universität wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

Ansatz zur Implementierung von forschendem Lernen im Biologieunterricht mit problemorientiertem Schwerpunkt

verfasst von / submitted by

Susanne Winroither

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

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2015 / Vienna, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree programme code as it appears on the student record sheet:	A 190 333 445
Studienrichtung lt. Studienblatt / degree programme as it appears on the student record sheet:	Lehramtsstudium UF Deutsch UF Biologie und Umweltkunde
Betreut von / Supervisor:	Ass.-Prof. Mag. Dr. Suzanne Kapelari, MA

Vorwort

Am ersten Oktober 2015 habe ich fünf Jahre nach meinem ersten Tag an der Universität begonnen die ersten Worte meiner Diplomarbeit zu schreiben und nun ist sie fertig – endlich! Trotzdem kommt es mir vor, als sei die Zeit des Studierens geradezu verflogen. Und gleichzeitig hat es doch so lange gedauert.

Wird man als Lehramtsstudentin nach seinem Studium gefragt, erhält man als Kommentar auf die Antwort häufig ein abschätziges oder gar bedauerndes Lächeln. Schließlich werden nur diejenigen Lehrer, die nichts anders können; doch damit muss man umgehen können. Ich habe mich ganz bewusst dafür entschieden und zwar zuerst für das Lehramtsstudium und dann für meine Fächer Deutsch und Biologie. Obwohl ich Biologie erst verspätet inskribierte, ist es zu meinem erklärten Lieblingsfach geworden. Dies ist auch der Grund, warum ich eigentlich sehr schnell wusste, dass ich in meiner Diplomarbeit ein fachdidaktisches Thema aus der Biologie behandeln will. Forschendes Lernen ist ein Begriff, den man immer wieder hört und ich konnte zu Beginn wenig damit anfangen, glaubte kaum, dass diese Lernmethode in einer „normalen“ Klasse zum Erfolg führen könnte. Doch je mehr ich mich damit beschäftigt habe, desto überzeugter bin ich trotz der stets kritischen Herangehensweise, dass ich forschendes Lernen in meinem Unterricht als zukünftige Biologielehrerin einsetzen will. Die erarbeiteten Unterrichtsplanungen sollen keine reinen Theorien bleiben, sondern werden mir helfen, diesen Ansatz auch praktisch umsetzen zu können.

In den drei Monaten, in der ich aktive an meiner Diplomarbeit gesessen bin, hatte ich das große Glück, dass ich mich nur darauf konzentrieren musste. Ich habe meinen Nachmittagsjob, den ich sehr mochte, aufgegeben und alle Kurse vorher abgeschlossen. Dass mir das möglich war und ich mich so ganz meiner Arbeit widmen konnte, verdanke ich meinen Eltern Günter und Eva, die mich immer in allem unterstützt haben. Sie haben mir immer das Gefühl gegeben, dass ich alles werden kann, was ich will. Nie wurde zu viel Druck gemacht und ich konnte mich immer auf sie verlassen. Danke Mama, danke Papa!

Ebenfalls sehr dankbar bin ich meinem Bruder Michael, den ich mehr als einmal in verschiedensten Situationen um Hilfe, Rat oder einfach nur Trost gebeten habe. Ich wusste – und weiß auch jetzt noch, er würde mich nie enttäuschen und immer für mich da sein. Danke auch für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Mein Wegbegleiter seit einigen Jahren ist auch mein Freund Siegfried, mit dem ich die letzten Phasen meines Studiums geteilt habe. Gemeinsam haben wir aufgeschobene Prüfungen, Anrechnungen und Wartezeiten überstanden. Es war ein großes Glück jemand so Vertrauten zu haben, der gerade dasselbe erlebt und dem man auch zum zehnten Mal seine Unsicherheiten vorjammern darf. Mit ihm habe ich das Abenteuer Studienende trotz aller Schikanen und Bürokratiehürden glücklich gemeistert.

Außerdem danke ich mein Diplomarbeitsbetreuerin Suzanne Kapelari, dass sie mir dieses Thema empfohlen hat und mir fachlich viele Tipps und Hinweise gab. Durch ihre Erfahrung war auch mir der Aufbau schnell klar. Trotz der genauen Vorstellungen, die Frau Kapelari mitbrachte, war auch immer genug Platz für eigene Ideen und ich möchte mich herzlich für die gute und kollegiale Zusammenarbeit bedanken.

Nicht zu vergessen sind natürlich auch alle meine Freunde, die mein Studium zu einem unvergesslichen Erlebnis gemacht haben, von dem ich nichts bereue. Ohne euch wäre es nicht dasselbe gewesen.

Trotz dem sorgfältigen und mehrmaligen Durchlesen der Arbeit durch mich und andere Personen könnte der eine oder andere Fehler übersehen worden sein. Ich bitte den Leser bzw. die Leserin, darüber hinwegzusehen

Inhaltsverzeichnis

Abstract (deutsch) 9

Abstract (english) 10

Einleitung 11

I. Teil: Theoretische Grundlagen 13

1. Naturwissenschaftliche Grundbildung 13

1.1. Scientific Literacy 13

1.1.1. Definition von Scientific Literacy 13

1.1.2. Erlernen von Scientific Literacy 16

1.1.3. Kritik am Konzept der Scientific Literacy 17

1.2. Nature of Science 18

1.2.1. Definition von NOS 18

1.2.2. Epistemologische Überzeugungen 21

1.3. Inhaltliche Analyse des Lehrplans 22

1.4. Modellkompetenz 27

1.5. *mascil* – mathematics and science for life 28

2. Forschendes Lernen 29

2.1. Begriffsfindung und Definition für forschendes Lernen 29

2.2. Methodische Analyse des Lehrplans 35

2.3. Konnex zwischen forschendem Lernen und Nature of Science beziehungsweise Scientific Literacy 37

2.4. Instruiert, geleitet, offen – Stufen der Öffnung bei forschendem Lernen nach Schwab und Colburn 39

2.5. Effektivität von forschendem Lernen – Forschungsstand 42

2.5.1. Negative Ergebnisse bei forschendem Lernen 43

2.5.2. Positive Ergebnisse bei forschendem Lernen 44

2.5.3. Ausgeglichene Ergebnisse zu forschendem Lernen 45

2.5.4. Fazit 45

2.6. Möglichkeiten zur Leistungsfeststellung 46

2.6.1. Formative Leistungsfeststellung 47

2.6.2. Summative Leistungsfeststellung 48
2.7. Herausforderungen an LehrerInnen bei forschendem Lernen 51
2.8. Richtlinien zur Erstellung von Materialien für forschenden Unterricht nach mascil ... 52
II. Teil: Fachliche Grundlagen zum Thema Klärwerk 57
1. Stufen der Reinigung von Haushaltsabwässern 57
2. Mikroschadstoffelimination 59
3. Chemische Hintergründe: Denitrifikation, Phosphatfällung 62
4. Themenabgleich mit den Lehrplänen 63
III. Teil: Beispielhafte Unterrichtsplanungen zu forschendem Lernen 66
1. 7.-10. Schulstufe: Wettbewerb „Modell-Kläranlage“ 66
1.1. Unterrichtsverlauf 67
1.2. Aufgaben der Lehrperson und Beurteilung 70
1.3. Aufgaben der SchülerInnen 72
1.4. Varianten 73
1.5. Aspekte von forschendem Lernen 74
2. 7.-10. Schulstufe: Studie „Richtiger Umgang mit Abwasser“ 75
2.1. Unterrichtsverlauf 76
2.2. Aufgaben der Lehrperson und Beurteilung 79
2.3. Aufgaben der SchülerInnen 80
2.5. Aspekte von forschendem Lernen 83
3. 9.-12. Schulstufe: Planspiel „Hormone und Plastik in der Donau?“ 85
3.1. Unterrichtsverlauf 85
3.2. Aufgaben der Lehrperson und Beurteilung 89
3.3. Aufgaben der SchülerInnen 90
3.4. Varianten 92
3.5. Aspekte von forschendem Lernen 92
Diskussion und Ausblick 95
Abbildungsverzeichnis 107
Anhang A 109
Modell-Kläranlage 109
Aufgabenstellung 110
Beilage Wettbewerbsregeln 111
Hilfestellung bei der Recherche 112

Feedbackbögen zu den Präsentationen 113
Beispielhafte Materialliste für die Lehrperson: 114
Anleitung für die Herstellung des „Abwassers“: 115
Bewertung für 116
Urkunde 117
Gruppentest 118
Feedback-Memory 119
Beurteilung der Gesamtleistung 120
Anhang B 121
Studie „Richtiger Umgang mit Abwasser 121
Arbeitsauftrag 122
Beilage Bestimmungen zur Jugendstudie „Abwasserverhalten“ 123
Informationsblatt Vorbereitungen der Studie 124
Informationsblatt Auswertung der Ergebnisse 125
Feedbackbögen für die Präsentationen 126
Arbeitsblatt zur Selbstreflexion 127
Bewertungsblatt für die Lehrperson 128
Arbeitsblatt zur Unterrichtsreflexion 129
Anhang C 130
Planspiel: Hormone und Plastik in der Donau? 130
Rollenbeschreibungen 132
GemeinderätInnen der Roten Partei 132
GemeinderätInnen der Gelben Partei 132
GemeinderätInnen der Grünen Partei 133
Zusatzkarte BürgermeisterIn 133
ÖkologInnen 134
FinanzberaterInnen 134
BauingenieurInnen 135
JournalistInnen 135
Fragen zur Rollenidentifikation 136
Informationsmaterialien 137
Debriefing-Phase 138
Beurteilungskriterien 139
Anhang D: *mascil*-Diagramm 140

Eidesstattliche Erklärung 141
Lebenslauf 142

Abstract (deutsch)

SchülerInnen sollen die Chance haben, eine umfangreiche naturwissenschaftliche Grundbildung zu erhalten. Forschendes Lernen kann als Schlüssel dazu dienen und muss Einzug in die österreichischen Klassenzimmer finden. Um dies flächendeckend möglich zu machen, sind neben einer entsprechenden Aus- und Weiterbildung der LehrerInnen und einem unterstützenden Hintergrund im Kollegium vor allem auch geeignete Materialien notwendig, die sich leicht in den Schulalltag eingliedern lassen und keinen großen Materialaufwand sowie keine besonderen Räumlichkeiten erfordern. Ziel dieser Diplomarbeit ist es, drei verschiedene Unterrichtsplanungen zu einem aktuellen Thema in Bezugnahme auf den derzeitigen Forschungsstand zu erstellen, die diesen Kriterien entsprechen und für eine Überprüfung im Klassenzimmer zur Verfügung stehen. Nur so können in Zukunft bewährte Materialien entstehen, die allen LehrerInnen zugänglich gemacht werden, um so eine erfolgreiche Implementierung von forschendem Lernen zu erreichen und SchülerInnen so erfolgreich Scientific Literacy erwerben können.

Abstract (english)

Pupils should have the chance to acquire an extensive scientific education. Inquiry-based learning certainly is a promising method to achieve this, and therefore needs to be implemented in Austrian schools. In addition to an appropriate teacher education and further training, a supporting background among colleagues is crucial in this process. Moreover, teachers need sufficient material they can easily use in every day school life without facing problems concerning classroom setting or resources. The aim of this diploma thesis is to design three lesson plans on recent topics and with reference to the current state of research. These lesson plans correlate to the mentioned criteria and are available for testing in the classroom. This is the only way to obtain reliable teaching material accessible to all teachers, to achieve successful implementation of inquiry-based learning in Austrian classrooms, and to enhance the scientific literacy of Austrian students.

Einleitung

Ziel jedes Biologieunterrichts ist es, den Lernenden ein umfassendes Wissen und entsprechende Fähigkeiten in den Bereichen Biologie und Umweltkunde zu vermitteln sowie sie für die selbstständige Weiterbildung in diesen Bereichen zu befähigen (Gräber & Nentwig, 2002).

Der Grund dafür ist das Bestreben, den SchülerInnen umfassende Kompetenzen für ihr zukünftiges Leben und ihre aktive Beteiligung in der Gesellschaft mitzugeben. (BMBF, 2004) Besonders sinnvoll ist die Vermittlung dieser Kompetenzen dann, wenn Inhalte nicht leer im Raum stehen, sondern mit der Lebenswelt der Lernenden in einer Weise verknüpft werden, die es ihnen erlaubt, weitere Verbindungen zu Inhalten aus dem Alltag, der Arbeitswelt und anderen Disziplinen zu erschließen (BMBWK, 2004).

Forschendes Lernen hat sich in den letzten Jahren in diesem Bereich immer mehr als ein erfolgversprechendes Unterrichtskonzept hervorgetan. Diesem Unterrichtsprinzip wird ein großes Potential zugesprochen, sowohl in fachlichen als auch außerfachlichen Bereichen gute Lernergebnisse von SchülerInnen aller Schulstufen zu ermöglichen. Diese Erfolge sind laut den bisherigen Ergebnissen stark von der Lernsituation, den Kompetenzen der Lehrperson und den verwendeten Materialien abhängig (Minner, Abigail, & Century, 2010).

Das im 7. Forschungsrahmenprogramm der EU geförderte Projekt *mascil – Mathematics and Science for Life* – beschäftigt sich genau mit diesen (mascil, 2015). Neben der Begleitforschung zu forschendem Lehren und Lernen werden im Rahmen des Projekts auch Fortbildungen für LehrerInnen konzipiert und angeboten. Außerdem werden Richtlinien zur Erstellung von Unterrichtsmaterialien entwickelt, die bei der Erstellung und Überarbeitung von Unterlagen für einen forschenden Unterricht unterstützen sollen.

In der vorliegenden Diplomarbeit wurden auf der Basis einer umfangreichen Literaturrecherche in den Bereichen naturwissenschaftliche Grundbildung mit besonderer Berücksichtigung von Scientific Literacy und Nature of Science unter Einbezug der aktuellen Lehrpläne der österreichischen AHS-Unterstufe und AHS-

Oberstufe im Unterrichtsfach Biologie und Umweltkunde und forschendem Lernen unter Berücksichtigung von gegenwärtigen Diskussionen zu Begrifflichkeit und derzeitiger Forschungsergebnisse sowie den vorgeschlagenen Richtlinien von *mascil* drei unterschiedliche Unterrichtsplanungen beispielhaft zum Thema „Abwasserreinigung“ entwickelt. Diese sollen als Muster und Beleg dienen, wie forschendes und problemorientiertes Lernen im Biologieunterricht ohne großen Materialaufwand, wie es häufig bei Unterrichtsentwürfen mit Experimentcharakter der Fall ist, in allen Schulstufen der Sekundarstufe I und II durchführbar und sinnvoll einsetzbar ist. Diese Unterrichtsplanungen stellen die Basis für weiterführende Untersuchungsreihen dar und sollen eine weiteren Beitrag leisten, um „forschendes Lehren und Lernen“ im österreichischen Biologieunterricht zu etablieren.

I. Teil: Theoretische Grundlagen

1. Naturwissenschaftliche Grundbildung

Bevor über Lehr- und Lernmethoden gesprochen werden kann, muss zuerst einmal das Ziel, in diesem Fall eine angemessene naturwissenschaftliche Bildung für SchülerInnen in der Sekundarstufe, geklärt werden. Dazu werden die Begriffe *Scientific Literacy* und *Nature of Science* eingeführt und genauer geklärt. Im Anschluss daran werden die Forderungen, die diese Bildungsziele stellen, mit den Ansprüchen der österreichischen Lehrpläne der AHS abgeglichen. Den Abschluss bildet eine kurze Vorstellung eines von der EU geförderten Projekts, das das gleiche Ziel hat und eine entsprechende Unterrichtsmethode einführt.

1.1. Scientific Literacy

Der Begriff *Scientific Literacy (SL)* fällt im Zusammenhang mit Didaktik im naturwissenschaftlichen Bereich immer häufiger und ist schon längst nicht mehr neu. Zuerst muss geklärt werden, was Scientific Literacy ist und was als Ziel davon gilt. Weiters stellt sich die Frage, wozu man SL braucht, welchen Nutzen unsere SchülerInnen daraus ziehen, „scientific literate“ zu sein. Trotz der ständigen Betonung der Wichtigkeit, stellt sich auch die Frage nach den Möglichkeiten. Kann SL gelernt werden und wenn ja, wie? Auf diese und weitere Fragen wird im Folgenden eingegangen.

1.1.1. Definition von Scientific Literacy

Während in der Öffentlichkeit und teilweise auch unter LehrerInnen Unklarheit in Hinblick auf das Bildungsziel von Scientific Literacy herrscht, werden in Fachkreisen unterschiedliche Definitionen diskutiert. Diese unterschiedlichen Begriffserklärungen stimmen jedoch in weiten Bereichen miteinander überein und wurden über die Jahre lediglich genauer ausgeführt. Erstmals erwähnt wurde der Begriff im englischsprachigen Raum in den 1950er Jahren (DeBoer, 2000). Er ist seither in bildungspolitischen Diskussionen immer wichtiger geworden und hat sich auch im deutschen Sprachraum etabliert. Mögliche Übersetzungsvarianten sind, wie beispielsweise in der PISA-Studie von 2006 erwähnt, die „Naturwissenschafts-

Kompetenz“ (Grafendorfer, 2009) oder „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ (Lembens, Weiglhofer, & Stadler, 2009). Allerdings entsprechen beide nicht exakt dem, was man unter dem englischen Begriff „literacy“ versteht. Aus diesem Grund bleiben viele Fachleute bei der originalen Schreibweise und daher wird diese auch hier beibehalten.

Scientific Literacy besteht aus mehreren Bildungszielen, die mehr oder weniger detailliert beschrieben werden. Eines der Bildungsziele ist ein Verständnis von Nature of Science (s. Kapitel 1.2.). Folgt man DeBoer (2002), so gibt es neun Punkte, die entscheidend für eine umfassende SL sind. Frei aus dem Englischen übersetzt lauten diese:

- Lehren und Lernen von Naturwissenschaft als Kulturgut der modernen Welt
- Vorbereitung auf die Arbeitswelt, in der Naturwissenschaften und Technik eine immer größere Rolle einnehmen
- Lehren und Lernen über Naturwissenschaften mit direktem Bezug zur Alltagswelt
- SchülerInnen zu informierten BürgerInnen erziehen, die aufgrund ihres Wissens Entscheidungen treffen können
- Lernen von Naturwissenschaften als ein Weg die Welt zu untersuchen
- Verstehen von Artikeln und Diskussionen über Naturwissenschaften in den Medien
- Lernen von Naturwissenschaften als ästhetisches Prinzip
- Vorbereitung von BürgerInnen, die den Naturwissenschaften positiv gegen-überstehen
- Verstehen der Natur und der Wichtigkeit von Technik sowie die Beziehung zwischen Technik und Naturwissenschaften

Auf nur vier Punkte beschränkt sich die Definition von SL, die 2006 bei der PISA-Studie zu Naturwissenschaften formuliert wurde; diese lautet wie folgt:

> Naturwissenschaftliche Kompetenz ist...

- ...naturwissenschaftliches Wissen und die Anwendung dieses Wissens um Fragestellungen zu identifizieren, neue Kenntnisse zu erwerben, naturwissenschaftliche Phänomene zu erklären und aus Belegen Schlussfolgerungen in Bezug auf naturwissenschaftsbezogene Sachverhalte zu ziehen, sowie
- das Verständnis der charakteristischen Eigenschaften der Naturwissenschaften als eine Form menschlichen Wissens und Forschens,
- die Fähigkeit zu erkennen, wie Naturwissenschaften und Technologie unsere materielle, intellektuelle und kulturelle Umgebung prägen und
- die Bereitschaft, sich mit naturwissenschaftlichen Themen und Ideen als reflektierender Bürger [reflektierende Bürgerin] auseinanderzusetzen. (OECD, 2006a, S. 23; Übersetzung der OECD zitiert nach (Lembens, Weiglhofer, & Stadler, 2009)).

Vergleicht man die beiden gegebenen Definitionen, so stößt man auf viele Punkte, die einander entsprechen. Ein Punkt, der bei der Erklärung der PISA-Studie fehlt, ist der Bezug auf die Berufswelt. Bei den Punkten von DeBoer (2000) wird explizit die Arbeitswelt von NaturwissenschaftlerInnen erwähnt, jedoch stimmt auch er mit der Meinung überein, dass SL für jeden in unserer modernen Gesellschaft gelten soll, unabhängig davon, ob man vorhat eine naturwissenschaftliche Karriere einzuschlagen oder nicht (DeBoer, 2000; Grafendorfer, 2009).

Man könnte noch viele weitere Punkte finden, um SL genauer zu beschreiben und jeden Blickwinkel zu beleuchten oder es auf drei Schlagwörter herunterbrechen, wie es Gräber, Nentwig und Nicolson (2002) tun, in dem sie SL als die Schnittmenge von „wissen“, „handeln“ und „bewerten“ bezeichnen. Kurz gesagt ist SL die Fähigkeit eines Menschen vor dem Hintergrund naturwissenschaftlicher und technischer Kenntnisse, die Natur und damit sowohl die persönliche als auch die gesellschaftliche Welt durch Entscheidungen und Handlungen vor allem in den Bereichen „Gesundheit, natürliche Ressourcen, Umwelt, Gefahren sowie Grenzen von Naturwissenschaft und Technik“ (Grafendorfer, 2009) mitzugestalten und zu prägen (Lembens, Weiglhofer, & Stadler, 2009).

1.1.2. Erlernen von Scientific Literacy

Um Scientific Literacy lehren zu können, muss man zuerst verstehen wie man sie erlernen kann. Scientific Literacy ist kein Talent, das man hat oder nicht hat, sondern man muss sie erwerben und dies geschieht nach Bybee (2002) in vier Schritten. Diese vier Stufen werden von Lernenden typischerweise nacheinander erklommen und werden immer komplexer. Selbstverständlich ist es möglich oder sogar wahrscheinlich, dass eine Person in unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Disziplinen auf unterschiedlichen Stufen steht.

1. Nominale Scientific Literacy: Steht man auf dieser Stufe von SL, so kennt man einzelne Begriffe und kann bestimmte Ideen oder Themen den Naturwissenschaften zuordnen, besitzt allerdings kein Verständnis für den Zusammenhang und die Funktionsweise der Konzepte. Teilweise liegen fehler- oder lückenhafte Vorstellungen über Prozesse vor.

2. Funktionale Scientific Literacy: Die zweite Stufe der SL beinhaltet die Kenntnis und die korrekte Verwendung von naturwissenschaftlichen Begriffen sowie die Fähigkeit naturwissenschaftliche Texte lesen und schreiben zu können. Lange Zeit wurde im Unterricht auf diesen Punkt besonderer Wert gelegt. Inzwischen haben sich die Meinungen aber dahingehend entwickelt, dass funktionale SL nicht ausreichend ist und eine Balance zwischen reinem Faktenwissen und anderen Bereichen der SL gefunden werden muss.

3. Konzeptionelle und prozedurale Scientific Literacy: Bei der dritten Stufe von SL geht man über die Kenntnis von Vokabeln und Fakten über Naturwissenschaften hinaus und schafft es, die vorhandenen Informationen miteinander in Verbindung zu setzen und so die verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen miteinander zu einem Konzept zu verknüpfen. Weiters soll ein generelles Verständnis für Naturwissenschaften als Methode von Erkenntnisgewinn entwickelt werden.

4. Multidimensionale Scientific Literacy: Die vierte Stufe von SL erweitert die Naturwissenschaften und den persönlichen und gesellschaftlichen Faktor. Zum einen sollen Lernende die Geschichte der einzelnen Teildisziplinen erfassen und zum anderen

die Aktualität von Naturwissenschaften und Technik erkennen. Wir leben alle in einer Gesellschaft, in der wir von naturwissenschaftlichen Phänomenen umgeben sind und in der diese unser Leben beeinflussen. Lernende sollen die „Grenzen und Möglichkeiten der Naturwissenschaften in ihrem persönlichen Leben und in der Gesellschaft“ (Bybee, 2002, S. 30) erkennen und daraus Schlüsse ziehen können (Bybee, 2002).

Diese vier Bildungsniveaus von Scientific Literacy sind nicht zwingend vorgegeben, sind jedoch häufig im Verlauf der Entwicklung beobachtbar und sollten von Lehrenden berücksichtigt werden. Generell kann man auch nicht davon ausgehen, dass alle Lernenden in jeder Disziplin alle vier Stufen erreichen. Beim Erwerb von SL handelt es sich um einen lebenslangen Lernprozess (Gräber & Nentwig, 2002; Grafendorfer, 2009).

1.1.3. Kritik am Konzept der Scientific Literacy

Trotz der im Allgemeinen positiven Stimmung gegenüber den Bildungszielen, die Scientific Literacy beschreibt, gibt es Kritik an den Möglichkeiten der Umsetzung. Die Hauptkritik am Bestreben SL zu lehren ist wie DeBoer (2000) erwähnt, dass es nicht möglich ist, Lernenden ausreichend Fachwissen zu vermitteln, um über komplexe naturwissenschaftliche und technische Themen in einem realen Kontext diskutieren und adäquate Entscheidungen treffen zu können (DeBoer, 2000). Weiters könne man von SchülerInnen nicht erwarten, dass sie lernen wie NaturwissenschafterInnen zu denken, weil die Dinge, um die es in den Naturwissenschaften wirklich geht, zu vielschichtig sind, um sie verstehen zu können. Wichtiger sei es, den Lernenden Zugang zu Fachartikeln und authentischen Texten zu geben (Shamos, 1995 zitiert nach DeBoer, 2000).

Dieser Kritik von Morris Shamos in „The Myth of Scientific Literacy“ (1995) begegnet Bybee (2002) jedoch mit einem entsprechenden Ziel:

> Scientific Literacy ist vielleicht ein Mythos, jedoch ist ein Mythos keine Lüge, sondern eine Geschichte, die Erklärungen und erzieherische Werte vermittelt. Scientific Literacy kann vielleicht nicht allen Lernenden im vollen Ausmaß gelehrt werden und viele Themen sind zu komplex, um sie mit dem möglichen Wissen

> von SchülerInnen im Rahmen von Unterricht verstehen und bearbeiten zu können. Dennoch sollte sie ein Ziel sein und als Wegweiser für Lehrende in Schulen und der LehrerInnenbildung sein. Es wird nicht möglich sein, SchülerInnen ein so umfassendes naturwissenschaftliches Wissen zu vermitteln, dass sie jedes Problem in der heutigen Welt erfassen können, jedoch sollte es angestrebt werden, ihnen insoweit naturwissenschaftliche Bildung zukommen zu lassen, dass es ihnen möglich ist als BürgerIn unserer Gesellschaft relevante Fragen für sich selbst soweit beantworten zu können, dass sie fundierte Entscheidungen fällen können. (Bybee, 2002, S. 22-23)

1.2. Nature of Science

Ein genanntes wichtiges Ziel in der naturwissenschaftlichen Bildung ist es, ein Verständnis von *Nature of Science (NOS)* zu entwickeln (Kremer, Urhahne, & Mayer, 2007). Was man unter Nature of Science, der „Natur der Naturwissenschaften" versteht und inwiefern sie von Faktoren wie epistemologischen Überzeugungen beeinflusst wird, ist im Folgenden genauerer ausgeführt.

1.2.1. Definition von NOS

Anders als bei Scientific Literacy geht es bei Nature of Science weniger um das, was man über Naturwissenschaften wissen soll und inwiefern dies anwendbar sein soll, sondern viel mehr darum, die Naturwissenschaften an sich zu verstehen. Fragen, wie die folgenden, sollten Personen mit angemessenen Vorstellungen von NOS beantwortet können: Wie arbeiten NaturwissenschaftlerInnen, wie entstehen Theorien, was ist naturwissenschaftliches Wissen und wie gehe ich damit um? Der Grund, warum ein weit entwickeltes Verständnis von NOS wichtig ist, liegt am direkten Zusammenhang der Entwicklung von theoretischem Wissen und praktischen Fähigkeiten in den Naturwissenschaften (Kremer, Urhahne, & Mayer, 2007).

Angelehnt an Lederman (2002) kann man Nature of Science in Kategorien unterteilen, die es erleichtern ihre Gesamtheit annähernd zu erfassen. In Kombination mit den Erläuterungen von McComas, Clough und Almazroa (2002) ergibt sich ein vollständigeres Bild. Über all den folgenden Punkten steht der Zweck von Naturwissenschaften überhaupt, nämlich der Versuch Vorgänge in der Natur zu erklären. Dazu haben sich im Laufe der Zeit Gepflogenheiten herausgebildet und es gibt gewisse Prinzipien, die mit Naturwissenschaften verbunden sind.

a) Empirie: Naturwissenschaften beruhen zu einem großen Teil auf Beobachtungen, experimentellen Ergebnissen, rationalen Argumenten und einer gewissen Portion Skepsis. Zu beachten ist außerdem, dass man in den seltensten Fällen die Möglichkeit hat, die Vorgänge in der Natur ungefiltert zu beobachten. Tatsächlich wird alles indirekt über unsere Wahrnehmungen oder über zusätzliche Instrumente registriert und im Anschluss interpretiert, was wiederum auf einer Reihe von Vermutungen eingebettet in theoretischen Überlegungen beruht. Überdies ist es notwendig, den Unterschied zwischen Beobachtungen und Schlussfolgerungen zu verinnerlichen. Während Ersteres eine reine Sinneswahrnehmung beziehungsweise eine erweiterte Sinneswahrnehmung ist, geht Zweiteres auf die kognitive Weiterentwicklung der Beobachtung in Relation zu anderen Beobachtungen und theoretischem Wissen zurück.

b) Theorien und Gesetze in den Naturwissenschaften: Ein weit verbreiteter Irrtum unter SchülerInnen ist, dass sich naturwissenschaftliche Gesetze aus Theorien entwickeln. Meistens wird geglaubt, dass eine Theorie dann zu einem Gesetz werden kann, wenn mehr Beweise vorliegen. Tatsächlich sind Gesetze und Theorien eigenständige naturwissenschaftliche Formulierungen, die unterschiedliche Dinge darstellen. Während eine Theorie ein etabliertes, mehrfach begründetes und intern beständiges System von Erklärungen ist, ist ein Gesetz eine beschreibende Aussage von Beziehungen zwischen beobachtbaren Ereignissen.

c) Kreativität: Im Gegensatz zur landläufigen Meinung, Naturwissenschaften seien eine leblose, rein vernunftgeleitete und geregelte Sache, ist für viele Bereiche ein hohes Maß an Kreativität und Einfallsreichtum nötig. Anders wäre beispielsweise die Entwicklung von einerseits abstrakten und andererseits sehr anschaulichen Modellen nicht möglich.

d) Theoriebeladenheit: Ebenfalls teilweise unbekannt ist die Tatsache, dass Naturwissenschaften sehr stark theoriebeladen sind und zwar in der Weise, dass Untersuchungen niemals ohne vorherige Überlegung und entsprechenden Erwartungen durchgeführt werden. Jeder Beobachtung geht eine Frage oder ein Problem voraus, die auf theoretischem Wissen, bisherigen Beobachtungen und

Erkenntnissen aufbauen und so die Untersuchungen in eine bestimmte Richtung leiten und beeinflussen. Es gibt in den Naturwissenschaften keine neutrale Beobachtung, die von keinerlei theoretischem Input geleitet wird.

e) Soziale und kulturelle Einbettung: Naturwissenschaften sind selten frei von sozialen oder kulturellen Elementen wie Politik, Machtstrukturen, Philosophie, Ethik und Religion. Dementsprechend sind auch Forschungsrichtungen teilweise auf diese und weitere Bereiche bezogen. Weiters ist zu betonen, dass Menschen aus allen Kulturen ihren Beitrag zu den Naturwissenschaften leisten.

f) Historischer Hintergrund: Ebenso wie der soziale Hintergrund beeinflusst die Geschichte der Naturwissenschaften ihre Forschungsgegenstände, Forschungsrichtungen und Methoden. Man kann sagen, dass die Geschichte sowohl einen evolutionären als auch einen revolutionären Charakter der Naturwissenschaften erkennen lässt.

g) Mythos der naturwissenschaftlichen Methode: Es existiert in vielen Köpfen die Meinung, dass es genau eine wissenschaftliche Vorgehensweise zur Entdeckung neuer Erkenntnisse gibt, die, wenn man ihr Schritt-für-Schritt folgt, sichere und richtige Ergebnisse liefere. Tatsächlich gibt es viele Möglichkeiten bei denen natürlich immer wieder auch gleiche oder ähnliche Schritte wie Beobachtung, Messung, Vergleichen, Hypothesenbildung et cetera vorkommen. Die eine richtige Methode, die sichere Ergebnisse liefert, gibt es jedoch nicht.

h) Vorläufigkeit: Obwohl naturwissenschaftliches Wissen häufig verlässlich und dauerhaft ist, bleibt es vorläufig, da man nie mit Sicherheit sagen kann, dass nie ein Fall auftreten wird, der das Gegenteil beweist. Naturwissenschaftliches Wissen ist nur in so weit richtig, dass bisher deutliche Argumente dafür und keine Beweise dagegen vorliegen und deshalb als gültig betrachtet werden kann. Trotzdem bleibt es vorläufig und es ist nicht selten vorgekommen, dass als gültig geltendes Wissen als Fehlvorstellung revidiert werden musste.

i) Veröffentlichung: Wissenschaftliche Erkenntnisse müssen immer öffentlich und klar vorgetragen werden. Außerdem bedarf es bei wissenschaftlicher Forschung immer

exakter Aufzeichnungen, damit die Vorgehensweise, die zu den veröffentlichten Ergebnissen geführt haben nachvollzogen werden können, unter anderem deswegen weil Forschungsvorgänge immer dem Anspruch der Replizierbarkeit standhalten müssen. Weiters ist es in den Naturwissenschaften essentiell, sich nicht nur auf seine eigene Anschauungsweise zu verlassen. Die Zusammenarbeit im Team und die konstruktive Kritik von KollegInnen sind von großer Wichtigkeit.

j) Technikzusammenhang: Zuletzt soll noch die gegenseitige Beeinflussung von Naturwissenschaften und Technik erwähnt werden. Beide Elemente arbeiten für- und miteinander und können häufig nicht mehr ohneeinander stattfinden (McComas, Clough, & Almazroa, 2002; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002).

Die nun aufgeführten zehn Punkte ergeben eine breitgefächerte Sichtweise von Nature of Science und sollen durch ihre Bandbreite verdeutlichen, wie schwierig es sein kann, dies alles zu verstehen und als Ziel in der naturwissenschaftlichen Bildung festzulegen, da die Umsetzung nicht einfach sein kann. Trotzdem gilt auch hier wieder der Leitsatz, dass es – so es in Gänze nicht geschafft werden kann – doch der Anspruch jedes/r Lehrenden sein soll den Lernenden zumindest ein Stück weit NOS zu vermitteln.

Kurz zusammengefasst ist naturwissenschaftliches Wissen durch empirische Erkenntnisse und starke Theoriegebundenheit geprägt und ist trotzdem individuell und durch menschliche Kreativität entstanden. Alle Ergebnisse sind trotz der Untermauerung durch Gesetze und Theorien stets vorläufig, stehen in einem kulturellen, sozialen, historischen und technischen Feld und müssen überprüfbar sein und veröffentlicht werden.

