



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Das Experiment in der Sekundarstufe II –
ein handlungsorientierter Zugang im GW-Unterricht“

verfasst von / submitted by

Lena Sautner, BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Education (MEd)

Wien 2021 / Vienna 2021

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Betreut von / Supervisor:

UA 199 504 510 02

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Lehrverbund
UF Chemie Lehrverbund
UF Geographie und Wirtschaftskunde Lehrverbund

Mag. Dr. Christian Sitte

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich,

dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe,

dass ich dieses Masterarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe

und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit vollständig übereinstimmt.

Wien, am _____

Danksagung

Ich möchte mich auf diesem Weg bei allen Menschen herzlich bedanken, die mich auf meinem Weg durchs Studium begleitet haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, die mich während meines Studiums in all meinen Entscheidungen unterstützt hat.

Ebenso gilt mein Dank meinen FreundInnen Lisa, Karoline, Stephanie und Marc, die in der Zeit des Arbeitsprozesses mit hilfreichen Tipps und Ratschlägen für mich da waren. Außerdem möchte ich mich bei meinem wundervollen Freund Philipp bedanken, der mich in meinen Arbeitsschritten immer bestärkt hat.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei meinem Betreuer Mag. Dr. Christian Sitte, für seine gute Betreuung meiner Masterarbeit und für seinen Enthusiasmus an meinem Arbeitsthema.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. EINLEITUNG | 1 |
| 1.1 PROBLEMSTELLUNG | 1 |
| 1.2 FRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG | 2 |
| 2. DAS EXPERIMENT IM HANDLUNGSORIENTIERTEN UNTERRICHT | 5 |
| 2.1 CHANCEN EXPERIMENTELLER ZUGÄNGE IN EINEM OPERATIVEN GW-UNTERRICHT..... | 5 |
| 2.2 DAS POTENZIAL EXPERIMENTELLER ZUGÄNGE IN BEZUG AUF KLAPPACHERS LEITTHESEN | 9 |
| 2.3 DEFINITION EXPERIMENTELLER ARBEITSWEISEN | 15 |
| 2.4 AUSGEWÄHLTE KLASSIFIKATIONEN..... | 19 |
| 2.5 DIDAKTISCHE EINBETTUNG IN DEN GW-UNTERRICHT..... | 23 |
| 3. LEHRPLANANALYSE DER SEKUNDARSTUFE II..... | 29 |
| 3.1 CHANCEN EXPERIMENTELLER ZUGÄNGE IN BEZUG AUF DEN GW-LEHRPLAN | 29 |
| 3.2 CHANCEN DER NAWI-LEHRPLÄNE FÜR DEN GW-UNTERRICHT – IM SINNE EINES FÄCHERÜBERGREIFENDEN UNTERRICHTS | 36 |
| 4. EXPERIMENTELLES ARBEITEN BEI VORWISSENSCHAFTLICHEN ARBEITEN | 41 |
| 5. DARSTELLUNG AUSGEWÄHLTER EXPERIMENTE | 45 |
| 5.1 EXPERIMENTESAMMLUNG | 45 |
| 5.2 KRITERIEN ZUR ANALYSE DES EXPERIMENTS | 50 |
| 5.3 EXPERIMENTE FÜR DEN REGULÄREN UNTERRICHT..... | 52 |
| 5.3.1 <i>Sedimentation (A1)</i> | 52 |
| 5.3.2 <i>Bodenerosion (A2)</i> | 54 |
| 5.3.3 <i>Bodenverdichtung (A3)</i> | 56 |
| 5.3.4 <i>Wasseraufbereitung durch Kies / Sand bzw. durch Aktivkohle (B1)</i> | 58 |
| 5.3.5 <i>Wasseraufbereitung – Destillation von Meerwasser (B2)</i> | 60 |
| 5.3.6 <i>Wasserkreislauf und Niederschlagsmessung (B3)</i> | 62 |
| 5.3.7 <i>Verbreitung von Viren im Klassenzimmer (C1)</i> | 64 |
| 5.3.8 <i>Die globale Verbreitung von Krankheiten (C2)</i> | 66 |
| 5.3.9 <i>Schneebrettlawine und Bau eines Schutzwaldes (D1)</i> | 68 |
| 5.3.10 <i>Permafrost – Auftauprozess (D2)</i> | 72 |

| | | |
|---------------|--|------------|
| 5.3.11 | <i>Saurer Regen – Auswirkung auf Bauwerke (E1)</i> | 74 |
| 5.3.12 | <i>Inversionswetterlage und Smoggefahr (E2)</i> | 76 |
| 5.3.13 | <i>Lärmverschmutzung (E3)</i> | 78 |
| 5.3.14 | <i>Faltenbildung (F1)</i> | 80 |
| 5.3.15 | <i>Konvektionsströme (F2)</i> | 82 |
| 5.4 | EXPERIMENTE FÜR DAS WAHLPFLICHTFACH | 85 |
| 5.4.1 | <i>Analyse von Bodenproben (WPF A1)</i> | 85 |
| 5.4.2 | <i>Bodenverunreinigung & Auswirkungen auf Bodenorganismen (WPF A2)</i> | 89 |
| 5.4.3 | <i>Wasserspeicherkapazität des Bodens (WPF A3)</i> | 91 |
| 5.4.4 | <i>Nachweis von Nitrat im Blattgemüse (WPF A4)</i> | 93 |
| 5.4.5 | <i>Analytische Untersuchung von Wasserproben (WPF B1)</i> | 95 |
| 5.4.6 | <i>Biologische und chemische Stufe der Kläranlage (WPF B2)</i> | 99 |
| 5.4.7 | <i>Kohlenstoffdioxid-angereicherte Atmosphäre (WPF E1)</i> | 102 |
| 5.4.8 | <i>Auswirkung von Schwefeldioxid auf die Umwelt (WPF E2)</i> | 104 |
| 5.4.9 | <i>Biokunststoff auch Milch und aus Stärke (WPF G1)</i> | 106 |
| 5.4.10 | <i>Kompostierung von (Bio-) Kunststoff (WPF G2)</i> | 109 |
| 6. | RESÜMEE UND AUSBLICK | 111 |
| 7. | VERZEICHNISSE | 113 |
| I. | LITERATURVERZEICHNIS | 113 |
| II. | ABBILDUNGSVERZEICHNIS | 119 |
| III. | TABELLENVERZEICHNIS | 120 |
| ANHANG | | 121 |
| | ZUSAMMENFASSUNG..... | 121 |
| | ABSTRACT..... | 123 |

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Der Unterricht in Geographie und Wirtschaftskunde (GW) kann auf eine hohe Anzahl an Methoden und Arbeitsweisen zurückgreifen, die mit SchülerInnen im Sinne eines handlungsorientierten Unterrichts (vgl. bei SITTE W. 2001), wie ihn der Lehrplan fordert, angewendet werden können. Diese Methoden lassen sich entweder dem naturwissenschaftlichen oder dem sozialwissenschaftlichen Bereich zuordnen (vgl. HÖHNLE und SCHUBERT 2016: 153). Die vorliegende Arbeit befasst sich ausschließlich mit den naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden, insbesondere den Erkenntnismethoden Beobachten, Untersuchen, Modellieren und Experimentieren, die OTTO (2009: 6) im naturwissenschaftlichen Kontext als „experimentelle Arbeitsformen“ definiert. Obwohl experimentelle Arbeitsformen ein großes Potenzial für den GW-Unterricht aufweisen (vgl. u.a. LETHAMTE 2006, OTTO 2009), nehmen sie im GW-Unterricht - sieht man etwa die heute in Österreich gängigen Schulbücher durch - einen geringen Stellenwert ein. WILHELMI (2000b: 4) fordert dazu auf, sich an die eigene Schulzeit zurückzuerinnern: „Wann wurden vom Lehrer im Geographieunterricht Experimente vorgeführt und wann haben wir selbst außerhalb der Chemie, Physik experimentiert?“ (WILHELMI 2000b: 4). Die Studie von HEMMER und HEMMER (2010) (vgl. Kapitel 2.2) zeigt die geringe Einsatzhäufigkeit experimenteller Herangehensweisen im Vergleich zu anderen Arbeitsmethoden im GW-Unterricht. Ebenso führen HÖHNLE und SCHUBERT (2016: 154) an, dass in der Fachdidaktik der klassischen MINT-Fächer zahlreiche Erkenntnisse zum Einsatz naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen vorliegen. In der Geographie Erkenntnisse zum Einsatz experimenteller Herangehensweisen jedoch kaum vorhanden seien. Oftmals sind es die NaturwissenschaftlerInnen unter den GW-Lehrkräften, die keine Berührungspunkte vor experimentellen Arbeitsweisen haben. Viele GW-Lehrpersonen hielten jedoch ihr sozialwissenschaftlicher Schwerpunkt vom Einsatz experimenteller Zugänge fern (vgl. WILHELMI 2000b: 4) - was offenbar für viele in Österreich für das Schulfach GW Ausgebildete zutreffen dürfte. Es herrsche ein Spannungsfeld zwischen den didaktischen Potenzialen und der hohen Bedeutung von experimentellen Arbeitsformen und der geringen Einsatzhäufigkeit im GW-Unterricht meinen HÖHNLE und SCHUBERT (2016: 154). Auch in den Schulbüchern mangelt es an Vorschlägen zu Experimentieranleitungen. Eines der wenigen Schulbücher der Sekundarstufe I, das Experimentieranleitungen für den Unterricht beinhaltet, ist das neu herausgekommene Schulbuch „Zentrum Geografie 1“. Die Motivation für die vorliegende Arbeit sowie die Fragestellungen und Zielsetzungen, die sich aus dem vorliegenden Spannungsfeld ergeben, sollen im folgenden Kapitel angeführt werden.

1.2 Fragestellung und Zielsetzung

Die Arbeit wird aus Sicht einer zukünftigen Lehrkraft der Fächer GW und Chemie verfasst. Als Motivation für diese Arbeit wird das didaktische Modell von Klappacher (2008: 35) herangezogen, das mit den fünf Thesen („nicht nur hören, sondern verstehen, nicht nur sehen, sondern erkennen, nicht nur allein, sondern öfter gemeinsam, nicht nur wissen, sondern können und eigenverantwortlich handeln, nicht nur oberflächlich, sondern persönlich berührt wahrnehmen“). Anlass für den Einsatz von Experimenten in einem handlungsorientierten GW-Unterricht geben soll. Der Einsatz der Experimente richtet sich an GW-Lehrpersonen, wobei im Sinne eines fächerübergreifenden Unterrichts gewisse Teile – u. U. auch in Absprache mit den KollegInnen aus den NAWI- Fächern – durchgeführt werden können. Des Weiteren baut die Arbeit darauf auf, dass ausgehend vom regelmäßigen Lehrplanunterricht am Vormittag, Vertiefungsmöglichkeiten im optionalen Wahlpflichtfach aufgezeigt werden (wo in den Oberstufenklassen der allgemeinbildenden höheren Schule – AHS – für die Lehrkräfte eine freie Themenwahl und mitunter geblockter Nachmittagsunterricht möglich sind). Im Sinne eines aufsteigenden Gesamtkonzepts wird auch die vorwissenschaftliche Arbeit, die zur AHS-Matura zu verfassen ist, in Hinblick auf Möglichkeiten zu experimentellen Arbeitsweisen diskutiert.

Kernbereich der vorliegenden Arbeit ist nach einer allgemeinen didaktisch-methodischen Einführung **eine exemplarische und potenzielle Strukturierung möglicher experimenteller Zugänge, die nach Jahrgang, Lehrplanthemen und Zielen zusammengestellt und nach ihren Möglichkeiten im Einsatz analysiert werden.** Dazu werden sie auch nach komplexeren und weniger komplexeren Versuchen differenziert, was sich wiederum in der Empfehlung für den Einsatz im Regelunterricht oder im Wahlpflichtfach widerspiegelt. Einen Überblick über alle vorliegenden Experimente gibt die **Experimentesammlung**. Auf die vorliegenden Experimente dieser Arbeit wird im Theorieteil immer wieder mittels eines Codes verwiesen, der in der Experimentesammlung dem jeweiligen Experiment zugeordnet werden kann. Insgesamt soll über dieses Inventar aufgezeigt werden, welche handlungsorientierten Zugänge in dieser Form des GW-Unterrichts schlummern.

Die Arbeit geht daher folgenden Fragestellungen nach:

- 1) Welche Themenbereiche des Geographielehrplans der AHS Oberstufe bieten die Möglichkeit für einen experimentellen Zugang im GW-Unterricht?
- 2) Welche Themenbereiche insbesondere der Chemie können für einen experimentell ausgerichteten GW-Unterricht von Nutzen sein?

- 3) Auf welche Experimente können GW-Lehrpersonen im regulären Unterricht sowie im Wahlpflichtfach zurückgreifen?
- 4) Wie kann der experimentelle Zugang in vorwissenschaftlichen Arbeiten der MaturantInnen Anwendung finden?

In einem ersten Abschnitt soll – siehe oben Klappachers Ansatz (2008) – das Potenzial von Ansätzen experimenteller Arbeitsweisen in frontalen/illustrierenden und handlungsorientierten bzw. auch forschenden Zugängen in offeneren Unterrichtsformen aufgezeigt und diese Unterrichtsform stützende Lehrplanpassagen angeführt werden.

Um die oben angeführten Forschungsfragen zu beantworten, findet weiters eine Recherche zu den bereits in der fachdidaktisch-methodischen Literatur (z. T. sehr verstreut vorkommenden) vorhandenen Experimenten statt. Damit soll ein erster Überblick zu den derzeit vorhandenen Experimenten im GW-Unterricht gewonnen werden. Für die Recherche werden unter anderem Themenhefte wie beispielsweise „GW-Unterricht“, „Geographie heute“, „Praxis Geographie“ und „Geographie und Schule“ herangezogen. Weiters werden Materialien aus dem Chemieunterricht und dessen Sammlung von Experimenten herangezogen und auf einen sinnvollen Einsatz im GW-Unterricht hin überprüft. Das Ziel dieser Arbeit ist, ein breites Band an Experimenten vorzustellen (ohne Anspruch auf Vollständigkeit), um damit zu zeigen, was alles in einem handlungsorientierten GW-Unterricht möglich ist.

Die für die Arbeit ausgewählten Experimente werden näher erläutert, indem die Einbettung in den Lehrplan, die Kategorisierung des Experiments, der Zeitaufwand, die Materialien, Sicherheitsvorkehrungen und die Ziele angeführt und die Durchführung des Experiments beschrieben werden. Aus diesen Faktoren sowie aus einer Differenzierung nach komplexeren und weniger komplexeren Versuchen erfolgt die Empfehlung des Einsatzes des Experiments für den regulären GW-Unterricht oder für das Wahlpflichtfach. Parallel dazu können daraus auch Empfehlungen für einen fächerübergreifenden / fächerverbindenden Unterricht resultieren.

Durch die gewonnenen Erkenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten von Experimenten im GW-Unterricht wird in einem weiteren Schritt der Lehrplan der AHS Oberstufe (2016) herangezogen und die Themengebiete aufgelistet, zu deren Zielen Experimente potenziell eingebettet werden können. Die Beantwortung dieser Forschungsfrage zielt darauf ab, den Einsatz von Experimenten im GW-Unterricht didaktisch zu rechtfertigen und zu fördern. Darauf aufbauend wird parallel der AHS Lehrplan für Chemie herangezogen und eine Analyse der Themengebiete durchgeführt, die darauf abzielt, solche herauszufiltern die auch für den GW-Unterricht von

Nutzen sein könnten. Themengebiete der Chemie, auf die die Geographie zurückgreifen kann, sollen dabei herausgearbeitet werden.

Die letzte Frage befasst sich mit den vorwissenschaftlichen Arbeiten und dem Einsatz von Experimenten. Dabei wird ein in einem früheren Forschungsprojekt von KOLLER und CH. SITTE vorhandener Datensatz aller 2016 in GW in österreichischen Maturaklassen verfasster vorwissenschaftliche Arbeiten auf darin enthaltene Ansätze experimenteller Ansätze überprüft und daraus Beispiele von experimentellen Zugängen angeführt, um das Experimentieren bei vorwissenschaftlichen Arbeiten (These Sitte/Koller: „Die VWA in GW soll keine reine Literaturarbeit sein!“) zu unterstützen.

2. Das Experiment im handlungsorientierten Unterricht

Zu Beginn wird das Potenzial von Ansätzen mit experimentellen Zugängen im Unterricht angeführt. Ziele experimenteller Herangehensweisen werden in Bezug auf Klappachers Thesen (2008) erläutert und experimentelle Arbeitsweisen in Bezug auf die methodische Organisation, Versuchsanordnung, zeitliche Dauer und didaktische Einbettung in den GW-Unterricht diskutiert.

2.1 Chancen experimenteller Zugänge in einem operativen GW-Unterricht

Ein vorherrschendes Problem in Schulen ist das rezeptive Lernen, das meist aus Zuhören, Mitschreiben und Wiedergeben (im Rahmen von Prüfungen) besteht (vgl. SITTE W. 2001: 306). Dies steht im eindeutigen Widerspruch zur allseits bekannten Geschichte aus der Pädagogik, die wie folgt lautet: Man lernt 10% von dem, was man hört. Man lernt 30% von dem, was man sieht und lernt 50% von dem, was man sieht und hört. Jedoch lernt man 90% von dem, was man selber tut (vgl. bei SITTE CH. 2013: o. S.). Die Tatsache, dass 90% an Inhalten durch eigenständiges Tun verinnerlicht werden können ist Anlass genug für neue Zugänge im Unterricht einzutreten. Ein methodisches Prinzip, der sogenannte operative Unterricht (vgl. ausführlich bei SITTE W. 2001), wird als Gegenvorschlag zum oben angeführten Lernproblem vorgestellt. Der operative Unterricht wird hier in Hinblick auf experimentelle Herangehensweisen diskutiert, um Lehrpersonen für den Einsatz experimenteller (und im konkreten auch fächerübergreifenden) Arbeitsformen im GW-Unterricht zu motivieren und Hilfen anzubieten.

Unter dem Begriff „operativer Unterricht“ (vgl. SITTE W. 2001: 305) wird eine tätige Auseinandersetzung der SchülerInnen mit einem Lerngegenstand bezeichnet. Er steht im Widerspruch zu der weit verbreiteten passiven Anteilnahme der SchülerInnen am Unterricht. Die tätige Auseinandersetzung mit Inhalten führt zu einem sichtbaren Lernprodukt, das durch geistiges und manuelles Tun zustande kommt. Man kann es anfassen, vorzeigen, vorführen, darstellen bzw. für weitere Benutzungen verwenden. Experimentelle Zugänge können diesen Forderungen nach geistigem Tun (Interpretieren, Analysieren, Bezüge herstellen, Überprüfen, Planen und Bewerten) und manuellem Tun (Handlungen, die auf einen Lerngegenstand einwirken, diesen gestalten und verändern) (vgl. SITTE W. 2001: 305) gerecht werden. So erfüllen OTTO (2009: 8) zufolge Experimente u.a. fachliche, praktische, methodologische, psychologische und pädagogische Funktionen. Sie führen zu kausalem, abstrahierendem und funktionalem Denken, indem Beobachtungen, Protokollierungen sowie detailreiche Auswertungen und Interpretationen von Untersuchungsergebnissen getätigt werden (geistiges Tun). Weiters sprechen

experimentelle Arbeitsformen durch das praktische Handeln (manuelles Tun) verschiedene Lernkanäle an (vgl. OTTO 2009: 8). Im operativen Unterricht kann die Lehrperson SchülerInnen anleiten, das Lernen wird jedoch von den SchülerInnen gesteuert. Dass dieser Vorgang eine bestimmte Kompetenz und Reife voraussetzt, steht außer Frage. Dennoch, bei langfristigen Unterrichtsprozessen kann (durch das allmähliche Zurückziehen der Anweisungen der Lehrperson) diese Reife und Kompetenz erreicht werden (vgl. SITTE W. 2001: 305).

Dass Lehrpersonen in den Hintergrund treten (sollen) und als BegleiterInnen fungieren, zeigt sich auch in den didaktischen Grundsätzen des Lehrplans: Im Unterricht sollte die Aktivität der Lernenden im Vordergrund stehen und Methoden eingesetzt werden, die zur selbständigen Aneignung von neuem Wissen und Können führen. Das selbständige Erkennen von Problemen sowie das Finden von Lösungswegen werden dabei ermöglicht (vgl. BMBWF 2021: 158). Gerade experimentelle Zugänge sind aufgrund der Anreize zum selbständigen Arbeiten motivierend und wecken das Interesse und die Neugier der SchülerInnen (vgl. OTTO 2009: 8).

Die selbstständige Aneignung von Wissen und Können soll insbesondere auch durch kompetenzorientierte Aufgabenstellung erfolgen:

„Kompetenzorientierte Aufgaben- und Problemstellungen im GW-Unterricht gehen dabei grundsätzlich über den Anforderungsbereich I (Reproduktion und Reorganisation) hinaus und beinhalten die Anforderungsbereiche II (Anwendung und Transfer) sowie III (Reflexion und Problemlösung). Aufgaben in diesen höheren Anforderungsbereichen sollen zur Unterstützung des Kompetenzerwerbs in möglichst vielen Phasen des GW-Unterrichts zur Anwendung kommen“ (BMBWF 2021: 158).

Zu den Anforderungsbereichen I zählen Operatoren wie beispielsweise „beschreiben“, „nennen“ und „wiedergeben“. Der Anforderungsbereich II enthält Aufgaben wie „analysieren“ und „vergleichen“. Anforderungsbereich III umfasst den selbständigen reflexiven Umgang mit neuen Problemstellungen und stellt Aufgaben wie „beurteilen“ und „überprüfen“ (vgl. SITTE CH. 2011a: 39ff.). Eine Operatorenliste zu den Anforderungsbereichen I, II und III findet man auch bei SITTE CH. 2011b (verlinkt), aber auch in den meisten der seit der Maturareform herausgegebenen Oberstufenschulbücher.

Betrachtet man die Experimentierphasen, die im Kapitel 2.5. angeführt werden, so steht am Anfang eines Experiments immer eine Problemstellung bzw. Fragestellung, die mit dem Finden von Lösungswegen einhergeht. Dass Aufgabenstellungen in experimentellen Herangehensweisen meist über den Anforderungsbereich I (Anwendung und Transfer) hinausgehen, zeigt sich

in den Phasen des Experimentierens. Ein Transfer vom „Experimentierraum“ in den „Realraum“ sowie das Diskutieren und Interpretieren der Ergebnisse eines Experiments (vgl. dazu Kapitel 2.5) ermöglichen vielfältige Aufgabenstellungen, die über den Anforderungsbereich I (Anwendung und Transfer) hinausgehen. Im kompetenzorientierten Unterricht treten reine Reproduktionsleistungen in den Hintergrund (vgl. HOFMANN-SCHNELLER 2011: 22), was durch den Einsatz von Experimenten gewährleistet wird. Weiters kann das prozedurale Wissen, also Wissen, das notwendig ist, um fachspezifische Fähigkeiten, Techniken und Methoden ausführen und für eine Aufgabenstellung passend anwenden zu können, (vgl. KÜHBERGER 2011: 8) gefördert werden. HOFMANN-SCHNELLER (2001: 292) führt an, dass vor allem das Üben und Lernen von Methoden motivationsfördernd für die SchülerInnen ist:

„Durch das Üben verschiedenster Methoden können Schüler ihre eigene Arbeitslinie entwickeln, wodurch sich ihr Selbstvertrauen und ihre Lernbereitschaft erhöhen. Die immer wieder trainierten methodischen Fähigkeiten und Fertigkeiten werden zur Routine und haben einen günstigen Einfluß [sic!] auf die Lernatmosphäre und die Lerneffizienz“ (HOFMANN-SCHNELLER 2001: 292).

Dies zeichnet sich auch beim Experimentiervorgang ab. OTTO (2009: 8) schreibt dazu, dass Experimente eine motivierende Wirkung haben und zur Stärkung sozialer Kompetenzen und der Persönlichkeitsentwicklung beitragen.

Nun wurde zu Beginn der operative Unterricht als Ausgangspunkt für die Rechtfertigung und Notwendigkeit experimenteller Herangehensweisen diskutiert. Operativer Unterricht stellt im Gegensatz zum handlungsorientierten Unterricht „nur“ ein methodisches Prinzip dar. Der handlungsorientierte Unterricht ist ein didaktisches Konzept. SITTE W. (2001: 305) formuliert zum handlungsorientierten Unterricht folgende Zielsetzung:

„Handlungsorientierter Unterricht zielt in erster Linie auf die Entwicklung gesellschaftlicher Handlungskompetenz, auf den Aufbau eines politischen und zum Handeln aktivierenden Bewußtseins [!]. Die Heranwachsenden sind in ihm bereit, Verantwortung zu übernehmen. Sie spüren in ihrer Lebensumwelt mangelhafte bzw. zu kritisierende Zustände auf, von denen sie selbst oder andere in ihrem Gesichtskreis befindliche soziale Gruppen betroffen sind und versuchen, sie zu ändern bzw. wenigstens auf sie aufmerksam zu machen“ (SITTE W. 2001: 305).

Wie kann diese Betroffenheit bei den SchülerInnen erzielt werden? Diese Arbeit zeigt Ansätze experimentelle Zugänge als Möglichkeit für handlungsorientierten Unterricht. Ein

experimenteller Zugang hat das Potenzial, mangelnde Zustände der Lebenswelt von SchülerInnen aufzudecken. Ein Beispiel dafür führt DENTER (1987: 19) an, der mit seinen SchülerInnen eine Nitratuntersuchung im Gelände durchgeführt hat (siehe dazu in der Experimentesammlung: WPF A4). Diese Untersuchung soll Anlass geben, über erhöhte Nitratwerte im Boden und im Blattgemüse nachzudenken. Basierend auf den Untersuchungen werden die SchülerInnen dazu motiviert, sich aktiv für den Umweltschutz einzusetzen (vgl. DENTER 1987: 19). NOLL (1983: 57) meint dazu: „Unmittelbare Anschauung und praktische Arbeit sind am besten geeignet, Problembewußtsein [sic!] zu schaffen und Engagement zu fördern“ (NOLL 1983: 57). SITTE W. (2001: 305) führt an, dass in einem handlungsorientierten Unterrichtsvorhaben die Ergebnisse hinausgetragen werden können. In Form von Ausstellungen, Podiumsdiskussionen, Pressekonferenzen, Theateraufführungen oder Videofilmen können diese vorgestellt werden, um in der Öffentlichkeit einen Bewusstseinsbildungsprozess zu initiieren. Auch DENTER (1987: 19) führt dazu an:

„Aktives Handeln außerhalb der Schule wird den Schülern auch durch den Einsatz von der kennengelernten Meßmethode [sic!] ermöglicht und sei es auch nur im Handlungsfeld der Familie“ (DENTER 1987: 19).

Im Folgenden wird das Potenzial experimenteller Arbeitsweisen in Bezug auf die fünf Leitthesen von Klappacher diskutiert, um einen detaillierten Einblick in die Chancen und Möglichkeiten experimenteller Zugänge im GW-Unterricht zu geben.

2.2 Das Potenzial experimenteller Zugänge in Bezug auf Klappachers Leitthesen

Als Auslegungspunkt für die vorliegende Arbeit wird neben allgemeinen GW-didaktischen Überlegungen (vgl. SITTE W. 2001: 305-317) und Hinweisen in den Lehrplanverordnungen das didaktische Modell „Sinnvoll GW“ von Klappacher (2008) herangezogen. Sinnvoll GW ist ein theoretisches didaktisches Modell, das als Ziel angibt, die Schnittmenge zwischen Theorie und Praxis zu vergrößern. Gleichzeitig hat das Modell das Ziel, die Qualität des Unterrichts generell zu steigern, wobei im Zentrum der Mensch als handelndes Wesen steht. Der Unterricht wird dabei als Interaktionsprozess zwischen LehrerIn und SchülerIn (=AkteurIn) gesehen (vgl. KLAPPACHER 2008: 9). Fünf Leitthesen bilden darin nach Klappacher den Rahmen des Modells (vgl. Tabelle 1). Sie sind zugleich ein Ausgangspunkt für die Rechtfertigung und Notwendigkeit experimentelle Arbeitsweisen in einem handlungsorientierten / operativen GW-Unterricht.

Tabelle 1: Geographiedidaktische Leitthesen (Datengrundlage: KLAPPACHER 2008: 35)

These 1 *Nicht nur hören, sondern verstehen*

These 2 *Nicht nur sehen, sondern erkennen.*

These 3 *Nicht nur alleine, sondern öfter gemeinsam.*

These 4 *Nicht nur wissen, sondern können und eigenverantwortlich handeln.*

These 5 *Nicht nur oberflächlich, sondern persönlich betroffen und kritisch reflektiert wahrnehmen.*

KLAPPACHER (2008: 35) erklärt, dass viele Informationen im GW-Unterricht verbal oder über einen Text vermittelt werden. „Sprache und Text kommt [...] in GW eine besondere Bedeutung zu“ (KLAPPACHER 2008: 35). Eine Studie zum Einsatz von Arbeitsweisen bestätigt den dominierenden Verbalismus im Unterricht. 2005 wurden 38 Lehrpersonen nach den Einsatzhäufigkeiten ihrer Arbeitsweisen im Unterricht befragt. Die Daten zeigen, dass die Arbeit mit Schulbuch und mit Texten bei der Einsatzhäufigkeit im Unterricht auf den Rangplätzen 1 und 2 liegen (vgl. HEMMER und HEMMER 2010: 130-131). In der oben angeführten Untersuchung nahm „das Experiment“ von 17 angeführten Arbeitsweisen demgegenüber erst Platz 14 ein (vgl. HEMMER und HEMMER 2010: 130-131). WILHELMI (2000b: 4) meint: „Experimente sind nach wie vor Stiefkinder des Geographieunterrichts“. Interessante Erkenntnisse zeigen sich bei der Befragung der SchülerInnen nach ihrer bevorzugten Arbeitsweise. In Summe nahmen 3741 SchülerInnen an der Studie teil. Das Experiment wird von den SchülerInnen als bevorzugtes

Arbeitsmittel angeführt, wohingegen das Arbeiten mit dem Schulbuch den letzten Platz einnimmt. Tabelle 2 zeigt, dass zwischen dem SchülerInneninteresse an bestimmten Arbeitsweisen auf der einen Seite und der Einsatzhäufigkeit der Arbeitsmittel auf der anderen Seite eine Diskrepanz besteht. Arbeitsmittel, die im SchülerInneninteresse sehr hoch liegen, werden sehr selten eingesetzt. Das Verhältnis (Einsatzhäufigkeiten der Arbeitsweise zu SchülerInneninteresse) ist genau diametral (vgl. HEMMER und HEMMER 2010: 130).

Tabelle 2: SchülerInneninteresse und Einsatzhäufigkeit einzelner Arbeitsweisen (Quelle: HEMMER und HEMMER 2010: 132)

| Interesse 2005 | | mean | Einsatz 2005 | | mean |
|----------------|---------------------------------------|------|--------------|---------------------------------------|------|
| 1 | Experimente | 4,53 | 1 | Arbeit mit dem Schulbuch | 4,61 |
| 2 | Computer | 4,39 | 2 | Arbeit mit Texten | 4,32 |
| 3 | Arbeit mit Filmen | 4,37 | 3 | Arbeit mit Fotos/Bildern | 4,22 |
| 4 | Arbeit mit Fotos/Bildern | 4,11 | 4 | Arbeit mit dem Atlas | 4,00 |
| 5 | Exkursionen/Unterrichtsgänge | 4,00 | 5 | Arbeit mit Karten | 4,00 |
| 6 | Projektarbeit | 3,88 | 6 | Arbeit mit Zahlen/Tabellen | 3,66 |
| 7 | Arbeit mit originalen Gegenständen | 3,86 | 7 | Arbeit mit Säulen-/ Kreisdiagrammen | 3,45 |
| 8 | Arbeit mit Modellen | 3,80 | 8 | Arbeit mit aktuellen Zeitungsartikeln | 3,43 |
| 9 | Arbeit mit Erlebnisberichten | 3,60 | 9 | Arbeit mit Filmen | 3,16 |
| 10 | Rollenspiel | 3,41 | 10 | Arbeit mit originalen Gegenständen | 3,05 |
| 11 | Arbeit mit aktuellen Zeitungsartikeln | 3,39 | 11 | Arbeit mit Erlebnisberichten | 3,05 |
| 12 | Arbeit mit dem Atlas | 3,25 | 12 | Arbeit mit Modellen | 2,95 |
| 13 | Arbeit mit Karten | 3,14 | 13 | Projektarbeit | 2,68 |
| 14 | Arbeit mit Säulen-/Kreisdiagrammen | 2,85 | 14 | Experimente | 2,55 |
| 15 | Arbeit mit Zahlen/Tabellen | 2,78 | 15 | Exkursionen/ Unterrichtsgänge | 2,50 |
| 16 | Arbeit mit Texten | 2,69 | 16 | Computer | 2,29 |
| 17 | Arbeit mit dem Schulbuch | 2,55 | 17 | Rollenspiel | 2,18 |

HEMMER und HEMMER (2010: 161) fordern daher von Lehrkräften, BildungspolitikerInnen und ExpertInnen, in ihren künftigen Entscheidungen das Interesse von SchülerInnen zu berücksichtigen, denn das Interesse der SchülerInnen ist eine wichtige Variable für die Vermittlung von Inhalten. Experimentelle Arbeitsformen können als Arbeitsmethode aber vor allem durch Handlungsorientierung vom vorherrschenden und von Hemmer und Hemmer kritisierten Verbalismus wegführen. Der motivationale Faktor und das Wecken von Interesse können durch den Prozess des Experimentierens garantiert werden. Möglichkeit zur Selbständigkeit sowie für das Nachvollziehen und Beobachten werden geschaffen (vgl. NIEMZ 1979a: 159). KLAPPACHER (2008: 36) erläutert in seiner zweiten These „Nicht nur sehen, sondern erkennen“ die Bedeutung des Bildes für den GW-Unterricht. Bilder sind ein wesentliches Element von Sinnvoll GW,

denn sie informieren und motivieren. Sowohl der Verstand als auch die Gefühle können durch Bilder angesprochen werden (vgl. KLAPPACHER 2002: 47 – zitiert nach KLAPPACHER 2008: 36). Beim Medium „Bilder“ kritisierte SITTE CH. (2001: 460), dass sie noch immer sehr stark nur illustrativ und zu wenig als Arbeitsmittel eingesetzt werden – ein Umstand, der sich in den letzten Schulbuchgenerationen mit dem Anspruch einer Kompetenzorientierung etwas gebessert hat.

Verschiedene naturgesetzliche Prozesse müssen vor den Augen der SchülerInnen ablaufen, damit der Vorgang gesehen, beobachtet und begriffen wird. Unterricht sollte nicht nur das Beschreiben, Nachdenken und Diskutieren, sondern auch andere Tätigkeiten miteinbeziehen (vgl. NIEMZ 1983: 2). Daher reichen Bilder als Anschauungsmaterial für das Verständnis mancher Fragestellungen nicht aus. Experimentelle Zugänge fördern eine Bandbreite an Fähig- und Fertigkeiten, die herkömmliche Unterrichtsmethoden (wie das Arbeiten mit Texten oder dem Schulbuch) zu wenig fördern. Experimente werden in der Geographiedidaktik schon lange als sinnvolle Unterrichtsform angesehen (vgl. WILHELMI 2012: 4). Über den Bildungswert im Schulunterricht besteht daher weitgehenden Konsens (vgl. OTTO 2009: 8).

Experimente beanspruchen die manuellen Fertigkeiten der SchülerInnen (wie beispielsweise den Bau einer Versuchsanordnung) (vgl. NIEMZ 1983: 2) und ermöglichen neben der Stärkung manueller Fertigkeiten, das haptische Lernen mit allen Sinnen (vgl. WILHELMI 2012: 4).

Experimente fördern kreatives Denken, indem nicht erklärbares Versuchsergebnisse oder neue Fragestellungen eine Änderung der Versuchsanordnung verlangen (vgl. NIEMZ 1979a: 159).

Experimente führen durch klare Problemstellungen zu kausalem, funktionalem und abstrahierendem Denken (vgl. ebd.). Sie ermöglichen eine wissenschaftspropädeutische Methodenschulung, die Grundlage für wissenschaftspropädeutisches Lernen schafft (vgl. OTTO 2009: 8).

Experimente trainieren die Beobachtungsfähigkeit der SchülerInnen und tragen zum Aufbau methodischer Fähigkeiten bei (vgl. OTTO und MÖNTER 2015: 2). Durch präzise und eindeutige Aufgabenstellungen wird das genaue, zielgerichtete Beobachten geschult und die exakte Protokollierung, Auswertung und Interpretation von Untersuchungsergebnissen gefördert (vgl. OTTO 2009: 8).

Experimente trainieren entdeckendes, forschendes, problemlösendes und vernetzendes Lernen und stärken die Entwicklung methodischer Handlungskompetenz (kognitiv, sozial und motorisch- manuell) (vgl. ebd.).

