Stoffkreisläufen der pflanzlichen Makronährelemente (vgl. C, O, H, N, S, P, Mg, K, Ca, Fe) mit besonderer Betonung von Mineralisierungs- und Humifizierungsprozessen. Die blauen Pfeile gelten für aerobe Mineralisierung, die roten Pfeile für anaerobe Mineralisierung. Die exemplarisch aufgeführten Bakteriengattungen wurden kursiv geschrieben. (nach FUCHS, 2007, S. 285 ff., nach RICHTER, 1998, S. 50 ff., nach SCHEFFER et al., 2002, S. 62 ff., S. 286 f., S. 287 ff., S. 290 ff., S. 295 ff., S. 307 ff., S. 321 ff., S. 332 f.)



Abb. 3. Freilegung des Bodenprofils am Bodenprobenentnahmestandort B (vgl. Tab. 1)

hierzu lediglich ein Zeitraum von insgesamt 2,5 Zeitstunden zur Verfügung stand (Tab. 2), war es erforderlich, sich auf die wichtigsten Inhalte zu beschränken. Als Einstieg in die Projektwoche wurde der qualitative Versuch »Ladungszustand der Bodenkolloide« als Schülerdemonstrationsexperiment durchgeführt. Im Zusammenhang damit war es möglich, den Fachbegriff »Bodenkolloid« ausführlich zu definieren und die dominierende Kationenaustauscherwirkung des Bodens zu erarbeiten. Daraufhin wurde der qualitative Versuch »Abschätzung der Feinbodenart mit der Fingerprobe« für alle sechs im Rahmen der schulischen Erprobungsphase zu untersuchenden Bodenproben durchgeführt, wobei den Schülern verdeutlicht wurde, dass die Bestimmung der Bodenart und damit des mittleren Tonmassenanteils eine entscheidende Auswertungsvoraussetzung für die quantitative Analyse der Expertengruppe V darstellt.

Nach dieser experimentellen Phase war es im Hinblick auf die Interpretation der Analyseergebnisse wichtig, Stoffkreisläufe pflanzlicher Makronährelemente einzuführen. Hierzu wurde ein Pfeilschema konzipiert, das in erster Linie zentrale Aspekte des Stickstoff-, Phosphor-, Schwefel- und Kohlenstoffkreislaufs herausstellt (Abb. 2). Im Verlauf der Projekttage bildeten die derart erarbeiteten Stoffkreisläufe eine zentrale Grundlage für die Hypothesenbildung und Messwertinterpretation.

Nach der Erarbeitung der Stoffkreisläufe formulierten die Schüler zwei Hypothesen bezüglich der Nährsalzgehalte auf bewirtschafteten und naturbelassenen Böden, wobei beide Ansätze ihre Anhängerschaft fanden.

Hypothese 1

Bewirtschaftete Böden weisen im Vergleich zu naturbelassenen Böden bedingt durch die anthropogenen Düngereinträge einen höheren Nährsalzgehalt auf.

Hypothese 2

Bewirtschaftete Böden weisen im Vergleich zu naturbelassenen Böden aufgrund des regelmäßigen Nährelemententzugs über die Ernte einen niedrigeren Nährsalzgehalt auf.

Hierbei tendierten die meisten Schüler zu Hypothese 1, da die Projektgruppe darüber informiert wurde, dass etwa drei Wochen vor der Bodenprobenentnahme auf dem landwirtschaftlich bewirtschafteten Standort eine Klärschlammdüngung erfolgte. Die Verifizierung bzw. Falsifizierung der Hypothesen

wurde schließlich im Verlauf der Präsentationsphase vorgenommen. Durch dieses hypothesengeleitete Arbeiten der Schüler waren die Projektstage durch einen roten Faden charakterisiert.