1.2.2. Epistemologische Überzeugungen

Bei epistemologischen oder auch erkenntnistheoretischen Überzeugungen handelt es sich um Vorstellungen über die Struktur des Wissens und über die Struktur des Wissenserwerbs. Relevant sind diese einerseits, weil diese „intuitiven Theorien Lernprozesse und Lernleistungen durch eine Vorstrukturierung der wahrgenommenen Inhalte beeinflussen“ (Urhahne & Hopf, 2004, S. 71) und andererseits, weil es in den Naturwissenschaften ein Bildungsziel ist, Lernenden eine adäquate epistemologische

Überzeugung zu vermitteln. Dies schließt auch an das vorherige Kapitel an, denn auch hier sind die Veränderlichkeit des Wissens, Kenntnis über naturwissenschaftliche Methoden sowie die Grenzen der Wissenschaft von Bedeutung (Urhahne & Hopf, 2004).

Die Forschung in diesem Gebiet hat sich stark entwickelt und dementsprechend existieren verschiedene Theorien mit unterschiedlichen Schwerpunkten und variierenden Messmethoden. Häufig wurden Stufenmodelle erstellt, mit deren Hilfe die Entwicklung von erkenntnistheoretischen Überzeugungen von Studierenden oder SchülerInnen aufgezeigt werden können. Als eine Möglichkeit der Aufsplittung erwähnen Urhahne und Hopf (2004) das vierdimensionale Modell von Hofer und Pintrich (1997): a) Sicherheit des Wissens (Dauerhaftigkeit vs. Veränderlichkeit), b) Komplexität des Wissens (einzelne Fakten vs. Zusammenhänge), c) Quelle des Wissens (von Autoritäten weitergegeben vs. durch Lernende in Interaktion mit andern erarbeitet) und d) Rechtfertigung des Wissens (richtig/falsch-Denken vs. Abstufung und Vielfältigkeit) (Urhahne & Hopf, 2004).

Ohne genauer auf dieses oder ein anders Modell einzugehen, sollten in jedem Fall sowohl den eigenen Überzeugungen der Lernenden als auch der Beeinflussung der epistemologischen Überzeugungen durch die Lehrenden Beachtung geschenkt werden, die sich dessen oftmals nicht bewusst sind (McComas, Clough, & Almazroa, 2002).

1.3. Inhaltliche Analyse des Lehrplans

Nach der Klärung der Konzepte von Scientific Literacy und Nature of Science ist es sinnvoll einen Blick in den aktuellen Lehrplan für AHS in Österreich im Allgemeinen und im Speziellen für das Unterrichtsfach Biologie und Umweltkunde zu werfen, um zu sehen, inwiefern sich die Werte von SL und NOS hier wiederfinden lassen. Grundsätzlich dient ein Lehrplan den Lehrenden als Orientierungshilfe bezüglich der Lehrinhalte und der Ziele, die Lernende in einem bestimmten Fach beim Abschluss einer bestimmten Stufe erreicht haben sollen. Konkret handelt es sich hier um den Lehrplan der AHS-Unterstufe für Biologie (2000) und den Lehrplan der AHS-Oberstufe (2004) sowie die allgemeine Verordnung des Ministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur über die Lehrpläne der allgemein bildenden höheren Schulen (2004). Die

Analyse zeigt, dass die Ziele und Forderungen zum Erwerb von Scientific Literacy und zum Verständnis von Nature of Science viele Entsprechungen in den Lehrplänen finden, obwohl keiner der beiden Begriffe explizit erwähnt wird.

Zunächst werden die Themenbereiche für die jeweiligen Schulstufen bekanntgegeben. Dabei handelt es sich in der Unterstufe um die Bereiche „Mensch und Gesundheit, Tiere und Pflanzen sowie Ökologie und Umwelt“ (BMBF, 2000). In der Oberstufe werden als Themen „Mensch und Gesundheit, Weltverständnis und Naturerkenntnis, Ökologie und Umwelt sowie Biologie und Produktion“ behandelt (BMBF, 2004). Bereits die reine Auflistung der übergeordneten Bereiche weist in die gleiche Richtung, wie es SL und NOS tun.

Folgende Zitate belegen die Forderung nach Beschäftigung mit naturwissenschaftlichem Wissen und in weiterer Folge der Verknüpfung der einzelnen Fakten, was zu einem allgemeinen naturwissenschaftlichem Verständnis führen soll:

- „Die Schülerinnen und Schüler sollen zentrale biologische Erkenntnisse gewinnen, Prinzipien, Zusammenhänge, Kreisläufe und Abhängigkeiten sehen lernen und Verständnis für biologische bzw. naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen erwerben.“ (BMBF, 2000, S. 1)
- „Die Schülerinnen und Schüler sollen – im Sinne einer biologischen Grundbildung – zentrale biologische Erkenntnisse gewinnen, Prinzipien, Zusammenhänge, Kreisläufe und Abhängigkeiten in lebenden Systemen sehen lernen und damit Grundzüge eines biologischen bzw. naturwissenschaftlichen Weltverständnisses erwerben.“ (BMBF, 2004, S. 1)
- „Auswahl von Inhalten, die maximalen Erkenntnisgewinn im Sinne von biologischem Basiswissen und zentralen Kompetenzen (z.B. vernetztes Denken) bringen und als Grundlage für lebenslanges Lernen dienen können.“ (BMBF, 2004, S. 2)

Ein mehrmals erwähnter Anspruch ist auch die Befähigung zu einem selbstbestimmten Menschen, der seine Entscheidungen als Teil der Gesellschaft auf Grundlage von fundiertem Wissen treffen kann:

- „Die Schülerinnen und Schüler sollen ein biologisches ‚Grundverständnis' erwerben, welches sie bei ihrer zukünftigen Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungen unterstützen kann. Werte und Normen, Fragen der Verantwortung bei Anwendung naturwissenschaftlicher bzw. biologischer Erkenntnisse sollen thematisiert werden." (BMBF, 2000, S. 1)
- „Gesellschaftsrelevante Aspekte sind möglichst häufig zu berücksichtigen, um der Bedeutung biologischer Erkenntnisse für die Gesellschaft gerecht zu werden und die Schülerinnen und Schüler auf die zukünftige Beteiligung und Verantwortung am gesellschaftlichen Leben vorzubereiten" (BMBF, 2000, S. 2)
- „Die Schülerinnen und Schüler sollen Wissen und Kompetenzen erwerben, die sie in Hinblick auf zukünftige Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungen qualifizieren. Werte und Normen, Fragen der Verantwortung (Bioethik) bei der Anwendung naturwissenschaftlicher bzw. biologischer Erkenntnisse sollen thematisiert werden." (BMBF, 2004, S. 1)
- „Die Schülerinnen und Schüler sind zu befähigen, sich mit Wertvorstellungen und ethischen Fragen im Zusammenhang mit Natur und Technik sowie Mensch und Umwelt auseinander zu setzen. Als für die Analyse und Lösung von Problemen wesentliche Voraussetzungen sind Formalisierung, Modellbildung, Abstraktions- und Raumvorstellungsvermögen zu vermitteln." (BMBWK, 2004, S. 4)

In eine ähnliche Richtung schlägt die Forderung der Nähe zur Realität, die ebenfalls mehrfach erwähnt wird:

- „Bei der Erarbeitung aller Themen ist stets die Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen, [...]." (BMBF, 2000, S. 2)
- „Einbeziehung der Lebenswirklichkeiten der Schülerinnen und Schüler, Integration ihres Vorwissens, ihrer Erfahrungen und Interessen" (BMBF, 2004, S. 2)
- „Im Sinne des exemplarischen Lernens sind möglichst zeit- und lebensnahe Themen zu wählen, durch deren Bearbeitung Einsichten, Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Methoden gewonnen werden, die eigenständig

auf andere strukturverwandte Probleme und Aufgaben übertragen werden können.“ (BMBWK, 2004, S. 7)

Es sollen auch naturwissenschaftliche Arbeitsweisen kennengelernt werden, die Möglichkeiten der Auswertung und Interpretation behandelt und die Grenzen der Naturwissenschaften aufzeigt:

- „Die Schülerinnen und Schüler sind zu selbstständigem Arbeiten und Problemlösefähigkeit unter Anwendung folgender Arbeitstechniken anzuregen: Beobachten, Vergleichen, Ordnen; Arbeiten mit geeigneten Hilfsmitteln (zB Lupe, Mikroskop, Computer, Fachliteratur); Suchen, Verarbeiten und Darstellen von Informationen, Identifizieren und Lösen von Problemen; Durchführen einfacher Experimente und Messverfahren.“ (BMBF, 2000, S. 2)
- Die Schülerinnen und Schüler „sollen [...] verstehen, welche Aussagekraft biologische bzw. naturwissenschaftliche Experimente besitzen und wo deren Grenzen liegen.“ (BMBF, 2004, S. 1)
- „Vermittlung eines Grundverständnisses für naturwissenschaftliches Denken und experimentelles Vorgehen, [...]“ (BMBF, 2004, S. 2)

Wissen wird häufig über Sprache vermittelt. Sprachkompetenz ist daher unabdinglich. Um mit wissenschaftlichen Artikeln arbeiten zu können und selbst adäquat diskutieren zu können, ist zu einem gewissen Teil das Beherrschen einer Fachsprache notwendig:

- „Förderung der Sprachkompetenz im Bereich Alltags- und Fachsprache.“ (BMBF, 2000, S. 1)
- „Förderung der Sprachkompetenz im Bereich der Alltags- und Fachsprache, Einbeziehung englischer Fachliteratur“ (BMBF, 2004, S. 1)
- „Grundverständnis von biologischer Fachsprache“ (BMBF, 2004, S. 2)

Immer wieder erwähnt wird die Förderung und Einbeziehung der Kreativität in naturwissenschaftlichem Arbeiten:

- „Förderung von Kreativität durch Umgang mit Lebewesen und Naturobjekten, Einsatz von kreativitätsfördernden Methoden.“ (BMBF, 2000, S. 1)

- „Förderung von Kreativität durch Umgang mit Lebewesen und Naturobjekten, Einsatz von kreativitätsfördernden Methoden, Entwicklung von Modellen.“ (BMBF, 2004, S. 1)

SchülerInnen sollen darauf vorbereitet werden, den engen Zusammenhang zwischen Mensch und Natur zu erkennen und den Naturwissenschaften positiv gegenüber-zustehen:

- „Die Schülerinnen und Schüler sollen die Abhängigkeit der Menschen von Natur und Umwelt begreifen und Wissen, Fähigkeiten/Fertigkeiten erwerben, die sei für einen umweltbewussten, nachhaltigen Umgang mit unseren Lebensgrundlagen motivieren und befähigen (ökologische Handlungskompetenz).“ (BMBF, 2000, S. 1)
- „Die Schülerinnen und Schüler sollen positive Emotionen für Natur und Umwelt entwickeln.“ (BMBF, 2000, S. 1) (BMBF, 2004, S. 1)
- „Die Schülerinnen und Schüler sollen Wissen und Kompetenzen erwerben, die sie für einen umweltbewussten, nachhaltigen Umgang mit unseren Lebensgrundlagen motivieren und befähigen.“ (BMBF, 2004, S. 1)

Als letztes Beispiel wird hier noch die Betonung der Wichtigkeit von Geschichte und Zukunft der Naturwissenschaften erwähnt:

- „Einbeziehung der gesellschaftlichen Dimension der Biowissenschaften im historischen wie auch zukünftigen Kontext, Diskussion der ethischen Dimension biowissenschaftlicher Erkenntnisse [...]“ (BMBF, 2004, S. 2)

Die zitierten Passagen zeigen, dass auch in Österreich der Anspruch besteht, SchülerInnen eine umfassende naturwissenschaftliche Bildung zukommen zu lassen, welche in vielen Punkten mit den Bildungszielen von Scientific Literacy und dem Verständnis von Nature of Science übereinstimmt. Dadurch ist es die Pflicht jedes/r Lehrenden, den Lernenden beste Möglichkeiten zu bieten, um diesem Anspruch gerecht zu werden.

In späteren Kapiteln werden erneut die Lehrpläne zurate gezogen, wenn es um die Umsetzung der Bildungsziele im täglichen Unterricht an österreichischen AHS geht. Nach der Festlegung, was SchülerInnen lernen sollen, muss auch die Frage, wie das geschehen kann, beantwortet werden.

1.4. Modellkompetenz

Kompetenzen im Umgang mit Modellen werden in mehrfacher Hinsicht sowohl bei der Beschreibung von Nature of Science als auch im Lehrplan erwähnt, wie folgende Aussagen zeigen:

- „Förderung von Kreativität durch Umgang mit Lebewesen und Naturobjekten, Einsatz von kreativitätsfördernden Methoden, Entwicklung von Modellen." (BMBF, 2004, S. 1)
- „Als für die Analyse und Lösung von Problemen wesentliche Voraussetzungen sind Formalisierung, Modellbildung, Abstraktions- und Raumvorstellungsvermögen zu vermitteln." (BMBWK, 2004, S. 4)

Wie man SchülerInnen insbesondere im Biologieunterricht an Modelle heranführen kann und welche Schritte dabei zu bewältigen sind, beschreiben Fleige et al. (2012). Sie teilen die Modellkompetenz dazu in fünf Bereiche ein, in denen jeweils drei aufeinander aufbauende Niveaus erreicht werden können (s. Tabelle 1).

Komplexität / **Teilkompetenz**	**Niveau I**	**Niveau II**	**Niveau III**
Eigenschaften von Modellen	Modelle sind Kopien von etwas	Modelle sind idealisierte Repräsentationen von etwas	Modelle sind theoretische Rekonstruktionen von etwas
Alternative Modelle	Unterschiede zwischen den Modellobjekten	Ausgangsobjekt ermöglicht Herstellung verschiedener Modelle von etwas	Modelle für verschiedenen Hypothesen
Zweck von Modellen	Modellobjekte zur Beschreibung von etwas einsetzen	Bekannte Zusammenhänge und Korrelationen von Variablen im Ausgangsobjekt erklären	Zusammenhänge von Variablen für zukünftige neue Erkenntnisse voraussagen
Testen von Modellen	Modellobjekt überprüfen	Parallelisieren mit dem Ausgangsobjekt; Modell von etwas testen	Überprüfen von Hypothesen bei der Anwendung; Modell für etwas testen
Ändern von Modellen	Mängel am Modellobjekt beheben	Modell als Modell von etwas durch neue Erkenntnisse oder zusätzliche Perspektiven revidieren	Modell für etwas aufgrund falsifizierter Hypothesen revidieren

Tabelle 1: Modell der Modellkompetenz nach Upmeier zu Belzen & Krüger (2010), S. 53.

Hier gilt, dass SchülerInnen in verschiedenen Teilkompetenzen auf unterschiedlichen Niveaus stehen können. Ziel ist es, in allen Komponenten Niveau III zu erreichen. Nach Fleige et al. gibt es drei verschiedene Perspektiven auf Modelle, die ihre Aufmerksamkeit auf a) das Modellobjekt, b) das Ausgangsphänomen und die Herstellung von Modellen oder c) neue Informationen durch Anwendung legen. Steht man auf Niveau I, liegt der Fokus rein auf dem Modell. Erst auf Niveau II wird das Dargestellte in die Überlegungen miteinbezogen. Niveau III geht über das Beobachtbare und bereits Gewusste hinaus und schließt aufgrund des Modells und dem Ausgangsphänomen auf neue Hypothesen und Erkenntnisse. Die meisten SchülerInnen stehen zwischen Niveau I und II. Nach Festigung dieser ist es die Aufgabe der Lehrperson den Lernenden den Sprung zu Niveau III zu ermöglichen. Dazu ist das „Reden über Modelle“, der „Fokus der Stunden [...] auf Modellkompetenz“, „wiederholtes Vorgehen“ und „Auswahl der Teilkompetenzen“ (Fleige, Seegers, Upmeier zu Belzen, & Krüger, 2012, S. 7) hilfreich (Fleige, Seegers, Upmeier zu Belzen, & Krüger, 2012; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010).

1.5. *mascil* – mathematics and science for life

Mascil ist ein internationales Projekt, das im 7. Forschungsrahmenprogramm der EU gefördert wird. 18 Partner aus 13 Ländern nehmen daran teil und schließen sich zu einem Expertenteam zusammen, das aus verschiedenen Bereichen kommt. Es findet zudem eine enge Zusammenarbeit mit den Zielgruppen, nämlich LehrerInnen, Eltern, SchülerInnen, Bildungsministerien und Beauftragten aus der Politik statt (mascil, 2015).

Das gemeinsame Ziel des Projekts wird im Titel *mascil* sichtbar: **ma**thematics and **sci**ence for **l**ife, also den Lernenden Mathematik und Naturwissenschaften so näher zu bringen, dass sie einen Zusammenhang mit und einen Nutzen für das echte Leben sehen können. Als Methode eignet sich *mascil* zufolge am besten inquiry-based learning (IBL), was in der deutschen Version als *forschendes Lernen* übersetzt wird (genaueres dazu im folgenden Kapitel). Bei IBL wandeln sich die Rollen der SchülerInnen und der LehrerInnen insoweit, als dass nun die SchülerInnen aktiv werden und durch Anreize dazu aufgefordert sind, selbstständig Fragen zu stellen und

mithilfe unterschiedlicher Methoden an Antworten zu arbeiten. Hier kommt auch wieder das echte Leben ins Spiel. Bei *mascil* wird stets eine Anknüpfung an die Arbeitswelt gesucht, um es den Lernenden einerseits zu erleichtern, einen Sinn in ihrer Tätigkeit zu sehen und anderseits ihnen auch die Möglichkeit zu geben, sich mit Mathematik und Naturwissenschaften identifizieren zu können. Durch das Wecken der Neugier der SchülerInnen wird ihnen auch eine Tür zu nachhaltigem und fundiertem Wissen geöffnet, das sie durch ihren eigenen Einsatz erwerben können (mascil, 2015).

Was *mascil* dafür tut, um dies in Schulen zu ermöglichen, sind einerseits Workshops und Fortbildungen für engagierte und interessierte LehrerInnen anzubieten, wodurch neben dem gemeinsamen Erarbeiten einer für viele neuen Methode auch die Bildung einer Community von Lehrenden und Experten ermöglicht wird. Andererseits werden auch konkrete Materialien, die in einem auf IBL ausgelegten Unterricht eingesetzt werden können. Inzwischen gibt es sehr viele Beispiele für Mathematik, mehrere für Physik und einige wenige für Chemie und Biologie, die so direkt im Unterricht von Lehrenden eingesetzt werden können oder auch nur als Inspiration für eigene Unterrichtsplanungen und Materialien dienen können (mascil, 2015).

2. Forschendes Lernen

Nachdem nun genau über die Inhalte, die im naturwissenschaftlichen Unterricht – hier im Biologieunterricht – vermittelt werden sollen, gesprochen wurde, ist es an der Zeit eine geeignete Methode zu finden, die es Lernenden ermöglicht, sich diese anzueignen. Selbstverständlich gibt es nicht nur eine Methode, die alle Probleme löst und die für jede Art der Wissensvermittlung und Wissenserarbeitung praktikabel ist, dennoch wird im Folgenden der Weg des forschenden Lernens als ein möglicher Ansatz vorgestellt. Bereits im vorherigen Kapitel wurde dieser im Zusammenhang mit dem Projekt *mascil* angesprochen und nun weiter ausgeführt.

2.1. Begriffsfindung und Definition für forschendes Lernen

Um über forschendes Lernen diskutieren zu können, muss eine geeignete Definition gefunden werden, was zu gewissen Schwierigkeiten führen kann. Ein Grund ist, dass über diese Art des Lernens zuerst englischsprachige Texte publiziert wurden, wo Begriffe wie inquiry(-based) learning/teaching oder inquiry(-based) science

education/instruction und einige weitere verwendet werden, die sich nicht immer eins zu eins ins Deutsche übersetzen lassen. Der andere Grund für Definitionsschwierigkeiten ist, dass sich auch im Deutschen unterschiedliche Begriffsbezeichnungen eingebürgert haben, die nicht immer das gleiche meinen beziehungsweise teilweise Missverständnisse hervorrufen. Ein sehr häufig verwendeter Begriff ist forschendes Lernen, wie er zum Beispiel auch bei Hof und Mayer (2008) oder beim PRIMAS-Projekt (2013) verwendet wird. Andere Varianten sind *forschungsorientiertes, entdeckendes Lernen* oder p*roblemorientiertes Lernen.* In dieser Arbeit wird der relativ offene Begriff forschendes Lernen verwendet, um damit die Vielfalt dieser Methode zu verdeutlichen.

Beim forschenden Lernen geht es darum, dass SchülerInnen durch das Arbeiten an und mit einer Fragestellung sowohl naturwissenschaftliche Kenntnisse zu einem Thema als auch naturwissenschaftliche Arbeitsweisen erwerben (National Academy of Sciences, 2000).

Harlen gibt eine Beschreibung von inquiry-based science education Diese entspricht der stark an den klassischen Forschungsprozess angelehnten Arbeitsweise:

> SchülerInnen entwickeln Schritt für Schritt naturwissenschaftliche Vorstellungen, indem sie lernen wie man Untersuchungen durchführt; sie erarbeiten sich ein Wissen und Verständnis der Welt, die sie umgibt. Sie nutzen Kompetenzen mit denen auch NaturwissenschaftlerInnen arbeiten: sie erstellen Fragen, sammeln Daten, finden Begründungen und überprüfen Beweise mit Rücksicht auf bereits Bekanntes, ziehen Schlüsse und diskutieren ihre Ergebnisse. (Harlen, 2010, S. 19)

Mit dieser schon relativ klaren Beschreibung, kann man sich nun näher an die genaueren Schritte herantasten. Vielfach wird angenommen, dass es bei forschendem Lernen immer um das Experimentieren geht, doch das ist nicht der Fall. Natürlich sollen Lernende häufig die Gelegenheit bekommen, praktisch zu arbeiten, doch mit einem ungerichteten Herumprobieren hat forschendes Lernen wenig zu tun. Es geht vielmehr darum, eine andere Lernkultur zu schaffen und so zu einer fortschrittlicheren Art des Lernens zu führen (Primas, 2013). SchülerInnen sollen mithilfe von forschendem Lernen dazu angeleitet werden, nicht nur Anweisungen zu befolgen und

Aufgaben nach Muster abzuarbeiten, sondern selbstständig zu denken. Eines der Hauptinteressen ist es, den SchülerInnen beizubringen, nicht einzelne Fakten, sondern auf das Verständnis hin zu lernen (Reusser, 2005).

Nimmt man die Punkte, die Wildt (2011) in einem Vortrag anführt, bekommt man einen sehr guten Einblick, was es alles heißt forschend zu lernen. Im Folgenden ist seine Aufzählung ergänzt und mit Kommentaren versehen aufgeführt:

- Lernende sollen ausgehend von einem selbstständig entdeckten oder von einem von außen angebotenen Impuls ein Problem und entsprechende Fragen selbst finden, sie definieren und strukturieren, um damit gezielt arbeiten zu können.
- Ausgehend von diesen Fragen sollen Hypothesen formuliert werden, also mögliche Erklärungen, warum oder wie sich etwas verhält. Das Ziel ist es, Antworten auf die anfangs gestellten Fragen zu finden.
- Da SchülerInnen nicht alles neu erforschen können und sollen, ist es notwendig, dass sie sich informieren, was an Wissen bereits zu ihrem Thema vorhanden ist und entsprechend in Büchern, Zeitschriften, dem Internet et cetera recherchieren.
- Auf dem aufbauend sollen sie eventuell Untersuchungen planen, die sie dann selbst durchführen und auch auswerten. Hierbei birgt jeder einzelne Schritt gewisse Herausforderungen für die Lernenden.
- Die erworbenen Ergebnisse sollen interpretiert und ihren KollegInnen und der Lehrperson präsentiert werden.
- Dazu ist es notwendig, dass die Auswertung sowie die Interpretation im Anschluss untereinander diskutiert werden. Dies ist nur durch Kommunikation und Kooperation möglich. Lernende sollen sowohl den Rat anderer anhören, als auch selbst beraten. Dies ist nicht immer angenehm, doch Kritik ist wichtig und hilfreich.
- Generell geht es hier häufig nicht um Einzelarbeit, sondern um Teamwork. Arbeit und Zeit sowie Ressourcen müssen sinnvoll untereinander eingeteilt werden. Die Lernenden müssen dazu selbstständig Entscheidungen treffen.

Diese hier schon festumrissenen Schritte machen noch einmal deutlich, dass das Experimentieren nur einen Experimentieren nur einen kleinen Teil von forschendem Lernen einnimmt und nicht immer müssen überhaupt immer müssen überhaupt Versuche durchgeführt werden. Einige der Punkte beziehen sich auf das kognitive sich auf das kognitive Lösen von Problemen, andere stellen die Zusammenarbeit untereinander in den Fokus und untereinander in den Fokus und immer wieder wird auch erwähnt, dass die Lernenden möglichst selbsttätig möglichst selbsttätig arbeiten sollen. Ähnliche Schwerpunkte werden teilweise auch in der Literatur gesetzt. Folgt der Literatur gesetzt. Folgt man dem Schema, das Hof und Mayer (2008) in Orientierung an Mayer und Ziemek Orientierung an Mayer und Ziemek (2006) festlegten, so kann man bei forschendem Lernen vier leicht Lernen vier leicht abgewandelte Komponenten ausmachen (s.

Abb. 1).

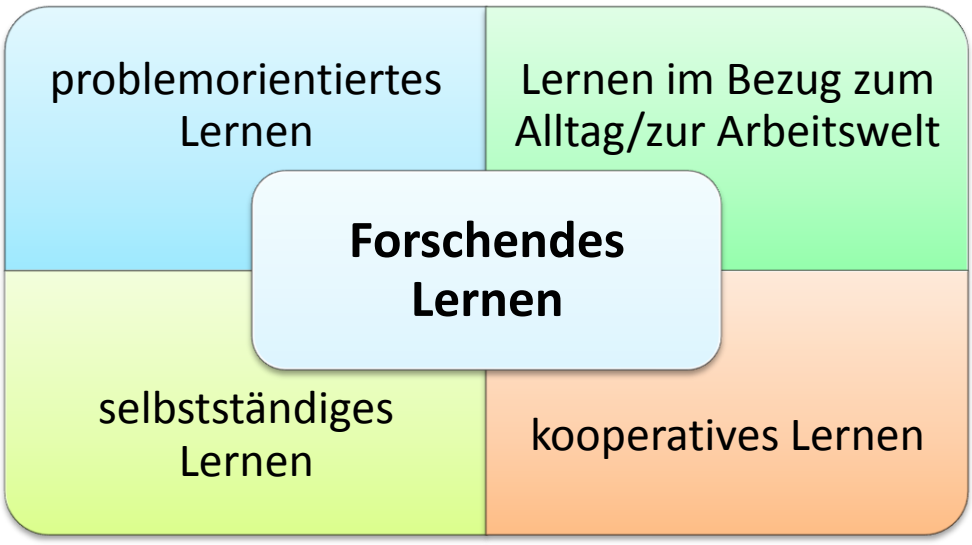


Abb. 1: Die vier Grundkomponenten von forschendem Lernen. Verändert nach Mayer und Ziemek (2006)

a) problemorientiertes Lernen: Problemorientiertes Lernen wird häufig als eigene, mit forschendem Lernen verwandte, Lernmethode beschrieben, ist hier aber in das Konzept von forschendem Lernen eingegliedert. Der Grundsatz ist, dass SchülerInnen nicht für die Schule, sondern für ihr späteres Leben lernen. Aus diesem Grund müssen sie auch so lernen dürfen und können, dass sie das Gelernte auch im weiteren Leben

anwenden können. Möglich machen dies komplexe und zugleich offene Fragestellungen, die nicht nach einem Schema abgearbeitet werden können, sondern mehrere Lösungswege aufweisen, die von den Lernenden selbst herausgefunden werden müssen. Im Sinne von lebenslangem Lernen stellt das Erlangen von Problemlösekompetenz ein wichtiges Ziel dar, sich Wissen sowohl als Methode selbst als auch als Mittel anzueignen. Problemorientiertes Lernen soll nicht reines Mittel zum Zweck sein, sondern durch die Motivation, die ein Problem, dem die Lösung fehlt, automatisch gibt, Lernenden den Drang geben, sich Fähigkeiten und Wissen selbst anzueignen. Da so der eigene Wunsch nach Information besteht, wird von Lernenden auch mehr Arbeit in Kauf genommen, als wenn das Lernen selbst die Aufgabe ist. Außerdem, so Reusser (2005), kann nur Wissen, dass in einem Kontext gelernt wird (siehe auch Lernen im Bezug zum Alltag/zur Arbeitswelt) später genutzt werden; dekontextualisiertes Wissen ist später schwer anwendbar (Reusser, 2005; Primas, 2013).

b) selbstständiges Lernen: Selbstständig zu lernen ist für viele SchülerInnen nicht mehr üblich. Ihnen werden häufig fertige Ergebnisse und Daten von den Lehrenden präsentiert, die es auswendig zu lernen gilt. Gerade aber Prozesse müssen verstanden werden und dies ist einfacher, wenn man sie sich selbst Schritt für Schritt erarbeitet. Wenn man „Wissen vorwiegend als Fertigprodukt“ (Reusser, 2005, S. 166) serviert bekommt, wird einem die Möglichkeit genommen, selbstständig Lernstrategien zu entwickeln und notwendige Fehler zu machen (Huber, 2009; Reusser, 2005). Dies heißt jedoch nicht, dass man die Lernenden blindlings herum suchen lassen soll. Die Führung durch die Lehrperson ist durchaus wichtig, doch in einem andern Rahmen als bisher gewohnt. Auch ist klar, dass Selbstständigkeit nicht einfach da ist, sie muss erst nach und nach erworben werden und darauf abgestimmt muss von den Lehrenden ein Gleichgewicht zwischen Fördern und Fordern gefunden werden (Bogner, Schmid, & Dieser, 2013). Näheres zu Möglichkeiten der Führung und der Öffnung von forschendem Lernen in Kapitel 2.4.

c) Lernen im Bezug zum Alltag/zur Arbeitswelt: Der Bezug zur Lebenswelt der SchülerInnen ist ein Punkt der leicht vergessen wird, doch um die Motivation zu

entfachen und noch wichtiger sie oben zu halten, ist es notwendig die Neugier der Lernenden zu wecken. Dies geschieht am besten dann, wenn man an den Erfahrungsschatz der Kinder bzw. Jugendlichen anknüpft und die Alltagswelt miteinbezieht. Hilfreich ist es auch, wenn das Thema mit Berufen und dem Arbeitsalltag bereichert wird, so bekommen SchülerInnen ein Bild, inwiefern Naturwissenschaften jetzt und auch in Zukunft ihr Leben beeinflussen. Indem die SchülerInnen in die Rolle von BiologInnen oder anderen Berufen schlüpfen, ergibt sich automatisch eine gewisse Relevanz ihrer Tätigkeit und ihre Arbeit verliert das Image der Sinnlosigkeit, da sie einen klaren Zweck erfüllen (mascil, 2015; Bogner, Schmid, & Dieser, 2013; Primas, 2013).

d) kooperatives Lernen: Da in der Schule die Leistung von jedem/r SchülerIn einzeln bewertet werden muss, kommt es auch immer mehr zu einem Einzelkämpfertum, doch gerade Teamwork ist im späteren Leben ständig gefragt. Um darauf vorbereitet zu werden und allen Lernenden die Möglichkeit zu geben, ihren ganz individuellen Beitrag zum Ganzen leisten zu können, wird bei forschendem Lernen Zusammenarbeit und Kommunikation untereinander großgeschrieben. Aufgaben müssen aufgeteilt werden, denn allein kann es keiner schaffen. Auch wenn in kleinen Gruppen gearbeitet wird, werden die Ergebnisse am Ende immer allen mitgeteilt; einerseits um die anderen über die Fortschritte zu informieren und andererseits auch, um mögliche Unklarheiten zu diskutieren. Eine entsprechende Gesprächskultur, die auch das Geben und Annehmen von konstruktiver Kritik einübt, ist hierbei essentiell (Hof & Mayer, 2008; mascil, 2015; Primas, 2013).

Nach diesen genaueren Ausführungen ist deutlich geworden, dass es sich beim Konzept von forschendem Lernen nicht um Herumprobieren handelt, sondern ein konkreter Plan dahinter steckt. Genau deswegen aber kann es nie, so viel Alltagsbezug auch gegeben sein mag, immer nur an die Forschung angelehntes Lernen sein. Selbstverständlich kann nicht jeder Inhalt am besten mit dieser Methode erlernt werden (Harlen, 2013). Eine Universallösung wird es niemals geben, doch hier werden viele Stärken von Lernenden in das Geschehen sinnvoll eingebunden, sodass ein aktivierendes und motivierendes Lernklima herrscht.

Die Quintessenz als Definition von forschendem Lernen in dieser Arbeit lautet folgendermaßen: Forschendes Lernen ist eine Lehr- und Lernmethode, die den Lernenden die Möglichkeit gibt, sich Wissen und Fähigkeiten sowohl inhaltlicher als auch außerfachlicher Natur selbstständig anzueignen. Dazu zählen neben fachwissenschaftlicher Kenntnis inklusive der Handhabe von Gerätschaften und Informationsquellen auch Problemlösefähigkeiten, Selbstständigkeit sowie Kooperation mit Kollegen, die im Alltag und später in der Arbeitswelt zielführend angewendet werden können.

2.2. Methodische Analyse des Lehrplans

Ähnlich wie weiter oben der Lehrplan auf inhaltlicher Ebene analysiert wurde, um festzustellen ob SL und NOS an österreichischen AHS gefordert wird, wird der Lehrplan hier auf methodische Hinweise untersucht, die Aufschluss über die mögliche Integration der Methode von forschendem Lernen im Unterricht für Biologie und Umweltkunde geben. Im Folgenden werden Passagen aus dem AHS-Lehrplan der Unterstufe für Biologie und Umweltkunde (2000), dem AHS-Lehrplan der Oberstufe für Biologie und Umweltkunde (2004), sowie der Verordnung über die Lehrpläne der allgemein bildenden höheren Schulen (2004) untersucht und zitiert.

Bereits auf den ersten beiden Seiten werden in den LP für Unter- und Oberstufe alle vier Komponenten, die für forschendes Lernen festgelegt wurden, erwähnt:

- „Personale und soziale Kompetenzen wie Kommunikationsfähigkeit, Kooperation, Konflikt- und Teamfähigkeit, emotionale Intelligenz sollen erworben bzw. gefördert werden“ (BMBF, 2000, S. 1; BMBF, 2004, S. 1)
- „Die Schülerinnen und Schüler sind zu selbstständigem Arbeiten und zur Problemlösefähigkeit [...] anzuregen.“ (BMBF, 2000, S. 2)
- „Fächerübergreifendes und projektorientiertes Arbeiten ist zu fördern.“ (BMBF, 2000, S. 2)
- „Lern- und Sozialformen wie etwa Gruppenarbeit, soziales Lernen, offenes Lernen sollen die soziale wie personale/emotionale Kompetenz der Schülerinnen und Schüler fördern.“ (BMBF, 2000, S. 2)

- „Schaffung problemorientierter Lernumgebungen, die selbstständiges Lernen fördern.“ (BMBF, 2004, S. 2)
- „Methodische Vielfalt (praktische Tätigkeiten, Projekte, fächerübergreifender Unterricht, Experimente, Freilandarbeit, Betriebserkundungen, offene und soziale Lernformen u.a.)“ (BMBF, 2004, S. 2)
- „Die Förderung solcher dynamischer Fähigkeiten [= Selbst- und Sozialkompetenz] soll die Schülerinnen und Schüler auf Situationen vorbereiten, zu deren Bewältigung abrufbares Wissen und erworbene Erfahrungen allein nicht ausreichen, sondern in denen Lösungswege aktuell entwickelt werden müssen.“ (BMBWK, 2004, S. 3)
- „Es ist wichtig, dass Schülerinnen und Schüler lernen, mit Sachthemen, mit sich selbst und mit anderen auf eine für alle Beteiligten konstruktive Weise umzugehen. Sie sollen Sachkompetenz, Selbstkompetenz und Sozialkompetenz in einem ausgewogenen Verhältnis entwickeln.“ (BMBWK, 2004, S. 3)

Neben den aufgeführten Formulierungen, die mehrere Bereiche betreffen, werden auch einzelne der vier Komponenten von forschendem Lernen direkt angesprochen.