Im Sinne der dritten These KLAPPACHERS (2008: 35) „Nicht nur alleine, sondern öfter gemeinsam“ bietet das Experimentieren sowohl bei den Vorbereitungen als auch bei der Durchführung vielseitige Möglichkeiten zur Gemeinschaftsarbeit (vgl. NIEMZ 1979a: 159). Dabei wird nicht nur das selbständige Arbeiten, sondern gleichermaßen die Teamfähigkeit gestärkt (vgl. WILHELM 2012: 4). Der gängige „Klassenunterricht“ hat neben seinen Stärken (z. B. Erlernen der Fähigkeiten des Zuhörens, Schweigens) auch Schwächen. Die Selbstständigkeit und Aktivität der SchülerInnen kommt im Unterrichtsgeschehen meist zu kurz. Das selbständige Lösen von Problemen, die Förderung von Kreativität und Teamfähigkeit wird vernachlässigt (vgl. KLAPPACHER 2008: 37). Die „Aktivierung“ der SchülerInnen soll diesen Schwächen des Unterrichts entgegenwirken. WÜTHRICH (2013: 67) zufolge fallen unter den Begriff „Aktivierung“ alle Maßnahmen und Tricks, welche das eigenständige Lernen von SchülerInnen fördern.

Betrachtet man die experimentellen Anforderungen (vgl. Abb. 1) nach OTTO und MÖNTER (2015: 4), so steht außer Frage, dass die Aktivierung der SchülerInnen beim Prozess des Experimentierens gewährleistet werden kann.

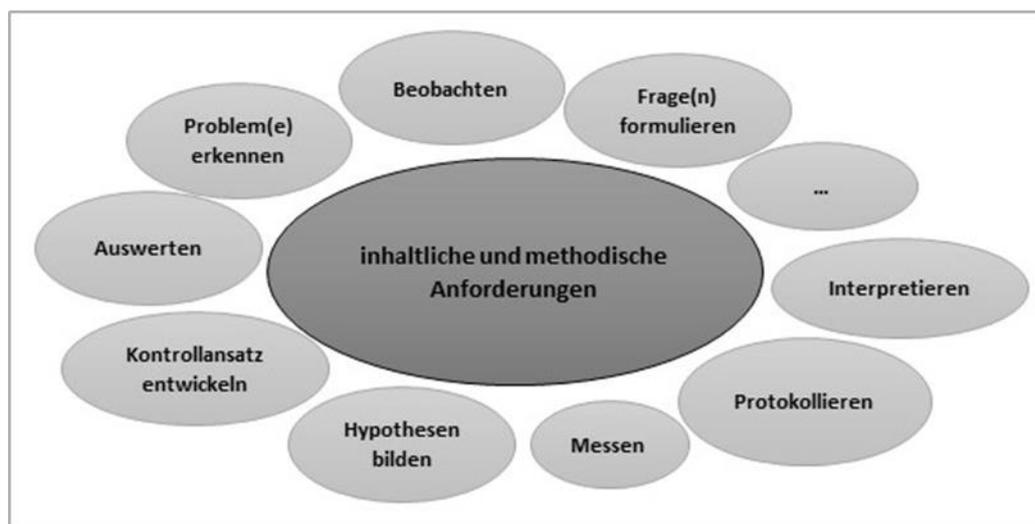


Abbildung 1: Experimentelle Anforderungen (Datengrundlage: OTTO und MÖNTER 2009: 137)

In methodischer Hinsicht findet schüleraktives Lernen in einem handlungs- und kompetenzorientierten Unterricht statt:

„Die SchülerInnen entdecken und forschen, planen und entscheiden, exzerpieren und strukturieren, experimentieren und produzieren, organisieren und kooperieren,

diskutieren und argumentieren, befragen und gestalten – kurz, sie praktizieren aktives Lernen, sie lösen Probleme, zeigen Eigeninitiative und übernehmen Verantwortung“ (KLAPPACHER 2008: 38).

MEYER (1996: 214) definiert handlungsorientierten Unterricht folgendermaßen:

„Handlungsorientierter Unterricht ist ein ganzheitlicher und schüleraktiver Unterricht, in dem die zwischen dem Lehrer und den Schülern vereinbarten Handlungsprodukte die Organisation des Unterrichtsprozesses leiten, so dass Kopf- und Handarbeit der Schüler in ein ausgewogenes Verhältnis zueinander gebracht werden können“ (MEYER 1996: 214).

KLAPPACHERS (2008: 38) letzten beiden Thesen „*Nicht nur wissen, sondern können und eigenverantwortlich handeln*“ und „*Nicht nur oberflächlich, sondern persönlich betroffen und kritisch reflektiert wahrnehmen*“ zeigen auf, dass handlungsorientierter Unterricht nicht nur aus praktischem Tun besteht. Handlungsorientierter Unterricht ist nicht als „Beschäftigungstherapie“ und „Aktionismus“ zu verstehen. Es geht um die kritische Auseinandersetzung, das Hinterfragen und das sich Gedanken machen sowie die kritische Äußerung zu den gelernten Inhalten (vgl. KLAPPACHER 2008: 38-39). Damit passt dieser Ansatz aber auch direkt in die in den heutigen Lehrplänen geforderte Kompetenzorientierung hinein. In den Bildungs- und Lehraufgaben findet man dazu drei Fachkompetenzen (Wirtschaftskompetenz, Gesellschaftskompetenz und Umweltkompetenz) und drei Methodenkompetenzen (Methodenkompetenz, Orientierungskompetenz und Synthesekompetenz), die für GW-LehrerInnen normativen Charakter haben und in den Oberstufenklassen erworben werden sollen (vgl. HOFMANN-SCHNELLER 2011: 19). Der experimentelle Ansatz in einem handlungsorientierten Unterricht, muss diesen Anforderungen nachkommen. Dabei ist wichtig, dass Experimente nicht isoliert stehen, sondern an das Alltagswissen der SchülerInnen anknüpfen. Nur so kann Theorie und Praxis miteinander verknüpft und auf praktische Erfahrungen gegründetes Lernen ermöglicht werden (vgl. MÖNTER und OTTO 2017a: 5). In Kapitel 2.4. wird die didaktische Einbettung experimenteller Zugänge in den GW-Unterricht, in Planungsphasen, dargelegt, um zu zeigen, dass experimentelle Zugänge mehr als nur eine „Beschäftigungstherapie“ sind.

Es ist dennoch keineswegs sinnvoll – wie bei jeder anderen Methode – den gesamten Unterricht auf das experimentelle Arbeiten auszulegen. Doch dort, wo Lehrplanthemen es zulassen, sollte das praxisbezogene Arbeiten als eine weitere Arbeitsmethode im Unterricht berücksichtigt werden (vgl. NIEMZ 1983: 2). Welche Themengebiete sich für einen experimentellen Zugang im GW-Unterricht eignen, werden im Kapitel „Lehrplananalyse der Sekundarstufe II“ dieser

Arbeit angeführt. Ein Vorbild für den Einsatz experimenteller Zugänge ist Großbritannien. Experimentelle Zugänge sind in Großbritannien nicht mehr wegzudenken und haben dort im Unterricht einen sehr hohen Stellenwert erlangt (vgl. NIEMZ 1983: 2). Dies hängt auch mit den dort in GW verpflichtenden field-studies zusammen, die ein reiches Betätigungsfeld bieten können (vgl. u. a. ZEHMANN 2016). Diesen hohen Stellenwert könnten sich einige Lehrpersonen und zukünftige Lehrpersonen zu Herzen nehmen. Dennoch, wie bereits in der Problemstellung geschildert wurde, ist das Experimentieren im Unterricht noch immer eine Seltenheit (vgl. HÖHNLE und SCHUBERT 2016: 153). HÖHNLE und SCHUBERT (2016: 154) sprechen von einem Spannungsfeld, zwischen großen didaktischen Potenzialen experimentellen Arbeitsweisen und einer demgegenüber geringen Einsatzhäufigkeit im Unterricht. Die vorliegende Arbeit soll diesem Spannungsfeld sowie auch den Ängsten von Lehrpersonen entgegenwirken, und im besten Falle Vorfreude für den Einsatz von experimentellen Arbeitsweisen im eigenen Unterricht hervorrufen. WILHELMI (2000b: 5) bringt es auf den Punkt, indem er sagt:

„Wir lernen nicht nur mit dem Kopf, sondern auch mit dem Herzen und mit der Hand, will sagen: Nicht nur die kognitiven Lernzielkategorien [...] sind gefragt, sondern instrumentale (Methodenlernen) [...] Aspekte müssen in den Unterricht integriert werden“ (WILHELMI 2000b: 5).

2.3 Definition experimenteller Arbeitsweisen

Im vorliegenden Kapitel wird der Begriff „Experiment“ nach den Kriterien von LETHMATE (2003: 42) erläutert. Dies ist notwendig, da eine Vielzahl an „Experimenten“ nicht den Kriterien entsprechen (vgl. LETHMATE 2003: 43).

„So werden oftmals reine Messungen, wie das Bestimmen der Fließgeschwindigkeit eines Flusses mit Hilfe von Meßgeräten [sic!], nichtexperimentelle Demonstrationen am unbeleuchteten Globus oder sogar Naturbeobachtungen, wie das Beobachten von Wetterabläufen fälschlicherweise als Experiment bezeichnet“ (LEHMANN 1964: 9).

Eine Studie von LETHMATE (2003: 43) zeigt, dass von insgesamt 182 „Experimenten“ lediglich 37,4% als solche identifiziert werden konnten. Er schlussfolgert, wie auch LEHMANN (1964: 9), dass die Mehrzahl der geographischen Experimente keine Experimente sind (vgl. LETHMATE 2003: 43). Ebenso wird oftmals der Begriff „Versuch“ mit dem Begriff „Experiment“ gleichgesetzt. Tätigkeiten wie „ausprobieren“, „versuchen“ und „nachahmen“ werden oft als Synonyme für die Tätigkeit des „Experimentierens“ verwendet. Dies erscheint etymologisch gerechtfertigt, denn im Begriff „Experiment“ steckt die Wurzel „per“, die sich in den griechischen Wörtern „peira“ (Versuch, Probe, Wagnis) und „empeiros“ (erfahren, kundig) wiederfindet. (vgl. OTTO 2009: 4). Jedoch empfiehlt LETHMATE (2006: 6), die beiden Begriffe nicht miteinander zu verwechseln, da „einfach Versuche“ oftmals nichts anderes als Untersuchungen darstellen und den Experimentierkriterien nicht entsprechen. Was zeichnet nun ein Experiment aus? Ein Experiment ist als Fortführung der Untersuchung zu verstehen und steht dieser sehr nahe. Das Experiment verändert jedoch im Gegensatz zur Untersuchung die Bedingungen, unter denen das Objekt existiert (vgl. ebd.).

„Das Experimentieren richtet sich deshalb im Unterschied zum Untersuchen auf den Ablauf, die Dynamik von Erscheinungen. Einzelne Einflussfaktoren eines Vorgangs werden isoliert, systematisch variiert und kontrolliert“ (LETHMATE 2006: 5).

Nur so ist es möglich, die Wirkung eines variierenden Faktors zu untersuchen. Man spricht dabei von Isolation und Variation eines vermuteten Einflussfaktors. Isolation und Variation sind notwendig, um Hypothesen und Gegenhypothesen aufzustellen und zu überprüfen (vgl. LETHMATE 2003: 42). Die Experimentierkriterien lauten wie folgt:

„1. Beobachtung unter künstlich hergestellten Bedingungen; 2. Isolation der zu untersuchenden Variablen; 3. Variation der zu untersuchenden Variablen;“ (LETHMATE 2003: 42).

„Ein exakt durchgeführtes Experiment mit Kontrollfunktion und Hypothesenprüfung entspricht dem beanspruchten naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg, nicht eine einfache Messung“ (LETHMATE 2003: 42).

In dieser Arbeit befinden sich nicht nur Experimentierbeschreibungen, die diesen Kriterien entsprechen. Es werden ebenso Messungen angeführt (pH-Wert-Messungen, Messen von Durchflussgeschwindigkeit unterschiedlicher Bodenproben, Nitratwertmessungen) und Versuche (Versuche zur Plattentektonik, Versuch zur Verbreitung von Krankheiten etc.) beschrieben, die den Kriterien nicht entsprechen. Daher wird in dieser Arbeit der Experimentbegriff um drei Erkenntnismethoden erweitert. Diese werden nach OTTO (2009: 5-6) unter dem Begriff „experimentelle Arbeitsformen/-weisen“ zusammengefasst. Experimentelle Arbeitsformen setzen sich aus dem Beobachten, Untersuchen, Modellieren und dem Experimentieren zusammen (vgl. OTTO 2009: 5-6).

Ursprünglich fasste PIETSCH (1954/55: 197 – zitiert nach OTTO 2009: 4) die Erkenntnismethoden „Beobachten“ „Untersuchen“ und „Experimentieren“ unter den Begriff „Experimentelle Lehrformen“ zusammen. LETHMATE (2006: 5-6) erweiterte die „experimentellen Lehrformen“ um den Begriff „Modellieren“. Er erachtet die Bezeichnung „experimentelle Lehrformen“ für den schulischen Gebrauch als sinnvoll.

„Schulmethodisch ist die Bezeichnung, experimentelle Lehrformen‘ sehr sinnvoll, umfasst sie doch alle so genannten ‚Versuche‘ und ‚Experimentieranleitungen‘, die die Experimentkriterien nicht voll erfüllen“ (LETHMATE 2006: 5).

Die Bezeichnung „experimentelle Lehrformen“ ist im Sinne eines konstruktivistischen Unterrichts jedoch zu kurz gedacht. OTTO (2009: 6) ist der Meinung, dass die Terminologie, die hinter dem Begriff „Experimentelle Lehrformen“ steckt, die Lernende / den Lernenden in den Hintergrund drängt.

„Vor dem genannten Hintergrund wäre es angemessen, bei den genannten wissenschaftlichen Erkenntnismethoden von experimentellen Arbeitsformen/-weisen zu sprechen [...]“ (OTTO 2009: 6).

Ein konstruktivistisch ausgelegter Unterricht vertritt die Position, dass die SchülerInnen in selbstgesteuerten, konstruktiven und sozialen Prozessen eine aktive Position einnehmen (vgl. OTTO 2009: 6). Im Folgenden werden die experimentellen Arbeitsformen „Beobachten“, „Untersuchen“, „Modellieren“ beschrieben und voneinander abgegrenzt.

Eine Beobachtung bezieht sich auf die Eigenschaften, räumliche und zeitliche Aspekte sowie Merkmale einer Erscheinung. Ein Eingriff an dem Objekt findet nicht statt. Demgegenüber steht die Untersuchung, die sowohl einen Eingriff in das Objekt vornehmen kann und mit verschiedenen Hilfsmitteln arbeitet (vgl. LETHMATE 2006: 5). Eine Untersuchung wird LETHMATE (2006: 5) zufolge als „Beobachten mit Eingriffen“ beschrieben. Die Untersuchung stellt die häufigste Arbeitsweise dar. Dazu zählen unter anderem Nachweise wie beispielsweise der Kalknachweis, der in der Experimentesammlung angeführt wird. Auch Messungen, wie beispielsweise die pH-Wert-Messung, zählen zu den Untersuchungen (vgl. ebd.). Neben der Beobachtung, Untersuchung (und dem Experiment) ist das Modellieren eine weitere Erkenntnis-methode. Es handelt sich um eine Abbildung eines Teilaspekts der Wirklichkeit in einem vereinfachten System, um einer bestimmten Fragestellung nachgehen zu können (vgl. WIRTH 1979: 129 – zitiert nach OTTO und MÖNTER 2015: 6). An die Stelle des Originals tritt das Modell. Das Vorgehen entspricht dem Experimentieren und Beobachten. Die Modellbildung und das Experimentieren mit dem Modell stellen die Planung bzw. Durchführung dar. Die Auswertung ist der Vergleich zwischen Modell und Wirklichkeit (vgl. LETHMATE 2006: 5-6). Ein Modell ist somit eine vereinfachte Abbildung natürlicher oder künstlicher Originalen / Realitäten und sollte zum tieferen Verständnis der Wirklichkeit beitragen. Es soll bekannte Sachverhalte veranschaulichen und dabei helfen, unbekannte Sachverhalte zu entschlüsseln. Anhand eines Modells können Vorhersagen getätigt werden. Grenzen und Schwächen eines Modells sollen aufgezeigt werden (vgl. OTTO und MÖNTER 2015: 6). OTTO (2009: 5) erklärt, dass Experimente, die den Experimentierkriterien entsprechen, als solche explizit ausgewiesen werden müssen. Um dieser Forderung gerecht zu werden, wird in der Experimentesammlung (vgl. dazu Kapitel 5.1 Experimentesammlung) die experimentelle Arbeitsform explizit angeführt und vor allem zwischen dem „Experiment“ und der „Untersuchung“ unterschieden.

Es sollte nicht der Eindruck gewonnen werden, dass die Erkenntnismethode „Experiment“ eine „bessere / sinnvollere“ Erkenntnismethode darstellt als beispielsweise eine Untersuchung. Es sprechen keine Argumente gegen den Einsatz der anderen Arbeitsformen. Im Gegenteil, im Sinne der Methodenvielfalt sollte auf die anderen Formen der Erkenntnisgewinnung (Beobachtung, Untersuchung, Modellierung) nicht verzichtet werden (vgl. OTTO 2009: 5-6). Es lohnt sich, einfaches alltagsweltliches Erproben als Vorstufe des experimentellen Arbeitens zu nutzen. Auch das gezielte Beobachten und Durchführen sowie Auswerten von Versuchen kann einen wichtigen Beitrag zum Erwerb der experimentellen Kompetenzen liefern (vgl. ebd.: 14). Folgendes Zitat kann beim „Herantasten“ an experimentelle Arbeitsweisen Mut machen:

„Um Neugierdeverhalten, Kreativität und Denkvermögen bei Schülern im Geographieunterricht zu entfalten und insbesondere den Erwerb von methodischer Kompetenzen [sic!] zu fördern, sollten ‚vorexperimentelle‘ Verfahren nicht zuletzt auch wegen ihrer propädeutischen Funktion ebenso eingesetzt werden, wie wissenschaftsorientierte Experimente auf höchstem Anspruchsniveau“ (OTTO 2009: 14).

2.4 Ausgewählte Klassifikationen

Die unten angeführte Abbildung zeigt mögliche Kriterien (vgl. RINSCHÉDE und SIEGMUND 2020⁴: 278) zur Gliederung experimenteller Arbeitsweisen. Auf die ausgewählten Klassifikationen (vgl. Abb. 2) wird im Folgenden näher eingegangen. Die „Didaktische Funktion“ wird im Kapitel „Einbettung von Experimenten in den GW-Unterricht“ erläutert, da dies im Kontext der Einbettung in den GW-Unterricht sinnvoller dargestellt werden kann. Es werden Beispiele aus der Experimentesammlung herangezogen, um die einzelnen Kriterien zu erläutern.

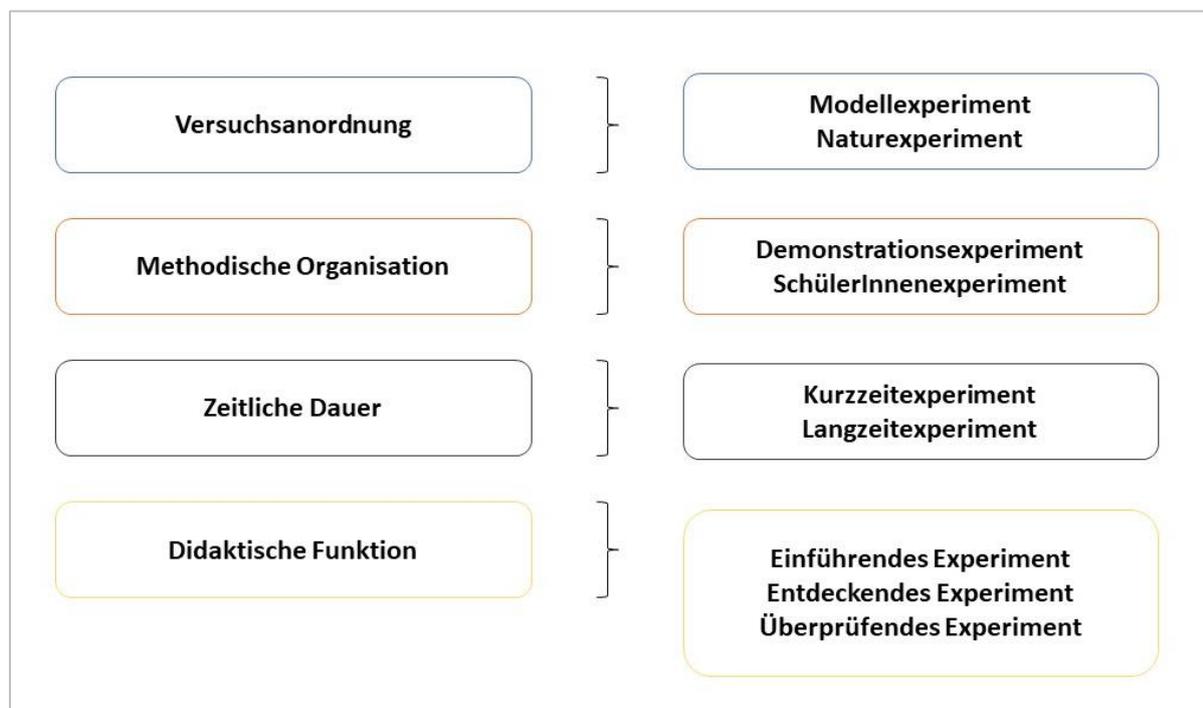


Abbildung 2: Klassifikation (Datengrundlage: RINSCHÉDE und SIEGMUND 2020⁴: 278, MÖNTER und OTTO 2016: 7)

Die *Versuchsanordnung* setzt sich aus dem „Modellexperiment“ und dem „Naturexperiment“ zusammen. Beide Begriffe wurden von LEHMANN (1964:10) zur Beschreibung und Einteilung von geographischen Experimenten eingeführt. Wie der Name schon sagt, ist das Modellexperiment eine Nachbildung von Naturobjekten, im Gegensatz zum Naturexperiment, das an einem geeigneten Naturobjekt durchgeführt wird. Naturexperimente werden dabei selbst zum Gegenstand experimenteller Arbeitsformen (vgl. ebd.: 10-11). Für LEHMANN (1964: 11) steht in der Schule das Modellexperiment an erster Stelle.

Naturexperimente sind im Geographieunterricht mit organisatorischen Schwierigkeiten verbunden. Ausflüge sind oftmals mit hohem organisatorischem Aufwand verbunden. Wetterverhältnisse können einen Ausflug zum Objekt verhindern und auch bei guten Wetterbedingungen sind die Prozesse am Naturobjekt nicht immer direkt beobachtbar (vgl. LEHMANN 1964: 15-

16). Beispielsweise sind Naturexperimente zum Thema Permafrost mit Schwierigkeiten verbunden. Permafrost als thermischer Zustand im Untergrund macht die Beobachtung im Allgemeinen nicht möglich. Ebenso ist der Besuch im Hochgebirgsbereich mit Schwierigkeiten verbunden (Beachtung sportlicher Anforderungen, Sicherheitsaspekte etc.) (vgl. ebd.).

Eine Alternative bietet das Experiment D2 zum Thema Permafrost. Dieses repräsentiert mit vereinfachten Repräsentanten Eigenschaften der Natur (vgl. MÖNTER und OTTO 2016: 8). Das Experiment D2 bietet eine Anleitung zu einem Modellexperiment, das im Klassenzimmer durchgeführt werden kann. Im Rahmen dieses Modellexperiments besteht die Möglichkeit, Felsstürze durch Permafrostdegradation zu veranschaulichen (vgl. LIEB und KROBATH 2015: 51-52). Das Modellexperiment ermöglicht Erscheinungen und Vorgängen, naturähnlich und auf das Wesentliche beschränkt, durchzuführen. Das Modellexperiment hat den Vorteil an jedem beliebigen Ort und zu jeder beliebigen Zeit, ohne störende Außeneinflüsse, durchgeführt zu werden (vgl. LEHMANN 1964: 16). LEHMANN (1964: 11) führt an, dass Modellexperimente vor allem zu geographischen Vorgängen aus dem Bereich der Geomorphologie, der Geologie und Hydrologie sinnvoll Anwendung finden können. Zur Kritik an Lehmann sei gesagt, dass sich seine Unterscheidung (Modellexperiment vs. Naturexperiment) ausschließlich auf physiogeographische Sachverhalte bezieht. Dass in einem GW-Unterricht aber ebenso ökologische und biogeographische Fragestellungen mit experimentellen Arbeitsweisen behandelt werden müssen, zeigt in Kapitel 3 die Lehrplananalyse der Sekundarstufe II. Bei Modellexperimenten sind weiters immer Rückschlüsse / Analogieschlüsse auf die Wirklichkeit notwendig (vgl. MÖNTER und OTTO 2016: 8). Der Transferprozess zwischen dem „Experimentierraum“ und „Realraum“ wird im Kapitel 2.5 erläutert.

Nach der *methodischen Organisation* und Zielsetzung kann das Experiment als „SchülerInnenexperiment“ oder „Demonstrationsexperiment“ im Unterricht Anwendung finden. LEHMANN (1964: 14) bezeichnet Experimentieranleitungen, die zur Veranschaulichung geographischer Vorgänge und Erscheinungen dienen, als Demonstrationsexperimente. WILHELMI (2000b: 5) erläutert, dass Demonstrationsexperimente von der Lehrperson und von einzelnen SchülerInnen vor der Klasse vorgeführt werden können. MÖNTER und OTTO (2016: 9) führen an, dass Demonstrationsexperimente jedoch häufiger von der Lehrperson durchgeführt werden. Die SchülerInnen beobachten, protokollieren und beschreiben den beobachteten Prozess. Vor allem SchülerInnen gefährdende Experimentieranleitungen sollten als Demonstrationsexperiment von der Lehrperson durchgeführt werden (vgl. WILHELMI 2000b: 5). OTTO und MÖNTER (2016: 9) führen dazu Experimente an, bei denen beispielsweise mit Säure hantiert wird. In der Experimentesammlung findet sich ein Experiment, das die Verbrennung von Schwefel zeigt. Bei

diesem Experiment muss unter dem Abzug gearbeitet werden. Es wird als Demonstrationsexperiment von der Lehrperson durchgeführt, bei dem die SchülerInnen den Prozess beobachten und ihre Ergebnisse protokollieren.

Demgegenüber stehen SchülerInnenexperimente, die im Rahmen experimenteller SchülerInnenübungen angewendet werden (vgl. LEHMANN 1964: 14). Diese werden meist von SchülerInnengruppen durchgeführt, indem die SchülerInnen aktiv anschauliche, komplexe Sachverhalte und Vorgänge anhand eines Experiments erarbeiten. Die Lehrperson unterstützt während der Versuchsdurchführung und sorgt für die Verknüpfung mit der Theorie (vgl. WILHELMI 2000b: 7).

„Es ist durchaus umstritten, welche methodische Form lernwirksamer ist“ (MÖNTER und OTTO 2016: 9). WILHELMI (2000b: 7) empfiehlt einen Wechsel von SchülerInnen- und Demonstrationsexperimenten, vor allem in Bezug auf den Methodenwechsel (vgl. WILHELMI 2000b: 7). Eine Studie von WINKELMANN und ERB (2014: 401 – zitiert nach MÖNTER und OTTO 2016: 9) zeigt, dass es für den Lernzuwachs unerheblich ist, ob SchülerInnen selbstständig experimentieren oder einer anderen Person (z. B. Lehrperson) beim Experimentieren zuschauen und den Experimentierprozess beobachten. MÖNTER und OTTO (2016: 9) führen einen wesentlichen Grund an, der ausschlaggebend für die methodische Organisation ist. „Relevant seien die Unterschiede [...] in Bezug auf die differenzierte Förderung bestimmter Schülergruppen“ (MÖNTER und OTTO 2016: 9). Vor allem leistungsschwache SchülerInnen profitieren von Demonstrationsexperimenten (vgl. ebd.: 9).

In dieser Arbeit werden Empfehlungen für den Einsatz als Demonstrationsexperiment oder als SchülerInnenexperiment gegeben. Beispielsweise wird das Experiment zu den Konvektionsströmen (F2) aufgrund der Materialanschaffung als Demonstrationsexperiment angeführt. Das Experiment zur Faltenbildung (F1) wird als SchülerInnenexperiment angeführt, da es für alle SchülerInnen aufgrund des Zeitfaktors und der Materialien gut durchführbar ist.

Ein weiteres Kriterium für die Zuordnung experimenteller Arbeitsweisen ist die *zeitliche Dauer*. Dabei wird zwischen „Kurzzeitexperiment“ und „Langzeitexperiment“ unterschieden (vgl. BERCK 1999: 121 – zitiert nach RINSCHEDI und SIEGMUND 2020⁴: 278).

„Kurzzeitexperimente lassen sich aufgrund ihrer kurzen Zeitdauer von 10–20 Minuten in den Rahmen von einer oder zwei Unterrichtsstunden einfügen [...] Langzeitexperimente erstrecken sich über einen längeren Zeitraum, d. h. über einige Tage oder Wochen“ (RINSCHEDI und SIEGMUND 2020⁴: 280).

Vor allem umweltökologische und biogeographische Vorgänge laufen langsam ab, weshalb meist ein Beobachtungszeitraum von mehreren Tagen benötigt wird (vgl. ebd.). In dieser Arbeit wird auch auf die zeitliche Dauer des Experiments verwiesen und eine Empfehlung bezüglich des Zeitfaktors in Anlehnung an RINSCHÉDE und SIEGMUND 2020⁴ und BERCK 1999 gegeben. RINSCHÉDE und SIEGMUND (2020⁴: 280) führen an, dass Kurzzeitexperimente vor allem als Demonstrationsexperimente durchgeführt werden. Dies wird in der vorliegenden Arbeit nicht vertreten. Kurzzeitexperimente können, je nach Zielsetzung, Materialbeschaffung etc., sowohl als SchülerInnenexperimente als auch als Demonstrationsexperimente durchgeführt werden. Das Experiment zur Schneebrettlawine (D1) kann in zwei Unterrichtseinheiten von den SchülerInnen durchgeführt und somit als Kurzzeitexperiment angegeben werden. Das Experiment zur Kompostierung von (Bio-) Kunststoff (WPF G2) benötigt einen Beobachtungszeitraum von mehreren Tagen und wird daher als Langzeitexperiment angeführt.

2.5 Didaktische Einbettung in den GW-Unterricht

Die oben genannten Klassifizierungskriterien zeigen die Einteilung experimenteller Arbeitsweisen nach dem zeitlichen Aspekt, der Versuchsanordnung und der methodischen Organisation. Das vorliegende Kapitel gibt Einblicke in die Klassifizierung nach der didaktischen Funktion. Dabei gibt es kein Erfolgskonzept für den richtigen Einsatzort experimenteller Arbeitsweisen, denn ein sinnvoller Einsatz hängt von der jeweiligen Zielsetzung der Lehrperson ab. Das bedeutet, der Einsatz hängt von der Funktion des Experiments ab, die dieses im Rahmen einer Unterrichtsreihe einnehmen soll (vgl. RINSCHDE und SIEGMUND 2020⁴: 284). Dennoch zeigt dieses Kapitel Möglichkeiten, wie experimentelle Arbeitsformen sinnvoll in den GW-Unterricht eingebettet werden können.

Experimentelle Arbeitsformen können zu unterschiedlichen Zeitpunkten in den Unterricht eingebettet werden. Beispielsweise kann dies zu Beginn des Unterrichts erfolgen, in der Erarbeitungsphase, aber auch am Unterrichtsende (vgl. OTTO 2009: 10).

Je nach Unterrichtszeitpunkt unterscheidet OTTO (2009: 10) zwischen dem „Einführenden Experiment“ (Unterrichtsbeginn), dem „Entdeckendem Experiment“ (Erarbeitungsphase im Unterricht) und dem „Bestätigendem Experiment“ (Unterrichtsende). Dabei verfolgt die Lehrpersonen unterschiedliche Ziele. Einführende Experimente zielen darauf ab, SchülerInnen auf ein bestimmtes Phänomen aufmerksam zu machen. Das Experiment soll die SchülerInnen zum Nachdenken anregen und ihre Neugier wecken. Einführende Experimente werden meist von Lehrpersonen als Demonstrationsexperiment durchgeführt. Auf das eigenständige Aufbauen und Durchführen der SchülerInnen wird bewusst verzichtet (vgl. ebd.: 10).

Beim „Bestätigenden Experiment“ planen und experimentieren die SchülerInnen, die Lehrperson hilft und unterstützt im Hintergrund. Das Bestätigungsexperiment hat als Funktion, einen vertiefenden Einblick in das bereits Gelernte zu geben und eine veranschaulichende Rekonstruktion von Sachverhalten zu gewährleisten. SchülerInnen werden in den bereits gelernten Sachverhalten bestärkt bzw. nochmals bekräftigt (vgl. ebd.: 10). Beispielsweise kann nach einer theoretischen Behandlung des Themas Faltenbildung und Oberflächengestalt der Erde das Experiment F1 und F2 durchgeführt werden. Dies ermöglicht die Ablaufprozesse, die in der Theorie gelernt wurden, anschaulich und für die SchülerInnen begreifbar darzustellen (vgl. SALZMANN 1987: 24). OTTO (2009: 10) empfiehlt, Bestätigungsexperimente am Unterrichtsende einzusetzen.

Werden Experimente in der Erarbeitungsphase des Unterrichts eingesetzt, so erfolgt dies meist in Kleingruppen. Das Ziel ist dabei oftmals Hypothesen mithilfe eines Experiments zu überprüfen. Im Gegensatz zum einführenden Experiment, ist das entdeckende Experiment meist weniger stark von der Lehrperson geplant. Die Lehrperson hilft jedoch bei den Vorbereitungen. Sie stellt das Material zur Verfügung, gibt Hilfestellungen beim Versuchsaufbau und unterstützt die SchülerInnen während der Durchführungen (vgl. Otto 2009: 10). Das Spektrum der SchülerInnenaktivität beim Experimentieren reicht von offenem bis hin zum angeleiteten Experimentieren (vgl. Abb. 3). Unter dem Begriff „offenes Experimentieren“ wird meist der Grad der Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit verstanden. Je nach Grad der Öffnung ändert sich die Rolle der Lehrperson, die von der Vermittlung des Wissens bis hin zur Unterstützung und Anleitung beim Experimentieren reicht (vgl. Mönter und Otto 2016: 9).

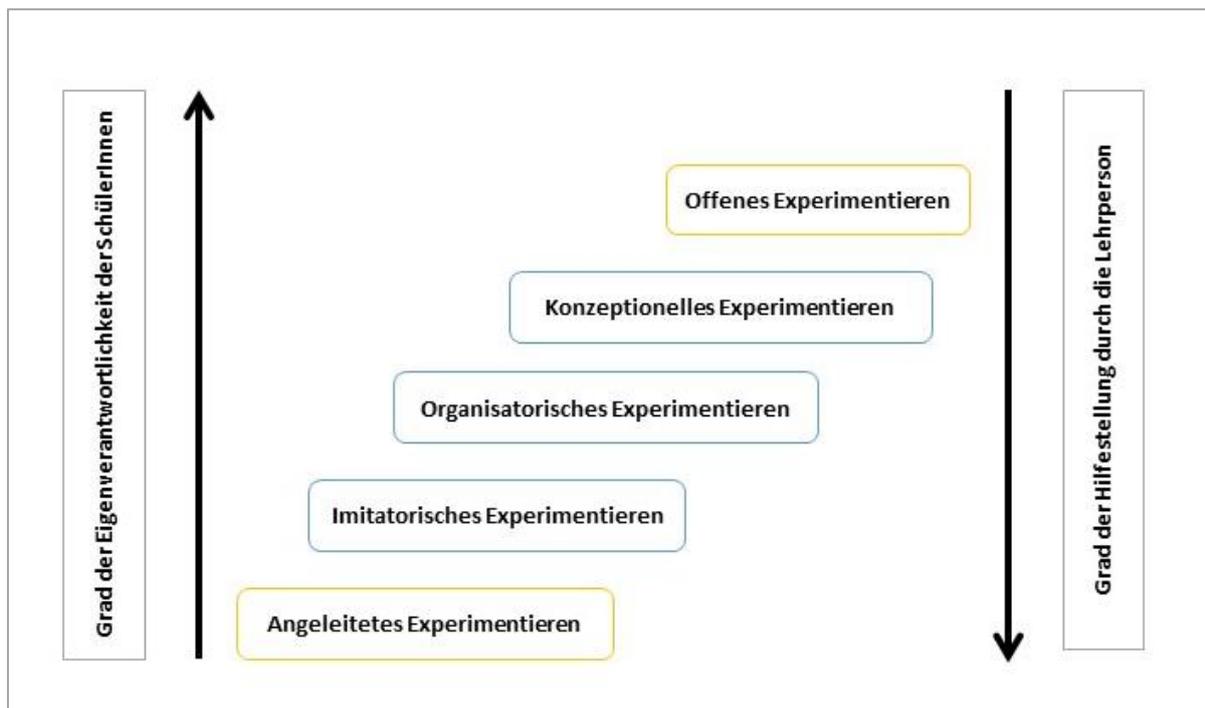


Abbildung 3: Grad der SchülerInnenaktivität (Datengrundlage MÖNTER und OTTO 2016: 9)

OTTO und MÖNTER (2016: 9) führen an, dass SchülerInnen verstärkt die Möglichkeit geboten werden sollte, auf Basis einer systematischen Einführung in die experimentelle Methode eigenständig zu arbeiten / zu experimentieren. Abbildung 3 zeigt, dass beim imitatorischen Experimentieren der Grad der Eigenverantwortlichkeit der SchülerInnen sehr gering und der Grad der Hilfestellung und Anleitung der Lehrperson hoch ist. Man spricht auch vom „rezeptartigen“ Arbeiten/Experimentieren. Der Grad der Eigenverantwortlichkeit erhöht sich beim organisatorischen Experimentieren, bei dem Teilschritte des Experiments geöffnet werden. Die SchülerInnen planen selbständig ein Experiment oder werten die Ergebnisse selbständig aus.