6.2 Bodenkundliche Exkursion

Da sich eine Untersuchung pedologischer (Horizontierung), geologischer (Ausgangsgestein) und botanischer (Pflanzengesellschaften, Zeigerpflanzen, Zeigerwerte nach ELLENBERG: Reaktions- und Stickstoffzahl) Aspekte hilfreich auf die Interpretation der Analyseergebnisse auswirken sollte, wurde mit den Schülern am ersten Projekttag eine bodenkundliche Exkursion zu den drei Bodenprobenentnahmestandorten durchgeführt (Tab. 1), während der Bodenprofil- und Vegetationsanalysen vorzunehmen waren. Wenngleich es aus zeitlichen Gründen nicht möglich war,

die drei Bodenprofile mit der Projektgruppe am Exkursionstag freizulegen (diese Freilegung erfolgte im Vorfeld ohne die Schüler) (Abb. 3), entfaltete die Exkursion im Verlauf der gesamten schulischen Erprobungsphase ihre Wirkung, da sich die Gruppe nun besser mit den Bodenproben identifizieren konnte und sich letztlich viele Parallelen zwischen den Ergebnissen der Freiland- und Laboruntersuchungen ergaben.

6.3 Chemisch-analytische Laborphase

Die Laborphase begann am zweiten Tag der Projektwoche (Tab. 2), wobei in mehrfacher Hinsicht Vorbereitungen im Chemie-Experimentiersaal zu treffen waren.

Abbildung 4 zeigt die Bereitstellung der erforderlichen Materialien und Chemikalien.

Über die gruppenspezifischen Arbeitsplätze der sieben Expertengruppen hinaus wurden auch drei allgemeine Arbeitsstationen eingerichtet. Für die Herstellung der Bodenextrakte erfolgte zum einen der Aufbau einer Wäge- und Extraktions-



Abb. 4. Anordnung und Ausstattung der Arbeitsplätze aller Expertengruppen im Experimentiersaal vor Beginn der bodenanalytischen Laborphase

station (Abb. 5a), zum anderen die Einrichtung einer Filtrierstation (Abb. 5b). Außerdem wurde eine Druckluftstation zur schnelleren Trocknung von Glasgeräten aufgebaut, da keine Druckluftanschlüsse im Experimentiersaal vorhanden waren. Hierzu kam ein handelsüblicher Kompressor mit einer Druckluftpistole zum Einsatz. Auf diese Weise wurde der Chemie-Experimentiersaal in ein »Schülerlabor« umgewandelt, was auf große Begeisterung der Projektgruppe stieß.

Als weitere vorbereitende Tätigkeit mussten – mit Ausnahme der Bodenextraktion für die Bestimmung der Bodenacidität und die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit – nahezu alle Bodenextrakte vor der Laborphase ohne die Beteiligung der Projektgruppe hergestellt werden, weil es trotz der bereits weitreichenden materiellen Ausstattung nicht möglich gewesen wäre, mehrere Expertengruppen gleichzeitig extrahieren bzw. filtrieren zu lassen. Zudem zeichnen sich die im Vorfeld durchgeführten Extraktionen durch relativ lange Extraktionszeiten aus (1–2 Stunden), wobei auch die Filtrationsphase in Abhängigkeit vom Tongehalt der Bodenproben ebenfalls sehr viel Zeit in Anspruch nehmen kann.

Da im Vorfeld nicht abzuschätzen war, wie schnell die einzelnen Expertengruppen arbeiten würden, und die anvisierten Herstellung der Eichgeraden nicht auf Kosten der eigentlichen Analysen durchgeführt werden sollten, wurde veranlasst, dass alle vier fotometrisch arbeitenden Gruppen (IV, V, VI und VII) zunächst eine Analyse der bereitgestellten Bodenextrakte vorzunehmen hatten. Erst dann sollten sie unter Berücksichtigung der zeitlichen Bedürfnisse für die noch ausstehende *Excel*-Auswertung (Erstellung von Säulen- bzw. Balkendiagrammen) und den zu konzipierenden *PowerPoint*-Vortrag (Ergebnispräsentation und -interpretation) abschätzen, ob sie es auch noch schaffen, eine versuchsspezifische Eichgerade zu erstellen. Bei Zeitknappheit wurde den Gruppen angeboten, mit dem im Rahmen der universitären Entwicklungsphase bestimmten molaren Extinktionskoeffizienten zu arbeiten.