Problemorientiertes Lernen ist in folgenden Passagen erwähnt:

- „besondere Berücksichtigung der Anwendung des Wissens und der Problemlösung“ (BMBF, 2004, S. 2)
- „Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen, in altersadäquater Form Problemstellungen zu definieren, zu bearbeiten und ihren Erfolg dabei zu kontrollieren.“ (BMBWK, 2004, S. 2)

Selbstständigkeit ist in folgenden Auszügen betont:

- „Die Schülerinnen und Schüler sind sowohl zum selbstständigen Handeln als auch zur Teilnahme am sozialen Geschehen anzuhalten.“ (BMBWK, 2004, S. 2)
- „Zur Vermittlung fundierten Wissens als zentraler Aufgabe der Schule sollen die Schülerinnen und Schüler im Sinne eines lebensbegleitenden Lernens zur selbstständigen, aktiven Aneignung, aber auch zu einer kritisch-prüfenden

Auseinandersetzung mit dem verfügbaren Wissen befähigt und ermutigt werden.“ (BMBWK, 2004, S. 2)

- Im Unterricht ist durch das Schaffen einer entsprechenden Lernatmosphäre [...] die selbsttätige und selbstständige Form des Lernens besonders zu fördern. Dafür bieten sich auch projektartige und offene Lernformen an. (BMBWK, 2004, S. 6)
- „Die Schülerinnen und Schüler sind ihrem Alter entsprechend zu kritischem und eigenverantwortlichem Denken zu führen.“ (BMBWK, 2004, S. 6)

Der Bezug zum Alltag der SchülerInnen spielt ebenfalls in mehreren Textabschnitten eine wichtige Rolle:

- „Einbeziehung der Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler; Integration ihres Vorwissens, ihrer Erfahrungen und Interessen.“ (BMBF, 2004, S. 2)
- „Der Unterricht hat sich [...] sowohl an wissenschaftlichen Erkenntnissen als auch an den Erfahrungen und Möglichkeiten, die die Schülerinnen und Schüler aus ihrer Lebenswelt mitbringen, zu orientieren.“ (BMBWK, 2004, S. 2)

Als vierter Punkt ist die Kooperation zwischen den SchülerInnen an einigen Stellen hervorgehoben:

- „Im Sinne des exemplarischen Lernens sind möglichst zeit- und lebensnahe Themen zu wählen [...].“ (BMBWK, 2004, S. 7)
- „Den Grundsätzen der Anschaulichkeit und der Alltagsbezogenheit entsprechend eignen sich Betriebe, öffentliche Einrichtungen, Naturräume usw. als Unterrichts- bzw. Lernorte.“ (BMBWK, 2004, S. 12)

Die aufgeführten Ausschnitte zeigen in aller Deutlichkeit, dass die Lehrpläne und der Ansatz von forschendem Lernen in vielerlei Hinsicht korrelieren und von dieser Seite her dem Einsatz von forschendem Lernen nicht nur nichts im Wege steht, sondern sogar wünschenswert ist. Einerseits entsprechen die zu vermittelnden Inhalte genau den Werten, die in Kapitel 1 beschreiben wurden und den Lehrplänen entsprechen. Andererseits werden auch eine Methodenvielfalt und ein außerfachlicher

Kompetenzenerwerb gefordert, die genau den Zielen von forschendem Lernen entsprechen.

2.3. Konnex zwischen forschendem Lernen und Nature of Science beziehungsweise Scientific Literacy

Laut Capps und Crawford (2013) schlägt die American Association for the Advancement of Science (AAAS) und der National Research Council (NRC) forschendes Lernen als sinnvolle Methode vor, SchülerInnen Nature of Science zu lehren. Diese Meinung spiegelt auch die oben durchgeführte Analyse der Lehrpläne wieder: Forschendes Lernen scheint sich bestens mit Nature of Science und Scientific Literacy verbinden zu lassen. Es scheinen bei forschendem Lernen genau die Dinge gefördert zu werden, die eine angemessene Kompetenz von NOS und SL erfordert. Auch in der EU scheint dieser Grundgedanke stärker ins Licht gerückt, beschäftigten sich vor einigen Jahren und auch heute einige Projekte genau mit diesem Thema. Beispiele dafür sind *Inquire* (2011), *Pathway* (2013), *The Fibonacci Project* (2013) *Primas* (2013) und *Profiles* (2014). Diese und noch weitere von der EU geförderte Projekte beschäftigten sich mit verschiedenen Aspekten von der Verbindung von forschendem Lernen in der Mathematik und den Naturwissenschaften, um Lernenden eine adäquate naturwissenschaftliche Bildung vermitteln zu können. Bei dem gerade laufenden Projekt *mascil* (2015), das oben bereits erwähnt wurde, wird ein Schwerpunkt auf die Verbindung mit der Arbeitswelt gelegt. Im *mascil*-Diagramm sind die geforderten Punkte aufgezählt: „Der Kontext der Aufgabe ist in der Arbeitswelt angesiedelt“, „Die SchülerInnen schlüpfen in die Rolle eines Berufs“; „Die Tätigkeit der SchülerInnen spiegelt berufliche Praxis wider“; „Die Aufgabenstellung verlangt ein Produkt“ (mascil, 2015). Die Lernenden sollen wie Wissenschaftler arbeiten und so Wissen und Fähigkeiten generieren.

Genau diesen Ansatz kritisieren Chinn und Malhotra (2002) sehr stark; sie geben an, dass es nie möglich sei, dass SchülerInnen genau so arbeiten wie NaturwissenschaftlerInnen. Die in der Schule durchgeführten „simple inquiry tasks“ (Chinn & Malhotra, 2002, S. 3) haben nur entfernte Ähnlichkeit mit „authentic scientific inquiry“ (Chinn & Malhotra, 2002, S. 3) in der echten Welt. Versuche man

also SchülerInnen auf diese Weise NOS näher zu bringen, erhalte man sogar einen gegenteiligen Effekt, da die Lernenden glauben müssten, auch in der tatsächlichen Naturwissenschaft würden nur „simple inquiry tasks“ durchgeführt (Chinn & Malhotra, 2002).

Allerdings muss man sich fragen, wie kompliziert ein Forschungsansatz in der Schule sein darf, ohne die SchülerInnen so zu überfordern, dass sie das Interesse sofort verlieren oder gar nicht erst entwickeln. Selbst wenn Chinn und Malhotra mit ihren Aussagen so weit richtig liegen, dass es nicht möglich sei, in der Schule authentisch zu forschen, muss dennoch ein Anfang gefunden werden, von dem aus die kognitiven Fähigkeiten der Lernenden vorsichtig und langsam aufgebaut werden können, um irgendwann näher an eine authentische Forschungssituation heran zu kommen. Bis dahin reicht es, wenn an die Forschung angelehnt gearbeitet wird (Abrams, Southerland, & Evans, 2008).

Das tatsächliche Problem ist laut Capps und Crawford (2013) viel eher das häufig stark unterentwickelte Verständnis von „inquiry“ und NOS bei LehrerInnen. Sie haben in einer Studie herausgefunden, dass auch motivierte und im Grunde qualifizierte Lehrende entweder selbst zu wenig über Nature of Science wissen oder aber wenn doch, dies kaum in ihren Unterricht einbauen. Selten werden implizite Anmerkungen gemacht, doch explizit angesprochen wurde NOS in keinem der untersuchten Fälle. Ebenso ist es mit Forschung selbst; viele Lehrende haben wenig Ahnung wie naturwissenschaftliche Forschung aussieht und können daher wenig in ihrem Unterricht damit anfangen, da ihre teilweise naiven Vorstellungen keine Grundlage bieten. Allerdings wird auch erwähnt, dass dies nicht ein Fehler der LehrerInnen ist, sondern ein Versäumnis der Lehrerausbildung und -weiterbildung. In diesem Bereich müsste mehr für die Lehrenden und damit gleichzeitig für die Lernenden getan werden, denn ohne entsprechend ausgebildete Lehrkräfte kann ein forschender Unterricht nicht stattfinden (Capps & Crawford, 2013).

2.4. Instruiert, geleitet, offen – Stufen der Öffnung bei forschendem Lernen nach Schwab und Colburn

Nachdem weiter oben mehrmals die Selbstständigkeit der Lernenden betont wurde, ist es notwendig einen gezielten Blick auf das Ausmaß dieser beim forschenden Lernen zu werfen. Wie so oft gibt es auch hier nicht den einen richtigen Grad von SchülerInnenbestimmung, der für jede Situation und jedes Thema sinnvoll ist. Jedoch hat Schwab bereits im Jahre 1962 ein Modell entwickelt, mit dem man die Stufen der Offenheit beschreiben kann und das auch heute noch in vielen Arbeiten zu diesem Gebiet Verwendung findet. Hof und Mayer (2008) beispielsweise geben ein ganz ähnliches Modell, das allerdings mehr Schritte einschließt. In Tabelle 2 ist Schwabs 4-stufiges Modell ins Deutsche übersetzt abgebildet; er teilt in die drei Schritte *Fragestellung, Methode zur Datensammlung* und *Interpretation der Ergebnisse* ein.

	Fragestellung	Methode zur Datensammlung	Interpretation der Ergebnisse
Level 0	vorgegeben	vorgegeben	vorgegeben
Level 1	vorgegeben	vorgegeben	offen
Level 2	vorgegeben	offen	offen
Level 3	offen	offen	offen

Tabelle 2: Level der Offenheit nach Schwab (1962) übersetzt nach Abrams, Southerland, Silva (2008)

Level 0 beschreibt hier eine durchwegs von der Lehrperson geleitete Vorgangsweise. Die Fragestellung wird den Lernenden gegeben, ebenso wie die Methode mit der sie anhand dieser Fragestellung Daten sammeln sollen. Das Ergebnis ist zwar für die Lernenden nicht von Anfang an sichtbar, doch der/die Lehrende weiß von vornherein, worauf die Datensammlung hinauslaufen wird und führt die SchülerInnen zielgerichtet zu einer sinnvollen Interpretation der gesammelten Daten. Diese Stufe wird manchmal als „Kochbuch-Untersuchung“ bezeichnet.

Level 1 ist bereits ein Stück weit offener. Es werden zwar auch die Fragestellung und die geeignete Methode für die Erarbeitung der Daten vorgegeben, doch die Interpretation der Ergebnisse liegt in den Händen der Lernenden. Sie sollen selbst logische Schlussfolgerungen aus den gewonnenen Daten ziehen.

In Level 2 ist nur mehr die Fragestellung von der Lehrperson vorgegeben. Wie entsprechende Daten am besten gesammelt werden sollen und wie die Ergebnisse dann gedeutet werden, muss von den SchülerInnen entschieden und durchgeführt werden. Level 2 ist eine deutlich größere Herausforderung als das vorherige.

In Level 3 sind alle großen Schritte den Lernenden selbst überlassen. Selbst die Suche nach einer geeigneten Fragestellung wird nun von den SchülerInnen übernommen. Auch hier muss die Suche nach sinnvollen Methoden zur Datensammlung und der Interpretation gemeistert werden (Abrams, Southerland, & Evans, 2008; Blanchard, Southerland, Osborne, Sampson, & Annetta, 2010).



Abb. 2: Kombination der Modelle von Schwab (1962) und Colburn (2000b) über die Grade der Offenheit

Versucht man diese vier Levels mit den Ausführungen von Colburn (2000b) zu verknüpfen, so entspricht Schwabs Level 0 der stuctured inquiry, Level 1 bis Level 2 der guided inquiry und Level 3 schließlich der open inquiry (s. Abb. 2). Diese Einteilung wird auch bei Hof und Mayer (2008) sowie bei Furtak (2006) aufgeführt. Colburn gibt aber zusätzlich zu seinen drei Abstufungen zur Offenheit noch eine weitere Möglichkeit zur Strukturierung der Offenheit von forschendem und nennt den „learning cycle“, also in etwa Lernkreislauf. Dabei handelt es sich um einen abwechselnden Zyklus von guided inquiry und direkter Wissensvermittlung durch den/die LehrerIn. Dadurch können Konzepte, die vielleicht selbst schon entdeckt wurden, mit entsprechenden Namen benannt und Rückschlüsse auf noch unbekannte Ergebnisse gezogen werden. So können offenere Konzepte von forschendem Lernen

durch Einschübe mit Wissenstransfer durch die Lehrperson effektiver und für die Lernenden motivierender werden (Colburn, 2000b).

Welcher Level der Offenheit in welcher Situation richtig und sinnvoll ist, muss jedes Mal von neuem entschieden werden, da dies von Schulstufe, Thema, Vorerfahrung von Lehrenden und Lernenden und vor allem auch dem Ziel abhängig ist.

Oben wurde forschendes Lernen immer als Lehrmethode angeführt, die fachliches Wissen, das Forschen von NaturwissenschaftlerInnen und auch das selbstständige „Forschen" vermitteln soll. Viele Autoren legen Wert darauf „inquiry" in 3 Teilbereiche auszugliedern, die unterschiedlich benannt werden. Demgemäß muss zwischen der Lehr-/Lernmethode von „inquiry", dem Lernen über „inquiry" und dem Lernen von „inquiry" unterschieden werden (Abrams, Southerland, & Evans, 2008; Anderson, 2002; Capps & Crawford, 2013). Man kann diese drei Teilbereiche aber kaum völlig voneinander lösen, weil sie doch irgendwo zusammenhängen. Je nachdem welcher dieser drei Gesichtspunkte betont wird, verschiebt sich auch der Level der Öffnung (Abrams, Southerland, & Evans, 2008; Anderson, 2002).

Grundsätzlich gilt jedoch unabhängig davon welches Level gewählt wird, dass eine Klasse aus SchülerInnen besteht, die sich selbst auf unterschiedlichen Niveaus befinden. Aus diesem Grund ist es immer notwendig, gewisse Hilfestellungen zumindest auf freiwilliger Basis anzubieten. Unter dem Begriff *scaffolding*[1] versteht man Unterstützungen, die immer nur soweit gehen, dass die SchülerInnen noch selbst gefordert sind, jedoch auch die Möglichkeit haben den nächsten Schritt zu erreichen. Dadurch wird die Gefahr, dass sie durch zu große Herausforderungen ihre Motivation verlieren, eingedämmt. Ein weiteres Charakteristikum von *scaffolding* ist, dass das Hilfsgerüst je nach Fortschritten der SchülerInnen immer mehr abgebaut wird und die SchülerInnen so bei der Steigerung ihrer Leistungen unterstützt. Der Einsatz von *scaffolding* ermöglicht den Lernenden weitaus komplexere Aufgabenstellungen zu meistern (Hmelo-Silver, Duncan, & Chinn, 2007).

[1] engl. *scaffold* ins Deutsche übersetzt „Baugerüst"

Im folgenden Kapitel sind einige Studien zum Thema Effektivität aufgeführt, die entsprechend dem Level der Offenheit und der Lernziele unterschiedliche Ergebnisse aufweisen.

2.5. Effektivität von forschendem Lernen – Forschungsstand

Nach den Ausführungen und Erklärungen zu NOS und Scientific Literacy sowie dem Konzept von forschendem Lernen, das perfekt auf die durch die Lehrpläne gesetzten Ziele zugeschnitten scheint, wirkt es, als ob forschendes Lernen bestens geeignet wäre, Lernenden naturwissenschaftliche Inhalte und Methoden zu vermitteln. Doch ob forschendes Lernen tatsächlich so effektiv wie andere weniger lernerzentrierte Lehrmethoden oder gar effektiver ist, kann nur mit entsprechenden Studien herausgefunden werden. Diese haben nicht immer die gleichen Methoden zur Datenermittlung verwendet und können daher nur bedingt miteinander verglichen werden. Auch die oben erwähnten Grade der Offenheit spielen bei den doch sehr unterschiedlichen Ergebnissen eine nicht unerhebliche Rolle. Selbstverständlich sind die folgenden Studien nur eine Auswahl und geben kein vollständiges Bild wider, sondern sollen lediglich einen kurzen Einblick in den Forschungsstand zu der Effektivität von forschendem Lernen bieten.

2.5.1. Negative Ergebnisse bei forschendem Lernen

Klahr und Nigam (2004) haben eine Studie durchgeführt bei der sie zwei Unterrichtsmethoden miteinander verglichen haben und zwar „direct instruction“ und „discovery learning“, also einerseits traditionellen lehrerInnenzentrierten Unterricht, bei dem die Wissensvermittlung direkt durch die Lehrperson geschieht und diese den Ablauf alleine vorher festlegt und andererseits „untersuchendes Lernen“ ähnlich zu forschendem Lernen. An dieser Studie nahmen 112 SchülerInnen aus der 3. und 4. Schulstufe teil. Sie wurden in zwei Gruppen geteilt und wurden traditionell direkt oder eigenständig entdeckend unterrichtet. Als Endprodukt beider Arten von Unterricht sollten sie Plakate mithilfe einer speziellen Methode, die gelernt werden sollte, erstellen. Diese dienten Klahr und Nigam als Bewertungsgrundlage. Sie stellten fest, dass die Lernenden bei direkter Wissensvermittlung erfolgreicher lernen als bei „discovery learning“. Allerdings muss angemerkt werden, dass die zweite Gruppe

keinerlei Unterstützung oder Feedback einer Lehrperson bekamen, sondern völlig alleine zurechtkommen mussten (Klahr & Nigam, 2004).

Ebenfalls zum Schluss gekommen, dass forschendes Lernen weniger effektiv als stark von LehrerInnen gelenkter Unterricht ist, sind Kirschner, Sweller und Clark (2006). Sie beschreiben forschendes Lernen sowie einige anderen Methoden als nicht beziehungsweise minimal gelenkte Unterrichtsformen und weisen in ihrer Studie darauf hin, dass so eine Art von Unterricht nicht mit dem Aufbau menschlicher Kognition korreliert. Kirschner et al. geben auch an, dass es viele Studien gibt, die ebenfalls besagen, dass Methoden wie forschendes Lernen nicht effektiv sind und daher immer ein Nachteil sind, wenn es um das Erlernen von Inhalten geht (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006).

In beiden Artikeln wird eine stark offene Form von forschendem Lernen beschrieben, eindeutig anzusiedeln bei Level 3 auf der Skala von Schwab. Zu bemerken ist jedoch, dass es auch bei Level 3 nicht üblich ist, dass gar keine Lehrperson zumindest beratend zur Seite steht und Feedback gibt, wie das bei dem Ansatz von Klahr und Nigam der Fall ist. Festzuhalten ist, dass forschendes Lernen nicht nur auf Level 3 stattfindet und gerade Lernende, denen dieses Konzept neu ist, langsam herangeführt werden müssen. Man kann aus den beiden Studien auch genau das ablesen: SchülerInnen, die „normalen“ Unterricht gewohnt sind und direkt auf forschendes Lernen Level 3 umstellen müssen, erzielen schlechtere Ergebnisse als bei klassischem Unterricht.

Besonders bei neuen Inhalten bringt offenes oder nur leicht angeleitetes forschendes Lernen keine guten Ergebnisse, sondern nur Frust und Verwirrung für die Lernenden. Es wird außerdem angegeben, dass durch die Unstrukturiertheit beim Lernen auch das Wissen unorganisiert und unvollständig in den Köpfen der SchülerInnen bleibt; auch falsche Vorstellungen und Trugschlüsse sind häufig und in späterer folge schwieriger auszumerzen (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006; Klahr & Nigam, 2004).

2.5.2. Positive Ergebnisse bei forschendem Lernen

Hof und Mayer (2009) kamen in ihrer Studie zu einem gänzlich anderen Ergebnis. Sie untersuchten drei Komponenten, nämlich die Fähigkeiten Untersuchungen

anzustellen, naturwissenschaftliche Inhalte zu lernen und die Transferierbarkeit ihrer Untersuchungsergebnisse auf andere biologische Themen. An der Studie nahmen 205 SchülerInnen teil, die in drei Gruppen geteilt wurden: offenes forschendes Lernen (Gruppe I), geleitetes forschendes Lernen (Gruppe II) und direkte Anweisung (Gruppe III). Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die erste Gruppe mit offenem forschenden Lernen bei den Fähigkeiten Untersuchungen durchzuführen und auch der Transferierbarkeit am besten abschnitten, gefolgt von Gruppe II mit geleitetem forschendem Lernen. Beim biologischen Fachwissen erzielte Gruppe II die besten Ergebnisse, danach kam Gruppe III und abgeschlagen Gruppe I. Hof und Mayer erklärten dies damit, dass beim offenen forschenden Lernen mehr Zeit notwendig ist und entsprechend weniger Inhalte in der gleichen Zeit gelernt werden können (Hof & Mayer, 2009).

Eine Studie von Blanchard et al. (2010) untersuchte den Unterschied der Effektivität von forschendem Lernen Level 2 und direkter Unterweisung durch eine Lehrperson. Es nahmen 1705 SchülerInnen aus Highschools und Middleschools teil, da auch mögliche Abweichungen den Schultyp betreffend miteinbezogen wurden. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass Lernende bei forschendem Lernen insgesamt besser beim anschließenden standardisierten Test abschnitten, als diejenigen, die einen klassischen Unterricht besuchten. Highschool-SchülerInnen schnitten durchgehend besser ab als die SchülerInnen der Middleschool. Bei diesem Schultyp zeigte sich auch, dass hier nicht immer forschendes Lernen die erfolgreichere Methode war. Für alle gilt, dass Fragen, die Prozesse in den Naturwissenschaften betreffen, besser beantwortet wurden, wenn sie forschend lernten; auch Fragen NOS betreffend wurden meistens von Lernenden in der Gruppe, die forschend lernte, besser beantwortet (Blanchard, Southerland, Osborne, Sampson, & Annetta, 2010).

2.5.3. Ausgeglichene Ergebnisse zu forschendem Lernen

Nicht alle Ergebnisse von Studien zeigen eindeutige Ergebnisse. Bei Minner (2010) wiesen 51% der zirka 140 ausgewerteten Studien aus den Jahren 1984 bis 2002 positive Auswirkungen von forschendem Lernen auf. Nur ungefähr die Hälfte der SchülerInnen zeigte also, dass diese Art zu unterrichten effektiv ist. Allerdings ging aus

den Studien hervor, dass aktives Denken und das Ziehen von Schlüssen häufig mit dem Verständnis von naturwissenschaftlichen Inhalten korreliert.

2.5.4. Fazit

Aus den angeführten Studien geht hervor, dass forschendes Lernen nicht immer von Erfolg gekrönt ist. Dies liegt jedoch nicht unbedingt immer an der Methode selbst, sondern an der Ausführung und der Routine bei Lehrenden und Lernenden. Außerdem sollte auch klargestellt werden, dass sich tatsächlich nicht jedes Thema für forschendes Lernen eignet. Gut geeignet sind Gebiete, in denen die Lernenden Beobachtbares in allgemeines Wissen transferieren können. Generell sollen eher konkrete als abstrakte Themen gewählt werden, da Zweitere für die SchülerInnen häufig nicht eigenständig erarbeitbar sind. Dies steht im Übrigen nicht mit den standardisierten Tests in Konflikt, da hier zumeist vor allem auf konkrete Inhalte Wert gelegt wird (Colburn, 2000a).

Wie bereits oben erwähnt, sollte nicht direkt in Level 2 oder 3 eingestiegen werden, sondern ganz simpel begonnen werden. Wird mit einer Klasse zum ersten Mal der Ansatz von forschendem Lernen ausprobiert, brauchen die SchülerInnen noch sehr viel Anleitung und selbst in späteren Phasen sollte die Lehrperson immer für Feedback und Beratung zur Seite stehen. *Scaffolding* sollte immer ein wichtiger Bestandteil von forschendem Lernen bleiben. So ist auch die von Kirschner et al. (2006) erwähnte Gefahr der Trugschlüsse gebannt. Auch grundsätzlich gilt, dass selbst bei SchülerInnen, die an forschendes Lernen gewöhnt sind, Level 3 nicht immer die optimale Herangehensweise darstellt (Abrams, Southerland, & Evans, 2008).

SchülerInnen reagieren womöglich anfangs skeptisch auf Neues; sobald sie sich daran gewöhnt haben, kann der nächste Schritt genommen werden. Auch als LehrerIn muss man sich erst in die neue Rolle einfinden (Colburn, 2000a).

2.6. Möglichkeiten zur Leistungsfeststellung

Bei allen Methoden und Strategien, die im Unterricht verwendet werden, stellt sich bald die Frage nach der Beurteilung. Im österreichischen Schulsystem ist Erfolg stets mit Noten verbunden und SchülerInnen sind es gewohnt, ihre Leistungen in Zahlen zu sehen und vergleichen zu können. Es gibt aber noch einige weitere Funktionen von

Leistungsfeststellungen. Harlen (2013) unterteilt hier in „Leistungsfeststellung für das Lernen“ und „Leistungsfeststellung von Gelerntem“, auch formative und summative Leistungsfeststellung genannt. Während Ersteres als einziges Ziel hat, SchülerInnen beim Lernen zu helfen, gibt es für Zweiteres mehrere Gründe wie Benotung der Leistungen, Bewertung des Unterrichts, der Schule oder des Curriculums, Grundlage für bildungspolitische Diskurse, Bemessung von Ressourcen (Harlen, 2013; National Academy of Sciences, 2000).

Gerade weil forschendes Lernen andere Qualitäten hat als klassischer Unterricht, müssen auch die Möglichkeiten und der Sinn der Leistungsfeststellung neu überlegt werden. Aus diesem Grund sollte besonders die formative Leistungsfeststellung fixer Bestandteil von forschendem Lernen sein, da sie zum Gelingen dieses Konzepts entschieden beiträgt. Summative Leistungsfeststellung kann aber ebenfalls nicht ausgeklammert werden, da sie vom österreichischen Bildungssystem verlangt und dadurch sowohl von PolitikerInnen, Eltern als auch SchülerInnen erwartet wird.

2.6.1. Formative Leistungsfeststellung

Die formative Leistungsfeststellung bietet sich aus mehreren Gründen gerade bei forschendem Lernen sehr gut an. Die erhöhte SchülerInnenzentrierung gibt Anlass dazu, diese auch in den Prozess der Leistungsfeststellung miteinzubeziehen. Ziel ist hier immer, den Lernerfolg der SchülerInnen zu steigern und ihnen zu helfen den nächsten Lernschritt zu machen. Auch hier wird häufig der Begriff „scaffolding“ verwendet (Harlen, 2013, S. 40). Obwohl sich diese Art der Leistungsfeststellung stark auf die Lernenden konzentriert, verlangt sie den Lehrenden viel Können und Wissen ab. Eine wichtige Technik ist die des Fragenstellens. Nach Harlen (2013) sind folgende Punkte für eine formative Leistungsfeststellung bei forschendem Lernen zu beachten:

- den Dialog in der Klasse fördern
- Fragen stellen, um den momentanen Leistungsstand zu erfahren und die Entwicklung der Ideen und Kompetenzen der Lernenden zu fördern
- den SchülerInnen Feedback geben
- das Feedback der SchülerInnen in den Unterricht einfließen lassen

- die SchülerInnen ermutigen, sich bei der Leistungsfeststellung ihrer Arbeiten zu beteiligen

Grundsätzlich gibt es beim Stellen von Fragen mehrere Möglichkeiten; einerseits die Form und anderseits den Inhalt betreffend. Bei der Form gibt es offene und geschlossene sowie gegenstandszentrierte und personenzentrierte Fragen. Grundsätzlich gilt, dass offene, personenzentrierte Fragen zu bevorzugen sind. Beim Inhalt kommt es auf die Intention des/der LehrerIn an, ob sie den aktuellen Wissensstand der SchülerInnen erfahren möchte oder ihnen helfen will, den nächsten Lernschritt zu machen (Harlen, 2013; Harlen, 2003).

Das Geben von Feedback ist ebenso wichtig, wobei auch hier wieder die Form und der Inhalt relevant sind. Bei der Form gibt es grob drei Möglichkeiten: a) Note, Punkte oder Zeichen (z.B.: +/o/-), b) Kommentar mit Verbesserungsvorschlägen und c) eine Kombination. Harlen (2013) zitiert hier eine Studie von Butler (1988), die besagt, dass die meisten Verbesserungen dann erzielt werden, wenn lediglich ein Kommentar gegeben wird, aber keine Note. Auch wenn die dritte Variante gewählt wird, konzentrierten sich die Lernenden nur auf die Note und der Kommentar wird ignoriert. Zielführend für formative Leistungsfeststellung ist folglich, wenn Leistungen mit Kommentaren versehen werden. Inhaltlich muss überlegt werden, ob eine Beurteilung oder eine Information gegeben werden soll (Harlen, 2013).

SchülerInnen erzielen bessere Erfolge, wenn sie nicht nur den nächsten Schritt kennen, sondern ihr Ziel, also was und warum sie etwas erreichen sollen. Dadurch können sie sich besser darauf einstellen und sind motivierter. Dabei spielt auch die Selbst- und Peerbewertung eine nicht unwesentliche Rolle. Dazu muss den Lernenden klar sein, was es zu bewerten gilt und sie brauchen auch einen gewissen Standard, an dem sie sich festhalten können. Dieser kann entweder vorgestellt oder gemeinsam erarbeitet werden.

Black und Wiliam (1998) geben an, dass durch formative Leistungsfeststellung der Lernerfolg deutlich zunimmt; dies gilt besonders für leistungsschwächere

SchülerInnen. Demgemäß ist die Implementierung von formativer Leistungsfeststellung mehr als wünschenswert.

2.6.2. Summative Leistungsfeststellung

Im Gegensatz zur formativen Leistungsfeststellung hat die summative Leistungsfeststellung immer etwas Bewertendes an sich. Geht man vom häufigsten und für Lehrer wichtigsten Fall, der Notengebung, aus, ist selbstverständlich die Vergleichbarkeit der SchülerInnen von großer Bedeutung. Ziel ist es, allen Lernenden die gleichen Bedingungen bei der Erhebung ihrer Leistungen zu ermöglichen. Ein weiterer schwieriger Punkt ist die Validität der Leistungsfeststellung, also ob das, was erhoben werden soll, auch tatsächlich erhoben wird. Häufig, so Harlen (2013), wird nicht das überprüft, was man bewerten möchte, sondern das was überprüft werden kann. Besonders bei forschendem Lernen ist dies in hohem Maße eine Gefahr. Aus diesem Grund wird hier auch in erster Linie besprochen, wie man biologisches Verständnis und Kompetenzen bei der Durchführung von Forschungsarbeiten messen kann, da für andere Inhalte wie Vokabelwissen et cetera ohnehin geeignete Prüfungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Für die beiden relevanten Bereiche gibt es unterschiedliche Testungsmöglichkeiten, erwähnt sei aber auch, dass Kompetenzen nie völlig ohne Inhalte und Inhalte nie völlig ohne Kompetenzen möglich sind. Aus diesem Grund sollte bei der Kompetenzabfragung auch ein möglichst bekannter oder aber mehrere Inhalte gegeben werden, um einen sogenannten „sampling error“[2] (Harlen, 2013, S. 55) ausschließen zu können (Harlen, 2013).

Harlen (2013) streicht folgende drei Punkte besonders heraus:

- Wissen und Können soll angewendet und nicht nur reproduziert werden.
- Es sollte etwas Neues, aber nicht zu weit vom Bekannten entfernt sein.
- Die Aufgaben sollen aus realen Welt stammen; authentische Probleme mit echten Daten.

Immer beachtet werden muss außerdem die sprachliche Komponente. Da die häufigste Variante schriftlich ist, haben SchülerInnen mit schwachen sprachlichen

[2] SchülerInnen erzielen bei den gleichen Aufgaben unterschiedliche Ergebnisse, wenn unterschiedliche Inhalte als Grundlage dienen.

Kompetenzen einen erheblichen Nachteil, da sowohl die Lese- als auch die Schreibfähigkeit verlangt werden. Selbstverständlich gehören auch diese beiden Elemente zu einer vollständigen Bildung, dennoch sollte SchülerInnen dadurch kein Nachteil erwachsen. In diesem Fall sind möglicherweise nicht schriftliche, sondern praktische Tests sinnvoller, beim denen die Lernenden eine Untersuchung tatsächlich durchführen müssen; diese weisen allerdings wieder andere Herausforderung in Zeit, Personal, Raum und Ressourcen auf (Harlen, 2013).

Geht man also von schriftlichen Tests aus, gibt es mehrere Möglichkeiten, die gewählt werden können. Grundsätzlich gilt, je offener die Frage und je eher die Lernenden mit eigenen Worten antworten können, desto mehr erfährt man, was die SchülerInnen tatsächlich verstehen und können. Doch auch hier gibt es Nachteile, denn die sprachlichen Fähigkeiten entsprechen nicht immer den fachlichen, Geschriebenes kann leicht falsch interpretiert werden, die Fragen können missverstanden werden und einiges mehr. Die beste Variante ist das Mischen von Testformaten, um möglichst viele Informationen zu erhalten und Fehler auszugleichen. Alternativen zu üblichen Tests sind lehrerorientierte Leistungsüberprüfungen, also Bewertungen, die nicht standardisiert werden können, sondern direkt von der Lehrperson durchgeführt werden. Diese haben den Vorteil, dass häufig vielfältigere Leistungen miteinbezogen werden können. Der Nachteil ist die geringere Vergleichbarkeit der erhobenen Daten, da sie subjektiver sind (Harlen, 2013).

Zur summativen Leistungsfeststellung können unter anderem folgende Formate gewählt werden (zum Teil übernommen von Harlen (2013)):

- Multiple-Choice-Tests oder Single-Choice-Tests (auswählbare Antworten werden vorgegeben)
- praktische Übungen oder Vorführungen
- prüfungsimmanente Übungen
- offene Fragen
- Open-Book-Tests (vorgegebene Unterlagen dürfen verwendet werden)
- Beobachtung der SchülerInnen durch die Lehrperson
- Protokolle

- Portfolio (Sammlung von schriftlichen Aufzeichnungen, Daten, Diagrammen, Skizzen, u.a.)
- Notizen und Postings in elektronischen Medien (z.B. auf Lernplattformen)
- Präsentationen
- Endprodukte

Da summative Leistungsfeststellung zur Beurteilung und zum Vergleich herangezogen wird, ist als Feedback ein Kommentar, was bei der formativen Leistungsfeststellung als beste Möglichkeit definiert wurde, nicht ausreichend. Im österreichischen Bildungssystem ist in der Sekundarstufe ein Zeugnis mit Noten Standard. Aus diesem Grund wäre in dem Fall die Kombination aus Bewertung und Information das Mittel der Wahl. Teilweise kann summative Leistungsfeststellung auch als formative Überprüfung verwendet werden (Harlen, 2013).

Um summative Leistungsfeststellung kommt man als LehrerIn nicht herum und sie sollte auch bei forschendem Lernen nicht ausgeklammert und daher gut überlegt durchgeführt werden. Anders verhält es sich bei der formativen Leistungsfeststellung: obwohl die Ergebnisse aus Studien, wie oben erwähnt, stark für den Einsatz dieser sprechen, erfordern sie den vollen Einsatz der Lehrperson, was viele abschreckt. Hilfreich ist, wenn die Lehrenden in einer Schule zusammenarbeiten und untereinander diskutieren, um mehr Routine und Sicherheit zu bekommen (National Academy of Sciences, 2000).