Vorgefertigte Experimentierboxen (die beim imitatorischen Experiment von der Lehrperson vorbereitet werden) werden durch einen Materialtisch/Materialpool (große Auswahl notwendiger und nicht notwendiger Utensilien) ersetzt. Das konzeptionelle Experimentieren hat den höchsten Öffnungsgrad, bei dem Vorgaben, Anleitungen und Hilfestellungen der Lehrkraft geringgehalten werden (vgl. RINSCHÉDE und SIEGMUND 2020⁴: 282). Die Formulierung einer Fragestellung, die Generierung von Hypothesen, das Konzipieren eines Forschungsdesigns, die Durchführung und Überprüfung der Hypothesen sowie die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse sind charakteristische Teilschritte, die beim Experimentieren von Bedeutung sind.

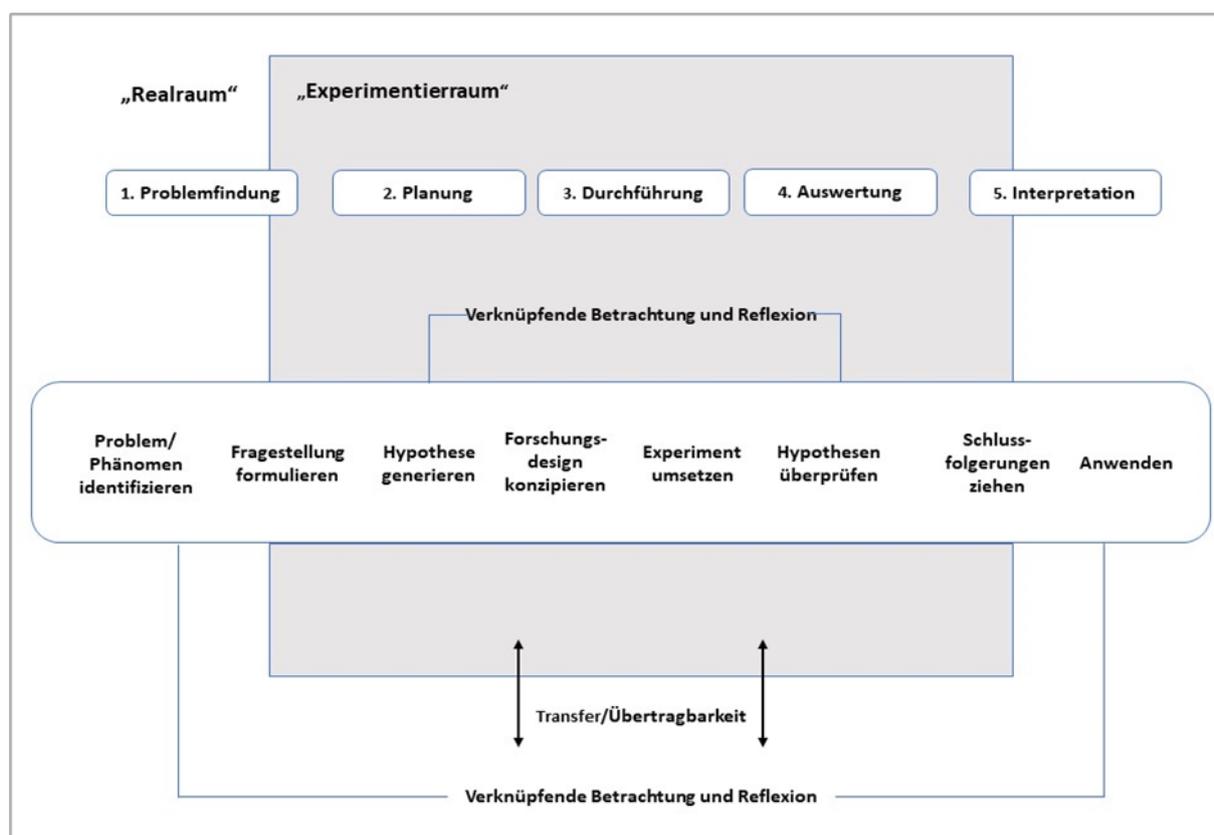


Abbildung 4: Experimentierphasen (Datengrundlage: MÖNTER und OTTO 2015: 6)

Diese Teilschritte können für den Verlauf des Unterrichts hilfreich sein, da sie für Lehrpersonen sowie für SchülerInnen eine Strukturierung des Unterrichts bzw. des Experimentierprozess bieten (vgl. PETER 2017: 11). Den Ausgangspunkt bildet eine geographische Fragestellung (vgl. Abb. 4). Diese Fragestellung kann durch Beobachtungen eines Phänomens/Problems auftreten und auch zu einer Vielzahl unterschiedlicher Fragestellungen führen (vgl. MÖNTER und OTTO 2015: 4). Beispielsweise kann im Unterricht mittels eines Kurzfilms oder eines Zeitungsartikels das Thema „Schneebrettlawinen & Lawinengefahren“ behandelt werden. Auf Basis dieser Einführung kann die Forschungsfrage: „Wie entstehen Schneebrettlawinen?“ diskutiert werden (vgl. REMPFLER 2017: 110). Die geographische Fragestellung findet dabei im „Realraum“ statt

(vgl. MÖNTER und OTTO 2015: 4). Die richtige Frage zu stellen ist nicht immer einfach. Daher sollte die Lehrperson die Frage auf die Überprüfbarkeit durch eine experimentelle Arbeitsmethode kontrollieren (vgl. PETER 2017: 11) Nach der Fragestellung bilden die SchülerInnen Hypothesen. Diese können in Bezug auf die Entstehung von Schneebrettlawinen beispielsweise lauten: „Die Kombination unterschiedlicher Schneeschichten hat einen Einfluss auf die Lawinengefahr.“ Dazu kann auch eine Gegenhypothese aufgestellt werden: „Der Aufbau der Schneedecke beeinflusst die Lawinengefahr nicht.“ (vgl. REMPFLER 2017: 110). Die Hypothesenbildung findet bereits im „Experimentierraum“ statt. Sie markiert die fachbezogene Abstraktion in den „Experimentierraum“. Das Einüben der Teilschritte ist wichtig. Je nach Experimentiererfahrung ist eine Überforderung der SchülerInnen möglich und Probleme können auftreten. Daher sollten einzelne Phasen auch angeleitet stattfinden. Einige SchülerInnen wissen möglicherweise nicht, was eine Hypothese ist bzw. wie diese aufgestellt werden soll. Übung ist dabei wichtig. Hypothesen können miteinander aufgestellt werden. Vor allem am Anfang sollten die SchülerInnen bei der Aufstellung von Hypothesen Tipps erhalten (Hypothese begründen, mehrere Hypothesen aufstellen, Gegenhypotesen aufstellen, Hilfssätze wie „wenn ... dann“ oder auch „je“ „desto“ anwenden) (vgl. PETER 2017: 11).

Nach der Generierung der Hypothese erfolgt die Überprüfung. In den meisten Fällen, wie auch am Beispiel der Schneebrettlawine, erfolgt die Überprüfung der Hypothesen anhand eines Modellexperiments. Wichtig ist dabei, dass das Forschungsdesign / das entworfene Experiment die Überprüfung der Hypothesen gewährleistet. Eine wesentliche Bedeutung kommt den abhängigen bzw. den unabhängigen Variablen zu. Die SchülerInnen müssen verstehen, dass die abhängige Variable gemessen wird, wohingegen die unabhängige Variable unverändert bleibt (vgl. MÖNTER und OTTO 2015: 4). Da auch bei diesem Teilschritt Probleme auftreten können (vor allem bei der Identifikation der Variablen) sollten die SchülerInnen die Variablen bereits bei der Planungsphase in einem Protokoll festhalten (beispielsweise anhand einer Skizze) (vgl. PETER 2017: 12). Das Modellexperiment Schneebrettlawine erfolgt auf einem Holzbrett, auf dem unterschiedliche Schichten (z. B. Mehl oder Salz) aufgebracht werden. Die aufgebrachte Mehlschicht ist dabei die abhängige Variable, die überprüft wird. Einflussfaktoren wie beispielsweise das Klopfen auf der Rückseite des Bretts (Simulation von SkisportlerInnen) zeigen die Veränderung der abhängigen Variable (vgl. REMPFLER 2017: 110). Die Beobachtungen werden notiert und die Ergebnisse miteinander verglichen. Beispielsweise kann als Beobachtung beim Modellexperiment zur Schneebrettlawine festgehalten werden: „Die Mehlschicht rutscht bei zusätzlichem Beklopfen des Holzbretts“ (vgl. REMPFLER 2017: 113). Die Ergebnisse werden infolgedessen bei der Auswertung mit den Hypothesen verglichen. Diese werden bestätigt oder

verworfen. MÖNTER und OTTO (2015: 5) erklären, dass die Auswertung und Interpretation den Übergang vom „Experimentierraum“ zurück in den „Realraum“ darstellen. Die Interpretation ist für SchülerInnen nicht immer einfach und stellt ebenso eine Herausforderung dar. Die Lehrperson sollte daher die SchülerInnen in diesem Prozess, durch Anleitungen beispielsweise im LehrerInnen-SchülerInnengespräch unterstützen. Dabei können Ideen gesammelt, reflektiert und diskutiert werden und der Wechsel vom „Experimentierraum“ in den „Realraum“ begleitet werden. Ein Vergleich zwischen „Realraum“ und „Experimentierraum“ kann dabei nützlich sein (Klopfen auf der Rückseite des Holzbretts, simuliert SkisportlerInnen und deren Zusatzlast auf der Schneeschiene) (vgl. PETER 2017: 12). Ein zentraler Aspekt, den MÖNTER und OTTO (2016: 11) anführen ist die Methodendiskussion. Die Methode sollte immer auf ihre Fehler und Mängel überprüft werden, um die Vertrauenswürdigkeit der Daten einzuschätzen. In Bezug auf das Experimentieren bedarf es einer adäquaten Einführung und einer Einübung der unterschiedlichen experimentellen Arbeitsweisen, um im Sinne der Propädeutik methodische Kompetenzen zu entwickeln (vgl. MÖNTER und OTTO 2016: 11). Die derzeitige Corona-Pandemie fordert neue Ansätze des Unterrichtens (Stichwort: Distance-Learning). SALZMANN (1986: 5) führt an, dass Experimente auch als Hausaufgabe („Heimexperimente“) eingesetzt werden können. In Zukunft könnte dieser didaktische Einsatzort (vor allem in Krisenzeiten) an Bedeutung gewinnen.

Die Vorbereitung der Lehrperson ist entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung experimenteller Zugänge im Unterricht. Lernprozesse werden stark von SchülerInnenvorstellungen beeinflusst. So können sogenannte Präkonzepte, also Konzepte von Lernenden, die sie aufgrund bisheriger Erfahrungen individuell entwickelt haben, Anknüpfungspunkte für Lernprozesse bieten. Sie können diese jedoch auch erschweren, da sie schwer zu umstrukturieren und zu erweitern sind (vgl. FRIDRICH 2010b: 307).

„In vielen Fällen sind diese Präkonzepte [...] mehr oder weniger inkompatibel mit wissenschaftlichen Konzepten. Deswegen erscheint eine bloße Anreicherung von Wissen oder eine Integration neuen Wissens in diese Präkonzepte als wenig zielführend“ (FRIDRICH 2010b: 308).

Strategien zum Aufbrechen von Präkonzepten wurden im Rahmen der „Conceptual-Change-Forschung“ entwickelt. FRIDRICH (2010b: 319) erläutert in Bezug auf Conceptual-Change-Strategien, dass unter anderem mithilfe eines Experiments ein kognitiver Konflikt hervorgerufen werden kann. Durch Experimente können Phänomene gezeigt werden, welche den Alltagsvorstellungen der SchülerInnen deutlich widersprechen. Dadurch werden ihre subjektiven

Theorien mit den wissenschaftlichen Theorien konfrontiert. Beispielsweise zeigt das Experiment D1 Schneedecken als Schichtkonzept. Diese Veranschaulichung kann Fehlvorstellungen entkräften und Präkonzepte (z. B. Lawinen sind „Schneekugel“) aufbrechen (vgl. REMPFLER 2017: 109). Dadurch wird eine Diskrepanz erkennbar, die von den SchülerInnen in einem weiteren Schritt selbst beschrieben werden kann (vgl. FRIDRICH 2010b: 319). Auch im Rahmen des Modells zur didaktischen Rekonstruktion spielen Vorstellungen und Vorstellungsänderungen von SchülerInnen im Hinblick auf den Prozess der Wechselwirkung zwischen fachlicher Klärung und Untersuchung der SchülerInnenvorstellungen eine wesentliche Rolle (vgl. KATTMANN et al. 1997: 7).

3. Lehrplananalyse der Sekundarstufe II

Im folgenden Kapitel wird der Lehrplan der AHS Oberstufe herangezogen, um unterschiedliche Lehrplanthemen in Bezug auf die Chancen experimentelle Zugänge zu diskutieren. Der Fokus liegt dabei im ersten Unterkapitel auf dem GW-Lehrplan der AHS Oberstufe. Im zweiten Unterkapitel wird der Chemie-Lehrplan der AHS Oberstufe herangezogen, um aufzuzeigen, welche Themenbereiche der Chemie für einen experimentell ausgerichteten GW-Unterricht von Nutzen sein können. Für die Analyse werden die Experimente der Arbeit herangezogen.

3.1 Chancen experimenteller Zugänge in Bezug auf den GW-Lehrplan

Im vorliegenden Kapitel werden die Bildungs- und Lehraufgaben bzw. die Inhalte und Ziele des AHS-Oberstufen-Lehrplans auf den Einsatz experimenteller Arbeitsweisen analysiert. Das Kapitel geht der ersten Forschungsfrage dieser Arbeit nach, die wie folgt lautet:

Welche Themenbereiche des GW-Lehrplans der AHS Oberstufe (2016) bieten die Möglichkeit für einen experimentellen Zugang im GW-Unterricht?

Die Analyse erfolgt anhand einzelner Experimente, die in der Experimentesammlung angeführt sind. Auf diese wird mittels eines zugeteilten Codes (vgl. dazu die Experimentesammlung in Kapitel 5.1) verwiesen. Es werden nicht alle Experimente herangezogen, sondern anhand ausgewählter Experimente gezeigt, welche Lehrplanthemen und Lehrplanziele Chancen und Möglichkeiten für experimentelle Zugänge bieten. Mehrfachzuordnungen sind möglich. Ein Überblick über die Zuordnung der Experimente zu den Lehrplanthemen ist in der Experimentesammlung gegeben.

Die Intentionen und paradigmatischen Zugänge des Unterrichtsfaches „Geographie und Wirtschaftskunde“ (GW) haben sich in den letzten Jahrzehnten gewandelt (siehe dazu „Schema“ bei SITTE CH. 2016). Im Lehrplan der Oberstufe von 2004 wurden schon so manche Wegweiser aus den Lernzielorientierten Reformlehrplänen der 1980er (1985 bzw. 1989) hin zur Kompetenzorientierung weiterentwickelt. Dies zeigt beispielsweise die Formulierungen zu den 2004 erstmals in einen GW-Lehrplan vorangetzten sechs Kompetenzbereichen – von denen sich je drei auf methodische und auf inhaltliche Bereiche bezogen: Methodenkompetenz, Orientierungskompetenz, Synthesekompetenz und Umweltkompetenz, Gesellschaftskompetenz, Wirtschaftskompetenz. Mit den damals noch einfach formulierten sechs Kompetenzbereichen sollte eine bisher zu wenig behandelte Ebene des Unterrichts von „Fähigkeiten und Fertigkeiten“ im Lehrplan deutlicher festgeschrieben werden. Erfolgen soll dies im Sinne des „exemplarischen

Prinzips“ (vgl. SITTE CH. 2004: 45). Als „exemplarisch“ wird dabei ein Prinzip verstanden, das neben einer Auswahl typischer fachspezifischer Fragestellungen vor allem auch die Methoden der fachtypischen Erschließung beinhalten sollte (vgl. SCHULTZE 1996: 22ff. – zitiert nach SITTE CH. 2015: 33). An dieses Prinzip setzt auch der (durchaus auch fächerübergreifend interpretierbare) experimentelle Zugang an. Gefragt sind Fähigkeiten und Fertigkeiten wie etwa Datenaufbereitungen, das Formulieren und Überprüfen von Thesen, die Interpretation und Bewertung von unterschiedlichen Quellen sowie Schlussfolgerungen und Analysen (vgl. SITTE CH. 2004: 45). Das Kapitel 2.5 zeigte bereits, dass die unterschiedlichen Phasen des Experimentierprozesses Fähigkeiten und Fertigkeiten entwickeln und fördern können. SITTE CH. (2004: 45-46) führt dazu an, dass die Ansprüche an Fähigkeiten und Fertigkeiten auch der „Studierfähigkeit“ entsprechen, die die MaturantInnen am Ende ihrer Schulzeit erreichen sollten. Dies soll im Sinne einer stärkeren Orientierung an „Kompetenzen“ auch dazu führen, dass ein Übergang vom „passivem Wissen“ (= kognitiv und bei Prüfungen „wiederausgespucktes“ Merkwissen) zu einem „aktiven Wissen“ (vgl. SITTE CH. 2011a: 25) stattfindet.

Die aufgrund der ministeriellen Vorstellungen zu einer semesterweisen Gliederung der Stoffinhalte erfolgte AHS-Oberstufenreform des derzeit gültigen Lehrplans aus 2016 setzte hier fort. Im Bereich der Lernziele der einzelnen Klassen erfolgten nur an den bestehenden Lernzielen Nachkalibrierungen der Operatoren, kleinere Veränderungen und einige Umreihungen. Leider voranstehend aber abgesetzt und ohne näherer Verbindung zu den für die Lehrkräfte ausschlaggebenden Kernbereichen (zu den jeweiligen Klassen-Unterrichtsangaben und die bei der Schulbucherstellung relevanten Themen und Ziele), setzte die Lehrplankommission unvermittelt davor 13 breitformulierte sogenannte „Basiskonzepte“, die sich aber eher im didaktischen Bereich denn im methodischen bewegen (vgl. diese bei HINSCH et al. 2014, bzw. bei JEKEL und PICHLER 2017 oder die synoptische Gegenüberstellung bei KOLLER 2016). Bei den 2017 nach Aufforderung des Unterrichtsministeriums dann für die Leistungsfeststellung ausschlaggebenden „Wesentlichen Bereichen“ spielen sie keine Rolle (vgl. Auflistung bei HINSCH et al. 2017: 81-83). Im Bezug also auf das 2016 neu Dazugekommene und insbesondere auf die experimentellen Unterrichtsansätze sind 2016 somit keine Veränderungen erfolgt (vgl. BMBWF 2021).

Experimentieren bietet eine Möglichkeit, mit erlernten Fähigkeiten (Fragestellung formulieren, Hypothesen generieren, Forschungsdesign entwickeln, Hypothesen überprüfen etc.) bestimmte Problemstellungen zu überprüfen und zu lösen. In welchen Bereichen sich der GW-Unterricht dies zu Nutzen machen kann, führt unter anderem NIEMZ (1979a: 160) an. Experimentelle Zugänge eignen sich vor allem bei Themen wie der landwirtschaftlichen Inwertsetzung bzw. bei

Nutzungsänderungen bestimmter Räume. Weiters können Themen zur Umweltproblematik Möglichkeiten bieten, mit experimentellen Zugängen zu arbeiten. Ebenso können Grundeinsichten zur Geomorphologie, Geologie, Klima- und Wetterkunde durch experimentelle Zugänge gewonnen werden (vgl. NIEMZ 1979a: 160). Die Empfehlungen von Niemz für die Lehrplanthemen zeigen sich auch in den Experimenten dieser Arbeit. So werden unter anderem Experimente zur „Bodenerosion“, „Sedimentation“, „Bodenverdichtung“ und „Wasseraufbereitung durch Kies/Sand“ und Experimente zu Umweltproblematiken wie beispielsweise dem Säuren Regen angeführt. Hinsichtlich der Nutzungsänderung bestimmter Räume wird beispielsweise ein Experiment zum „Permafrost“ angeführt. Eine Untersuchung zum erhöhten Nitratnachweis in Blattgemüse bietet Möglichkeiten, die landwirtschaftliche Nutzung kritisch zu beleuchten und damit verbundene Umweltproblematiken und Gesundheitsrisiken zu diskutieren.

Betrachtet man die Lehrplanthemen der 5. bis zur 8. Klasse, so zeigen sich vielseitige Möglichkeiten experimentelle Zugänge in den GW-Unterricht einzubetten. So fordert der Lehrplan der 5. Klasse Wechselwirkungen von Klima, Relief, Boden, Wasser und Vegetation zu analysieren (vgl. BMBWF 2021: 160). Ein experimenteller Zugang, der diesem Ziel von Nutzen sein kann, ist das Experiment A1. Dabei haben die SchülerInnen die Möglichkeit Hypothesen und Aussagen über die Wechselwirkungen zwischen Boden, Vegetation, Wasser etc. zu generieren und mittels einer geeigneten Versuchsdurchführung die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen. Die Auseinandersetzung mit physiogeographischen Aspekten soll dabei nicht isoliert, sondern in komplexen Zusammenhängen erfolgen. „Klima“ und „Boden“ sollen (dem Lehrplan zufolge) nicht isoliert betrachtet werden. Die Wechselwirkung zwischen den Faktoren soll verstanden werden (vgl. LIEB und KROBATH 2015: 48). Es geht dabei nicht um eine einfache Beschreibung, sondern um die *Analyse* einzelner Faktoren. Im Kapitel 2.5 wird darauf verwiesen, dass die Auswertung und Interpretation der Experimentierergebnisse den Transfer zwischen „Experimentierraum“ und „Realraum“ darstellen. Dieser Prozess bietet die Möglichkeit, basierend auf dem Lehrplan (vgl. BMBWF 2021: 158) Aufgaben zu stellen, die über den Anforderungsbereich I (Reproduktion und Reorganisation) hinausgehen.

Ein weiterer experimenteller Zugang wird zur Thematik „Wasser“ dargestellt (siehe Experimentesammlung: B2). Dabei steht die Verfügbarkeit von knappen Ressourcen und deren Verteilung im Vordergrund. Knappe Ressourcen werden anhand der Ressource Wasser thematisiert. Die SchülerInnen führen eigenständig eine Destillation zur Gewinnung von Trinkwasser aus Meersalzwater durch. Dies kann unter anderem an folgendes Thema der 5. Klasse der AHS Oberstufe anknüpfen: „Regionale Konflikte über die Verfügbarkeit von knappen

Ressourcen (Boden, Wasser, Bodenschätze, usw.) und dahinter stehende [sic!] politische Interessen erklären“ (BMBWF 2021: 162). Das Lehrplanthema der 5. Klasse fordert eine Sensibilisierung der SchülerInnen in Bezug auf die Verfügbarkeit / Verteilung von Ressourcen und den damit verbundenen politischen Interessen. Mit einem experimentellen Zugang (B2) erkennen die SchülerInnen, dass Wasser in bestimmten Ländern ein knappes Gut ist und gesellschaftliche Probleme (wie beispielsweise die Knappheit der Ressource Wasser) räumlich eingebettet sind. Um der Mehrperspektivität als Grundprinzip der Betrachtung im GW-Unterricht gerecht zu werden (vgl. BMBWF 2021: 529), können die Vor- aber insbesondere die Nachteile (Stichwort anfallende problematische Rückstände, Energieverbrauch) der Wasserdistillation ausgearbeitet werden.

Kritische Stimmen äußern häufig, das Experimentieren den Naturwissenschaften (Physik, Chemie) zu überlassen, da die naturwissenschaftlichen Fachräume über die notwendigen Geräte, Materialien und auch über mehr Erfahrung verfügen. Dies würde jedoch bedeuten, dass der GW-Unterricht auf ein Unterrichtsverfahren verzichtet, das durch Handlungsorientierung vom reinen Verbalismus wegführt. Den Vorschlag, die Durchführung des Experiments den Naturwissenschaften zu überlassen und die Ergebnisse im GW-Unterricht zu diskutieren, ist schon aufgrund zeitlicher und organisatorischer Gründe unrealistisch. Weiters kommt hinzu, dass viele Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht gar nicht bzw. unter anderen Frage- und Problemstellungen durchgeführt werden (vgl. NIEMZ 1979a: 159). So thematisiert beispielsweise der Chemieunterricht die Wasserdistillation als Trennverfahren. Der GW-Unterricht hingegen, geht der Frage der Trinkwasserversorgung nach, und zeigt die Probleme auf, die mit der Meerwasserdistillation einhergehen können. Im Idealfall findet eine Kooperation statt. Dennoch sind Experimente bei bestimmten Themenkreisen im GW-Unterricht erforderlich und notwendig (vgl. ebd.: 159).

In Hinblick auf das Lehrplanziel „Unterschiedliche Folgen von Naturereignissen aufgrund des sozialen und ökonomischen Gefüges beurteilen“ (BMBWF 2021: 162) kann ein weiteres Mal das Experiment B1 herangezogen werden. Anhand des Experiments können Veränderung der Vegetationsdecke durch menschlichen Einfluss gezeigt und die dadurch bedingten Folgen ermittelt werden. Dem Lehrplan zufolge soll die Aktivität der SchülerInnen im Vordergrund stehen (vgl. BMBWF 2021: 158). Dies kann durch die Auslegung des Experiments als SchülerInnenexperiment gewährleistet werden. Weiters sollen Unterrichtsverfahren eingesetzt werden, die zu eigenständiger und kritischer Informationsverarbeitung führen (vgl. BMBWF 2021: 158). Anhand der gewonnenen Erkenntnisse können aus den Beobachtungen Interpretationen folgen und diese kritisch beleuchtet werden. Obwohl das Fach GW in Österreich hinsichtlich des Lehrplans

zwar einen humangeographischen Schwerpunkt hat, können dennoch viele humangeographische Themenbereich durch entsprechende physiogeographische Themen (die sich gut für das Experimentieren eignen) bereichert werden. Eine Kombination von human- und physiogeographischen Aspekten schafft die Möglichkeit, zusätzliche Erkenntnisse zu gewinnen. Themenbereiche dafür bieten beispielsweise „Boden“, „Wetter“ und „Wasser“ (vgl. FRIDRICH 2010a: 28). Auch das Thema Smoggefahr bei Inversionswetterlagen (E2) bietet Anknüpfungspunkte zum oben angeführten Lehrplanziel. Dabei wird das Naturereignis Inversion aufgegriffen und die physikalischen Hintergründe der Inversionswetterlage anhand eines Experiments ermittelt. Aufbauend auf diesem Experiment kann die Smoggefahr in Städten bei Inversionswetterlagen beurteilt werden.

Das Lehrplanthema der 5. Klasse „Bevölkerung und Gesellschaft diskutieren“ fordert unter anderem, dass Ursachen und Auswirkungen räumlicher und sozialer Mobilität in Gesellschaften diskutiert werden (vgl. BMBWF 2021: 162). In Zeiten von Corona ist der Zusammenhang zwischen der räumlichen und sozialen Mobilität und der Verbreitung von Krankheiten von großer Aktualität. Die Experimentesammlung bietet dazu zwei Zugänge (C1, C2), die die Mobilität von Gesellschaften im Klassenzimmer widerspiegeln. Die Experimente C1 und C2 zeigen, wie sich Krankheiten (z. B. ein Virus) aufgrund von hoher Mobilität der Menschen verbreiten können. Die SchülerInnen sind bei beiden Experimenten stark eingebunden und Teil des Geschehens. Dies dient im Sinne von NIEMZ (1979a: 160) der Motivation und dem Interesse der SchülerInnen für das Thema. Beide Experimente (C1, C2) zeigen, dass nicht nur Themen zur Umweltproblematik, Geomorphologie und Geologie, Bodenkunde etc. Potenzial für experimentelle Zugänge aufweisen, wie dies von NIEMZ (1979a: 159) angeführt wurde. Die vorliegenden Experimente bieten auch für ein humangeographisches Thema eine Möglichkeit für einen experimentell ausgelegten GW-Unterricht.

In der 6. Klasse stellt das Thema „Landwirtschaftliche Nutzung“ bzw. „Tourismus“ zwei Bereiche dar, an denen exemplarisch „Naturraumpotenzial“ gemeinsam mit humangeographischen und wirtschaftsgeographischen Einflüssen behandelt und bewertet werden kann (vgl. SITTE CH. 2015: 36). Wie bereits angeführt wurde, eignen sich NIEMZ (1979a: 160) zufolge Experimente für Themen wie der „Landwirtschaftlichen Inwertsetzung und Nutzungsänderungen“. Das Lehrplanziel „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (BMBWF 2021: 163) kann dabei Chancen bieten, experimentelle Zugänge wie beispielsweise die Verdichtung von Ackerböden (A3) im GW-Unterricht einzusetzen. Ein Thema der 6. Klasse fordert unter anderem, einen Vergleich zwischen den Strukturen und dem Wandel landwirtschaftlicher und industrieller Produktionsbedingungen in Europa zu ziehen (vgl. ebd.: 163). Das

Experiment A3 zeigt die Verdichtung des Bodens durch den Einsatz immer größer dimensionierter Geräte (vgl. MÖNTER und OTTO 2017b: 60). Die Folgen und negativen Auswirkungen werden dabei von den SchülerInnen ermittelt. Mittels Auswertungen und Interpretationen der Ergebnisse können Aufgabenstellungen relativ einfach über den Anforderungsbereich I formuliert werden.

Zum zweiten Themenbereich „Tourismus“ werden zwei weitere Experimente vorgestellt, die Chancen für einen experimentellen Zugang bieten. Das Thema Permafrost bietet mit einem experimentellen Zugang (D2) Möglichkeiten für die Umsetzung des Lehrplanziels „Eignung von Räumen für die Tourismusentwicklung sowie Folgen der Erschließung beurteilen“ (BMBWF 2021: 163). LIEB und KROBATH (2015: 44) führen an, dass das Thema Permafrost als Beispiel eines aktuellen, integrativen Themas an der Schnittstelle von Physischer Geographie und Humangeographie im Kontext von Klimawandel und Naturgefahren in den GW-Unterricht eingebettet werden kann (vgl. LIEB und KROBATH 2015: 44).

Ein Experiment zur Schneebrettlawine (D1) ermöglicht ein weiteres Mal eine experimentelle Herangehensweise an das Thema „Tourismus“ und „Naturraumpotenzial“. Anhand der Thematik und in Zusammenhang mit den Experimenten D1 und D2 soll im Sinne von SITTE CH. (2004: 49) gezeigt werden, dass Naturraum einerseits als Voraussetzung aber auch als „Hazzards“ für den wirtschaftenden Menschen gesehen werden kann.

Beide Experimente (D1, D2) können ebenso in der 7. Klasse im Hinblick auf das Zusammenwirken geökologischer Faktoren eingesetzt werden.

„In der 7. Klasse, der ‚Österreichklasse‘, werden physiogeographische Grundlagen thematisch so integriert, dass beim Thema ‚Naturräumliche Chancen und Risiken‘ ‚geökologische Faktoren und Prozesse am Beispiel eines alpinen sowie eines außeralpinen österreichischen Landschaftsraumes‘ in ihrem Zusammenwirken aufgezeigt werden sollen“ (SITTE CH. 2015: 36).

Dabei kann unter anderem das Thema „Permafrost“ als Phänomen behandelt werden, das beispielhaft das Zusammenwirken von unterschiedlichen Geoökofaktoren veranschaulicht (vgl. LIEB und KROBATH 2015: 49). Beide Experimente (D1, D2) bieten die Möglichkeit, zum Lehrplanthema „Geoökologische Faktoren und Prozesse erklären“ (BMBWF 2021: 164) einen experimentellen GW-Unterricht zu gestalten. In der 8. Klasse führt SITTE CH. (2015: 36) an, dass unter dem Aspekt „Lokal – regional – global: Vernetzungen – Wahrnehmungen – Konflikte“ der globale Klimawandel und die möglichen Auswirkungen auf Lebenssituationen und

Wirtschaft analysiert werden. In der Abschlussklasse soll überdies hinaus verstärkt auf das Grundlagenwissen aus den Fächern Physik, Chemie und Biologie (aber auch Wirtschaft und Politik) zurückgegriffen werden (vgl. SITTE CH. 2015: 36). Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, kann zum Thema „globaler Wandel“ die Umweltproblematik „saurer Regen“ aufgegriffen werden, die anhand eines experimentellen Zugangs im GW-Unterricht bearbeitet wird. Dies erfolgt mittels des Experiments E1, anhand dessen die SchülerInnen die Folgewirkungen von saurem Regen auf Gebäudesubstanzen erarbeiten. Neben den Kernbereichen des Lehrplans gibt es die Wahlpflichtgegenstände. Diese umfassen in der Oberstufe ab der 9. Schulstufe ein gewisses Wochenstundenkontingent. Die SchülerInnen haben dabei die Möglichkeiten, für zwei oder drei Schulstufen (6. und 7. Klasse, 6. und 8. Klasse oder 6. bis 8. Klasse) an einem Wahlpflichtfach teilzunehmen (vgl. BMBWF 2021: 19). Das Ziel des Wahlpflichtfachs in GW ist, den SchülerInnen einen erweiterten Bildungshorizont zu bieten. Demnach können, unter Berücksichtigung des Interesses der SchülerInnen, die im Pflichtgegenstand durchgenommenen Themen vertieft werden (vgl. ebd.: 232). Die Experimentesammlung beinhaltet neben den Experimenten für den regulären Unterricht auch Experimente für das Wahlpflichtfach. Im Sinne eines umfassenden Gesamtkonzepts stellt der experimentelle Zugang nicht nur im regulären Unterricht, sondern auch im Wahlpflichtfach eine handlungsorientierte Arbeitsweise dar. So zeigt sich beispielsweise in der 6. Klasse eine vertiefende experimentelle Herangehensweise zum Thema „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten“ (vgl. BMBWF 2021: 163). In der Experimentesammlung findet sich dazu das Experiment (WPF A2) zur Bodenverunreinigung und den Auswirkungen auf Bodenorganismen. Weiters bietet eine vertiefende Analyse von Bodenproben (WPF A1) die Möglichkeit, im Gelände die landwirtschaftliche Nutzung anhand des Naturraumpotenzials zu untersuchen. In der 7. Klasse kann weiters im Sinne des Lehrplanziels „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (BMBWF 2021: 164) ein Nitratnachweis im Blattgemüse (WPF A4) durchgeführt werden. Dabei werden biologische Produkte mit Produkten aus der konventionellen Landwirtschaft auf ihren Nitratgehalt untersucht. Ebenso kann zu dem Lehrplanziel der 7. Klasse vertiefend auf die Thematik „Plastik und Biokunststoffe“ eingegangen werden. Das Experiment WPF G1 bietet eine Anleitung zur Herstellung von Biokunststoff aus Milch und aus Stärke. Die Kompostierbarkeit von herkömmlichem Kunststoff kann mit dem selbst hergestellten Biokunststoff anhand eines weiteren Experiments (WPF G2) verglichen werden. Dazu kann eine als „abbaubar / kompostierbar“ beschriftete Folie aus dem Supermarkt herangezogen und auf ihre Kompostierbarkeit überprüft werden. Die Untersuchung zum Nitratnachweis als auch die Experimente zu (Bio-) Kunststoffen können in der 8. Klasse in Bezug auf den globalen Wandel vertiefend Anwendung finden. Weiters wurde

bereits das Experiment zum sauren Regen (E1) vorgestellt, das in der 8. Klasse angewendet werden kann. Dazu liegt in der Experimentesammlung eine weitere Experimentbeschreibung vor (WPF E2). Im Sinne des globalen Wandels kann ebenso eine Wasseranalyse durchgeführt werden (WPF B1) und die Eutrophierung von Gewässer als ein weiteres Umweltproblem thematisiert werden. Das Experiment zur Kläranlage (WPF B2) zeigt die Fällung von Phosphat, was wiederum an das Experiment WPF B1 anknüpfen kann. Der Lehrplan weist in allen Oberstufenklassen (5. Klasse bis zur 8. Klasse) mindestens ein Thema auf, das Chancen für experimentelle Herangehensweisen bietet (und dies nicht nur in Hinblick auf physiogeographische Fragestellungen). Wie die Einbettung erfolgt und unter welcher (geographischen) Problem- bzw. Fragestellung der Experimentierprozess abläuft, entscheidet die Lehrperson bzw. die SchülerInnen selbst. Die Forderungen des Lehrplans (vgl. BMBWF 2021: 158), Aufgaben zu stellen, die über den Anforderungsbereich I hinaus gehen, können mittels experimenteller Herangehensweisen erleichtert werden, da Interpretationen von Beobachtungen bzw. Ergebnissen (in den meisten Fällen) den Experimentierprozess abschließen. FRIDRICH (2010a: 28) führt an, dass für manche GW-Lehrpersonen Experimente die Suppe versalzen, für andere wiederum das Salz in der Suppe ist. Das vorliegende Kapitel zeigte, dass es vielseitige Möglichkeiten gibt, einen experimentell ausgerichteten GW-Unterricht in Hinblick auf den Lehrplan zu gestalten, weil sich Handlungsorientierung und SchülerInnenzentrierung auch mit dieser Arbeitsweise realisieren lässt (vgl. FRIDRICH 2010a: 28). Dass Experimente somit nicht nur Arbeitsweisen für Physik und Chemie sind, sollte einleuchtend sein. Wie die naturwissenschaftlichen Fächer (insbesondere die Chemie) einen experimentell ausgerichteten GW-Unterricht unterstützen können, wird im nächsten Kapitel erläutert.