7 Abschluss des Projektes

Am letzten Tag der Projektwoche präsentierten alle Expertengruppen ihre Ergebnisse und Interpretationen in Form von *PowerPoint*-Vorträgen. An dieser Präsentationsphase partizipierten auch einige Eltern, verschiedene fachfremde Lehrerinnen und Lehrer, sowie einige Mitschülerinnen und Mitschüler. Hierbei gelang es den Referenten durch die hohe Qualität ihrer Ausarbeitungen und Ausführungen, das Plenum kollektiv zu beeindrucken. Während ihrer Vorträge bezogen sich die Schüler auf die im Rahmen der Projektvorbesprechung festgelegte Zielsetzung, indem sie die ermittelten Abstufungen der Bodeneigenschaften an den insgesamt drei untersuchten Standorten in Abhängigkeit von Ausgangsgestein (Muschelkalk versus Buntsandstein), Bodentiefe (A-Horizont versus B-Horizont) und Nutzungsform (Wiese versus Acker) präsentierten und interpretierten. Im Rahmen ihrer Präsentationen verifizierten die Experten die eingangs aufgestellte »Hypothese 1« und falsifizierten »Hypothese 2«. Die Schüler verfolgten daher im Rahmen der Projektwoche den klassischen Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, worauf letztlich auch der rote Faden der Erprobungsphase basierte.

Nach Abschluss der Präsentationsphase wurde die Projektgruppe gebeten, einen Evaluationsbogen bezüglich der Veranstaltung auszufüllen, den daraufhin alle Schüler auf freiwilliger und anonymer Basis bearbeiteten. Die Evaluation wurde hierbei bewusst vor der Abschlussbesprechung durchgeführt, da möglichst unbeeinflusste Meinungen bzw. Ansichten der Teilnehmer in die Evaluation einfließen sollten. Hierbei vergaben die Schüler für jeden der 29 aufgeführten Punkte eine »Note« zwischen 1 (sehr gut bzw. trifft völlig zu) bis 6 (ungenügend bzw. trifft gar nicht zu). Dabei ergab sich für die Veranstaltung ein Notendurchschnitt von 1,6. Unter der Rubrik »TOPS« des Evaluationsbogens wurden vor allem die drei Begriffe »Exkursion«, »Experimente« und »Teamarbeit« aufgeführt, unter der Rubrik »FLOPS« erfolgte hingegen ausschließlich die Nennung »Enger Zeitrahmen«. Insgesamt lässt sich also festhalten, dass die Schüler der Projektgruppe offensichtlich viel Freude bei der Bearbeitung der universitär entwickelten Informations- und Arbeitsmaterialien (Handreichungen) hatten, sie sich allerdings mehr Zeit gewünscht hätten.

8 Reflexion der schulischen Erprobungsphase

Obwohl sich die Handreichungen teilweise durch sehr viel Text auszeichnen, wurde mehrfach von den Schülern betont, dass es gerade wegen der ausführlichen Beschreibung aller Arbeitsschritte möglich war, die Analysen Schritt für Schritt selbstständig und sicher zu durchlaufen. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass die Expertengruppen anhand der konzipierten Materialien gut interpretierbare Ergebnisse produzierten. Ein Vergleich der Messwerte aller Gruppen mit den Ergebnissen der universitären Entwicklungsphase machte deutlich, dass die Abstufungen der untersuchten Bodeneigenschaften gut reproduziert werden konnten. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass quantitative Bodenuntersuchungen aufgrund ihrer zeitintensiven und häufig

