



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

**„SCHÜLERVORSTELLUNGEN ZUM KLIMAWANDEL ALS BASIS
FÜR EINEN SCHÜLERORIENTIERTEN CHEMIEUNTERRICHT. –
Eine empirische Studie in einer Klasse der 8. Schulstufe“**

Verfasserin

Christiane Mauthner

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.^a rer.nat.)

Wien, 2010

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 423 353

Studienrichtung lt. Studienblatt: UF Chemie, UF Spanisch

Betreuerin / Betreuer: Prof. Dr. Anja Lembens

DANKSAGUNG

Besonderen Dank möchte ich meiner Familie aussprechen, die mir durch ihre finanzielle Unterstützung das Studium ermöglichte, mich immer aufs Neue motivierte und sich stets über meine Erfolge während des Studiums freute.

An dieser Stelle möchte ich mich auch herzlich bei Prof. Dr. Anja Lembens für die Bereitstellung des Themas und die Betreuung der Arbeit bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt auch Frau Mag.^a Sabine Decker, die mir die Durchführung der empirischen Studie ermöglichte und mich dabei liebevoll unterstützte.

Weiters möchte ich meiner Schwester Bernadette für die Anregungen und Hilfestellungen, sowohl im Rahmen dieser Diplomarbeit, als auch während meiner gesamten Studienzeit, ein großes Dankeschön aussprechen.

Einen besonders lieben Dank möchte ich meinem langjährigem Freund Thomas aussprechen, der bei keiner meiner Prüfung an mir zweifelte und mir motivierend zur Seite stand.

Bei meinen Studienkollegen/innen und Freunden/innen möchte ich mich für Verständnis, Geduld und Bereicherungen jeglicher Art bedanken.

**„Keine Begierde ist natürlicher als die
Wissbegierde. Wir erproben alle Mittel,
die uns Erkenntnis verheißen.
Wenn wir mit dem Denken nicht
weiterkommen, behelfen wir uns mit
der Erfahrung.“**

MONTAIGNE

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	1
EINLEITUNG	2
THEORETISCHER TEIL	5
1 DER GLOBALE KLIMAWANDEL	5
1.1 Weshalb sind Vorstellungen zum globalen Klimawandel von Interesse? ...	5
1.2 Globaler Klimawandel als Thema im Chemieunterricht	8
2 ZUM STAND DER FACHDIDAKTISCHEN FORSCHUNG ÜBER SCHÜLERVORSTELLUNGEN ZUM KLIMAWANDEL.....	11
2.1 Internationale Studien	11
2.2 PISA 2006	21
3 SCHÜLERVORSTELLUNGEN.....	24
3.1 Charakter und Quellen von Schülervorstellungen	24
3.1.1 Woher stammen die Schülervorstellungen?	26
3.1.2 Beispiele für Schülervorstellungen	27
3.1.3 Beispiele für die bestimmende Rolle von Vorstellungen.....	32
3.2 Warum spielen die Schülervorstellungen für das Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine Rolle?.....	34
3.3 Schülervorstellungen und Lernen	39
3.3.1 Wie findet Lernen statt?	39
3.3.2 Der kognitive Konflikt - Piaget und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht	45
3.3.3 Konstruktivistische Vorstellungen von Lernen	47
3.3.4 Konzeptwechsel.....	50
3.4 Unterricht auf der Basis von Schülervorstellungen	52
3.4.1 Didaktische Rekonstruktion.....	53
3.4.2 Unterrichtsstrategien, die Konzeptwechsel einleiten und unterstützen	55

3.5	Schülervorstellungen in der Chemie	58
EMPIRISCHER TEIL: UNTERSUCHUNG VON SCHÜLERVORSTELLUNGEN ZUM KLIMAWANDEL.....		60
4	FORSCHUNGSMETHODEN	60
4.1	Forschungsfragen	60
4.2	Auswahl der Forschungsmethoden	61
4.2.1	Forschungsablauf	63
4.3	Allgemeine Kriterien	64
4.3.1	Codierung	66
4.4	Instrument: Schülerbrief	66
4.4.1	Briefformat	67
4.4.2	Auswertung der Schülerbriefe	68
4.5	Instrument: Fragebogen	70
4.5.1	Vorstudie.....	72
4.5.2	Aufbau des Fragebogens	72
4.5.3	Auswertung der Fragebögen.....	74
4.6	Videoaufzeichnung	75
5	DURCHFÜHRUNG	76
5.1	Rahmenbedingungen	76
5.1.1	Schule und Umfeld.....	76
5.1.2	Klasse und Umfeld.....	77
5.1.3	Lehrperson.....	77
5.1.4	Kriterien für die Wahl der Klasse	78
5.2	Pretest	78
5.2.1	Durchführung	78
5.2.2	Analyse der Schülerbriefe	81
5.2.3	Ergebnis der Fragebögen	94
5.3	Selbst durchgeführte Unterrichtseinheiten.....	100
5.3.1	Theoretische Basis	100
5.3.2	Unterrichtsziele die über das fachliche Wissen hinausgehen	101
5.3.3	Einbettung im Stoff der Sekundarstufe I	103
5.3.4	Vorbereitung und Ablauf der Unterrichtseinheiten	103

5.4	Feedbackbogen.....	121
5.4.1	Aufbau	121
5.4.2	Auswertung.....	121
5.5	Posttest	128
5.5.1	Durchführung	128
5.5.2	Analyse der Schülerbriefe	129
5.5.3	Ergebnis der Fragebögen	130
6	INTERPRETATION DER ERGEBNISSE.....	137
7	ZUSAMMENFASSUNG.....	143
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	144
9	TABELLENVERZEICHNIS.....	145
10	DIAGRAMMVERZEICHNIS.....	146
11	LITERATURVERZEICHNIS.....	147
11.1	Fachliteratur	147
11.2	Internetquellen	153
11.3	Unterrichtsmaterialien.....	155
12	ANHANG	157
12.1	Briefformat	157
12.2	Fragebogen	158
12.3	Feedbackbogen.....	160
12.4	Unterrichtsmaterialien.....	162
13	ERKLÄRUNG.....	177
14	LEBENSLAUF.....	179

VORWORT

Der Gesichtspunkt, dass das Schreiben der Arbeit für meine Zukunft als Chemielehrerin einen Nutzen haben sollte, stellte ein wesentliches Kriterium bei der Auswahl meines Diplomarbeitsthemas dar.

Einerseits wurde das Interesse an Schülervorstellungen im Laufe meiner Studienzeit, vor allen Dingen während eines Fachdidaktik-Seminars, geweckt. Andererseits befasse ich mit dem Thema Klimawandel aus persönlichem Interesse schon seit Längerem. Diese beiden Ansätze wollte ich im Zuge meiner Diplomarbeit, wie sie hier nun vorliegt, vereinen.

Ich sehe es als zukünftige Chemielehrerin als meine Aufgabe an, Jugendliche zu unterstützen, sich in ihrer Umwelt zurecht zu finden. Dazu zählt auch, die Dinge rundherum kritisch zu betrachten. Um Umweltthemen und die Ressourcen in ihrer Gänze zu verstehen, reicht es nicht aus, Wissen über die Natur und ihre Vorgänge zu haben, sondern auch über Technologie und die Gesellschaft.

In meiner Diplomarbeit möchte ich den Lesern und Leserinnen die Wichtigkeit von Schülervorstellungen, speziell im naturwissenschaftlichen Unterricht nahelegen.

EINLEITUNG

Dem Unterrichtsfach Chemie eilt oft der Ruf voraus, schwer und kompliziert zu sein. Das liegt zum Teil daran, dass die Schülerinnen und Schüler Vorstellungen mit in den Unterricht bringen, die mit der wissenschaftlichen Sichtweise nicht vereinbar sind und sich infolgedessen Lernschwierigkeiten ergeben können. Derartige Vorstellungen können das Lernen und Verstehen sowie das langfristige Behalten naturwissenschaftlicher Konzepte behindern, weil die Erfahrungen mit den schulischen Erklärungen nicht übereinstimmen. Desinteresse an den Naturwissenschaften und den Phänomenen der natürlichen Umwelt ist oftmals das Ergebnis.

Das Forschungsgebiet, das sich mit den Schülervorstellungen und ihrer Rolle für den naturwissenschaftlichen Unterricht befasst, zählt zu den aktivsten im Bereich naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. So gibt es auch eine Vielzahl an Studien, die sich mit den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf den Klimawandel beschäftigt haben. Allerdings nimmt dieses Thema in amerikanischen und englischen Werken zur Fachdidaktik der Chemie einen viel größeren Raum ein, als in der deutschsprachigen Literatur. Darüber hinaus ist der Großteil der Untersuchungen im deutschsprachigen Raum zu den „Schülervorstellungen zum Klimawandel“ in der Geographiedidaktik unternommen worden, in der Chemiedidaktik findet man diesbezüglich wenig.

Schülerinnen und Schüler kommen nicht als unbeschriebene Blätter in den Unterricht. Die mitgebrachten Vorstellungen weichen oft stark von den wissenschaftlichen Theorien ab, können das Denken und Handeln des/r Einzelnen prägen und die Bewertung des Problems folglich bestimmen. Um erfolgreicheres Lernen zu ermöglichen, ist es für die Lehrer/innen entscheidend, über die Vorstellungen der Schüler/innen Bescheid zu wissen.

Bewertungs- und Handlungskompetenzen gelten als zentrale Bildungsziele der naturwissenschaftlichen Grundbildung, der so genannten „Scientific Literacy“. Schülerinnen und Schüler sollen lernen, komplexe Entwicklungen bei globalen Zukunftsfragen zu bewerten und angemessene Handlungsmöglichkeiten zu erkennen. Globale Umweltprobleme, wie der Klimawandel, sind mit lokalem Denken und Handeln untrennbar verbunden. Voraussetzung dafür ist ein ausreichend differenziertes interdisziplinäres Wissen, das sowohl die naturwissenschaftlichen Grundlagen als auch sozialwissenschaftliche Aspekte umfasst (vgl. Schuler 2004, S. 130f.). Der naturwissenschaftliche Unterricht kann hier einen wertvollen Beitrag leisten, verantwortliches und rationales Bewerten und Entscheiden zu fördern.

Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurden die vor- und nachunterrichtlichen Vorstellungen von 14-jährigen Schülerinnen und Schülern in Bezug auf den Klimawandel erhoben und analysiert. Die empirische Studie wurde in der Sekundarstufe I (8. Schulstufe) des Bundesgymnasiums und Bundesrealgymnasiums Gottschalkgasse im elften Wiener Gemeindebezirk durchgeführt. Insgesamt nahmen 28 Jugendliche an der Untersuchung teil. Mithilfe einer qualitativen, sowie einer quantitativen Methode wurden die Vorstellungen der Jugendlichen erhoben. Die erhaltenen Daten wurden ausgewertet und darauf aufbauend sechs Unterrichtsstunden, auf der Basis einer konstruktivistischen Sichtweise des Lernens, zum Thema Klimawandel konzipiert. Zirka drei Monate nach dem Unterrichtsblock wurden dieselben Erhebungsinstrumente angewendet, wie vor der Lehrerintervention, um abermals die Vorstellungen der Jugendlichen zu erheben und schließlich einen Vergleich herzustellen.

Diese Studie wurde unternommen, um das Verständnis und Vorwissen der Schüler/innen bezüglich des Klimawandels zu erfassen, mit den ermittelten Vorstellungen in der Klasse weiterzuarbeiten und zu analysieren, welchen Beitrag eine spezifische Lehrerintervention leisten kann. Es wird nicht die Absicht verfolgt eine möglichst große Anzahl an Präkonzepten zu ermitteln, sondern es geht darum, dass die Lernenden ihre Präkonzepte für sich selbst erfassen.

Die empirische Studie beschäftigt sich im Speziellen mit folgenden Forschungsfragen:

- 1) Welche Vorstellungen haben 14-jährige Schülerinnen und Schüler vom Klimawandel?
- 2) Wie können Schülerinnen und Schüler von ihren vorunterrichtlichen Vorstellungen zu wissenschaftlicheren Begriffen und Prinzipien geleitet werden?
- 3) Verstehen Schülerinnen und Schüler für sie neue wissenschaftliche Konzepte nachhaltiger, wenn ihre Vorstellungen (Präkonzepte) im Unterricht erhoben und berücksichtigt werden?

Die von mir abgeleitete Hypothese lautet folgend:

Wenn die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf den Klimawandel zuerst erhoben und diese danach im Unterricht speziell berücksichtigt werden, dann generieren sie "nachhaltiges" naturwissenschaftliches Wissen.

In Kapitel 1 wird der Frage nachgegangen, weshalb und für wen die Vorstellungen zum globalen Klimawandel von Interesse sind bzw. sein können. Danach werden Pro- und Kontraargumente angeführt, die für bzw. gegen die Thematisierung des Klimawandels im Rahmen des regulären Chemieunterrichts der Sekundarstufe I sprechen.

Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf den Klimawandel und den Treibhauseffekt, bilden den thematischen Schwerpunkt des 2. Kapitels. Anhand ausgewählter internationaler Studien werden die interessantesten Ergebnisse zum Stand der didaktischen Forschung in diesem Gebiet präsentiert.

Darüber hinaus werden Ergebnisse der PISA-Studie 2006 vorgestellt. Ein Teil dieser Studie behandelt nämlich das Thema Umwelt, genauer gesagt, Sorge, Optimismus, Kenntnis und Verantwortung diesbezüglich und lieferte weitere Informationen für die vorliegende Arbeit.

In Kapitel 3 wird präzisiert, was unter Schülervorstellungen zu verstehen ist. Im Laufe des Kapitels werden sie aus pädagogischer und fachdidaktischer Sicht näher beleuchtet. Dabei wird unter anderem den Fragen nachgegangen, woher diese Vorstellungen stammen und welche Arten man unterscheiden kann. In weiterer Folge wird diskutiert, warum die Schülervorstellungen für das Lernen im naturwissenschaftlichen eine Rolle spielen. Nachdem sich ein Unterkapitel ausführlich mit dem Prozess des Lernens beschäftigt, werden Vorschläge zusammengestellt, mit denen es gelingen soll, Unterricht effektiver zu gestalten. Schließlich werden einige Informationsquellen angeführt, die sich allgemein mit Schülervorstellungen in der Chemie befassen und jeweils kurz beschrieben.

Kapitel 4 beschäftigt sich eingehend mit den Forschungsmethoden, die im Zuge dieser Arbeit angewendet wurden und dem Untersuchungsdesign.

In Kapitel 5 wird die empirische Untersuchung "Schülervorstellungen zum Klimawandel" genau dargestellt und Einzelergebnisse präsentiert.

Eine Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse wird in Kapitel 6 geliefert.

THEORETISCHER TEIL

1 DER GLOBALE KLIMAWANDEL

1.1 Weshalb sind Vorstellungen zum globalen Klimawandel von Interesse?

Die Untersuchung von Vorstellungen zum globalen Klimawandel ist für eine Reihe von Forschungsbereichen von Interesse. Einige sollen nachfolgend kurz vorgestellt werden.

„Conceptual Change“ – Forschung

Die pädagogische Psychologie und vorwiegend naturwissenschaftlich ausgerichtete Fachdidaktiken haben sich seit den 1970er Jahren im Rahmen der „Conceptual Change“ - Forschung mit den Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu verschiedenen Themenbereichen beschäftigt. Eine Grundüberlegung dabei ist, dass schulische Wissensvermittlung nicht auf eine Tabula rasa trifft, sondern, dass Lernende Ideen in den Unterricht mitbringen, die nicht immer mit den von der Wissenschaft akzeptierten übereinstimmen (vgl. Schnotz 2001, S. 75f.).

In der „Conceptual Change“ – Forschung geht man davon aus, dass beim Unterricht zu globalen Problemen wie Treibhauseffekt, Ozonloch oder auch der Entwicklungsländerproblematik solche alternativen Vorstellungen nicht einfach aufgegeben und durch das neu erarbeitete - wissenschaftlich fundierte – Wissen ersetzt werden. Aus der Perspektive der „Conceptual Change“ – Forschung ist die Erforschung vor- und nachunterrichtlicher Vorstellungen von Interesse, um darauf aufbauend angemessene Unterrichtsmodelle zu entwickeln, die den Prozess des Konzeptwechsels einleiten und den Aufbau konsistenter, differenzierter und alltagsrelevanter Wissensstrukturen ermöglichen (vgl. Schuler 2004, S. 118f.).

Aus eben dieser Perspektive ergeben sich die Forschungsfragen für die vorliegende Untersuchung.

Näheres zum theoretischen Hintergrund des Konzeptwechsels ist im Kapitel 3.3.4 zu finden.

Sozialwissenschaftliche Klimaforschung

Neben der naturwissenschaftlichen hat sich mittlerweile auch eine sozialwissenschaftliche Klimaforschung etabliert, die sich unter anderem mit der gesellschaftlichen Wahrnehmung des globalen Klimawandels beschäftigt.