3.2 Chancen der NAWI-Lehrpläne für den GW-Unterricht – im Sinne eines fächerübergreifenden Unterrichts

Da diese Arbeit aus der Sicht einer zukünftigen GW- und Chemielehrerin geschrieben wird, wird der Lehrplan der Chemie herangezogen. Das Potenzial einzelner Lehrplanthemen der Chemie wird anhand der vorliegenden Experimente dieser Arbeit diskutiert. Es werden dabei fächerübergreifende Potenziale, die zwischen dem UF GW und dem UF Chemie bestehen, aufgezeigt, um damit unter anderem folgender Fragestellung nachzugehen:

Welche Themenbereiche insbesondere der Chemie können für einen experimentell ausgerichteten GW-Unterricht von Nutzen sein?

Wie in Kapitel 3.1 angeführt wurde, sollte im Idealfall bei der Erarbeitung bestimmter Fragestellung eine Kooperation zwischen den Fächern stattfinden (vgl. NIEMZ 1979a: 159). Im Sinne der Mehrperspektivität sollte ein fächerübergreifender Unterricht vor allem aufgrund der Komplexität der Inhalte, stattfinden. Den SchülerInnen sollte mehr als nur jeweils eine Wahrnehmungs- und Betrachtungsperspektive angeboten werden (vgl. STÜBIG et al. 2002: 15).

„Wir brauchen für erfolgreiche Lernprozesse eben jenes konzentrierte Einlassen auf einen Gegenstand, das nur deswegen möglich ist, weil innerhalb des Faches andere Thematisierungsweisen ausgeschlossen sind. Wir brauchen zugleich aber auch, wenn wir einseitigen Spezialisierungen und das heißt auch Verengungen nicht aufsitzen wollen, ergänzend, erweiternd, reflexiv oder kontrastiv zur handelnden Problembearbeitung und -lösung die Einsicht, was die Methoden und Erkenntnisreichweite eines Faches nicht leisten. Wir brauchen auch die Außensicht auf das Problem aus anderer fachlicher Perspektive“ (STÜBIG et al. 2002: 14).

Fächerübergreifender Unterricht findet jedoch nur bedingt statt. Meist anhand von Projektwochen, meist auch nach der Zeugnisvergabe, wenn alles unter den Hut gebracht wurde, sozusagen als „Ersatzunterricht nach Zeugniskonferenzen“ (vgl. STÜBIG et al. 2002: 14). Der experimentelle Zugang kann einen Anlass für fächerübergreifendem Unterricht bieten.

Es gibt eine Fülle an Begrifflichkeiten, die mit dem fächerübergreifenden Unterricht einhergehen. Diese Arbeit orientiert sich an der Aussage von VIELHABER (2006: 6). Man sollte sich von den zahlreichen Angeboten was denn nun „fächerübergreifender Unterricht“ in Bezug auf die didaktischen Funktionen sei nicht „irre“ machen (vgl. VIELHABER 2006: 6).

„Wählen Sie für ihre Unterrichtsvorhaben, in deren Rahmen Sie den Blick über den fachlichen Tellerrand riskieren wollen, möglichst neutrale Bezeichnungen [...] wie etwa die Begriffe ‚Fachgrenzen überschreitender Unterricht‘ oder auch ‚fächerübergreifender Unterricht‘“ (VIELHABER 2006: 6).

Daher wird im Folgenden vom „fächerübergreifenden Unterricht“ gesprochen. Das Fach GW verbindet natur- und gesellschaftswissenschaftliche Themen. Es stellt eine Brückenfunktion dar. Dennoch deckt das Fach nur einen Ausschnitt gesellschaftlich relevanten naturwissenschaftlich-technischen Sachfragen ab. Es bedarf jedoch einer ausgewogenen Bewertung aller dieser Themen (vgl. MARKS et al. 2014: 19). An den Fächern Physik und Chemie wird ebenso Kritik geäußert. Der Unterricht wird als isoliert und sehr stark auf die Fachstruktur ausgerichtet bezeichnet. Verknüpfungen zwischen Fachdisziplinen finden kaum statt und die Lernenden

werden beim verknüpfenden Denken allein gelassen (vgl. PETERBEN 2000 o. S. – zitiert nach MARKS et al. 2014: 20). Es ist daher sinnvoll, den Dialog zwischen den Fächern Chemie (und Physik) und GW anzustoßen, um eine besser vernetzte, interdisziplinäre Sicht der Unterrichtsfächer auf entsprechende Sachfragen zu gewährleisten. Ein großes Themenfeld, das dazu die Möglichkeit bietet, findet sich in den globalen Herausforderungen des Umwelt- und Klimaschutz (vgl. MARKS et al. 2014: 19ff.). Die Experimentesammlung zeigt dazu unterschiedliche experimentelle Ansätze, die beide Fächer miteinander verbindet. Beispielsweise wird im Wahlpflichtfach ein Experiment zum Treibhausgas angeführt (WPF E1). Dieses wurde in der 8. Klasse des GW-Lehrplans verankert. Anknüpfungspunkte finden sich dazu auch im Chemielehrplan. Dieser behandelt in der 8. Klasse organische Verbindungen, indem Strukturen und Eigenschaften anhand unterschiedlicher Kohlenstoffverbindungen beschrieben werden sollen (vgl. BMBWF 2021: 181). Der experimentelle Zugang zu den Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid in Abhängigkeit der Temperatur kann Anlass für einen fächerübergreifenden Unterricht bieten. Ein weiteres Thema, das ebenso in die Umweltschutzdebatte eingebettet werden kann, ist das Thema des Nitratnachweises im Blattgemüse (WPF A4) und dessen Grenzwerte. Der Chemieunterricht hat im Lehrplan der 7. und der 8. Klasse das Potenzial, den GW-Unterricht mit dem Grundlagenwissen über die Funktion und Vernetzung natürlicher und anthropogener Stoffkreisläufe sowie die Bedeutung einer gesundheitsbewussten Lebensführung (vgl. BMBWF 2021: 181) zu unterstützen. ZOWADA et al. (2019: 334) erklären, dass für den GW-Unterricht eine konkrete naturwissenschaftliche Perspektive helfen kann, klassische Themen des GW-Unterrichts zu vertiefen (vgl. ZOWADA 2019: 334). Eine weitere Umweltproblematik stellt der saure Regen dar. Ein Experiment (WPF E2) kann dazu in der 8. Klasse zum Themenschwerpunkt „globaler Wandel“ realisiert werden. Der Chemielehrplan setzt bereits in der 4. Klasse der Sekundarstufe I einen Schwerpunkt auf die alltagsbezogene Bedeutung von sauren und basischen Lösungen, sowie deren Eigenschaften und Reaktionen (vgl. BMBWF 2021: 93). Dieses chemische Grundlagenwissen wird in der 7. bzw. 8. Klasse weiter ausgebaut, in dem vertiefend Säure-Basereaktionen behandelt werden (vgl. BMBWF 2021: 181). Weiters wird die Wirkung von Schadstoffen thematisiert (vgl. BMBWF 2021: 181). Der GW-Unterricht kann daher beim experimentellen Zugang zum „Sauren Regen“ das Potenzial des Unterrichtsfach Chemie sowohl in der 7. als auch in der 8. Klasse nützen und überdies hinaus auf Grundlagenwissen aus der 4. Klasse zurückgreifen. Eine Kooperation zum angeführten Experiment (WPF E2) würde sich somit in Hinblick auf die Forderungen der Lehrpläne als sinnvoll erweisen. Anknüpfungspunkte zwischen den beiden Fächern GW und Chemie sehen ZOWADA et al. (2019: 333) in der Nachhaltigkeitsdebatte und den Sustainable Development Goals (SDG). Die UNESCO (2017)

hat dazu Lernziele für die Sustainable Development Goals (SDG) formuliert. Darunter findet sich das Thema „Sauberes Wasser und Sanitatsversorgung“ sowie „Verantwortungsvolle Konsum- und Produktionsmuster“ aber auch „Maßnahmen zu Klimawandel“ (vgl. UNESCO 2017). Hinsichtlich des Themas „Sauberes Wasser und Sanitatsversorgung“ liegen in der Experimentesammlung zwei Experimente vor, die mit dem Chemieunterricht gemeinsam erarbeitet werden können (WPF B1, WPF B2). Einerseits wird eine Gewasseranalyse und anschließend ein Experiment zur Funktion einer Kläranlage durchgeführt. Der Chemieunterricht kann dabei unterstützend mit zwei Themenbereichen aus der 7. bzw. 8. Klasse Möglichkeiten für eine Zusammenarbeit mit dem GW-Unterricht bieten. So können Risiken am Beispiel ausgewählter Stoffe (Stichwort Eutrophierung, Phosphate) als Themenschwerpunkt aus der Chemie (vgl. BMBWF 2021: 181) zusammen mit dem GW-Unterricht behandelt werden. Dies kann anhand der Untersuchung zur Gewasseranalyse erfolgen. Auch der Lehrplan der 8. Klasse der Chemie bietet zu diesem Thema Anknufungspunkte. Dabei werden stoffliche Vorgänge und deren Auswirkungen auf Lebensvorgänge (vgl. BMBWF 2021: 181) thematisiert. Doch nicht nur der GW-Unterricht nutzt das Potenzial der Chemie. Vor allem die Systemkompetenz des GW-Unterrichts kann für Bereiche im naturwissenschaftlichen Unterricht (Physik, Chemie) eine Unterstützung sein. Sie stellt ein Handwerkszeug zu Verfügung, das gesellschaftliche und geographische Perspektiven in ihre Betrachtungen integriert (vgl. ZOWADA et al. 2019: 333). ZOWADA et al. (2019: 334) führen an, dass die geographische Perspektive notwendig ist, wenn eine klassisch- naturwissenschaftliche Perspektive eine Thematik zu wenig ganzheitlich erschließt. Vielhaber kritisiert dabei den Begriff „ganzheitlich“. Der Begriff, der Verwendung finden sollte, wenn SchulerInnen über die Fachgrenzen hinaus lernen, ist der Begriff der „Mehrperspektivität“. Bei einer Beteiligung mehrerer Fächer ist die Mehrperspektivität ein immanentes Merkmal des Lernprozesses. Dabei werden Zugänge in spezifischer Weise aufgegriffen und angeboten und unter der Mitwirkung der SchulerInnen eine Thematik höchst unterschiedlich betrachtet (vgl. VIELHABER 2006: 4).

Ein weiteres Themengebiet, das sich als besonders wertvoll bezüglich einer Zusammenarbeit zwischen den Fächern GW und Chemie herausstellt, ist das Thema „Werbung, Vermarktung und Konsumentenentscheidung“. Diese Bereiche werden sowohl im GW-Unterricht als auch in den naturwissenschaftlichen Fächern behandelt (vgl. MARKS et al. 2014: 23-24). In Hinblick auf die Naturwissenschaften führen MARKS et al. (2014: 23-24) als Beispiel das Thema der Vermarktung von Light-Produkten an. Zwei Beispiele der Experimentesammlung (WPF G1, WPF G2) bieten Ansätze für einen experimentellen fächerübergreifenden Unterricht zum Thema „Werbung, Vermarktung und Konsumentenentscheidung“. Im Vordergrund steht die

Untersuchung der Kompostierbarkeit von (Bio-) Kunststoffen und die Untersuchung der Vermarktungsstrategie eines „abbaubaren Biokunststoffs“. Die SchülerInnen überprüfen die Beschriftung des Produkts „kompostierbar“ mittels einer experimentellen Untersuchung (WPF G2). Die Chemie kann dazu das Grundlagenwissen über die Kompostierbarkeit hinsichtlich der chemischen Struktur von Polymeren (vgl. TU BRAUNSCHWEIG 2018: 12) liefern. Der Chemielehrplan der 8. Klasse kann zur Thematik „Kompostierbarkeit von (Bio-) Kunststoffen“ den Schwerpunkt auf die Zusammenhänge von Strukturen und Eigenschaften sowie Reaktionen der organischen Chemie (vgl. BMBWF 2021: 181) setzen. STÜBIG et al. (2002: 18-19) vertreten die These, dass gegen Ende der Schulkarriere ersichtlich ist, dass die SchülerInnen ihr erworbenes Wissen weder horizontal von Fach zu Fach noch vertikal innerhalb ihres Bildungsgangs zusammenführen können. Einseitige Lösungen führen aus diesem Dilemma nicht heraus. „Vielmehr geht es um die Ordnung eines sinnvollen und begründbaren Aufeinander-Bezogen-Seins von fächerübergreifendem und fachbezogenem Unterricht“ (STÜBIG et al. 2002: 18). Der experimentelle Zugang kann eine Möglichkeit bieten, die von STÜBIG et al. (2002: 18) beschriebene „Distanz zwischen dem Subjekt und dem Lehrstoff“ zu überwinden.

4. Experimentelles Arbeiten bei Vorwissenschaftlichen Arbeiten

Diese Arbeit thematisierte bereits experimentelle Zugänge im regulären Unterricht als auch im Wahlpflichtfach. Im Sinne eines praxisorientierten Gesamtkonzepts wird das experimentelle Arbeiten in diesem Kapitel in Bezug auf die vorwissenschaftlichen Arbeiten diskutiert. Dies ist erforderlich, denn die vorwissenschaftliche Arbeit stellt die erste Säule der kompetenzorientierten Matura dar (vgl. BMBWF 2019a: 4).

Die Handreichung bzw. der Grundlagentext vom Bundesministerium gibt ausführliche Informationen für Lehrpersonen und SchülerInnen zum Aufbau der vorwissenschaftlichen Arbeit und den Kriterien, die beim Verfassen der Arbeit erfüllt werden sollen (vgl. BMBWF 2019). Der Grundlagentext des Bildungsministeriums hat (auch wenn es sich um eine „unverbindliche Handreichung“ handelt) eine wegweisende Funktion für Lehrpersonen und SchülerInnen (vgl. TRÖSCHER 2017: 21).

„Er [Anm.: der Grundlagentext] wird vom Unterrichtsministerium herausgegeben, was impliziert, dass [sic!] von oberster Ebene präzise Vorstellungen bestehen, wie eine vorwissenschaftliche Arbeit erstellt werden sollte. Dass er [Anm.: der Grundlagentext] auch auf oben genannter Homepage, die vom Ministerium betrieben wird, bereitgestellt wird, untermauert zusätzlich dessen Relevanz“ (TRÖSCHER 2017: 21).

Die erste Säule der kompetenzorientierten Matura stellt die vorwissenschaftliche Arbeit dar. Sie besteht einerseits aus einer schriftlichen Arbeit und andererseits aus der Präsentation und Diskussion. Der Grundlagentext fordert unter anderem Selbständigkeit, Selbstorganisation und Eigenverantwortung sowie die Formulierung des thematischen Zugangs und die Einhaltung von Termin- und Zielvereinbarungen (vgl. BMBWF 2019: 4). Die Fähigkeit, eine vorwissenschaftliche Arbeit zu verfassen, basiert unter anderem auf der Methodenkompetenz, die sich die SchülerInnen im Laufe ihrer Schulzeit angeeignet haben. Methodenkompetenz wird als die Fähigkeit verstanden, unterschiedliche Lern- und Arbeitsmethoden anzuwenden. Im Grundlagentext wird angeführt, dass die Methodenkompetenz neben dem Herausfiltern relevanter Inhalte (aus Texten, Diagrammen und Statistiken) auch die empirische Untersuchung umfasst (vgl. ebd.: 10).

Wenngleich die Forderungen nach dem Arbeiten mit Texten, Daten und Statistiken sowie einer empirischen Untersuchung gegeben sind, so ist noch lange nicht davon auszugehen, dass dies in der Praxis umgesetzt werden. Im Gegenteil, die (bisher einzige) Analyse der vorwissenschaftlichen Arbeiten von 2016, durchgeführt von KOLLER und SITTE CH., zeigt „viel Luft nach oben“. Vorwissenschaftliche Arbeiten sind – wie sich in der bislang einzigen Volluntersuchung

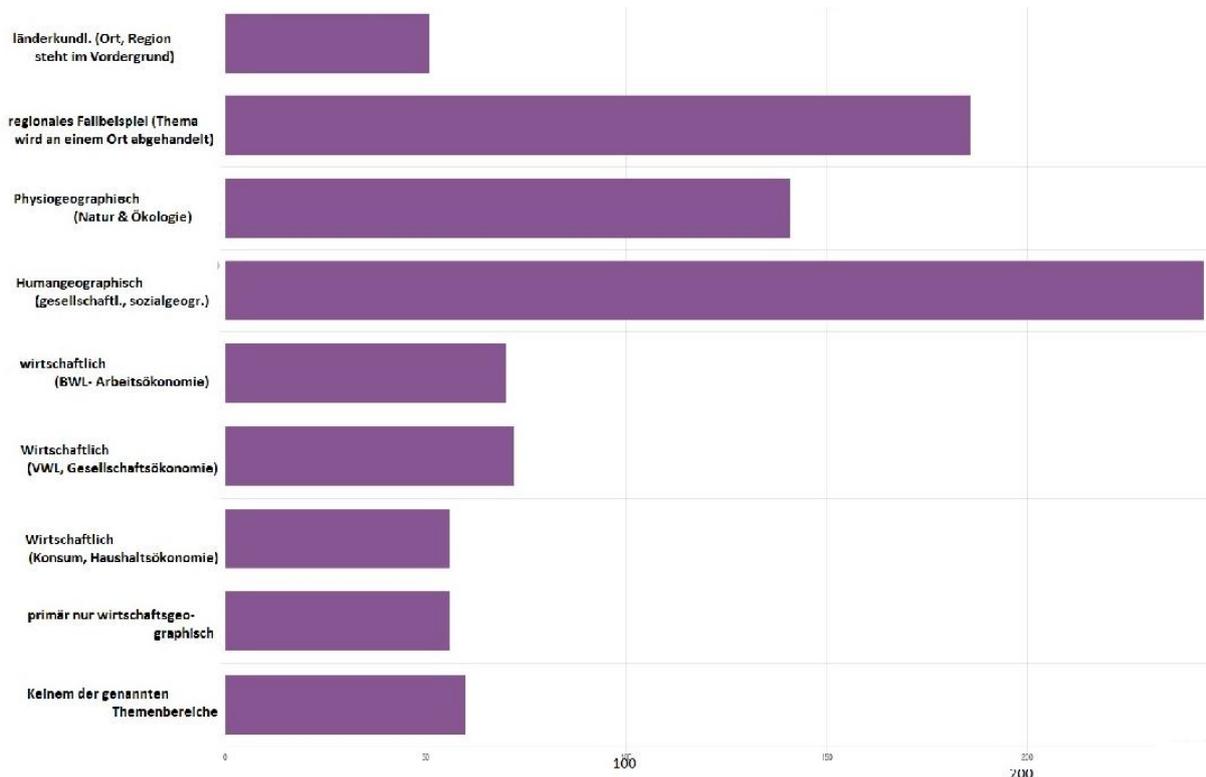
aller VWA eines Jahrgangs in GW herausgestellt hatte – leider (noch) überwiegend reine Literaturarbeiten gewesen (vgl. KOLLER und SITTE CH. 2016). Der Mangel an unterschiedlichen Arbeitsmethoden zeigt sich in der VWA-Analyse von KOLLER und SITTE CH. deutlich. Fotodokumentationen, Kartierungen und Zählungen, die auf Beobachtungen basieren sind in den Arbeiten praktisch nur sehr selten vorhanden (vgl. KOLLER und SITTE CH. 2016). Eine Gletschervermessung mit fotografischer Dokumentation bzw. eine Exkursion mit Experten in das Eiskar stellen Ausnahmen dar.

Das Interesse dieser Arbeit liegt auf der experimentellen Arbeitsmethode des Datenbestandes 2016. Daher wurde eine Analyse hinsichtlich experimenteller Zugänge im vorliegenden Datenbestand durchgeführt und die Themenzugänge der vorwissenschaftlichen Arbeiten von 2016 auf einen eventuellen experimentellen Zugang (unter anderem dem mit Hinweisen auf eine konkrete Untersuchung, z. B. Messung oder Experiment) analysiert. Ersichtlich war, dass ein experimenteller Zugang in den vorwissenschaftlichen Arbeiten praktisch nicht angewendet wird. Es wurden keine experimentellen Arbeitsweisen herangezogen, um einer bestimmten geographischen Fragestellung nachzugehen. Dies verwundert nicht, wenn man der Problemstellung dieser hier verfassten Arbeit nach weiß, dass experimentelle Arbeitsformen kaum Eingang in den GW-Unterricht finden. Wie sollen SchülerInnen für die Bearbeitungen eines Themas experimentelle Arbeitsformen als Methode heranziehen, wenn diese im GW-Unterricht nicht geübt werden? Zumindest die Wahlpflichtfächer böten hier Ansatzpunkte!

Dass Interesse von Seiten der SchülerInnen an experimentellen Arbeitsformen besteht, konnte in der Studie von HEMMER und HEMMER (2010: 130-131) bereits gezeigt werden. Zusätzlich könnten insbesondere im physiogeographischen-ökologischen Bereich experimentelle Zugänge Möglichkeit für kleinräumige Untersuchungen und wertvolle Impulse bieten (vgl. SITTE 2015: 28 und 40-41). Überdiesen Umstand hinaus zeigt die Analyse von 2016, dass ein großes Interesse von SchülerInnenseite für diese Themen besteht. Dies spiegelt sich in der Themenwahl der SchülerInnen und der Zuordnung zu den Themenbereichen des GW-Unterrichts wider. Diese erfolgt ja nach dem primärem SchülerInneninteresse durch die von ihnen vorgeschlagenen Themen (und mit Hilfe der Lehrkraft daraus formulierten Forschungsfragen). So können von 938 vorwissenschaftlichen Arbeiten 150 Arbeiten einem physiogeographischen Thema zugeordnet werden. Beinahe 200 Arbeiten beziehen sich auf regionale Fallbeispiele, die an einem Ort abgehandelt werden (vgl. dazu Tabelle 3 von KOLLER und SITTE CH. 2016). Kurz gesagt, sowohl das Interesse an den Themen, die Chancen für experimentelle Untersuchungen bieten, als auch das Interesse an der Methode von experimentellen Arbeitsweisen ist von SchülerInnenseite gegeben. Dennoch werden experimentelle Zugänge in den Vorwissenschaftlichen

Arbeiten nicht angewendet. Daher geht diese Arbeit (unter anderem) auch der Frage nach, wie der experimentelle Zugang in vorwissenschaftlichen Arbeiten Anwendungen finden kann. Dabei eignet sich gerade das Arbeiten im Gelände gut für kleinräumige Untersuchungen. So könnten Gewässeranalysen (siehe dazu Experiment: WPF B1) an ausgewählten Gewässern durchgeführt werden (Tümpel, Bach in der Nähe eines Weingartens etc.). In Anlehnung an das Experiment WPF A4 können Nitratwerte von Bodenproben gemessen werden. DENTER (1987: 18-19) empfiehlt eine Untersuchung von stark belastetem Nahraums (z. B. durch die Schweinemast). Überdies hinaus können jedoch auch einzelne Überprüfungen eines Bachs (vgl. u.a. ZEHMANN 2016) Impulse bieten. Auch eine Werbeslogananalyse, die mit einem Experiment überprüft werden kann, könnte durchgeführt werden (in Anlehnung an das Experiment WPF G2).

Tabelle 3: Themenbereiche der vorwissenschaftlichen Arbeiten (Quelle: KOLLER und SITTE CH. 2016)



Ein Blick auf Großbritannien bietet weitere Ansätze bezüglich der Bedeutung von field-studies. Field-studies sind in Großbritannien weit verbreitet und genießen einen hohen Stellenwert. So wurde 2003 die „London Challenge Initiative“ ins Leben gerufen, die von der Regierung finanziert wurde. Mehreren bedeutenden Anbietern von Feldforschungsprojekten organisierten diese Challenge, bei der in etwa 33.000 SchülerInnen im Alter von 11-14 an den finanzierten Feldforschungskurse teilnahmen. Aufgrund des Erfolges der London Challenge Initiative wurden in weiteren Teilen Großbritanniens ähnliche Projekte implementiert (vgl. AMOSS und REISS 2012: 485 ff.). Doch nicht nur in den Schulen, sondern auch an den britischen Universitäten

erfreuen sich field-studies großen Zuspruchs (vgl. HOLTON 2017). Die bei SITTE CH. (2015: 29, Fußnote 7) angeführte „Maturahausarbeit“ aus der Zwischenkriegszeit wies in eine ähnliche Richtung. Es zeigte sich, dass (laut mündlicher Information CH. SITTE) bei der Durchsicht des Hauptkatalogs dieser Klasse Maturaarbeitsthemen wie etwa die „Untersuchung eines eutrophierenden Tümpels im Prater“ zu finden gewesen sind.

Wirft man einen Blick auf die Ausbildungsphase von Studierenden in Österreich, so zeigt sich ein etwas anderes Bild. Bei den Studierenden zeigen sich mangelnde Kenntnis beim Einsatz experimentellen Zugängen, wie beispielsweise den Feldmethoden. Befragungen, die an der Universität Salzburg im Zuge eines Fachdidaktik-Seminars im Jahr 2013 durchgeführt wurden, bringen einen misslichen Zustand zum Vorschein (vgl. SITTE CH. 2015: 40). Überwiegende Unkenntnisse von angewandten Feldarbeitsmethoden sowie die eigene fehlende Erfahrung mit Feldmethoden während der Schulzeit (vgl. SITTE CH. 2015: 40) lassen darauf schließen, dass die universitäre Ausbildung zukünftiger Lehrpersonen noch einen erheblichen Beitrag leisten muss. SITTE CH. (2015: 40) führt als Grund mangelnder Kenntnisse die Einsparungszwänge der Universitäten an, die in den neuen Bachelorstudiengängen ersichtlich sind.

„Wenn Übungen in den neuen BEd-Studiengängen durch Vorlesungen ersetzt werden müssen, so hat das zwangsläufig Folgen für die Bereitschaft bzw. Befähigung zukünftiger Lehrpersonen ‚GeographyOutdoor-Lessons‘ [sic!] zu gestalten“ (SITTE CH. 2015: 40).

Das Ziel sollte jedoch sein, mehrere kleine angewandte Forschungsarbeiten vor Ort beziehungsweise im Gelände zu ermöglichen. Dies würde eine Möglichkeit schaffen, von einer vorwissenschaftlichen Arbeit als „reiner Literaturarbeit“ wegzukommen.

„Informationen, die sich die Schülerinnen und Schüler im Gelände selbst erschließen, bleiben als aktives, auch methodisches Wissen für zukünftige Untersuchungen verfügbar“ (FRAEDRICH 2005: 35).

Dennoch muss bei den Aus- und Fortbildungsstätten angesetzt werden, um Studierende mit Feldmethoden vertraut zu machen. Nur so können zukünftige Lehrpersonen diese auch in ihren Unterricht integrieren (vgl. SITTE CH. 2015: 41).

5. Darstellung ausgewählter Experimente

Dieses Kapitel setzt sich aus vier Teilen zusammen. Den ersten Teil stellt die Experimentesammlung dar (Überblick über alle Experimente dieser Arbeit). Im zweiten Teil werden die Analyse Kriterien für die Experimente erläutert. In den zwei letzten Unterkapiteln werden die einzelnen Experimente des regulären Unterrichts bzw. des Wahlpflichtfachs ausführlich beschrieben.

5.1 Experimentesammlung

Die Experimentesammlung ist eine Auflistung aller Experimente dieser Arbeit. Dabei werden die Experimente in Themenblöcke zusammengefasst. Die Themenblöcke werden mit Buchstaben (A – G) codiert. Die Experimente, die den einzelnen Themenblöcken (z. B. Bodenkunde) zugeordnet werden, erhalten Nummern und werden mit dem Buchstaben des Themenblock verknüpft. Ein Beispiel findet sich in der angeführten Tabelle 4.

Tabelle 4: Themenblöcke und Codierungen

| Themenblock | Code | Experiment | Code & Nr. |
|--|------|----------------------|------------|
| Bodenkunde | A | <i>Sedimentation</i> | A1 |
| | | <i>Bodenerosion</i> | A2 |
| Wasser – Analyse und Aufbereitung | B | | |
| Pandemie und globale Verbreitung | C | | |
| Naturräumliche Risiken | D | | |
| Treibhauseffekt, Lärm- und Luftverschmutzung | E | | |
| Geodynamik der Erde | F | | |
| Vermarktung von Kunststoffen | G | | |

Handelt es sich bei dem vorliegenden Experiment um ein Experiment aus dem Bereich des Wahlpflichtfachs, wird vor dem Code und der Nummer die Abkürzung „**WPF**“ (= Wahlpflichtfach) hinzugefügt.

Darstellung ausgewählter Experimente

| Experimentesammlung zum Thema: Bodenkunde | | | | | | |
|--|-------------------------|---|-------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Code | Titel | Jahrgang & Lehrplanthemen | RU vs. WPF¹ | Experimentelle Arbeitsweise | Zeitliche Dauer | SE vs. DE² |
| <i>A1</i> | Sedimentation | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) | RU | Untersuchung | Kurzzeit-experiment | SE |
| <i>A2</i> | Bodenerosion | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (ebd.) 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (ebd.: 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | RU | Experiment | Kurzzeit-experiment | SE |
| <i>A3</i> | Bodenverdichtung | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (BMBWF 2021: 162) 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (ebd.: 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | RU | Experiment | Kurzzeit-experiment | SE |
| WPF A1 | Analyse von Bodenproben | 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (BMBWF 2021: 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | WPF | Untersuchung | Langzeit-experiment | SE |

Darstellung ausgewählter Experimente

| | | | | | | |
|---|--|--|-----------|--------------|-------------------------|----|
| WPF A2 | Bodenverunreinigung und die Auswirkung auf Bodenorganismen | 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktions- gebieten beurteilen“ (BMBWF 2021: 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | WPF | Experiment | Langzeit- experiment | SE |
| WPF A3 | Wasserspeicherkapazität des Bodens | 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (BMBWF 2021: 164) | WPF | Experiment | Langzeit- experiment | SE |
| WPF A4 | Nachweis von Nitrat im Blattgemüse | 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (BMBWF 2021: 164) 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erör- tern“ (ebd.) | WPF | Untersuchung | Kurzzeit- experiment | SE |
| Experimentesammlung zum Thema: Wasser – Analyse und Aufbereitung | | | | | | |
| B1 | Wasseraufbereitung durch Kies / Sand bzw. durch Aktivkohle | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen re- flektieren“ (ebd.) | RU | Untersuchung | Kurzzeit- experiment | SE |
| B2 | Wasseraufbereitung: Destillation von Meerwasser | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen re- flektieren“ (BMBWF 2021: 162) | RU | Untersuchung | Kurzzeit- experiment | SE |
| B3 | Wasserkreislauf und Niederschlagsmessung | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) | RU | Untersuchung | Langzeit- experiment | SE |

¹ RU = Regulärer Unterricht, WPF = Wahlpflichtfach

² SE = SchülerInnenexperiment, DE= Demonstrationsexperiment

Darstellung ausgewählter Experimente

| | | | | | | |
|--|--|--|-----|--------------|--------------------|----|
| | | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (ebd.) | | | | |
| WPF B1 | Analytische Untersuchung von Wasserproben | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021: 164) | WPF | Untersuchung | Langzeitexperiment | SE |
| WPF B2 | Biologische und chemische Stufe der Kläranlage | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021: 162) | WPF | Untersuchung | Langzeitexperiment | DE |
| Experimentesammlung zum Thema: Pandemie und globale Verbreitung | | | | | | |
| <i>C1</i> | Verbreitung von Viren im Klassenzimmer | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021: 162) | RU | Untersuchung | Kurzzeitexperiment | SE |
| <i>C2</i> | Die globale Verbreitung von Krankheiten | 5. Klasse: „Bevölkerung und Gesellschaft diskutieren“ (BMBWF 2021: 162) 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (ebd.:164) | RU | Untersuchung | Kurzzeitexperiment | SE |
| Experimentesammlung zum Thema: Naturräumliche Risiken | | | | | | |
| <i>D1</i> | Schneebrettlawine und Bau eines Schutzwaldes | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (BMBWF 2021: 162) 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (ebd.: 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | RU | Experiment | Kurzzeitexperiment | SE |

Darstellung ausgewählter Experimente

| | | | | | | |
|--|---|--|-----------|--------------|--------------------|----|
| D2 | Permafrost- Auftauprozess | 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (BMBWF 2021: 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | RU | Untersuchung | Kurzzeitexperiment | SE |
| Experimentesammlung zum Thema: Treibhauseffekt, Lärm- und Luftverschmutzung | | | | | | |
| E1 | Saurer Regen – Auswirkung auf Bauwerke | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021: 162) | RU | Untersuchung | Kurzzeitexperiment | SE |
| E2 | Inversionswetterlage und Smoggefahr | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (BMBWF 2021: 162) | RU | Untersuchung | Kurzzeitexperiment | SE |
| E3 | Lärmverschmutzung | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (BMBWF 2021: 162) | RU | Untersuchung | Kurzzeitexperiment | SE |
| WPF E1 | Kohlenstoffdioxid-angereicherte Atmosphäre | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021: 162) | WPF | Untersuchung | Kurzzeitexperiment | DE |
| WPF E2 | Auswirkung von Schwefeldioxid auf die Umwelt | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021: 162) | WPF | Untersuchung | Kurzzeitexperiment | DE |
| Experimentesammlung zum Thema: Geodynamik der Erde | | | | | | |
| F1 | Faltenbildung | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) | RU | Untersuchung | Kurzzeitexperiment | SE |
| F2 | Konvektionsströme | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) | RU | Untersuchung | Kurzzeitexperiment | DE |

5.2 Kriterien zur Analyse des Experiments

Im Folgenden wird die Analyse der einzelnen Experimente vorgestellt. Im ersten Teil folgen die Experimente für den Regelunterricht. Im zweiten Teil folgen die Experimente für das Wahlpflichtfach. Die Analyse erfolgt bei beiden Teilbereichen gleich.

Zu Beginn erhält jedes Experiment einen *Titel*. Dieser Titel bezieht sich auf den Inhalt / das Thema des Experiments und soll einen allgemeinen Hinweis geben, welchen inhaltlichen Schwerpunkt das Experiment hat.

Im zweiten Schritt wird auf die „*Experimentelle Arbeitsform*“ hingewiesen. Wie bereits angeführt wurde, stellen viele „Experimente“ im Grunde genommen eine Untersuchung dar und erfüllen nicht die Experimentierkriterien (vgl. LETHMATE 2006: 6). Daher wird jedes einzelne angeführte Experiment, das die Experimentierkriterien erfüllt als „Experiment“ ausgewiesen. Jene, die die Kriterien nicht erfüllen, werden als „Untersuchung“ ausgewiesen.

Zu jedem Experiment wird die *Jahrgangsstufe und das Lehrplanthema* angeführt. Das Experiment ist dabei nicht auf einen Jahrgang und ein Lehrplanthema beschränkt, sondern kann mehreren Jahrgangsstufen zugeordnet werden. Bei dieser Zuordnung handelt es sich um eine Empfehlung.

Die *methodische Organisation* gibt Auskunft, ob es sich beim vorliegenden Experiment um ein SchülerInnenexperiment oder um ein Demonstrationsexperiment handelt.

Die *zeitliche Dauer* unterscheidet zwischen Langzeit- und Kurzzeitexperiment. Die Definition folgt den Angaben nach RINSCHÉDE und SIEGMUND (2020⁴) und BERCK (1999). Alle experimentellen Arbeitsvorgänge, die über eine Doppelstunde hinausgehen, werden als „Langzeitexperiment“ angeführt. Die Angabe beruht auf einer Einschätzung der Verfasserin und kann je nach Leistungs- und Experimentierstärke der SchülerInnen variieren.

Die *Komplexität des Experiments* gibt eine Einschätzung über den zeitlichen, materiellen Aufwand und den theoretischen Hintergrund. Diese drei Faktoren soll die Komplexitätsangabe ersichtlich machen. Die Angaben zur Komplexität sind zusätzlich eine Orientierung dafür, ob das Experiment dem Wahlpflichtfach oder dem regulären Unterricht zugeordnet wird.

- Wird die Komplexität des Experiments „*gering*“ eingeschätzt, so bedeutet dies, dass der Materialaufwand und der Zeitaufwand gering ausfallen. Ebenso ist mit einem einfachen inhaltlichen Input zu rechnen.

- Wird die Komplexität des Experiments „mittel“ eingeschätzt, so bedeutet dies, dass der Materialaufwand und der Zeitaufwand höher sind. Auch die Theorie zum Experiment erweist sich als komplexer. Es muss mehr Zeit für die Transferleistungen miteingerechnet werden.
- Wird die Komplexität des Experiments „hoch“ eingeschätzt, so benötigt es vonseiten der Lehrperson eine intensive theoretische und experimentelle Auseinandersetzung mit dem Experiment. Die Materialanschaffung ist aufwendig und das Experiment nimmt viel Zeit in Anspruch. Oftmals werden diese Experimente nicht für den regulären Unterricht empfohlen, sondern dem Wahlpflichtfach zugeordnet.

Zu jedem Experiment wird eine *Zielsetzung* formuliert. Die fachlichen Ziele werden angeführt. Der sinnvolle Einsatz dieses Experiments im GW-Unterricht wird begründet. Dabei fließt unter anderem die Meinung der AutorInnen der oben genannten Zeitschriften sowie die Meinung der Verfasserin dieser Arbeit ein. Falls notwendig werden Empfehlungen für bestimmte Sicherheitsvorkehrungen gegeben (Arbeiten im Chemiesaal, Schutzmantel, Schutzbrille, Heranziehen einer Chemiefachkraft etc.). Dies hängt vom vorliegenden Experiment und dessen Durchführung ab. Werden Themen aus dem Pflichtgegenstand vertiefend behandelt, so wird das Experiment dem Wahlpflichtfach zugeordnet, um den SchülerInnen (im Sinne des Lehrplans) einen erweiterten Bildungshorizont zu bieten (vgl. BMBWF 2021: 232).