2.7. Herausforderungen an LehrerInnen bei forschendem Lernen

Trotz der vielen positiven Ergebnisse in Studien zu forschendem Lernen und den entsprechenden Empfehlungen durch Institutionen und EU-Projekte findet in Klassenzimmern nach wie vor selten forschendes Lernen statt. Die Gründe dafür sind kaum untersucht, scheinen jedoch vielfältig zu sein. Einer dafür ist laut Capps und Crawford (2013), wie oben bereits erwähnt, das fehlende oder unzureichende Verständnis von Nature of Science, das LehrerInnen aufweisen. Dies macht es ihnen unmöglich, ihren SchülerInnen, NOS zu vermitteln und entsprechend kann auch forschendes Lernen nicht in ihrem Unterricht etabliert werden. Crawford (2007) stellte fest, dass viele LehrerInnen nicht einschätzen können, was „inquiry“ ist und der

Meinung sind, durchaus forschend in ihrem Unterricht zu arbeiten. Tatsächlich klaffen die Unterrichtsmethoden jedoch stark auseinander und nur selten wird wirklich forschend gearbeitet.

Anderson (2002) beschreibt in diesem Kontext die drei Dimensionen von Dilemmata: a) die technische, b) die politische und c) die kulturelle Dimension. Alle drei müssen beachtet werden, um die Implementierung von forschendem Lernen zu ermöglichen. Anderson beschreibt die drei Teilbereich folgendermaßen:

a) technische Dimension: „eingeschränkte Möglichkeiten den üblichen Verpflichtungen nachzukommen (Schulbücher), Herausforderung der Leistungs-bewertung, Schwierigkeiten von Gruppenarbeit, Herausforderung der neuen LehrerInnenrolle und der neuen SchülerInnenrolle und inadäquate Fort-bildungen."
b) politische Dimension: „begrenzte Fortbildungen, elterlicher Widerstand, ungelöste Konflikte zwischen LehrerInnen, Mangel an Ressourcen, unterschiedliche Urteile über Gerechtigkeit und Fairness."
c) kulturelle Dimension: „Schulbücher, Ansichten über Leistungsbeurteilung und der ‚Vorbereitungs-Ethik', bspw. Notwendigkeit die SchülerInnen für das nächste Level der Schule vorzubereiten." (Anderson, 2002, S. 8)

Teilweise Überschneidungen ergeben sich hier mit den Ergebnissen, die Krämer et al. (2012) bei einer Studie mit Lehramtsstudierenden erzielte. Dabei ergaben sich aus den Interviews fünf Themenbereiche, in denen die Studierenden ihre Probleme nach der Planung und Durchführung eines Unterrichtskonzepts mit der Methode des forschenden Lernens sahen. Diese sind in absteigender Reihenfolge der Nennung: „a) Anforderungen an die Lehrkraft, b) Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler, c) Anforderungen an die Institution, d) Komplexe Leistungsdifferenzierung und e) der Zeitaufwand." (Krämer, Nessler, & Schlüter, 2012, S. 30)

Diese subjektiven Eindrücke, die die persönlichen Schwierigkeiten der LehramtskandidatInnen abbilden, geben Aufschluss darüber, woran in der LehrerInnenbildung gearbeitet werden muss.

Immer wieder erwähnt werden die Wichtigkeit und der Einfluss der KollegInnen in der Schule. Sowohl Anderson als auch Krämer nennen diesen Punkt. Auch Crawford (2007) nennt den starken Einfluss der BetreuungslehrerInnen auf ihre jungen KollegInnen. Viele der Berufsneulinge ließen sich von teilweise nur scheinbar konservativen LehrerInnen davon abbringen, forschenden Unterricht zu planen und durchzuführen. Ein starker Rückhalt im Kollegium scheint demnach neben einer entsprechenden LehrerInnenbildung ein wichtiger Punkt im Zuge der Einführung von forschendem Lernen zu sein.

2.8. Richtlinien zur Erstellung von Materialien für forschenden Unterricht nach mascil

Das Projekt *mascil* stellt für LehrerInnen Unterrichtsmaterialien für forschenden Unterricht in den Naturwissenschaften und der Mathematik mit Bezug zur Arbeitswelt zur Verfügung. Da jedoch nicht immer das passende dabei ist, sollen LehrerInnen auch dazu animiert werden, selbst entsprechende Materialien zu erstellen oder bereits vorhandenes Material diesbezüglich zu überarbeiten, um gemeinsam einen großen Pool an Materialien zu verschiedenen Themen zu erhalten. Dafür gibt *mascil* Richtlinien vor, welche Dinge beachtet werden müssen, um in das Konzept zu passen, dessen Leitsätze im mascil-Diagramm (s. Anhang D) festgehalten sind.

Für die Erarbeitung von Aufgaben für den forschenden Unterricht sind besonders die beiden unteren Aspekte „Offene Aufgaben“ und „Verbindung zur Arbeitswelt“ von Bedeutung, diese sind weitere Unterpunkte aufgegliedert (s. Abb. 3).

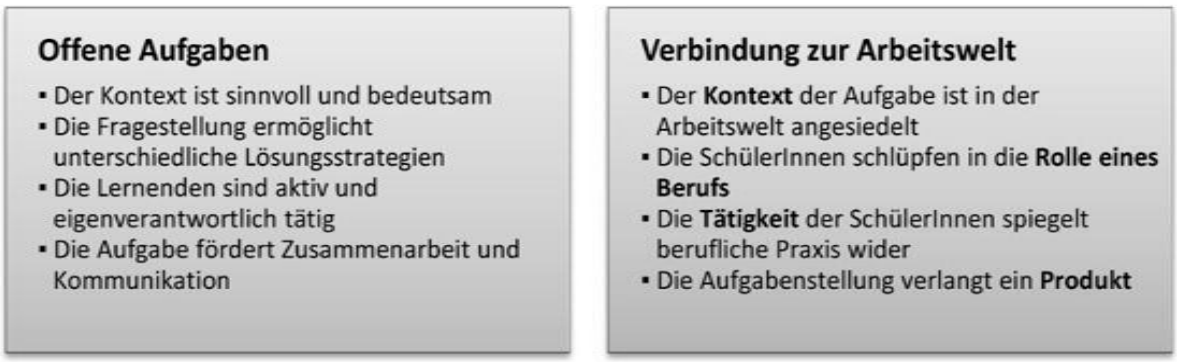


Abb. 3: Teil des mascil-Diagramms (http://mascil.science-edu.at/index.php?go=diagramm; Zugriff 22.11.2015)

Nach *mascil* müssen für offene Aufgaben, die in Verbindung mit der Arbeitswelt stehen, folgende sieben Leitsätze beachtet werden. Nicht jede Aufgabe kann jeden Bereich gleich stark miteinbeziehen, da zumeist Schwerpunkte gesetzt werden müssen, jedoch sollte für erfolgreiches forschendes Lernen kein Bereich weggelassen werden (Doorman, Fechner, Jonker, & Wijers, 2014).

a) Die Aufgaben unterstützen eigene Untersuchungen der SchülerInnen: Um den Lernenden die Chance zu geben, selbst Verantwortung zu übernehmen, ist es hinderlich, wenn gegebene Aufgaben bereits zu stark strukturiert sind. Die Aufgabe sollte herausfordernd sein und die Möglichkeit geben, selbst darüber nachzudenken, wie das Problem strukturiert ist und gelöst werden kann. Dadurch werden die SchülerInnen dazu aufgefordert, die Aufgabe in Zwischenschritte zu gliedern und eigene Untersuchungen zur Lösung des Problems anzustellen.
b) Die Aufgaben lassen mehrere Lösungsstrategien zu: Bei gewöhnlichen Aufgaben wird häufig ein Lösungsweg vorgegeben, der die richtige Lösung bereits impliziert. Dies führt jedoch dazu, dass die Komplexität des Problems verloren geht. Um die Kreativität und die Problemlösestrategien der SchülerInnen zu fördern, muss ihr Vorwissen miteinbezogen werden. Vor diesem Hintergrund können sich die Lernenden eigenständig mit einer Fragestellung befassen und unter Einbezug ihres Wissens auf unterschiedliche Lösungen kommen.

c) Die Aufgaben fördern die Zusammenarbeit und Kommunikation: Forschender Unterricht ermöglicht in stärkerem Maß als gewöhnlich, dass die SchülerInnen selbstständig arbeiten, gleichzeitig soll auch die Zusammenarbeit und die Kommunikation unter den SchülerInnen gefördert werden. Dies kann durch die Notwendigkeit der Arbeitsteilung und durch Präsentationen von Ergebnissen und Produkten geschehen. Auch die klare Kommunikation des/der LehrerIn mit den SchülerInnen ist wichtig. Den Lernenden soll bewusst sein, welche Ziele eine Aufgabe hat und welche Kriterien eingehalten werden sollen. Regelmäßiges Feedback ist dabei hilfreich.

d) Klare Verbindung zur Arbeitswelt: Die Verbindung zur Arbeitswelt ermöglicht den SchülerInnen einen weiterführenden Sinn in den Aufgaben zu sehen und sich gleichzeitig ein Bild von unterschiedlichen Berufen zu machen. Dem jeweiligen Lehrplan entsprechend sollen die naturwissenschaftlichen Bezüge mit einem passenden Beruf oder Arbeitsfeld unterstützt werden. Dabei bieten sich als Anreiz typische Handlungen, Werkzeuge oder Instrumente sowie Foto- oder Filmmaterial oder die Webseite eines Unternehmens an. Es können auch Experten in den Unterricht eingeladen oder eine Exkursion organisiert werden. Die Basis der Aufgabe sollen charakteristische naturwissenschaftliche Tätigkeiten sein. Wenn notwendig, müssen diese vereinfacht oder mit Hilfestellungen kombiniert werden.

e) Die SchülerInnen schlüpfen in die Rolle eines Berufes: Wenn die SchülerInnen in die Rolle eines Berufes schlüpfen dürfen, ist das einerseits motivierend und andererseits hilft es ihnen auch den Zweck der Aufgabe zu verstehen. Wie die Rolle angelegt ist, ist relativ frei und kann in Spezifität und Ausmaß variieren. Wichtig ist jedoch, dass den Berufen eine genaue Stellenbeschreibung (Aufgaben, Hintergrundinformationen) inklusive des Arbeitsumfeldes (Teamwork, Arbeitsteilung) und den erforderlichen Tätigkeiten (Verwendung von Instrumenten, Werkzeugen, Daten) beigelegt wird.

f) Die SchülerInnen führen typische Arbeitsaktivitäten aus: Obwohl stets mehrere Tätigkeiten erforderlich sein sollen, um ein Problem lösen zu können, sollen immer alle Arbeiten als Ziel die Lösung des zentralen Problems haben. Dazu sollen bekannte Konzepte aus den Naturwissenschaften angewendet werden. Die Aktivitäten sollen so oder so ähnlich auch von NaturwissenschaftlerInnen ausgeführt werden und auch die entsprechende Fachsprache fördern. Das Ganze soll trotz möglicher Vereinfachungen so authentisch wie möglich sein. Die Tätigkeiten sollen folglich wirklich zur Rolle und dem Kontext passen. Der

Authentizität kann durch einen passenden Forschungsauftrag, Plänen oder einer Projektausschreibung verstärkt werden.

g) Fokus auf Produkte, die mit der Arbeitswelt zu tun haben: In der Arbeitswelt wird üblicherweise ein Endprodukt beabsichtigt; dies kann beispielsweise ein Gegenstand oder ein Bericht sein. Das Endprodukt soll immer zur Rolle und den ausgeführten Tätigkeiten passen. Typischerweise gibt es Nutzer der Produkte; den SchülerInnen soll die Zielgruppe klar sein, dazu muss diese eventuell explizit genannt und charakterisiert werden. Wie auch im Arbeitsleben typisch, können SchülerInnen kurze Darstellungen ihrer naturwissenschaftlichen Methoden präsentieren. Die Kriterien zur Bewertung des Produkts können entweder von der Lehrperson vorgegeben und klar kommuniziert werden oder gemeinsam festgelegt werden (Doorman, Fechner, Jonker, & Wijers, 2014).

Die angegebenen Kriterien helfen bei der Erstellung von Aufgaben für einen gelungenen forschenden Unterricht. Es muss aber klar sein, dass der/die LehrerIn einen entscheidenden Beitrag zum Gelingen leisten muss. Denn wenn die entsprechenden Aufgabenstellungen strukturiert und geschlossen präsentiert werden, gehen die forschenden Aspekte verloren (Doorman, Fechner, Jonker, & Wijers, 2014).

II. Teil: Fachliche Grundlagen zum Thema Klärwerk

Jeden Tag werden beispielsweise in Wien 130-150 Liter Wasser pro Person verbraucht, dazu kommen Abwässer aus der Industrie und das Regenwasser. Würde das gesamte Abwasser ungeklärt in die Donau fließen, käme es zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Umwelt. Einerseits befinden sich im Abwasser große Mengen an Feststoffen, die sehr schwer abbaubar sind und andererseits enthält verbrauchtes Wasser eine erhöhte Konzentration von Phosphor und Stickstoff. Diese Stoffe sind einerseits in Form von Ammonium und Nitrit giftig für den Fischbestand und führen außerdem als Pflanzennährstoffe zu Eutrophierung und damit zu einer Überproduktion an Algen. In Kombination mit einem geringen Sauerstoffgehalt des Wassers, der durch die natürliche Selbstreinigung eines Gewässers – und in erhöhter Form bei übermäßigem Einfluss von Abwasser – zustande kommt, kann es zum „Kippen" des Gewässers kommen. Um die Umwelt zu schonen, muss aus den genannten Gründen eine gewissenhafte Abwasserklärung vorgenommen werden (EBS Wien, 2015).

1. Stufen der Reinigung von Haushaltsabwässern

Die Klärung von Abwasser erfolgt in der Regel über eine mechanische und eine biologische Klärstufe. Da nicht jede Kläranlage zur Gänze gleich aufgebaut ist, gibt es Abweichungen zu den im Folgenden angeführten Informationen, die sich in erster Linie auf die EBS Hauptkläranlage in Wien beziehen. Die grundsätzlichen Schritte bleiben jedoch immer gleich oder sehr ähnlich.

Zunächst fließt das Wasser von den Haushalten in das Kanalnetz; bereits dort werden große Mengen an Feststoffen von Kanalarbeitern entfernt. Das übriggebliebene Streugut fließt mit dem Abwasser über das Kanalnetz in das Klärwerk und dort in den Schotterfang; dieser ist mit einer Vertiefung im Boden ausgestattet, in die Schotter und Ähnliches absinken kann. Würde dieser weiter mittransportiert werden, käme es zu erheblichen Schäden in den späteren Abschnitten der Kläranlage. Der gesammelte Schotter wird später entsorgt. Das Abwasser wird mithilfe von Schneckenpumpwerken auf ein höheres Niveau befördert, wodurch es die mechanische und die erste biologische Klärstufe im natürlichen Gefälle durchströmen kann. In der Rechenanlage angekommen, werden beim Feinrechen alle Feststoffe, die größer als sechs Millimeter

sind, aufgehalten; dies sind beispielsweise Plastikverpackungen oder Hygieneartikel. Das aufgefangene Material wird entwässert und ebenfalls entsorgt. Das Abwasser wird nun in den Sandfang weitergeleitet. Hier beträgt die Fließgeschwindigkeit nur mehr ungefähr zehn Zentimeter pro Sekunde, wodurch der Sand und andere Partikel wie Asche ausreichend Zeit haben, auf den Boden zu sinken, wo sie weggeräumt und entfernt werden. Die letzte Stufe der mechanischen Reinigung findet im Vorklärbecken statt; hier können alle flockigen Bestandteile bei der geringen Fließgeschwindigkeit von zwei Zentimetern pro Sekunde zu Boden sinken, wo sie als Primärschlamm gesammelt und zum Eindicken befördert werden. An der Oberfläche schwimmender Schlamm besteht meist aus Zigarettenresten oder Pollen und muss separat entfernt werden. In der ersten biologischen Reinigungsstufe wird das Abwasser in mehrere Belebungsbecken geleitet, wo es von Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor durch den Stoffwechsel der unzähligen Mikroorganismen gereinigt wird. Die Mikroorganismen, in erster Linie Bakterien, aber auch Protozoen, werden als Belebtschlamm bezeichnet und kommen mitsamt dem Abwasser im Klärwerk an. Der ablaufende Prozess ist der gleiche wie er in natürlichen Fließgewässern vorkommt. Mikroorganismen nehmen die Verunreinigungen als Nahrungsquelle auf und bauen sie schrittweise ab. Dafür ist viel Sauerstoff notwendig, der mithilfe von Kreiselbelüftern zugefügt wird. Der biologische Sauerstoffbedarf (BSB5) gibt an, wie viel Sauerstoff notwendig ist, um organische Bestandteile im Abwasser abzubauen und liegt bei einer Höchstgrenze von 15mg/L. Damit immer genug Mikroorganismen vorhanden sind, wird auch der Rücklaufschlamm der nächsten Stufe hierher zurückgepumpt. Bei optimalen Bedingungen vermehren sich die Mikroorganismen stetig, wodurch Überflussschlamm entsteht, der regelmäßig abgepumpt wird. Kohlenstoffverbindungen können bis zirka 80% und Stickstoffverbindungen bis zirka 35% entfernt werden. Die Phosphatfällung wird durch dosierte Beigabe von Eisen(III)salzen geregelt (s. Kapitel 3.). Diese unlöslichen Verbindungen werden mit dem Überschussschlamm entsorgt. Im nächsten Schritt, der Zwischenklärung, wird der Belebtschlamm vom Abwasser getrennt, indem er durch die geringe Fließgeschwindigkeit von einem Zentimeter pro Sekunde absinken kann und teilweise rückgeführt oder zum Eindicken gepumpt wird. Das geklärte Abwasser fließt über Zahnschwellen ab. Bisher konnte das Abwasser zu ungefähr 30%

gereinigt werden. In der zweiten biologischen Reinigungsstufe erfolgt vor allem die Stickstoffentfernung durch Nitrifikation und Denitrifikation. Im Zwischenpumpwerk wird sowohl das Abwasser als auch der Rücklaufschlamm jeweils mithilfe von Propellerpumpen auf ein höheres Niveau gebracht, durchmischt und in mehrere Belebungsbecken der zweiten Stufe verteilt. Auch in diesem Bereich erfolgt eine Phosphatfällung durch Eisensalze. Immer drei Belebungsbecken und eine Entgasungszone gehören zusammen. Das erste Belebungsbecken ist unbelüftet und dient der vorgeschalteten Denitrifikation. Die beiden weiteren sind abwechselnd belüftet und unbelüftet; hier erfolgen Nitrifikation und Denitrifikation (s. Kapitel 3.) nebeneinander. Die nachgeschaltete Entgasungszone sorgt dafür, dass gasförmiger Stickstoff entfernt wird. Das Abwasser-Rücklaufschlamm-Gemisch fließt von hier aus in die Nachklärung. Die großen Nachklärbecken werden gleichmäßig und frei von Turbulenzen mit der Mischung aufgefüllt, so kann der Belebtschlamm zu Boden sinken. Dort wird er abgepumpt und als Rücklaufschlamm verwendet oder als Überschussschlamm zum Eindicken befördert. Das geklärte Abwasser wird regelmäßig kontrolliert und fließt – in Wien – in den Donaukanal. Der immer wieder zum Eindicken beförderte Primär- und Überschussschlamm wird mithilfe der Schwerkraft auf 4% Trockensubstanzgehalt reduziert und nach der Entwässerung energiebringend verbrannt (EBS Wien, 2015).

In Wien verbraucht das Hauptklärwerk zirka ein Prozent der Energiekosten; um dies zu ändern wurde 2011 das Projekt E_OS[3] ins Leben gerufen mit dem Ziel, dass die Kläranlage ab 2020 zum Energieselbstversorger wird. Möglich wird dies durch den Bau von sechs Faultürmen und einem Blockheizkraftwerk, das Klärgas in Energie umwandelt (EBS Wien, 2015).

2. Mikroschadstoffelimination

Trotz der hohen Reinigungsrate der Hauptkläranlage Wien sind noch nicht alle Möglichkeiten erschöpft. Sogenannte Mikroschadstoffe und Mikroplastik gelangen nach wie vor ungefiltert in den Donaukanal. Die vierte Reinigungsstufe – nach mechanischer, biologischer und chemischer Reinigung – hat als Ziel die weitgehende

[3] Energieoptimierung Schlammbehandlung

Reinigung des Abwassers von Mikroschadstoffen; dafür stehen mehrere Verfahren zur Auswahl. Bei Mikroschadstoffen oder anthropogenen Spurenstoffen handelt es sich um „organische Schadstoffe, wie Humanpharmaka, Industriechemikalien, Körperpflegemittel, Waschmittelinhaltsstoffe, Nahrungsmittelzusatzstoffe, Additive in der Abwasser- und Klärschlammbehandlung, Veterinärpharmaka, Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel sowie Futterzusatzstoffe“ (DWA, 2008 zitiert nach Biebersdorf & Kaub, 2013). Das Problem mit dem Mikroplastik wird teilweise gar nicht bedacht, dabei stellt es ein immer schwerwiegenderes Problem dar. Definiert wird Mikroplastik nach Bauer (2015) als „Kunststoffteilchen in verschiedenen Erscheinungsformen, die kleiner als fünf Millimeter sind, wie Partikel, Fasern, Kügelchen, Pellets. Sie stammen sowohl aus Industrie als auch privaten Haushalten; Kleidung, Kosmetika; der natürliche Zersetzungs- und Abriebprozess“ von Plastikteilen sind Quellen (Bauer, 2015, S. 4).

Die möglichen Verfahren zur Elimination dieser sind Ozonierung, Adsorption, Membrantrennverfahren und biologischer Abbau. Diese werden im Anschluss kurz angesprochen. Welche Methode gewählt wird, hängt neben dem Kostenfaktor mit den Eigenschaften der zu elimierenden Stoffe, wie „Molekülaufbau und -struktur, Polarität und Hydrophilie, Sorbitionsverhalten, Abbau und Persistenz“ (Biebersdorf & Kaub, 2013, S. 19-20) zusammen.

a) Ozonierung: Bei der Ozonierung gibt es unterschiedliche Verfahren, Ziel ist immer der chemische Abbau der Mikroschadstoffe. Das Ozon (O_3) wird mittels Injektion oder Diffusion in das Abwasser eingebracht. Durch die Oxidation werden die Spurenstoffe aufgebrochen und verändert oder zu einem geringen Anteil in elementare Verbindungen aufgespalten. Die Auswirkungen auf die Umwelt der gebildeteten Metabolite sind noch nicht ausreichend untersucht; so müssten der Ozonierung nachgeschaltete Verfahren wie beispielsweise Sandfiltration beigefügt werden. Mikroplastik kann durch Ozonierung wahrscheinlich nicht eliminiert werden, allerdings könnten die nachgeschalteten Verfahren womöglich einen Rückhalt oder Abbau bewirken (Rummler & Harmjanßen, 2014; Bertling, 2015).

b) Adsorption: Bei der Adsorbtion lagern sich die Spurenstoffe aufgrund der hohen spezifischen Oberfläche des Adsorbens daran an, welches später mitsamt der Spurenstoffe aus dem Abwasser entfernt und entsorgt wird. Als Adsorbens eigent sich Aktivkohle, da sie eine stark poröse Struktur und damit die geeignete Oberfläche aufweist. Es gibt sowohl physikalische als auch chemische Adsorbtion. Hier von Bedeutung ist die physikalische, bei der die Van-der-Waal-Kräfte die Anziehung bewirken und es zu keiner stofflichen Veränderung kommt. Im Einsatz sind einerseits granulierte Aktivkohle (GAK) in einem Filterbett und andererseits pulverisierte Aktivkohle (PAK) frei ins Abwasser gemischt, wobei Zweiteres die häufigere Variante ist. Im Hinblick auf Mikroplastik scheint Adsorbtion ein vielversprechendes Verfahren zu sein, da auch diese Partikel an der Aktivkohle angelagert werden würden (Rummler & Harmjanßen, 2014; Bertling, 2015).

c) Membrantrennverfahren: Eine Abwandlung von Adsorbtion stellt das Membrantrennverfahren dar. Es gibt Mikro-, Ultra- und Nanofiltration sowie die Umkehrosmose. Mikro- und Ultrafiltration scheiden aufgrund der schlechten Filterwerte aus. Obwohl Nanofiltration und Umkehrosmose deutlich bessere Werte erzielen, sind beide Verfahren für den Einsatz in kommunalen Kläranlagen bisher nicht geeignet, da sie aufgrund des hohen Betriebsaufwandes und der schwierigen Entsorgung der Filter wirtschaftlich keine Alternative darstellen (Rummler & Harmjanßen, 2014).

d) biologischer Abbau: Als vierte Variante ist der biologische Abbau durch Mikroorganismen ähnlich der zweiten Stufe eine Möglichkeit. Da jedoch auch hier die Umweltverträglichkeit der entstehenden Metabolite nicht weitreichend erforscht ist, stellt diese Version noch keine gewinnbringende Möglichkeit dar (Rummler & Harmjanßen, 2014).

Alle vier Verfahren bringen Vor- und Nachteile, wirklich relevant scheinen der Forschung und Wirtschaft derzeit lediglich a) Ozonierung und b) Adsorbtion. Jedoch muss in beiden Varianten noch mehr über die langfrisiigen Folgen herausgefunden werden.

3. Chemische Hintergründe: Denitrifikation, Phosphatfällung

Die Elimination von Stickstoff geht in zwei Schritten vor sich. Bei der Nitrifikation wird das vorhandene Ammonium (NH_4) unter aeroben Bedingungen durch chemolithotrophe nitrifizierende Bakterien über eine Zwischenstufe zu Nitrat (NO_3^-) umgewandelt. Bakterien aus der Nitroso-Gruppe wie beispielsweise *Nitrosobakter sp*. oxidieren Ammonium zu Nitrit (NO_2^-), welches wiederum von Bakterien der Nitro-Gruppe wie *Nitrobakter sp*. zu Nitrat oxidiert wird (s. Formel 1)(Aust, 2006).

$$NH_4 + 1{,}5\ O_2 \rightarrow 2\ H^+ + H_2O + NO_2^- + freie\ Energie$$

$$NO_2^- + 0{,}5\ O_2 \rightarrow NO_3^- + freie\ Energie$$

Formel 1: Chemische Formel für Nitrifikation (übernommen von Aust, 2006, S. 76)

Die im Vergleich zur Masse der im Schlamm befindlichen heterotrophen Organismen geringe Wachstumsrate der Nitrifizierer wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Einerseits muss die Beckengröße und die Fließgeschwindigkeit angepasst werden und andererseits muss auf Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, toxische Substanzen und das Schlammalter geachtet werden. Bei der anaeroben Nitratatmung oder Denitrifikation gibt es drei Möglichkeiten mit unterschiedlichen Endprodukten; für die gewünschte Elimination des Stickstoffes ist die Reduktion des Nitrats zu gasförmigem Stickstoff (N_2) erforderlich (s. Formel 2) (Aust, 2006)

$$10[H] + 2\ H^+ + 2\ NO_3^- \rightarrow N_2 + 6\ H_2O + freie\ Energie$$

Formel 2: Chemische Formel von Denitrifikation (übernommen von Aust, 2006, S. 78)

Die Stickstoffelimination ist auch für eine Steigerung der biologischen Phosphatentfernung notwendig. Durchführen können diese Denitrifikation in erster Linie „Bakterien mit einem obligaten Atmungsstoffwechsel, die anaerob keine Stoffwechselenergie durch Gärungen gewinnen können“ (Aust, 2006, S. 78), wie beispielsweise *Pseudomonas sp*. (Aust, 2006).

Phosphor ist einer der wichtigsten Faktoren, die zur Eutrophierung beitragen und muss daher vor der Abwasserentsorgung erheblich reduziert werden. Neben der bedeutenderen chemischen Phosphatentfernung gibt es auch die Elimination durch

Bakterien. Organismen und so auch Bakterien nehmen natürlicher Weise geringe Mengen an Phosphor zum Zellwachstum auf. Es gibt Spezialisten unter den Bakterien, die durch eine erhöhte Phosphoraufnahme charakterisiert sind. Allerdings geht ein Teil des bereits gebundenen Phosphors wieder in Lösung. Aus diesem Grund ist die chemische Phosphorelimination von größerer Bedeutung. Die im Abwasser vorkommenden Phosphate können durch die Zugabe von Eisen(III)salzen zu schwerlöslichen Eisen(III)-Phosphaten ($Fe(III)PO_4$) gebunden werden (Aust, 2006).

4. Themenabgleich mit den Lehrplänen

Abwasserreinigung ist ein Thema, dass jede/n SchülerIn selbst betrifft und auch ein Leben lang betreffen wird. Obwohl in den Lehrplänen der AHS für Biologie und Umweltkunde in der AHS nicht explizit auf dieses Thema verwiesen wird, weisen einige Passagen auf den Zusammenhang zwischen Mensch und Umwelt sowie die verantwortungsvolle Nutzung von Ressourcen sowie auf den Bezug zum alltäglichen Leben hin.

- „Die Schülerinnen und Schüler sollen die Abhängigkeit der Menschen von Natur und Umwelt begreifen und Wissen, Fähigkeiten/Fertigkeiten erwerben, die sie für einen umweltbewussten, nachhaltigen Umgang mit unseren Lebens-grundlagen motivieren und befähigen (ökologische Handlungskompetenz).“ (BMBF, 2000, S. 1)
- „Weckung der Achtung vor Natur und Leben sowie des Bewusstseins der Verantwortung für die Folgen von Eingriffen in Ökosysteme. Grenzen [...] wirtschaftlicher Nutzung.“ (BMBF, 2000, S. 1)
- „Bei der Erarbeitung aller Themen ist stets die Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen, sowohl bei der Auswahl der Inhalte und Methoden als auch durch Anwendung des Wissens auf den eigenen Bezugsrahmen. Gesellschaftsrelevante Aspekte sind möglichst häufig zu berücksichtigen, um der Bedeutung biologischer Erkenntnisse für die Gesellschaft gerecht zu werden und die Schülerinnen und Schüler auf die zukünftige Beteiligung und Verantwortung am gesellschaftlichen Leben vorzubereiten.“ (BMBF, 2000, S. 2)

- „[...], Arbeitswelt, [...] Verhältnis Mensch – Natur, Ökologie –Ökonomie, Energie, Nachhaltigkeit; Anwendung biologischer Erkenntnisse, lebenslanges Lernen“ (BMBF, 2004, S. 1)

- „Einbeziehung der Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler, Integration ihres Vorwissens, ihrer Erfahrungen und Interessen“ (BMBF, 2004, S. 2)
- „Einbeziehung der gesellschaftlichen Dimensionen der Biowissenschaften im historischen wie auch zukünftigen Kontext, Diskussion der ethischen Dimension biowissenschaftlicher Erkenntnisse und deren Anwendung auch im Hinblick auf die europäische Situation“ (BMBF, 2004, S. 2)

Besonders der Schwerpunkt „Ökologie und Umwelt“ stellt den Rahmen für die Behandlung von richtiger Abwasserentsorgung und den ökologischen Folgen bei falscher Handhabe dar.

- „Beim Themenkreis ‚Ökologie und Umwelt‘ sind das Kennenlernen von Organismen und ihr Zusammenwirken, Einsicht in die Zusammenhänge zwischen belebter und unbelebter Natur sowie Umweltprobleme und Schutzmaßnahmen im Mittelpunkt. Ziel ist eine solide Basis für umweltfreundliches Handeln und Verhalten, die sich aus Umweltwissen, Umweltbewusstsein und ökologischer Handlungskompetenz zusammensetzt. Naturbegegnungen sind vorzusehen. Auch sollen konkrete Aktivitäten im Sinne der Ökologisierung der Schule gefördert werden.“ (BMBF, 2000, S. 2)

- „An konkreten Beispielen hat nachhaltige Entwicklung [...]als zentrale Perspektive zukünftiger Entscheidungen deutlich zu werden. Aktivitäten im fachübergreifenden Kontext bieten sich hier besonders an.“ (BMBF, 2004, S. 2)

Bei den Ausführungen zu den einzelnen Schulstufen werden immer wieder Hinweise zu „[p]ositive[n] wie negative[n] Folgen menschlichen Wirkens“ und „Umwelt-probleme[n]“ sowie zu „Umwelt-, Natur- und Biotopschutz“, der „an konkreten Beispielen demonstriert werden“ (BMBF, 2000, S. 3) soll, gegeben. Weitere Themenvorschläge sind „heimische Gewässer“ (BMBF, 2000, S. 3), „Stadtökologie“ (BMBF, 2000, S. 4), „Mikroorganismen“ (BMBF, 2004, S. 3) und das „Spannungsfeld Ökologie – Ökonomie“ (BMBF, 2004, S. 3).

Anhand dieser Beispiele wird deutlich, dass die Abwasserbehandlung ein den österreichischen AHS-Lehrplänen entsprechendes Thema ist, das sich außerdem mit den Konzepten des forschenden Lernens verbinden lässt.

III. Teil: Beispielhafte Unterrichtsplanungen zu forschendem Lernen

Unterrichtsplanungen mit forschendem Charakter müssen einigen Kriterien standhalten, damit sie sinnvoll in der Schule eingesetzt werden können. *Mascil* gibt für die Erstellung von Materialien einige Hinweise, die LehrerInnen helfen können, ihre eigenen Materialien zu überarbeiten oder selbstständig neue zu erstellen (Doorman, Fechner, Jonker, & Wijers, 2014). Auf welche Themen diese mit welchen Methoden angewendet werden können, geht aus den Richtlinien jedoch nicht genau hervor. Neben Inhalten, die mit Experimenten unterstützt werden und so eine gute Basis für forschenden Unterricht bieten, gibt es einige Themen, die sich nicht gut mit Versuchen verbinden lassen. Trotzdem kann auch gerade in diesen Bereichen das Konzept von forschendem Lernen aufgegriffen werden und zielführend angewendet werden. Das gewählte Thema „Abwasserklärung“ ist, wie oben erwähnt, ein Thema, das in vielen Schulstufen relevant ist und eine direkte Verbindung sowohl mit der Alltagswelt der SchülerInnen als auch mit der Arbeitswelt aufweist. Entsprechende Experimente wären zwar vorstellbar, wie beispielsweise die Vorführung von Phosphatfällung, bringen jedoch nicht die gewünschte eigenständige Lernsituation für die SchülerInnen mit sich. Die Arbeit mit echtem Belebtschlamm ist aus hygienischen Gründen kaum möglich. Wie Abwasserklärung trotz diesen Schwierigkeiten in verschiedenen Schulstufen der Sekundarstufe I und II auf forschendem Weg näher gebracht werden kann, ist in den folgenden drei beispielhaften Unterrichtsplanungen ausführlich erklärt.

1. 7.-10. Schulstufe: Wettbewerb „Modell-Kläranlage“

Im fingierten Wettbewerb von Universitäten sollen kleine Kläranlagen gebaut werden. Das Konstruieren von Modellen, die auch funktionieren und zugleich den Vorgang der Klärung veranschaulichen, ist keine einfache Sache. Aus diesem Grund werden zuerst Pläne über die Vorhaben verlangt, was eine weitere Denkleistung erfordert. Der Wettbewerb für die beste Modell-Kläranlage lässt sich im Schwierigkeitsgrad leicht variieren. Für die siebte Schulstufe kann der Unterrichtsentwurf leicht vereinfacht verwendet werden. Ab der achten Schulstufe, in der bereits Chemie unterrichtet wird, können alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden; trotzdem ist bedachtes *scaffolding* in

jedem Fall anzuraten. Diese Unterrichtsplanung lässt sich besonders sinnbringend mit der Idee der Modellkompetenz nach Upmeier zu Belzen und Krüger (2010) verbinden.