Der Wissenssoziologe Stehr und der Klimaforscher Storch betonen, dass man im Hinblick auf die potentiellen oder auch tatsächlich eintretenden Auswirkungen des globalen Klimawandels nicht von einer rationalen, informierten Gesellschaft ausgehen kann, die problemangemessene politische Entscheidungen trifft. Expertenberichte wie die Sachstandsberichte des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) sind nicht direkt politisch wirksam, sondern durchlaufen zuerst den Filter gesellschaftlicher Interpretationen. Es hängt also nicht primär von den wissenschaftlichen Berichten und der tatsächlichen Bedrohung ab, ob eine aktive, mitunter auch kostenintensive Klimapolitik in einem Land betrieben wird. Vielmehr spielt die gesamtgesellschaftliche Wahrnehmung des Problems eine Rolle. Es ist daher auch vorstellbar, dass sich eine effektive Klimapolitik letztlich nicht aufgrund der von den Experten vorhergesagten oder beobachteten langsam Klimaänderungen durchsetzen lässt, sondern weil eine möglicherweise zufällige Häufung von Einzelereignissen die Bevölkerung entsprechend sensibilisiert hat und in den Vorstellungen vieler als eindeutige Folge des anthropogenen Treibhauseffekts interpretiert wird (vgl. Schuler 2004, S. 126f.).

„Aufgabe der Klimaforschung und Klimafolgenforschung kann daher nicht nur die Erforschung der natürlichen Klimaschwankungen und anthropogenen Klimaveränderungen sein, sondern in einem multidisziplinären Ansatz muss gleichzeitig die komplexe Problematik der Wahrnehmung und Nichtwahrnehmung des Klimas und seiner Veränderungen untersucht werden“ (Stehr & Storch 1999; zit. n. Schuler 2004, S. 126).

Storch und Stehr beklagen zudem, dass Wissenschaftler den Klimawandel oft dramatisieren. Dabei ist aber kritisch zu hinterfragen, ob die Wissenschaftler Schuld daran haben, oder, ob die Medien das eine oder andere mit Schlagzeilen wie zum Beispiel „Klimakatastrophe“ überzogen darstellen.

Psychologen haben bereits mehrfach darauf verwiesen, dass aus Bedrohungsszenarien kaum – wie manchmal erwünscht – positive Reaktionen erwachsen. Oftmals werden die daraus resultierenden Ängste durch Abwehrreaktionen, z.B. Verdrängung oder Rechtfertigung, verarbeitet (vgl. Hoffmann 2006, S. 6).

Umweltbildungsforschung

Auch in der Umweltbildungsforschung gibt es Stimmen, die für eine stärkere Erforschung alternativer Vorstellungen plädieren. Gegenwärtig lässt sich für die Umweltbildung eine eher wissensskeptische Grundhaltung feststellen. Nach einer wissenseuphorischen, durch die Aufklärungsidee geprägten Phase in den 1970er Jahren, kehrte Ernüchterung ein. Es wurde anhand einer Vielzahl unterschiedlicher Untersuchungen zum Umweltbewusstsein festgestellt, dass Wissen und Handeln nur schwach miteinander korrelieren (vgl. Schuler 2004, S. 129).

So wird die Kausalkette „vom Wissen über Bewusstseinsbildung zum Verhalten“ für das Umwelthandeln bezweifelt. Personen mit relativ hohem Umweltbewusstsein handeln in einigen Situationen, z.B. beim Mülltrennen oder Einkaufen umweltfreundlich, weil es ihrer Einstellung entspricht. In anderen Bereichen jedoch heben sie dieses Verhalten durch „Umweltsünden“ auf, wenn sie etwa Fernreisen mit dem Flugzeug unternehmen. Andere, die vom eigenen Umweltbewusstsein bei weitem nicht so überzeugt sind, benutzen immer öffentliche Verkehrsmittel, kaufen aber dafür im Billigsupermarkt industriell erzeugte und verarbeitete Lebensmittel – beides eventuell aus materiellen Gründen. Kurz gesagt, gibt es nicht das schlechthin umweltgerechte Verhalten (vgl. De Haan & Harenberg o.J., <http://www.ibw.uni-hamburg.de/GInE/Literatur/Haan-Harbg.pdf>, S. 6).

Bei der Diskussion um den Einfluss des Wissens auf umweltgerechtes Handeln scheint aber bisweilen aus dem Blick zu geraten, dass differenziertes Wissen über Umweltprobleme zwar nicht als alleinige Voraussetzung dient, aber dennoch erforderlich ist. In den meisten empirischen Umweltbewusstseinsstudien wurde der Begriff Wissen nicht differenziert genug gesehen, so wird vielfach kritisiert, weshalb der Wissenseinfluss systematisch unterschätzt wurde (vgl. Schuler 2004, S. 129).

1.2 Globaler Klimawandel als Thema im Chemieunterricht

Aufbauend auf der Forderung: „*Der Klimawandel sollte ein wichtiges Thema im Chemieunterricht sein*“ soll in diesem Kapitel der Frage nachgegangen werden, ob der globale Klimawandel im Chemieunterricht behandelt werden sollte, oder nicht.

Ein Kontraargument zu dieser Forderung könnte lauten, dass der Klimawandel bereits im Geographieunterricht behandelt wird und daher nicht auch Thema des Chemieunterrichts sein muss. Es ist langweilig, wenn dasselbe Thema in unterschiedlichen Fächern immer wieder neu aufgerollt wird. Außerdem ist der Sachverhalt sehr komplex und kann in der Sekundarstufe I nicht zur Gänze verstanden werden. Zudem wird im Lehrplan der Schulstufe 8 im Unterrichtsfach Chemie nicht extra auf den Klimawandel hingewiesen. Wenn es für die Schüler/innen wichtig wäre, darüber Bescheid zu wissen, würde es im Lehrplan stehen. Ferner ist die Einbeziehung im Chemieunterricht, vorausgesetzt es stehen dem/der Lehrer/in die üblichen zwei Stunden pro Woche zur Verfügung, aus zeittechnischen Gründen nicht - oder kaum realisierbar. Schließlich sind sich die Wissenschaftler auch nicht 100%ig einig, was die Ursache (dabei vor allem die Rolle des menschlichen Einflusses) des Klimawandels betrifft. Man sollte den Jugendlichen ausschließlich gesichertes, richtiges Wissen vermitteln.

Falls der Klimawandel im Geographieunterricht behandelt wird, würde es sich anbieten, den Unterricht fächerübergreifend zu gestalten. Darüber hinaus können auch andere Fächer wie Biologie, Geschichte und Sozialkunde etc. mitwirken, um die Komplexität des Sachverhaltes aus verschiedenen Blickwinkeln aufzuzeigen. Es ist nicht notwendig, dass die Schülerinnen und Schülern über Details der atmosphärischen Prozesse Bescheid wissen, aber doch so viel über Ursache und Wirkung, dass sie zu einem umweltgerechten Handeln im Alltag befähigt werden. Um auf das oben genannte Argument des fehlenden Bezuges zum Lehrplan zu kommen: Der Lehrplan ist ein Rahmenlehrplan mit Kern- und Erweiterungsbereich, der im Allgemeinen keine exakten Vorgaben macht. Unter dem Punkt „Prinzipielles Verstehen von Umweltproblemen als Störung natürlicher Systeme“ (Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur o.J., S. 3) lässt sich der Klimawandel aber durchaus einordnen. Die Frage, ob es den Klimawandel gibt oder nicht, ist in der wissenschaftlichen Community keineswegs umstritten:

„Insgesamt ist die Frage, ob sich das Klima ändert und ob der menschgemachte Treibhauseffekt in den letzten Jahrzehnten wesentlicher Antrieb dieser Veränderung war, nicht mehr wissenschaftlich umstritten. Diskutiert wird lediglich über das genaue Ausmaß und die zu erwartenden Konsequenzen in verschiedenen Regionen“ (vgl. Schwarz et al. 2008, <http://www.germanwatch.org/klima/gkw08.pdf>, S. 9).

Das Thema Klimawandel hat auch aus wissenschaftspropädeutischer¹ Sicht eine besondere Bedeutung. Mit seiner Einbeziehung in den Unterricht können Jugendliche erkennen, dass wissenschaftliche Ergebnisse immer wieder überprüft und notfalls bestehende Vorstellungen revidiert werden müssen. Ebenso ist festzustellen, dass wissenschaftliche Fragen auch außerhalb der Forschung von Bedeutung sind und dabei wirtschaftliche, politische und ideologische Interessen vertreten werden (vgl. Hoffmann 2006, S. 7). Darüber hinaus kann am Beispiel des Klimawandels festgestellt werden, dass für ein- und dasselbe Datenmaterial unterschiedliche Interpretationen vorliegen können (z.B. „Leugner“ des anthropogenen Einflusses).

Um auf die obige Forderung zurückzukommen: Obwohl einige Pro- und Kontraargumente genannt wurden, die für bzw. gegen die Thematisierung im Chemieunterricht sprechen, lässt sich die Bedeutung des Klimawandels, als globales Umweltproblem, in unserer heutigen Zeit mit Sicherheit nicht leugnen. Es bleibt aber hinterfragenswert, ob es Thema im Chemieunterricht sein muss, weshalb die Forderung umformuliert werden soll:

„Der Klimawandel sollte ein wichtiges Thema für fächerübergreifenden Unterricht sein.“

In der Literatur werden unter anderem folgende Argumente für die Behandlung des Klimawandels in der Schule erwähnt:

Reinfried et al. (2008, S. 27) begründen die Thematisierung wissenschaftlicher Konzepte, wie das des Treibhauseffekts, im Geographieunterricht folgendermaßen: Untersuchungen zu den Vorstellungen über den Treibhauseffekt und die globale Erwärmung zeigt zum einen, dass aus dem „Ozonlochmodell“ häufig abgeleitet wird, dass ein verstärkter Treibhauseffekt auch ein Zunahme der Hautkrebsrate zur Folge hat, wovon sich einige Schüler/innen beängstigt fühlen. Manche sind der Meinung, dass die starke UV-Strahlung generell das Leben auf der Erde zerstören könnte. Einigen Schülern/innen zufolge, sind die aggressiven Schadstoffe der Luftverschmutzung für die Zerstörung der Ozonschicht verantwortlich. Daher sind

¹ Unter Wissenschaftspropädeutik versteht man die Hinführung zu wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, zu Methoden des Erkenntnisgewinns und allgemein zu Wissenschaftstheorien. <http://de.wikipedia.org/wiki/Prop%C3%A4deutik> [Stand: 06.07.2010].

Reinfried et al. der Meinung, dass es schwierig ist, persönliche Entscheidungen zugunsten einer nachhaltigen Entwicklung zu treffen, wenn keine klaren Vorstellungen über die Eigenschaften des Kohlenstoffdioxids und seiner Rolle in der Atmosphäre vorliegen. So ist neben den moralischen und intellektuellen Zielen ein differenziertes Fachwissen unentbehrlich, um sich in unserer heutigen hochtechnologischen Gesellschaft zurechtzufinden sowie umwelt- und sozialverträgliche Neuerungen zu unterstützen.

Schuler (2004, S. 131) ist der Ansicht, dass Wissen über globale Umweltprobleme dem einzelnen die Möglichkeit einräumt, sich als Mitglied der Weltgesellschaft wahrzunehmen, seine Rolle darin zu reflektieren und problematische Entwicklungen angemessen zu bewerten. Außerdem ist Wissen über globale Umweltprobleme im Alltag handlungsleitend und kann dabei auf soziale Strukturen und Systeme zurückwirken, z.B. als umweltgerechtes Alltagshandeln.

Wenn bedrückende Themen wie der Klimawandel im Unterricht zu lange und intensiv behandelt werden, besteht die Gefahr darin, dass sich die Schüler/innen angesichts der scheinbar aussichtslosen Situation hilflos fühlen. Das kann in weiterer Folge dazu führen, dass die jungen Menschen nicht motiviert sind, etwas dagegen zu unternehmen. Ein weiteres Risiko besteht darin, dass die Schüler/innen durch permanenten Kontakt mit dem Thema desensibilisiert werden (vgl. Taber et al. 2009, S. 98).

2 ZUM STAND DER FACHDIDAKTISCHEN FORSCHUNG ÜBER SCHÜLERVORSTELLUNGEN ZUM KLIMAWANDEL

Kapitel 2 stellt wichtige internationale Studien vor, die zum Thema „Schülervorstellungen zum Klimawandel“ durchgeführt worden sind. Zunächst werden diejenigen Untersuchungen präsentiert, die diesbezüglich im englischsprachigen Raum unternommen worden sind, da diese Länder (England, Amerika, Kanada und Australien) den größten Beitrag der bisherigen Forschungsergebnisse liefern. Danach werden relevante Studien genannt, die außerhalb des englischsprachigen Raumes stattgefunden haben. Aufgrund der Fülle an Literatur ist es unmöglich an dieser Stelle alle Untersuchungen aufzulisten, weshalb auf eine zeitliche und geographische Streuung geachtet wurde.

Unter Punkt 2.2 werden Resultate der PISA-Studie aus dem Jahr 2006 thematisiert. Genauer gesagt wird das Kapitel mit dem Titel „Thema Umwelt: Sorge und Optimismus, Kenntnisse und Verantwortung“ ins Auge gefasst, aus dem interessante Ergebnisse abzulesen sind. Im empirischen Teil wird das eine oder andere Mal auf diese Resultate verwiesen und mit den selbst erhobenen Daten verglichen.

2.1 Internationale Studien

Die erste wichtige Studie, die angeführt wird, stammt von Boyes und Stanisstreet aus dem Jahr 1992 mit dem Titel **“Students’ Perceptions of Global Warming”**. Bis dahin war wenig über die Vorstellungen von Schüler/innen und Studenten/innen im Hinblick auf die globale Erderwärmung bekannt. Im Zuge der Untersuchung befragen sie mittels Fragebogen 218 Studenten und Studentinnen (51,5 % weiblich und 49,5 % männlich), die im ersten Studienjahr (18-20 Jahre) an einer staatlichen, britischen Universität studieren. Nach Boyes und Stanisstreet sollte dem Thema „Globaler Klimawandel“, aufgrund der potentiellen Bedeutung für die Gesellschaft, im Bildungswesen besondere Bedeutung beigemessen werden. Die Aneignung des diesbezüglichen fachlichen Wissens kann sich als durchaus schwierig erweisen, wofür sie folgende Gründe nennen:

- Das Thema ist sehr komplex, mitunter auch umstritten bei manchen Mitgliedern der wissenschaftlichen Community (“Leugner” des anthropogenen Einflusses).
- Da das Thema global ist, ist es für Individuen schwer wahrnehmbar und folglich abstrakter Natur.

- Da abstrakte Themen nicht direkt demonstriert werden können, kann das Lernen nicht experimentell gestaltet werden.

Unter den gegebenen Umständen erweisen sich die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler als besonders resistent gegenüber Änderungen. Boyes und Stanisstreet bemängelten zum damaligen Zeitpunkt, dass außergewöhnlich wenig über die Vorstellungen der Lernenden bezüglich der globalen Erderwärmung bekannt sei, obwohl das Thema von zentraler Bedeutung ist. Um das zu ändern, führten sie eine Reihe weiterer Studien über verschiedene Umweltthemen durch. Bereits zuvor befassten sie sich mit einer Studie, die mit *secondary school pupils* (13-/14-Jährige) über den Treibhauseffekt durchgeführt wurde, allerdings in Form von offenen Fragen. Anhand der dabei erhaltenen Daten haben die Autoren Präkonzepte herausgearbeitet, die schließlich dazu genutzt wurden, einen geschlossenen Fragebogen zu entwickeln. Bereits bei der ersten Studie ziehen sie den Schluss, dass manche Vorstellungen der Jugendlichen mit den wissenschaftlichen vereinbar sind, andere hingegen nicht. Boyes und Stanisstreet stellen weiters fest, dass manche Präkonzepte nur bei den Jüngsten vorherrschen, andere hingegen quer durch alle Altersstufen vorkommen, wie zum Beispiel folgende: Bleifreies Benzin reduziert die globale Erderwärmung; durch die globale Erderwärmung wird es mehr Hautkrebsfälle geben.

Ziel dieser Studie ist, festzustellen, ob die Präkonzepte, die bei der vorangegangenen Studie bei Schülerinnen und Schülern (*secondary school pupils*) ermittelt worden sind, dieselben wie bei einer Gruppe von jungen Erwachsenen (*first year undergraduate students*) sind.

Vorgehensweise: Die befragten Studenten/innen besuchen einen Grundkurs, der zu einem akademischen Grad in biologischen Fächern führt. Eingesetzt wurde ein Fragebogen in geschlossener Form. Zu jeder Aussage sollen die Studenten und Studentinnen eine der folgenden Auswahlmöglichkeiten ankreuzen: "I am sure this is right", "I think this is right", "I don't know about this", "I think this is wrong" und "I am sure this wrong". Insgesamt besteht der Fragebogen aus 36 Aussagen, die wiederum in drei Bereiche unterteilt sind. Innerhalb jedes Bereiches ist eine Hälfte der Aussagen richtig, die Andere falsch. Um ein besseres Bild davon zu zeichnen, werden pro Bereich je zwei Beispiele angeführt. Die in den Klammern stehenden Buchstaben geben Auskunft darüber, ob es sich um eine richtige (T) oder falsche (F) Aussage handelt.

Bereich 1: Reale und mögliche Konsequenzen durch den Treibhauseffekt.

- *If the Greenhouse Effect gets bigger the earth will get hotter. (T)*
- *If the Greenhouse Effect gets bigger more people will get food poisoning. (F)*

Bereich 2: Reale und mögliche Ursachen des Treibhauseffekts.