Hat das Experiment *fächerübergreifendes Potenzial*, so erfolgt eine Empfehlung für die Zusammenarbeit mit ausgewählten Fächern. Diese Empfehlung wird auf Basis der Inhalte des Experiments und der Lehrplanthemen getroffen.

Zum Schluss erfolgt die *Beschreibung des Experiments*. Die Experimentieranleitung enthält eine Materialliste, eine Beschreibung zur Durchführung des Experiments sowie Tipps und Hinweise für den Einsatz im Unterricht. Bei den Tipps und Hinweisen werden oftmals Empfehlungen für weiterführende Experimente gegeben. Diese können auf dem vorliegenden Experiment aufbauen oder dieses sinnvoll ergänzen.

5.3 Experimente für den regulären Unterricht

5.3.1 Sedimentation (A1)

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform: Untersuchung</i> | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input checked="" type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Das Experiment vermittelt den SchülerInnen Sedimentationszeiten von unterschiedlichen Bodenarten. Die SchülerInnen erkennen, dass die Sedimentation bei Sand wesentlich schneller erfolgt als bei Ton. Uferwälle von Flüssen oder Nehrungen an Ausgleichsküsten zeigen dies. Den Lernenden wird durch die Durchführung des Experiments bewusst, dass Ton, wenn er einmal erodiert ist, weite Strecken als Schweb transportiert werden kann und erst bei Fließgeschwindigkeiten nahe null sedimentiert. Dies zeigen Auelehmbildungen und Tiefseetone. Zur Ergänzung des Experiments kann das Hjulström- Diagramm herangezogen werden. (vgl. BRÜCKNER und GAIDA 1987: 45).

Beschreibung des Experiments: Sedimentation

MATERIALIEN (vgl. BRÜCKNER und GAIDA 1987:45)

- ✓ Bodenproben (Sand, Ton, Schluff)
- ✓ Stoppuhr
- ✓ Becherglas

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. BRÜCKNER und GAIDA 1987:45)

1. Die Proben werden in je ein Becherglas gegeben und mit Wasser verrührt, bis eine homogene Verteilung erreicht wird.
2. Der Rührvorgang wird abgebrochen. Mithilfe einer Stoppuhr wird die Sedimentationszeit ermittelt (die oberen 5 cm der Wassersäule sollten eine klare Lösung darstellen).
3. Bei der Probe Sand sind bereits nach 14 Sekunden die oberen 5 cm sandfrei. Ton bleibt bis Unterrichtsende im Becherglas fein verteilt.

HINWEISE & TIPPS:

BRÜCKNER und GAIDA (1987: 45) empfehlen, die Proben vor der Anwendung zu trocknen. Das Experiment kann mit dem Experiment A2 kombiniert bzw. erweitert werden.

5.3.2 Bodenerosion (A2)

| | | | |
|---|---|---|--|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Experiment | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (ebd.) 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (ebd.: 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Es gibt unterschiedliche SchülerInnenvorstellung zum Thema Bodenerosion. SchülerInnen führten als Ursachen u. a. Vorgänge an, die sehr tief im Boden stattfinden (vgl. DRIELING 2015: 205). Ebenso sind die SchülerInnen mit einer Strukturierung des Bodens in Horizonte wenig vertraut (vgl. ebd.: 197). Diese Vorstellungen können anhand des vorliegenden Experiments aufgegriffen und hinterfragt werden.

Das Experiment zeigt das Phänomen „Bodenerosion“. Gegenmaßnahmen und deren Wirksamkeit zur Bodenerosion werden im Experiment aufgezeigt (vgl. NIEMZ 1979b: 201). Bodenerosion trägt neben der Zerstörung der Landschaft auch zu einem drastischen Ernterückgang bei. Der größte Teil des Bodenabtrags in Mitteleuropa ist auf wenige heftige Niederschlagsereignisse zurückzuführen (Sommergewitter). Weiters sollen die SchülerInnen erkennen, dass auch die Hangneigung für die Bodenerosion eine wesentliche Rolle spielt (bei 26°: Bodenverluste 4 bis 5-mal höher als bei 21°) (vgl. BRÜCKNER und GAIDA 1987: 43-45).

Anhand des Experiments können die SchülerInnen einerseits die Folgen landwirtschaftlicher Nutzung für Böden unterschiedlicher Art erklären, sie erkennen die Erosionsgefährdung von landwirtschaftlichen Flächen und lernen Maßnahmen zur Minderung von Bodenerosion kennen (vgl. WIENKE und HARNISCHMACHER 2017a: 53). Für das Verständnis empfehlen BRÜCKNER und GAIDA (1987: 44) die Bedeutung des A_h-Horizonts für die Ernährung herauszustellen.

Beschreibung des Experiments: Bodenerosion

MATERIALIEN (vgl. NIEMZ 1979b: 201)

- ✓ Holzkisten (z. B. Tomatenkästen / Blumenkästen)
- ✓ Ziegelsteine
- ✓ geeignete Unterlage (z. B. Brett)
- ✓ vier Plastikeimer, Gießkanne mit Brause
- ✓ Bodenproben, Grassoden und Stroh
- ✓ Wasser und Stoppuhr

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. NIEMZ 1979b: 201-202)

1. Alle Kästen werden an einer Seite eingekerbt. Wenn möglich werden die Kästen mit einem Wasserauslauf versehen. Nun werden die Kästen mit Erde befüllt. Folgendes ist zu beachten:
 - a. Einer der vier Kästen wird vollständig mit Grassoden bedeckt.
 - b. In den zweiten Kasten werden einzelne Halme von Stroh dicht nebeneinander in die Erde gesteckt.
 - c. Im dritten Kasten wird hangsenkrecht Pflügen simuliert. Dazu werden mit den Fingern in der Erde Rillen gezogen (in Längsrichtung).
 - d. Im vierten Kasten wird hangparalleles Pflügen simuliert. Dazu werden mit den Fingern Rillen gezogen (in Querrichtung).
2. Nun werden alle Kästen auf eine Bank gestellt. An der nicht eingekerbten Stelle wird ein Ziegelstein unter die Kästen gestellt. Dieser sorgt für die entsprechende Hangneigung. Unter die Ausläufe platziert man Kübel.
3. Mittels einer Gießkanne werden die Kästen gegossen und Regen simuliert. Die SchülerInnen notieren dazu die Zeiten vom Beginn der Beregnung bis zum Beginn des Abfließens in den Kübel hin zum letzten Tropfen, der in den Kübel gelangt.
4. Aus den Mengen des abgeschwemmten Bodens können Interpretationen zu Gegenmaßnahmen der Bodenerosion gezogen werden.

HINWEISE & TIPPS:

Unterschiedliche Variationsmöglichkeiten eignen sich für dieses Experiment. Beispielsweise kann eine quantitative Bestimmung des abgespülten Bodens erfolgen, die Neigung der Kästen verändert und / oder die Regenmenge und Heftigkeit des Regens variiert werden (vgl. NIEMZ 1979b: 202). Das Experiment kann mit dem Experiment A3 erweitert werden.

5.3.3 Bodenverdichtung (A3)

| | | | |
|---|--|------------------------------------|--|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Experiment | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (BMBWF 2021: 162) 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (ebd.: 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> |
| <i>Komplexität</i> | gering <input checked="" type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

„Wie alle bodengenetischen Prozesse entzieht sich auch die Verglebung der direkten Beobachtung. Ein Experiment kann jedoch entscheidende Prozesse sichtbar machen“ (BICSAN und WURDINGER 1987a: 47). Das Ziel dieses Experiments ist, die Folgen der intensiven Nutzung der Böden (vor allem durch Land- und Forstwirtschaft) zu erkennen. Das Experiment veranschaulicht die Verdichtung des Bodens durch den Einsatz immer größer dimensionierter land- und forstwirtschaftlicher Geräte (Traktoren, Stroh- und Heupressen etc.) (vgl. MÖNTER und OTTO 2017b: 60). Der durch Landmaschinen erhöhte Bodendruck führt zu einer starken Zusammenpressung von Oberbodenmaterial. Das Porenvolumen nimmt ab, wodurch ebenso die Durchlässigkeit des Bodens abnimmt (vgl. BICSAN und WURDINGER 1987a: 48). Die Folgen von Bodenverdichtung können Sauerstoffmangel und die Unterversorgung von Pflanzen mit Wasser (sowie den darin gelösten Nährstoffen) sein (vgl. MÖNTER und OTTO 2017b: 60).

Das Experiment kann, wenn die Lehrperson dies für angemessen hält, im Sinne des forschenden Lernens als „offenes Experiment“ durchgeführt werden (siehe dazu Kapitel 2.5.). Die SchülerInnen überlegen selbständig eine Problem- bzw. Forschungsfrage, stellen Hypothesen auf und entwerfen ein angemessenes experimentelles Design. Forschendes Lernen stellt hohe Anforderungen sowohl an die SchülerInnen als auch an die Lehrperson dar. Gewisse Experimentierfertigkeiten sollten bereits vorhanden sein, um Überforderungen entgegenzuwirken (vgl. MÖNTER und OTTO 2017b: 60-61).

Beschreibung des Experiments: Bodenverdichtung

MATERIALIEN (vgl. MÖNTER und OTTO 2017b: 63)

- ✓ Bodenproben (lockerer, lehmiger Boden, Sandboden, Tonboden)
- ✓ Trichter
- ✓ Stampfer
- ✓ Waage
- ✓ Messbecher mit Volumenangabe
- ✓ Filtertüten
- ✓ Löffel und Stoppuhr

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. MÖNTER und OTTO 2017b: 61)

1. Zwei Bodenproben mit gleichem Ausgangsgewicht werden in zwei beschriftete Trichter gegeben.
2. Die erste Bodenprobe wird nicht behandelt. Die zweite Bodenprobe wird mittels eines Stampfers fest in den Trichter gepresst.
3. Mithilfe von zwei Messbechern werden die Proben gleichzeitig mit der gleichen Menge Wasser versetzt.
4. Die aufgefangene Wassermenge wird im Auffanggefäß ermittelt.

HINWEISE & TIPPS:

MÖNTER und OTTO (2017b: 61) empfehlen unterschiedliche Bodenproben bereitzustellen. Beispielsweise können Proben mit Sand und tonigem Boden mitgebracht werden, um den SchülerInnen zu verdeutlichen, dass die Korngrößenzusammensetzung die Versickerungsgeschwindigkeit beeinflusst. Das Experiment kann im Wahlpflichtfach mit dem Experiment WPF A3 erweitert werden.

5.3.4 Wasseraufbereitung durch Kies / Sand bzw. durch Aktivkohle (B1)

| | | | |
|---|---|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform: Untersuchung</i> | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (ebd.) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input checked="" type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Das Ziel dieses Experiments ist, eine natürliche Methode der Wasseraufbereitung zu zeigen. Daher wird im ersten Experiment die Uferfiltration von schmutzigem Flusswasser illustriert. Die reinigende Wirkung ufernaher Kies- und Sandschichten auf Flusswasser kann anhand des Experiments erarbeitet werden (vgl. NOLZEN 1983: 10).

Die Verfügbarkeit von knappen Ressourcen (beispielsweise Wasser) kann anhand regionaler Unterschiede aufgearbeitet werden. Der Versuch kann mit anderen Arten von Schmutzwasser (Tinte) durchgeführt werden, um zu zeigen, bei welchen Verschmutzungen die natürliche Reinigung versagt. Im Zuge dessen kann das Experiment mit Aktivkohle erweitert werden. Infolgedessen kann der Bezug zu Wasserkraftwerken hergestellt werden. Aktivkohle wird an vielen Wasserwerken (z. B. Rhein) zur nachträglichen Reinigung des bereits uferfiltrierten Wassers eingesetzt (vgl. NOLZEN 1983: 10.). Im Wahlpflichtfach kann das Experimente zur Kläranlage (WPF B2) eine Möglichkeit bieten, die Wasseraufbereitung vertiefend zu behandeln.

Beschreibung des Experiments:
Wasseraufbereitung durch Kies/ Sand bzw. durch Aktivkohle

MATERIALIEN: Wasseraufbereitung durch Kies und Sand (vgl. NOLZEN 1983: 10)

- ✓ Kaffeefilter
- ✓ Filterpapier
- ✓ Kies und Sand
- ✓ Verunreinigtes Wasser
- ✓ Becherglas

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: Wasseraufbereitung durch Kies und Sand (vgl. NOLZEN 1983: 10)

1. Ein Filter wird mit Filterpapier versetzt. Kies und Sand werden in den Filter gegeben.
2. Unter den Filter wird ein Becherglas als Auffangbehälter platziert.
3. Die Filteranlage wird mit dem verunreinigten Wasser übergossen. Das Becherglas fängt das gereinigte Wasser auf.

MATERIALIEN: Wasseraufbereitung durch Aktivkohle (vgl. NOLZEN 1983: 10)

- ✓ Kaffeefilter
- ✓ Filterpapier, Aktivkohle
- ✓ Wasser, Lebensmittelfarbe
- ✓ Becherglas

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: Wasseraufbereitung durch Aktivkohle (vgl. NOLZEN 1983: 10)

1. Ein Filter wird mit Filterpapier versetzt. Aktivkohle wird in den Filter hineingegeben (ca. 5 cm hoch).
2. Unter den Filter wird ein Becherglas als Auffangbehälter platziert.
3. Die Filteranlage wird mit verunreinigtem Wasser (z. B. eingefärbt mit blauer Lebensmittelfarbe) übergossen.
4. Das Becherglas fängt das gereinigte Wasser auf.



Abbildung 5: Wasseraufbereitung durch Aktivkohle (eigene Darstellung)

5.3.5 Wasseraufbereitung – Destillation von Meerwasser (B2)

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (BMBWF 2021: 162) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Meerwasser ist in küstennahen Bereichen von Trockengebieten ausreichend vorhanden. Die SchülerInnen lernen das Funktionsprinzip einer Meerwasserentsalzungsanlage kennen. Mit Hilfe einer Destillation kann das salzhaltige Meerwasser aufbereitet werden. Die SchülerInnen erkennen den enormen Energieaufwand, der mit der Entsalzung einhergeht (vgl. SALZMANN 1981: 165). Aufgrund der Materialien empfiehlt die Autorin das Experiment im Chemiesaal durchzuführen.

FÄCHERVERBINDENDES POTENZIAL:

Eine Zusammenarbeit zwischen dem Unterrichtsfach Chemie und GW ist bei diesem Experiment sinnvoll. „Das Wasser gehört seit jeher im Rahmen der verschiedensten Themen zum festen Bestandteil des Geographieunterrichts“ (NOLZEN 1979: 172). Der Chemielehrplan fordert bereits in der vierten Klasse der Sekundarstufe I, dass SchülerInnen unterschiedliche Trennmethode kennen lernen (vgl. BMBWF 2021: 92). Auf dieses Wissen kann der GW-Unterricht zurückgreifen, bzw. mit dem Chemieunterricht einen fächerverbindenden Unterricht zum Thema „Wasseraufbereitung mittels Destillation“ in Trockengebieten durchführen.

Beschreibung des Experiments:
Wasseraufbereitung – Destillation von Meerwasser

MATERIALIEN (vgl. SALZMANN 1981: 165)

- ✓ Wasser und Kochsalz
- ✓ Erlenmeyerkolben
- ✓ Heizplatte oder Bunsenbrenner
- ✓ Schlauch, Auffangglas
- ✓ Uhrglas/ Stopfen

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. SALZMANN 1981: 166)

1. Im ersten Schritt wird eine Kochsalzlösung hergestellt. Dabei wird etwas Salz in Wasser gelöst. Es sollte sich kein Bodensatz bilden.
2. Die Apparatur wird wie in Abbildung 6 aufgebaut.
3. Das Salzwasser wird in den Erlenmeyerkolben geleert. Dieser wird am oberen Ende mit einem Stopfen oder mit einem Uhrglas geschlossen.
4. Das Salzwasser wird zum Sieden gebracht, der Wasserdampf steigt auf. Der Dampf kondensiert und gelangt über den Schlauch in das Auffangglas.
5. Die SchülerInnen erkennen, dass das Salz als Bodensatz im Erlenmeyerkolben zurückbleibt.

HINWEISE & TIPPS:

Das Thema Wasseraufbereitung kann im Wahlpflichtfach mit dem Experiment zur Kläranlage erweitert werden (WPF B2).



Abbildung 6: Apparatur der Destillation (eigene Darstellung)

5.3.6 Wasserkreislauf und Niederschlagsmessung (B3)

| | | | |
|---|---|---|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (ebd.) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input checked="" type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Das Ziel ist, dass die SchülerInnen anhand zweier einfacher Versuche mit dem Thema „Wasser“ vertraut werden. Sie lernen den Wasserkreislauf als geschlossenes System kennen. Die SchülerInnen beobachten dabei das Verdampfen und die Kondensation von Wasser (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 67). Der zweite Versuch hat zum Ziel, die Niederschlagsmenge in einem definierten Zeitabschnitt zu messen. Die SchülerInnen lernen anhand ihrer eigenen Messungen ein Pluviometer kennen, indem sie die Regenmenge in einer gewissen Zeit ermitteln. Anhand eines Säulendiagramms werden die Ergebnisse von den SchülerInnen festgehalten und können im Unterricht untereinander und mit dem Wetterbericht verglichen werden (vgl. ebd.: 52).

Beschreibung des Experiments:
Wasserkreislauf

MATERIALIEN (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 67))

- ✓ Beutel mit Zippverschluss / Schiebeverschluss

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 67)

1. Der Beutel wird mit Wasser befüllt (ca. 5 cm des Beutels).
2. Der Beutel wird nun im Klassenzimmer am Fenster aufgehängt. Umso sonniger das Fenster, umso besser kann das Verdampfen des Wassers im Beutel beobachtet werden.
3. Die Beobachtungen werden notiert. Bei Sonnenschein verdampft das Wasser und kondensiert an der Seitenwand des Beutels. Der Regen im Beutel kann beobachtet werden.

Beschreibung des Experiments:
Niederschlagsmessung – Pluviometer

MATERIALIEN (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 67)

- ✓ Marmeladenglas
- ✓ Lineal

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 67)

4. Das Glas wird im Freien platziert. Ein Abstand von 3 bis 5 m zu Dächern und Bäumen sollte eingehalten werden.
5. Die Wassermenge kann (je nach Zielsetzung der Lehrperson) über ein oder mehrere Monate gemessen werden. Dabei sollten jeden Tag zur gleichen Uhrzeit die Beobachtungen notiert werden.
6. Falls es geregnet hat, wird die Wassermenge abgemessen (Achtung – Boden nicht mitmessen). Das Glas wird nach jeder Messung ausgeleert.
7. Ein Säulendiagramm mit den Ergebnissen kann begleitend erstellt werden. Am Ende eines Monats werden die Ergebnisse in der Klasse verglichen (optional auch mit dem Wetterbericht).

HINWEISE & TIPPS:

Das Marmeladenglas sollte möglichst gerade sein. Die Öffnung des Glases sollte in etwa gleich groß sein wie der Glasboden.

5.3.7 Verbreitung von Viren im Klassenzimmer (C1)

| | | | |
|---|---|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Bevölkerung und Gesellschaft diskutieren“ (BMBWF 2021: 162) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input checked="" type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Das Experiment basiert auf dem YouTube-Video „So verbreiten sich Viren – Das PUR+ Experiment in einer Schulklasse“, das vom Kinder- und Jugendprogramm ZDFtivi aufgenommen wurde (vgl. ZDFtivi 2020). Dieses wurde als Vorlage für die Beschreibung des unten angeführten Experiments herangezogen. Der Link zum Video ist im Literaturverzeichnis angeführt.

Der Lehrplan sieht in der 5. Klasse AHS Oberstufe vor, die Dynamik der Weltbevölkerung sowie die räumliche und soziale Mobilität von Gesellschaften zu diskutieren (vgl. BMBWF 2021: 162). Ziel dieses Experiments ist, die Verbreitung von Viren (im Klassenzimmer) zu zeigen. Die SchülerInnen erkennen, dass Viren auch auf Oberflächen von Arbeitsmaterialien und Türklinken haften bleiben können. Vor allem in der derzeitig vorherrschenden Pandemie zeigt dieses Experiment für den Unterricht großes Potenzial. Die tagesaktuelle Bedeutung dieses Experiments kann das Bewusstsein der SchülerInnen bezüglich der Verbreitung von Viren schärfen. Das bewusste Einhalten der Hygienemaßnahmen kann unterstützt werden.

Beschreibung des Experiments:
Verbreitung von Viren im Klassenzimmer

MATERIALIEN (vgl. ZDFTIVI 2020)

- ✓ UV-Lampe, Handcreme
- ✓ fluoreszierende Handcreme (Empfehlung der Autorin: Dermalux® Testlotion S)
- ✓ Scheren, Kleber

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. ZDFTIVI 2020)

1. Die Lehrperson verteilt eine (nicht fluoreszierende) Handcreme auf die Hände der SchülerInnen.
2. Zwei oder drei SchülerInnen (je nach Klassengröße) erhalten (anstelle der handelsüblichen Handcreme) die fluoreszierende Handcreme. Diese ist ohne UV-Licht nicht sichtbar.
3. Die SchülerInnen cremen sich die Hände gut ein. Die Lehrperson sollte darauf achten, dass die „ÜberträgerInnen“ unerkant bleiben. Es lohnt sich, beide Cremem mit Farbfolie zu versetzen, damit sie ident ausschauen.
4. Die SchülerInnen erhalten im zweiten Schritt einen Arbeitsauftrag, der in Gruppenarbeit erfolgt. Sinnvoll ist dabei einen Arbeitsauftrag zu erstellen, bei dem die SchülerInnen mit Kleber und Schere arbeiten müssen.
5. Am Ende der Stunde wird das Licht im Klassenzimmer ausgemacht. Nun wird die UV-Lampe eingeschaltet. Die Kinder erkennen, auf welchen Gegenständen die fluoreszierende Creme haftet bzw. ob sie selbst TrägerInnen der fluoreszierenden Creme sind.

HINWEISE & TIPPS:

Der Klassenraum sollte beim Einschalten der UV-Lampe dunkel sein, da sonst der Effekt nicht sichtbar ist. Am Ende des Versuchs sollten sich alle SchülerInnen die Hände waschen. Ob die SchülerInnen tatsächlich ihre Hände sorgfältig mit Seife gewaschen haben, kann ein weiteres Mal mit der UV-Lampe überprüft werden. Das Thema kann mit dem Experiment C2 ergänzt werden.



Abbildung 7: Beobachtungen unter UV-Licht (eigene Darstellung)

5.3.8 Die globale Verbreitung von Krankheiten (C2)

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Bevölkerung und Gesellschaft diskutieren“ (BMBWF 2021: 162) 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (ebd.: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Ziel dieses Experiments ist zu zeigen, wie die Ausbreitung von Krankheiten erfolgt. Anhand dieses Experiments simuliert der Flüssigkeitsaustausch von einzelnen hergestellten Proben die Übertragung einer Krankheit. Beispielsweise kann das Experiment die Ausbreitung von Krankheiten thematisieren, bei denen ein direkter Kontakt zwischen Menschen notwendig ist. Aufgrund der Chemikalien (Eisen-(III)-nitrat-Lösung, Kaliumthiocyanat) die in diesem Versuch verwendet werden, sollte eine Chemiefachkraft hinzugezogen werden. Die SchülerInnen sollten darauf hingewiesen werden, dass mit Chemikalien gearbeitet wird. Schutzbrillen sowie Schutzmantel sollten bei diesem Versuch getragen werden. Auf Basis des Lehrplans kann das Thema „räumliche und sozialen Mobilität von Gesellschaften“ ein weiteres Mal exemplarisch veranschaulicht werden Lehrplans (vgl. BMBWF 2021: 162). Bei mangelnder Experimentiererfahrung mit Chemikalien kann das Experiment in der 8. Klasse in Hinblick auf den globalen Wandel durchgeführt werden.

FÄCHERVERBINDENDENES POTENZIAL:

Beim vorliegenden Experiment handelt es sich um den Nachweis von Eisen mit Kaliumthiocyanat (vgl. APRENTAS 2017⁶: 6-7). Eine Zusammenarbeit zwischen dem Unterrichtsfach Chemie und GW ist sinnvoll bzw. sollte die Nachweisreaktion von Eisen mit Kaliumthiocyanat im Chemieunterricht erläutert werden.

Beschreibung des Experiments: Übertragung von Krankheiten

MATERIALIEN

- ✓ Grüne, blaue oder gelbe Lebensmittelfarbe
- ✓ Eisen-(III)-nitrat-Lösung
- ✓ Kaliumthiocyanat
- ✓ Reagenzgläser, Pipetten

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG

1. Die Lehrperson richtet in der Vorbereitungszeit Probelösungen ($n = 20$) her. Diese setzen sich folgendermaßen zusammen:
 - a. 18 „reine Proben“ (Wasserproben):

Dabei werden 18 Reagenzgläser bis zur Hälfte mit Wasser aufgefüllt und mit Lebensmittelfarbe eingefärbt.
 - b. 2 „Proben mit Überträger“ (Kaliumthiocyanat):

Zwei Reagenzgläser werden mit jeweils 2 ml Kaliumthiocyanat versetzt und bis zur Hälfte mit Wasser aufgefüllt. Anschließend werden die Proben mit Lebensmittelfarben eingefärbt.
2. Die Lehrperson verteilt die Proben unter den SchülerInnen. Jede und jeder erhält zu der Probe eine Pipette. Nun treten die SchülerInnen miteinander in Kontakt. Dies erfolgt anhand eines Flüssigkeitsaustauschs ihrer Proben. Jeweils eine Pipette der eigenen Lösung wird in die Probe einer Kollegin / eines Kollegen geleert.
3. Am Ende gibt die Lehrperson allen SchülerInnen ca. 1 ml der Eisen-(III)-nitrat-Lösung in die Proben.
4. Jene Proben, die sich rot verfärben, beinhalten den Überträger (Kaliumthiocyanat bildet mit Eisen-(III)-Ionen einen tiefroten Komplex) (vgl. APRENTAS 2017⁶: 6-7).

HINWEISE & TIPPS:

Die Lehrperson sollte darauf achten, dass der Flüssigkeitsaustausch achtsam, sorgfältig und ruhig verläuft. Zu Beginn sollte darauf hingewiesen werden, dass mit Chemikalien gearbeitet wird. Laufen sowie Schubsen ist im Allgemeinen aber insbesondere beim Hantieren mit Chemikalien verboten.

5.3.9 Schneebrettlawine und Bau eines Schutzwaldes (D1)

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Experiment | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (BMBWF 2021: 162) 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (ebd.: 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Die SchülerInnen lernen die Entstehung und Einflussfaktoren von Schichtlawinen kennen. Sie erarbeiten selbständig den schichtartigen Aufbau von und erlangen Kenntnisse über die grundlegenden Schichtkonzepte. Sie erkennen anhand des Experiments, dass Schwachschichten vertikal gerichtete Bindungen zwischen oberer und unterer Schneeschicht verhindert. Dadurch wird die Lawinengefahr erhöht. Das Experiment hat aufgrund möglicher Fehlvorstellungen (Lawinen sind „Schneekugeln“) didaktisch an Bedeutung (vgl. REMPFLER 2017: 109). Hangneigungen sowie SchneesportlerInnen werden im Experiment als Einflussfaktoren thematisiert. Die SchülerInnen erkennen den Einfluss des Zusatzgewichts von SchneesportlerInnen beim Entstehen von Schneebrettlawinen. Weiters können die SchülerInnen ihre Beobachtungen aus dem „Experimentierraum“ in den „Realraum“ übertragen und leiten daraus Bedingungen für die Bildung von Schneebrettlawinen ab (vgl. ebd.).

FÄCHERVERBINDENDENES POTENZIAL:

REMPFLER (2017: 108) empfiehlt, das Experiment mit dem Physikunterricht durchzuführen. Der Lehrplan des Physikunterrichts fordert, dass SchülerInnen Einsichten in die Ursachen von Naturerscheinungen gewinnen und die dazugehörigen physikalischen Gesetzmäßigkeiten erkennen (vgl. BMBWF 2021: 182). Dieses Lehrplanziel kann anhand der Thematik sowie anhand des Experiments zur Schneebrettlawine gemeinsam mit dem GW-Unterricht behandelt werden.

Beschreibung des Experiments:
Schneebrettlawine: Entstehung und Einflussfaktoren

MATERIALIEN (vgl. REMPFLER 2017: 110)

- ✓ Holzbrett (ca. 30 x 35)
- ✓ Mehl, Salz (normale Korngröße)
- ✓ Auffangbecken
- ✓ Handsprinkler, Geodreieck (Wandtafel)

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. REMPFLER 2017: 111-112)

1. Das Holzbrett wird mit dem Handsprinkler angefeuchtet. Dies ist notwendig, da das Holzbrett besser gleitet als eine natürliche Geländeoberfläche.
2. Im zweiten Schritt wird eine Mehlschicht (relativ locker) auf das Holzbrett gestreut (ca. 5 ml dick).
3. Um ein Gefühl für die Hangneigung zu bekommen, wird eine 45°-Hangneigung mit dem Geodreieck bestimmt.
4. Im Folgenden werden Vermutungen getroffen, was passiert, wenn das Holzbrett etwas steiler gestellt wird (vgl. Tabelle 4).
5. Als Steigerung wird auf die Rückseite des Holzbrettes geklopft.



Abbildung 8: Aufbau des Experiments zur Schneebrettlawine (eigene Darstellung)

Tabelle 5: Vermutungen und Beobachtungen (Datengrundlage: REMPFLER 2017: 111)

| Veränderter Einflussfaktor | Vermutetes Ergebnis | Beobachtetes Ergebnis |
|--|---------------------|-----------------------|
| 1. Variation Holzbrett wird angefeuchtet, Mehlschicht wird aufgebracht. 1. Brett wird steiler gestellt 2. Klopfen auf die Rückseite des Bretts | | |
| 2. Variation | | |

6. In weiterer Folge werden Überlegungen aufgestellt, wie die Schichtungen verändert werden können:
- a. Mehlschicht mit der Hand festpressen
 - b. Zweite Mehlschicht aufstreuen
 - c. Salz als Zwischenschicht aufbringen
 - d. Oberste Salzschrift leicht nassen

Tabelle 6: Variationsmöglichkeiten (Datengrundlage: REMPFLER 2017: 111)

| Veränderter Einflussfaktor | Vermutetes Ergebnis | Beobachtetes Ergebnis |
|---|---------------------|-----------------------|
| <p>1. Variation Holzbrett wird angefeuchtet, Mehlschicht wird aufgebracht. 1. Brett wird steiler gestellt 2. Klopfen auf die Rückseite des Bretts</p> | | |
| <p>2. Variation Mehlschicht auf angefeuchtetes Holzbrett streuen und mit Hand festpressen. 1. Brett wird steiler gestellt 2. Klopfen auf die Rückseite des Bretts</p> | | |
| <p>3. Variation Auf festgepresste Mehlschicht Salzschrift streuen, weitere Mehlschicht auf Salzschrift streuen und diese festpressen. 1. Brett wird steiler gestellt 2. Klopfen auf die Rückseite des Bretts</p> | | |

HINWEISE & TIPPS:

Nach den Beobachtungen werden Interpretationen abgeleitet. Die SchülerInnen erläutern aus ihren beschriebenen Variationen die Bedeutung für das Verhalten von Schnee (vgl. REMPFLER 2017: 111). Je nach Experimentiererfahrungen kann die Lehrperson erste Versuchsideen demonstrieren. Die SchülerInnen sollten darüber aufgeklärt werden, dass Mehl einen höheren Reibungskoeffizienten aufweist und daher steilere



Abbildung 9: Initialbruch in der Schwachschicht (eigene Darstellung)

Hangneigungen des Holzbretts notwendig sind, um Effekte zu erzielen (vgl. ebd.: 109). Zusätzlich kann das Experiment mit einem Bau eines Schutzwaldes erweitert werden.

Beschreibung des Experiments:
Bau eines Schutzwaldes

MATERIALIEN (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 105)

- ✓ Karton
- ✓ Sand
- ✓ Zahnstocher

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 105)

1. Verschiedene Variationen werden durchgeführt. Auf einem Karton werden viele Zahnstocher nebeneinander platziert. Auf einem zweiten Karton befinden sich nur wenige Zahnstocher.
2. Die Zahnstocher stellen in dem Versuchsaufbau die Bäume dar. Der Sand stellt die Lawine dar.
3. Eine Handvoll Sand wird auf den Karton gegeben und der Karton um ca. 25° gekippt (Gedreieck).
4. Beobachtungen zum Verhalten der Lawine mit und ohne Schutzwald werden notiert.
 - a. Wie ändert sich die Geschwindigkeit der Lawine, wenn sie auf den Schutzwald trifft?
 - b. Wird die Lawine durch den Schutzwald gestoppt?
 - c. Was passiert, wenn die Dichte an Bäumen vergrößert wird?

5.3.10 Permafrost – Auftauprozess (D2)

| | | | |
|---|---|---|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Experiment | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (BMBWF 2021 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

LIEB und KROBATH (2015: 44) führen an, dass das aktuelle und integrative Thema Permafrost eine Schnittstelle zwischen Physischer Geographie- und Humangeographie bietet. Vor allem im Kontext von Klimawandel und Naturgefahren kann das Thema sinnvoll in den GW-Unterricht eingebettet werden. Der Unterricht soll durch das entdeckende Lernen anhand dieses Experiments schüleraktiv gestaltet werden (vgl. LIEB und KROBATH 2015: 44).

Diskontinuierlicher Permafrost ist in Österreich oberhalb von 2500 m Höhe gegeben und nimmt in etwa 2 % der Staatsfläche ein (vgl. EBOHON und SCHROTT 2008: 399 – zitiert nach LIEB und KROBATH 2015: 46). Das Experiment kann das Zusammenwirken unterschiedlicher Geoökofaktoren veranschaulichen. Der Auftauprozess und die damit verbundenen wirtschaftlichen Auswirkungen sind Leitgedanken für die Einbettung des Themas in den GW-Unterricht. Auch die Bedeutung des Klimawandels für die eigene Lebenswelt sind Argumente für die Einbettung des Themas in den GW-Unterricht (vgl. LIEB und KROBATH 2015: 53).

Beschreibung des Experiments:
Permafrost: Auftauprozess

MATERIALIEN (vgl. PERMANET 2015: 1-2)

- ✓ Steine, Kies
- ✓ Wasser
- ✓ Aquarium
- ✓ Gebäudemodell (Spielzeughaus etc.)
- ✓ Wärmelampe / Infrarotlampe / Föhn
- ✓ Maßband
- ✓ Wasserspritze / Wasserzerstäuber

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. PERMANET 2015: 1-2)

1. Das Aquarium wird zu zwei Drittel mit Steinen und Kies befüllt. Eine wellige Oberfläche wird geformt.
2. Im zweiten Schritt wird das Aquarium mit Wasser befüllt, sodass sich alle Hohlräume zwischen den Steinen mit Wasser füllen. Die Bodenoberfläche sollte nicht unter Wasser stehen. Am höchsten Punkt der welligen Oberfläche kann eine ebene Fläche geschaffen werden, um dort etwas später ein Gebäude zu platzieren.
3. Das Aquarium wird nun über Nacht in die Tiefkühltruhe gestellt, damit das Wasser gefriert. Aufgrund der Ausdehnung des Wassers hebt sich das gesamte Stein-Kies-Gemisch. Der Begriff „Frosthub“ kann an dieser Stelle erläutert werden.
4. In der nächsten Einheit wird ein Gebäude auf der Ebene platziert. Es sollte gerade stehen. Der Auftauprozess wird durch einen Föhn oder eine Wärmelampe beschleunigt. Mit dem Wasserzerstäuber kann etwas Regen simuliert werden, um Rutschungen auszulösen.

HINWEISE & TIPPS:

Vor dem Auftauprozess kann ein Maßband am Aquarium befestigt werden, um zu ermitteln, wie weit das Gebäude im Laufe der Zeit sinkt (vgl. PERMANET 2015: 2).

5.3.11 Saurer Regen – Auswirkung auf Bauwerke (E1)

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021:164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Die SchülerInnen entdecken anhand des Experiments die Auswirkungen des sauren Regens auf Bauwerke. Die SchülerInnen sollten vor Beginn des Experiments bereits ein Hintergrundwissen über saure Lösungen, den pH-Wert sowie Indikatoren haben. Dafür kann eine Chemiefachkraft hinzugezogen werden. Die Ursachen des sauren Regens, die unter anderem auf der Verbrennung von Kohle und Öl basieren, und die dabei entstehenden Stick- und Schwefeloxide können im Unterricht thematisiert werden. Emissionsreiche und emissionsarme Herkunftsländer können ermittelt sowie mögliche Gegenmaßnahmen diskutiert werden (vgl. HASSENPFUG 1983: 28).