1.1. Unterrichtsverlauf

Für den Unterricht zur Modell-Kläranlage sind acht bis neun Unterrichtseinheiten notwendig, die sich in folgenden sechs Module gliedern: Einführung, Planung, Präsentation, Bearbeitung, Vermittlung und Nachbereitung (s. Abb. 4)



Abb. 4: Planungsübersicht der sechs Module zu „Modell-Kläranlage“

Das erste Modul dient der Vermittlung des Arbeitsauftrags. Dabei wird sofort in die Situation eingestiegen und den SchülerInnen die Wettbewerbseinladung samt Beilage (s. Anhang A) ausgeteilt. Nachdem die SchülerInnen ausreichend Zeit zum Lesen hatten, werden die Gruppen eingeteilt. Wenn keine Gründe dagegen sprechen, ist es bei dieser Aufgabe möglich, die Einteilung den SchülerInnen zu überlassen. Je nach Klassengröße sollen die Teams aus drei bis maximal fünf Personen bestehen. Die einzelnen Teams werden der Lehrperson bekannt gegeben und notiert. An dieser Stelle ist Zeit, dass die SchülerInnen Fragen stellen, wenn ihnen noch etwas unklar ist. Es werden auch die Beurteilungskriterien bekannt gegeben und besprochen. Ansonsten zieht sich der/die Lehrende ab diesem Zeitpunkt aus der leitenden Rolle

zurück und übergibt diese den einzelnen Gruppen. Für die Einführung ist eine halbe Unterrichtseinheit ausreichend.

Die restliche und zwei weitere Stunden dienen den SchülerInnen zur Recherche über Klärwerke und der Planung ihres Modells. Außerdem soll eine kurze Powerpoint-Präsentation erstellt werden, in der die wichtigsten Fakten, die geplante Vorgehensweise und die notwendigen Materialien aufgelistet sind. Wenn bereits entsprechendes Wissen über Kläranlagen vorhanden ist, verringert sich die notwendige Zeit um etwa eine Unterrichtseinheit. Für die Recherche und das Gestalten der Präsentationen sind Computer und Internetzugriff notwendig. Je nach Klasse gibt es die Möglichkeit Unterstützung bei der Recherche anzubieten. Möglicherweise brauchen diese auch nur einige SchülerInnen (s. Anhang A). Die Anforderungen an das Modell und die Richtlinien für die Präsentation sind aus den Unterlagen der ersten Einheit ersichtlich, können wenn notwendig vorher noch einmal besprochen werden, wenn Unklarheit herrscht. Am Ende der letzten Einheit dieses Moduls müssen die fertigen Präsentationen abgegeben werden, damit die Lehrperson einen Blick darauf werfen und sich vorbereiten kann.

In der folgenden Einheit stehen jeder Gruppe etwa sechs Minuten für ihre Präsentation zu Verfügung. In dieser Zeit soll ihr Vorhaben klar vermittelt und die Vorgehensweise erklärt werden. Die jeweils anderen Gruppen erhalten Beobachtungs- beziehungsweise Fragebögen, die zu einem konstruktiven Feedback an ihre MitschülerInnen verhelfen sollen (s. Anhang A). Gemeinsam mit der Lehrperson, die sich ebenfalls weitgehend an die Fragen des Bogens hält, werden die Beiträge nach Kategorien wie Durchführbarkeit, Kreativität und Komplexität besprochen. Gegebenenfalls werden Vorschläge zur Adaption gegeben. Bei dieser Gelegenheit werden auch die Materiallisten besprochen („Welche Dinge können die Schülerinnen mitbringen?“, „Welche Dinge stellt die Lehrperson zur Verfügung?“, „Welche Dinge sind in der Schule vorhanden?“, „Was können/wollen wir nicht beschaffen?“).

Das vierte Modul findet im Klassenraum oder – wenn vorhanden – in einem Laborraum statt. Es ist günstig, wenn eine Doppelstunde dafür verwendet werden kann. Ist dies nicht möglich, ist diese Phase auch in zwei Einzelstunden mit Abstrichen machbar. Die

mitgebrachten und zur Verfügung gestellten Materialien werden aufgebaut. In beiden Einheiten basteln die SchülerInnen einerseits an ihrem Modell und müssen andererseits auch die Materialien für die Vermittlung der Funktionsweise von Kläranlagen anhand des Modells anfertigen. Die Gruppen, die mit dem Bau fertig sind, können das bereitgestellte „Abwasser“ (s. Anleitung zur Zubereitung des Abwassers in Anhang A) in ihre Anlage füllen und die Tauglichkeit testen. Wenn es nötig ist, dürfen noch Verbesserungen vorgenommen werden. Ansonsten wird das geklärte Wasser in einem Marmeladenglas samt dem Modell abgegeben. Mithilfe von Tropfen- und Streifentests können die Proben getestet werden (s. Materialien Anhang A).

Bei der Ausstellung muss an die verfügbaren Räumlichkeiten angepasst eine mögliche Organisation gefunden werden. Denkbar wäre es, wenn nach der Vorführung und Erklärung der Funktionen, Schaukästen zur Verfügung stehen, wo auch die Beschreibungen sichtbar sind. So haben auch SchülerInnen aus anderen Klassen die Möglichkeit an dem Thema teilzuhaben. Bei der Vorführung sind wieder für jedes Team fünf bis sieben Minuten eingeplant. Im Anschluss haben noch einmal alle die Gelegenheit, sich die Werke der anderen anzusehen, Fragen zu stellen und die Gläser mit dem mehr oder weniger klaren Wasser zu vergleichen und die Ergebnisse der Tests zu bewerten. Jedes Team erhält Bewertungsbögen für jedes Modell – auch das eigene – und gibt Punkte in unterschiedlichen Kategorien wie beispielsweise Übersichtlichkeit oder Klärleistung. Auch die Lehrperson bewertet in den gleichen Kategorien. Die Ausstellung soll wenn möglich länger bestehen, notwendig für das Modul ist lediglich eine Einheit.

Im letzten Modul werden die Bewertungsbögen ausgewertet und die Siegerehrung durchgeführt, bei der alle eine Urkunde erhalten (s. Anhang A). Im Anschluss daran bekommt jede Gruppe einen klassischen Test ausgeteilt, bei der Wissen über Kläranlagen abgefragt wird. Jedes Team darf den Test gemeinsam lösen. Zusammenarbeit zwischen den Gruppen ist nicht erwünscht. Mit diesem Test soll das erworbene Wissen sichergestellt werden und auch der Lehrperson als Überblick dienen, was verstanden wurde und wo noch Wissenslücken vorhanden sind. Nachdem die Lösungen der SchülerInnen besprochen wurden, folgt eine mündliche

Feedbackrunde, in der die Stärken und Schwächen des stattgefundenen Unterrichts besprochen werden. Je nachdem wie geübt die SchülerInnen im Geben von Feedback sind, kann dies unterschiedlich lange dauern. Jugendliche, die gerne diskutieren und bereits gelernt haben, wie sinnvoll Feedback ist, brauchen deutlich länger, als jüngere oder ungeübtere SchülerInnen, die alle Fragen mit „gut“ oder „weiß nicht“ beantworten. Ein Feedback-Memory ist in Anhang A zu finden. Dazu werden die Fragen immer doppelt bereit gestellt und jede SchülerIn nimmt sich eine der Karten, die verdeckt aufliegen. Hat man denjenigen/diejenige mit der gleichen Karte gefunden, bespricht man sich zum Inhalt der Frage. Im Plenum werden dann die Fragen besprochen. Für jede ist ein Paar zuständig, die ihre Meinung sagen. Jede/r andere darf sich freiwillig zu Wort melden. Es können auch mehrere Karten pro Frage bereitgestellt werden, um größere Gruppen zu erhalten.

1.2. Aufgaben der Lehrperson und Beurteilung

Der/die Lehrende ist bei diesem Unterrichtsentwurf hauptsächlich als BeraterIn beziehungsweise JurorIn tätig. Im ersten Modul wird der Arbeitsauftrag nicht direkt von ihm/ihr erklärt, sondern wird durch die Wettbewerbsausschreibung ersichtlich. Sind jedoch noch weiterführende Fragen da, können diese von der Lehrperson beantwortet werden. Zu diesem Zeitpunkt müssen auch die Teams festgelegt und bei der Lehrperson gemeldet werden. Im zweiten Modul ist mindestens ein Computer mit Internetzugang pro Team notwendig. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, einen Computerraum zu reservieren oder eventuell in der Schule vorhandene Laptops oder Tablets auszugeben. Während der Planung sind die SchülerInnen weitgehend auf sich gestellt. Die Lehrperson hat die Aufgabe von Gruppe zu Gruppe gehen, sich nach Fortschritten zu erkundigen und gegebenenfalls durch gezielte Fragen über Schwierigkeiten hinwegzuhelfen. Auch SchülerInnen, die auf einem guten Weg sind, hilft es, wenn sie ihr Vorhaben in Worte fassen müssen; ansonsten sollten die Jugendlichen, die sich gerade in einem aktiven Denkprozess befinden, nicht gestört werden. Gruppen, die sich in etwas verrannt haben oder die nicht weiter kommen, werden auf einen möglichen zielführenden Weg gebracht. In dieser Phase kann auch immer wieder auf Teilkomponenten der Modellkompetenz eingegangen werden, indem über Eigenschaften von Modellen oder alternative Modelle gesprochen wird.

Aufgrund der notwendigen Mitarbeitsbeurteilung und auch zur Weiterentwicklung des eigenen Unterrichts, ist es ratsam, sich Notizen zu den einzelnen SchülerInnen beziehungsweise Teams zu machen. Im nächsten Modul werden die Pläne via Powerpoint-Präsentation vorgestellt. Ein Raum mit Beamer, USB-Anschluss und eventueller Möglichkeit zur Verdunkelung ist daher zu organisieren. Allen SchülerInnen werden Feedbackbögen ausgeteilt, die sie beim Geben von Feedback an ihre KollegInnen unterstützen. Auch die Lehrperson hat hier Gelegenheit den Teams Rückmeldungen zu ihren Plänen zu geben. Da die Präsentationen bereits am Ende des zweiten Moduls abzugeben sind, hat die Lehrperson schon vorab die Möglichkeit einen Blick darauf zu werfen. Generell sollten jedoch nicht durchführbare Pläne bereits in der Vorbereitungsphase mit den jeweiligen Gruppen besprochen werden und zusammen soweit geändert werden, damit die SchülerInnen sie durchführen können. In konstruktiver Zusammenarbeit müssen Lösungen für zu schwierige oder zu einfach gehaltene Modelle gefunden werden. Auch die Organisation der Materialliste obliegt der Lehrperson und eventuell einem Ressourcenmanager pro Gruppe. Eine beispielhafte Materialliste ist in Anhang A zu finden. In der Bearbeitungsphase ist die Lehrperson hauptsächlich BeobachterIn und BeraterIn, wenn dies von den SchülerInnen gefordert wird. Für die Ausstellung muss ein Raum und/oder Schaukästen organisiert werden, damit die Modelle längere Zeit stehen bleiben und angesehen werden können. Bei den Präsentationen sollte keine Kritik geäußert werden, da sich die SchülerInnen zuerst selbst ein Urteil bilden sollen. Der Lehrperson steht hier lediglich ein Bewertungsbogen pro Gruppe zu, wie ihn auch die Teams erhalten (s. Anhang A). Im letzten Modul werden die Sieger nach Auswertung der Bögen durch die Lehrperson gekürt. Allerdings zählt nicht nur die beste Arbeit, sondern alle werden mit Urkunden (s. Anhang A) prämiert. Danach folgt der Gruppentest, bei der die Lehrperson lediglich darauf achten muss, dass keine Kommunikation zwischen den Teams stattfindet. Im anschließenden Feedback übernimmt die Lehrperson die Moderation. Es ist sinnvoll mit den SchülerInnen im Vorfeld zu üben, was es heißt konstruktives Feedback zu geben. Diese Aufgabe erscheint vielen Lernenden langweilig und die Ergebnisse sind dementsprechend. Die Lehrperson muss mit den SchülerInnen an einer angemessenen Feedbackkultur arbeiten, was nur durch den häufigen, jedoch

abwechslungsreich gestalteten Einsatz von Feedback möglich ist. So können SchülerInnen nach und nach die Vorteile für sich selbst erkennen.

1.3. Aufgaben der SchülerInnen

An die SchülerInnen werden bei diesem Unterrichtsentwurf hohe Anforderungen gestellt. Zuerst müssen sie sich in die Rolle von UniversitätsmitarbeiterInnen beziehungsweise StudentInnen hineinfinden, die eine Wettbewerbseinladung bekommen. Mithilfe von ausgewählten Materialien oder selbstständiger Internetrecherche müssen sie sich Informationen zum Aufbau von Kläranlagen beschaffen und diese verarbeiten. Daraus müssen sie die notwendigen Informationen herausfiltern und kreativ einen Vorschlag für ein Modell entwickeln, das nicht nur – zumindest mechanisch – funktioniert, sondern auch anschaulich die Klärung von Abwasser darstellt. Ihre Vorschläge müssen genau geplant und ihren MitschülerInnen präsentiert werden, die diese durch Anmerkungen und Fragen diskutieren. Mögliche Änderungen müssen in die Pläne integriert werden. Auch das gezielte Nachdenken über zeitliche, räumliche und ressourcentechnische Grenzen gehört zum Planen ihres Modells und muss auch beim Geben von konstruktivem Feedback beachtet werden. Beim Bauen selbst spielt der Umgang mit Zeitdruck und ein gute Arbeitsteilung eine wichtige Rolle. Nicht nur die Kläranlage muss gebaut und getestet werden, auch das Informationsmaterial wie Beschilderungen muss erstellt werden. Eine gute Kommunikation im Team ist dadurch unerlässlich. Die fertigen Modelle dürfen bei einer Ausstellung in der Schule präsentiert und vorgeführt werden. Dabei sind gute kommunikative Fähigkeiten in Kombination mit fachlichem Wissen notwendig. Die Bewertungskompetenzen kommen auch hier wieder zum Tragen, wenn die SchülerInnen nicht nur die Arbeiten der anderen, sondern auch die eigene mit Punkten beurteilen müssen. Beim Gruppenquiz sind vor allem fachliches Wissen, aber auch die richtige Terminologie sowie die Verbindung zu ihren Modellen wichtig. Die Bewertung des Unterrichts und die Reflexion der eigenen Eindrücke bilden die letzten Herausforderungen. Die aufgeführten Kompetenzen sind in Tabelle 3 noch einmal geordnet zusammengefasst.

Kategorie	Tätigkeiten
fachliches Wissen	• Aufbau von Kläranlagen • Nutzen von Kläranlagen
fachliche Fähigkeiten	• Recherchieren: Informationen lesen und filtern • authentische Texte lesen
soziale Fähigkeiten	• Teamarbeit • Kommunikation • mit Rolle identifizieren
organisatorische Fähigkeiten	• Modell planen • vorausschauend denken • Arbeitsteilung
kommunikative Fähigkeiten	• Präsentieren • Zuhören • Diskutieren
Bewertungsfähigkeiten	• Feedback geben • Beurteilen • Reflektieren
Mediale Fähigkeiten	• Internetrecherche • Powerpoint-Präsentationen

Tabelle 3: Zu erwerbende Kompetenzen im beim Wettbewerb „Modell-Kläranlage“

1.4. Varianten

Wenn Kläranlagen bereits vorher als Thema behandelt wurden, kann die Zeit für die Informationsbeschaffung gekürzt werden, da die notwendigen Informationen bereits bekannt sind. Ein Lösung zwischen vorheriger direkter Vermittlung und dem selbstständigem Recherchieren ist die Möglichkeit, dass Informationen zu Kläranlagen ausgeteilt werden, aus denen sich die SchülerInnen die notwendigen Informationen heraussuchen können, ohne dabei auf Korrektheit der Angaben achten zu müssen. Diese Methode führt jedoch dazu, dass ein Stück Authentizität verloren geht, da in der Arbeitswelt Informationen auch nicht fertig übergeben werden. Dies kann je nach Fähigkeiten oder Altersstufe entschieden werden.

Die Ausstellung gibt den SchülerInnen die Chance, ihre Werke zu präsentieren. Diese kann leicht auch in einen Tag der offenen Tür oder andere Projekte zum Thema Wasser

oder Umwelt integriert werden. Damit werden die Chancen vergrößert, dass auch andere SchülerInnen erreicht werden können und der Ehrgeiz der SchülerInnen gesteigert wird. Auch ein tatsächlicher Wettbewerb zwischen mehreren Klassen in einer oder mehreren Schulen wäre denkbar.

1.5. Aspekte von forschendem Lernen

Dieser Unterrichtsentwurf beschreibt eine nicht ganz klassische Forschungssituation. Ziel ist hierbei der Bau einer kleinen Kläranlage. Allerdings soll nichts erforscht werden, sondern die Abstraktion der Wirklichkeit zu einem Modell hergestellt werden. Als weitere Aufgabe ist die Vermittlung gegeben. Die SchülerInnen sollen sich als Experten sehen, die anderen ihr Wissen über Kläranlagen mithilfe von Modellen weitergeben können. Als Anreiz ist die Aufgabe in einen Wettbewerb verpackt, der sowohl die Motivation als auch die Bedeutung der Aktivitäten steigern soll. Obwohl keine Untersuchung durchgeführt wird, entspricht die Unterrichtsplanung den vier Säulen von forschendem Lernen in Abbildung 1 und den von *mascil* festgelegten Richtlinien.

- Problemorientiertes Lernen: Den SchülerInnen wird die Einladung zum Wettbewerb samt Beilage(n) ausgeteilt. Dieser Wettbewerb gibt ein Problem einer fiktiven Bürgermeisterin an die SchülerInnen weiter. Sie müssen ein Modell entwickeln und damit die BürgerInnen der Stadt über Kläranlagen informieren. Es muss folglich ein Kompromiss zwischen Funktion und Vermittlung gefunden werden. Wie an das Problem herangegangen wird, bleibt weitgehend den SchülerInnen überlassen. Bedingung ist nur, dass ihre Idee in der vorgegebenen Zeit mit den möglichen Mitteln umsetzbar ist. Aus diesem Grund gibt es nicht eine richtige Lösung, die direkt mit einer Vorlage vergleichbar ist, sondern unterschiedliche Weg zu einem sehr guten Ergebnis.
- Selbstständiges Lernen: Trotz der teilweise noch jungen SchülerInnen wird ein hohes Maß an Selbstständigkeit verlangt. Sie müssen sich im Team alleine auf die Suche nach Informationen machen und den Plan für ein Modell entwickeln. Die Lehrperson ist immer in der Nähe, hilft jedoch nur wenn es notwendig ist. Sollten die Schülerinnen in einer Sackgasse landen, können jedoch Hinweise in eine mögliche Richtung gegeben werden, mit dem die Gruppe dann

selbstständig weiterarbeiten kann. Auch der Bau und die Entscheidung darüber, wie die Funktionen und der Nutzen von Kläranlagen vermittelt werden, sind den Schülerinnen überlassen.

- Kooperatives Lernen: Die Arbeit im Team erfordert immer, dass einerseits zusammengearbeitet wird und andererseits auch, dass sich die Mitglieder die Arbeit aufteilen. Dazu muss die Kommunikation in der Gruppe gut funktionieren und jeder muss seinen Teil betragen, damit ein gutes Ergebnis erzielt werden kann. Da sich die Teams selbst zusammenfinden, besteht die Chance, dass sich die Mitglieder sehr gut verstehen und die Zusammenarbeit ohne Probleme funktioniert. Es gibt jedoch hierbei auch die Gefahr, dass das Unterrichtsthema etwas in den Hintergrund gerät und andere Dinge wichtiger werden. Diese Schwierigkeiten sollen von den SchülerInnen selbst erkannt und bewältigt werden. Sollte bereits bekannt sein, dass die Gruppe nicht harmoniert, kann die Gruppeneinteilung auch durch die Lehrperson durchgeführt werden oder gezielt gemeinsam an einer Verbesserung der Kooperation zwischen den Gruppenmitgliedern gearbeitet werden.
- Lernen im Bezug zum Alltag/zur Arbeitswelt: Bei diesem Unterrichtsentwurf wird keine konkrete Berufsrolle angesprochen, sondern allgemein Universitäten teilweise technischer Natur. Die SchülerInnen schlüpfen also in die Rolle von StudentInnen oder MitarbeiterInnen der Universität. Das tatsächliche Arbeitsumfeld wird durch den konkreten Zweck des Baus zur Vermittlung von Klärwerken sichtbar. Die SchülerInnen müssen sich wie Erwachsene verhalten und sich informieren, Vorschläge erstellen, diese auf einer Konferenz vor den andern präsentieren und diskutieren. Wenn auch nicht die Mittel, die eine Universität zur Verfügung hat, vorhanden sind, so wird trotzdem ein wirkliches funktionierendes Produkt verlangt. Dieses soll allen gestellten Anforderungen genügen und wird in der Schule ausgestellt.

2. 7.-10. Schulstufe: Studie „Richtiger Umgang mit Abwasser“

Studien werden durchgeführt, um gewisse Aspekte, wie beispielsweise Verhaltensweisen, zu bestimmten Themen – hier Abwasserklärung – herauszufinden. In diesem Fall ist es die Aufgabe der SchülerInnen herauszufinden, wie die Kinder und

Jugendlichen in ihrer Schule mit Wasser umgehen und was durch sie ins Abwasser gelangt. Dazu ist es notwendig, dass sich die Klasse in der Rolle von MitarbeiterInnen eines ökologischen Instituts, das von der Umweltschutzabteilung der Stadt Wien beauftragt wird, zu Klärwerken informiert und den Fokus auf die Verhaltensweisen der Bevölkerung legt. Bei diesen Aufgaben wird der Blick auf ökologisch richtiges Handeln geschult und die SchülerInnen lernen dabei die Abläufe von Abwasserklärung kennen. Durch die Studie sollen sie Informationen über das Verhalten von Jugendlichen zum Thema Abwasserklärung gewinnen, mit deren Hilfe man Überlegungen für eine Informationskampagne zu diesem Thema anstellen kann.

2.1. Unterrichtsverlauf

Die Unterrichtseinheiten zur Studie „Richtiger Umgang mit Abwasser“ ist in sechs Module gegliedert: Einführung, Vorbereitung, Datenerhebung, Auswertung, Präsentation und Reflexion. Insgesamt sind ungefähr acht Unterrichtseinheiten notwendig (s. Abb. 5)



Abb. 5: Planungsübersicht der sechs Module zur Studie „Richtiger Umgang mit Abwasser“

Das erste Modul dient dem Einstieg in das Thema und der Vermittlung des Arbeitsauftrags. Die SchülerInnen sollen sofort die Gelegenheit bekommen, in die Rolle zu schlüpfen, die sie abgesehen vom letzten Modul, während des gesamten

Unterrichts beibehalten werden. Dazu werden ihnen die Anweisungen der Umweltabteilung gegeben, in denen alle Aufgaben zusammengefasst sind (s. Anhang B). Haben alle SchülerInnen ausreichend Zeit zum Durchlesen gehabt, werden eventuelle Fragen besprochen. Ist alles geklärt, werden die Beurteilungskriterien durchgegangen und eventuell ebenfalls ausgeteilt. Am Ende des Moduls werden die Gruppen eingeteilt. Dies kann entweder durch die Lehrperson geschehen, per Zufall entschieden oder den SchülerInnen selbst überlassen werden. Wählt die Lehrperson, können die unterschiedlichen Stärken und Schwächen der SchülerInnen beachtet und zielführend kombiniert werden. Vier bis fünf Personen pro Gruppe sind optimal.

Fließend ist der Übergang ins zweite Modul, das der Erarbeitung der Informationen und der Messinstrumente dient. Ab diesem Zeitpunkt ist die Planung der Vorgehensweise weitgehend den SchülerInnen überlassen. Ein Ziel dieses Moduls ist die Recherche von notwendigen Informationen, um daraus interessante Fragestellungen für die Befragung von anderen SchülerInnen entwickeln zu können. Weiters muss ein geeignetes Fragendesign erstellt werden, um die gewünschten Antworten zu erhalten. Die SchülerInnen sollen entweder Fragebögen beziehungsweise Online-Umfragen erstellen oder Leitfragen für Interviews entwickeln. Hilfreich sind vorhergehende Hypothesen der Aussagen – welche Verhaltensweisen erwarten die SchülerInnen bei den Befragten – und die geplante Methode zur Auswertung. Am Ende soll jede Gruppe kurz über ihr Vorhaben berichten. Die anderen haben hier die Gelegenheit, Einwände zu erheben, sollten sie es für notwendig halten. Insgesamt haben die SchülerInnen dafür zweieinhalb Einheiten Zeit. Als Hilfestellung bei der Recherche und der Wahl des Studiendesigns wird ein Informationsblatt (s. Anhang B) ausgegeben, da wenige SchülerInnen bereits eine Studie selbstgestaltet haben. Wie weit bei der Recherche geholfen wird, hängt von mehreren Faktoren wie Erfahrung und Zeit ab (s. 2.4. Varianten).

In den folgenden zwei Einheiten dürfen die SchülerInnen die Befragungen nach ihren Vorstellungen und Plänen durchführen und so ihre Daten erheben. Notwendige Materialien wie beispielsweise Kopien oder Aufnahmegeräte müssen in der vorhergehenden Stunde abgesprochen werden.

Im nächsten Modul folgt die Auswertung. Dazu werden Computer benötigt, damit erstens das Auswerten einfacher gestaltet wird und zweitens für die anschließende Präsentation anschaulich vorbereitet werden kann. Diese Präsentation soll die Beschreibung der Erhebungsmethode, die Ergebnisse und die Schlussfolgerungen, die aus der Datenanalyse gezogen werden, beinhalten.

Als nächstes finden die Präsentationen statt, die mithilfe von Feedbackbögen von den andern besprochen und diskutiert werden. Zusammen sollen am Ende Gemeinsamkeiten und Differenzen in den Ergebnissen erhoben werden. Darauf basierend wird über die sinnvollste Methode diskutiert, die Jugendliche zur richtigen Abwasserentsorgung motiviert. Wird noch kein Ergebnis erzielt, kann auch ein Teil der nächsten Einheit verwendet werden.

Im letzten Modul werden die vorangegangenen Einheiten teils einzeln und teils gemeinsam reflektiert. Beim Arbeitsblatt zur Selbstreflexion (s. Anhang B) sollen sich die SchülerInnen in unterschiedlichen Kategorien, wie „Wissen über Abwasserklärung“ oder „Zusammenarbeit im Team“ selbst einschätzen. Auf dem Blatt ist pro Kategorie eine Zielscheibe[4] aufgedruckt. Je stärker sich die SchülerInnen in der Kategorie fühlen, desto weiter in der Mitte sollen sie eine Markierung setzen. Dies dient einerseits der Lehrperson, um mehr über die eigenen Einschätzungen der SchülerInnen zu erfahren und so besser darauf reagieren zu können. Andererseits sollen die SchülerInnen die Chance bekommen, selbst über ihre Fähigkeiten und Leistungen nachzudenken. Im Bewertungsblatt für die Lehrperson (s. Anhang B) gibt es die gleichen Kategorien, sodass die Einschätzungen von Lehrperson und SchülerIn miteinander verglichen werden können. Auf dem Bewertungsbogen ist auch Platz für die Begründung der Anzahl der Punkte. So können unterschiedliche Ergebnisse einfacher diskutiert werden, was auch in einem Einzelgespräch nach dem Unterricht passieren soll, falls die Einschätzungen weit auseinander liegen. Für die Lehrperson ist besonders ein Feedback den Unterricht betreffend sinnvoll, um beurteilen zu können, wie SchülerInnen die Unterrichtsgestaltung empfinden. Dies soll am besten anonym erfolgen. So haben auch die SchülerInnen die Möglichkeit, ihre Meinung frei von

[4] Abgewandelt von „Feedback-Zielscheibe“ aus (Peterßen, 2009, S. 97)

Benotungen abgeben zu können. Am Ende der Einheit ist Gelegenheit offen über verschiedene Aspekte des Unterrichts zu diskutieren, wenn Bedarf bei den SchülerInnen besteht.

2.2. Aufgaben der Lehrperson und Beurteilung

Die Lehrperson nimmt sich von Anfang an eher zurück und steht meistens nur beobachtend am Rand des Geschehens. Bei dieser Gelegenheit ist es nützlich, sich Notizen zu machen und auch von Gruppe zu Gruppe zu gehen und sich über den Verlauf zu erkundigen, um später eine gerechte Beurteilung möglich zu machen und einen Überblick über die Arbeitsweisen der SchülerInnen zu bekommen. Wird sie aktiv von SchülerInnen zu Hilfe gerufen, können gezielte Fragen in eine mögliche Richtung weisen und so zum nächsten Schritt überleiten. Im ersten Modul werden noch mehrere Fragen sein und auch die Beurteilungskriterien müssen genau besprochen werden. Es ist sinnvoll, sich dafür die notwendige Zeit zu nehmen, denn so kann sichergestellt werden, dass das anschließende Arbeiten reibungslos funktioniert. Die Recherche wird durch das Informationsblatt unterstützt, soll aber großteils eigenständig vor sich gehen. Für die kurzen formlosen Zwischenpräsentationen gibt es noch keine strengen Regeln. Sie sind hauptsächlich als Information über den bisherigen Verlauf für die Lehrperson und die andern SchülerInnen gedacht. Bei dieser Gelegenheit müssen auch notwendige Utensilien wie PCs, Drucker beziehungsweise Kopierer besprochen werden. Es ist sinnvoll, wenn für alle drei Einheiten ein PC-Raum reserviert wird. Bei eventuellen Interviews muss das Vorhandensein von Aufnahmegeräten (oder die Erlaubnis, dass Handys verwendet werden dürfen) geklärt werden. In den zwei Stunden, in denen die SchülerInnen die Befragungen durchführen, wird meist die Kooperation von andern LehrerInnen notwendig sein, wenn SchülerInnen im Unterricht einen Fragebogen ausfüllen oder einzeln aus dem Unterricht zu einem Interview geholt werden sollen. Dazu ist es eventuell von Vorteil, wenn diese vorher informiert und um Erlaubnis gefragt werden, um Probleme mit den KollegInnen zu vermeiden. Die Auswertungen finden wieder in einem PC-Raum statt. Hier sollen auch ansprechende Powerpoint-Präsentationen gestaltet werden. Die Lehrperson hilft, wo es nötig ist und kann auch Tipps bei der Datenauswertung geben, falls diese den SchülerInnen noch nicht so geläufig ist. Bei den Präsentationen gibt die

Lehrperson mit dem Feedbackbogen (s. Anhang B) gemeinsam mit den andern SchülerInnen Feedback und fragt gegebenenfalls nach. Außerdem leitet sie von diesem Zeitpunkt an auch die Diskussionen. In der Zeit zwischen diesem und dem nächsten und damit letzten Modul füllt die Lehrperson die Kategorien in den Bewertungsbögen (s. Anhang B) für jeden Schüler/jede Schülerin aus. Mithilfe der Notizen, die sich die Lehrperson gemacht hat, sollen alle SchülerInnen in sechs Kategorien mit Begründung eine entsprechende Punkteanzahl erhalten. In der darauffolgenden Einheit erklärt die Lehrperson die Reflexions- und Feedbackblätter und gibt am Ende die Bewertungsbögen aus. An dieser Stelle ist Raum für Diskussionen über unterschiedliche Aspekte; diese werden von der Lehrperson geleitet.

2.3. Aufgaben der SchülerInnen

Bei diesem Unterrichtsentwurf werden sehr vielfältige Kompetenzen von den SchülerInnen erwartet, beziehungsweise fördert das Geschehen den Erwerb dieser. Je nach Schulstufe sind unterschiedlich komplexe Ergebnisse zu erwarten, jedoch müssen die SchülerInnen in jeder Schulstufe folgendes leisten: Zunächst muss im Internet eigenständig über Abwasserklärung und den Einfluss, den die Verbraucher haben, recherchiert werden. Mithilfe dieser Informationen werden Schwerpunkte festgelegt und die SchülerInnen entwickeln in der Gruppe Forschungsfragen und ein Forschungsdesign, mit dessen Hilfe sie ihre Forschungsfragen beantworten beziehungsweise ihre Hypothesen überprüfen können. Je nach gewähltem Forschungsdesign werden Fragebögen, teilweise online mit speziellen Programmen, oder auch Interviewleitfäden erstellt. Auch die Auswertung und eventuelle Hypothesen werden festgelegt. In der Klasse werden die Pläne den anderen Gruppen kurz mündlich vorgestellt. Die selbstständige Wahl der Zielgruppe und die Anweisungen zu den Fragebögen beziehungsweise die Interviews werden in eigener Verantwortung durchgeführt. Jede Gruppe wertet mit gelegentlicher Unterstützung durch die Lehrperson die erhaltenen Daten aus und muss zwischen Auswertung und Interpretation entscheiden können. Die Ergebnisse werden mithilfe einer Powerpoint-Präsentation im Plenum gezeigt. Jede Gruppe muss jeder anderen Gruppe Feedback geben und auch selbst Feedback verkraften – oder im besten Fall sogar für zukünftige Arbeiten nutzen – können. Bei einem Vergleich aller Ergebnisse wird gemeinsam die

beste Lösung für eine Informationskampagne gesucht. Am Ende schätzen die SchülerInnen einerseits ihre eigenen Leistungen ein und geben andererseits der Lehrperson Feedback über den Unterricht. Die ständige Arbeit im Team und die Eigenverantwortlichkeit verlangen gute Kommunikationsfähigkeiten untereinander und eine funktionierende Arbeitsteilung. Alle erwähnten Aufgaben sind in Tabelle 4 nochmals geordnet zusammengefasst.

Kategorie	**Tätigkeiten**
fachliches Wissen	• Abwasserklärung • Aufgaben der Nutzer
fachliche Fähigkeiten	• Recherche • Studiendesign entwickeln • Fragen erstellen • Hypothesen aufstellen • Daten auswerten
soziale Fähigkeiten	• Teamwork • Kommunikation • in Rollen hineinversetzen
organisatorische Fähigkeiten	• Studie planen • vorausschauend denken • Arbeitsteilung
kommunikative Fähigkeiten	• Präsentieren • Interviewen • Aufträge erteilen
Bewertungsfähigkeiten	• Feedback geben

	• sich selbst einschätzen
Mediale Fähigkeiten	• Internetnutzung • Textverarbeitungsprogramm • ev. Tabellenkalkulationsprogramm • MS Powerpoint • ev. Programm für Online-Umfragen

Tabelle 4: Zu erwerbende Kompetenzen Studie „Richtiger Umgang mit Abwasser“

2.4. Varianten

In unteren Schulstufen ist es teilweise notwendig, die Aufgaben etwas zu vereinfachen. Die Recherche kann entweder völlig selbstständig mithilfe des Internets stattfinden oder es werden Informationsmaterialien vorbereitet und ausgeteilt, aus denen die SchülerInnen ihre Informationen beziehen können; als Zwischenlösung kann eine Liste mit Internetlinks ausgegeben werden, die sich für die Recherche eignen. Entscheidet man sich für die zweite Variante, müssen auch die entsprechenden Konsequenzen, wie der Verlust der Selbstständigkeit bei der Wissenssuche und der Eigenständigkeit bei der Auswahl der Quellen in Kauf genommen werden. Der Vorteil ist jedoch, dass man davon ausgehen kann, dass alle SchülerInnen am Ende ähnliche Informationen haben und die Recherche weniger Zeit in Anspruch nimmt.