- *The Greenhouse Effect is made worse by acid in the rain. (F)*
- *The Greenhouse Effect is made worse by too much carbon dioxide in the air. (T)*

Bereich 3: Reale und mögliche Handlungen die zur Verminderung des Treibhauseffekts führen.

- *The Greenhouse Effect can be made smaller by eating healthy foods. (F)*
- *The Greenhouse Effect can be made smaller by not using cars so much. (T)*

Ergebnis: Die Ergebnisse sind in Form eines Balkendiagramms mit Prozentangaben und einer Zweiteilung in „richtige“ und „falsche“ Aussagen, graphisch dargestellt. Der in der Graphik verwendete Prozentsatz setzt sich aus der Anzahl an Antworten zusammen, die eine der folgenden beiden Antwortkategorie wählten: “I am sure this is right” und “I think this is right”.

Im Bereich 1, bei den realen und möglichen Konsequenzen durch den Treibhauseffekt stechen zwei Ergebnisse heraus: Zum einen glaubt die Mehrheit, dass Hautkrebs eine Konsequenz des Treibhauseffekts sei. Boyes und Stanisstreet sprechen in diesem Fall von einer Vermischung der Konzepte “Treibhauseffekt” und “Zerstörung der Ozonschicht”. Zum anderen realisiert weniger als die Hälfte der Befragten, dass es durch die globale Erderwärmung zu einer erhöhten Anzahl an biologischen Schädlingen kommen kann.

Die Ergebnisse des Bereiches 2, der realen und möglichen Ursachen des Treibhauseffekts, sind nach Boyes und Stanisstreet am wenigsten zufriedenstellend. Auch hier erscheint die Vermischung der beiden oben angesprochenen Konzepte nahe liegend: Mehr als 50 % der Studentinnen und Studenten ist der Meinung, dass sich der Treibhauseffekt aufgrund der Löcher in der Ozonschicht verschlimmert. Außerdem wissen nur 20 %, dass bodennahes Ozon ein Treibhausgas ist.

Im Vergleich zu den beiden ersten Bereichen, haben sich im Bereich 3 (Reale und mögliche Handlungen, die zur Verminderung des Treibhauseffekts führen können) gute Ergebnisse eingestellt. Ein Präkonzept hebt sich dennoch ab, nämlich, dass zirka die Hälfte der Studentinnen und Studenten glaubt, dass der Gebrauch von bleifreiem Benzin zur Reduktion des Treibhauseffekts beiträgt.

Des Weiteren analysieren Boyes und Stanisstreet die Ergebnisse in Abhängigkeit des Geschlechts. Obwohl bei manchen Aussagen gering, findet man doch statistisch signifikante Unterschiede bei der Verteilung der Antworten. So geben zum Beispiel mehr männliche als weibliche Befragte (68 %, 52 %) an, dass die globale

Erderwärmung zu einer verstärkten Desertifikation führen wird. Insgesamt gesehen kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die Teilnehmerinnen geringfügig mehr Präkonzepte, zum Thema globale Erderwärmung, besitzen als die männlichen Teilnehmer. Boyes und Stanisstreet stellen diesbezüglich eine Vermutung an. Als mögliche Erklärung geben sie an, dass sich das erworbene Wissen bezüglich naturbezogener Themen vornehmlich auf außerschulische Quellen bezieht, im Speziellen auf das Fernsehen. Möglicherweise werden Junge und Mädchen durch unterschiedliche Programme angezogen, wodurch sie sich unterschiedliches Wissen aneignen.

Des Weiteren stellen Boyes und Stanisstreet fest, dass diese Ergebnisse ähnlich zu denen waren, die sie zuvor bei den jüngeren Schüler/innen erhoben haben.

Eine weitere interessante Studie führten Boyes, Chuckran und Stanisstreet im Jahr 1993 durch. Sie befassten sich mit folgendem Thema: **“How do High School Students perceive Global Climate Change [...]?”** Im Prinzip handelt es sich bei dieser Studie um dasselbe Vorgehen, mit denselben geschlossenen Fragen, Kategorien etc., wie in der Obigen. Diese hier wurde hingegen in der Gegend von Boston (USA) durchgeführt. Dabei erhielten 702 Schüler und Schülerinnen, unterschiedlicher Klassenstufen (Grade 5-10) und 5 verschiedener High Schools den Fragebogen.

Die Ergebnisse sind in den folgenden Unterkategorien tabelliert: Grade 5/6 (10-12 Jahre), Grade 7/8 (12-14 Jahre), Grade 9/10 (14-16 Jahre). Es liegen sowohl Ergebnisse zu den einzelnen Altersgruppen, als auch ein errechneter Mittelwert vor. Zusätzlich sind diese auch in graphischer Form dargestellt. Die interessantesten Ergebnisse dieser Studie möchte ich hier kurz anführen:

Im Bereich 1 (Reale und mögliche Konsequenzen durch den Treibhauseffekt) fällt ein Ergebnis besonders auf: 84 % der Befragten glauben, dass die globale Erderwärmung Hautkrebs verursachen würde. Bei diesem Ergebnis ist kaum ein prozentueller Unterschied zwischen den einzelnen Altersstufen erkennbar.

Bereich 2 (Reale und mögliche Ursachen des Treibhauseffekts): 64 % erkennen die Hauptursache der globalen Erwärmung, nämlich, dass die Sonnenstrahlen die Erde nicht verlassen können (vereinfacht gesagt), auch als solche (bei der Studie, die in England durchgeführt worden ist, waren es immerhin 80 %); der Prozentsatz, über die Jahrgänge verteilt, ist wiederum konstant. Dabei muss angemerkt werden, dass ein ähnlicher Prozentanteil nämlich 67 % angibt, dass die globale Erwärmung aufgrund verstärkter Sonneneinstrahlung entsteht, obwohl diese Annahme mit steigendem Alter

abnimmt. Nur 23 % der Befragten sind der Meinung, dass bodennahes Ozon ein Treibhausgas ist. Boyes, Chuckran und Stanisstreet bemerken hierbei, dass den Schülerinnen und Schüler die Idee, Ozon als Schadstoff zu sehen, schwer fällt. Das liegt womöglich an der Tatsache, dass in der Öffentlichkeit stets die unerwünschten Konsequenzen der Zerstörung der Ozonschicht verbreitet werden. Augenscheinlich herrscht auch Verwirrung was die globale Erderwärmung und den Sauren Regen betrifft: 43 % glauben, dass der saure Regen zur Verschlimmerung der Situation beträgt. 59 % der Befragten sind der Überzeugung, dass nuklearer Abfall Ursache des Treibhauseffekts sei. Dass das Ozonloch verantwortlich ist, glauben sogar 84 %.

Die Ergebnisse der zwei Studien untermauern bislang die Ansicht, dass Schülerinnen und Schüler die Ideen der verschiedenen großräumigen Umweltthemen – globale Erderwärmung, Zerstörung der Ozonschicht, Saurer Regen und Radioaktive Kontamination - miteinander verwechseln.

Bereich 3 (Reale und mögliche Handlungen die zur Verminderung des Treibhauseffekts führen): Nur 31 % bejahen die Aussage, dass der Treibhauseffekt reduziert werden kann, wenn man Kohlekraftwerke gegen Kernkraftwerke tauscht. Das kann an der negativen Konnotation des Begriffs "Kernkraft" liegen. So geben weiters 52 % der jüngeren Schülerinnen und Schüler an, dass eine Reduktion der globalen nuklearen Arsenale helfen kann, den globalen Treibhauseffekt zu senken. Ein wenig überraschend ist die Tatsache, dass 41 % annehmen, dass ein verbesserter Artenschutz dazu beitragen kann, die globale Erderwärmung aufzuhalten. Der Prozentsatz ist für alle Altersstufen in etwa der gleiche. Das am weitesten verbreitete Präkonzept steht hier, wie bei der vorigen Studie, in Verbindung mit bleifreiem Benzin: 52 % geben an, dass der Gebrauch von bleifreiem Benzin zur Reduktion des Treibhauseffekts beiträgt. Diese Vorstellung ist vor allem bei den Älteren vorherrschend! Infolgedessen besteht die Gefahr, dass Autofahrer, die prinzipiell umweltfreundlich gesinnt sind, glauben könnten, dass Autofahren mit bleifreiem Benzin keine Schäden für die Umwelt verursacht.

Die Ergebnisse der beiden bisher vorgestellten Studien ("Students' Perceptions of Global Warming" und "How do High School Students perceive Global Climate Change [...]?") wurden miteinander verglichen, da es sich um dieselbe Methode mit denselben Fragen, gleicher Vorgehensweise etc. handelt. Dabei ist festzustellen, dass die amerikanischen Schülerinnen und Schüler ein deutlich schlechteres Gesamtergebnis als die englischen Jugendlichen erzielt haben. Dabei muss man jedoch einerseits das unterschiedliche Alter beachten und andererseits, dass die Befragten der ersten Studie

einen akademischen Grad in einem naturwissenschaftlichen Fach anstrebten. Die Vergleichbarkeit ist unter den gegebenen Umständen also eingeschränkt.

24 Jugendliche im Alter von 11-13 Jahren wurden im Zuge der Studie „**An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming**“ von Ruy et al. (1997) in ländlichen Schulen in Pennsylvania befragt. Die Schülerinnen und Schüler beantworten im Anschluss an den zweiwöchigen Themenschwerpunkt „Klimawandel“ Interviewfragen.

Die Lehrer der jeweiligen Klassen (zwei Klassen *grade 6*, eine *grade 7* und *grade 8*) wählen zwischen fünf und acht Jugendliche pro Klasse, in Abhängigkeit des Geschlechts und der „akademischen Fähigkeiten“ (die Bewertung beruht auf der Wahrnehmung des/der jeweiligen Lehrers/in). Von den insgesamt 24 Teilnehmer/innen sind 58 % männlich und 42 % weiblich. Es sind weniger Lernende mit geringen, als mittleren und hohen allgemeinen „akademischen Fähigkeiten“.

Interviews: Ein Leitfaden zur Durchführung des Interviews wurde entwickelt. Die zwölf Fragen basieren darauf, den Schüler/innen in bestimmten Bereichen ihre Vorstellungen zu entlocken, wie z.B. Natur und Ursache des globalen Klimawandels, Handlungsmöglichkeiten auf gesellschaftlicher und persönlicher Ebene, Verbindung zwischen Klimawandel und Ozon etc. Die Forscher sind sich bewusst, dass die Frage nach der Verbindung zwischen Klimawandel und Ozon die Jugendlichen in eine gewisse Richtung lenkt und das gesamte Interview davon beeinflusst werden könnte. Daher wurde diese Frage erst am Schluss des Interviews gestellt. Jedes Interview dauert zirka 20-30 Minuten.

Ergebnis: Auf die Frage „*When you think about global warming, what comes to mind?*“ erwähnt die Mehrheit der Untersuchten in diesem Zusammenhang die Begriffe „Ozonschicht“ und „UV-Strahlung“. 75 % der Jugendlichen glauben, dass die Zerstörung der Ozonschicht und/oder eine erhöhte UV-Strahlung mit dem Klimawandel zu tun haben. Mehr als die Hälfte ist der Meinung, dass die Zerstörung der Ozonschicht sogar einer der Hauptgründe für die globale Erderwärmung ist und, dass im Speziellen Kohlenstoffdioxid diese Schicht zerstört. Ein weiteres alternatives Konzept kann anhand der Interviews gefunden werden: Obwohl Sprühdosen in den USA seit 1979 offiziell FCKW-frei sind, meinen 53 % der Schülerinnen und Schüler, dass das FCKW der Sprühdosen die Ozonschicht zerstört.

Eine Studie aus Schweden, durchgeführt von Andersson und Wallin im Jahr 2000, lautet: **“Students’ Understanding of the Greenhouse Effect, the Societal Consequences of Reducing CO₂ Emissions and the Problem of Ozone Layer Depletion”**.

Diese Untersuchung stellt einen Teil des schwedischen Programms für die nationale Evaluierung dar und wurde von der Nationalbehörde für Bildung durchgeführt. Dabei müssen die Schülerinnen und Schüler Fragen bzw. Aufgaben in offener Form beantworten, die den nachstehenden Forschungsfragen inhaltlich entsprechen:

- (a) *“How do Swedish students in grade 9 (15-16 years old) and grade 12 (18-19 years old) explain the greenhouse effect?”*
- (b) *“How do they think reduction of CO₂ emission would affect society?”*
- (c) *“How do they explain that the depletion of the ozone layer is a problem?”*

Die zweite Frage bringt eine neue Perspektive, in Bezug auf die Schülervorstellungen zur globalen Erderwärmung bis zu diesem Zeitpunkt, ins Spiel. Die vorangegangenen Studien beschäftigten sich zumeist mit den Konsequenzen eines verstärkten Treibhauseffekts. Jedoch wurden die Schülerinnen und Schüler niemals danach gefragt, welche gesellschaftlichen Konsequenzen, ihrer Meinung nach, eine Reduktion der Kohlenstoffdioxid-Emissionen mit sich bringen würde. Die dritte Frage ist im Gegensatz zu vorigen internationalen Untersuchungen insofern abgeändert, als die Jugendlichen die Frage nun in eigenen Worten beantworten sollen. Zuvor mussten die Befragten zum Thema “Zerstörung der Ozonschicht” „nur“ zwischen einer der vorgegebenen Antwortmöglichkeiten wählen.

12 Schulen pro Altersgruppe nehmen teil, also 24 Schulen insgesamt. Die Schulen sind nicht willkürlich gewählt, sondern es wird auf eine breite geographische Verteilung geachtet (sowohl Groß- als auch Kleinstädte und kleinere Gemeinden). Pro Jahrgang sind zirka 200 Schülerinnen und Schüler beteiligt.

Die Ergebnisse werden nachfolgend kurz vorgestellt:

Aufgabe (1): *“We speak of the greenhouse effect in many different contexts. Describe in your own words what the greenhouse effect is!”*

Andersson und Wallin haben fünf verschiedene Modelle zum Treibhauseffekt aus den Antworten der Schülerinnen und Schüler herausgearbeitet, alle mehr oder weniger unvollständig, aber nichtsdestoweniger ausbaufähig. Die Aussagen sind jeweils einer dieser Kategorien zugeordnet. Es soll an dieser Stelle nicht näher auf die Modelle eingegangen werden, aber zusammenfassend kann gesagt werden:

Zirka 10 % der Befragten erwähnen den natürlichen Treibhauseffekt. In etwa 40 % der 15-/16-Jährigen und 50 % der 18-/19-Jährigen schreiben ausschließlich von der Verstärkung des Treibhauseffekts. Der Rest weist auf das Ozonloch hin, auf gar keinen Effekt oder auf einen Effekt, wobei aus den Aussagen nicht eindeutig herauszulesen ist, ob damit der natürliche Treibhauseffekt oder dessen Verstärkung gemeint ist.

Bevor der nächste „Test“ durchgeführt wird, erhalten die an dieser Studie teilnehmenden Schulen Informationen, für folgendes Prozedere, zugeschickt:

Die Schüler/innen sollen zunächst über die Frage, wie sich die Reduktion von Kohlenstoffdioxid-Emissionen auf die Gesellschaft auswirken würde, mit dem/r jeweiligen Sitznachbarn/in im Unterricht diskutieren. Der Gedanke hinter dieser Vorgehensweise ist, dass die Jugendlichen erkennen, dass es unterschiedliche Ansätze/ Meinungen/ etc. für eine solch komplexe Fragestellung gibt. Dieser Einstieg wird nicht von den Untersuchern selbst durchgeführt und findet auch nicht unmittelbar vor dem „Test“ statt.

Bevor die Untersuchung schließlich durchgeführt wird, gibt es noch allgemeine Äußerungen bezüglich der Probleme infolge der Verstärkung des Treibhauseffekts und der Tatsache, dass die Meinung, was dagegen zu unternehmen sei, zwischen „normalen“ Leuten und Experten stark divergiere. Danach sollen sich die Teilnehmer/innen der Befragung gedanklich vorstellen, dass sie an einer Weltkonferenz teilnehmen und darüber zu entscheiden haben, welche Anstrengungen die jeweiligen Länder (es wird eine Zweiteilung in Industrie- und Entwicklungsländer vorgenommen) unternehmen müssen. Antwortmöglichkeiten dazu sind vorgegeben. Drei Viertel meinen, dass drastische Einschränkungen sowohl vonseiten der Industriestaaten als auch vonseiten der Entwicklungsländer notwendig seien. Im Anschluss daran wird die zweite Aufgabe gestellt:

Aufgabe (2): *“What will be the consequences of carrying out the alternatives you have chosen for industrialized countries and developing countries?”*

Es werden zwar einige Folgen genannt, aber es zeigt sich, dass die Schüler/innen nicht zur Gänze verstehen, welche fundamentalen sozialen Änderungen eine drastische Kohlenstoffdioxid-Reduktion mit sich bringen würde. Dieses Bild bezieht sich vor allem auf die Entwicklungsländer, was damit zu tun haben könnte, dass den Schülern/innen die Lebenserfahrung in einem solchen Land fehlt.

Aufgabe (3): *“High up in the atmosphere there is what is known as the ozone layer. The thinning out of the ozone layer and that this is a problem are discussed in many contexts. Why is the thinning out of the ozone layer a problem?”*

Die Schüler/innen sind gut darüber informiert, welche gesundheitlichen Folgen die Zerstörung der Ozonschicht für den Menschen bedeutet. Wenige bedenken hingegen, dass auch andere Lebewesen auf dem Planeten Schaden nehmen könnten. Überdies erwähnen etwa 20 % im Zusammenhang mit dem Begriff "Ozonloch" geophysikalische Effekte, dabei vor allem Erwärmung.