FÄCHERVERBINDENDES POTENZIAL:

HASSENPFUG (1983: 30) führt an, dass der Umweltunterricht am Beispiel des sauren Regens viele Komponenten aus mehreren Geo- und Naturwissenschaften benötigt. Das Thema „Säure-Basereaktion“ wird im Chemieunterricht in der 6. Klasse erarbeitet bzw. schon in der 4. Klasse in vereinfachter Weise behandelt (vgl. BMBWF 2021: 93). Weiters zielt der Chemielehrplan der 6. Klasse darauf ab, den Umgang mit Materie (u. a. Auswirkung von Schadstoffen) zu behandeln (vgl. ebd.: 181). Der GW-Unterricht und der Chemieunterricht können beim Thema „Saurer Regen“ als wesentlicher Punkt der Umweltdiskussion zusammenarbeiten und eine verknüpfende Sichtweise zwischen der Wirkungsweise von sauren Lösungen und den daraus resultierenden Umweltproblemen aufzeigen.

Beschreibung des Experiments:
Saurer Regen – Auswirkung auf Bauwerke

MATERIALIEN: (vgl. HASSENPFUG 1983: 33)

- ✓ Betondachziegel
- ✓ pH-Meter
- ✓ Auffanggefäß
- ✓ Wasserprobe (mit möglichst niedrigem pH- Wert)

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. HASSENPFUG 1983: 33)

1. Ein Dachziegel wird schräg aufgestellt (z. B. mithilfe eines Bücherstapels, der unter den Dachziegel platziert wird). Am Ende wird ein Auffanggefäß platziert.
2. Der pH-Wert des Niederschlags (Wasserprobe) wird mit dem Indikatorpapier gemessen und langsam über den Dachziegel geleert.
3. Der pH-Wert des aufgefangenen Wassers wird ein weiteres Mal gemessen. Das aufgefangene Wasser weist nun einen höheren pH- Wert auf.
4. Die Menge der gelösten Partikel wird geschätzt oder gezählt. Die Erhöhung des pH-Wertes deutet auf einen Verlust des basischen Zementleims und im Zusammenhang damit auf den Prozess der Verwitterung hin.

HINWEISE & TIPPS:

HASSENPFUG (1983: 33) führt an, dass kulturhistorisch bedeutsame Bauwerke und Fassaden nach dem gleichen Prinzip verwittern. In vereinfachter Form kann auch ein Marmorstück mit saurer Lösung versetzt werden. Der Lösungsprozess des kalkhaltigen Materials in Form von CO₂-Bildung kann beobachtet werden. Das Experiment kann im Wahlpflichtfach mit dem Experiment WPF E2 erweitert und vertieft werden.

5.3.12 Inversionswetterlage und Smoggefahr (E2)

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (BMBWF 2021: 162) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input checked="" type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Die SchülerInnen lernen anhand dieses Experiments die Inversionswetterlage kennen. Sie erkennen, dass eine Inversion den Vertikalaustausch von unterschiedlichen Gasen verhindert. Die Grenzschicht zwischen den Gasen (bzw. Flüssigkeiten im Versuch) kann gezeigt werden (vgl. RICHTER 1983: 35).

Die Gefahr von Inversionswetterlage hinsichtlich einer steigenden Konzentration an Schadstoffen in der Luft kann dabei thematisiert werden. Die kalte belastete Luft kann nicht aufsteigen. Anhand eines konkreten Beispiels kann den SchülerInnen die Smoggefahr verdeutlicht werden (z. B. mehrfacher Smogalarm der Stufe 1 in Berlin) (vgl. RICHTER 1983: 35).

Beschreibung des Experiments:
Inversionswetterlage und Smoggefahr

MATERIALIEN (vgl. RICHTER 1983: 36)

- ✓ Milch (kalt), Wasser
- ✓ Becherglas, Trichter
- ✓ Bunsenbrenner

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. RICHTER 1983: 36)

1. Wasser wird in ein Becherglas gefüllt.
2. Milch wird über den Trichter in das Wasser eingefüllt. Dies sollte turbulenzfrei erfolgen.
3. Die Milch breitet sich am Gefäßboden aus und bildet dort eine trübe Schicht.
4. Im zweiten Schritt kann durch einen Bunsenbrenner die simulierte Inversionswetterlage zerstört werden.

HINWEISE & TIPPS:

Falls kein Bunsenbrenner vorhanden ist, kann ein Teelicht oder ein Föhn zur Erwärmung der Flüssigkeiten herangezogen werden. Das Thema Smoggefahr kann mit dem Experiment zu Schwefeldioxid im Wahlpflichtfach erweitert werden (WPF E2).



Abbildung 10: Versuchsaufbau Inversion (eigene Darstellung)

5.3.13 Lärmverschmutzung (E3)

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“ (BMBWF 2021: 162) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input checked="" type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Die SchülerInnen erstellen eine eigene Lärmverschmutzungskarte. Dabei wird mit einer Schallmessungs-App an unterschiedliche Stellen der Lärmpegel gemessen. Die SchülerInnen überprüfen ihr eigenes Lärmempfinden. Sie erkennen, dass andauernder Lärm Stress verursachen kann und der Gesundheit damit schadet. In Hinblick auf einen handlungsorientierten Unterricht kann im Anschluss ein Gespräch mit der Bürgermeisterin / dem Bürgermeister vereinbart werden, um besonders laute Bereiche auf der Karte zu diskutieren und diese als Problem aufzuzeigen (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 96ff.).

Beschreibung des Experiments: Lärmverschmutzung

MATERIALIEN (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 104)

- ✓ Karte
- ✓ Stift
- ✓ Smartphone

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 104)

1. Es werden Karten vom jeweiligen Schulstandort ausgehändigt. Die Karte kann 200 m um die Schule herum erfassen.
2. Mithilfe einer Schallmessungs-App wird an unterschiedlichen Standorten der Lärmpegel gemessen.
3. Die Ergebnisse werden auf die Karte übertragen. Dabei kann der Frage nachgegangen werden, ob es besonders laute Bereiche auf der Karte gibt. Fall dies zutrifft, kann mit einem Schreiben an die Bürgermeisterin / den Bürgermeister auf dieses Problem aufmerksam gemacht werden.

HINWEISE & TIPPS:

Die Lehrperson kann die SchülerInnen auch dazu auffordern, ihre eigenen ausgedruckten Karten in den Unterricht mitzubringen (vgl. GOLSER-EBNER et al. 2021: 104)

5.3.14 Faltenbildung (F1)

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Geoökosystem der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input checked="" type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Die Schwierigkeit bei der Behandlung geodynamischer Themen liegt darin, dass sich einzelne Prozesse in zeitlichen und räumlichen Dimensionen abspielen, die eine unmittelbare Beobachtung unmöglich machen. Weiters sind viele Darstellungen oft abstrakt und wenig anschaulich (vgl. COLLMAR und SCHULER 2000: 14). Experimentelle Zugänge bieten eine Möglichkeit, die naturbedingte Erscheinung der Oberflächengestalt der Erde zu veranschaulichen. Der Vorgang der Faltung ist für SchülerInnen teilweise schwer vorstellbar. Es sind die Ergebnisse einer Verbiegung von Gesteinsschichten, die durch tektonische Prozesse ausgelöst werden. Das Experiment veranschaulicht unterschiedliche Typen von Faltenformen (u. a. stehende, schiefe Falte, liegende bzw. überkippte Falte). Durch den experimentellen Zugang können geodynamische Prozesse für SchülerInnen begreifbarer werden (vgl. SALZMANN 1987: 24). Die Experimente sind für die Sekundarstufe I konzipiert (vgl. SALZMANN 1987: 24), lassen sich aber auch in der Sekundarstufe II durchführen.

Beschreibung des Experiments: Faltenbildung

MATERIALIEN (vgl. SALZMANN 1987: 24)

- ✓ Teppichreste
- ✓ Stoffmuster oder Tücher
- ✓ Gewichte (Ziegelsteine, Eisenplatten, Fliesen)

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. SALZMANN 1987: 24)

4. Es werden Schichtpakete aus Stoffresten hergestellt, die sich aus 4 bis 8 gleich großen Stoffmustern zusammensetzen.
5. Diese werden waagrecht aufeinandergelegt und an beiden Enden durch Gewichte beschwert. Folgende Variationsmöglichkeiten können durchgeführt werden:
 - a. Es werden zwei Gewichte gleichmäßig aufeinander zugeschoben. Es bildet sich eine stehende Falte.
 - b. Eines der beiden Gewichte wird so geschoben, dass eine übergekippte Falte und eine schiefe Falte entstehen (vgl. Abb. 11).

HINWEISE & TIPPS:

SALZMANN (1987: 24) führt an, dass aus der Versuchsreihe Gesetzmäßigkeiten abgeleitet werden können. Ein gleichmäßiger Schub von beiden Seiten zeigt die Entstehung einer stehenden Falte. Ein leicht ungleichmäßiger Schub führt zu einer schief liegenden Falte, ein stark ungleichmäßiger Schub führt zu einer übergekippten Falte. Ein sehr starker ungleichmäßiger Schub führt zu einer überhobenen Falte (vgl. ebd.). Das Experiment kann mit dem Experiment F2 ergänzt werden.

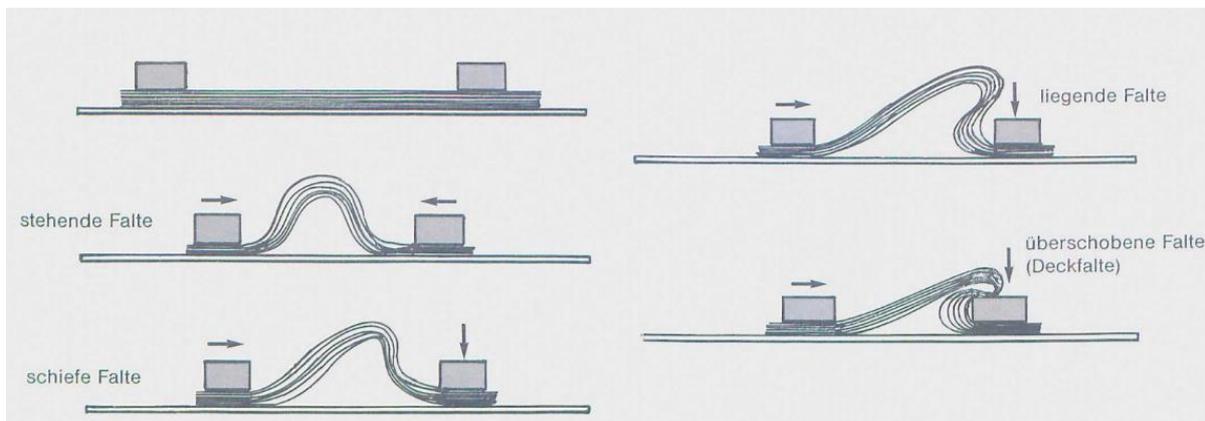


Abbildung 11: Versuchsaufbau Faltung (Quelle: SALZMANN 1987:25)

5.3.15 Konvektionsströme (F2)

| | | | |
|---|---|---|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 5. Klasse: „Geoökosysteme der Erde analysieren“ (BMBWF 2021: 162) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

COLLMAR und SCHULER (2000: 14) führen an, dass vor allem bei geodynamischen Themen (die sich in großen zeitlichen und räumlichen Dimensionen abspielen) Verständnisschwierigkeiten auftreten können. Zwei Modellexperimente zu geodynamischen Prozessen bieten eine Möglichkeit, Verständnisschwierigkeiten entgegenzuwirken. Abstrakte Prozesse werden simplifiziert. Raum und Zeit werden gestrafft (vgl. COLLMAR und SCHULER 2000: 14). Das Experiment (1) basiert auf dem YouTube-Video „Plate Tectonics – Heat Moves Matter“, das von FUNSCIENCEDEMOS (2014) aufgenommen wurde. Dieses wurde als Vorlage für die Beschreibung herangezogen. Der Link zum Video befindet sich im Literaturverzeichnis. Das Experiment (2) veranschaulicht konvergierend aufsteigende und an der Oberfläche divergierende Bewegungen eines Mediums. Das daraus resultierende Auseinanderdriften von Krustenteile kann anhand des Modells gezeigt werden (vgl. SALZMANN 1987: 25-26).

Beschreibung des Experiments (1): Konvektionsströme

MATERIALIEN: (vgl. FUNSCIENCEDEMOS 2014)

- ✓ Milch, Kakao
- ✓ Heizplatte
- ✓ Sieb

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. FUNSCIENCEDEMOS 2014)

1. Die Pfanne wird auf die Heizplatte gestellt und mit ca. 0,5 L Milch gefüllt.
2. Mit einem Sieb wird das Kakaopulver sanft auf der Milch verteilt, damit sich eine Kakaoschicht bildet. Es werden ca. 400 g Kakaopulver benötigt.
3. Nun wird die Heizplatte eingeschaltet und die Milch auf mittlerer Stufe erhitzt. Die Kakaoschicht stellt die Erdkruste dar.
4. Nach ein paar Minuten sind erste Risse in der Kakaokruste erkennbar, die mit der Zeit immer größer werden. Mit steigender Temperatur beginnt die Milch zu kochen. Es bilden sich „Kakaoplatten“.

HINWEISE & TIPPS:

Zusätzlich können Bilder von den Kontinenten auf die entstandenen Kakaoplatten gelegt werden. Damit das Experiment funktioniert, muss die Milch *sehr langsam* erhitzt werden.



Abbildung 12: Versuchsaufbau Plattentektonik (eigene Darstellung)

Beschreibung des Experiments (2): Konvektionsströme

MATERIALIEN: (vgl. SALZMANN 1987: 25)

- ✓ Kork- oder Kunststoffplatten
- ✓ Sägemehl
- ✓ Tauchsieder
- ✓ Wanne (Volumen ca. 4-6 Liter)
- ✓ Wasser

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. SALZMANN 1987: 25-26)

1. In ein mit Wasser befülltes Becken wird Sägemehl gegeben. Dadurch können die Wasserbewegung besser beobachtet werden.
2. Ein Tauchsieder wird als Wärmequelle in die Mitte des Beckenbodens eingeführt und eingeschaltet. Die am Boden konvergierenden und an der Oberfläche divergierenden Wasserbewegungen können beobachtet werden.
3. Nun werden zwei Korkplatten oder Kunststoffplatten in die Wanne gegeben. Der Tauchsieder, der in der Mitte des Beckens platziert wurde, verursacht nun das Auseinanderdriften der beiden Platten.

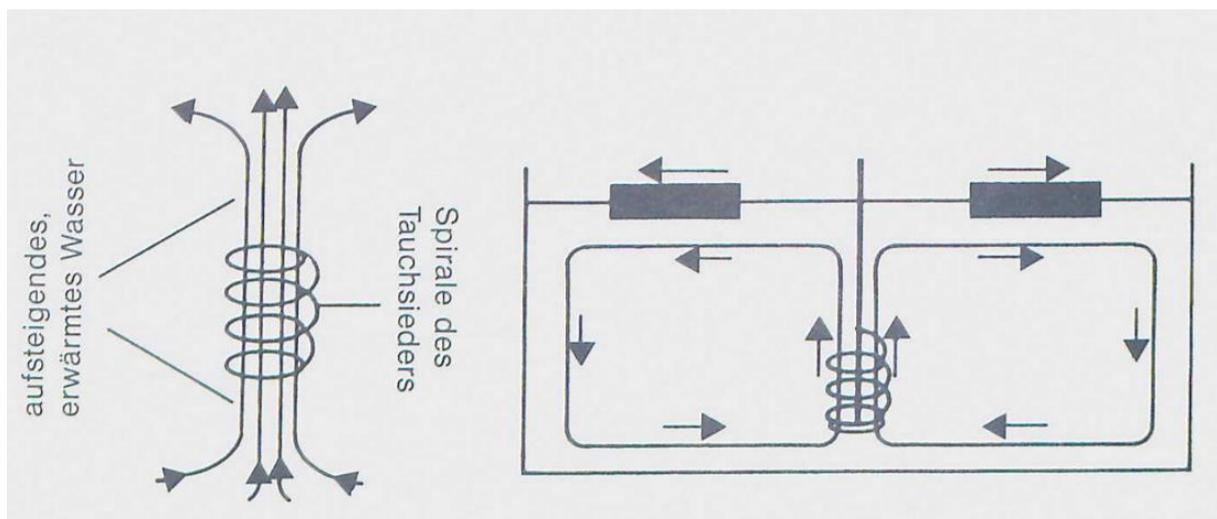


Abbildung 13: Versuchsaufbau Konvektionsströme (Quelle: SALZMANN 1987: 26)

5.4 Experimente für das Wahlpflichtfach

5.4.1 Analyse von Bodenproben (WPF A1)

| | | | |
|---|--|---|---|
| <i>Experimentelle Arbeitsform: Untersuchung</i> | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (BMBWF 2021: 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input type="checkbox"/> | | Langzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Diese Untersuchung bietet die Möglichkeit, die Bodenart, den Kalkgehalt sowie den pH-Wert von unterschiedlichen Bodenproben zu ermitteln. Durch dieses Experiment wird der mikroskopische Bereich geöffnet (vgl. HARBACH 1986: 26). Die SchülerInnen lernen, dass der pH-Wert direkten Einfluss auf die Entstehung und Entwicklung des Bodens sowie die ökologischen Faktoren (Nährstoffverfügbarkeit, biologische Aktivität, toxische Wirkung) hat. Die Ermittlung des Kalkgehalts ist von Bedeutung, da der Kalkgehalt eines Bodens die Pflanzenverbreitung maßgeblich beeinflusst (vgl. BICSAN und WURDINGER 1987b: 38). Die Bodenuntersuchungen sind von Vorteil, wenn landwirtschaftliche oder landschaftsökologische Fragestellungen im Fokus stehen. Das praktische Arbeiten (z. B. Aufschließen eines Bodenprofils) ermöglicht, den Boden im wahrsten Sinne des Wortes zu „begreifen“ (vgl. FRAEDRICH 2005: 35).

FÄCHERVERBINDENDES POTENZIAL:

Aufgrund der Auseinandersetzung mit dem pH-Wert und dem Kalkgehalt bietet das Experiment die Möglichkeit für einen fächerübergreifenden Unterricht mit dem UF Chemie. Säure-Basereaktionen werden im Chemieunterricht in der 6. Klasse erarbeitet (vgl. BMBWF 2021: 181). In der 7. Klasse kann auf das Fachwissen der 6. Klasse zurückgegriffen werden. Das Experiment kann mit dem Experiment WPF A4 kombiniert werden.

Beschreibung des Experiments: Bodenartbestimmung

MATERIALIEN: (vgl. FRAEDRICH 2005: 36)

- ✓ Pürkhauer-Bohrstock
- ✓ Spatel
- ✓ Bodenproben von unterschiedlichen Äckern/Regionen

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. FRAEDRICH 2005: 37)

1. Im ersten Schritt wird ein Bodenprofil aufgeschlossen, indem mit einem Pürkhauer-Bohrstock einen Meter gebohrt wird.
2. Die Bodenartbestimmung erfolgt mittels Fingerprobe. Dazu werden sieben Schritte durchgeführt (siehe Tabelle 6)

Tabelle 7: Bodenartbestimmung mit Fingerprobe (Datengrundlage: FRAEDRICH 2005: 37)

| |
|--|
| <p>1. Schritt</p> <p>Probe zwischen Handtellern zu bleistiftdicker Wurst ausrollen</p> <p>a) nicht ausrollbar, zerfällt: Gruppe der Sande (weiter mit Schritt 2 und 3)</p> <p>b) ausrollbar: Gruppe der sandigen Lehme, Lehme und Tone (weiter mit Schritt 4 – 7)</p> |
| <p>2. Schritt</p> <p>Überprüfung der Bindigkeit zwischen Daumen und Zeigefinger</p> <p>a) nicht bindig: Sand</p> <p>b) bindig: stark lehmiger Sand</p> |
| <p>3. Schritt</p> <p>Die Probe wird auf der Handfläche zerrieben</p> <p>a) in den Handlinien kein toniges Material vorhanden: Sand</p> <p>b) in den Handlinien ist toniges Material vorhanden: schwach lehmiger Sand</p> |
| <p>Schritt 4</p> <p>Probe wird zu einer Wurst mit halber Bleistiftlänge ausgerollt</p> <p>a) nicht ausrollbar: stark sandiger Lehm</p> <p>b) ausrollbar: sandiger Lehm oder Ton</p> |
| <p>Schritt 5</p> <p>Probe wird zwischen Daumen und Zeigefinger in der Nähe des Ohrs gequetscht</p> <p>a) starkes Knirschen: sandiger Lehm</p> <p>b) kein / schwaches Knirschen: Lehm oder Tone</p> |

Schritt 6

Gleitfläche der Quetschprobe beurteilen

- a) Gleitfläche stumpf: Lehm
- b) Gleitfläche glänzend: Ton

Schritt 7

Überprüfung von etwas Erde zwischen den Zähnen

- a) Knirschen: lehmiger Ton
- b) erscheint eher butterartig: Ton

HINWEISE & TIPPS:

Das Aufschließen eines Bodenprofils erfolgt mit einem Pürkhauer-Bohrstock, der im Fachhandel gekauft werden kann. Da die Anschaffung sehr teuer ist, empfiehlt sich die Zusammenarbeit mit einem bodenkundlichen Institut oder mit einem Landwirtschaftsamt. Alternativ kann auch mit einem Spaten ein Profil freigegeben werden, jedoch ist dies weitaus aufwändiger (vgl. FRAEDRICH 2015: 36). Weiters können zum Vergleich Bodenproben von unterschiedlichen Äckern und Regionen gesammelt und untersucht werden.

Beschreibung des Experiments: pH-Wert

MATERIALIEN: (vgl. LETHMATE 1986: 36)

- ✓ Glastrichter, Filterpapier
- ✓ Bodenprobe und destilliertes Wasser
- ✓ pH-Meter

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. LETHMATE:1986: 36, vgl. HARBACH 1986: 33)

1. Mehrere Bodenproben werden zu einer Mischprobe vereinigt und gründlich gemischt (bei Waldbodenproben aus mehreren Horizontlagen mischen, da der pH-Wert mit der Tiefe des Waldbodens zunimmt).
2. 10 g Boden werden mit 10 ml destilliertem Wasser zu einem Bodenbrei vermischt (Mischungsverhältnis 1:1 – bei feuchten Böden, bei weniger feuchten Bodenproben: Mischungsverhältnis 1:2,5).
3. Die Mischung wird verrührt und mittels pH-Meter gemessen. Dazu wird die Elektrode ca. 2 cm tief in die Lösung getaucht und der pH-Wert abgelesen. Die Elektrode wird mit destilliertem Wasser abgespült.

Beschreibung des Experiments: Kalkgehalt

MATERIALIEN: (vgl. FRAEDRICH 2005: 36-37)

- ✓ Verdünnte Salzsäure (10%ige)
- ✓ Uhrglas, Teelöffel, Bodenproben

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. FRAEDRICH 2005: 36-37)

1. Ein Teelöffel einer trockenen Bodenprobe wird auf ein Uhrglas gegeben. An den Rand der Probe wird ein Tropfen Salzsäure hinzugegeben.
2. Der Grad des Aufbrausens wird beobachtet. (vgl. Tabelle 7)

Tabelle 8: Abstufungen des Kalkgehalts (Datengrundlage: FRAEDRICH 2005: 37)

| Beobachtung | Kalkgehalt |
|---|-------------------|
| Kein sichtbares/hörbares Aufbrausen feststellbar | Kein Kalk |
| Kein sichtbares Aufbrausen, jedoch dicht am Ohr ist ein hörbares Zischen zu vernehmen | Kalkanteil < 1% |
| Schwaches, nicht anhaltendes Aufbrausen | Kalkanteil 1-2% |
| Deutliches, nicht anhaltendes Aufbrausen | Kalkanteil 2-4% |
| Starkes, langanhaltendes Aufbrausen | Kalkanteil > 5% |

5.4.2 Bodenverunreinigung & Auswirkungen auf Bodenorganismen (WPF A2)

| | | | |
|---|---|---|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Experiment | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 6. Klasse: „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ (BMBWF 2021 163) 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (ebd.: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Dieses Experiment zeigt die schädliche Wirkung von Substanzen (wie beispielsweise Streusalz und Öl) auf den Boden und die Bodenorganismen (vgl. NIEMZ 1979b: 201). Das erste Experiment zeigt eine einfache Versuchsdurchführung zur Bodenverschmutzung, die auch in der Sekundarstufe I durchgeführt werden kann. Verseuchungen des Bodens durch Erdöl oder Altöl sind fast überall zu finden und wirken auf Organismen hochtoxisch (vgl. EILERS-BORN 1990: 16-17). Der GW-Unterricht verfolgt das Ziel, gesellschaftliches Interesse als Ursache ökologischer Probleme zu erkennen (vgl. BMBWF 2021: 164). Negative Auswirkungen von menschlichem Handeln auf die Umwelt werden bei diesem Versuch sichtbar. Das zweite Experiment zeigt die Reaktion von Bodenorganismen und deren Verhalten durch den Eintrag von Substanzen wie beispielsweise Öl und Salz. Das Experiment kann je nach Belieben mit anderen Schadstoffen erweitert werden (vgl. NIEMZ 1979b: 201).

FÄCHERVERBINDENDENES POTENZIAL:

Das Experiment bietet die Möglichkeit für einen fächerverbindenden Unterricht mit dem UF Biologie. Aus dem Lehrplan geht hervor, dass der Biologieunterricht das Ziel verfolgt, Auswirkungen menschlicher Aktivität auf Ökosysteme zu erkennen (vgl. BMBWF 2021: 164). Der Biologieunterricht kann auf die Bedeutung der Bodenorganismen und deren spezifische Tätigkeiten eingehen. NIEMZ empfiehlt (1979b: 201) dazu, die positive Wirkung von Regenwürmern durch weitere Versuche zu belegen. Ein fächerverbindender Unterricht kann ein Bewusstsein für den achtsamen Umgang mit der Ressource Boden schaffen.

Beschreibung des Experiments:
Überprüfung von Bodenproben auf Verunreinigung

MATERIALIEN: (vgl. EILERS-BORN 1990: 16)

- ✓ Handschaufel / Messer
- ✓ ölverunreinigte Bodenprobe
- ✓ Standzylinder, Glasstab

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. EILERS-BORN 1990: 16)

1. Mehrere Bodenproben werden von Parkplätzen entnommen
2. Die Bodenprobenentnahme kann mit den SchülerInnen gemeinsam oder vor Unterrichtsbeginn erfolgen.
3. Die Proben werden von Blattresten befreit und in einen Standzylinder gegeben.
4. Dieser wird mit Wasser befüllt und mit einem Glasstab umgerührt. Das Öl sammelt sich an der Oberfläche.

Beschreibung des Experiments:

Bodenverunreinigung und die Auswirkungen auf Bodenorganismen

MATERIALIEN: (vgl. NIEMZ 1979b: 201)

- ✓ Balkonblumenkasten
- ✓ Fünf Pappe/Holzstücke (= Trennwände)
- ✓ Bodenproben, Salz und Öl
- ✓ Regenwürmer
- ✓ Plastikfolie und Bindfäden

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. NIEMZ 1979b: 201)

1. Fünf Trennwände werden in einen Balkonblumenkasten eingesetzt. Die Trennwände müssen aus starker Pappe oder Holz sein und mit dem Kastenrand oben abschließen.
2. In die einzelnen Fächer werden nun unterschiedliche (feuchte) Bodenproben gegeben. Diese können mit Öl bzw. mit Salz versetzt werden. Ein Fach sollte jedoch eine Bodenprobe enthalten, die nicht kontaminiert ist.
3. In die einzelnen Fächer/Bodenproben werden nun Regenwürmer gegeben. Die Trennwände werden herausgezogen. Der Kasten wird mit Plastikfolie verschlossen.
4. In der nächsten Einheit wird der Kasten umgedreht und die Bodenproben vorsichtig ausgeschüttet. Die Verteilung der Regenwürmer auf die Bodenproben wird ermittelt.

5.4.3 Wasserspeicherkapazität des Bodens (WPF A3)

| | | | |
|---|--|--|---|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Experiment | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (BMBWF 2021: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input checked="" type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Das Experiment widmet sich der Korngrößenverteilung des Bodens und der damit verbundenen Wasserspeicherkapazität. Das Ziel des Experiments ist, der Frage nach dem Wasserspeichervermögen unterschiedlicher Bodenproben nachzugehen und vor diesem Hintergrund Rückschlüsse für die Eignung unterschiedlicher Bodenproben für die landwirtschaftliche Nutzung zu ziehen. Die SchülerInnen lernen den Begriff „nutzbare Feldkapazität“ kennen und können diese zur Bewertung von Böden für die landwirtschaftliche Nutzung einsetzen. Weiters lernen die SchülerInnen (über das Experiment hinaus) Begrifflichkeiten wie Haftwasser, Totwasser, Adsorptionskräfte bzw. Kapillarkräfte etc. kennen (vgl. WIENKE und HARNISCHMACHER 2017b: 66-67). Das Experiment kann mit unterschiedlichen Proben durchgeführt werden.

FÄCHERVERBINDENDES POTENZIAL:

Dieses Experiment eignet sich für einen fächerübergreifenden Unterricht mit dem UF Biologie. In der fünften Klasse des Lehrplans Biologie liegt der Schwerpunkt unter anderem auf dem Thema „Formen der Landwirtschaft“ (BMBWF 2021: 175). Welternährung, Ökologie und Nachhaltigkeit sind drei Aspekte, die der Biologielehrplan zur Behandlung im Unterricht fordert (vgl. ebd.). Die Aspekte lassen sich anhand des Experiments und in Zusammenarbeit mit dem GW-Unterricht erarbeiten. Weiters kann der Biologieunterricht vertiefende Fachkenntnisse zu Begriffen wie beispielsweise der Porengröße, dem Porenvolumen und der Kapillarkwirkung des Bodens liefern.

Beschreibung des Experiments: Wasserspeicherkapazität des Bodens

MATERIALIEN: (vgl. WIENKE und HARNISCHMACHER 2017b: 66)

- ✓ Plastikblumentöpfe, Bechergläser bzw. Trinkgläser
- ✓ Messerbecher, Kaffeefilter
- ✓ Bodenproben: Aquarienkies (Feinkies), Vogelsand (Fein- bis Grobsand), torffreie Blumenerde (toniger Sand mit Hummus)

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. WIENKE und HARNISCHMACHER 2017b: 66ff.)

1. Drei Plastikblumentöpfe werden mit Bodenproben gefüllt und in ein Trinkglas (= Auffanggefäß) gestellt.
2. Jeder Blumentopf wird mit einer definierten Menge Wasser (z. B. 90 ml) gefüllt. Nun wird gewartet, bis der letzte Tropfen Wasser im Auffangglas aufgefangen wird.
3. Das Volumen des anfangs eingefüllten Wassers wird mit dem Volumen des aufgegangenen Wassers verglichen. Die Differenz des Volumens wird ermittelt.
4. Das Differenzvolumen ist beim Aquarienkies am kleinsten, bei der Blumenerde am größten. Die SchülerInnen erkennen, dass das Wasserspeichervermögen bei grobkörnigen Substraten geringer ist als bei feinkörnigen Substraten.
5. Die Feldkapazität (= maximale Haftwassermenge in Vol.-%) wird ermittelt. Dazu wird der Quotient aus dem ermittelten Differenzvolumen und dem Volumen des Plastiktopfs berechnet und mit 100 multipliziert: $\frac{\text{Differenzvolumen (Haftwasser)}}{\text{Bodenvolumen}} \times 100 = \text{Feldkapazität (Vol.-%)}$
6. Abschließend bietet sich ein Vergleich mit den Werten der Tabelle an, um den Begriff der „nutzbaren Feldkapazität“ einzuführen. Die Eignung unterschiedlicher Korngrößenzusammenhänge für landwirtschaftliche Nutzung soll dadurch erläutert werden.

Tabelle 9: Feldkapazität und nutzbare Feldkapazität in Vol.-% (Datengrundlage: WIENKE und HARNISCHMACHER 2017: 67)

| Korngrößenfraktion | Korngrößendurchmesser | Feldkapazität | Nutzbare Feldkapazität |
|--------------------|-----------------------|---------------|------------------------|
| Sand | > 0,06 – 2 mm | 11 | 7 |
| Schluff | > 0,002 – 0,06 mm | 38 | 26 |
| Ton | ≤ 0,002 mm | 43 | 13 |

5.4.4 Nachweis von Nitrat im Blattgemüse (WPF A4)

| | | | |
|---|--|--|---|
| <i>Experimentelle Arbeitsform: Untersuchung</i> | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (BMBWF 2021: 164) 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (ebd.) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input checked="" type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Die SchülerInnen lernen einen Nachweis von Nitrat in Gemüsesorten kennen und werden mit Nitratgrenzwerten unterschiedlicher Gemüsesorten vertraut. Sie erkennen, dass mit einer verstärkten Aufnahme von Nitrat, das Gesundheitsrisiko wächst (Bildung von Nitrosaminen, Säuglings-Methämoglobinämie). Die Messergebnisse können zu Diskussionen über die Auswirkungen eines erhöhten Nitratgehalts im Boden und dessen Einfluss auf den Menschen anregen und ein Bewusstsein für das Gesundheitsrisiko schaffen. Ein erhöhtes Angebot (durch z. B. unsachgemäße Düngung des Bodens) kann zu einer erhöhten Nitrataufnahme der Pflanzen führen (vgl. DENTER 1987: 18-19). Untersucht werden sowohl Biogemüsesorten als auch Gemüsesorten aus konventioneller Landwirtschaft.

FÄCHERVERBINDENDES POTENZIAL:

Eine Zusammenarbeit zwischen dem Unterrichtsfach GW und Chemie ist sinnvoll (vgl. DENTER 1987: 20). Der Lehrplan Chemie sieht schon in der Sekundarstufe I eine Auseinandersetzung mit Dünge- und Pflanzenschutzmittel vor (vgl. BMBWF 2021: 94) und behandelt anthropogene und natürliche Stoffkreisläufe (vgl. ebd.: 181). Das UF Chemie kann die notwendige naturwissenschaftliche Basis für die Auseinandersetzung mit den Messergebnissen bieten. Die Untersuchung bezieht sich weiters auf das Basiskonzept „Nachhaltigkeit und Lebensqualität“. Dabei werden Überlegungen angestellt, wie das fragile Mensch-Umwelt-System in eine gewünschte Balance gebracht werden kann (vgl. ebd.: 160).

Beschreibung des Experiments:
Nachweis von Nitrat im Blattgemüse

MATERIALIEN: (vgl. DENTER 1987: 21)

- ✓ (Bio-) Gemüse (z. B. Sellerie, Karotten, Rucola, Lauch, Kopfsalat)
- ✓ Haushaltspresse
- ✓ Nitratteststäbchen (Merckoquant – Firma Merck)

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. DENTER 1987: 21)

1. Das Gemüse, beispielsweise die Karotte, wird in kleine Stücke geschnitten und mit einer Haushaltspresse gepresst.
2. Das Teststäbchen wird für 1-2 Sekunden in den Karottensaft getaucht. Nach ca. 2 Minuten kann die Farbe auf dem Teststreifen mit der Farbskala auf der Merckoquantdose verglichen und der Nitratgehalt (in mg/l) abgelesen werden.
3. Abbildung 14 zeigt die Messergebnisse von Sellerie, Lauch und Karotte. Der linke Teststreifen zeigt die Nitratwerte von Gemüse aus konventioneller Landwirtschaft, der rechte Teststreifen die Nitratwerte von Gemüse aus biologischer Landwirtschaft.

HINWEISE & TIPPS:

Anstatt der Haushaltspresse kann auch ein Nudelwalker verwendet werden. Für die Untersuchung kann Suppengemüse (Biosuppengemüse und normales Suppengemüse) gekauft werden. Dieses enthält mehrere unterschiedliche Gemüsesorten (Sellerie, Lauch etc.)

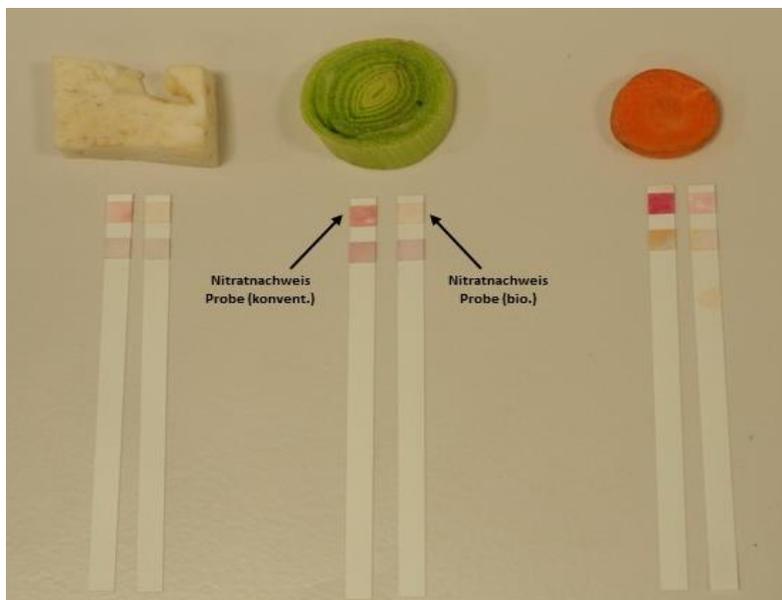


Abbildung 14: Messergebnisse unterschiedlicher Gemüsesorten (eigene Darstellung)

5.4.5 Analytische Untersuchung von Wasserproben (WPF B1)

| | | | |
|---|--|--|---|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021:164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input checked="" type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Die SchülerInnen lernen unterschiedliche Parameter zur Überprüfung von Wasserproben kennen. In dieser Untersuchung werden Methoden und Versuche vorgestellt, um den Grad und die Art der Belastung von Gewässern zu messen. Anschauungen und das praktische Arbeiten schaffen Problembewusstsein und können Engagement fördern (vgl. NOLL 1983: 57). Anhand der Ergebnisse der Untersuchungen können die Parameter zur Diskussion der Eutrophierung eines Gewässers anregen. Weiters hat die Untersuchung zum Ziel das vernetzende Denken zwischen den Fächern GW und Chemie zu fördern.