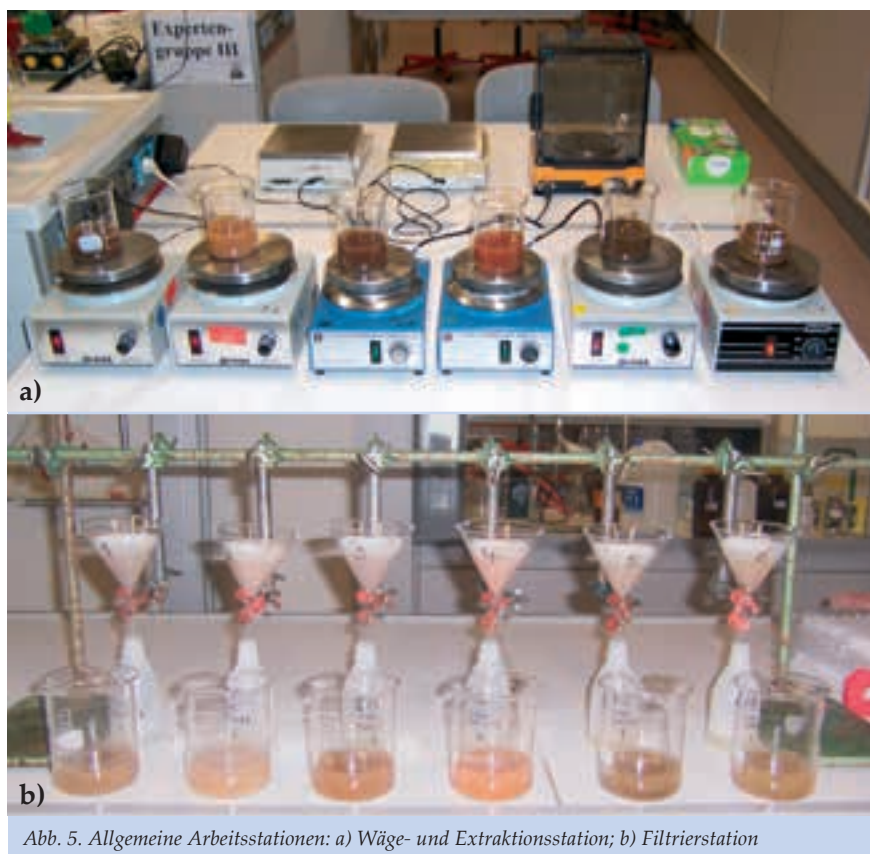


Abb. 5. Allgemeine Arbeitsstationen: a) Wäge- und Extraktionsstation; b) Filtrierstation

materialaufwendigen Vorbereitung (z. B. Probenentnahme, Probenaufbereitung), Durchführung (z. B. Bodenextraktion) und Auswertung nur dann sinnvoll zum Einsatz kommen können, wenn sich – wie beispielsweise an Projekttagen – ausreichend zeitliche Freiräume und materielle Möglichkeiten bieten. Hierbei wird der zeitliche Umfang und materielle Bedarf umso überschaubarer, je weniger Bodenproben untersucht und je weniger Analysen durchgeführt werden. Im Hinblick auf den Umfang muss die schulische Erprobungsphase am Gymnasium Konz folglich als Ausnahmefall betrachtet werden, da beabsichtigt wurde, möglichst viele der universitär konzipierten Versuche zu erproben. Im Gegensatz zu den quantitativen Versuchen sind die qualitativen Bodenuntersuchungen mit einem deutlich reduzierten Zeitaufwand verbunden.

Literatur

Amt der NÖ Landesregierung – Abteilung Landentwicklung (Hg.) (2007). Unser Boden – Sinnvoll nützen – Sorgsam schützen. <http://www.unserboden.at/4-0-Unser+Boden.htm> (26.11.2012).