Eine weitere interessante Studie stammt von Koulaidis und Christidou aus dem Jahr 1996 und lautet "**Models of Student's Thinking concerning the Greenhouse Effect and Teaching Implications**". Sie wurde in der Nähe von Thessaloniki, Griechenland, durchgeführt. Im Zuge dieser Untersuchung wählen die Autoren verschiedene Schulen, um einen sozioökonomischen Mix zu erhalten. Insgesamt nehmen 40 *primary school students* (11-12-Jährige) an dieser Studie teil, davon 22 Buben und 18 Mädchen. Spezielle Kriterien für Auswahl gibt es nicht.

Koulaidis und Christidou führen mit den Schülerinnen und Schülern individuelle, halbstrukturierte Interviews durch. Als Vorteil eines Interviews nennen sie die Flexibilität; es ermöglicht einen direkten Zugang zu den kognitiven Strukturen der befragten Person, die Erfassung ihres Wissens ist somit leichter. Jede/r wird zweimal interviewt. Das erste Interview dient dazu, die Schülerinnen und Schüler in das Thema einzustimmen. Beim zweiten Mal sollen sie ermutigt werden, sich spezifischer zu äußern. Zur Unterstützung werden den Jugendlichen zusätzlich 19 Kärtchen ausgehändigt, auf denen die Hauptbegriffe bezüglich des Treibhauseffekts stehen. Zuerst sollten sie diese ordnen, um mit den Begriffen vertraut zu werden. Die nächste Aktivität besteht darin, die Zusammenhänge zwischen den Kärtchen (also den Begriffen) näher zu erläutern. Schließlich sollen sie noch einige Fragen beantworten. Parallel zur Beantwortung, sollen sie die jeweils relevanten Kärtchen wählen, an einer Tafel anbringen und die Beziehung dieser untereinander erklären, sodass sich am Ende ein Concept Map ("Begriffslandkarte") ergibt. Die Interviews haben eine durchschnittliche Dauer von 60-70 Minuten.

Sieben Denkmodelle werden gefunden – die sich durch folgende Kriterien unterscheiden:

- (a) Ort und Verteilung der Treibhausgase.
- (b) Existenz einer Verbindung zwischen Treibhauseffekt und Ozonschicht, oder ihrer Zerstörung.
- (c) Art der Strahlung, die am Treibhauseffekt beteiligt ist.

Koulaidis und Christidou formulieren aus ihren Ergebnissen zentrale Themen für den Unterricht:

- (1) Das Konzept für die gleichförmige Verteilung der Treibhausgase.
- (2) Die Unterscheidung zwischen der UV-Strahlung und anderen Arten der Sonnenstrahlung.
- (3) Die Unterscheidung zwischen Sonnenlicht und der Erdstrahlung.
- (4) Unterscheidung zwischen der Ozonschicht und den Treibhausgasen in der Atmosphäre.

2.2 PISA 2006

PISA ist eine Studie, die sich unter anderem sehr detailliert mit der Naturwissenschaftskompetenz (scientific literacy) der Schülerinnen und Schüler auseinandersetzt. Da bei der PISA-Studie 2006 Kenntnisse über Naturwissenschaften erfasst wurden (neben der Lese- und Mathematikkompetenz) und ein Kapitel davon den Titel "Thema Umwelt: Sorge und Optimismus, Kenntnisse und Verantwortung" trägt, möchte ich die Erkenntnisse an dieser Stelle nicht unerwähnt lassen. Ich werde mich bei der folgenden Ausführung auf folgendes Dokument stützen: Schreiner et al. 2007, S. 36-38 und 75:

Der erste Satz des genannten Kapitels lautet wie folgt: "Spätestens seit der Diskussion um den Klimawandel rücken Umweltthemen immer mehr in das Zentrum des öffentlichen Bewusstseins." Es muss daher Ziel sein, dass Umweltthemen auch in der Schule und im Unterricht eine größere Rolle spielen. Die von den 15-/16-Jährigen dort erworbenen Kenntnisse und Einstellungen beeinflussen deren Handlungen und Entscheidungen. Laut Studie, wird das in Österreich in hohem Maße erreicht: Die Schüler/innen fühlen sich gut über Umweltthemen informiert und zeigen in diesem Punkt wenig Optimismus.

Der Fragebogen zu diesem Kapitel ist in vier Themenbereiche gegliedert: "Kenntnis von Umweltthemen", "Besorgnis in Bezug auf Umweltthemen", "Optimismus in Bezug auf Umweltthemen" und "Verantwortung gegenüber Ressourcen und der Umwelt". Es werden jeweils sechs bzw. sieben Fragen gestellt, wobei den Schüler/innen vier Antwortmöglichkeiten zur Auswahl stehen (Multiple-Choice). Die Ergebnisse sind einerseits in graphischer Form dargestellt, andererseits in schriftlicher Form interpretiert. In der bildlichen Darstellung ist der Mittelwert der OECD²-Mitgliedsstaaten angegeben und zusätzlich wird zwischen weiblichen und männlichen Teilnehmern/innen unterschieden.

Kenntnis von Umweltthemen: Die österreichischen Jugendlichen stufen ihre Kenntnisse hoch ein, deutlich über dem OECD-Mittelwert. Burschen schätzen ihren Informationsstand diesbezüglich höher ein als Mädchen. Ähnliche Geschlechtsdifferenzen kommen in allen Vergleichsländern vor.

Der Zusammenhang zwischen der getesteten Naturwissenschafts-Kompetenz und der Selbsteinschätzung ist in allen Ländern konsistent: Schüler/innen, die den Test besser

² OECD steht für "Organisation for Economic Co-operation and Development" (dt. „Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung“). <http://de.wikipedia.org/wiki/OECD> [Stand: 05.05.2010].

bestehen, geben an, bessere Kenntnis über Umweltthemen zu haben. Eine Frage in diesem Bereich lautet zum Beispiel:

“Wie gut bist du über folgende Umweltthemen informiert?”

- Den Anstieg an Treibhausgasen in der Atmosphäre
- Ich hab noch nie davon gehört
- Ich habe davon gehört, könnte aber nicht erklären, worum es dabei wirklich geht
- Ich weiß etwas darüber und könnte das in groben Zügen erklären
- Ich bin damit vertraut und könnte das gut erklären
- etc.

Besorgnis in Bezug auf Umweltthemen: Die 15-/16-Jährigen werden gefragt, ob verschiedene Umweltthemen ein ernstes Anliegen für sie und/oder die Menschen in ihrem Land darstellen. Dass die Jugendlichen in Bezug auf Umweltthemen sensibilisiert sind, kann man an den hohen Werten auf der Besorgnisskala ablesen. Außerdem zeigt die Skala, dass Mädchen prinzipiell besorgter als Burschen sind. Österreich liegt gesamt gesehen knapp unter dem OECD-Mittelwert, wobei die Mädchen ein wenig darüber, die Burschen deutlich unterhalb liegen. Am besorgtesten im Ländervergleich zeigen sich die ungarischen Jugendlichen. Die nordeuropäischen Jugendlichen hingegen, aus Finnland, Schweden und Dänemark machen sich auffallend wenig Sorgen. Unter anderem wird folgende Frage gestellt:

“Findest du, dass die folgenden Umweltthemen ernste Anliegen für dich und/oder für andere sind?”

- Luftverschmutzung
- Das ist ein ernstes Anliegen für mich persönlich als auch für andere
- Das ist ein ernstes Anliegen für andere Leute in Österreich, aber nicht für mich
- Das ist nur für Leute in anderen Ländern ein ernstes Anliegen
- Das ist für niemanden ein ernstes Anliegen
- etc.

Optimismus in Bezug auf Umweltthemen: Die Schüler/innen werden zu ihrer Einschätzung im Hinblick auf die Entwicklung verschiedener Umweltthemen gefragt. Dabei zeigt sich, dass die Jugendlichen umso weniger optimistisch sind, je mehr sie über ein Thema zu wissen angeben. Die österreichischen Schüler/innen zeigen sich diesbezüglich, im Ländervergleich, am wenigsten optimistisch. Das signalisiert andererseits, dass sie eine hohe Sensibilität für die angesprochenen Themen haben.

Des Weiteren kann der Graphik entnommen werden, dass die Burschen in allen Ländern optimistischer als die Mädchen eingestellt sind. Die optimistischen Jugendlichen sind in Schweden zu finden.

“Glaubst du, dass die folgenden Umweltprobleme in den nächsten 20 Jahren besser oder schlechter werden?”

- Luftverschmutzung
- Wird besser
- Bleibt ungefähr gleich
- Wird schlimmer
- etc.

Verantwortung gegenüber Ressourcen und der Umwelt: Die österreichischen Jugendlichen liegen in etwa im OECD-Mittel. Mädchen zeigen in fast allen Vergleichsländern ein höheres Verantwortungsbewusstsein als Burschen. Eine auffallend große Differenz zeigt sich bei den Finnen. Der Zusammenhang mit der Leistung der Schüler/innen ist wieder konsistent: Schüler/innen mit einer höheren Naturwissenschaftskompetenz zeigen mehr Verantwortung als Jugendliche mit weniger Leistung.

„Wie sehr stimmst du den folgenden Aussagen zu?”

- Ich bin für Gesetze, die die den Schadstoff-Ausstoß der Fabriken regulieren, auch wenn dadurch Produkte teurer werden würden.
- Stimme ganz zu
- Stimme eher zu
- Stimme eher nicht zu
- Stimme gar nicht zu
- etc.

Die hier dargestellten Ergebnisse veranlassen mich dazu (s. Empirischer Teil), herauszufinden, ob die Untersuchten im Zuge dieser empirischen Studie ebenso in Bezug auf den Klimawandel besorgt sind, wenig Optimismus zeigen und wie es in puncto Verantwortungsübernahme aussieht. Darüber hinaus sollen wie bei der PISA-Studie 2006 geschlechtsspezifische Aussagen gemacht werden.

3 SCHÜLERVORSTELLUNGEN

Dass die Vorstellungen, die die Schülerinnen und Schüler vor Beginn eines Lernprozesses vom Lerngegenstand haben, eine wichtige Rolle beim Lernen spielen und jeder Unterricht daher bei diesen anfangen soll, ist eine sehr alte pädagogische Maxime, die unter anderem schon bei Pestazzoli (1746-1827) und Diesterweg (1790-1866) zu finden ist (vgl. Kesidou 1990, S. 71). Der Lehrer, Pädagoge und Didaktiker Diesterweg äußerte sich diesbezüglich in seinem Werk "Wegweiser für deutsche Lehrer" in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wie folgt: "Ohne die Kenntnis des Standpunktes des Schülers ist keine ordentliche Belehrung dessen möglich" (Diesterweg 1835; zit. n. Häußler et al. 1998, S. 169). Zirka 130 Jahre später hat Ausubel so Stellung genommen: "The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly" (Ausubel 1968; zit. n. Kesidou 1990, S. 71). Er hat mit diesem Leitsatz der Forschung zur Rolle des Vorwissens beim Lernen einen beträchtlichen Impuls gegeben (vgl. Duit 2008, S. 2).

Manch einer fragt sich nun vielleicht, ob ein Unterricht, der an die Vorstellungen der Schüler/innen anknüpft, wirkungsvoller ist, als „traditioneller“ Unterricht. Auf diese Frage gibt es keine eindeutige Antwort, denn man kann kaum davon ausgehen, dass Unterricht allein deshalb besser wird, weil man eine der vielen, interagierenden Variablen verändert. Es gibt jedoch Indizien aus der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung, dass ein solcher Unterricht im Hinblick auf den Erwerb von Begriffen und Prinzipien effizienter ist als herkömmlicher Unterricht (vgl. Reinfried 2008, S. 11).

3.1 Charakter und Quellen von Schülervorstellungen

“Bereits von frühester Kindheit an entwickeln Kinder Ideen über ihre natürliche Umwelt. Sie sammeln Erfahrungen was passiert, wenn sie einen Gegenstand fallen lassen, etwas stoßen, ziehen oder werfen. Aus diesen sich wiederholenden Erfahrungen entwickeln sie im Laufe ihres Lebens Vorstellungen und Erwartungen wie Objekte fallen oder sich bewegen. Ähnlich entwickeln sie Ideen über andere Aspekte ihrer Umwelt [...]” (Nieswandt 2001, S. 33).

Es ist beileibe keine neue Einsicht, dass Schülerinnen und Schüler nicht als leere, unbeschriebene Blätter in den Unterricht hineinkommen, sondern dass sie zu den zu lernenden Phänomenen, Begriffen und Prinzipien bereits Vorstellungen besitzen. Diese vorunterrichtlichen Vorstellungen werden meist durch jahrelange Alltagserfahrungen

erworben, sind tief verankert und stimmen oft in wesentlichen Merkmalen nicht mit wissenschaftlichen Vorstellungen überein (vgl. Duit 1993, S. 4).

Da die vorunterrichtlichen Vorstellungen den einzigen Rahmen bilden, der den Lernenden zur Interpretation des von der Lehrkraft oder vom Lehrbuch Präsentierten zur Verfügung steht, verstehen sie oft das Präsentierte nicht in gleicher Weise, wie es eigentlich gemeint war. Die Schülerinnen und Schüler verstehen häufig gar nicht, was sie im Unterricht hören oder sehen und was sie im Lehrbuch lesen, weil sie das Neue nur durch die Brille des ihnen bereits Bekannten „sehen“ können. Daraus ergeben sich oftmals tiefgreifende Lernschwierigkeiten. Der naturwissenschaftliche Unterricht in der Schule hat unter anderem aus diesem Grund häufig nur relativ bescheidenen Erfolg dabei, die Schülerinnen und Schüler von ihren Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien zu leiten (vgl. Häußler et al. 1998, S. 169).

Lernen von Chemie, wie Lernen allgemein, bedeutet, Wissen auf der Basis der vorhandenen Vorstellungen aktiv aufzubauen. Der Unterricht muss also an den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen und ihre Eigenaktivität fordern, sowie fördern (vgl. Duit 1995, S. 11).

Für die Chemiedidaktik ist es eine wichtige Grundfrage, zu welchen Sachverhalten welche Schülervorstellungen vorliegen und welche Erfahrungen es im Umgang mit diesen gibt. Oftmals werden Schülervorstellungen einfach als „falsche Vorstellungen“ bezeichnet, ohne dabei zu berücksichtigen, dass die Schülerinnen und Schüler durchaus richtig beobachteten. Daher sind diese Vorstellungen nach Barke besser zu bezeichnen als:

- Alltagsvorstellungen oder lebensweltliche Vorstellungen
- Ursprüngliche oder vorwissenschaftliche Vorstellungen
- Schülervorverständnis oder Präkonzepte
- Misconcepts oder Misconceptions

(Barke et al. 2001, S. 10)

In der deutschsprachigen Literatur ist der Begriff der Schülervorstellung am häufigsten. Folgende Termini findet man unter anderem in der angelsächsischen Literatur: „misconceptions“, „preconceptions“, „student’s ideas“, „alternative frameworks“ und „alternative conceptions“.

Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler wird in der deutschen und angelsächsischen Literatur mit unterschiedlichen Begriffen bezeichnet. Die verschiedenen Termini sind nicht wertneutral, sondern zeigen, welche Akzentuierung

die Autoren vornehmen und lassen Rückschlüsse darüber zu, welche Haltung die Personen gegenüber dem Vorwissen einnehmen (vgl. Burger 2001, S. 86). Bei Barke (2006) findet man zum Beispiel häufig den Ausdruck "Fehlvorstellungen". Parallel dazu, weist der angelsächsische Begriff "misconception" auch auf die unzureichende Erklärungsmächtigkeit und den unwissenschaftlichen Charakter solchen Vorwissens hin.

Kattmann et al. (1997, S. 12) zum Beispiel sprechen sich deutlich gegen eine allgemeine Abwertung von Schülervorwissen aus und distanzieren sich klar vom Begriff "Fehlvorstellungen". Sie betonen in ihrer Arbeit den individuellen Nutzen von Schülervorstellungen für die Besitzer und stellen heraus, dass derartiges Vorwissen verständnisfördernd in den entsprechenden Fachunterricht einbezogen werden kann und sollte.

Gerhardt (1994) und Mietzel (1998) (zit. n. Burger 2001, S. 86) unter anderem unterstützen diese Einschätzung, geben aber auch zu bedenken, dass die Begriffe „misconception“ und „Fehlvorstellung“ sowie ähnliche Bezeichnungen nicht immer unangemessen scheinen. In Hinblick auf das Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts, bestimmte Wissensinhalte aus fachwissenschaftlicher Sicht möglichst korrekt zu vermitteln, können je nach Kontext ihrer Auffassung nach Schüleräußerungen ebenso als sachlich falsch gekennzeichnet werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird der wertneutrale Begriff Schülervorstellungen benutzt.