FÄCHERVERBINDENDES POTENZIAL:

Eine Zusammenarbeit zwischen dem Unterrichtsfach Chemie und GW ist bei diesem Experiment sinnvoll. Der Lehrplan des Unterrichtsfachs Chemie fordert: „Ausgewählte chemische Analysemethoden durchführen und die Ergebnisse interpretieren“ (BMBWF 2021: 181). Die Analyse kann anhand der Untersuchung eines Gewässers erfolgen. Die Bedeutung des Sauerstoffs, Phosphats etc. für ein Gewässer kann anhand der Ergebnisse der Untersuchungen diskutiert werden. Dabei kann der Begriff „Eutrophierung“ erläutert werden.

Beschreibung des Experiments:
Analytische Untersuchung von Wasserproben

MATERIALIEN: (vgl. MERCK 2019)

Analysekoffer (Kompaktlabor für Wasseruntersuchungen – MQuant®)

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG:

1) **Probennahme:**

Wasserproben sollten an verschiedenen Stellen und aus verschiedenen Tiefen entnommen werden. Die Proben werden in eine dicht verschlossene Glas- oder Kunststoffflasche gefüllt. Einzelproben können aus einer Wassertiefe aus 20 – 50 cm entnommen werden. Es wird empfohlen zu Beginn den Behälter mit dem zu prüfenden Wasser zu spülen. Anschließend wird der Behälter mit Wasser gefüllt und (luftblasenfrei) verschlossen (vgl. MERCK 2019: 49).

2) **Temperaturmessung:**

Das Thermometer wird in die Probe getaucht. Die Temperatur wird erst dann abgelesen, wenn sich die angezeigte Temperatur nicht mehr ändert (vgl. ebd.: 64).

3) **Nitritnachweis:**

5 ml einer Wasserprobe werden in ein Testglas gegeben (=Messprobe). Ein weiteres Testglas dient als Blindprobe. Zur Messprobe werden 5 Tropfen des NO₂-1-Reagenz und 1 Mikrolöffel des NO₂-2-Reagenz hinzugefügt. Die Probe wird kräftig geschüttelt, bis das Reagenz vollständig gelöst ist. Die Testgläser (Messprobe und Blindprobe) werden in den Schiebekomparator eingesetzt. Dieser wird auf die Farbkarte gesetzt. Nun wird 1 Minute gewartet und anschließend der Komparator auf der Farbskala verschoben, bis die Farben bestmöglich übereinstimmen. Die Messwerte (mg/l NO₂⁻) werden auf der Farbskala abgelesen (vgl. ebd.: 57).

4) **Nitratnachweis:**

5 ml einer Wasserprobe werden in ein Testglas gegeben (=Messprobe). Ein weiteres Testglas dient als Blindprobe. Zur Messprobe werden 2 gestrichene grüne Mikrolöffel (im Deckel der NO₃-1-Flasche enthalten) hinzugefügt. Das Testglas wird fest verschlossen und 1 Minute kräftig geschüttelt. Die Testgläser (Messprobe und Blindprobe) werden in den Schiebekomparator eingesetzt, dieser wird auf die Farbkarte gesetzt. Nun wird 5 Minuten gewartet und anschließend der Komparator auf der Farbskala verschoben, bis die Farben bestmöglich übereinstimmen. Die Messwerte (mg/l NO₃⁻) werden auf der Farbskala abgelesen (vgl. ebd.: 56).

Hinweise und Tipps für Nitratnachweis:

Bei der Nitratbestimmung muss die miterfasste Nitritkonzentration berücksichtigt werden (Nitritkonzentrationen über 0,5 mg/L werden miterfasst). Der bedingte Fehler kann wie folgt korrigiert werden (vgl. ebd.: 56).

$$\text{Tatsächlicher Nitratgehalt} = \text{Messerwert Nitrat} - (1,35 \times \text{Messwert Nitrit})$$

5) pH-Wert Messung:

5 ml einer Wasserprobe werden in ein Testglas gegeben (= Messprobe). Ein weiteres Testglas dient als Blindprobe. Zur Messprobe werden 2 Tropfen des pH-1-Reagenz hinzugefügt. Die Probe wird verschlossen und kräftig geschüttelt. Die Testgläser (Messprobe und Blindprobe) werden in den Schiebekomparator eingesetzt. Der Komparator wird auf der Farbskala verschoben, bis die Farben bestmöglich übereinstimmen. Der pH- Wert wird auf der Farbskala abgelesen (vgl. ebd.: 58).

6) Phosphatnachweis:

5 ml einer Wasserprobe werden in ein Testglas gegeben (=Messprobe). Ein weiteres Testglas dient als Blindprobe. Zur Messprobe werden 5 Tropfen des PO₄- 1- Reagenz und 1 Mikrolöffel des PO₄- 2- Reagenz hinzugefügt. Die Probe wird verschlossen und kräftig geschüttelt, bis das Reagenz vollständig gelöst ist. Nun wird 2 Minuten gewartet. anschließend das Testglas auf den weißen Bereich neben den Farbfeldern der Farbkarte gestellt (Farbabgleich). Die Messwerte (mg/l PO₄⁻) werden auf der Farbskala abgelesen (vgl. ebd.: 59).

Hinweise und Tipps für Phosphatnachweis:

Bei der Phosphatbestimmung muss der pH- Wert der Probe im Bereich zwischen 5-8 liegen. Daher muss der pH- Wert, falls notwendig, mit Natronlauge bzw. Schwefelsäure eingestellt werden (vgl. ebd.: 59).

7) Sauerstoffbestimmung:

Die Sauerstoffreagenzflasche wird mit einer Wasserprobe bis zum Überlaufen aufgefüllt (luftblasenfrei). Die Flasche wird während der Zugabe der 5 Tropfen des O₂-1-Reagenz senkrecht gehalten. Weitere 5 Tropfen des O₂-2-Reagenz werden hinzugefügt (Reagenz wird senkrecht gehalten). Die Flasche wird mit einem Schliffstopfen luftblasenfrei verschlossen und 10 Sekunden geschüttelt. Nun wird 1 Minute gewartet. Es folgen 10 Tropfen des O₂-3-Reagenz. Die

Flasche wird ein weiteres Mal mit einem Schliffstopfen luftblasenfrei verschlossen und gut geschüttelt (vgl. ebd.: 61).

Nun wird das Testglas mehrmals mit der Probe- Reagenz- Mischung gespült. 5 ml der Probe- Reagenz- Mischung werden in das Testglas gefüllt (Spritze). Ein Tropfen des O₂-3-Reagenz wird hinzugefügt und das Testglas geschwenkt. Die Lösung verfärbt sich (je nach Sauerstoffgehalt) violett / blau (vgl. ebd.: 61).

Nun erfolgt die Titration: Die Titrierpipette wird auf die O₂-5-Reagenzflasche aufgesetzt. Der Stempel der Titrierpipette wird langsam herausgezogen, bis der untere Rand der Stempeldichtung mit der Nullmarkierung der Skala übereinstimmt. Die Titrierpipette wird nun herausgenommen. Nun wird die Titrierlösung langsam unter Umschwenken zur Probe hinzugefügt, bis sich diese vollständig entfärbt hat. Kurz vor dem Umschlagpunkt soll nach jeder Tropfenzugabe einige Sekunden gewartet werden. Am unteren Rand der Stempeldichtung kann der Messerwert in mg/l O₂ auf der Skala der Titrierpipette abgelesen werden (vgl. ebd.: 61).

Hinweise und Tipps für Sauerstoffbestimmung:

Die Proben sollten sofort nach der Probennahme analysiert werden. Falls nach der beendeten Titration erneut eine Blaufärbung auftritt, so wird dies nicht berücksichtigt. Die Titrierpipette sollte nach dem Füllen nicht fest auf die Reagenzflasche aufgesetzt werden. Die restliche Titrierlösung kann nach der Titration wieder in die O₂-5-Reagenzflasche gefüllt werden (vgl. ebd.: 62).

HINWEISE & TIPPS:

Für die Wasseranalyse können unterschiedliche Wasserproben herangezogen werden, wie beispielsweise Quellwasser, Teichwasser, Mineralwasser etc. Anschließend an die Untersuchung kann das Experiment zur Kläranlage durchgeführt werden.

Die Proben sollten vor Ort analysiert werden, da physikalische, chemische und biologische Prozesse die Konzentrationen der Inhaltsstoffe in kürzester Zeit verändern können (vgl. ebd.: 49).

Weiters können noch die Bestimmungen zur Gesamthärte sowie die Bestimmung zum Ammoniumgehalt durchgeführt werden. Alle Anleitungen befinden sich in der Bedingungsanleitung des Analysekkoffers, der für die Untersuchung notwendig ist. In der Bedienungsanleitung finden sich überdies hinaus Hilfstabellen und Grenzwerte, die für den Unterricht herangezogen werden können (vgl. MERCK 2019).

5.4.6 Biologische und chemische Stufe der Kläranlage (WPF B2)

| | | | |
|---|---|---|---|
| <i>Experimentelle Arbeitsform:</i> Untersuchung | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input checked="" type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG

Die SchülerInnen lernen die biologische und chemische Funktion einer Kläranlage kennen. Sie erkennen, dass in einem belüfteten Glas den Mikroorganismen Sauerstoff zugeführt wird, und dadurch mehr organische Substanz abgebaut werden kann als in einem Glas, das lediglich offensteht. Der aerobe Abbauvorgang wird in einer Kläranlage u. a. durch die Belüftung von Belebtschlamm im Belüftungsbecken erzielt (vgl. NOLZEN 1979: 18). Durch diesen Versuch kann auch Einsicht in die biologische Selbstreinigung von Flüssen und Seen gewonnen werden und auf die Eutrophierung von Gewässern eingegangen werden. Die SchülerInnen sollen verstehen, dass Flüsse durch ihre größeren Strömungen und Turbulenzen mehr Sauerstoff aus der Luft aufnehmen als Seen. Beim biologischen Abbau von organischen Substanzen fallen Nährsalze an, die durch das durchströmende Wasser entfernt werden (vgl. NOLZEN 1979: 181).

In diesem Versuch wird kein durchströmendes Wasser gezeigt, was zur Folge hat, dass sich die Nährsalze (die durch den Abbau der verwendeten Kondensmilch entstehen) anhäufen. In dem vorliegenden Versuch wird die Kondensmilch zwar mehrmals hintereinander abgebaut, dennoch endet ab einem gewissen Zeitpunkt die Reinigungskraft. Die Nährsalze häufen sich soweit an, dass bei einem bestimmten Zeitpunkt die Konzentration der Nährsalze für die Mikroorganismen (die für den biologischen Abbau zuständig sind) tödlich ist. Ihre Wirkung bleibt dann aus. Die SchülerInnen erkennen, dass fließendes/ durchströmendes Wasser den reinigenden Prozess einer Kläranlage und eines Flusses möglich macht, da die Nährsalze abtransportiert werden. Dadurch verstehen die SchülerInnen auch, dass Seen (im Gegensatz zu Flüssen)

Nährsalze nur sehr langsam abtransportieren. Der Vorgang der Eutrophierung kann von der Lehrperson aufgegriffen werden (vgl. ebd.).

Neben der biologischen Reinigung der Kläranlage wird den SchülerInnen auch die chemische Stufe der Kläranlage gezeigt. Der Versuch zeigt, wie durch eine Fällungsreaktion das Phosphat dem Wasser entzogen wird. Weiters soll den SchülerInnen die Bedeutung des Phosphats für das Pflanzenwachstum näher gebracht werden. Phosphat stellt den limitierenden Faktor für das Pflanzenwachstum dar (d.h. denjenigen Stoff, dessen Fehlen die Produktion von organischen Substanzen begrenzt). Die SchülerInnen erkennen, dass bei einem erhöhten Phosphateintrag (beispielsweise durch Düngemittel) das Pflanzenwachstum stark angeregt wird. Ein weiteres Mal kann an den Prozess der Eutrophierung angeknüpft werden (ebd.). Da bei diesem Versuch mit Chemikalien (Natriumhydrogenphosphat, Kaliumphosphat, Eisen(III)-chlorid-Lösung) hantiert wird, ist es sinnvoll, eine Chemiefachkraft heranzuziehen und die Experimente im Chemiesaal durchzuführen. Sicherheitsvorkehrungen wie Schutzbrille und Schutzmäntel sollen für die SchülerInnen bereitgestellt werden.

FÄCHERVERBINDENDEN POTENZIAL:

Eine Zusammenarbeit zwischen dem Unterrichtsfach Chemie und GW ist bei diesem Experiment sinnvoll. „Das Wasser gehört seit jeher im Rahmen der verschiedensten Themen zum festen Bestandteil des Geographieunterrichts“ (NOLZEN 1979: 172). Auch der Chemielehrplan fordert grundlegende Kenntnisse über die Funktion und Vernetzung natürlicher und menschlicher Stoffkreisläufe zu vermitteln (vgl. BMBWF 2021: 181). „Probleme der Wasserversorgung und den menschlichen Einfluss auf den Wasserkreislauf erfordern zu ihrem Verständnis ein Grundwissen über das Vorkommen und die Bewegung von Wasser“ (NOLZEN 1979: 172). Mittels des chemischen Basiswissens kann dieses grundlegende Verständnis unterstützend aufgebaut werden.

Beschreibung des Experiments:
Biologische und chemische Stufe der Kläranlage

MATERIALIEN: (vgl. NOLZEN 1979: 180-181)

- ✓ Teichwasser, Einmachgläser
- ✓ Aquariumbelüftung (Aquariumpumpe, Luftschlauch, Ausströmer)
- ✓ Kondensmilch
- ✓ Pipette, Glasbecher
- ✓ Filter mit Filterpapier
- ✓ Natriumhydrogenphosphat oder Kaliumphosphat
- ✓ Eisen(III)-chlorid-Lösung (1g/L)

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. NOLZEN 1979: 180-181)

Biologische Funktion:

1. Teichwasser wird in je zwei Einmachgläser gefüllt. 10 Tropfen Kondensmilch werden in jedes Glas hinzugefügt. Eines der Gläser wird künstlich mit der Aquariumbelüftung belüftet. Das zweite Glas wird einfach offen stehengelassen.
2. Nach einigen Tagen zeigt sich, dass das belüftete Einmachglas eine klare Lösung vorweist, wo hingegen das zweite Glas noch immer eine trübe Lösung beinhaltet.

Chemische Funktion:

1. Natriumhydrogenphosphat wird filtriert. Es zeigt sich keinerlei Veränderung im Filter. Die Lösung passiert den Filter. Das Phosphat wurde nicht abfiltriert.
2. Der Versuch wird wiederholt. Nun gibt man jedoch zum Natriumhydrogenphosphat tropfenweise Eisen(III)-chlorid hinzu. Es bildet sich ein Niederschlag, der nun über den Filter abfiltriert werden kann. Dem Wasser wurde das Phosphat durch die Phosphatfällung mit Eisen(III)-chlorid entzogen.

HINWEISE & TIPPS:

Falls nur eine Aquariumbelüftung zur Verfügung steht, kann der erste Teil des Versuchs (biologische Funktion der Kläranlage) als Demonstrationsexperimente durchgeführt werden. Beide Versuche können mit der analytischen Untersuchung von Wasserproben kombiniert bzw. ergänzend durchgeführt werden (WPF B1).

5.4.7 Kohlenstoffdioxid-angereicherte Atmosphäre (WPF E1)

| | | | |
|---|---|---|--|
| <i>Experimentelle Arbeitsform: Untersuchung</i> | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input type="checkbox"/> | hoch <input checked="" type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Der GW-Lehrplan sieht vor, den SchülerInnen das Verhältnis des Menschen zu seiner natürlichen Umwelt zu vermitteln und die Auswirkungen des globalen Wandels auf die natürliche Umwelt zu erkennen (vgl. BMBWF 2021: 164). Im Sinne des Basiskonzepts „Nachhaltigkeit und Lebensqualität“ (BMBWF 2021: 160) sieht der GW-Lehrplan vor, Überlegungen anzustellen, wie das fragile Mensch-Umwelt-System in eine Balance gebracht werden kann und wie ein Ausgleich zwischen den tragenden Säulen der Nachhaltigkeit (Wirtschaft, Natur, Gesellschaft) geschaffen werden kann (vgl. ebd.: 161). Dass die CO₂-Problematik an globaler Bedeutung zugenommen hat, soll anhand dieses Experiments thematisiert werden. Das Experiment hat das Ziel, den SchülerInnen den Treibhauseffekt exemplarisch anhand eines Modellexperiments zu veranschaulichen. Der Mensch hat seit Beginn der Industrialisierung zur vermehrten Emission von CO₂ (als Folge intensiver Nutzung von fossilen Energiequellen, Abholzung bewaldeter Wälder etc.) beigetragen, wodurch die weltweite Durchschnittstemperatur der Lufthülle zugenommen hat (vgl. GLAS 1983: 26).

FÄCHERVERBINDENDES POTENZIAL:

GLAS (1983: 22) führt an, dass das Thema „Kohlenstoffdioxid“ mit den vorhandenen Physik-, Chemie- und Biologiekenntnissen behandelt werden kann. Der Chemielehrplan verfolgt das Ziel, grundlegende Kenntnisse über natürliche und anthropogene Stoffkreisläufe zu vermitteln (vgl. BMBWF 2021: 181). Eine vertiefende Auseinandersetzung mit dem Kohlenstoffkreislauf kann anhand des Experiments und in Zusammenarbeit mit GW erfolgen.

Beschreibung des Experiments:
Kohlenstoffdioxid-angereicherte Atmosphäre

MATERIALIEN: (vgl. GLAS 1983: 23)

- ✓ Standzylinder (2x) (mind. 1 Liter Volumen)
- ✓ Schliffdeckel (2x)
- ✓ Thermometer (2x)
- ✓ CO₂-Stahlbombe (inkl. Reduzierventil)
- ✓ Zuleitungsschlauch
- ✓ Fotolampe (500-1000W)

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. GLAS 1983: 23)

1. In zwei Standzylinder wird jeweils ein Thermometer gegeben und mit Tesafilm festgeklebt, um die Temperatur abmessen zu können.
2. Ein Standzylinder wird mit CO₂ befüllt. Der zweite Standzylinder ist mit Luft gefüllt.
3. Beide Standzylinder werden nebeneinander ca. 40 – 60 cm vor die Fotolampe gestellt.
4. Vor dem Einschalten der Fotolampe wird die Temperatur in beiden Standzylindern protokolliert.
5. Die Fotolampe wird eingeschaltet. Die Temperatur wird nach der Bestrahlung ein weiteres Mal ermittelt.

HINWEISE & TIPPS:

Beim Befüllen des Standzylinder sollte so viel CO₂ eingefüllt werden, dass eine Kerzenflamme, die in den oberen Teil des Standzylinders gehalten wird, erlischt. Weiters sind die ersten Messergebnisse bereits nach 3 bis 4 Minuten ersichtlich. Ein Zeit-Temperaturdiagramm kann beim Notieren der Ergebnisse hilfreich sein (vgl. GLAS 1983: 23).

5.4.8 Auswirkung von Schwefeldioxid auf die Umwelt (WPF E2)

| | | | |
|---|---|---|--|
| <i>Experimentelle Arbeitsform: Untersuchung</i> | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (BMBWF 2021: 164) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Das Ziel dieses Experiments ist, den SchülerInnen die Entstehung von saurem Regen durch Verbrennung von Schwefel zu zeigen. Dabei können weiters die Auswirkung von Schwefeldioxid auf die Pflanzenwelt (Rose) dargestellt werden. KAROW (1986: 26) führt an, dass die Thematik „Saurer Regen“ eine starke Aktualität und Brisanz hat. Überdies hinaus erklärt KAROW (1986: 27), dass das Experiment für SchülerInnen sehr eindrucksvoll ist, da die Auswirkungen von Schwefeldioxid auf die Pflanzenwelt in einem so kurzen Zeitraum in der Natur nicht beobachtet werden können. Begriffe wie „saurer Regen“ (auch in Zusammenhang mit Waldsterben) sind in den öffentlichen Medien präsent. Daraus ergibt sich auch die Bedeutung für den Unterricht und die Anknüpfung an die Alltagswelt der SchülerInnen (vgl. KAROW 1986: 26). Das Experiment orientiert sich an der Beschreibung von KAROW (1986), wurde jedoch im Aufbau vereinfacht.

FÄCHERVERBINDENDES POTENZIAL:

Eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen dem Unterrichtsfach Chemie und GW ist sinnvoll. HASSENPLUG (1983: 30) führt an, dass der Umweltunterricht (z. B. zum sauren Regen) Komponenten aus mehreren Geo- und Naturwissenschaften benötigt. Weiters sollte im Chemiesaal gearbeitet werden, da ein Abzug benötigt wird. Der Chemieunterricht kann einen vertiefenden Einblick in die Verbrennungsreaktionen und die dabei entstehenden Schadstoffe liefern (vgl. BMBWF 2021: 181). Weiters verfolgt das Wahlpflichtfach GW (unter anderem) das Ziel, Formen der Mobilität hinsichtlich der Nachhaltigkeit zu thematisieren (vgl. BMBWF 2021: 232). Die Diskussion kann an das vorliegende Experiment anknüpfen.

Beschreibung des Experiments:
Auswirkung von Schwefeldioxid auf die Umwelt

MATERIALIEN: (vgl. u.a. KAROW 1986: 27, verändert durch die Verfasserin)

- ✓ Glasglocke
- ✓ Porzellanschale mit Schwefelpulver
- ✓ Universalindikator in Uhrglas mit Wasser
- ✓ Rose

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. u.a. KAROW 1986: 27, verändert durch die Verfasserin)

1. Der Versuch wird wie in der unten angeführten Abbildung aufgebaut. Die Rose wird leicht mit Wasser angefeuchtet.
2. Das Universalindikatorpapier wird in etwas Wasser gegeben, damit sich die Lösung bläulich/ grün verfärbt (zeigt pH-Wert von 7 an).
3. Mithilfe des Bunsenbrenners wird der Schwefel erhitzt und die Glasglocke über die Rose, den Schwefel und das Porzellanschälchen mit Wasser gestülpt.
4. Die SchülerInnen erkennen das entstehende Schwefeldioxid. Das Umfärben des Universalindikator auf die Farbe Gelb weist das Vorliegen einer Säure auf.
5. Die Rosenblüte verliert ihre Farbe.

HINWEISE & TIPPS:

Das Experiment sollte unter dem Abzug durchgeführt werden. Das Tragen von Schutzbrille und Schutzmantel wird empfohlen. Die Rose kann vor dem Versuch in Diethylether (wenn vorhanden) getaucht werden, um einen besseren Farbverlust zu erzielen.

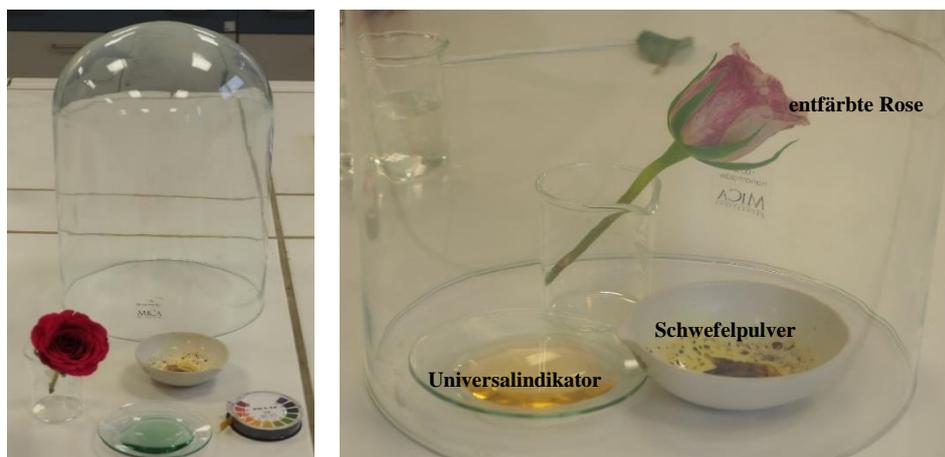


Abbildung 15: Versuchsaufbau zur Auswirkung von Schwefeldioxid (eigene Darstellung)

5.4.9 Biokunststoff auch Milch und aus Stärke (WPF G1)

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| <i>Experimentelle Arbeitsform: Untersuchung</i> | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (BMBWF 2021: 164) 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (ebd.) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Langzeitexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Die SchülerInnen erstellen einen Biokunststoff aus Milch bzw. aus Stärke. Anhand dieses Experiments kann das Thema „Kunststoff“ aufgegriffen werden. Die Vor- sowie Nachteile von erdölbasierten Kunststoffen im Vergleich zu den selbst hergestellten Kunststoffen aus Milch bzw. Stärke können mit den SchülerInnen diskutiert werden. Dabei können Anwendungsbereiche von Bio-Kunststoffen mit den SchülerInnen thematisiert werden (biologische abbaubare Folien für die Landwirtschaft, Medizinprodukte). In einem weiteren Experiment kann die biologische Abbaubarkeit der hergestellten Produkte getestet werden (vgl. dazu WPF G2).

FÄCHERÜBERGREIFENDES POTENZIAL:

Wie auch beim Experiment „Kompostierung von (Bio-) Kunststoffen“ bietet das Experiment zur Herstellung eines Biokunststoffs die Möglichkeit, mit dem Chemieunterricht zusammen zu arbeiten. Der Chemielehrplan fordert „Nachwachsende Rohstoffe angeben und mit fossilen Rohstoffen vergleichen“ (BMBWF 2021: 181). Diesen Forderungen kann in einem fächerübergreifenden Unterricht mit dem Fach GW anhand der Herstellung von Biokunststoffen aus Milch bzw. aus Stärke nachgegangen werden. Im Sinne des GW-Lehrplanziels „Strategien individuell, betrieblich und gesellschaftlich nachhaltigen Handelns entwickeln“ (BMBWF 2021: 164) können Möglichkeiten für einen sinnvollen Einsatz von Biokunststoffen diskutiert werden.

Beschreibung des Experiments:
Biokunststoff aus Milch

MATERIALIEN: (vgl. FRIEBNEGG 2020: 83)

- ✓ Kochtopf
- ✓ Milch (keine Haltbarmilch)
- ✓ Herdplatte
- ✓ Thermometer
- ✓ Tafelessig

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. FRIEBNEGG 2020: 83)

1. In einem Kochtopf werden 250 ml Milch langsam erwärmt. Die Milch sollte nicht zu kochen beginnen.
2. Zwei Esslöffel Tafelessig werden unter ständigem Rühren zu der Milch hinzugefügt.
3. Nach kurzer Zeit werden im Kochtopf Klumpen sichtbar, die aus dem Topf genommen und beliebig geformt werden können. Die Masse kann zwischen zwei Folien ausgewalkt werden.
4. Die knetbare Masse kann anschließend (wenn vorhanden) im Backofen auf 80° gebacken werden. Die Masse erhärtet im Ofen, da die restliche Flüssigkeit verdampft.

HINWEIS & TIPPS:

Im nächsten Schritt kann mit den SchülerInnen eine Kunststoffolie aus Stärke hergestellt werden.



Abbildung 16: Versuchsaufbau Biokunststoff aus Milch (eigene Darstellung)

Beschreibung des Experiments:
Biokunststoff aus Stärke

MATERIALIEN: (vgl. FRIEBNEGG 2020: 90-91)

- ✓ Heizplatt Tuch, Waage
- ✓ Stärke
- ✓ Kartoffel
- ✓ Becherglas, Rührstab, Mensur
- ✓ Glycerin, Reibe

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: (vgl. FRIEBNEGG 2020: 90-91)

1. Die Kartoffeln werden mit einer Reibe gerieben (2-3 Kartoffeln pro SchülerIn). Die geriebene Kartoffel wird in einem Becherglas mit 200 ml Wasser versetzt.
2. Die Mischung wird gerührt und über einem Tuch in ein neues Becherglas filtriert. Die Kartoffelreste werden entsorgt. Die filtrierte Flüssigkeit lässt man für 1-2 Minuten ruhen, damit sich die Stärke am Boden des Becherglases absetzt.
3. Die überstehende Flüssigkeit wird vorsichtig dekantiert, damit der Bodensatz nicht aufgewirbelt wird. Von der gewonnenen Stärke (Bodensatz) werden 5,5 mg abgewogen.
4. Zusätzlich werden 5,5 mg der reinen Stärke abgewogen und mit der gewonnenen Stärke vermischt. Zur Stärke werden nun 50 ml Wasser hinzugefügt und mit Lebensmittelfarbe (optional) versetzt.
5. Die Mischung wird mit 6 ml Glycerin versetzt und langsam auf der Herdplatte erhitzt. Nach ca. 10 Minuten entsteht ein heißes Gel, das in einer Folie ausgewalkt werden kann. Die hergestellte Folie kann im Ofen getrocknet werden.

5.4.10 Kompostierung von (Bio-) Kunststoff (WPF G2)

| | | | |
|---|--|--|---|
| <i>Experimentelle Arbeitsform: Untersuchung</i> | | | |
| <i>Jahrgang & Lehrplanthema</i> | 7. Klasse: „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ (BMBWF 2021: 164) 8. Klasse: „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ (ebd.) | | |
| <i>Methodische Organisation</i> | SchülerInnenexperiment <input checked="" type="checkbox"/> | Demonstrationsexperiment <input type="checkbox"/> | |
| <i>Zeitliche Dauer</i> | Kurzzeitexperiment <input type="checkbox"/> | | Langzeitexperiment <input checked="" type="checkbox"/> |
| <i>Komplexität</i> | gering <input type="checkbox"/> | mittel <input checked="" type="checkbox"/> | hoch <input type="checkbox"/> |

ZIELSETZUNG:

Beim Kompostiervorgang wird organisches Material von Bakterien, Pilze und Kleintiere zu Humus verarbeitet. Die SchülerInnen untersuchen im vorliegenden Experiment, welche Materialien kompostierbar sind. Dafür wird eine Stärkefolie (diese kann von den SchülerInnen selbst hergestellt werden – siehe dazu WPF G2) und eine handelsübliche Polystyrolfolie herangezogen. Die SchülerInnen erkennen, dass sich die Stärkefolie beim Kompostiervorgang nach einer Woche bereits verändert, wohingegen die Polystyrolfolie gleichgeblieben ist (vgl. TU BRAUNSCHWEIG 2018a: 12). Weiters kann auch die Abbaubarkeit eines Bio-Abfallbeutels überprüft werden. Dieser wird im Handel als „kompostierbar“ und als „biologisch und auf dem heimischen Kompost abbaubar“ vermarktet. Die SchülerInnen erkennen anhand des Experiments, dass die „kompostierbare Bio-Folie“ im Gegensatz zu ihrer hergestellten Stärkefolie unter „normalen Bedingungen“ nicht abbaubar ist.

FÄCHERÜBERGREIFENDES POTENZIAL:

Dieses Unterrichtsexperiment kann mit dem Chemieunterricht durchgeführt werden. Die SchülerInnen werden dafür sensibilisiert, dass die chemische Struktur der Polymere entscheidend für die Kompostierbarkeit des Produkts ist. Der Chemieunterricht kann dabei die unterschiedlichen Bindungstypen behandeln. Die SchülerInnen erkennen, dass eine C-C-Bindung (Polystyrol) unpolar und widerstandsfähig ist, wohingegen eine C-O-Verbindung (Stärkefolie) relativ leicht gespalten werden kann (vgl. TU BRAUNSCHWEIG 2018a: 12-13).

Beschreibung des Experiments:
Kompostierbarkeit von (Bio-) Kunststoff

MATERIALIEN (vgl. TU BRAUNSCHWEIG 2018b: 8)

- ✓ Stärkefolie
- ✓ Polystyrolfolie
- ✓ Bio-Abfallbeutel kompostierbar
- ✓ Petrischalen

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG (vgl. TU BRAUNSCHWEIG 2018b: 8)

1. Von jeder Folie werden ca. 1 cm x 2 cm benötigt. Mit einer Schere wird diese Größe von jeder Folie zugeschnitten.
2. Die Petrischalen werden beschriftet und mit Komposterde bodenbedeckt befüllt. Diese wird mit Leitungswasser beträufelt, damit die Komposterde gut durchnässt ist.
3. Mit einer Pinzette werden die Folienstreifen in die entsprechenden Petrischalen gelegt. Sie werden mit einem Glasstab leicht auf die Erde gedrückt.
4. Nach ca. 8 Tagen können die Ergebnisse erhoben werden.

HINWEISE & TIPPS:

Die SchülerInnen können ihre eigene hergestellte Stärkefolie für den Versuch verwenden. Eine Anleitung zur Herstellung von Stärkefolie findet sich in der Experimentesammlung (WPF G1).

6. Resümee und Ausblick

Die Experimentesammlung stellt den Hauptteil dieser vorliegenden Arbeit dar und breitet sowohl für den regulären Unterricht als auch für das Wahlpflichtfach erstmals ein breites Band an Experimenten für die Unterrichtenden in konzentrierter Form aus. Im davorstehenden Abschnitt wird aber auch eine einleitende theoretische und fachdidaktisch-methodische Einordnung experimenteller Zugänge im GW-Unterricht mit dem Schwerpunkt GW und Chemie angesprochen. Neben den dabei in der fachdidaktischen Literatur angesprochenen Ungenauigkeiten hinsichtlich der Definition eines Experiments, wurden Experimente, die den Kriterien eines Experiments nach LETHMATE (2003) entsprechen, als solche ausgewiesen und dadurch von einfachen Untersuchungen unterschieden.

Anhand der sieben Themenblöcke (siehe Seite 45), zu denen die Experimente zugeteilt wurden, zeigten sich die vielseitigen Themenfelder anhand derer mit experimentellen Zugängen im GW-Unterricht gearbeitet werden kann. Lehrpersonen können damit sowohl auf Experimente für den regulären Unterricht als auch auf Experimente für das Wahlpflichtfach zurückgreifen und gewinnen anhand der einzelnen Beschreibungen der angeführten 25 Experimente einen Überblick über die methodische Organisation, den Lehrplanbezug und die zeitliche Dauer des jeweiligen Experiments. Dies soll den Einsatz im Unterricht erleichtern, wobei die didaktische Einbettung in den Unterricht je nach Experiment und Experimentiererfahrungen der SchülerInnen variieren kann. Der Einsatz im Unterricht erfolgt nicht rezeptartig. Dennoch bieten die Experimentierphasen eine mögliche Herangehensweise im GW-Unterricht. In dieser Arbeit wurde verdeutlicht, dass die Experimentierphasen nicht nur zur Umsetzung eines Experiments eine Orientierung bieten. Sie ermöglichen überdies hinaus auch Aufgabenstellungen, die über den Anforderungsbereich I hinausgehen. Dies passiert sowohl zu Beginn des Experimentierprozess, indem Fragestellungen formuliert werden, als auch am Schluss des Experiments, bei der Interpretation der Ergebnisse.

Studien (vgl. u. a. HEMMER und HEMMER 2010) legten nahe, dass dem experimentellen Einsatz im GW-Unterricht dennoch leider wenig an Bedeutung zukommt. Demnach wurde eine Analyse des AHS Oberstufenlehrplans durchgeführt, die zeigte, dass alle vier Schulstufen Potenzial für die Einbettung der Experimente in den GW-Lehrplan aufweisen. Insbesondere die 5. Klasse (9. Schulstufe) beinhaltet drei Themenbereiche („Geoökosysteme der Erde analysieren“, „Bevölkerung und Gesellschaft diskutieren“, „Nutzungskonflikte an regionalen Beispielen reflektieren“), die das Arbeiten mit experimentellen Zugängen sehr gut ermöglichen. Die 6.

Klasse (10. Schulstufe) zeigte vor allem beim Thema „Außerwert- und Inwertsetzung von Produktionsgebieten beurteilen“ Möglichkeiten für experimentellen Arbeitsweisen. Auch die „Österreichklasse“ (7. Klasse) kann bei dem Thema „Naturräumliche Chancen und Risiken erörtern“ Möglichkeiten bieten, beispielsweise die Bildung von Schneebrettlawinen bzw. den Auftauprozess von Permafrost experimentell zu erarbeiten. „Chancen und Gefahren der Globalisierung erörtern“ ist das Themenfeld der 8. Klasse (12. Schulstufe), das mit Experimenten unterstützend behandelt werden kann. Vor allem in der Abschlussklasse kann dabei vermehrt auf eine Zusammenarbeit zwischen den Unterrichtsfächern GW und Chemie gesetzt werden. So kann das UF Chemie in Hinblick auf Umweltfragen und den Sustainable Development Goals (SDG) der UNESCO (2017) das notwendige chemische Basiswissen bieten. Der GW-Unterricht kann dabei u. a. auf das Wissen zu natürlichen und anthropogenen Stoffkreisläufen, Wasser- und Bodenanalysen, Schadstoffen und Säure-Base-Reaktionen greifen. Eventuell zukünftig auch virtuell verfügbare Simulationen würden hier, wenn darin Parameter verändert werden können, durchaus auch experimentelle Zugänge in diesem Bereich zusätzlich ermöglichen.