FUCHS, G. (Hg.) (2007). *Allgemeine Mikrobiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

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.

KOPP, J. (2013). Böden und Bodenanalytik – Ein Thema für den naturwissenschaftlichen Unterricht. *MNU* 66(4), S. 200–206.

MÜNZINGER, W. (1994). Einführung zu »Chemie in Projekten«. In: W. MÜNZINGER & K. FREY (Hg.). *Chemie in Projekten, Beispiele für fachübergreifende, projektorientierte Vorhaben mit Schwerpunkten aus der Chemie*. Köln: Aulis-Verlag Deubner, 11–27.

RICHTER, G. (1998). *Stoffwechselphysiologie der Pflanzen; Physiologie und Biochemie des Primär- und Sekundärstoffwechsels*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G. W., SCHWERTMANN, U., HORN, R., KÖGEL-KNABNER, I., STAHR, K., AUERSWALD, K., BEYER, L., HARTMANN, A., LITZ, N., SCHEINOST, A., STANJEK, H., WELP, G. & WILKE, B.-M. (2002). *Lehrbuch der Bodenkunde*. Heidelberg · Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.

Dank

Die universitäre Entwicklungsphase der oben aufgeführten bodenanalytischen Versuche erfolgte in der Abteilung für Lehramtskandidaten der Chemie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, ihre schulische Erprobungsphase am Gymnasium Konz. Besonderer Dank für wertvolle Diskussionen geht dabei an Prof. Dr. KARL KLINKHAMMER (Johannes Gutenberg-Universität Mainz), Prof. Dr. MARK NIEMEYER (Johannes Gutenberg-Universität Mainz), OStR' Dipl. Biol. CONNY FÖRSTER (Johannes Gutenberg-Universität Mainz) und StD RUDOLF SCHMIDT (Fachleiter für Chemie am Staatlichen Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien Trier, Chemie- und Biologielehrer am Gymnasium Konz).

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. J.N.Kopp@gmx.de

Der Autor bietet interessierten Leserinnen und Lesern auf Anfrage an, die ausgearbeiteten Informations- und Arbeitsmaterialien (Handreichungen) zu den in Tabelle 2 aufgeführten qualitativen (V1, V2) und quantitativen (Experimentgruppen I–VII) Versuchen als pdf-Datei zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus wurden noch drei weitere qualitative Versuche entwickelt, auf deren Erprobung im Rahmen der Projekttage aus Gründen der Zielführung und Zeiteinsparung zu verzichten war (Versuch zur mikrobiellen Harnstoffzersetzung im Boden, Versuch zur Adsorption und Desorption von Schwermetall-Kationen, Versuch zur Abschätzung des Carbonatgehaltes). Bei Interesse werden auch diese zur Verfügung gestellt. ■

Unterrichtsentwicklung im Prozess

Ein Praxisbeispiel zur fachdidaktischen Unterrichtsevaluation

HEIKE BRAUER – MATTHIAS WILDE

An zentraler Stelle aller Qualitätsverbesserungen von Schule steht der Unterricht. Unterrichtsentwicklung im Fachunterricht bedeutet eine fachspezifische Weiterentwicklung, die systematisch, also evaluativ begleitet, implementiert werden muss. Als zentrales Element von Unterrichtsgestaltung beeinflussen Lehr- und Lernkonzepte von Lehrenden die Struktur und Organisation von Unterricht. Bestehende Modelle der Unterrichtsentwicklung (Beispiel KLIPPERT) lassen die Arbeit mit Lehr- und Lernvorstellungen weitgehend außer Acht und sind nicht fachdidaktisch bezogen. Dieser Beitrag stellt anhand von Praxisbeispielen Möglichkeiten der Erhebung von Lehr- und Lernvorstellungen vor. Über die Reflexion dieser Vorstellungen entwickeln Fachgruppen konsensual ein gemeinsames Qualitätsverständnis für ihren Unterricht.