3.1.1 Woher stammen die Schülervorstellungen?

Es können unterschiedliche Quellen für Schülervorstellungen genannt werden:

- Alltagserfahrungen im Umgang mit Phänomenen wie Bewegungen, Wärme, Licht und dgl.
- Alltagssprache
- Gespräche im Alltag, Lesen von Büchern, Konsumieren von Produkten der Massenmedien
- Vorangegangener Unterricht

(Häußler et al. 1998, S. 176)

Viele der Vorstellungen, die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht mitbringen, sind "Alltagsvorstellungen". Darüber hinaus haben sich auch andere Quellen für solche Vorstellungen erwiesen: zum Beispiel vorangegangener Unterricht. Durch den Unterricht können Vorstellungen erweckt oder unterstützt werden, die im Gegensatz zu

den zu wissenschaftlich anerkannten stehen. Weiter kann zwischen ad-hoc-konstruierten, speziellen und allgemeinen Vorstellungen unterschieden werden (vgl. Häußler et al. 1998, S. 176).

Ad-hoc-konstruierte Vorstellungen treten dann auf, wenn Schülerinnen und Schüler mit einem Phänomen konfrontiert werden, zu dem sie noch keine spezielle Vorstellung entwickelt haben. Sie sind nicht tief verankert und können daher leicht geändert werden, im Gegensatz zu den tief verankerten Alltagsvorstellungen.

Allgemeine Vorstellungen sind tief verankert und schwieriger zu ändern, insbesondere dann, wenn sie in sehr erfolgreiche allgemeine Alltagsschemata eingebettet sind (vgl. Stangl 2006, S. 14f.).

3.1.2 Beispiele für Schülervorstellungen

Wie bereits erwähnt, beachtet man zumeist nicht, dass die Kinder und Jugendlichen durchaus richtig beobachten und für sich selbst eigene, meistens intelligente und funktionale Erklärungen für ihre Erfahrungswelt geschaffen haben. Diesbezüglich befinden sie sich in bester Gesellschaft mit Wissenschaftlern und Naturphilosophen früherer Jahrhunderte, die ebenso beobachteten und aus ihren Beobachtungen, mithilfe der Gesetze der Logik, Schlüsse zogen (vgl. Barke 2006, S. 22). Vorunterrichtlichen Vorstellungen begegnet man mehrheitlich im Anfangsunterricht der Naturwissenschaften, so Barke. Als Beispiele ganz allgemeiner Art nennt er z.B.:

a) “Die Sonne dreht sich um die Erde”

Die ersten Erlebnisse, die ein Kind im Zusammenhang mit der Sonne macht, sind zumeist mit folgenden Aussagen ihres Umfeldes verbunden: “Sieh – da geht morgens die Sonne auf, da steht sie mittags hoch am Himmel, dort geht sie abends unter” (Barke 2006, S. 22). Aufgrund des Kreislaufes über dem eigenen Standort, sowie die diesbezügliche Umgangssprache lässt viele Kinder folgende Schlussfolgerung ziehen: Die Sonne dreht sich um die Erde. Der Lehrer oder die Lehrerin muss folglich viel Aufwand betreiben und erhebliche Überzeugungsarbeit leisten, um die Kinder oder Jugendlichen zu überzeugen, sich von ihren ursprünglichen Vorstellungen zu trennen und zu akzeptieren, dass das heliozentrische Weltbild gilt.

Zwei weitere Beispiele sollen an dieser Stelle in kurzer Form kommentiert werden:

b) “Eine Wasserpfütze wird vom Sonnenstrahl aufgesogen”

Hinter dieser Vorstellung stecken zwei “Theorien”: Zum einen die “Sonnenstrahltheorie” (der Sonnenstrahl saugt das Wasser auf), zum anderen die “Vernichtungstheorie” (das Wasser wird aufgesaugt und ist dann weg).

c) "Das Holz eines Baumes kommt aus dem Erdboden"

Selbst wenn im Fach Biologie das Thema Fotosynthese behandelt worden ist, antworten die Schülerinnen und Schüler zum Großteil auf die Frage danach, woher das Holz kommt, mit der Aussage: "aus dem Erdboden".

Die genannten Vorstellungen sind in aller Regel tief verankert – sie haben sich schließlich in Alltagssituationen bestens bewährt und werden tagtäglich durch weitere sinnliche oder sprachliche Erfahrungen verstärkt.

Wie bereits kurz angeschnitten wurde, gibt es offenbar Parallelen zwischen Schülervorstellungen und den Vorstellungen vieler Wissenschaftler vergangener Jahrhunderte. Speziell lassen sich im Denken von Schülerinnen und Schülern Ähnlichkeiten zum historischen Verlauf von Erkenntnisprozessen im Fach Chemie erkennen. Es ist deshalb für den/die Lehrer/in durchaus sinnvoll, die Entwicklung historischer Theorien, die im Laufe der Jahrhunderte tiefgreifende Veränderungen erfahren haben, zu studieren und zu untersuchen. Wenn die Lehrkraft darüber Bescheid weiß, zu welchen Sachverhalten welche Vorstellungen vorliegen, kann erfolgreiches Lernen ermöglicht oder zumindest erleichtert werden. In Anlehnung an Barke und Harsch (2001, S. 10f.) werden im Folgenden fachwissenschaftlich-historische Theorien angeführt und dazu jeweils ein Bezug zu Schüleraussagen, die aus empirischen Beispielen stammen, hergestellt.

• Urstofftheorien der griechischen Philosophieschulen im Altertum

Die Aufmerksamkeit der griechischen Naturphilosophen richtete sich auf die Materialität der Welt, auf die Unerschaff- und Unzerstörbarkeit der Materie und auf die Umwandlungsfähigkeit der Materie.

Aristoteles (384 - 322 v. Chr.) ging davon aus, dass es stoffliche Urgründe der Dinge gebe – das heißt, es entstehe weder etwas aus dem Nichts, noch vergehe und verschwinde etwas in das Nichts (Materialität der Welt). In Folge suchte man nach dem "Urstoff", aus dem alle anderen Stoffe durch Umwandlungsprozesse entstehen. Anaximenes (611 - 545 v. Chr.) hielt die Luft für diesen Urstoff. Er ging davon aus, dass zum Beispiel durch Verdichtung des Urstoffes Wasser und Gestein gebildet werden und durch Verdünnung Feuer³. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass der damaligen Überzeugung nach keine neuen Stoffe gebildet wurden, sondern alle auf einen gemeinsamen Urstoff zurückzuführen sind.

Nachstehende Schüleraussagen erwecken ebenso fälschlicherweise den Eindruck, dass bei chemischen Reaktionen keine neuen Stoffe entstehen: "Kupferdächer werden

³ http://de.wikipedia.org/wiki/Chemie_im_Altertum [Stand: 05.05.2010].

grün“ und „Silber wird schwarz“. So ist eine weit verbreitete Schülervorstellung, dass bei chemischen Reaktionen nicht neue Stoffe entstehen, sondern nur neue Eigenschaften angenommen werden. Es hat den Anschein – wie bei den Philosophen des Altertums –, dass es einen Urstoff oder einen *Eigenschaftsträger* gibt, der erhalten bleibt und lediglich sein äußeres Erscheinungsbild ändert. Den Lernenden sollte deshalb bewusst werden, dass es sich bei den „Verfärbungen“ der obigen Beispiele um andere Substanzen handelt.

Das Wissen um Stoffeigenschaften und Stoffumwandlungen ist ein zentraler Aspekt des Chemieunterrichts, sowie der Naturwissenschaften im Allgemeinen. Bei den Basiskonzepten, die im Lehrplan ausgewiesen sind, handelt es sich um eine strukturierte Vernetzung aufeinander bezogener (naturwissenschaftlicher) Begriffe, Theorien und erklärender Modellvorstellungen, die bei verschiedenen Inhalten immer wieder Anwendung finden sollen. Eines dieser Basiskonzepte ist das „Stoff-Teilchen-Konzept“. Es besagt, dass die Schülerinnen und Schüler konsequent zwischen den erfahrbaren Phänomenen der stofflichen Welt und der Deutung auf Teilchenebene unterscheiden können sollen. Trotz unterschiedlicher Positionen in der Fachdidaktik sind sich doch alle einig darüber, dass das Teilchenkonzept als Schlüsselkonzept eines der wichtigsten im naturwissenschaftlichen Unterricht und gleichzeitig eines der schwierigsten ist (vgl. Lembens 2009, S. 8).

Das Verständnis des Stoff-Teilchen-Konzepts ist für das chemische Grundwissen fundamental. Die Schüler/innen sollen erkennen, dass sich bestimmte grundlegende Erkenntnisse eignen, ein konzeptionelles Verständnis für (naturwissenschaftliche) Sachverhalte aufzubauen. Neue Sachverhalte, unbekannte Beispiele und bekannte Tatsachen, die in einem ungewohntem Zusammenhang auftauchen, erschließen sich somit durch ein grundlegendes Verständnis der jeweiligen Naturwissenschaft. Die Lernenden erwerben damit auch die Kompetenz, problemlösend zu denken.

• Umwandlungskonzepte der Alchemisten

Die Alchemisten waren unter anderem von der Idee getrieben, unedle Metalle in Gold zu verwandeln, also auf der Suche nach dem Stein der Weisen. Sie glaubten, dass chemische Elemente ineinander umgewandelt werden können.

Um auf das obige Beispiel des „grünen Kupferdaches“ zurückzukommen: das Kupferdach wird von den Schülerinnen und Schülern als „umgewandeltes Kupfer“ wahrgenommen. Diesbezüglich liegt wohl eher ein *Umwandlungskonzept* als ein Erhaltungskonzept vor. Auf der anderen Seite lässt sich bei den Lernenden ein *Vernichtungskonzept* feststellen, verursacht durch eigene Beobachtungen, sowie durch vertraute Formulierungen in der Alltagssprache: Benzin „ver“-brennt vollständig, Kohle

“ver”-glüht, Pflanzen “ver”-modern, Wasser “ver”-dunstet, Fettflecken werden “ent”-fernt, Metalle werden “zer”-setzt etc. Die Aufgabe der Lehrerin oder des Lehrers besteht darin, durch geeignete Experimente zu veranschaulichen, dass keine “Vernichtung” von Materie stattfindet.

• **Die Phlogistontheorie bzw. Wärmestofftheorien**

Dieser Theorie zufolge ist Phlogiston in allen brennbaren Stoffen enthalten. Die Verbrennung ist der Vorgang, bei dem das Phlogiston den Stoff verlässt. Dieses wird dann von der Luft aufgenommen.

Sowohl Vorstellungen vom Eigenschaftsträger als auch solche vom Vernichtungskonzept stellen eine Verbindung her mit den ursprünglichen *Vorstellungen von der Verbrennung*. Durch jahrelange Beobachtungen im Alltag (z.B. bei einem Lagerfeuer) stellen die Lernenden folgendes fest: bei Verbrennung eines Stoffes wird etwas in die Luft abgegeben, dabei geht etwas verloren und schließlich bleibt nur wenig Asche über. Dieses “Etwas” könnte man gemäß dieser Theorie auch als “Phlogiston” bezeichnen. Sehr viele Schülerinnen und Schüler, auch ältere unter ihnen, können sich oftmals nicht von dieser Vernichtungsvorstellung trennen. Geeignete Experimente sind durchzuführen, sodass die Lernenden ins Zweifeln kommen und ihre alten Vorstellungen überdenken.

• **Der “Horror vacui” und die Entwicklung zur Entdeckung des Luftdrucks**

“Horror vacui” bezeichnet die Annahme der Naturphilosophen im Altertum, dass die Natur vor leeren (luft- oder materiefreien) Räumen zurückschrecke. Deshalb seien leere Räume bestrebt, Gas oder Flüssigkeiten anzusaugen, damit sie nicht mehr leer seien. Verlässt ein Stoff einen Raum, so wird er sofort durch einen anderen ersetzt.

Die Geschichte der Entdeckung des Luftdrucks reicht von der Antike bis ins 17. Jahrhundert. Sie war eng mit der Suche nach dem luftleeren Raum verbunden. Um 1630 wurde Galilei von Brunnenbauern auf ein Problem aufmerksam gemacht, nämlich, dass Saugpumpen nicht in der Lage waren, Wasser in eine Höhe von etwa 10 Meter anzusaugen. Die Vorstellung, dass die Flüssigkeit nicht von der Pumpe angezogen, sondern durch einen Druck in diese hineingetrieben wurde, stand im Widerspruch zu den Lehren der damaligen Zeit. Nach Galileis Tod beschäftigte sich sein Schüler Torricelli mit der Lösung des Problems. Er führte ein Experiment mit einem Quecksilbermanometer durch, das es ihm ermöglichte, erstmals den Luftdruck zu messen.

Der „Horror vacui“ ist ebenso in den Vorstellungen vieler Lernender verankert. Es wurde festgestellt, dass z.B. bei Modellzeichnungen zum Aufbau der Stoffe viele Schülerinnen und Schüler dazu tendieren, die Teilchen als Quadrate anstatt der üblichen Kreise zu zeichnen. Die Lernenden begründen die Präferenz der dargestellten

Quadrate damit, dass sich die Teilchen lückenlos aneinanderfügen müssten, andernfalls würden Hohlräume entstehen. Ein weiteres Indiz für diese Vorstellungsweise ist, dass die Mehrzahl der Jugendlichen überzeugt ist, dass sich zwischen den Teilchen der Gase noch Luft oder eine andere Materie befinden muss. So wie viele Jugendlichen heutzutage, nahmen ebenso viele Experten vergangener Jahrhunderte Luft als Substanz nicht wahr. Des Weiteren wurde diese von anderen farblosen Gasen nicht unterschieden.

Von dieser Tatsache überzeugte ich mich selbst, als ich vor einem Jahr in einer Sekundarstufe I ein kleines Gedankenexperiment durchführte: Ich stellte zwei gleich große Teelichter auf den Lehrertisch, zündete diese an und ließ die Schüler und Schülerinnen vorab diskutieren und abstimmen, was geschehen würde, wenn ich zwei unterschiedlich große Bechergläser über die Teelichter stülpen würde. Obwohl die Mehrheit die richtige Antwort wusste, konnte doch niemand so Recht den Grund dafür angeben.

• Theorien zur Atomistik bzw. zur Struktur der Materie

Diese Theorie findet ebenso ihren Ausgangspunkt in den griechischen Philosophieschulen. Demokrit und Leukipp zufolge hat eine wiederholte Teilung einer Materieportion irgendwann ein Ende. Materie sei aus nicht wieder teilbaren Teilchen, den Atomen, aufgebaut. Ferner ging diese Vorstellung von Teilchen und leerem Raum um sie herum aus. Diese Vorstellung wird heute auch als "Diskontinuumshypothese" bezeichnet. Aristoteles und andere Philosophen hingegen waren der Ansicht, dass die wiederholte Teilung von Körpern zu keinem Ende führt. Des weiteren erschien ihnen die Idee eines leeren Raumes unmöglich. Sie waren vom kontinuierlichen Aufbau der Materie überzeugt ("Kontinuumshypothese").

Die Diskussion der Naturphilosophen könnte man ebenso gut heutzutage aufnehmen. Obwohl die Schülerinnen und Schüler den Teilchenbegriff akzeptieren, wird er nicht konsistent angewendet und es ergeben sich daher Schwierigkeiten in den Vorstellungen. Es ist für eine erfolgreiche Vermittlung im Unterricht essentiell, mit der Teilchenvorstellung konsequent zu arbeiten und diese an möglichst vielen Beispielen zu vertiefen.

Es ist überlegenswert, ob diese zur Entwicklung heutiger Konzepte oft notwendigen historischen Vorstellungen nicht auch im Unterricht behandelt werden sollten. Die Schülerinnen und Schüler kämen so zu der durchaus sympathischen Erkenntnis, dass ihre Schwierigkeiten häufig dieselben sind, wie sie die Wissenschaftler hatten. Vielleicht wären die Lernenden aufgrund dessen eher bereit, ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen genauer zu überdenken (vgl. Barke 2006, S. 7f.).

“If students are made aware of the misconceptions of earlier scientists, perhaps they might find their own misconceptions among them. If the teacher compares and contrasts the historical misconceptions with the current explanation, students may be convinced to discard their limited or inappropriate propositions and replace them with modern scientific ones” (Wandersee 1986, S. 594).

3.1.3 Bespiele für die bestimmende Rolle von Vorstellungen

Folgende Beispiele sollen verdeutlichen welche Bedeutung die vorunterrichtlichen Vorstellungen für die Schülerinnen und Schüler haben:

- **Vorstellungen bestimmen die Beobachtungen bei Experimenten**

Bei Experimenten, die im naturwissenschaftlichen Unterricht eine bedeutende Rolle spielen, geht man im Allgemeinen davon aus, dass Schülerinnen und Schüler das sehen, was aus der Sicht des Lehrers oder der Lehrerin gezeigt werden soll. Häufig jedoch beobachten die Lernenden aber etwas anderes, nämlich das, was sie sehen “wollen” – etwas präziser ausgedrückt – was ihnen ihre Vorstellungen zu sehen erlauben. Bei folgendem Versuch in der Physik wurde dieses Phänomen unter anderem beobachtet: Auf die Frage wo der Draht zuerst zu glühen beginnt wenn der Stromkreis geschlossen wird, gibt es meist unterschiedlichste Antworten, obwohl der Draht in Wirklichkeit auf seiner ganzen Länge gleichzeitig zu glühen beginnt (vgl. Duit 1993, S. 5). Im Prinzip ist dieses Verhalten aus dem Alltag bestens bekannt. Lässt man verschiedene Zeugen des gleichen Ereignisses einen Tathergang schildern, so wird man die unterschiedlichsten Versionen zu Ohren bekommen, abhängig von den individuellen Interessen, Vorstellungen und dergleichen der Beobachtenden.