Im Sinne eines umfassenden Gesamtkonzepts lag das Interesse dieser Arbeit auch auf den vorwissenschaftlichen Arbeiten, insbesondere deren möglichen Arbeitsmethoden. Die Analyse der vorwissenschaftlichen Arbeiten des Jahrgangs 2016 von KOLLER und SITTE CH. zeigte deutlich, dass die vorwissenschaftliche Arbeit derzeit allzu oft eine reine Literaturarbeit darstellt. Es wurden keine experimentellen Herangehensweisen (Untersuchung, Experiment) in den vorwissenschaftlichen Arbeiten des Jahres 2016 angewendet, um einer geographischen Forschungsfrage (etwa in einem physiogeographisch untersuchten Kleinraum) nachzugehen. Da die Arbeit die Bedeutung der experimentellen Arbeitsformen betont und deren Wichtigkeit auch im Sinne eines handlungsorientierten Unterrichtes erläutert, wurden in der Arbeit exemplarisch experimentelle Herangehensweisen aufgezeigt, die in vorwissenschaftlichen Arbeiten Eingang finden könnten. Klar ist, dass eine experimentelle Arbeitsform nur dann in vorwissenschaftlichen Arbeiten Anwendung finden kann, wenn das Experimentieren im Unterricht entsprechend geübt wird. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass GW-Lehrpersonen dazu ermutigt werden müssen, in ihren Unterrichtsprozess experimentelle Arbeitsformen zu integrieren. Im Idealfall wird bereits im Studium das Interesse der Studierenden für das Experimentieren forciert. Ein notwendiges Basiswissen für experimentelles Arbeiten muss hergestellt werden, um den Einsatz im eigenen Unterricht zu gewährleisten. Das bedeutet nicht, Übungen durch Vorlesungen zu ersetzen, wie es zurzeit aufgrund von Einsparungsmaßnahmen der Fall ist. Auch die LehrerInnenfortbildung wäre hier gefordert.

7. Verzeichnisse

I. Literaturverzeichnis

Literaturquellen: Monographien und allgemeine Literatur:

APRENTAS (Hrsg.) (2017⁶): Nachweis von Ionen in Lösungen. In: APRENTAS (Hrsg.): Laborpraxis Band 4: Analytische Methoden. – Muttenz.

BERCK K.H. (1999): Biologiedidaktik. Grundlagen und Methoden. – Wiebelsheim. – Zitiert nach: RINSCH EDE G. und SIEGMUND A. (2020): Geographiedidaktik. – Paderborn.

BMBWF (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung) (Hrsg.) (2019): Die kompetenzorientierte Reifeprüfung. Vorwissenschaftliche Arbeit. Unverbindliche Handreichung für das Prüfungsgebiet „vorwissenschaftliche Arbeit“ (VWA); auch online unter: https://www.ahs-vwa.at/fileadmin/ahsvwa/PDF/Handreichung_zur_VWA_201909.pdf (26.02.2021)

BMBWF (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung) (Hrsg.) (2021): Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 26.02.2021; auch online unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10008568/Lehrpl%c3%a4ne%20%e2%80%93%20allgemeinbildende%20h%c3%b6here%20Schulen%2c%20Fassung%20vom%2026.02.2021.pdf> (26.02.2021) - Anmerkung: diese enthält den schon 2016 verordneten AHS-Oberstufen-Lehrplantext BGBl. II Nr. 219/2016 vom 9.8.2016; auch online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2016/219>

DRIELING K. (2015): Schülervorstellungen über Boden und Bodengefährdung. Ein Beitrag zur geographiedidaktischen Rekonstruktion. – Münster.

FRIDRICH C. (2010b): Alltagsvorstellungen von Schülern und Konzeptwechsel im GW-Unterricht – Begriff, Bedeutung, Forschungsschwerpunkte, Unterrichtsstrategien. – Wien. (= Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 152), 304-322; auch online unter: https://www.eduacademy.at/gwb/plugin-file.php/34901/mod_resource/content/3/mgg2010_alltagsvorst_s_konzeptwechsel.pdf (05.03.2021)

FRIEBNEGG T. (2020): Leben in einer Kunststoffwelt. Wie eine großartige Entdeckung zum Verhängnis wird!? – Diplomarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz; auch online unter: <https://unipub.uni-graz.at/obvugrhs/download/pdf/5215279?originalFilename=true> (05.03.2021)

GOLSER-EBNER K., STIEGER S., STUPPACHER K. und VORAGE M. (2021): Zentrum Geografie 1. – Schulbuch für die erste Klasse Mittelschulen. – Wien.

HEMMER I. und HEMMER M. (2010): Interesse von Schülerinnen und Schülern an einzelnen Themen, Regionen und Arbeitsweisen des Geographieunterrichts – ein Vergleich zweier empirischer Studien aus den Jahren 1995 und 2005. – In: HEMMER I. und HEMMER M. (Hrsg.): Schülerinteresse an Themen, Regionen und Arbeitsweisen des Geographieunterrichts. Ergebnisse der empirischen Forschung und deren Konsequenzen für die Unterrichtspraxis. – Weingarten, 65-148.

HINSCH ST., PICHLER H., JEKEL T., KELLER L. und BAIER F. (2014): Semestrierter Lehrplan AHS, Sekundarstufe II. Ergebnis der ministeriellen Arbeitsgruppe. – In: GW-Unterricht 136 (4), 51-61.

HINSCH ST., PICHLER H. und JEKEL T. (2017): Wesentliche Bereiche des Lehrplans „Geographie und Wirtschaftskunde“ als Beurteilungsgrundlage. – In: GW-Unterricht 148 (4), 80-84.

HOFMANN-SCHNELLER M. (2001): Motivation. – In: SITTE W. und WOHLSCHLÄGL H. (Hrsg.) Beiträge zur Didaktik des „Geographie und Wirtschaftskunde“-Unterrichts. – Wien. (= Materialien zur Didaktik des GW-Unterrichts, 16),

291-294; auch online unter: https://www.univie.ac.at/geographie/fachdidaktik/Handbuch_MGW_16_2001/inhalt_Handbuch_Geographie_und_Wirtschaftskunde2001.htm (16.02.2021)

HOFMANN-SCHNELLER M. (2011): Kompetenzerwerb in GW – eine alte/neue Herausforderung. – In: GW-Unterricht 122 (2), 17-23.

HÖHNLE S. und SCHUBERT T.J.C. (2016): Hindernisse für den Einsatz naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen im Geographieunterricht aus Studierendenperspektive – Ausgewählte Ergebnisse einer empirischen Studie mit Lehramtsstudierenden. – In: GW-Unterricht 142/142 (2-3), 153-161.

JEKEL T. und PICHLER H. (2017): Vom GW-Unterrichten zum Unterrichten mit geographischen und ökonomischen Konzepten. In: GW-Unterricht 147 (3), 5-15.

KATTMANN U., DUIT R., GROPENGIESSER H. und KOMOREK M. (1997): Modell der Didaktischen Rekonstruktion. – Ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. – In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 3, 3-18; auch online unter: ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/1997/Heft3/S.3-18_Kattmann_Duit_Gropengiesser_Komorek_97_H3.pdf (09.03.2021)

KLAPPACHER K.O. (2002): Sinnvoll GW. – Zitiert nach: KLAPPACHER K.O. (2008): Sinnvoll GW. Modell einer synergetischen Geografiedidaktik für die Sekundarstufe 1 in Österreich. – In: Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung 44, 9-48.

KOLLER A. (2016/17): Gegenüberstellung der Lernziele 2004 und 2016 (Anm.: AHS-Oberstufe GW). – In: KOLLER A. (Hrsg.): Online-Didaktik GW an der PH-Linz – Lehrpläne der verschiedenen Schultypen und aktuelle Geschichte des Faches; auch online unter: <https://www.eduacademy.at/gwb/mod/resource/view.php?id=5084> (06.04.2021)

KOLLER A. und SITTE CH. (2016): VWA in GWK 2016 – Vollerhebung. Erstes Statistikblatt; auch online unter: https://fachportal.ph-noe.ac.at/fileadmin/gwk/Forschung/VWA_Diagramme2016b.jpg (26.02.2021)

KÜHBERGER C. (2011): Aufgabenarchitektur für den kompetenzorientierten Geschichtsunterricht. Geschichtsdidaktische Verortungen von Prüfungsaufgaben vor dem Hintergrund der österreichischen Reife- und Diplomprüfung. – In: Historische Sozialkunde 1, 3-13.

LEHMANN O. (1964): Das Experiment im Geographieunterricht. – Berlin.

LETHMATE J. (2003): Sind „geographische Experimente“ Experimente? – In: Praxis Geographie 33 (3), 42-43.

LETHMATE J. (2006): Experimentelle Lehrformen und Scientific Literacy. – In: Praxis Geographie 36 (11), 4-11.

MEYER H. (1996): Unterrichtsmethoden I: Theorieband. – Frankfurt a. M.

MÖNTER O. und OTTO K.H. (2016): Experimentelles Arbeiten im Geographieunterricht. Grundlagen, Erkenntnisse, Konsequenzen. – In: Geographie und Schule 38 (219), 4-13.

MÖNTER O. und OTTO K.H. (2017a): Experimentelles Arbeiten im Geographieunterricht: Grundlagen, Erkenntnisse und Konsequenzen. – In: MÖNTER L., OTTO K.H. und PETER C. (Hrsg.) (2017): Experimentelles Arbeiten. Beobachten, Untersuchen, Experimentieren. – Braunschweig, 5-9.

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

OTTO K.H. und MÖNTER O. (2009): Das „Scientific Discovery as Dual Search-Modell“ – eine Theorie für die geographiedidaktische Forschung? – In: Geographie und ihre Didaktik/Journal of Geography Education 37 (3), 136-141.

OTTO K.H. und MÖNTER L. (2015): Scientific Literacy im Geographieunterricht fördern. Experimentelle Lehr-/Lernformen und Modellexperimente. – In: Geographie heute 36 (322), 2-7.

- PETER C. (2017): Experimentelles Arbeiten im Geographieunterricht: Grundlagen, Erkenntnisse und Konsequenzen. – In: MÖNTER L., OTTO K.H. und PETER C. (Hrsg.) (2017): Experimentelles Arbeiten. Beobachten, Untersuchen, Experimentieren. – Braunschweig, 10-14.
- PETERSEN W.H. (2000): Fächerverbindender Unterricht. Begriff - Konzept - Planung - Beispiele. Ein Lehrbuch. – München. – Zitiert nach: MARKS R., STUCKEY M. und EILKS I. (2014): Die gesellschaftliche Dimension naturwissenschaftlich-technischer Sachfragen. Die Perspektive der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer. – In: GW-Unterricht 134 (2), 19-28.
- PIETSCH A. (1954/55): Grundsätzliches zur Experimentellen Lehrform im Biologieunterricht. – In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 7, 197-203. – Zitiert nach: OTTO K.H. (2009): Experimentieren als Arbeitsweise im Geographieunterricht. – In: Geographie und Schule 31 (180), 4-15.
- RINSCHDE G. und SIEGMUND A. (2020⁴): Geographiedidaktik. – Paderborn.
- SCHULTZE A. (Hrsg.) (1996): 40 Texte zur Didaktik der Geographie. Pädagogische Schriften 3. – Gotha.– Zitiert nach: SITTE CH. (2015): Physiogeographie im Geographie (und Wirtschaftskunde)- Unterricht: Reduziert und an den Rand gedrängt? Oder ein Trittstein zum kompetenzorientierten Unterricht? – In: GW-Unterricht 138 (2), 27-43.
- SALZMANN W. (1981): Experimente im Geographieunterricht. Zur Theorie und Praxis eines lernzielorientierten geographischen Experimentalunterrichts. – Köln.
- SITTE W. (2001): Operativer GW-Unterricht. – In: SITTE W. und WOHLSCHLÄGL H. (Hrsg.) Beiträge zur Didaktik des „Geographie und Wirtschaftskunde“-Unterrichts. – Wien. (= Materialien zur Didaktik des GW-Unterrichts, 16), 305-316; auch online unter: https://www.univie.ac.at/geographie/fachdidaktik/Handbuch_MGW_16_2001/inhalt_Handbuch_Geographie_und_Wirtschaftskunde2001.htm (16.02.2021)
- SITTE CH. (2001): Das GW-Schulbuch. – In: SITTE W. und WOHLSCHLÄGL H. (Hrsg.) Beiträge zur Didaktik des „Geographie und Wirtschaftskunde“-Unterrichts. – Wien. (= Materialien zur Didaktik des GW-Unterrichts, 16), 447-472; auch online unter: https://www.univie.ac.at/geographie/fachdidaktik/Handbuch_MGW_16_2001/inhalt_Handbuch_Geographie_und_Wirtschaftskunde2001.htm (16.02.2021)
- SITTE CH. (2004): Ein neuer LP GWK für die AHS-Oberstufe 2004. – In: Wissenschaftliche Nachrichten 125, 45-50; auch online unter: https://www.edugroup.at/fileadmin/DAM/eduhi/data_dl/LP2004wn125.pdf (25.02.2021)
- SITTE CH. (2011a): Maturafragen NEU (!?) – eine schrittweise Annäherung an eine kompetenzorientierte Form in Geographie und Wirtschaftskunde. – In: GW-Unterricht 123 (3), 39-41; auch online unter: https://homepage.univie.ac.at/christian.sitte/FD/artikel/GWU123_sitte_operatoren01.pdf (10.02.2021)
- SITTE CH. (2011b): Maturafragen NEU (!?) – eine schrittweise Annäherung an eine kompetenzorientierte Form in Geographie und Wirtschaftskunde - Anhang – In: GW-Unterricht. 123 (3), 39-41; auch online unter: http://www.gw-unterricht.at/images/pdf/gwu_123_024_041_sitte.pdf (10.02.2021)
- SITTE CH. (2013): PS Fachdidaktik II: Sozialformen und Medien. Einheit 1; auch online unter: <https://homepage.univie.ac.at/Christian.sitte/FD/PSsozialformen&medien03/index.html> (16.02.2021)
- SITTE CH. (2015): Physiogeographie im Geographie (und Wirtschaftskunde)- Unterricht: Reduziert und an den Rand gedrängt? Oder ein Trittstein zum kompetenzorientierten Unterricht? – In: GW-Unterricht 138 (2), 27-43; auch online unter http://www.gw-unterricht.at/images/pdf/gwu_138_27_43_sitte.pdf (10.02.2021)
- SITTE CH. (2016): SCHEMA: Entwicklung von Lehrplan (LP) und Paradigmen für GW in Österreich; auch online unter: http://fachportal.ph-noe.ac.at/fileadmin/gwk/Forschung/SCHEMA_Lehrplanentwicklung_Geographie_und_Wirtschaftskunde.pdf (16.02.2021)
- STÜBIG F., BOSSE D. und LUDWIG P. (2002): Zur Wirksamkeit von fächerübergreifendem Unterricht. Eine empirische Untersuchung der Sicht von Schülerinnen und Schülern. – In: STÜBIG F. (Hrsg.): Beiträge zur Gymnasialen

Oberstufe 3. – Kassel; auch online unter: <http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-933146-88-5.voll-text.frei.pdf> (12.02.2021)

TRÖSCHER L. (2017): Der Umgang mit wissenschaftlichen Texten im kompetenzorientierten GW-Unterricht im Hinblick auf die vorwissenschaftliche Arbeit. – Diplomarbeit, Universität Wien, Wien; auch online unter: <http://othes.univie.ac.at/47396/1/49328.pdf> (12.03.2021)

UNESCO (2017): Education for Sustainable Development Goals – Learning Objectives; auch online unter: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444> (12.02.2021)

VIELHABER C. (2006): Fächerübergreifender Unterricht. Der Mehrperspektivität eine Chance geben. – In: *GW-Unterricht* 4 (104), 3-10.

WILHELMI V. (2000a): Forschendes Lernen im Geographieunterricht. Grundlagen und praktische Folgerungen. – In: *Geographie und Schule* 22 (142), 30-36.

WILHELMI V. (2000b): Experimente im Geographieunterricht. – In: *Praxis Geographie*, 30 (9), 4-7.

WILHELMI V. (2012): Die experimentelle Lehrform. Herausforderung des kompetenzorientierten Geographieunterrichts. – In: *Praxis Geographie* 42 (7-8), 4-9.

WINKELMANN J. und ERB R. (2014): Lernzuwachs durch Schüler- und Demonstrationsexperimente. Experimentier-vorschläge zur geometrischen Optik. – In: *Der Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht* 67 (7), 394-401. – Zitiert nach: MÖNTER O. und OTTO K.H. (2016): Experimentelles Arbeiten im Geographieunterricht. Grundlagen, Erkenntnisse, Konsequenzen. – In: *Geographie und Schule* 38 (219), 4-13.

WIRTH E. (1979): Theoretische Geographie. – Wiesbaden. – Zitiert nach: OTTO K.H. und MÖNTER O. (2015): Scientific Literacy im Geographieunterricht fördern. Experimentelle Lehr-/Lernformen und Modellexperimente. – In: *Geographie heute* 36 (322), 2-7.

WÜTHRICH C. (2013): Methodik des Geographieunterrichts. – Braunschweig.

ZEHMANN M. (2016): Von der geografischen Lehrwanderung zur heute angestrebten projektorientierten "Fieldwork" gezeigt an Umsetzungsvorschlägen im Raum südlich von Wien. – Bachelorarbeit, Pädagogische Hochschule Niederösterreich, Niederösterreich; auch online unter: https://fachportal.ph-noe.ac.at/fileadmin/gwk/Forschung/BEd_Projekt_und_Fieldwork_in_GW_Zemann2016.pdf (16.02.2021)

ZOWADA C., MÖNTER L. und EILKS I. (2019): Geographische Perspektive in den Naturwissenschaften? – In: *MNU Journal*, 7 (24), 329-334.

Literaturquellen: Themenhefte / Zeitschriftenartikel bezogen auf Experimente:

AMOS R. und REISS M. (2012): The Benefits of Residential Fieldwork for School Science: In sights from a five-year initiative for inner city students in the UK. – In: *International Journal of Science Education* 34 (4), 485-511.

BICSAN P.B. und WURDINGER M. (1987a): Bodenart und Bodenfruchtbarkeit. Einfache Feldmethoden. – In: *Praxis Geographie* 17 (11), 36-40.

BICSAN P.B. und WURDINGER M. (1987b): Verdichtung von Ackerböden. Im Experiment sichtbar gemacht. – In: *Praxis Geographie* 17 (11), 47-50.

BRÜCKNER H. und GAIDA R. (1987): Erosion und Deflation im Experiment. – In: *Praxis Geographie* 17 (11), 43-46.

COLLMAR R. und SCHULER S. (2000): Geodynamik der Erde. Zwei Modellexperimente. – In: *Praxis Geographie* 30 (9), 14-19.

DENTER J. (1987): Nitrat im Boden und in der Nahrung. – In: *Praxis Geographie* 17 (11), 18-21.

- EBOHON B. und L. SCHROTT (2008): Modelling mountain permafrost distribution. A new permafrost amp of Austria. – In: KANE D.L. und HINKEL K.M. (Hrsg.): Proceedings of the 9th International Conference on Permafrost. Fairbanks. – Alaska u.a., 397-402. – Zitiert nach: LIEB G.K. und KROBATH M. (2015): Permafrost – ein sinnvolles Thema im GW-Unterricht? – In: GW-Unterricht 138 (2), 44-55.
- EILERS-BORN B. (1990): Neun Experimente zum Thema Altlasten. – In: Geographie heute 11 (81), 14-20.
- FRAEDRICH W. (2005): Wie bestimmt man einen Boden? – In: Geographie heute 26 (231/232), 35-38.
- FRIDRICH C. (2010a): Einfache Kurz-Experimente zum Thema „Erdöl“. – In: GW-Unterricht 117 (1), 28-41.
- GLAS H. (1983): Demonstrationsexperimente. Kohlenstoffdioxid- Schwefeldioxid-Problematik. – In: Praxis Geographie 13 (1), 22-27.
- HARBACH G. (1986): Bodenkundliche Untersuchungen. – In: Geographie heute 7 (42), 62-35.
- HASSENPLUG W. (1983): Saurer Regen. Neue Experimente zu einem neuen Thema (Sek I). – In: Geographie und Schule 13 (1), 28-34.
- HOLTON M. (2017) “It was amazing to see our projects come to life!” Developing affective learning during geography fieldwork through tropophilia. – In: Journal of Geography in Higher Education 41 (2), 198-212.
- KAROW U. (1986): pH-Wert und SO₂-Immission im Experiment. – In: Praxis Geographie 16 (6), 26-27.
- LETHMATE J. (1986): Säureeintrag in den Wald. Regen- und Bodenuntersuchung. – In: Praxis Geographie 16 (6), 33-36.
- LIEB G.K. und KROBATH M. (2015): Permafrost – ein sinnvolles Thema im GW-Unterricht? – In: GW-Unterricht 138 (2), 44-55.
- MARKS R. STUCKEY M. und EILKS I. (2014): Die gesellschaftliche Dimension naturwissenschaftlich-technischer Sachfragen. Die Perspektive der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer. – In: GW-Unterricht 134 (2), 19-28.
- MERCK (2019): Compact Laboratory for Water Testing. Kompaktlabor für Wasseruntersuchungen. Gebrauchsanweisung.
- MÖNTER O. und OTTO K.H. (2017b): Boden unter Druck – ein offenes Experiment. – In: MÖNTER L., OTTO K.H. und PETER C. (Hrsg.) (2017): Experimentelles Arbeiten. Beobachten, Untersuchen, Experimentieren. – Braunschweig, 60-65.
- NIEMZ G. (1979a): Aspekte des Experimentiereinsatzes im Geographieunterricht. – In: Praxis Geographie 9 (4), 158-163.
- NIEMZ G. (1979b): Ausgewählte Experimente zum Thema „Umweltsicherung“. – In: Praxis Geographie 9 (4), 200-202.
- NIEMZ G. (1983): Experimente und Messungen. Ihre Bedeutung für die Umweltproblematik. – In: Praxis Geographie 13 (1), 2-3.
- NOLL M. (1983): Wasserprobe. Einfache Untersuchungsverfahren. – In: Geographie heute 4 (16), 57-61.
- NOLZEN H. (1979): Hydrologische Experimente und Experimentfilme im Geographieunterricht. – In: Praxis Geographie 9 (4), 172-181.
- NOLZEN H. (1983): Hydrologische Experimente. – In: Praxis Geographie 13 (7), 10-11.
- PERMANET (Hrsg.) (2015): PermaNET WP3 Educational toolkit [GERMAN]; auch online unter: <http://www.perma-net-alpinespace.eu/products.html> (02.03.2021).

REMPFLER A. (2017): Schneebrettlawine – Modellexperiment zur Entstehung. – In: MÖNTER L., OTTO K.H. und PETER C. (Hrsg.) (2017): Experimentelles Arbeiten. Beobachten, Untersuchen, Experimentieren. – Braunschweig, 108-113.

RICHTER W. (1983): Atmosphärische Zirkulation, Inversion. Demonstrationsexperimente (Kl. 5-7). – In: Praxis Geographie 13 (1), 35-36.

SALZMANN W. (1987): Wer legte die Alpen in Falten? Plattentektonik, der Motor der Faltung. Experimente zur Faltung u. Gebirgsbildung. – In: Geographie heute 8 (48), 22-26.

TU BRAUNSCHWEIG (Technische Universität Braunschweig) (Hrsg.) (2018a): Lehrerinformation zum Stoffkreislauf: Recycling/Kompostierung; auch online unter: <https://www.tu-braunschweig.de/index.php?eID=dump-File&t=f&f=76590&token=8e5e9ec97c97ce6cffca14dc960d2a4bb6de35b1> (02.03.2021)

TU BRAUNSCHWEIG (Technische Universität Braunschweig) (Hrsg.) (2018b): Stoffkreislauf: Versuche zum Recycling/Kompostierung; auch online unter: <https://www.tu-braunschweig.de/index.php?eID=dump-File&t=f&f=76576&token=b8a8c7ea254f36ced6d69637f2342e41655370d3> (02.03.2021)

WIENKE C. und HARNISCHMACHER S. (2017a): Bodenerosion. – In: MÖNTER L., OTTO K.H. und PETER C. (Hrsg.) (2017): Experimentelles Arbeiten. Beobachten, Untersuchen, Experimentieren. – Braunschweig, 52-59.

WIENKE C. und HARNISCHMACHER S. (2017b): Wasserspeicherkapazität von Böden. – In MÖNTER L., OTTO K.H. und PETER C. (Hrsg.) (2017): Experimentelles Arbeiten. Beobachten, Untersuchen, Experimentieren. – Braunschweig, 66-71.

Videoquellen:

FUNSCIENCEDEMOS (14.03.2014): Plate Tectonics – Heat Moves Matter.
<https://www.youtube.com/watch?v=SiUtml2qZkU> (05.03.2021)

ZDFtivi (04.03.2020): So verbreiten sich Viren – Das PUR + Experiment in einer Schulklasse – ZDFtivi.
<https://www.youtube.com/watch?v=doRTcMXMsuc> (05.03.2021)

II. Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| ABBILDUNG 1: EXPERIMENTELLE ANFORDERUNGEN (DATENGRUNDLAGE: OTTO UND MÖNTER 2009: 137) | 12 |
| ABBILDUNG 2: KLASSIFIKATION (DATENGRUNDLAGE: RINSCHEDI UND SIEGMUND 2020 ⁴ : 278, MÖNTER UND OTTO 2016: 7) | 19 |
| ABBILDUNG 3: GRAD DER SCHÜLERINNENAKTIVITÄT (DATENGRUNDLAGE MÖNTER UND OTTO 2016: 9)..... | 24 |
| ABBILDUNG 4: EXPERIMENTIERPHASEN (DATENGRUNDLAGE: MÖNTER UND OTTO 2015: 6)..... | 25 |
| ABBILDUNG 5: WASSERAUFBEREITUNG DURCH AKTIVKOHLE (EIGENE DARSTELLUNG)..... | 59 |
| ABBILDUNG 6: APPARATUR DER DESTILLATION (EIGENE DARSTELLUNG) | 61 |
| ABBILDUNG 7: BEOBACHTUNGEN UNTER UV-LICHT (EIGENE DARSTELLUNG)..... | 65 |
| ABBILDUNG 8: AUFBAU DES EXPERIMENTS ZUR SCHNEEBRETTLAWINE (EIGENE DARSTELLUNG)..... | 69 |
| ABBILDUNG 9: INITIALBRUCH IN DER SCHWACHSCHICHT (EIGENE DARSTELLUNG) | 70 |
| ABBILDUNG 10: VERSUCHSAUFBAU INVERSION (EIGENE DARSTELLUNG)..... | 77 |
| ABBILDUNG 11: VERSUCHSAUFBAU FALTUNG (QUELLE: SALZMANN 1987:25)..... | 81 |
| ABBILDUNG 12: VERSUCHSAUFBAU PLATTENTEKTONIK (EIGENE DARSTELLUNG) | 83 |
| ABBILDUNG 13: VERSUCHSAUFBAU KONVEKTIONSSTRÖME (QUELLE: SALZMANN 1987: 26) | 84 |
| ABBILDUNG 14: MESSERGEBNISSE UNTERSCHIEDLICHER GEMÜSESORTEN (EIGENE DARSTELLUNG) | 94 |
| ABBILDUNG 15: VERSUCHSAUFBAU ZUR AUSWIRKUNG VON SCHWEFELDIOXID (EIGENE DARSTELLUNG)..... | 105 |
| ABBILDUNG 16: VERSUCHSAUFBAU BIODUNSTSTOFF AUS MILCH (EIGENE DARSTELLUNG) | 107 |

III. Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| TABELLE 1: GEOGRAPHIEDIDAKTISCHE LEITTHESEN (DATENGRUNDLAGE: KLAPPACHER 2008: 35) | 9 |
| TABELLE 2: SCHÜLERINNENINTERESSE UND EINSATZHÄUFIGKEIT EINZELNER ARBEITSWEISEN (QUELLE: HEMMER UND HEMMER 2010: 132)..... | 10 |
| TABELLE 3: THEMENBEREICHE DER VORWISSENSCHAFTLICHEN ARBEITEN (QUELLE: KOLLER UND SITTE CH. 2016) | 42 |
| TABELLE 4: THEMENBLÖCKE UND CODIERUNGEN | 45 |
| TABELLE 5: VERMUTUNGEN UND BEOBACHTUNGEN (DATENGRUNDLAGE: REMPFLER 2017: 111) | 69 |
| TABELLE 6: VARIATIONSMÖGLICHKEITEN (DATENGRUNDLAGE: REMPFLER 2017: 111) | 70 |
| TABELLE 7: BODENARTBESTIMMUNG MIT FINGERPROBE (DATENGRUNDLAGE: FRAEDRICH 2005: 37) | 86 |
| TABELLE 8: ABSTUFUNGEN DES KALKGEHALTS (DATENGRUNDLAGE: FRAEDRICH 2005: 37) | 88 |
| TABELLE 9: FELDKAPAZITÄT UND NUTZBARE FELDKAPAZITÄT IN VOL.-% (DATENGRUNDLAGE: WIENKE UND HARNISCHMACHER 2017: 67) | 92 |

Anhang

Zusammenfassung

Studien (vgl. u.a. HEMMER und HEMMER 2010) zeigen, dass dem experimentellen Zugang im GW-Unterricht noch wenig an Bedeutung zugemessen wird. Text und Buch bilden das dominierende Arbeitsmedium im GW-Unterricht, obwohl das Interesse der SchülerInnen an alternativen Arbeitsmedien wie beispielsweise den experimentellen Arbeitsformen groß ist. Die Arbeit betont die Bedeutung experimenteller Arbeitsweisen für den GW-Unterricht. Sie fördern im Unterricht das kreative, kausale und abstrahierende Denken und tragen zu einem vernetzenden Lernen bei. Dabei werden die methodischen Fähigkeiten geschult und die Entwicklung einer eigenen methodischen Handlungskompetenz gestärkt. Experimentelle Herangehensweisen trainieren entdeckendes, forschendes sowie problemlösendes Lernen und „aktivieren“ die SchülerInnen durch Aufgabenstellungen, wie zielgerichtetes Beobachten, exaktes Protokollieren, Auswerten und Interpretieren von Ergebnissen (vgl. u. a. NIEMZ 1979, OTTO und MÖNTER 2015, WILHELMI 2012).

Auf Basis dieses großen Potenzials wurde eine Recherche zu Experimenten in der fachdidaktisch-methodischen Literatur durchgeführt, um daraus ein breites Band an experimentellen Herangehensweisen vorzustellen. Anhand eines selbsterstellten Kriterienkatalogs wurden die Experimentieranleitungen untersucht und in einer Sammlung dem regulären Unterricht der Sekundarstufe II bzw. dem Wahlpflichtfach zugeordnet. Sieben Themenblöcke dieser Arbeit zeigen 25 Experimente in den Themenfeldern „Bodenkunde“, „Wasser – Analyse und Aufbereitung“, „Pandemie und globale Verbreitung“, „Naturräumliche Risiken“, „Treibhauseffekt, Lärm- und Luftverschmutzung“ und „Vermarktung von Kunststoffen“. Im Themenblock „Naturräumliche Risiken“ befindet sich zum Beispiel ein Experiment anhand dessen die SchülerInnen den Aufbau und die Gefahren einer Schneebrettlawine selbständig erarbeiten. Das Experiment Boden-erosion, das neben sechs weiteren Experimenten im Themenblock „Bodenkunde“ zu finden ist, veranschaulicht die Auswirkungen landwirtschaftlicher Nutzung auf den Boden und ermöglicht die Beurteilung etwaiger Gegenmaßnahmen. Zwei weitere Experimente, die im Themenblock „Pandemie und globale Verbreitung“ angeführt werden, verfolgen das Ziel, das Bewusstsein über die derzeitig vorherrschende Pandemie zu schärfen.

Eine Analyse des GW-Lehrplans der Oberstufe der allgemeinbildenden höheren Schule (AHS) zeigte anhand der vorliegenden Experimente, dass vor allem die Ziele der 5. Klasse (9. Schulstufe) Potenzial für die Einbettung experimenteller Herangehensweisen haben. Darunter

befindet sich u. a. das Ziel, Nutzungskonflikte anhand regionaler Beispiele zu reflektieren (vgl. BMBWF 2021: 162), das die Möglichkeit bietet, Experimente zur Bodenverdichtung oder auch Smoggefahr bei Inversionswetterlagen einzubetten. In den anderen drei Klassen der Sekundarstufe II zeigte sich jeweils ein Lehrplanziel, das Potential für das experimentelle Arbeiten hat. Insbesondere die 8. Klasse (12 Schulstufe) bietet anhand des Lehrplanziels zum globalen Wandel die Möglichkeit, den Treibhauseffekt und die Luftverschmutzung experimentell aufzugreifen. Darauf aufbauend wurde der Chemielehrplan der allgemeinbildenden höheren Schulen herangezogen und anhand der Experimente gezeigt, dass insbesondere im Bereich der Umweltfragen eine Zusammenarbeit mit dem Unterrichtsfach Chemie sinnvoll ist. So kann das Basiswissen zu natürlichen und anthropogenen Stoffkreisläufen, Schadstoffen und Säure-Basereaktionen für das Unterrichtsfach GW bei einer Boden-/Wasseranalyse bzw. beim Experiment zu den Auswirkungen einer Kohlenstoffdioxid-angereicherten Atmosphäre von Nutzen sein.

Im Sinne eines umfassenden Gesamtkonzepts lag das Interesse dieser Arbeit auch auf den vorwissenschaftlichen Arbeiten. Die Analyse der vorwissenschaftlichen Arbeiten des Jahrgangs 2016 von KOLLER und SITTE CH. zeigt deutlich, dass die vorwissenschaftliche Arbeit derzeit allzu oft eine reine Literaturarbeit darstellt. Das Fazit der Untersuchung ist, dass aufgrund des mangelnden Einsatzes experimenteller Arbeitsmethoden im Unterricht auch bei den vorwissenschaftlichen Arbeiten keine experimentellen Herangehensweisen Anwendung finden. Die Arbeit stellt mit der Experimentesammlung Zugänge vor, die sowohl im regulären Unterricht, im Wahlpflichtfach als auch in den vorwissenschaftlichen Arbeiten genutzt werden können, um von einem rezeptiven Lernen (Zuhören, Mitschreiben und Wiedergeben) wegzukommen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass der gezielte Einsatz experimenteller Herangehensweisen im GW-Unterricht nicht nur fachliche, praktische, methodologische, psychologische und pädagogische Funktionen erfüllt, sondern auch im Sinne eines handlungsorientierten GW-Unterrichts das Problembewusstsein der SchülerInnen stärken und zu aktivem Handeln führen kann.

Abstract

Studies (vgl. u. a. HEMMER und HEMMER 2010) show the little importance of the experimental approach in the geography and economics (GW) teaching now. Texts and books are still the main tools in the GW lessons, although the focus of students' interest lies in alternative forms of working such as experimenting. The aim of this master's thesis is to show the importance of experimental working methods for GW lessons. They promote creative, causal and abstract thinking and contribute to networked learning. Methodological skills are trained, and the development of an individual methodological competence is strengthened. Experimental approaches train discovery, research and problem-solving learning and "activate" the students through exercises such as observation, exact recording, evaluation and interpretation of results (vgl. u. a. NIEMZ 1979, OTTO und MÖNTER 2015, WILHELMI 2012).

A research for experiments in the didactic and methodological literature was carried out in order to present a broad range of experimental approaches. On the basis of a self-made catalogue of criteria, the experiment instructions were analysed and assigned to compulsory education and compulsory elective subject. Seven main topics of this thesis show 25 experiments in the subject areas "Soil Science", "Water - Analysis and Treatment", "Pandemics and Global Spread", "Natural hazards", "Greenhouse Effect, Noise and Air Pollution" and "Marketing of Plastics". The "Natural hazards" topic includes for example an experiment in which the students work out the structure and hazards of a snow slab avalanche. The experiment on soil erosion, which can be found among six other experiments in the topic "Soil science", illustrates the effects of agricultural use of soil and enables the students to evaluate countermeasures. Two further experiments, which are listed in "Pandemic and global spread", aim to raise awareness of the current pandemic.

An analysis of the curriculum in the upper secondary school showed (based on the collection of the experiments) that especially the educational objectives of the 9th grade have potential for embedding experimental approaches. The curriculum of the 9th grade includes for example the aim of reflecting conflicting uses based on regional examples (vgl. BMBWF 2021: 162), which offers a great possibility of embedding experiments on soil compaction or smog hazards in inversion weather conditions. In each of the other three grades of upper secondary school (10th, 11th, 12th grade) one educational objective emerged that has potential for experimental work. In particular, the 12th grade educational objective on global change offers the opportunity to work on the greenhouse effect and air pollution experimentally. Furthermore, an analysis of the chemistry curriculum of the upper secondary school was carried out. Based on the collection of

experiments it was shown that especially in the field of environmental issues a cooperation with the subject chemistry is appropriate. For example, the basic knowledge of natural and anthropogenic cycles of matter, pollutants and acid-base reactions can be useful for the subject GW. This knowledge can be useful for a soil/water analysis or in an experiment which deals with the effects of a carbon dioxide-enriched atmosphere.

The interest of this master thesis was also on the pre-scientific work (VWA), which is one part of school leaving examination. The analysis of the pre-scientific work of the year 2016 by KOLLER and SITTE CH. showed that pre-scientific papers are currently mostly pure literature reviews. The conclusion of the study is that due to the lack of experimental working methods in the classroom, experimental approaches are not applied in pre-scientific work either. With the collection of experiments, this master thesis presents approaches that can be used in compulsory education and the compulsory elective subject, as well as in pre-scientific work.

The conclusion of this master thesis is that the use of experimental approaches in GW lessons not only fulfils technical, practical, methodological, psychological and pedagogical functions, but can also strengthen the students' problem awareness and lead to action.