Mehr Freiheit kann geboten werden, indem man das Thema der Studie nicht vorgibt, sondern den SchülerInnen selbst überlässt. So müssen sie erst darüber nachdenken, was man Interessantes von anderen SchülerInnen zum Thema Abwasserklärung erfahren könnte. Dafür muss ein eigenes Modul eingeschoben werden und die Schülerinnen sollten bereits etwas geübter im selbstständigen Arbeiten sein. Ist ausreichend Zeit vorhanden, können die Schülerinnen so tatsächlich etwas herausfinden, das sie interessiert, mit den Methoden, die sie gewählt haben und Daten, die sie selbst gesammelt haben, tun, was sie für sinnvoll erachten. Diese Variante kann für SchülerInnen ab der Sekundarstufe II vorbereitet werden.

Durch die Einbindung von SchülerInnen anderer Klassen wird das Thema Abwasserklärung in der Schule bereits populärer und man kann die Gelegenheit nutzen, eine kleine Veranstaltung zum Beispiel zum Thema Wasser in Kooperation mit anderen Klassen zu organisieren. Bei dieser Gelegenheit haben die SchülerInnen die

Chance ihre Ergebnisse auch vor andern zu präsentieren und eventuell ihre Vorschläge, die zur besseren Information über Abwasserklärung bei Jugendlichen dienen, in die Tat umsetzen. Dadurch können die Präsentationen aus dem letzten Modul für eine konkrete Zielgruppe vorbereitet werden.

Es müssen nicht immer Jugendliche sein, die befragt werden. Weitet man das Projekt weiter aus, können auch andere Personen, wie die Eltern oder Bekannte befragt werden und so mehr Variablen wie Altersunterschiede et cetera berücksichtigt werden. Dies schließt allerdings die Arbeit der SchülerInnen außerhalb des Unterrichts ein, was eventuell problematisch sein könnte.

In jedem Fall möglich ist der Besuch einer Kläranlage oder die Einladung eines Fachmannes zu diesem Thema. So haben die SchülerInnen die Möglichkeit Wissen aus erster Hand von Experten zu erfahren. Besonders der Besuch des Klärwerks kann das übergeordnete Ziel der Unterrichtsplanung – ökologisch richtiges Handeln – unterstützen, wenn die SchülerInnen die Auswirkungen, die falsche Abwasserentsorgung hat, selbst sehen können.

2.5. Aspekte von forschendem Lernen

Der Unterrichtsentwurf befasst sich mit einer Art von wissenschaftlichem Arbeiten, nämlich mit quantitativer und qualitativer Inhaltsanalyse. Diese Forschungsmethoden werden in vielen unterschiedlichen – meist sozial- und bildungswissenschaftlichen Disziplinen verwendet und können auch von SchülerInnen nach einer kurzen Einleitung problemlos genutzt werden. Auch andere Aspekte entsprechen den Tätigkeiten von wissenschaftlichem beziehungsweise naturwissenschaftlichem Handeln. Gestützt auf die vier Grundpfeiler „problemorientiertes Lernen“, „selbstständiges Lernen“, „kooperatives Lernen“ und „Lernen im Bezug zum Alltag/zur Arbeitswelt“ (s. Abb. 1) und den Richtlinien von *mascil* entspricht die Unterrichtsplanung forschendem Lernen.

- Problemorientiertes Lernen: Ein aufgetretenes Problem – zu viele Menschen gehen verantwortungslos in Hinblick auf ihre Abwasserentsorgung vor – soll systematisch erforscht und gelöst werden. Dazu muss Wissen erworben werden, um das Problem erfassen zu können und danach auf das Problem

bezogen ein Plan entwickelt werden. Daraus sollen Ergebnisse erzielt werden, die Hinweise zu einer Lösung des Problems beinhalten. Durch die Freistellung der Methodik gibt es nicht eine richtige Lösung, sondern viele unterschiedliche Wege zu unterschiedlichen Ergebnissen, die verschiedene Teilbereiche des Themas beleuchten.

- Selbstständiges Lernen: Die SchülerInnen haben in dieser Unterrichtsplanung große Eigenverantwortung in allen Bereichen. Die Recherche wird selbstständig durchgeführt, die Themenschwerpunkte werden festgelegt, die Fragemethode wird entwickelt, die Zielgruppe wird gewählt, die entsprechenden Probanden selbst organisiert und befragt. Auch die Auswertung und die Präsentationen liegen in der Hand der SchülerInnen. Trotzdem steht die Lehrperson in allen Bereichen stets zur Verfügung, um Tipps zu geben, falls größere Schwierigkeiten auftauchen. Gezieltes Scaffolding ist immer zu beachten, um den SchülerInnen zu größtmöglicher Selbstständigkeit zu verhelfen.
- Kooperatives Lernen: Die SchülerInnen arbeiten immer in Gruppen zusammen. Das erfordert eine gute Kommunikation untereinander, weil alle Tätigkeiten entweder gemeinsam ausgeführt werden oder unter genauer Absprache aufgeteilt werden. Die SchülerInnen müssen Informationen von anderen Jugendlichen beschaffen, dazu ist wiederum die Kommunikation mit diesen notwendig und erfordert auch ein hohes Maß an Zusammenarbeit zwischen der Klasse und SchülerInnen anderer Schulstufen.
- Lernen im Bezug zum Alltag/zur Arbeitswelt: Abwasserentsorgung betrifft jede Person in unserer Gesellschaft, so auch die SchülerInnen. In der Rolle von MitarbeiterInnen eines ökologischen Forschungsinstituts müssen sie mit ihrem Wissen weitere Informationen mithilfe von anerkannten Methoden wie beispielsweise qualitativer Inhaltsanalyse von Interviews erarbeiten. Die Kooperation mit Probanden kann mit der Arbeit von WissenschaftlerInnen in der Arbeitswelt gleichgesetzt werden. Als Produkt wird die Präsentation der erhaltenen Ergebnisse verlangt, die wiederum zu weiteren Überlegungen anregen sollen.

3. 9.-12. Schulstufe: Planspiel „Hormone und Plastik in der Donau?“

Aufgrund der erhöhten Komplexität sind Planspiele am besten für die Sekundarstufe II geeignet. Planspiele werden je nach Literatur auch mit Rollen- oder Simulationsspielen gleichgesetzt und werden je nach Setting auch Entscheidungsspiele genannt. Sie haben ihren Weg aus der Militär- und Wirtschaftsausbildung über die Politikwissenschaft in den Schulunterricht gefunden und ermöglichen durch ihre Struktur, Situationen annähernd lebensecht durchzuspielen. Bei Planspielen werden verschiedene Interessensgruppen durch die Teilnehmer verkörpert, die sich Informationen bezüglich des Themas aneignen müssen, damit am Ende ein zu Anfangs gestellter Konflikt in einer Konferenz oder Ähnlichem gelöst wird. Wichtig ist, einerseits trotz des Spielcharakters eine gewisse Ernsthaftigkeit beizubehalten und andererseits stets den Modellcharakter eines Planspiels im Auge zu behalten (Massing, 2004; Peterßen, 2009).

3.1. Unterrichtsverlauf

Die geplante Durchführung für das Planspiel „Hormone und Plastik in der Donau?“ umfasst eine durchschnittliche Dauer von acht Unterrichtseinheiten mit je 50 Minuten. Später werden Hinweise zu möglichen Varianten gegeben, die sich auch auf die Dauer auswirken. Die 8 Schulstunden sind in vier Module gegliedert: Einführungsphase, Einarbeitungsphase, Entscheidungsphase und Nachbereitungsphase (s. Abb. 6).

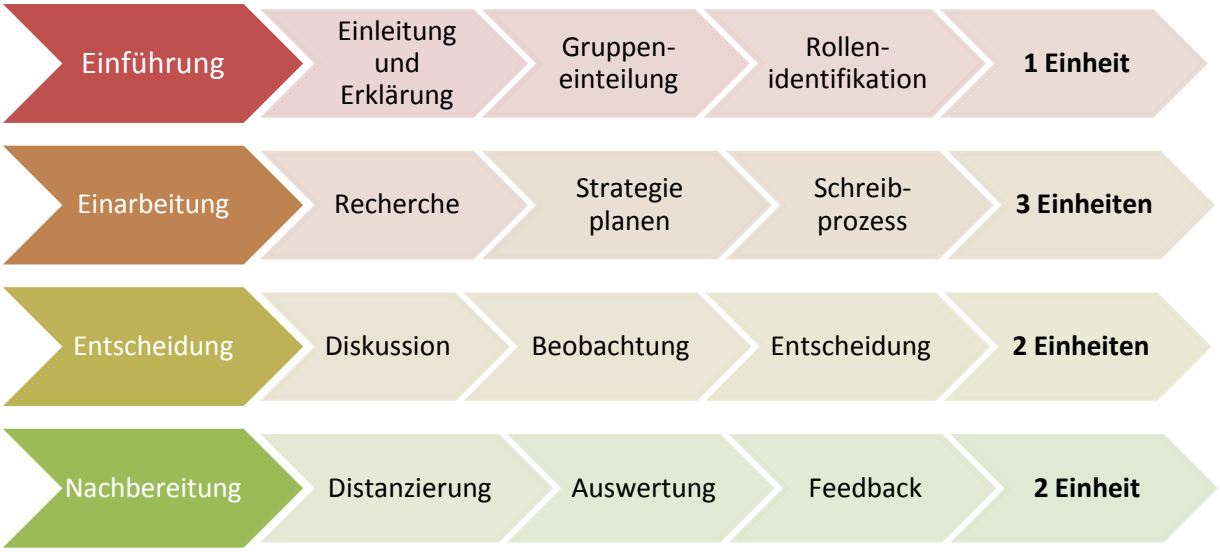


Abb. 6: Modulverlauf des Planspiels

Die Einführungsphase umfasst in etwa eine Unterrichtseinheit und dient dem Kennenlernen der Planspielmethode, dem Vertraut-Machen mit der Ausgangsituation des Problems – hier die Entscheidung darüber, ob die Hauptkläranlage eine zusätzliche Stufe der Reinigung des Abwassers braucht – und vor allem der Identifikation mit den zugeteilten Rollen. Je nachdem wie erfahren die Klasse mit Planspielen ist, kann diese Einführung kürzer oder länger dauern. Am Anfang werden auch die Kriterien zur Leistungsbeurteilung erklärt, damit die Dynamik des Spiels später nicht unterbrochen werden muss (s. Anhang C). Wenn die Problemsituation und die Bewertungskriterien klar sind, werden die unterschiedlichen Rollen vorgestellt und zugeteilt. Damit entstehen automatisch die Spiel- beziehungsweise Arbeitsgruppen. Geht man von einer großen Klasse mit 30 SchülerInnen aus, könnte die Aufteilung folgendermaßen aussehen, wobei die Klasse in zwei Gruppen geteilt wird, die parallel das gleiche Planspiel durchführen (s. Tabelle 5).

Rollen	Kurzbeschreibung	Anzahl
GemeinderätInnen Rote Partei	Die gewählten Vertreter der Roten Partei stehen für ein preiswertes und angenehmes Leben der BürgerInnen.	2
GemeinderätInnen Gelbe Partei	Die gewählten Vertreter der Gelben Partei stehen für wirtschaftlichen Aufschwung.	2
GemeinderätInnen Grüne Partei	Die gewählten Vertreter der Grünen Partei stehen für Nachhaltigkeit und Umweltschutz.	2
ÖkologInnen	beurteilen die Auswirkungen von Mikroschadstoffen auf die Umwelt.	2
FinanzberaterInnen	schätzen die Finanzlage der Stadt ein und kalkulieren die Einnahmen und Ausgaben.	2
BauingenieurInnen	wollen den Bauauftrag übernehmen und Arbeitsplätze schaffen.	2
JournalistInnen	berichten über die aktuelle Situation und versuchen ihren LeserInnen Hintergrundberichte zu liefern.	3

Tabelle 5: Aufteilung der Rollen pro Klassenhälfte

Dazu muss noch die Teilung der Klasse in die zwei gleichgroßen „Städte“ erfolgen. Danach haben die SchülerInnen Zeit sich in den Gruppen zusammenzufinden und die Problem-, Aufgaben- und Rollenbeschreibung in Ruhe durchzulesen (s. Anhang C), um sich in der neuen Situation zurechtzufinden. Um die SchülerInnen dabei zu unterstützen, können verschiedene Methoden angewendet werden. Als Beispiel

erhalten alle Mitglieder der Parteien eine rote/gelbe/grüne Krawatte und alle Mitglieder des Baukonzerns einen Schutzhelm et cetera. So verwandeln sich die SchülerInnen nicht nur innerlich, sondern auch äußerlich für alle deutlich sichtbar. Alle, die die gleiche Rolle bekommen haben, beantworten zusammen folgende Fragen „Wer bin ich?“, „Wo stehe ich in dem Konflikt?“, „Was ist meine Aufgabe im Konflikt?“, „Was ist mein Ziel in dem Konflikt?“ (s. Anhang C). Das ist besonders wichtig, damit die SchülerInnen vollständig in ihre Rolle schlüpfen können und das Ziel nicht aus den Augen verlieren. Am Ende wird in beiden Städten eine BürgermeisterInnenwahl abgehalten. Als KandidatInnen stehen die sechs Mitglieder der Parteien zur Verfügung, es sei denn jemand von diesen möchte nicht antreten. Wählen darf jede/r in der Stadt, in der er/sie lebt. Die Gewählten erhalten eine Zusatzkarte mit zusätzlichen Aufgaben (s. Anhang C) und eventuell auch eine zusätzliche äußerliche Kennzeichnung wie beispielsweise einen Zylinder.

Das nächste Modul dient der Recherche und dem Verfassen von geforderten Texten wie Gutachten oder Reportagen. Dazu werden drei Einheiten mit Zugriff auf PCs und Internet benötigt. Als Hilfestellung werden den SchülerInnen einige allgemeine Links zum Thema und als Hinweise beim Schreiben unterschiedlicher Textsorten zur Verfügung gestellt, die ihnen den Einstieg erleichtern sollen (s. Anhang C). In dieser Zeit ist es auch möglich, bereits Koalitionen untereinander zu schließen, vor allem aber müssen die SchülerInnen Strategien bezüglich ihres Vorgehens und ihrer Kompromissbereitschaft entwickeln. Am Ende dieses Moduls müssen alle Gruppen ihre Texte abgeben und alle Unterlagen, die sie für die Gemeinderatssitzung brauchen, fertiggestellt und ausgedruckt haben.

Nach diesen Einheiten folgt mit dem dritten Modul die entscheidende Phase. Dazu ist zwingend eine Doppelstunde notwendig, damit das Spiel und damit die Verhandlungen nicht unterbrochen werden, was zu einer Zerstörung der Dynamik führen würde. Diese Einheiten können wieder im normalen Klassenraum allerdings mit geänderter Sitzordnung stattfinden. Es werden zwei große Konferenztische – zusammengestellt aus einigen Schulbänken – sowie eine ausreichende Anzahl an Stühlen benötigt. Die beiden Gemeinderatssitzungen laufen parallel ab, was zu einer gewissen Lautstärke

führt. Diese muss bei eventuellen Nachbarklassen berücksichtigt werden. Alle TeilnehmerInnen bringen ihre Argumente vor und diskutieren bis in der Debatte eine Entscheidung gefällt wird. Wurde bis fünfzehn Minuten vor Ende der zweiten Einheit noch kein Ergebnis erzielt, erinnert die Lehrperson die jeweiligen BürgermeisterInnen an ein baldiges Ende, denn Vertagungen der Entscheidung sind nicht möglich. Kann kein einstimmiges Ergebnis erzielt werden, muss eine Abstimmung erfolgen, die bei der ungeraden Personenzahl – beispielsweise 15 – eine Entscheidung bringt, ansonsten zählt die Stimme des/der BürgermeisterIn doppelt. Die BürgermeisterInnen haben neben der Teilnahme bei der Sitzung auch die Aufgabe diese zu leiten.

Das letzte Modul dient der Verarbeitung und Reflexion des Planspiels. Diese Phase ist für den Transfer vom in der Spielsituation Erarbeiteten zu Kompetenzen, auf die bewusst zugegriffen werden kann, wichtig und ist für den Erfolg unumgänglich. Um erfolgreich über den Verlauf der Debatten diskutieren zu können, müssen die SchülerInnen wieder aktiv aus ihren Rollen aussteigen. Dazu ist besonders die erste Stufe der sogenannten Debriefing-Phase hilfreich. Sie findet nach Kriz und Nöbauer (2003) in sechs Stufen statt und kann unterschiedlich gestaltet werden. Im „Teamorientierten Debriefing“ (Kriz & Nöbauer, 2003, S. 10) reflektieren die SchülerInnen in Kleingruppen ihre Erlebnisse und Empfindungen. Entweder bleiben die Spielgruppen unter sich oder sie werden bunt gemischt. Folgende Themenpunkte werden in den Gruppen besprochen: Emotionen, Geschehnisse, Lernerfolge, Realitätsnähe, Alternativen, Konsequenzen. In der ersten Phase werden alle persönlichen Gefühle angesprochen, um mögliche Spannungen zwischen den TeilnehmerInnen abzubauen (Kriz & Nöbauer, 2003). Dabei sind auch wieder die Hilfsmittel wie Krawatte oder Bauhelm sinnvoll. Diese können aktiv ausgezogen beziehungsweise abgesetzt werden, um zu zeigen: „Ich bin jetzt wieder ich. Bei der Diskussion habe ich eine Rolle gespielt. Ich habe für jemand anderen gesprochen.“ Jede/r soll an dieser Stelle die Möglichkeit bekommen, seine Eindrücke und Gefühle zu schildern. Durch die zwei parallel verlaufenden Sitzungen liegen entweder verschiedene oder auch gleiche Entscheidungen vor; der Weg dazu ist in jedem Fall unterschiedlich. Dies kann unter dem Punkt Alternativen besprochen werden.

Konkrete Vorschläge für Fragen zu den sechs Stufen sind in Anhang C zu finden; als siebter Punkt wird auch ein Feedback des Unterrichts eingefügt, das der Lehrperson zur Verbesserung der Methode dienen soll und auch den SchülerInnen die Chance gibt, ihren positiven oder negativen Erfahrungen mit dieser Methode Ausdruck zu geben. Nach der Gruppenphase kann im Plenum eine gemeinsame Gesprächsrunde von der Lehrperson moderiert werden, wobei hier auch die abgegebenen Texte als Impulse aufgeführt werden können.

Am Ende dürfen sich die SchülerInnen selbst mit Punkten bewerten und mit der Bewertung der Lehrperson vergleichen. Bei großen Diskrepanzen ist ein Gespräch notwendig, in dem diese besprochen werden. Durch die Selbstbewertung gewinnt die Beurteilung an Transparenz und die SchülerInnen müssen sich selbst über ihre Leistungen Gedanken machen.

3.2. Aufgaben der Lehrperson und Beurteilung

Als Lehrende/r hat man im ersten Modul die Aufgabe, den SchülerInnen Planspiele näher zu bringen und die Problemsituation zu schildern. Bei komplexen Spielen wie diesem ist es außerdem nicht ratsam, die Gruppenzusammensetzung dem Zufall zu überlassen, da sonst von Anfang an ein Ungleichgewicht entstehen könnte. Wenn der/die Lehrende die Klasse gut kennt, können solche Unregelmäßigkeiten mit einer guten Besetzung der Rollen vermieden und Stärken der einzelnen hervorgehoben werden. Die Lehrperson hat außerdem die Aufgaben, den SchülerInnen beim Identifizieren mit den Rollen behilflich zu sein. Dazu muss eine angenehme Atmosphäre in der Klasse herrschen, wo sich SchülerInnen trauen, etwas vorzuspielen. Hilfsmittel wie Hüte oder andere Accessoires helfen zusätzlich, um mit dem Äußeren das Innere zu verwandeln.

Bei der Einarbeitung ist ein Raum mit PCs und Internetzugang notwendig. In dieser Phase ist die Lehrperson in erster Linie als BeobachterIn tätig. Wird sie von einer Gruppe zu Rate gezogen, kann sie ihnen mit gezielten Fragen helfen, in die richtige Richtung zu gehen. In diesem Stadium erhält die Lehrperson Einblick in die unterschiedlichen Vorgehensweisen der SchülerInnen und kann dies für die Zukunft nutzen. In der Entscheidungsphase nimmt sie ebenfalls keine leitende oder

moderierende Rolle ein, da dies von den gewählten BürgermeisterInnen erledigt wird. Nur in Notfällen kann der/die Lehrende eingreifen.

Im letzten Modul teilt die Lehrperson die SchülerInnen in die Gruppen für die Debriefing-Phase ein und moderiert im Anschluss die Reflexion im Plenum.

Der/die Lehrende ist auch für die Beurteilung der Leistungen verantwortlich. Dafür wird jedoch nicht der Erfolg in der Diskussion gewertet, sondern die aktive Mitarbeit und die Qualität der verfassten Texte. Da gute Mitarbeit sehr subjektiv sein kann, empfiehlt es sich als Lehrende/r entsprechende Notizen zu machen. Eine Möglichkeit zur fairen Bewertung ist ein Punktesystem, bei dem Mitarbeit und Texte jeweils mit zwölf Punkten zu bewerten sind. Die Kategorien in der Mitarbeit sind gute Teamarbeit (0-3P), sachgemäße Internetnutzung (0-3P), aktive Teilnahme an der Sitzung beim Diskutieren (0-3P) und aktive Teilnahme bei der Schlussreflexion (0-3P). Die Texte werden nach fachlichem Inhalt (0-5P), Schreibstil der Textsorte entsprechend (0-5P) und der äußeren Form (0-2P) beurteilt. Die Kriterien sollen den SchülerInnen von Anfang an klar sein. Dies ermöglicht auch, dass sich die SchülerInnen am Ende selbst beurteilen können. Die Punkte werden mit den Vorstellungen der Lehrperson abgeglichen und bei gröberen Uneinigkeiten in einem Gespräch außerhalb des Unterrichts besprochen. Dadurch entsteht eine Transparenz in der Beurteilung und die Notengebung gewinnt mehr Verbindung zum Gegenstand.

3.3. Aufgaben der SchülerInnen

Die SchülerInnen haben bei diesem Planspiel Aufgaben in unterschiedlichen Bereichen. Zuerst müssen sich die SchülerInnen mit der zugewiesenen Rolle identifizieren. Am Anfang steht das zu erwerbende Fachwissen über die Funktionsweise von Kläranlagen allgemein und der Hauptkläranlage der Bundeshauptstadt im Besonderen. Darüber hinaus muss Wissen über die Möglichkeiten zusätzlicher Reinigungsschritte und die damit verbundenen Vor- und Nachteile erworben werden. Dazu ist selbstständiges Recherchieren im Internet notwendig, was vielerlei Kompetenzen erfordert: Umgang mit neuen Medien, wichtige Informationen herausfiltern, Informationen vergleichen, fachspezifische authentische Texte lesen. Dieses Wissen muss nicht nur rein wissenschaftlich, sondern auch gesellschaftlich betrachtet werden. Darüber hinaus ist

es in der kurzen Zeit nicht möglich, dass jeder für sich arbeitet. Aus diesem Grund sind einerseits die Kooperation im nicht selbstgewählten Team und andererseits die sinnvolle Arbeitsteilung untereinander notwendig, was ein erhöhtes Maß an Kommunikation verlangt. Das Schreiben von fachlichen Texten wie Gutachten erfordert zusätzlich sprachliche und fachliche Kompetenzen. Schon zu Beginn muss geplant werden, wie weiter vorgegangen wird. In der Sitzung muss das erworbene Wissen weiter verarbeitet werden, um sachlich diskutieren und verhandeln zu können. Auch Kompromissbereitschaft und das faire Anhören von Argumenten anderer gehören dazu. Alle Vorgänge zusammen werden zum Schluss von den SchülerInnen reflektiert, dabei ist es genauso notwendig sich erst in die Rolle eines Berufs hineinzufinden, dann aus dieser auch wieder herauszukommen und objektiv urteilen zu können. Auch die Distanz zwischen realer Arbeitswelt und simulierter Arbeitswelt muss erkannt werden. In Tabelle 6 sind nochmals alle notwendigen beziehungsweise zu erwerbenden Kompetenzen geordnet zusammengefasst.

Kategorie	Tätigkeiten
fachliches Wissen	• Informationen über Kläranlagen und weiterführende Klärungen, • Auswirkungen auf die Umwelt; • Vor- und Nachteile der Methoden
fachliche Fähigkeiten	• recherchieren: Informationen suchen, vergleichen, bewerten • fachbezogene authentische Texte lesen und verstehen • fachliche Texte verfassen
soziale Fähigkeiten	• Teamarbeit • Kommunikation • sich mit Berufsrolle identifizieren und differenzieren
organisatorische Fähigkeiten	• planen • Strategie entwickeln • vorausschauend denken • Arbeitsteilung
kommunikative Fähigkeiten	• diskutieren, argumentieren • Kompromissbereitschaft

	• zuhören
Bewertungsfähigkeiten	• differenzieren • reflektieren
mediale Fähigkeiten	• Internetnutzung • Textverarbeitungsprogramm

Tabelle 6: Zu erwerbende Kompetenzen beim Planspiel

3.4. Varianten

Die oben beschriebene Musterplanung kann bei Bedarf verändert werden. So können beispielsweise die Rollen erweitert werden. Rollen wie beispielsweise BürgervertreterInnen, UnternehmensvertreterInnen von Pharmafirmen oder VertreterInnen konventioneller Landwirte sind Möglichkeiten für zusätzliche oder ersetzende Rollen. Bei kleineren Klassen kann auf die Teilung verzichtet werden und stattdessen eine große Gemeinderatssitzung abgehalten werden.

Wenn mehr als acht Stunden zur Verfügung stehen, kann das Spiel ausgebaut werden und mehr Zeit in eine Kommunikationsphase zum Gründen von Koalitionen und planen von Strategien zwischen den unterschiedlichen Gruppen investiert werden, was zu einer anderen Dynamik während der Sitzung führt. Auch die Kombination mit einer Exkursion in das Klärwerk wäre denkbar. Die SchülerInnen hätten so die Möglichkeit mit Fachleuten zu sprechen und Informationen aus erster Hand zu erhalten. Generell ist die Einbeziehung von Experten aus verschiedenen Sparten sinnvoll, um den SchülerInnen authentisches Wissen aus erster Hand durch Vorträge oder Interviews zu bieten. Eine Verkürzung ist lediglich in der Einarbeitungsphase notwendig, was voraussetzt, dass sich die SchülerInnen schon im Voraus mit Kläranlagen beschäftigt haben und daher weniger Zeit zur Recherche benötigen.

Bei der Bewertung können auch andere Variablen eingeführt oder andere Gewichtungen festgelegt werden.

3.5. Aspekte von forschendem Lernen

Planspiele der beschriebenen Art sind eine andere Form forschendes Lernen in den Unterricht zu integrieren. Es werden keine Untersuchungen im klassischen Sinn durchgeführt und trotzdem entspricht die vorgelegte Unterrichtsplanung allen

festgelegten Kriterien von forschendem Lernen. Die vier Grundpfeiler von forschendem Lernen in Verbindung mit den Forderungen von *mascil* kombiniert zeigen an diesem Beispiel die Möglichkeiten von Planspielen.

- Problemorientiertes Lernen: Das gesamte Planspiel ist auf das Fällen einer Entscheidung beziehungsweise auf das Lösen eines Problems aufgebaut. Die SchülerInnen entscheiden, wie genau sie an das Problem herangehen und welche Strategie sie beim Klären der Situation anwenden. Da es keine „richtige“ Lösung gibt, führt nicht nur ein Weg an das Ziel. Es liegt rein an den SchülerInnen, zu welchem Ergebnis sie kommen, da sowohl die Entscheidung für als auch gegen eine Klärung vierter Stufe sinnvoll ist, solange sie entsprechend begründet ist.
- Selbständiges Lernen: Durch die völlige Freiheit bei der Arbeitsteilung, der Planung und der Durchführung der Recherche, die lediglich mit einigen Internetlinks zum Einstieg motiviert, wird von den SchülerInnen ein erhöhtes Maß an Selbständigkeit verlangt. Obwohl die Recherche hauptsächlich auf das Internet ausgelegt ist, steht es den SchülerInnen auch frei, andere Methoden zu wählen und ihre Recherche mithilfe von Telefonaten oder E-Mail-Verkehr in eine andere Richtung zu lenken.
- Kooperatives Lernen: Da die Zeit immer knapp berechnet ist, ist eine genaue Planung und damit auch Kommunikation und Kooperation gefragt. Ein Team, das sich nicht oder ungenügend abspricht, wird keine gute Leistung erbringen können und bei der Sitzung wenig Erfolg haben. Durch die Gruppeneinteilung der Lehrperson muss auch mit Personen zusammengearbeitet werden, mit denen man sonst weniger Kontakt hat. Durch die gemischten Gruppen in der Debriefing-Phase werden wieder neue Konstellationen zusammengeführt, die untereinander kommunizieren und kooperieren müssen.
- Lernen im Bezug zum Alltag/zur Arbeitswelt: Abwasserklärung ist ein Thema, das sowohl die SchülerInnen selbst betrifft und auch in direkter Verbindung mit der Arbeitswelt steht. Da die SchülerInnen in konkrete Berufsrollen schlüpfen müssen, bekommen sie einen neuen Blick auf das Thema, was auch das Interesse an einem ansonsten wenig beachteten Gebiet verstärken kann.

Neben der Sitzung in der Entscheidungsphase, haben alle Gruppen den Auftrag, einen Text zu schreiben, der typisch für die Berufsgruppe ist. Das verstärkt zusätzlich die Authentizität der Situation.

Diskussion und Ausblick

Forschendes Lernen – und auch alle anderen genannten und nicht genannten ähnlichen Begriffe – werden immer wieder neu definiert und durch Übersetzungen verändert. Capps und Crawford (2013) gehen soweit zu sagen, dass es genauso viele verschiedenen Vorstellungen über *„inquiry-based instruction"* gibt, wie es Personen gibt, die sich damit beschäftigen, was forschendes Lernen ist.

In dieser Diplomarbeit wurde versucht, einen Begriff zu definieren, der verschiedene Ansätze berücksichtigt und die Vorgangsweise im Unterricht detaillierter beschreibt. Die drei erarbeiteten Unterrichtsplanungen haben den Zweck als Basis von Lehrmaterial für den Biologieunterricht zu dienen, der sich langsam auf forschendes Lernen einstellt und Problemaufgaben in den Vordergrund stellt. Jedes dieser Unterrichtskonzepte geht von einem vorhandenem Problem zum Thema „Abwasserklärung" aus, das in unterschiedliche Richtungen zielt und durch den Einsatz in verschiedenen Bereichen sowohl fachliche als auch außerfachliche Kompetenzen von den SchülerInnen verlangt und dadurch auch für den weiteren Verlauf fördert. Die ganze Arbeit wird von der hier festgelegten Definition geleitet, die sich unter Einbezug der Aussagen von Harlen (2010) und Wildt (2011) auf die vier Teilbereiche von Hof und Mayer (2008) stützt: problemorientiertes Lernen, selbstständiges Lernen, kooperatives Lernen und Lernen im Bezug zum Alltag/zur Arbeitswelt. Die erstellten Unterrichtsmaterialien legen alle einen Schwerpunkt auf die Problemorientiertheit. Diese sollen den Einstieg in diese Art des Lernens erleichtern, um daran angeschlossen forschenden Unterricht mit stärkerer Betonung auf naturwissenschaftlich-forschende Prozesse legen zu können.

Ob die Unterrichtsmaterialien forschendem Lernen zugeordnet werden können oder diese in eine andere Richtung gehen, wie dem rein problemorientierten Lernen nach Reusser (2005), ist in diesem Kontext nicht relevant. Ziel ist es, den Übergang von traditionellem Unterricht hin zu einem Unterricht zu ermöglichen, der die Merkmale von Scientific Literacy unterstützt.

Nach Gräber und Nentwig (2002) herrscht größtenteils Konsens darüber, dass „‚Scientific Literacy' als Bildungsziel naturwissenschaftlichen Unterrichts" gilt (Gräber &

Nentwig, 2002, S. 7). In Hinblick auf DeBoers (2002) Kriterien können folgende Parallelen zu den Unterrichtsplanungen zur Abwasserklärung gezogen werden:

Abwasserklärung wird stets auf einen naturwissenschaftlich-technischen Ursprung und die entsprechende Bearbeitungsnotwendigkeit zurückgeführt, was gleichzeitig die Verbindung mit der Arbeitswelt herstellt. Wie mehrmals herausgestrichen ist Abwasserklärung ein in unserer Gesellschaft alle Menschen betreffendes Thema, das jede/n SchülerIn täglich etwas angeht. Durch die ständige Betonung der gesellschaftlichen Relevanz einer funktionierenden Abwasserklärung und der Aufforderung diese in die Überlegungen miteinzubeziehen, werden die SchülerInnen dazu angehalten, Wissen als Basis für Entscheidungen einzusetzen und selbst Alltägliches naturwissenschaftlich zu betrachten. Der in den Unterrichtsplanungen immer geforderte Umgang mit authentischen Texten auch im Internet fordert die SchülerInnen dazu auf, sich selbst über aktuelle und bestehende naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu informieren und diesen offen und wohlwollend gegenüberzustehen. Auch die technische Komponente von Wissenschaft wird neben den biologisch-chemisch-physikalischen Elementen immer wieder in den Vordergrund gerückt (Gräber & Nentwig, 2002; Doorman, Fechner, Jonker, & Wijers, 2014).

Das Verständnis von Nature of Science als besonders wichtiger Punkt von Scientific Literacy kommt ebenfalls in allen drei Planungen zur notwendigen Geltung. Untergliedert wurde Nature of Science nach Lederman (2002) und McComas, Clough und Almazroa (2002) in 10 Kategorien, die in den Unterrichtsvorschlägen folgendermaßen berücksichtigt wurden und die die SchülerInnen unterstützen sollen, ihr Verständnis von NOS zu verbessern. Durch die unterschiedlichen Ansätze der Unterrichtsmaterialien, die alle nicht auf klassischen Experimenten mit vorher aufgestellten Hypothesen beruhen, wird der Prozess der Erkenntnisfindung, wie er bei Wildt (2011) beschrieben wird, verändert. Trotzdem werden beispielsweise bei der Studie „Richtiger Umgang mit Abwasser“ Vermutungen aufgestellt und mit bereits vorhandenem Wissen abgeglichen. Beim Wettbewerb „Modell-Kläranlage“ werden Ideen diskutiert und mit erworbenem Wissen kombiniert, bis eine mögliche Vorgehensweise gefunden wird, die im Anschluss getestet und gegebenenfalls auch

revidiert wird. Dazu ist die Kreativität der SchülerInnen gefragt und die Berücksichtigung der gestellten sozialen oder gesellschaftlichen Anforderungen. Die Gesellschaft und ihr Einfluss wird besonders beim Planspiel „Hormone und Plastik in der Donau“ in den Mittelpunkt gestellt. Bei jedem der drei Unterrichtsentwürfe ist eine Veröffentlichung im kleinen Rahmen vorgesehen, sodass alle MitschülerInnen die Möglichkeit haben, von den Erkenntnissen der anderen SchülerInnen zu profitieren und sie möglicherweise auch auf nicht bedachte Aspekte hinweisen zu können. Wie bereits oben erwähnt, ist der Technikzusammenhang stets gegeben und wird bei der Modell-Kläranlage sogar in den Mittelpunkt gerückt.