- **Vorstellungen und die eingeschränkte Überzeugungskraft experimenteller Befunde**

Auch wenn bei Experimenten das beobachtet wird, was von der Lehrkraft beabsichtigt wird, heißt das noch lange nicht, dass diese Beobachtungen Überzeugungskraft haben. Häufig werden Schülerinnen und Schüler von einem Experiment, das ihre Vorstellungen widerlegen soll, nicht überzeugt. Sie legen sich stattdessen oft Ad-hoc-Argumente zurecht, um die Richtigkeit der eigenen Vorstellung aufrecht zu erhalten. Sie verweisen dann darauf, dass ihre Vorstellung im Prinzip schon richtig sei, in diesem speziellen Falle aus bestimmten Gründen sich aber ein anderes Ergebnis als das erwartete ergeben habe (vgl. Stangl 2006, S. 14). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass in der Regel ein empirisches Gegenbeispiel nicht ausreicht, um die Schülerinnen

und Schüler von der Richtigkeit der naturwissenschaftlichen Sichtweise zu überzeugen (vgl. Duit 1993, S. 5).

- **Widerstände gegenüber Änderungen der Sichtweise**

Wie bereits betont, ist das "hartnäckige" Festhalten an der gewohnten Sichtweise nicht nur bei den Schülerinnen und Schülern der Fall, sondern bereits aus der Geschichte der Wissenschaft bekannt. Die Änderung von Sichtweisen ist generell nicht alleine Sache von logischer Einsicht, sondern wird auch stark von einer Reihe von emotionalen und kulturellen Faktoren beeinflusst. Es scheint eine generelle menschliche Eigenschaft zu sein, gegenüber Veränderungen Widerstand zu leisten. Die Sichtweisen, über die man verfügt, haben sich in der Regel in einem langen Prozess der Anpassung an Lebenssituationen entwickelt und haben sich im Alltag zumeist als geeignete Orientierung und funktionabel erwiesen. Diese aufzugeben bedeutet, - zunächst - einen Verlust an Stabilität. Ebenso ergeht es den Schülerinnen und Schülern im Unterricht (vgl. Häußler et al. 1998, S. 175).

- **Wir verstehen es, wir glauben es aber nicht**

Eine kurze Geschichte aus Wagenscheins schon klassischem Buch "Verstehen Lehren" (1968; zit. n. Duit 1995, S.11) soll den obigen Satz erhellen. Die Geschichte handelt von einer Missionarin in Afrika, die den ihr Anvertrauten klar machen möchte, dass die Erde rund ist. Sie untermauert dabei die Theorie mit einer Reihe von Beispielen und Vergleichen. Nach langem Bemühen hat die Missionarin schließlich das Gefühl, dass die Anwesenden das Mitgeteilte verstanden haben. Einige Zeit später aber meldet sich einer der Zuhörer und fragt in vorsichtigem Ton, ob sie das Gesagte selbst glaube.

Diese Geschichte eignet sie sich hervorragend als Metapher für das, was häufig im Unterricht geschieht. Schülerinnen und Schüler lassen, wie bereits erwähnt, nicht so schnell von ihren Vorstellungen ab. Sie "glauben" uns schließlich nicht, auch wenn sie uns verstehen.

Abbildung 1 auf der nächsten Seite wurde gewählt, da sie meiner Meinung nach sehr gut wiedergibt, was im Laufe dieses Kapitel näher ausgeführt und erklärt wurde: Schülerinnen und Schüler bringen diverse Vorstellungen in den Unterricht mit, die ganz anders sein können, als der Lehrer bzw. die Lehrerin sie erwartet. Sie beeinflussen das Lernen tiefgreifend, sie bilden den Interpretationsrahmen, mit dem die Lernenden versuchen, Experimente oder vom Lehrer bzw. der Lehrerin vorgegebene Erklärungen zu verstehen.



Abbildung 1: Eindrücke im Klassenzimmer (Kleinman et al. 1987, S. 766)

Das fachspezifische Vorwissen hat sich in empirischen Lernstudien als der wichtigste Faktor erwiesen, der Lernen und Problemlösen bestimmt. Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer Faktoren, die das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte beeinflussen. Zu diesen zählen vor allem die Intelligenz, der Stand der kognitiven Entwicklung, die Lernhaltung (d.h. "affektive" Faktoren, die das Interesse, die Motivation und das Selbstvertrauen in das eigene Leistungsvermögen anbelangen), das Schul- und Klassenklima bis hin zur Lehrerpersönlichkeit und den mit ihr verbundenen Einflüssen auf den Unterricht (vgl. Häußler et al. 1998, S. 170).

3.2 Warum spielen die Schülervorstellungen für das Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine Rolle?

Vor einigen Jahrzehnten ging man bei der Unterrichtsplanung noch davon aus, dass die Lernenden kaum eigene Vorstellungen oder Kenntnisse in den naturwissenschaftlichen Unterricht mitbringen. Folglich war man der Meinung, dass man bei einer guten Unterrichtsvorbereitung lediglich darüber zu entscheiden habe, in welcher Reihenfolge welche neuen Begriffe und Inhalte mit welchen Methoden, Medien und didaktischen Hilfsmitteln einzuführen seien (vgl. Barke 2006, S. 1). Fachdidaktische Erhebungen zeigen jedoch, dass Kinder und Jugendliche sich Erklärungen für Phänomene konstruieren, eigene Erfahrungen interpretieren und daher eigene Vorstellungen mitbringen.

Forschungen bezüglich der Rolle von vorunterrichtlichen Wissen, alternativen Vorstellungen oder Alltagsvorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht haben aufgezeigt, dass derartige Vorstellungen das Lernen und Verstehen sowie das langfristige Behalten naturwissenschaftlicher Konzepte behindern können, weil die Erfahrungswelt und die schulischen Erklärungen nicht zusammen passen. Desinteresse an den Naturwissenschaften und den Phänomenen der natürlichen Umwelt ist oftmals das Ergebnis (vgl. Nieswandt 2001, S. 34).

Folgende Begegnung von Frau Helga Pfundt mit einem Lehrer-Kollegen mag obige Frage erhellen:

“Ich erzählte einem Lehrer-Kollegen, Nicht-Naturwissenschaftler, von einem Abschnitt des Chemieanfangsunterrichts, der mich damals sehr beschäftigte: Ich hatte mit den Schülern einer 9. Klasse aus einem weißen Erz, Zinkoxid, mit Hilfe von Koks Zink hergestellt. Anschließend hatten die Schüler Zink verbrannt und dabei eine weiße Asche erhalten. Keiner der Schüler war auf die Idee gekommen, dass das weiße Erz und die weiße Asche derselbe Stoff sein könnten. Als ich schließlich selbst solch eine Vermutung zur Diskussion stellte, gab es Protest: Wenn diese Vermutung zuträfe, bräuchten wir ja die Asche nur mit Koks zu erhitzen, und schon wäre das Zink wieder da. Das Zink war aber doch verbrannt! Die Schüler hatten dann widerstrebend und fasziniert zugleich beobachtet, wie sich aus den Aschen von Zink und weiteren Metallen wieder die ursprünglichen Metalle zurückbildeten. – Der Kollege, der sehr aufmerksam zugehört hatte, sagte nach einer Weile nachdenklich: “Sagen Sie mal, das geht doch aber nur bei Metallen?” (Müller & Nieswandt o.J., <http://www.learnline.nrw.de/angebote/sinus/zentral/grundlagen/module/modul3.doc>, S. 8).

Diese Szene verdeutlicht anschaulich, dass die im Chemieunterricht vermittelten Vorstellungen des Lehrerkollegen von seinen Alltagsvorstellungen verdrängt worden sind: Ein Stoff, der verbrannt worden ist, ist weg, kann also nicht mehr zurückgewonnen werden. Dem Chemieunterricht war es offensichtlich nicht gelungen, ein Erhaltungskonzept der Stoffe in seinen Vorstellungen zu festigen. Vorunterrichtliche Vorstellungen behindern also das Lernen naturwissenschaftlicher Konzepte (vgl. Müller & Nieswandt o.J., <http://www.learnline.nrw.de/angebote/sinus/zentral/grundlagen/module/modul3.doc>, S. 8f.).

Es hat sich gezeigt, dass Unterricht, der die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ganz bewusst berücksichtigt, erfolgreicher ist. Der entscheidende Punkt dabei ist, dass die Lernenden zu einer aktiven Auseinandersetzung mit ihren vorunterrichtlichen Vorstellungen und den zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellungen geführt werden. Man darf sich den Vorgang aber nicht so vorstellen,

dass die „falschen“ Alltagsvorstellungen „ausgerottet“ werden und durch die „richtigen“ wissenschaftlichen ersetzt werden. Das wird nicht gelingen, weil sich die Schüler/innen resistent gegenüber Änderungen ihrer Alltagsvorstellungen zeigen. Man spricht hierbei von „conceptual change“, im deutschsprachigen Raum von Konzeptwechsel, eine in der Fachdidaktik etablierte wenn auch unglückliche Übersetzung aus dem Englischen (vgl. Kapitel 3.3.4). Damit ist gemeint, dass die Schüler/innen von einem Konzept (ihren Schülervorstellungen) zu einem neuen Konzept (der chemischen Sichtweise) wechseln müssen. Dieser Wechsel bedeutet aber nicht, dass dabei die Schülervorstellungen völlig aufgegeben werden.

Ziel des Unterrichts kann es folglich nur sein, den Lernenden zu veranschaulichen, dass in bestimmten Situationen und für bestimmte Zwecke die naturwissenschaftlichen Vorstellungen fruchtbarer sind als die Alltagsvorstellungen (vgl. Häußler et al. 1998, S. 182).

Häufig muss man als Lehrer oder Lehrerin mit Zwischenstadien („Hybriden“) auf dem Weg von den Alltagsvorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien zufrieden sein. Nach Jung (1993, S. 95) gibt es zwei Möglichkeiten zur Erklärung: Erstens ist festzuhalten, dass es auch in wissenschaftlichen Vorstellungen Lücken gibt. Möglicherweise schrecken Schülerinnen oder Schüler vor diesem Mangel zurück und schaffen sich deshalb eine eigene Erklärung, die keine derartigen Lücken zu enthalten scheint. Eine zweite Möglichkeit ist, dass die Lernenden einem natürlichen Hang zur Reduktion von Komplexität folgen. Diese Hybridformen sind jedenfalls nicht dauerhaft lebensfähig, erweisen sich aber als Zwischenform in einem evolutiven Prozess als notwendig oder zumindest sehr nützlich.

Barke zufolge sollten Chemiedidaktiker/innen und Chemielehrer/innen ermitteln beziehungsweise diagnostizieren, zu welchen Sachverhalten welche Erklärungen oder Vorstellungen vorliegen, um erfolgreiches Lernen zu ermöglichen oder wenigstens zu erleichtern. Dazu werden von Treagust Tests zur „Diagnose von Schülervorstellungen“ hinsichtlich spezifischer Unterrichtseinheiten vorgeschlagen (vgl. Barke 2006, S. 1).

Ein weiterer „Test“ zur Ermittlung zu Schülervorstellungen, den ich nun vorstellen möchte, lautet „*Conceptual Diagnostic Test*“ und wurde von Zeilik (o.J.) entwickelt. Dieser kann angewendet werden, um abzuschätzen, inwieweit die Schülerinnen und Schüler die Schlüsselkonzepte verstanden haben, sowohl bevor eine Lehrerinstruktion stattgefunden hat, währenddessen, als auch danach. Aufgebaut ist dieser „Test“ aus mehreren Fragen, zu denen es jeweils mehrere Antwortmöglichkeiten gibt (Multiple-Choice), oder die selbstständig in kurzer Form zu beantworten sind. Fragen werden

aus Themengebieten gewählt, die als anfällig für alternative Vorstellungen vonseiten der Lernenden gelten (s. näheres dazu in Kapitel 3.4). Der Unterschied zu einem „gewöhnlichen“ Multiple-Choice Test besteht darin, und das ist das Ausschlaggebende, dass Distraktoren⁴ bewusst gewählt werden. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass man in kurzer Zeit die Vorstellungen von einer großen Anzahl von Schülerinnen und Schülern ermitteln kann und die Auswertung nicht viel Aufwand erfordert (vgl. Zeilik o.J., <http://www.wcer.wisc.edu/archive/cl1/flag/cat/diagnos/diagnos.pdf>, S. 1).

Um sich ein Bild von dieser Methode machen zu können, möchte ich hier ein Beispiel aus einem Astronomiekurs, auf Universitätslevel, anführen:

As seen from your location, when is the sun directly overhead at NOON (so that no shadows are cast)?

A: Every day.
B: On the day of the summer solstice.
C: On the day of the winter solstice.
D: At both of the equinoxes (spring and fall).
E: Never from the latitude of your location.

(vgl. Zeilik o.J., S. 2)

Der fettgedruckte Buchstabe ist die richtige Antwort.

Die Ergebnisse solcher diagnostischen Tests dürfen keinen Einfluss auf die Notengebung haben! Das würde einen groben Missbrauch der Methode darstellen, so Zeilik (o.J., S. 5).

Als eine Variation dieses diagnostischen Tests lässt sich unter anderem der „ConcepTest Cat“ von Ellis et al. (o.J., <http://www.flaguide.org/extra/download/cat/contests/contests.pdf>, S. 1) nennen. Dieser Test funktioniert vom Prinzip her ähnlich wie der Obige, nur dass dieser mündlich durchgeführt wird. Der Lehrer oder die Lehrerin stellt zu einem Schlüsselkonzept eine bzw. mehrere Fragen und nennt dazu mehrere Antwortmöglichkeiten. Die Lernenden sind nun gefragt, zum Beispiel per Aufzeigen (variabel), sich für eine der Antwortmöglichkeiten zu entscheiden. Falls die Mehrheit der Klasse die richtige Antwort nicht weiß, werden sie zum Diskutieren mit dem/r jeweiligen Sitznachbarn/in angeregt. Die gleiche Frage wird schließlich nochmal gestellt. Entscheidet sich die Mehrheit für die richtige Antwort, genügt eine kurz Erklärung in wenigen Sätzen, so

⁴ Als Eindeutschung von engl. „distractor“, ein „Ablenker“, z.B. eine falsche Antwortalternative bei einem Multiple-Choice-Test. Ein guter Distraktor erweckt für jemand, der das zu prüfende Wissen nicht hat, den Anschein richtig zu sein; er greift zum Beispiel eine verbreitete Fehlvorstellung auf. <http://de.wikipedia.org/wiki/Distraktor> [Stand: 05.05.2010].

Ellis et al. (siehe Abbildung unten). Wählt die Mehrheit der Klasse jedoch ein zweites Mal eine/mehrere falsche Antworten, dann hat eine genaue Aufklärung des Sachverhaltes zu erfolgen. Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Lehrkraft das Feedback von der Klasse unmittelbar während des Unterrichtsgeschehens erhält. Eine praktische Durchführung dieser Methode ist zum Beispiel wenn man die Lernenden den Ausgang eines Versuchs vorhersagen lässt. Die Schülerinnen und Schüler können außerdem bei der Anwendung des ConcepTest CAT ihre Teamwork- und Kommunikationsfähigkeiten verbessern. Man kann hierbei auch von "Kooperativem Lernen" sprechen.

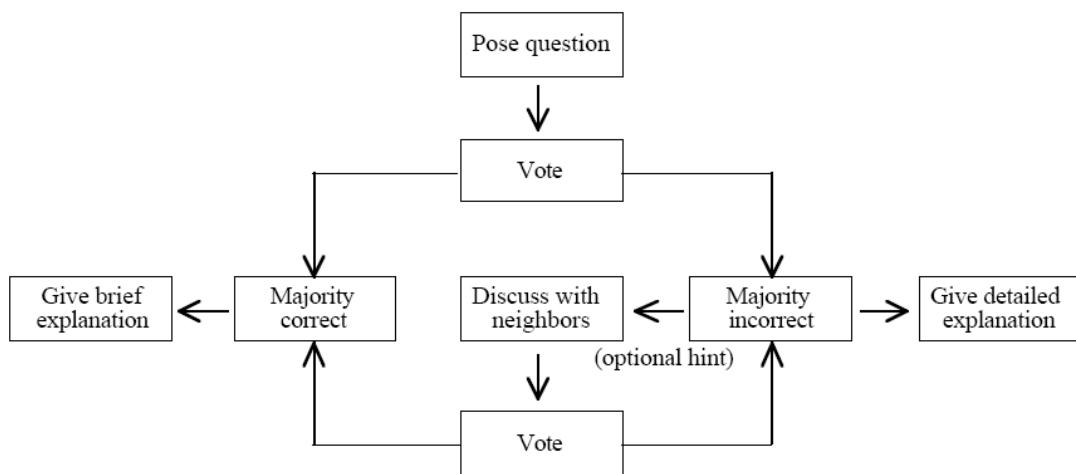


Abbildung 2: Schematische Darstellung des ConcepTest CAT (Ellis et al., o.J., <http://www.flaguide.org/extra/download/cat/contests/contests.pdf>, S. 2)

Die fachdidaktische Forschung fordert, dass die Lehrerinnen und Lehrer viele Beispiele von alternativen Vorstellungen der Kinder und Jugendlichen kennen sollten, um sie in ihrem Unterricht zu einem bestimmten Thema berücksichtigen zu können. Auf Grundlage dieser Kenntnisse sind die Lehrenden dann besser in der Lage, eigene Tests oder Interviews zu entwerfen, um die spezifischen Vorstellungen zu ermitteln. Außerdem werden sie stark sensibilisiert, im Unterrichtsgespräch mögliche Fehlvorstellungen zu erkennen (vgl. Barke 2006, S. 1).

Gilbert et al. (2004) sowie Taber (2001) bedauern, dass viele Lehrerinnen und Lehrer die fachdidaktische Forschung zu alternativen Vorstellungen nicht zur Kenntnis nehmen und damit deren Diskussion und Überarbeitung für den Unterricht gar nicht erst planen. "The consensus amongst teachers of chemistry seems to be, in our experience, that research currently has far less impact on the development of theory, policy, or classroom practice, than the researchers in chemical education would wish" (Gilbert et al. 2004, S. 10). Gabel (1999) äußert sich dazu etwas konkreter:

“Although chemistry education researchers have identified common misconceptions for almost every topic taught in introductory science courses, probably nine out of ten instructors are not aware of these misconceptions or do not utilize ways to counteract them in instruction” (Gabel 1999, S. 552).

Die zahlreichen Untersuchungsergebnisse in den Naturwissenschaften bezüglich vorunterrichtlicher Vorstellungen sollten für jede/n Lehrer/in eine fruchtbare Quelle darstellen. Sie bieten nicht nur einen Überblick über die am weitesten verbreiteten alternativen Konzepte, sondern sie weisen auch darauf hin, welche Vorstellungen im Speziellen hinderlich für das Lernen sind und wie man mit diesen in Folge umgeht (vgl. Taber 2001, S. 45). Sie fordern auf Grund dessen von den Lehrern/innen nicht nur die Diskussion der Diagnose-Problematik und deren Umsetzung im Unterricht, sondern zusätzlich das Einbeziehen fachdidaktischer Forschungsergebnisse bereits in der Ausbildung von Lehramtsstudenten. “The pre-service and in-service education of prospective and experienced chemistry teachers can play a crucial role in bridging the gap between chemical education research and classroom practice” (Gilbert et al. 2004, S. 11). Es ist schwer vorherzusagen, wie sich die Forschung zum Lernen in den kommenden Jahrzehnten verändern wird, aber es gibt Hinweise darauf, dass es zu einer Revolution an wissenschaftlichen Ideen kommen wird. Der Anstieg wird nicht linear, sondern sogar exponentiell sein (vgl. Gabel 1999, S. 552).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Schülervorstellungen die wissenschaftlichen Konzepte “überlagern” oder, dass diese nur in bestimmten Kontexten zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene herangezogen werden. Um zu verstehen, warum das so ist, muss vorab geklärt werden, wie Lernen stattfindet, was ich im folgenden Kapitel tun möchte (vgl. Stangl 2006, S. 12).

3.3 Schülervorstellungen und Lernen

3.3.1 Wie findet Lernen statt?

Nicht passiv übernehmen, sondern aktiv konstruieren

„Das habe ich dir doch schon x-mal erklärt.“ Wer kennt die Verzweiflung nicht, wenn man Dinge scheinbar eindeutig vermittelt hat, das Gegenüber aber nichts so verstanden hat, wie man es meinte, gesagt zu haben. Die dargestellte Situation erlebt man im Speziellen in Lehr-Lernprozessen (dabei geht es um die Interaktion zwischen Lehrenden und Lernenden) des Öfteren. Zwangsläufig stellt sich die Frage: Warum

verstehen die Kommunikationspartner das Mitgeteilte nicht, obwohl man es ihnen doch – scheinbar – eindeutig erklärt hat? Hinter dieser Frage steckt die Vorstellung, dass Wissen – wie ein Goldstück – von einer Person zur anderen weitergegeben werden kann (vgl. Riemeier 2007, S. 69). Lernen ist jedoch kein passives Einlagern oder Übernehmen von Informationen, sondern aktives Aneignen auf der Basis des bereits Vorhandenen (vgl. Duit 2008, S. 3).

Der Nürnberger Trichter (so wird die mechanistische Weise des Lernens und Lehrens bezeichnet) hat nie funktioniert, wenn es um verstehendes Lernen geht.



Abbildung 3: Nürnberger Trichter (Häußler et al. 1998, S. 170)

Die im Absatz oben skizzierte Sicht des Lernens, also dass Lernen aktiv konstruiert wird, wird als konstruktivistisch bezeichnet. Diese Sichtweise geht davon aus, dass Lernende ihr Wissen in einem aktiven und selbstgesteuerten Prozess konstruieren (vgl. Riemeier 2007, S. 69). Näheres dazu ist im Kapitel 3.3.3 zu finden.

Sinnesdaten tragen keine Bedeutung an sich

Wissen lässt sich nicht einfach weiterreichen, da empfangene Sinnesdaten (bzw. Sinneseindrücke) erst Bedeutung erhalten, wenn der/die Empfänger/in ihnen eine Bedeutung verleiht. Mit Sinnesdaten sind die Eindrücke gemeint, die der/die Lernende empfängt, wenn er/sie etwas von der Lehrperson hört, wenn er/sie etwas liest, wenn er/sie ein Bild sieht oder wenn er/sie etwas fühlt. Es handelt sich um innere Erlebnisse, die durch Einwirkung der Außenwelt auf die Sinnesorgane hervorgerufen werden. Die Sinnesdaten schließlich erhalten von den Empfängern individuelle Bedeutungen. Diese sind von den Vorstellungen abhängig, mit denen die Lernenden an die Interpretation der eingehenden Sinnesdaten herangehen (vgl. Häußler et al. 1998, S. 170). Weiters ist die Fülle der Sinnesdaten, die auf den Menschen einwirken, nur durch strikte Filterung, also Reduktion zu bewältigen. Das heißt wiederum, dass wir bewusst nur wahrnehmen, worauf wir unsere Aufmerksamkeit richten, oder anders ausgedrückt, was wir als wichtig erachten. Vorerfahrungen spielen beim Prozess des Filterns eine

entscheidende Rolle. Die empfangenen Sinnesdaten tragen also keine festgelegte Bedeutung an sich, diese wird ihnen erst vom verarbeitenden Subjekt zugemessen (vgl. Duit 1993, S. 6). Es handelt sich also um eine selektive Wahrnehmung und eine subjektive Bedeutungskonstruktion.

Der Zirkel des Verstehens und Vorstellungen bestimmen die Sinneswahrnehmung

Betrachtet man eine ganz gewöhnliche Kommunikationssituation, die im Alltag wie im Unterricht immer wiederkehrt: Die Lehrkraft sendet ein Signal, z.B. in Form einer Frage, an die Lernenden. Die Information hat für den/die Lehrer/in im Rahmen seiner/ihrer Vorstellungen eine ganz bestimmte Bedeutung. Die Lernenden aber verfügen über diese Vorstellungen noch nicht, sondern müssen die eingehenden Sinnesdaten aufnehmen und auf der Basis der eigenen Vorstellungen interpretieren. Häufig wird dadurch die Bedeutung etwas oder sogar ganz anders. Gibt der/die Lernende dann eine Antwort auf die gestellte Frage, so ergibt sich im Prinzip dieselbe Situation. Der/Die Lehrer/in interpretiert die ankommenden Sinnesdaten auf der Basis seiner/ihrer Vorstellungen. Im Alltag wird diese Situation als "Aneinander vorbeireden" bezeichnet (vgl. Häußler et al. 1998, S. 171).

Paul Watzlawick⁵ ging davon aus, dass eine Kommunikation einen Inhaltsaspekt (reine Sachinformation) und einen Beziehungsaspekt (emotionale Ebene) enthält, wobei Letzterer den Ersteren bestimmt. Der Inhaltsaspekt stellt das "Was" einer Mitteilung dar, der Beziehungsaspekt sagt etwas darüber aus, wie der Sender das Mitgeteilte vom Empfänger verstanden haben möchte. Die Art, wie wir fragen oder sprechen (Tonfall, Mimik, Gestik) wird dabei unsere Einstellung zur anderen ausdrücken. Das bedeutet, dass der Beziehungsaspekt bestimmt, wie der Inhalt zu interpretieren ist. Die Art der Beziehung zwischen zwei Kommunikationspartnern/innen ist für das gegenseitige Verständnis von fundamentaler Bedeutung. Eine Kommunikation wird nur dann gelingen, wenn auf beiden Ebenen und bei beiden Kommunikationspartnern/innen Einigkeit über beide Aspekte herrscht. Im Gegensatz dazu wird sie misslingen, wenn ein/e Kommunikationspartner/in unterschiedliche oder gegensätzliche Botschaften sendet, oder wenn der/die andere Kommunikationspartner/in einen der beiden Aspekte unterschiedlich interpretiert.

⁵ Paul Watzlawick war Kommunikationswissenschaftler, Psychotherapeut, Psychoanalytiker, Soziologe, Philosoph und Autor. Im deutschsprachigen Raum wurde er vor allem durch seine populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen zur Kommunikationstheorie und über den radikalen Konstruktivismus einem größeren Publikum bekannt. http://de.wikipedia.org/wiki/Paul_Watzlawick [Stand: 17.06.2010].

In den vorigen beiden Absätzen wurde darauf aufmerksam gemacht, dass in zwischenmenschlichen Kommunikationen gewisse Informationen vom Gegenüber auf dieselbe Weise interpretiert werden, andere hingegen nicht. Auf die Ursache soll nun eingegangen werden und wie sie sich auf die Schule, im Speziellen das Lernen, auswirkt. An dieser Stelle wird nun ein Modell vorgestellt, welches dazu beitragen soll, die **Informationsverarbeitung** der Schüler/innen besser verstehen zu können:

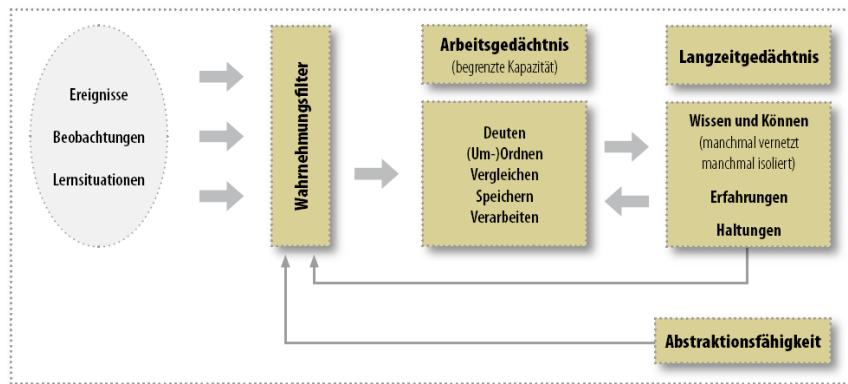


Abbildung 4: Informationsverarbeitungsmodell (Johnstone 1997 und Reid 2008; zit. n. IMST, Kern, S. 9)

Bei der Vielzahl an Studien, die sich mit den Lernschwierigkeiten der Schüler/innen beschäftigte, stellte sich unter anderem Folgendes heraus: Die Stolpersteine beim Chemielernen hängen mit dem Prozess zusammen, wie neue Information wahrgenommen bzw. aufgenommen wird. Bei allen Menschen läuft das Lernen im Prinzip nach dem gleichen Schema ab, so Reid (2008, S. 53f.). Ereignisse, Beobachtungen und Situationen werden durch das Filter unserer Erfahrungen, unseres Wissens und unseres Könnens in das Arbeitsgedächtnis aufgenommen, verarbeitet und nachfolgend eventuell im Langzeitspeicher gespeichert. Vorangegangene Lebenserfahrung beeinflusst die Wahrnehmung, weshalb der Unterricht geeignete Lernsituationen anbieten muss, die verschiedene Zugänge erlauben (vgl. Kern 2009, S. 9f.).

Das Informationsverarbeitungsmodell bietet folgende Vorhersagen:

- Wenn das Arbeitsgedächtnis überlastet ist, wird der Lernprozess mehr oder weniger schnell eingestellt.
- Wenn der Wahrnehmungsfilter effizient funktioniert, ist eine Überlastung eher auszuschließen.
- Das Filtern wird davon beeinflusst, was der/die Lernende bereits weiß.
- Wenn Wissen in einer verlinkten Form abgespeichert ist, kann es leichter abgerufen werden.

Wird das neue Wissen mit dem alten richtig verknüpft und abgespeichert, vorausgesetzt das alte Wissen ist korrekt abgespeichert, dann spricht man von effizientem, sinnstiftendem Lernen. Wird das neue Wissen jedoch falsch verknüpft, entstehen alternative Konzepte, die im Widerspruch zu der wissenschaftlichen Sicht stehen.

Das Arbeitsgedächtnis ist der Teil unseres Gehirns, in dem Denken, Verstehen und Problemlösen stattfindet. Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, also die Anzahl der Informationseinheiten („chunks“), ist begrenzt, steigt jedoch im Verlauf der Entwicklung. Die Chunks geben an, wie viele Einheiten man gleichzeitig verarbeiten muss, um eine Aufgabe zu lösen. Für die Praxis hat das zur Folge, dass die Arbeitsleistung ziemlich drastisch sinkt, sobald eine Aufgabenstellung das Arbeitsgedächtnis überlastet, also zu viele Chunks auf einmal verarbeitet werden sollten (vgl. Reid 2008, S. 52f.). Zunehmende Vertrautheit mit einem Wissensgebiet führt dazu, dass mehrere Informationen zu einem Chunk gebündelt werden. Kern (2009, S. 10) führt ein Beispiel mit einer chemischen Aufgabenstellung, wie sie im Unterricht gestellt wird, diesbezüglich an: *Welches Volumen Salzsäure (c=1mol/L) braucht man, um 10,0 g Kalkstein vollständig zur Reaktion zu bringen?* Ein/e Schüler/in benötigt zum Lösen dieser Aufgabe etwa 11 Schritte, ein Chemielehrer/in hingegen nur fünf Schritte, da er/sie einige Schritte zusammenfassen kann.

Die entscheidende Frage lautet: Wie kann man der Überlastung des Arbeitsgedächtnisses entgegen wirken? Senkt man die Anforderung an den Arbeitsspeicher, dann wird Lernen erfolgreicher sein, so Reid. Das kann unter anderem durch folgende Schritte erzielt werden: Den Stundenablauf ändern, die Geschwindigkeit und die Reihenfolge der Unterrichtsinhalte modifizieren und schließlich die komplexen Gebiete aufbrechen und in kleinere Einheiten bündeln. Aus der Sicht des/des Lehrer/in ist es wichtig, aufbauendes Lernen zu ermöglichen, um das Arbeitsgedächtnis der Schüler/innen nicht zu überfordern. Andernfalls wird der Lernprozess ins Stocken geraten oder gänzlich unterbrochen werden (vgl. Reid 2008, S. 56).

Beteiligung affektiver Aspekte beim Lernen

Lernen ist nie allein Sache rationaler Einsicht, immer spielen Bedürfnisse, Interessen und Einstellung hinein. Die affektiven Aspekte spielen also beim Lernen auch eine wichtige Rolle. Diese sind ebenso beim Interpretationsprozess, der oben genannten Verleihung von Bedeutung, wesentlich. Widersprüche nimmt der/die Lernende oft im Rahmen der herangezogenen Vorstellungen als solche nicht wahr, weil er/sie dafür kein Interesse aufbringt (vgl. Häußler et al. 1998, S. 172).

Nach Krapp (2003, http://www.unibw.de/sowi1_1/interesse/pdfneu/03bkrapp, S. 92f.) ist die Motivation ein zentraler Bedingungsfaktor für den Lernerfolg in der Schule. Sie ist nicht nur eine Bedingung für Lehren und Lernen, sondern auch das Ergebnis von Bildung und Erziehung. Krapp ist der Auffassung, dass es zwischen „Können“ und „Wollen“ sehr enge Querbezüge gibt. So ist der Output jeder einzelnen Lern- und Entwicklungsepisode stark abhängig von der jeweils wirksamen Lernmotivation. Eine verbreitete Ansicht, dass generell umso besser gelernt wird, je mehr ein/e Schüler/in motiviert ist, trifft nicht zu. Sowohl eine zu geringe als auch eine zu hohe Motivationsstärke können Ausmaß und Qualität der erbrachten Leistung beeinträchtigen. Der Selbe, nicht lineare Zusammenhang gilt auch für motivationsrelevante Emotionen (Freude, Angst, Wohlbefinden) bzw. emotionsgesteuerten Erlebensqualitäten (wahrgenommener Stress).

Lernen - Konzeptwachstum oder Konzeptwechsel?