Mascil hat sich zur Unterstützung der naturwissenschaftlichen Bildungsziele die Verbindung von forschendem Lernen mit einem naturwissenschaftlich-, mathematisch- oder technischorientierten Berufsfeld als Ziel gesetzt (mascil, aut, 2015). Aufgrund der Themenauswahl der vorgestellten Unterrichtsmaterialien wurden nicht immer rein naturwissenschaftliche Arbeitsfelder wie Biologie oder Chemie ausgewählt, sondern solche, die zwar in einiger Entfernung von naturwissenschaftlichen Belangen stehen, sich jedoch trotzdem damit beschäftigen müssen. Dadurch ist es den SchülerInnen möglich, dass sie einen noch umfangreicheren Einblick in die Verbindung von Naturwissenschaften und Arbeitswelt bekommen. Für die Materialien ausgewählte Berufe sind einerseits PolitikerInnen oder JournalistInnen, die sich gesellschaftlich mit dem Thema der Abwasserklärung beschäftigen und andererseits auch Berufe, die sich besonders der Technik widmen, wie es beim Wettbewerb „Modell-Kläranlage“ der Fall ist. Auch das Planspiel „Hormone und Plastik in der Donau?“, bei dem die SchülerInnen die Rolle von MitarbeiterInnen eines Forschungsinstituts einnehmen, geht einen neuen Weg, der jedoch einen starken naturwissenschaftlichen Schwerpunkt hat. Zusätzlich werden die Lernenden hier mit den Methoden der qualitativen und quantitativen Inhaltsanalyse vertraut gemacht.

Die anfangs festgelegten Säulen von forschendem Lernen – Problemorientiertheit, Selbstständigkeit, Kooperation, Bezug zum Alltag/zur Arbeitswelt – wurden in allen drei Unterrichtsplanungen berücksichtigt. Die Betonung des Problems und der direkte Bezug zur eigenen Lebenswelt und den Berufen ermöglichen ein erhöhtes Interesse

der SchülerInnen, wodurch selbstständiges und kooperatives Arbeiten erleichtert wird. Diese Motivation, die besonders durch das Schlüpfen in andere Rollen verstärkt wird, erlaubt den SchülerInnen mit voller Tatkraft an die Arbeit zu gehen und beste Ergebnisse ohne Zwang zu erzielen. Man darf trotz alledem nicht vergessen, dass es auch auf das tägliche Befinden und persönliche Umstände der SchülerInnen ankommt, ob diese gebotenen Motivierungsanstöße auch angenommen werden. Aus diesem Grund gibt es immer auch Lernende, die das Lernangebot trotz aller Mühe nicht annehmen können. Dies muss als Lehrperson akzeptiert werden.

Die vorgestellten Leistungsfeststellungsmethoden nach Harlen (2010) wurden möglichst in die Unterrichtskonzepte eingefügt. Formative Leistungsfeststellung ist meist weniger deutlich zu sehen, ist jedoch stets durch die Beobachtung, die Befragung und das Feedback der Lehrperson vorhanden. So können Lehrende optimal auf die Leistungen der SchülerInnen reagieren und für die nächste Phase oder die nächste Unterrichtsplanung neue Erkenntnisse einschließen und so die SchülerInnen bestmöglich unterstützten, wodurch diese durch effektive Arbeit beste Erfolge erzielen können. Die Forschungsergebnisse von Hof und Mayer (2009) sowie von Blanchard, Southerland, Osborne, Sampson und Annetta (2010) zeigen, dass geleitetes forschendes Lernen die effektivste Variante ist, was in den Unterrichtsplanungen berücksichtigt wurde und mit gezieltem *scaffolding* unterstützt wird, auch um den verschiedenen Leistungsniveaus der SchülerInnen gerecht werden zu können.

Summative Leistungsfeststellung ist in der Schule notwendig (Harlen, 2013) und darum wurde auch hier nicht darauf verzichtet. Die Kriterien der Lernziele, die bewertet werden, sollten von Anfang an klar gemacht werden, jedoch darf danach die Illusion der SchülerInnen in ihren Rollen nicht mehr gestört werden, bis die letzte Phase der Nachbereitung erreicht wurde. Dies gilt vor allem für das Planspiel „Hormone und Plastik in der Donau?“, weil hier eine besonders intensive Identifikation stattfinden kann. In allen Planungen spielt Peer- und noch mehr Selbstbewertung eine wichtige Rolle. Die Lernenden sollen dadurch einerseits lernen, sich selbst einschätzen zu können und andererseits entsteht dadurch die dringend notwendige Transparenz der Beurteilung (Harlen, 2013).

Die Unterrichtsvorschläge erstrecken sich alle in etwa über einen Zeitraum von acht Unterrichtseinheiten zu je 50 Minuten. Das entspricht in einem üblichen Stundenplan etwa vier Wochen. Da Zeit in fast allen Schulen rar ist, neigt man zuerst dazu, die Planungen abzukürzen und sich nur die Teile herauszupicken, die offensichtlich Ergebnisse bringen, wie im Modell-Konzept der Bau des Klärwerks oder beim Planspiel die Entscheidungsphase. Eine gründliche Vorbereitung und besonders die Nachbereitung fallen häufig der Zeit zum Opfer, was fatale Folgen haben kann, wenn Inhalte leer im Raum hängen bleiben und nicht gemeinsam besprochen werden. Wenn Änderungen vorgenommen werden – was durchaus möglich und teilweise auch sinnvoll ist – so muss immer beachtet werden, dass der Charakter der Lerneinheiten nicht verändert wird und die Kriterien von forschendem Lernen beibehalten werden.

Die vorgelegten Unterrichtsplanungen wurden gemäß der erwähnten Forschungen und Richtlinien erarbeitet. Trotz aller Sorgfalt sind sie nur theoretisch erarbeitete Vorschläge, die einer umfassenden Testung im realen Schulalltag bedürfen, wodurch Schwierigkeiten und Stolpersteine, die momentan noch nicht bedacht wurden, offengelegt werden und durch eine Überarbeitung der Materialien ausgemerzt werden können. Das systematische Ausprobieren und Optimieren der Unterrichtsplanungen hätte den Rahmen dieser Diplomarbeit gesprengt, sollte aber zukünftig unbedingt nachgeholt werden. Eine ständige Aktualisierung und Verbesserung von Lehrunterlagen ist ein Muss für erfolgreiches Unterrichten.

Literaturverzeichnis

Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. (2008). Introduction. Inquiry in the classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Hrsg.), *Inquiry in the Classroom. Realities and Opportunities* (S. 11-42). Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing.

Anderson, R. (2002). Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry. *Journal of Science Teacher Education , 13* (1), S. 1-12.

Aust, E. (2006). *Abwasserbehandlung*. Abgerufen am 24. 10. 2015 von Hochschule Augsburg: http://www.hs-augsburg.de/architektur_bau/bauingenieurwesen/studienfaecher_bau/siwawi/wordpress/wp-content/uploads/2006/11/stickstoffbehandlung.pdf

Bauer, V. (2015). *Abwasserreinigung und Klärschlamm. Neue Erkenntnisse aus Forschung und Praxis: Mikroplastik in Kläranlagen.* Abgerufen am 26. 10. 2015 von Born und Ermel: http://www.awi.de/fileadmin/user_upload/News/Press_Releases/2014/4_Quartal/Mikroplastik_Klaeranlagen/Abschlussbericht_Mikroplastik_in_Klaeranlagen.pdf

Bertling, R. (2015). *Vierte Reinigungsstufe: Stand und Ausblick*. Abgerufen am 26. 10. 2015 von Initiative Mikroplastik: http://www.initiative-mikroplastik.de/index.php/themen/4-reinigungsstufe

Biebersdorf, N., & Kaub, J. M. (2013). *Kläranlage Ochtrupp. 4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen.* Abgerufen am 25. 10. 2015 von Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: http://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_mmkresearchprojects/Studie_4_Stufe_Ochtrup_Anlagen.pdf

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice , 5* (1), S. 7-47.

Blanchard, M., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., & Annetta, L. A. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability? A Quantitave Comparison of the Relative Effectivness of Guided Inquiry an Verification Laboratory Instruction. *Science Education , 94* (4), S. 577-616.

BMBF. (2004). *Lehrplan der AHS-Oberstufe für Biologie und Umweltkunde.* Abgerufen am 19. 9. 2015 von Bundesministerium für Bildung und Frauen: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_ahs_oberstufe.html

BMBF. (2000). *Lehrplan der AHS-Unterstufe für Biologie und Umweltkunde.* Abgerufen am 19. 9. 2015 von Bundesministerium für Bildung und Frauen: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_ahs_unterstufe.html

BMBWK. (2004). *Verordnung über die Lehrpläne der allgemein bildenden höheren Schulen.* Abgerufen am 19. 9. 2015 von Bundesministerium für Bildung und Frauen: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_ahs_unterstufe.html

Bogner, F., Schmid, S., & Dieser, O. (2013). *Pathway. Der Weg zu forschend-entdeckendem Lernen und Lehren im MINT Bereich.* Ort und Verlag unbekannt.

Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. Gräbner, P. Nentwig, T. Kobolla, & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21-43). Opladen: Leske + Budrich.

Capps, D., & Crawford, B. (2013). Inquiry-Based Instruction and Teaching about Nature of Science: Are They Happening? *Journal of Science Teacher Education , 24* (3), S. 497-526.

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistologically Authentic Inquiry in Schoosl: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education , 86*, S. 175-218.

Colburn, A. (2000b). An inquiry primer. *Science Scope , 23* (6), S. 42-44.

Colburn, A. (2000a). What teacher educators need to know about inquiry-based instruction. *Annual Meeting of the Assocciation for the Education of Teachers in Science.* Akron.

Crawford, B. (2007). Learning to Teach Science as Inquiry in the Rough and Tumble of Practice. *Journal of Research in Science Teaching , 44* (4), S. 613-643.

DeBoer, G. (2000). Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings. *Journal of Research in Science Teaching , 36* (6), S. 582-601.

Doorman, M., Fechner, S., Jonker, V., & Wijers, M. (2014). *Richtlinien für Lehrkräfte zur Entwicklung von Unterrichtsmaterial für das forschende Lernen in den Naturwissenschaften und der Mathematik mit Bezug zum Arbeitsleben.* Abgerufen am 22. 10. 2015 von mascil. Mathematics and Science for Life: http://mascil.ph-freiburg.de/projekt/dokumente

EBS Wien. (2015). *ebswien hauptkläranlage Ges.m.b.H*. Abgerufen am 23. 10. 2015 von https://www.ebswien.at/hauptklaeranlage/start/

Evans, R., & Koballa, T. (2002). Umsetzung der Theorie in die Praxis. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 121-133). Opladen: Leske + Budrich.

Fleige, J., Seegers, A., Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (Hrsg.). (2012). *Modellkompetenz im Biologieunterricht 7-10, Phänomene begreifbar machen - in 11 komplett ausgearbeiteten Unterrichtseinheiten. Mit Kopiervorlagen.* Donauwörth: Auer Verlag.

Furtak, E. M. (17. 2. 2006). *The Problem with Answers: An Exploration of Guided Scientific Inquiry Teaching.* Abgerufen am 10. 10. 2015 von Wiley Interscience: www.interscience.wiley.com

Gräber, W., & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy. Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 7-20). Opladen: Leske + Budrich.

Gräber, W., & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy. Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In T. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Hrsg.),

Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zu Allgmeinen Bildung (S. 7-20). Opladen: Leske + Budrich.

Grafendorfer, A. (2009). Kompetenzprofil Naturwissenschaft. In C. Schreiner, & U. Schwantner (Hrsg.), *PISA 2006: Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt.* Graz: Leykam.

Harlen, W. (2013). *Assessments and Inquiry-Based Science Education. Issues in Policy and Practise.* Triest: Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).

Harlen, W. (2003). *Enhancing inquiry through formative assessment.* (J. Brand, & R. Brown, Hrsg.) San Francisco: Exploratorium.

Harlen, W. (2010). Taking Inquiry-Based Science Education into Secondary Education. *Reports of the IAP Science Education Program.* York.

Hmelo-Silver, C., Duncan, R. G., & Chinn, C. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist , 42* (2), S. 99-107.

Hof, S., & Mayer, J. (2009). *Development of Inquiry Skills in Middle School (Grade 7): Analysing the Effectivnes of diffrent types of Instruction.* Garden Groove: Proceedings of the NARST 2009 Annual Meeting.

Hof, S., & Mayer, J. (2008). Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen durch forschendes Lernen. Ein vergleich zwischen direkter Instruktion und Guided-Scientific-Inquiry. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik , 7*, S. 69-84.

Huber, L. (2009). Warum Forschendes Lernen möglich und nötig ist. In L. Huber, J. Hellmer, & F. Schneider (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Studium* (S. 9-35). Bielefeld: Universitätsverlag Webler.

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of Failure of Constructivist, Discovery,

Problem-Based, Experimential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist , 41* (2), S. 75-86.

Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalcence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science , 15*, S. 661-667.

Krämer, P., Nessler, S., & Schlüter, K. (2012). Probleme und Schwierigkeiten Lehramtsstudierender mit der Methode des Forschenden Lernens. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik , 11*, S. 21-35.

Kremer, K., Urhahne, D., & Mayer, J. (2007). Das Verständnis Jugendlicher von der Natur der Naturwissenschaften. Wege der Kompetenzförderung und Kompetenzdiagnostik. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (6), S. 37-52.

Kriz, W. C., & Nöbauer, B. (2003). *Den Lernerfolg mit Debriefing von Planspielen sichern.* Abgerufen am 16. 11. 2015 von Bundesinstitut für Berufsbildung: http://www.bibb.de/dokumente/pdf/1_08a.pdf

Lederman, N. (1999). Teachers' Understanding of the Nature of Science and Classroom Practice: Factors That Facilitate or Impede the Relationship. *Journal of Research in Science Teaching , 36* (8), S. 916–929.

Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Reserarch of Sciene Teaching , 39* (6), S. 497–521.

Lembens, A., Weiglhofer, H., & Stadler, H. (2009). PISA 2006 Naturwissenschaft: Das Konzept aus fachdidaktischer Sicht. In C. Schreiner, & U. Schwantner (Hrsg.), *PISA 2006: Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt.* Graz: Leykam.

mascil. (2015). *aut*. Abgerufen am 30. 9. 2015 von Discover mascil - mathemathics and science for life : http://mascil.science-edu.at/

mascil. (2015). *EU*. Abgerufen am 30. 9. 2015 von Discover mascil - mathemathics and science for life: http://www.mascil-project.eu/

Massing, P. (2004). Planspiele und Entscheidungsspiele. In S. Frech, H.-W. Kuhn, & P. Massing (Hrsg.), *Methodentraining für den Politikunterricht* (S. 163-194). Wochenschau Verlag.

McComas, W. (2002). The Principal Elements of Nature of Science. Dispelling the Myths. In W. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (S. 53-70). New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W., Clough, M., & Almazroa, H. (2002). The Role And Character of The Nature of Science. In W. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (S. 3-39). New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers.

Minner, D., Abigail, L., & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction - What Is It and Does It Matter? *Journal of Research in Science Teaching , 47* (4), S. 474-496.

National Academy of Sciences. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning.* (S. Olsen, & S. Loucks-Horsley, Hrsg.) Washington, D.C.: National Academy Press.

National Academy of Sciences. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning.* (S. Olsen, & S. Loucks-Horsley, Hrsg.) Washington, D.C.: National Academy Press.

Pathway. (2013). Abgerufen am 16. 10. 2015 von Science education through inquiry in schools, museums an informal learing settings: http://www.pathwayuk.org.uk/index.html

Peterßen, W. H. (2009). *Kleines Methoden-Lexikon.* München: Oldenbourg Schulbuchverlag.

Primas. (2013). Abgerufen am 16. 10. 2015 von to promote inquiry-based learning in mathematics and science at both primary and secondary levels across Europe : http://www.primas-project.eu/en/index.do

Primas. (2013). *Forschend lernen in Mathematik und Naturwissenschaften. Theorie und Praxis - Beispiele - Erfahrungsberichte.* Freiburg.

Profiles. (2014). Abgerufen am 16. 10. 2015 von Professional Reflection Orientated Focus Inquiry-based Learining and Education through Science: http://www.profiles-project.eu/index.html

Rehm, M. (2006). Allgemeine naturwissenschaftliche Bildung – Entwicklung eines vom Begriff „Verstehen" ausgehenden Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften , 12*, S. 23-44.

Reisinger, P. A. (2015). *Konzept einer forschungsgeleiteten Lehrer/innen-Fortbildung zum forschungsorientierten Lernen im Biologieunterricht.* Wien: Universität Wien.

Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerbildung , 23* (2), S. 159-182.

Rummler, M., & Harmjanßen, K. (2014). *Möglichkeiten der Elimination prioritärer Stoffe in der Kläranlage Greven.* Abgerufen am 25. 10. 2015 von Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: http://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_mmkresearchprojects/Machbarkeitsstudie_Greven_Abschlussbericht.pdf

The Fibonacci Project. (2013). Abgerufen am 16. 10. 2015 von Dissemination Inquiry-based Science and Mathematics Education in Europe: http://www.fibonacci-project.eu/

Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften , 16*, S. 41-57.

Urhahne, D., & Hopf, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (10), S. 71-87.

Widmann, W. (23. 3. 2015). Bauingenieure an der Schnittstelle zur Biologie am Beispiel von Kläranlagen. *Infra. Projekt Development GmbH* . Wien.

Wildt, J. (2011). *Forschendes Lernen - Wie und Warum?* Abgerufen am 1.. 10. 2015 von Uni Hannover: http://www.zqs.uni-hannover.de/fileadmin/institut/pdf/Forschendes_Lernen_Leibniz_Universitaet_Hannover_Prof._Dr._Dr._Wildt_13.10.2011.pdf.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die vier Grundkomponenten von forschendem Lernen. Verändert nach Mayer und Ziemek (2006) 32
Abb. 2: Kombination der Modelle von Schwab (1962) und Colburn (2000b) über die Grade der Offenheit 41
Abb. 3: Teil des mascil-Diagramms (http://mascil.science-edu.at/index.php?go=diagramm; Zugriff 22.11.2015) 53
Abb. 4: Planungsübersicht der sechs Module zu „Modell-Kläranlage“ 67
Abb. 5: Planungsübersicht der sechs Module zur Studie 76
Abb. 6: Modulverlauf des Planspiel 85
Abb. 7: Hauptklärwerk Wien (https://www.ebswien.at/hauptklaeranlage/start/) 109
Abb. 8: Beispielhafte Modellkläranlage mit mechanischer, biologischer und chemischer Stufe. http://www.experimenteinderschule.de/sekundarstufe/biotechnologie.php?offset=13 115
Abb. 9: Hauptklärwerk Wien (https://www.ebswien.at/hauptklaeranlage/start/) 121
Abb. 10: Hauptklärwerk Wien (https://www.ebswien.at/hauptklaeranlage/start/) .. 130

Abb. 11: mascil-Diagramm; aus: http://mascil.ph-freiburg.de/projekt (Zugriff am 3.12.2015)..... 140

Tabelle 1: Modell der Modellkompetenz nach Upmeier zu Belzen & Krüger (2010), S. 53. 27
Tabelle 2: Level der Offenheit nach Schwab (1962) übersetzt nach Abrams, Southerland, Silva (2008) 40
Tabelle 3: Zu erwerbende Kompetenzen im beim Wettbewerb „Modell-Kläranlage“ 73
Tabelle 4: Zu erwerbende Kompetenzen Studie „Richtiger Umgang mit Abwasser“ 82
Tabelle 5: Aufteilung der Rollen pro Klassenhälfte 86
Tabelle 6: Zu erwerbende Kompetenzen beim Planspiel 92

Formel 1: Chemische Formel für Nitrifikation (übernommen von Aust, 2006, S. 76) 62
Formel 2: Chemische Formel von Denitrifikation (übernommen von Aust, 2006, S. 78) 62

Anhang A

Modell-Kläranlage

Die Bürgermeisterin der Stadt Waldhain will die Bevölkerung vom Bau einer neuen Kläranlage überzeugen. Um die Popularität des Themas zu steigern, hat sie Wettbewerbseinladungen an viele österreichische Universitäten gesendet. Das Team, das das beste und am anschaulichsten erklärte Modell einer Kläranlage abliefert, wird nach der Ausstellung aller Beiträge zum Sieger gekürt.

Die SchülerInnen haben die Aufgabe selbst ein Kläranlagen-Modell zu planen und zu bauen. Dabei müssen unterschiedliche Aspekte beachtet werden. Am Ende werden alle Modelle in der Schule ausgestellt und bewertet.



Abb. 7: Hauptklärwerk Wien (https://www.ebswien.at/hauptklaeranlage/start/)

Schlagworte

Fach: Naturwissenschaften: Biologie; Ökologie und Umwelt
Schulart: Sekundarstufe I/II
Alter: 12-16 Jahre
Zeitbedarf: 8-9 Unterrichtseinheiten à 50 Minuten
Forschendes Lernen: Recherche / Planung des Modells / Präsentation der Pläne / Bau des Modells / Präsentation der Ergebnisse / Vermittlung von Funktionsweisen / Diskussion und Bewertung
Bezug zur Arbeitswelt: Abwasserklärung, Kläranlage, Ökologie

Didaktisch-methodische Ideen

Das selbstständige Planen und Bauen eines Modells, das gleichzeitig funktionieren und auch erklären soll, ist eine große Herausforderung für die SchülerInnen. Eigenständige Recherche, genaues Planen und kreativer Einsatz gehören neben einer professionellen Präsentation der Ergebnisse zu den Anforderungen, die ähnlich wie im echten Arbeitsleben an die Lernenden gestellt werden. Die SchülerInnen haben die Möglichkeit, sich von anderen Feedback geben zu lassen, um ein optimales Produkt zu erzielen. Am Ende erfolgen die Einschätzung der eigenen Leistungen und das Bewerten der anderen.

Aufgabenstellung

Brief der Wettbewerbsausschreibung

Waldhain, am .....

Sehr geehrte Damen und Herren der Universität Wien/BoKu Wien/TU Wien/...!

Ich als Bürgermeisterin der Stadt Waldhain lade Sie sehr herzlich ein, an einem Wettbewerb zum Thema „Sauberes Wasser – wir brauchen eine neue Kläranlage“ teilzunehmen. Die Hintergründe des Wettbewerbs sind folgende: Unsere Stadt war bisher an das Klärwerk der Nachbarstadt angeschlossen. Durch den rapiden Bevölkerungszuwachs ist dies jedoch nicht mehr möglich und wir müssen eine eigene Kläranlage bauen. Der Standort, der technisch gesehen am besten passt, liegt direkt neben einer großen Siedlung. Die dortigen BewohnerInnen wehren sich gegen den Bau. Wenn sie jedoch besser über den Nutzen und die Funktionsweise von Klärwerken Bescheid wüssten, würde sich der Widerstand wahrscheinlich legen. Aus diesem Grund veranstaltet unsere Stadt einen Wettbewerb, bei dem in einer Ausstellung das beste Kläranlagen-Modell zum Sieger gekürt wird.

Es wird eine Modell-Kläranlage mit übersichtlich erklärtem Aufbau und überzeugender Funktionsleistung gesucht. Bei einer Konferenz am ..... werden die Pläne der Modelle vorgestellt. Alle Beiträge, die den Anforderungen entsprechen und zeitlich sowie ressourcentechnisch den Rahmen nicht übersteigen, können bis zum .....gebaut und getestet werden. Es wird eine Ausstellung mit allen Beiträgen im Gymnasium Waldhain organisiert. Dort wird jedes Team die Chance bekommen, sein Modell zu präsentieren, zu erklären und vorzuführen. Im Anschluss wird das beste Team zum Sieger gekürt. Nähere Details und alle Daten finden Sie in den beigelegten Wettbewerbsregeln.

Ich hoffe auf zahlreiche TeilnehmerInnen und kreative Einfälle!

Hochachtungsvoll



Sabine Willenshofer, Bürgermeisterin

Beilage Wettbewerbsregeln

Der Wettbewerb zum Thema „Sauberes Wasser – wir brauchen eine neue Kläranlage“ findet von ..... bis ..... statt. Teilnehmen dürfen Teams aus allen Universitäten Österreichs. Pro Team dürfen bis zu 5 Personen teilnehmen. Anmeldungen der Teams geben Sie bitte spätestens am ..... bei Frau/Herrn ..... bekannt.

Der Wettbewerb erfolgt in vier Phasen:

1. Entwurfsphase: Die TeilnehmerInnen entwerfen Pläne samt genauer Skizze einer Modell-Kläranlage. Ziele des Modells sind die einwandfreie **Funktionalität** (das geklärte Wasser wird in folgenden Kategorien bewertet: **Trübung des Wassers, pH-Wert, Phosphatgehalt, Zuckergehalt, Fettgehalt** (wird mit Teststreifen beziehungsweise Testtropfen und optisch bewertet), der **übersichtliche Aufbau** und die genauen **Informationsmaterialien** (z.B. Beschilderung, Infoblätter) dazu. Im Plan müssen folgende Dinge enthalten sein: **Beschreibung des Aufbaus, Funktionsweise der Klärung beim geplanten Modell, Ressourcenliste, Vermittlungsstrategie.** (2 UE)

2. Präsentationsphase: In einer Powerpoint-Präsentation haben alle TeilnehmerInnen ihre Pläne darzulegen, die im Anschluss diskutiert und gegebenenfalls adaptiert werden. Tag der Präsentation ist am ..... Die Reihenfolge wird vom Wettbewerbskomitee bestimmt. Pro Präsentation ist eine Dauer von 5-7 Minuten vorgesehen. (1 UE)

3. Arbeitsphase: Der Bau sowie die Funktionalitätstestungen und eventuelle Anpassungen finden von ..... bis ..... statt. In dieser Zeit müssen die Modelle fertiggestellt und getestet werden. (2 UE)

4. Ausstellungsphase: Alle eingereichten Modelle werden in einer Ausstellung im hiesigen Gymnasium der Bevölkerung zugänglich gemacht. Im Zuge dieser werden die Teams nacheinander ihre Modelle vorstellen und die Funktionalität unter Beweis stellen. Im Anschluss daran werden die Ausstellungstücke von der Jury begutachtet und nach den oben genannten Kategorien bewertet. Am Ende wird das Siegerteam gekürt. (1 UE)

Bei etwaigen Fragen wenden Sie sich bitte vertrauensvoll an Frau/Herrn .....

Hilfestellung bei der Recherche

Verschafft euch auf folgenden Websites einen allgemeinen Überblick über Kläranlagen.

https://www.ebswien.at/hauptklaeranlage/start/

http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasserqualitaet/abwasserreinigung/klaeranlage.html

http://www.land-oberoesterreich.gv.at/20272.htm

Folgende Fragen solltet ihr beantworten können:

- Wozu dient eine Kläranlage?
- Welche Stufen der Klärung gibt es?
- Wie funktioniert die mechanische Klärung?
- Was passiert in der biologischen Klärung?

Habt ihr das erledigt, überlegt, wie man eine Kläranlage in ein Modell umwandeln könnte! Als Inspiration könnt ihr euch auf folgenden Seiten umsehen:

https://www.filterzentrale.com/blog/mini-klaeranlage-selber-bauen

http://www.experimente-in-der-schule.de/sekundarstufe/biotechnologie.php?offset=13

https://www.youtube.com/watch?v=bffXUUkFGIc

http://www.beladomo.de/wasserwissen/wasser-kids/mini-klaeranlage

Überlegt euch folgende Dinge:

- Welche Stufen wollen wir darstellen?
- Wie wollen wir sie darstellen?
- Welche Stoffe können wir dabei herausfiltern?
- Wie können wir diese Stoffe herausfiltern?

Denkt daran, dass ihr nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung habt. Beim Erstellen der Materialliste überlegt gleich, welche Dinge ihr selbst mitbringen könnt. Euer Lehrer/eure LehrerIn kann auch sagen, was in der Schule zur Verfügung steht.

Feedbackbögen zu den Präsentationen

Notiere dir zu jeder Präsentation deine Eindrücke und Fragen!

Team:.....

Spiegelt der Plan die Idee des Wettbewerbs wider? (Aufklärung der Bevölkerung, Darstellung der Funktionen)	
Kann man an dem geplanten Modell die Funktionsweise von Kläranlagen gut erkennen und erklären?	
Ist der Bau des Modells in der vorgegebenen Zeit und den beschaffbaren Materialien durchführbar?	
Ist das Modell zu einfach oder zu komplex? Werden alle notwendigen Funktionen gezeigt?	
Ist der Vorschlag kreativ? Kann man dabei Neues über Kläranlagen lernen? Was?	
Sonstige Notizen	

Beispielhafte Materialliste für die Lehrperson:

Folgende Materialien könnten für den Bau von Modell-Kläranlagen benötigt werden (unvollständig):

- Joghurtbecher
- PET-Flaschen
- Kaffeefilter
- grober Sand
- feiner Sand
- Schotter
- Watte
- Kanister
- Bohrer
- Klebebänder
- Dichtungsmaterial
- Strohhalme
- Aquariumspumpen
- Fe(III)salze
- Schläuche
- Schlauchklemmen
- Kabelbinder
- Hefepilze
- Fliegengitter
- Gläser mit Deckel
- et cetera

Zum Testen:

Die SchülerInnen werden je nach Alter und den bisherigen Chemiestunden neben der mechanischen, eventuell auch die biologische oder chemische Reinigung berücksichtigen. Zum Testen der verschiedenen Werte (Fett, Glucose, pH, Phosphat, Trübung) werden folgende Dinge benötigt:

- Für pH & Phosphat gibt es entsprechende Streifen- oder Tröpfchentests, die für Aquarien gedacht sind.
- Auch für Glucose gibt es in der Apotheke Streifentests
- Fett und Trübung wird rein mit dem Auge beurteilt.

Anleitung für die Herstellung des „Abwassers“:

Zutaten für eine Flasche „Abwasser“

- 1,5 Liter Leitungswasser
- 6 EL Erde
- 1 Taschentuch in kleinen Stücken
- 2 EL Öl
- 1 EL Schlagobers
- 5 Tropfen Lebensmittelfarbe (braun/schwarz)
- 2 EL Zucker
- Bäckerhefe

Alle Zutaten in einer 1,5 Liter Flasche zusammenmischen und gut schütteln. Eventuell können noch 1-2g Natriumphosphat beigegeben werden, falls eine Gruppe die chemische Klärung berücksichtigt.

Das Gemisch wird pro Gruppe in einer 1,5 Literflasche bereitgestellt. Vor der Testung der Kläranlagen ist es empfehlenswert noch einmal zu schütteln.

Hinweis: Kaum eine Gruppe wird am Ende völlig klares Wasser haben. Das soll als Denkanstoß dienen, welche Stoffe auch in einer üblichen kommunalen Kläranlage nicht aus dem Wasser gefiltert werden.

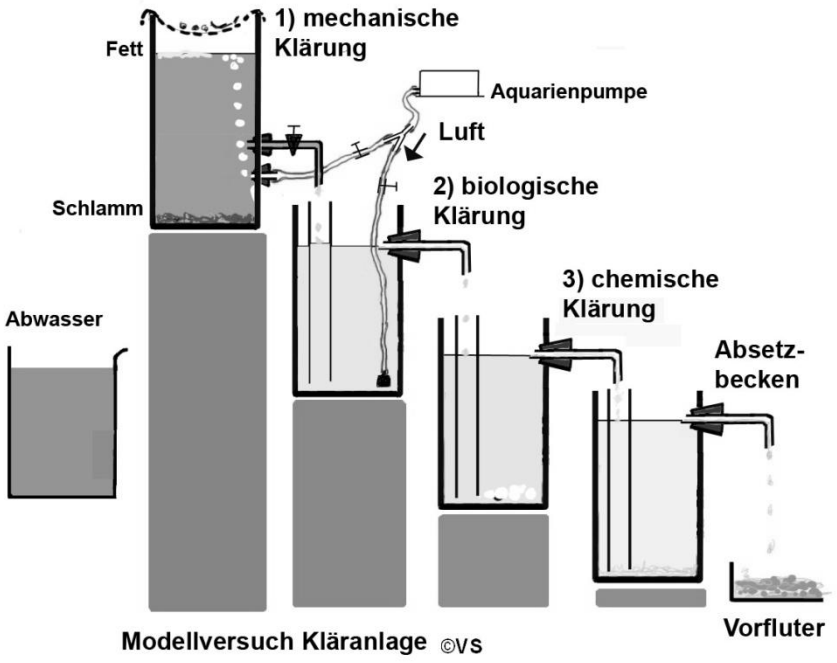


Abb. 8: Beispielhafte Modellkläranlage mit mechanischer, biologischer und chemischer Stufe. http://www.experimenteinderschule.de/sekundarstufe/biotechnologie.php?offset=13

Bewertung für .....

[ ] eigenes Team [ ] anderes Team [ ] Lehrperson (ankreuzen)

Gebt Punkte für die unterschiedlichen Kategorien und begründet eure Entscheidung.

Kategorie	Punkte	Begründung der Bewertung
Anschaulichkeit des Modells und des Informationsmaterials (0-5 Punkte)		
Vollständigkeit des Modells im Vergleich zu einer echten Kläranlage (0-5 Punkte)		
Klärung des Abwassers (gut=2, mittel=1, schlecht=0) (max. 10 Punkte)		Test Glucose
		Test Phosphat
		Test pH
		Trübung des Wassers
		Fettfilm an der Oberfläche
Verständlichkeit des Inhalts der Präsentation (0-5 Punkte)		
Gestaltung der Präsentation (0-5 Punkte)		
Kreativität des Einfalls (0-5 Punkte)		
Design des Modells (0-5 Punkte)		
Korrektheit des Infomaterials (0-5 Punkte)		
Summe (bis zu 50 Punkten)		

Urkunde

Das Team ..... hat beim Modell-Wettbewerb „Saubere Abwasserklärung – wir brauchen eine neue Kläranlage“ in Waldhain den ..... Platz mit ..... von 40 Punkten erreicht.

Die Jury gratuliert herzlich zur erbrachten Leistung in den Kategorien Information, Technik und Design.

Herzlichen Dank für die Teilnahme!

Sabine Willenshofer

Waldhain, am .....

Sabine Willenshofer, Bürgermeisterin

Gruppentest

Team:.....

Was passiert beim Klärvorgang einer üblichen Kläranlage? Geht besonders auf die unterschiedlichen Stufen und ihre Besonderheiten ein. Wie habt ihr die jeweiligen Stufen in eurem Modell dargestellt? Was ist anders/was gleich?

(Wenn notwendig, kann auch die Rückseite beschrieben werden.)

Mechanische Klärung:_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Biologische Klärung:_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Chemische Klärung:_____

_____

_____

_____

_____

_____

Feedback-Memory

Was war das schwierigste bei der Planung des Modells? Was ging einfach?	Was war das schwierigste bei der Planung des Modells? Was ging einfach?	Was ist dir beim Präsentieren der Pläne aufgefallen? Was muss man beachten?	Was ist dir beim Präsentieren der Pläne aufgefallen? Was muss man beachten?
Was hast du dir einfacher vorgestellt beim Bauen des Modells? Was ging leichter als gedacht?	Was hast du dir einfacher vorgestellt beim Bauen des Modells? Was ging leichter als gedacht?	Welche Tipps hast du für Kinder, die auch ein Kläranlagenmodell bauen wollen?	Welche Tipps hast du für Kinder, die auch ein Kläranlagenmodell bauen wollen?
Bist du mit dem Ergebnis eures Modells zufrieden? Warum ja/nein?	Bist du mit dem Ergebnis eures Modells zufrieden? Warum ja/nein?	Ist es wichtig, dass die Leute über Klär-anlagen informiert sind? Warum/Warum nicht?	Ist es wichtig, dass die Leute über Klär-anlagen informiert sind? Warum/Warum nicht?
War es leichter das Modell zu bauen oder das Modell zu erklären? Warum?	War es leichter das Modell zu bauen oder das Modell zu erklären? Warum?	Sollte Unterricht so oder so ähnlich öfter stattfinden? Warum/Warum nicht?	Sollte Unterricht so oder so ähnlich öfter stattfinden? Warum/Warum nicht?
Was hat dir besonders gut an den Unterrichtseinheiten gefallen? Warum?	Was hat dir besonders gut an den Unterrichtseinheiten gefallen? Warum?	Was hat dir besonders gut an den Unterrichtseinheiten gefallen? Warum?	Warum konnte das Abwasser in den Modellen nicht vollständig geklärt werden?
Was hat dir nicht so gut an den Unterrichtseinheiten gefallen? Warum?	Was hat dir nicht so gut an den Unterrichtseinheiten gefallen? Warum?	Was hat dir nicht so gut an den Unterrichtseinheiten gefallen? Warum?	Warum konnte das Abwasser in den Modellen nicht vollständig geklärt werden?
Was könnte man am Unterricht für das nächste Mal noch verbessern? Wie?	Was könnte man am Unterricht für das nächste Mal noch verbessern? Wie?	Was könnte man am Unterricht für das nächste Mal noch verbessern? Wie?	Warum konnte das Abwasser in den Modellen nicht vollständig geklärt werden?
Was hast du über Kläranlagen gelernt? Findest du es wichtig, was du gelernt hast? Warum/Warum nicht?	Was hast du über Kläranlagen gelernt? Findest du es wichtig, was du gelernt hast? Warum/Warum nicht?	Was hast du über Kläranlagen gelernt? Findest du es wichtig, was du gelernt hast? Warum/Warum nicht?	

Beurteilung der Gesamtleistung

Kategorie	Punkte	Begründung der Bewertung
Zusammenarbeit in der Gruppe (0-10 Punkte)		
Präsentation der Pläne (0-10 Punkte)		
Umsetzung der Pläne (0-10 Punkte)		
Präsentation des Modells (0-10 Punkte)		
Durchschnittliche Bewertung des Modells (geteilt durch 4) (0-10 Punkte)		
Mitarbeit im Plenum (0-10 Punkte)		
Ergebnis beim Gruppentest (0-10 Punkte)		
Bonuspunkte für besondere Kreativität (0-5 Punkte)		
Summe (bis zu 75 Punkten)		

Anhang B

Studie „Richtiger Umgang mit Abwasser

Die Umweltschutzabteilung MA 22 will mehr zum Verhalten und aktuellen Wissenstand von Jugendlichen zum Thema „verantwortungsvolle Abwasserentsorgung“ erfahren. Aus diesem Grund hat sie ein interdisziplinäres Forschungsinstitut mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt mit einer Studie zu diesem Thema beauftragt. Die Ergebnisse sollen Hinweise zu einer möglichen Kampagne zum richtigen Umgang mit Abwasser geben.

Die SchülerInnen sollen mithilfe von Wissen über Kläranlagen und unterschiedlicher Methoden SchülerInnen aus anderen Klassen zu diesem Thema befragen und die gesammelten Daten wissenschaftlich auswerten und interpretieren.

Schlagworte



Abb. 9: Hauptklärwerk Wien (https://www.ebswien.at/hauptklaeranlage/start/)

Fach: Naturwissenschaften: Biologie; Ökologie und Umwelt
Schulart: Sekundarstufe I/II
Alter: 12-16 Jahre
Zeitbedarf: 8 Unterrichtseinheiten à 50 Minuten
Forschendes Lernen: Recherche / Planung von Befragung / Datenerhebung / Datenauswertung / Präsentation der Ergebnisse / Vergleich der Ergebnisse / Diskussion / Bewertung
Bezug zur Arbeitswelt: Abwasserklärung, Kläranlage, Ökologie

Didaktisch-methodische Ideen

Eine Studie durchzuführen verlangt Kompetenzen in den Bereichen Wissen, Planung, Kommunikation, Auswertung und Präsentation. Durch die Befragung von andern SchülerInnen hat die Klasse die Chance, sich selbst als Experten in einem Thema zu sehen und ihr Wissen einerseits weiterzugeben und andererseits Informationen über den Wissenstand von anderen SchülerInnen zu erfahren.

Arbeitsauftrag

MA 22 Umweltschutz

Dresdner Straße 45

1200 Wien

Ökologisches Institut Grünwald

Abteilung für Verbraucherforschung

Herbststraße 56

1160 Wien

Wien, am 15. Dezember 2015

Sehr geehrte Damen und Herrn,

die Wiener Umweltschutzabteilung (MA 22) betraut Sie mit der Aufgabe, eine Umfrage zum Verhalten von Abwasserentsorgung durchzuführen. Da in der EBS Hauptkläranlage Wien vermehrt Substanzen und Objekte auftauchen, die nicht durch eine sachgemäße Abwasserentsorgung zustande kommen können, ist es notwendig, die BürgerInnen über notwendige Verhaltensmaßnahmen aufzuklären. Dazu muss zuerst das derzeitige Verhalten der WienerInnen genauer untersucht werden. Basierend auf den Ergebnissen können Maßnahmen zur besseren Information über Abwasserklärung der Bevölkerung getroffen werden. Die größten Erfolgschancen werden bei der Jugend gesehen, da deren Verhaltensmuster noch leichter zu ändern sind. Aus diesem Grund erteilen wir Ihnen den Auftrag Jugendliche zwischen 10 und 18 Jahren über ihr Verhalten und ihr Wissen zum Thema Abwasserklärung zu befragen und entsprechende Fördermaßnahmen in die richtige Richtung zu entwerfen.

Alle weiteren Informationen sind aus der Beilage ersichtlich. Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an Frau/Herrn .....

Mit freundlichen Grüßen

Erhardt Baumgartinger

Erhardt Baumgartinger, Magistratsdirektor MA 22

Beilage Bestimmungen zur Jugendstudie „Abwasserverhalten“

I) Die Studie soll mit Jugendlichen **zwischen 10 und 18 Jahren** durchgeführt werden und einen entsprechenden Überblick geben. Es sollen folgende Themen behandelt werden:

1. Die Studie soll das durchschnittliche **Verhalten von Jugendlichen** im Bezug auf **Abwasserentsorgung** darstellen. Gefragt sind hierbei vor allem **Produkte/Substanzen die in den Abfluss** in Dusche/Waschbecken oder Toilette gegeben werden.

2. Die **Meinungen der Jugendlichen** darüber, was man über das Abwasser **entsorgen darf beziehungsweise nicht darf.** Besonders zu beachten sind hierbei auch die Gründe, warum gewisse Dinge **(keine) Probleme bei der Abwasserklärung** bereiten.

3. Weitere mögliche Punkte könnten beispielsweise **Wissen der Jugendlichen über Abwasserklärung** generell, Möglichkeiten zur **Änderung ihres Verhaltens/der Bevölkerung** sein

II) Die Befragungsmethoden können frei gewählt werden. Denkbar sind **Interviews, Fragebögen oder Onlinebefragungen.** Können entsprechende Argumente aufgeführt werden, sind auch alle anderen Methoden möglich. Eine **entsprechende Auswertung der gesammelten Informationen** muss möglich sein.

III) Die gewählten **Themenschwerpunkte,** die **Zielpersonen**, die erarbeiteten **Methoden** und die entsprechenden **Auswertungsmaßnahmen**, **Ergebnishypothesen** werden in einer Besprechung am ..... behandelt, für die **Präsentation** sind **3 Minuten** vorgesehen. *(2,5h).*

IV) Die Befragungen oder Ähnliches finden an folgenden Tagen statt: ..... *(2h)*

V) Nach der **Auswertung der erhobenen Daten** wird eine Konferenz zur Präsentation der Erkenntnisse stattfinden. Zu diesem Zeitpunkt werden auch **Vorschläge für Maßnahmen zur Steigerung des Bewusstseins zu einer verantwortlichen Abwasserentsorgung** diskutiert. Für die Präsentation werden **5 bis 7 Minuten** mit anschließender Diskussion zur Verfügung stehen. *(Auswertung 1h, Präsentation 1h)*

Informationsblatt Vorbereitungen der Studie

Recherche:

- Überlegt, welche allgemeinen Informationen ihr über Abwasserentsorgung und die Funktionsweise von Kläranlagen benötigt, um sinnvolle Fragen stellen zu können.
- Sucht euch zum Beispiel im Internet die entsprechenden Infos heraus. Bedenkt, dass ihr euch bei allen Angaben sicher sein müsst. Wählt daher nicht nur eine Quelle, sondern mehrere und vergleicht deren Inhalte miteinander.
- Geht konkret auf die Themen ein, die ihre weiter bei eurer Studie behandeln wollt. Ihr sollt Experten auf diesem Gebiet werden.

Studie:

- Nachdem ihr euch für gewisse Schwerpunkte entschieden habt, müsst ihr überlegen, wie ihr Informationen zum SchülerInnenverhalten bekommen könnt. Bedenkt, dass ihr für die Befragungen nur zwei Unterrichtseinheiten Zeit habt.
- Ihr könnt beispielsweise persönliche Gespräche führen und dabei mithilfe von Leitfragen, die ihr euch vorher ausgedacht habt, sehr detaillierte Informationen von einigen wenigen Personen erhalten.
- Ihr könnt auch eine Umfrage mithilfe von gedruckten Fragebögen machen oder eine Onlineumfrage erstellen. So erreicht ihr mehr Leute, erhaltet jedoch weniger detaillierte Informationen.
- Je genauer ihr die Frage stellt, desto passender werden die Antworten sein, die ihre bekommt.
- Bei Umfragen werden Einschätzungen häufig über mehrstufige Skalen („trifft stark zu“ bis „trifft gar nicht zu“) abgefragt. Überlegt, ob dies auch bei euch sinnvoll ist.
- Ja/Nein-Fragen sind nur für einen kleinen Teil von Fragen hilfreich. Offenen Fragen bringen mehr Inhalte.
- Überlegt euch, welche Materialien ihre braucht: Aufnahmegerät, Drucker, PCs mit Internet,... um eure Studie durchzuführen. Denkt auch daran, dass die Daten ausgewertet werden müssen. Dafür habt ihr nur eine Unterrichtseinheit Zeit. (Beachtet dazu auch das Informationsblatt zur Auswertung!)

Informationsblatt Auswertung der Ergebnisse

Je nachdem für welche Fragemethode ihr euch entschieden habt, müsst ihr verschiedene Dinge bei der Auswertung beachten.

- Unterscheidet zwischen **tatsächlichen Ergebnissen** und der **Interpretation** der Ergebnisse. Wenn beispielsweise alle befragten SchülerInnen nichts über Klärwerke wissen, kann man zwar annehmen, dass sie in der Schule noch nichts darüber gelernt haben, man weiß es jedoch nicht sicher.
- Auch **unerwartete Ergebnisse sind interessante Ergebnisse.**
- Ihr dürft **nicht einzelne Antworten weglassen,** auch wenn sie nicht in das Gesamtbild zu passen scheinen.
- Erstellt **Tabellen** mit den unterschiedlichen Werten der Antworten.
- Bei Fragebögen könnt ihr mithilfe von **Diagrammen** eine Übersicht der Antworten zeigen.
- Hört euch bei Interviews die **Tonaufnahmen** an und schreibt die wichtigsten Aussagen mit.
- Bei Interviews habt ihre weniger offensichtliche Daten, ihr könnt trotzdem zwischen den Gesprächen vergleichen und versuchen, **ähnliche Aussagen mit eigenen Worten** in **Kategorien** einzuteilen.
- Am Ende könnt ihr die **erhaltenen Daten interpretieren**, also Schlussfolgerungen daraus ziehen. Diese müsst ihr als solche **kennzeichnen**.
- Überlegt, ob eure **Hypothesen**, die ihr am Anfang formuliert habt, bestätigt werden und warum (nicht).
- Wenn ihr sehr **viele Daten** habt, überlegt euch, welche Ergebnisse für euch und die anderen **am interessantesten** sind und präsentiert diese.

Folgende Dinge sollten in der Präsentation enthalten sein:

- Wer wurde befragt?
- Themenschwerpunkte
- Fragemethode
- Auswertung
- Interpretation
- eventuelle Vorschläge für eine Informationskampagne

Feedbackbögen für die Präsentationen

Macht euch zu allen Kategorien Notizen, damit ihr der Gruppe Feedback geben könnt!

Feedback für Gruppe:.....

Kategorie	Notizen
Kurze Beschreibung: Wie sah die Studie aus? (Befragte, Methoden, Themenschwerpunkte)	
Hat die Gruppe die Aufgabenstellung erfüllt? Warum/Warum nicht?	
Welche Ergebnisse hat die Gruppe erzielt? Warum sind sie interessant/uninteressant für den Auftraggeber?	
Wo lagen die Probleme der Gruppe? Wie könnte sie diese Probleme das nächste Mal vermeiden?	
Wie wurden die Ergebnisse präsentiert? Was war (nicht) gut verständlich? Was war (nicht) sehr übersichtlich?	
Was hat die Gruppe besonders gut gelöst? Was würdet ihr das nächste Mal ähnlich machen?	

Arbeitsblatt zur Selbstreflexion

Name:.....

Zeichne auf den Zielscheiben ein, wo du dich und deine Fähigkeiten siehst! (außen=schwach; innen=stark)



Wissen über Abwasserklärung



Erstellung von Interviewfragen/Fragebögen



Auswertung von Daten



Präsentationen



Zusammenarbeit im Team



Mitarbeit bei Diskussionen

Bewertungsblatt für die Lehrperson

Name des Schülers/der Schülerin:.....

Kategorie	Pkt (1-5)	Begründung	ZS (1-5)
Wissen über Abwasserklärung			
Wissen zur Erstellung von Interviewfragen/ Fragebögen			
Auswertung von gesammelten Daten			
Präsentationen			
Zusammenarbeit im Team			
Mitarbeit bei Diskussionen			
Summe		**maximal 30 Punkte**	

Anmerkungen:.....

.....

Arbeitsblatt zur Unterrichtsreflexion

Vervollständigt folgende Sätze im Bezug auf euch selbst!

- Der Unterricht hat mir Spaß gemacht, weil.....
  .....
  .....
  .....
- Der Unterricht war langweilig, weil .....
  .....
  .....
  .....
- Ich habe folgende Dinge gelernt:.....
  .....
  .....
  .....
- Das nächste Mal wäre es besser, man würde Folgendes ändern: .....
  .....
  .....
  .....

Kreuze die Aussage an die am besten für dich passt!

Der Unterricht soll noch einmal so oder so ähnlich stattfinden.	O ja	O nein
Ich habe Dinge gelernt, die auch im Alltag wichtig sind.	O ja	O nein
Wirst du in Zukunft dein Verhalten bei der Abwasserentsorgung ändern?	O ja	O nein
Könnte eine Studie, so ähnlich wie ihr sie gemacht habt, auch in der Arbeitswelt durchgeführt werden?	O ja	O nein
Findest du, dass man bei Umfragen und Interviews brauchbare Informationen erhält?	O ja	O nein

Anhang C

Planspiel: Hormone und Plastik in der Donau?

In der Stadt wurden Stimmen laut, dass die Hauptkläranlage in Wien einen Ausbau zu einer vierten Klärstufe benötigt, damit Mikroschadstoffe und Mikroplastik aus dem Abwasser gefiltert werden können, bevor es in die Donau fließt. Doch nicht alle sind dafür.

In einem Planspiel haben die SchülerInnen die Aufgabe, in den Rollen von verschiedenen Interessensgruppen Informationen und Argumente für beziehungsweise gegen den Ausbau zu finden und in einer abschließenden Sitzung eine klare Entscheidung zu treffen.

Schlagworte

Fach: Naturwissenschaften: Biologie; Ökologie und Umwelt
Schulart: Sekundarstufe 2
Alter: 15-18
Zeitbedarf: 6 Unterrichtseinheiten à 50 Minuten



Abb. 10: Hauptklärwerk Wien (https://www.ebswien.at/hauptklaeranlage/start/)

Forschendes Lernen: Erkundung der Situation / Recherche/ Planung der Vorgehensweise / Interpretation und Bewertung der Ergebnisse / Kommunikation und Diskussion / Verfassen und Lesen fachspezifischer Texte
Bezug zur Arbeitswelt: Abwasserklärung, Kläranlage, Ökologie, Umweltschutz, Gesellschaft

Didaktisch-methodische Ideen

Bei Planspielen handelt es sich um Simulationen der Wirklichkeit. In diesem Umfeld ist es SchülerInnen möglich als Erwachsene in verschiedenen Berufsgruppen zu handeln und Entscheidungen zu treffen. Die zwar vereinfachte aber zur Realität ähnliche Situation schafft eine Authentizität, in der SchülerInnen forschend aktiv werden können, indem sie eigenständige Recherchen übernehmen und Strategien zur Überzeugung der anderen Mitglieder von ihren Interessen entwickeln. Die Kombination aus Wissenserwerb, Gesellschaftspolitik und problemorientiertem Denken bietet den SchülerInnen eine besondere Chance zu sinnvollem praxis- und alltagsbezogenem Lernen.

Problembeschreibung

In Wien gibt es eine Hauptkläranlage, die das Abwasser aus allen Haushalten Wiens reinigt und anschließend in den Donaukanal entlässt. Es wurde jedoch herausgefunden, dass nicht alle Schadstoffe aus dem Wasser gefiltert werden können. Rückstände von Medikamenten, Hormonen und Pestiziden befinden sich auch nach der Klärung noch im Wasser. Auch kleinste Plastikpartikel scheinen der Abwasserreinigung zu trotzen und ihren Weg in die Donau zu finden. Der Gemeinderat hat eine Sitzung für kommende Woche festgelegt, in die auch ExpertInnen aus verschiedenen Bereichen eingeladen wurden. Gemeinsam muss in dieser Sitzung zwingend eine Entscheidung bezüglich des Ausbaus getroffen werden.

*Das Umweltministerium hat **ÖkologInnen** beauftragt, die die Gründe, die einen Ausbau notwendig machen, ausführen sollen. Ebenfalls geladen sind **VertreterInnen eines Baukonzerns**, die einen neuen Auftrag wittern. Strikt dagegen sind die **BeraterInnen des Finanzministeriums**, nach deren Aussagen der Ausbau der Kläranlage das Stadtbudget stark überschreiten würde. Die **GemeinderätInnen** sind unschlüssig, was das richtige für die Stadt und auch für sie selbst ist, schließlich wollen sie von den BürgerInnen wiedergewählt werden. Die **JournalistInnen** einer bekannten Wiener Zeitung haben von der bevorstehenden Sitzung Wind bekommen und versuchen, die unterschiedlichen Seiten zu beleuchten, um den BürgerInnen ein klares Bild abseits irgendwelcher Versprechungen geben zu können, denn schließlich stehen bald die Wahlen an. [Darauf haben besonders die **BürgervertreterInnen** ein wachsames Auge, da sie sich für das Wohle des Volkes einsetzen.]*

Aufgabenstellung

In der Gemeinderatssitzung muss eine wichtige Entscheidung gefällt werden, die noch am gleichen Tag in den Nachrichten öffentlich wird. Alle Gruppen müssen sich bis dahin ausreichend über generelle Aspekte wie die Funktionsweise von Kläranlagen sowie die Ermöglichung eines Ausbaus zur 4. Stufe erkundigen. Außerdem müssen natürlich fundierte Argumente für oder gegen den Bau gefunden werden. Dabei ist es hilfreich eine Strategie über die Vorgehensweise zu entwickeln. Man muss einerseits überlegen, wen man als Verbündete gewinnen kann und sich andererseits Gedanken darüber machen, in welchen Bereichen man Kompromisse eingehen kann.

Rollenbeschreibungen

GemeinderätInnen der Roten Partei

Beschreibung: Ihr seid als Vertreter der Roten Partei in den Gemeinderat gewählt worden, um in eurer Stadt Entscheidungen zu treffen, die dem Wohle der BürgerInnen dienen. Ihr habt euren WählerInnen ein günstiges Leben und Wohnen versprochen.

Aufgaben: Ihr müsst an der Gemeinderatssitzung teilnehmen und für oder gegen einen Klärwerksausbau stimmen. Informiert euch also über die Vor- und Nachteile des Baus, um von den anderen Teilnehmern der Sitzung nicht überrascht zu werden. Schreibt einen **Bericht über eure Position** mit den wichtigsten Argumenten und eurer Entscheidung.

Hinweis: Bedenkt, dass die Wahl bevorsteht. Steuererhöhungen und gebrochene Wahlversprechen kommen bei den BürgerInnen nicht gut an. Sucht euch unter den anderen Sitzungsteilnehmern Verbündete, um eurer Ziel zu erreichen.

GemeinderätInnen der Gelben Partei

Beschreibung: Ihr seid als Vertreter der Gelben Partei in den Gemeinderat gewählt worden, um in eurer Stadt Entscheidungen zu treffen, die dem Wohle der BürgerInnen dienen. Ihr habt euren WählerInnen einen Wirtschaftsaufschwung und neue Arbeitsplätze versprochen.

Aufgaben: Ihr müsst an der Gemeinderatssitzung teilnehmen und für oder gegen einen Klärwerksausbau stimmen. Informiert euch also über die Vor- und Nachteile des Baus, um von den anderen Teilnehmern der Sitzung nicht überrascht zu werden. Schreibt einen **Bericht über eure Position** mit den wichtigsten Argumenten und eurer Entscheidung.

Hinweis: Bedenkt, dass die Wahl bevorsteht. Gleichbleibende Arbeitslosenzahlen und gebrochene Wahlversprechen kommen bei den BürgerInnen nicht gut an. Sucht euch unter den anderen Sitzungsteilnehmern Verbündete, um eurer Ziel zu erreichen.

GemeinderätInnen der Grünen Partei

Beschreibung: Ihr seid als Vertreter der Grünen Partei in den Gemeinderat gewählt worden, um in eurer Stadt Entscheidungen zu treffen, die dem Wohle der BürgerInnen dienen. Ihr habt euren WählerInnen eine saubere Stadt versprochen, die auf Nachhaltigkeit und Umweltschutz setzt.

Aufgaben: Ihr müsst an der Gemeinderatssitzung teilnehmen und für oder gegen einen Klärwerksausbau stimmen. Informiert euch also über die Vor- und Nachteile des Baus, um von den anderen Teilnehmern der Sitzung nicht überrascht zu werden. Schreibt einen **Bericht über eure Position** mit den wichtigsten Argumenten und eurer Entscheidung.

Hinweis: Bedenkt, dass die Wahl bevorsteht. Umweltverschmutzung und gebrochene Wahlversprechen kommen bei den BürgerInnen nicht gut an. Sucht euch unter den anderen Sitzungsteilnehmern Verbündete, um eurer Ziel zu erreichen.

Zusatzkarte BürgermeisterIn

Beschreibung: Du bist von der Bevölkerung zum/zur BürgermeisterIn gewählt worden. Du bist das Oberhaupt der Stadt und trägst die meiste Verantwortung.

Aufgaben: Neben den üblichen parteipolitischen Aufgaben musst du auch die Leitung der Gemeinderatssitzung übernehmen. Es ist nicht möglich, die Entscheidung zu verschieben. Kommt ihr zu keinem einstimmigen Ergebnis, musst du gegen Ende der Sitzung eine Abstimmung machen, in der alle ihre Stimme abgeben dürfen. Bei einer ungeraden Teilnehmerzahl gibt es eine eindeutige Entscheidung. Bei einer geraden Teilnehmerzahl zählt deine Stimme doppelt.

Hinweis: Obwohl du einer Partei angehörst, musst du alle TeilnehmerInnen der Sitzung gleichermaßen zu Wort kommen lassen.

ÖkologInnen

Beschreibung: Ihr seid ÖkologInnen, die vom Umweltministerium beauftragt wurden, zu zeigen, dass das Klärwerk eine vierte Stufe braucht. Als Ökologen beschäftigt ihr euch mit den Beziehungen von Organismen untereinander und dem Zusammenspiel zwischen belebter und unbelebter Natur.

Aufgaben: Eure Auftraggeber möchten die Umwelt Wiens schützen und möglichst im natürlichen Zustand belassen. Eure Aufgabe ist es also möglichst viel über die Funktionsweise eines Klärwerks und besonders die Möglichkeit einer Klärung vierter Stufe sowie die Auswirkungen, die Schadstoffe und Mikroplastik im Abwasser auf die Umwelt haben, herauszufinden. Fertigt dazu bis zur Sitzung ein **Gutachten** mit den Details bezüglich eurer Argumente an.

Hinweis: Eure GegnerInnen werden besonders die Nachteile einer weiterführenden Klärung herausarbeiten. Darauf müsst ihr vorbereitet sein. Informiert euch über Projekte der Kläranlage, die bereits Energie und Geld sparen.

FinanzberaterInnen

Beschreibung: Als BeraterInnen des Finanzministeriums müsst ihr auf das Budget eurer Stadt achten. Ihr seid verantwortlich, Ausgaben und Einnahmen zu kalkulieren. Wenn Projekte geplant sind, die zu teuer für die Stadt sind, bleibt als einzige Möglichkeit eine Steuererhöhung und damit macht ihr euch bei der Regierung und den BürgerInnen nicht gerade beliebt.

Aufgaben: Überzeugt die GemeinderätInnen, dass der Ausbau der Kläranlage zu teuer und nicht unbedingt notwendig ist. Dazu müsst ihr mehr über die Funktionsweise von Kläranlagen herausfinden. Erstellt bis zur Sitzung ein **Gutachten** mit den Details bezüglich eurer Argumente.

Hinweis: Findet neben den Kosten weitere mögliche Nachteile, die der Ausbau der Kläranlage mit sich bringen könnte, um andere Gruppen auf eure Seite zu bringen.

BauingenieurInnen

Beschreibung: Ihr seid die ChefInnen einer großen Baufirma, die bereits mehrmals für die Stadt gearbeitet hat. Als Bauingenieure seid ihr für die Planung und den Bau verantwortlich. Der große Auftrag würde sich für euch lohnen.

Aufgabe: Überzeugt die anderen Gruppen, dass der Ausbau der Kläranlage notwendig ist, damit ihr den Auftrag bekommt. Als WirtschaftsexpertInnen wollt ihr natürlich nicht nur eure Taschen füllen, sondern auch den Markt ankurbeln und Arbeitsplätze schaffen. Informiert euch besonders über den Aufbau von Kläranlagen und die Möglichkeiten einer weiteren Klärung. Macht bis zur Sitzung Vorschläge, wie ihr euch den Ausbau der Kläranlage vorstellt und fasst diese in einem **Abschlussbericht** zusammen.

Hinweis: Sucht euch Verbündete mit denen ihr gemeinsam auch die positive Seite des Ausbaus aus ökologischer Sicht begründen könnt.

JournalistInnen

Beschreibung: Als JournalistInnen schreibt ihr Artikel und Reportagen für eine bekannte Zeitung. Dabei wollt ihr einerseits eine seriöse Berichterstattung und andererseits aufregende Schlagzeilen.

Aufgabe: Ihr habt noch keine festgelegte Meinung. Eure Aufgabe ist es, hinter die Kulissen der einzelnen Gruppen zu blicken und ihre Motive für oder gegen den Ausbau herauszufinden. Schreibt eine **Reportage** über den Streit dazu, um eure LeserInnen zu informieren. Damit ihr nicht alles glauben müsst, was die anderen Gruppen euch sagen, müsst ihr euch selbst über die Funktionsweise von Klärwerken informieren. Ihr müsst auch einen kurzen **abschließenden Bericht** (Zeitung, Radio oder Fernsehen) der Entscheidung nach der Gemeinderatssitzung abgeben.

Hinweis: Umfragen, Fotos, Interviews...ihr entscheidet, wie ihr vorgehen wollt.

Fragen zur Rollenidentifikation

Ihr seid nun keine SchülerInnen mehr, sondern Mitglieder der Arbeitswelt und müsst eure Aufträge erledigen. Beantwortet in der Gruppe die folgenden Fragen!

- Wer bin ich?
- Welche Eigenschaften habe ich?
- Wo stehe ich in dem Konflikt?
- Was sind meine Aufgaben in dem Konflikt?
- Was ist mein Ziel in dem Konflikt?

Fragen zur Rollenidentifikation

Ihr seid nun keine SchülerInnen mehr, sondern Mitglieder der Arbeitswelt und müsst eure Aufträge erledigen. Beantwortet in der Gruppe die folgenden Fragen!

- Wer bin ich?
- Welche Eigenschaften habe ich?
- Wo stehe ich in dem Konflikt?
- Was sind meine Aufgaben in dem Konflikt?
- Was ist mein Ziel in dem Konflikt?

Informationsmaterialien

Hier findet ihr einige Links zu Webseiten, die möglicherweise interessant für euch sein könnten. Zusätzlich sollt ihr natürlich selbst weiter recherchieren. Beachtet, dass Informationen, die ihr von mehreren Quellen erhaltet, stichhaltiger im Argumentationsduell mit euren Gegnern sind.

Kläranlage:

- https://www.ebswien.at/hauptklaeranlage/start/
- https://de.wikipedia.org/wiki/Kl%C3%A4ranlage
- http://www.land-oberoesterreich.gv.at/20272.htm
- http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasserqualitaet/abwasserreinigung/klaeranlage.html
- http://www.initiative-mikroplastik.de/
- http://www.deutschlandfunk.de/arzneimittelreste-neue-reinigungsstufe-in-klaerwerken.697.de.html?dram:article_id=300848
- http://www.sciam-online.at/vierte-reinigungsstufe-klaeranlagen-geplant/
- http://www.awi.de/nc/ueber-uns/service/presse/pressemeldung/pilotstudie-bringt-neue-erkenntnisse-ueber-mikroplastik-im-abwasser.html
- http://de.wessling-group.com/news/aktuelle-meldungen/2014/mikroschadstoffe-in-kommunalem-abwasser/

Berichte/Protokolle/Reportagen verfassen:

- http://online-lernen.levrai.de/deutsch-uebungen/bericht-reportage/01_bericht_reportage_aufsatz.htm
- http://www.deutscher-bericht.de/fachartikel/tipps-zum-schreiben-einer-reportage/
- http://wortwuchs.net/protokoll-schreiben/
- http://projekte-leicht-gemacht.de/blog/pm-in-der-praxis/protokolle-schreiben-leicht-gemacht-ablauf-inhalt-und-tipps/
- http://www.wolkersdorfer.info/publication/pdf/WissenschaftlicherBericht.pdf

Debriefing-Phase

Emotionen

- War die Diskussion angenehm oder unangenehm? Warum?
- Wie fühlst du dich jetzt?
- Kannst du deine Emotionen erklären? Wie?

Geschehnisse

- Wie ist die Sitzung verlaufen?
- Was ist euch besonders aufgefallen?
- Gab es kritische Momente? Welche?
- Wie war die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Gruppen?

Lernerfolg

- Was konntest du lernen?
- Was waren die ausschlaggebenden Situationen für den Lernerfolg?
- Wo kannst du das Gelernte weiterhin anwenden?

Realitätsnähe

- Hätte diese Sitzung in der Arbeitswelt so auch stattfinden können? Warum (nicht)?
- Was war realitätsgetreu/vereinfacht?
- Hätte die Entscheidung in der Arbeitswelt auch so ausfallen können? Warum (nicht)?

Alternativen

- Wie hätte die Sitzung anders ablaufen können?
- Was wären Ursachen für andere Entscheidungen gewesen?
- Was war in der anderen Gruppe anders?

Konsequenzen

- Welche Auswirkungen hat das Spiel auf euer zukünftiges Verhalten?
- Wie werdet ihr ähnliche Situationen in der Zukunft lösen?

Feedback

- Was war beonders spannend und warum?
- Was hat eher gestört und warum?
- Was könnte man das nächste Mal besser machen?
- Welche Tätigkeit war am interessantesten? (Recherchieren, schreiben, diskutieren, beobachten, planen usw.) Warum?
- Welche Tätigkeit war eher langweilig und warum?
- Sollte der Unterricht öfter so oder so ähnlich stattfinden?

Beurteilungskriterien

	mögliche Punkte	eigene Einschätzung	**erreichte Punkte**
Mitarbeit			
Teamwork	0-3		
Internetnutzung	0-3		
Diskussion	0-3		
Reflexion	0-3		
Texte			
fachliche Informationen	0-5		
authentischer Stil	0-5		
äußerliche Form	0-2		
insgesamt	**24**		

Mitarbeit

- Gute Zusammenarbeit im Team zeichnet sich dadurch aus, dass jeder mitarbeitet, die Aufgaben gerecht aufgeteilt werden und Uneinigkeiten gemeinsam geregelt werden.
- Bei der Internetnutzung dürfen nur fachbezogene Inhalte recherchiert werden. Soziale Netzwerke oder Spiele gehören nicht dazu.
- Eine gute Diskussion zeichnet sich nicht dadurch aus, dass man möglichst laut ist, sondern dass überzeugende sachliche Argumente gebracht werden. Anderen hört man zu und lässt sie aussprechen.
- Die aktive Mitarbeit bei der Reflexion am Ende zeichnet sich durch gemeinsame Diskussion über die geforderten Inhalte und dem Zuhören, wenn andere sprechen, aus.

Texte

- Die Texte werden nach der Richtigkeit und Ausführlichkeit der fachlichen Informationen, der angemessenen Schreibweise für die jeweilige Textsorte und der äußerlichen Form beurteilt.

Anhang D: *mascil*-Diagramm



Abb. 11: mascil-Diagramm; aus: http://mascil.ph-freiburg.de/projekt (Zugriff am 3.12.2015)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel verfasst habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und noch nicht veröffentlicht.

Wien, am 10.12.2015 Susanne Winroither

Lebenslauf

Name: Susanne Annemarie Winroither

Ausbildung

September 1997 bis Juli 2002 Volksschule St. Florian am Inn (OÖ)

September 2002 bis Juli 2010 Bundesgymnasium Schärding (OÖ)

(Reifeprüfung: 10.Juli 2010)

Seit Oktober 2010 UF Deutsch und Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde (Universität Wien)

Seit Oktober 2013 Bachelorstudium Deutsche Philologie (Universität Wien)

Berufliche Erfahrung und studienbegleitende Tätigkeiten

Februar 2014 bis Oktober 2015: private Nachhilfetätigkeit

Dezember 2014 Teilnahme an der Konferenz „Education the educators“ in Essen

Mai 2015 Teilnahme am BetreuerInnenseminar des Niederösterreichischen Jugendherbergswerk

August 2015 Tätigkeit als Betreuerin im Jugendcamp des Niederösterreichischen Jugendherbergswerk

Oktober 2015 Teilnahme am Seminar „Klassenzimmer Tiergarten“ im Tiergarten Schönbrunn

Sonstiges

EDV-Kenntnisse: MS-Office

Fremdsprachen: Englisch (B2), Spanisch (A2), Französisch (A2), Türkisch (A1)