Ein gutes Modell, sich die gespeicherte Wissensstruktur vorzustellen, ist das eines Netzes. Dabei stellen die Knoten die einzelnen Begriffe und Konzepte dar, welche auf vielfältige Weise miteinander verbunden sind. Das Netz wächst, wenn neue Begriffe eingeführt werden und sich neue Verbindungen bilden, man spricht dann von *Konzeptwachstum*. Beim Lernen von Naturwissenschaften funktioniert das in der Regel leider nicht so. Wenn die vorhandenen Vorstellungen nicht mit den wissenschaftlichen Konzepten übereinstimmen, muss das Netz vielmehr grundlegend umgestaltet werden. Man spricht in diesem Fall von einem *Konzeptwechsel* (vgl. Häußler et al. 1998, S. 172). Bedingungen, die gegeben sein müssen, damit ein Konzeptwechsel stattfinden kann, sollen an dieser Stelle stichwortartig angeführt werden: Unzufriedenheit der Lernenden mit der vorhandenen Vorstellung; Verständlichkeit, Plausibilität sowie Fruchtbarkeit der neuen Vorstellung. Im Kapitel 3.3.4 wird der Konzeptwechsel ausführlicher thematisiert.

Abschließend möchte ich einige wichtige Punkte noch einmal zusammenfassen: Damit das erworbene Wissen nicht träge bleibt, muss es aktiv konstruiert werden. Aktives, das heißt anwendbares, vielfach verknüpftes Wissen lässt sich nur erwerben, indem jedes lernende Individuum es für sich selbst konstruiert. Dabei lernt es zugleich, wie ein solches Wissen überhaupt zustande kommt, wie man es also erweitern und eventuell noch besser verknüpfen kann. Ist man in der Lage, sich schließlich in diesem Netz zu bewegen, so kann man die Einzelabläufe leichter einordnen. Das heißt auch, dass Experten/innen nicht nur mehr Wissen haben, sondern ein besser verknüpftes Wissen; das macht sie zu den erfolgreichen Problemlösern (vgl. Stork 1995, S. 17f.).

3.3.2 Der kognitive Konflikt - Piaget und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Wie ist der Konstruktionsprozess beschaffen, mit dessen Unterstützung sich das lernende Individuum naturwissenschaftliche Kenntnisse erarbeitet? Urheber der Auffassung des Lernens als Konstruktion war Jean Piaget (1896-1980), der von Haus aus eigentlich Biologe war. Er war der Überzeugung, dass der Lernprozess ein Anpassungsprozess sei. Jeder Organismus ist bestrebt möglichst intakt zu bleiben; dies gelinge ihm, indem er sich funktionell ständig anpasse (vgl. Stork 1995, S. 18).

Das Handeln ist bei Jean Piaget ein zentrales Konzept, dem zwei Prozesse zugrunde liegen: *Assimilation* und *Akkommodation*⁶. Diese beiden sind in jeder Handlung vorhanden – jede Assimilation ist mit einer Akkommodation verknüpft, jede Akkommodation mit einer Assimilation. Das Gleichgewicht zwischen den beiden, die *Äquilibrium* (Der Ausdruck „Gleichgewicht“ mag den Chemiker und Physiker stören – gemeint ist damit die Schaffung von Bedingungen, die der Koexistenz des einzelnen mit der Umwelt zugutekommen), ist der Vorgang, bei dem beide Aspekte zugleich enthalten sind; auf diese Entwicklung zielt der Entwicklungs- und Lernprozess des Individuums (vgl. Bliss 1996, S. 4).

Nach Piaget ist Lernen als Wechselspiel von Störung und Wiederherstellung eines kognitiven Gleichgewichts zu verstehen. Dem Modell der Äquilibrium zufolge wird die bestehende Struktur solange nicht verändert, wie es gelingt, die neuen Erfahrungen dieser Struktur anzupassen, sie zu assimilieren. Im Falle einer Störung des Gleichgewichts, versucht das kognitive System für die Wiederherstellung zu sorgen. Das System wird also gezwungen, sich zu verändern, zu akkommodieren. Die Störung des Gleichgewichts wird von den Lernenden als *kognitiver Konflikt* empfunden. Dieser ergibt sich also, wenn die bestehende kognitive Struktur („Schema“ von Piaget bezeichnet) und die neuen Erfahrungen nicht mehr zusammen passen. Die vom Lernenden wahrgenommenen Diskrepanzen dürfen allerdings nicht zu groß sein, sonst ist die Herstellung des Gleichgewichts nicht mehr möglich. Das ist insbesondere dann zu beachten, wenn ein kognitiver Konflikt bewusst von der Lehrkraft arrangiert wird. Es besteht die Möglichkeit, dass die Lernprozesse, welche angeregt werden sollten, nicht stattfinden oder in eine andere, unerwünschte Richtung verlaufen. Die Diskrepanzen werden von den Lernenden oftmals ignoriert oder als nicht bedeutend empfunden, was bedeutet, dass das kognitive Gleichgewicht versucht, die Balance zu halten und den

⁶ *Assimilation* bedeutet die Eingliederung neuer Erfahrungen oder Erlebnisse in ein bereits bestehendes Schema. Unter *Akkommodation* hingegen versteht man die Erweiterung bzw. Anpassung eines Schemas (also der kognitiven Strukturen) an eine wahrgenommene Situation (vgl. Stork 1995, S. 19).

Konflikt auszublenden. Es ist entscheidend, dass die Lernenden den kognitiven Konflikt als solchen wahrnehmen und ihn empfinden. Erst dann kann Lernen tatsächlich stattfinden (vgl. Stangl 2006, S. 15).

Das Beschriebene soll nun mit anhand eines Beispiels verdeutlicht werden: Ein kleines Kind assimiliert zum Beispiel alle vierbeinigen Tiere mit Fell als „Wau-Wau“, nachdem es diese Zuordnung an einem oder an mehreren Hunden gelernt hat. Ebenso kann man – wenn man die ionische Bindung bei Lithiumchlorid kennen gelernt hat - auch die Bindung im Natriumchlorid, im Calciumoxid als „ionische Bindungen“ assimilieren. Weshalb dieser Prozess „Assimilation“ heißt ist naheliegend: Es handelt sich um eine subjektiv konstruierte Angleichung der Umwelt an das Individuum, durch die Klassifikations- und Erklärungsschemata des Individuums. Ungeeignete oder unzureichende Schemata müssen umgeformt, präzisiert und damit den subjektiv veränderten Umweltbedingungen angepasst werden. Das Kind muss das „Wau-Wau“-Schema verändern, sobald es außer Hunden noch Katzen und Ponys kennengelernt hat. Das gleiche gilt für die „ionische Bindung“: Das Schema passt offenbar nicht auf die Saccharose oder den Tetrachlorkohlenstoff, weil hier offensichtlich keine Ionengitter vorliegen. Es können folgend weitere Differenzierungen vorgenommen werden. Diesen Ablauf der Präzisierung alter und Bildung neuer Schemata nennt Piaget „Akkommodation“. Das Individuum erlebt einen Angleichungsprozess an die Umwelt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass kognitives Lernen für Piaget eine entwickelte Form der Äquilibration ist (vgl. Stork 1995, S. 18f.).

Piagets Arbeiten haben die naturwissenschaftliche Didaktik seit Anfang der 60er Jahre stark beeinflusst. Er entwickelte unter anderem eine Gliederung der kognitiven Entwicklung in vier Stadien, die durch zunehmend komplexer werdende Denkoperationen gekennzeichnet sind (vgl. Bliss 1996, S. 6). Insbesondere diese Stadientheorie war und ist Zielscheibe der Kritik. Der Haupteinwand beruht auf der starren Abfolge der vier Stadien. Viele Studien haben gezeigt, dass die Stadien später eintreten als von Piaget angegeben und dass Lernen bereichsspezifisch ist. Damit ist gemeint, dass die Übertragung allgemeiner Denkfähigkeiten auf beliebige Bereiche in der Regel nur sehr eingeschränkt funktioniert, anders als von Piaget formuliert. Trotz allem kann kein Zweifel daran bestehen, dass Piagetsche Ideen nach wie vor wichtige Anregungen und Rahmenvorstellungen zur Verbesserung des Lernens naturwissenschaftlicher Begriffe und Prinzipien bereitstellen. Viele Konzeptwechselansätze, die aus den Forschungen zur Rolle von Schülervorstellungen hervorgegangen sind, basieren auf einem solchen Bild des Lernens. Die auf der Basis dieser Piagetschen Vorstellungen entwickelte Unterrichtsmethode des „Learning Cycle“

ähnelt in ihren wesentlichsten Charakteristika Unterrichtsstrategien, die auf Konzeptwechselansätzen beruhen (vgl. Häußler et al. 1998, S. 188f.).

3.3.3 Konstruktivistische Vorstellungen von Lernen

Unter der konstruktivistischen Sichtweise werden häufig sehr unterschiedliche Ideen subsumiert, da sich im Laufe der Vergangenheit verschiedene Varianten diesbezüglich entwickelten. So wird der Konstruktivismus als eine „Wissenstheorie“ (Glaserfeld 1991; zit. n. Burger 2001, S. 51) verstanden, die in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen wie der Soziologie oder der Psychologie genutzt wird (vgl. Riemeier 2007, S. 70). Da allerdings viele Autoren in der Absicht, ihre eigene Stellung zu verdeutlichen, die unterschiedlichen Strömungen mit unterschiedlichen Attributen zu ordnen versuchen, fällt ein Überblick schwer.

Die Wurzeln des Konstruktivismus sind alt. Bereits in der antiken Philosophie wurde von den Skeptikern des Realismus die Unmöglichkeit postuliert, den Wahrheitsgehalt einer Erkenntnis zu überprüfen. Jede Art der Erkenntnis musste sich ihrer Meinung nach auf eine frühere Erkenntnis stützen, da der Mensch, als erkennendes Wesen, in seinen eigenen Vorstellungen gefangen ist. Diese zirkuläre Gefangenheit des Menschen wurde im Laufe der Jahrhunderte immer wieder von Philosophen diskutiert (vgl. Burger 2001, S. 51). Einen wesentlichen Beitrag dazu lieferte Kant, der herleitete, dass wir die Dinge nicht erkennen können, wie sie „an sich“ sind, sondern nur, wie sie „für uns“ sind. Abbildung 5 soll die Kantsche Erkenntnistheorie abkürzend verdeutlichen. Das Ding „an sich“ beeinflusst unsere sinnliche Wahrnehmung. Die auftretenden Sinnesempfindungen werden durch die Anschauungsformen⁷ Raum und Zeit zu Wahrnehmungen und Vorstellungen. Die Kombination der einzelnen Wahrnehmungen zum Gegenstand, zur Substanz, erfolgt dann mithilfe von Kategorien des Verstandes. Das heißt also, wir konstruieren diese selbst, um schließlich mithilfe weiterer Kategorien Beziehungen zwischen ihnen zu konstruieren: die Naturgesetze. Es ist diese Erkenntnistheorie, die durch Publikationen vor allem von v. Glaserfeld ins Bewusstsein vieler Didaktiker gelangt ist (vgl. Stork 1995, S. 16f.).

⁷ Anschauungsformen sind die Ausdrücke für Raum und Zeit, insofern diese zunächst nichts sind als zwei Arten der Formung, Ordnung, Vereinheitlichung unserer Anschauungen oder Wahrnehmungen (Empfindungsinhalte). Diese Formungen sind als solche a priori (vor der Erfahrung) und subjektiv. <http://www.textlog.de/1395.html> [Stand:08.09.2010].

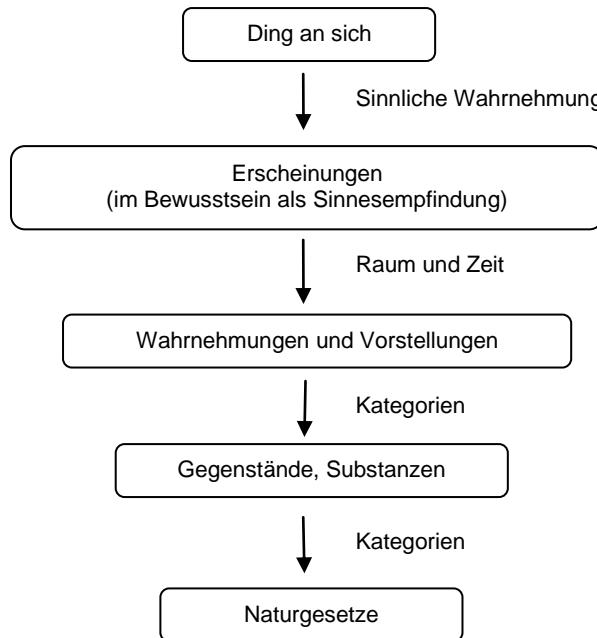


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Erkenntnistheorie Kants (Stork 1995, S. 16)

Der kurz vorgestellte erkenntnistheoretische Konstruktivismus wird im Laufe dieser Arbeit nicht als theoretische Basis herangezogen. Im Mittelpunkt des Interesses steht von nun an eher der lerntheoretische Konstruktivismus. Zwischen den beiden gibt es Parallelen, aber der lerntheoretische Konstruktivismus verzichtet auf die Frage, in welchem Verhältnis die Konstrukte des Verstandes zur „realen Welt“, zur Wirklichkeit „an sich“ stehen (vgl. Stork 1995, S. 16f.). Das ist im alltäglichen Leben auch nicht notwendig, denn die Sinnhaftigkeit des Aufnehmens und Anwendens von Wissen ist durch die Annahme bestimmt, dass Wissen und Wirklichkeit übereinstimmen. Solange diese Annahme nicht gestört wird, bewerten Menschen ihre Wahrnehmungen im alltäglichen Leben als „objektive“ Wirklichkeit und nehmen Wissen als Teilrepräsentation der Realität an (vgl. Burger 2001, S. 52). Eine konstruktivistische Lerntheorie hingegen, die für die Schule relevant sein soll, muss nach der Rolle des/der Lehrers/in fragen, ebenso auch nach Besonderheiten gemeinschaftlicher Lernprozesse (vgl. Stork 1995, S. 16f.).

Weitere Impulse stammen unter anderem von Gestaltpsychologen wie Metzger und Köhler, Vertretern der kognitiven Psychologie wie Gerstenmaier & Mandl, Neurophysiologen wie Maturana & Varela und Roth, Kybernetikern wie v. Glaserfeld und v. Foerster, Kommunikationstheoretikern wie Watzlawick sowie von Soziologen wie Berger & Luckmann und Lumann (vgl. Burger 2001, S. 52).

Siebert spricht in Bezug auf den Konstruktivismus von einer „Umbrella-Theorie“, die unterschiedliche Positionen überdacht. Durch Attribute wie „radikaler“ und „sozialer“ oder „erkenntnistheoretischer“ und „lerntheoretischer“ Konstruktivismus – um

verschiedene Ausrichtungen zu nennen – werden die unterschiedlichen Schwerpunkte betont und damit die Abgrenzungen zu anderen Konstruktivismen hergestellt (vgl. Burger 2001, S. 52).

Urheber des radikalen Konstruktivismus ist v. Glaserfeld. Die Kernaussage dieser konstruktivistischen Sichtweise besagt, dass eine Wahrnehmung niemals ein Abbild der Realität liefert, sondern immer eine aktive Konstruktion eines Individuums ist. Folglich ist Objektivität im Sinne einer Übereinstimmung von wahrgenommenem, also konstruiertem, Bild und Realität unmöglich; ausnahmslos jede Wahrnehmung ist subjektiv. Darin besteht die Radikalität dieser Sichtweise (vgl. Duit & Gräber 1993, S. 19). Sie ist also dem erkenntnistheoretischen Konstruktivismus sehr nahe stehend.

Der moderate Konstruktivismus setzte sich im Verlauf der letzten 20 Jahre als vorherrschender paradigmatischer Rahmen für die Lehr- und Lernforschung durch. Im Mittelpunkt dieser Auffassung stehen der Lerner und dessen Lernprozess. Die grundsätzlichen Gedankengänge, die Kernaussagen des interdisziplinären Konstruktivs „Konstruktivismus“ für die didaktischen Entscheidungen im Schulalltag, werden nun dargestellt (vgl. Reinmann-Rothmeier & Mandl 1996, S. 41):

- **Lernen ist konstruktiv:** Ohne den individuellen Erfahrungs- und Wissenshintergrund und eigene Interpretationen finden im Prinzip keine kognitiven Prozesse statt. Lernende nehmen Information nicht einfach auf und integrieren diese wie gewünscht, sondern sie konstruieren aktiv Bedeutungen auf Grundlage ihrer bisherigen Vorstellungen.
- **Lernen ist selbstdeterminiert:** Bei jedem Lernen übernimmt der Lernende selbst Steuerungs- und Kontrollprozesse. Der Lernprozess kann nicht von außen determiniert, d.h. gesteuert und kontrolliert werden. Das Ausmaß an eigener Steuerung und Kontrolle kann aber je nach Lernsituation variieren.
- **Lernen ist individuell:** Lernen ist ausschließlich über die aktive Beteiligung des Lernenden möglich. Dazu gehört, dass der/die Lernende zum Lernen motiviert ist und dass er/sie an dem, was er/sie macht und wie er/sie es macht, Interesse hat beziehungsweise entwickelt.
- **Lernen ist sozial:** Lernen ist schließlich auch immer ein sozialer Prozess. Lernen findet innerhalb einer sozialen Interaktion statt, in welchen Ideen, Vermutungen o.ä. kommuniziert, ausgehandelt, getestet und geteilt werden.
- **Lernen ist situiert:** Lernen erfolgt stets in spezifischen Kontexten, d.h. das Wissen ist mit den inhaltlichen und sozialen Erfahrungen der Lernsituation verbunden, sodass jeder Lernprozess auch als situativ gelten kann.

Folgende Abbildung soll das Geschriebene verdeutlichen:

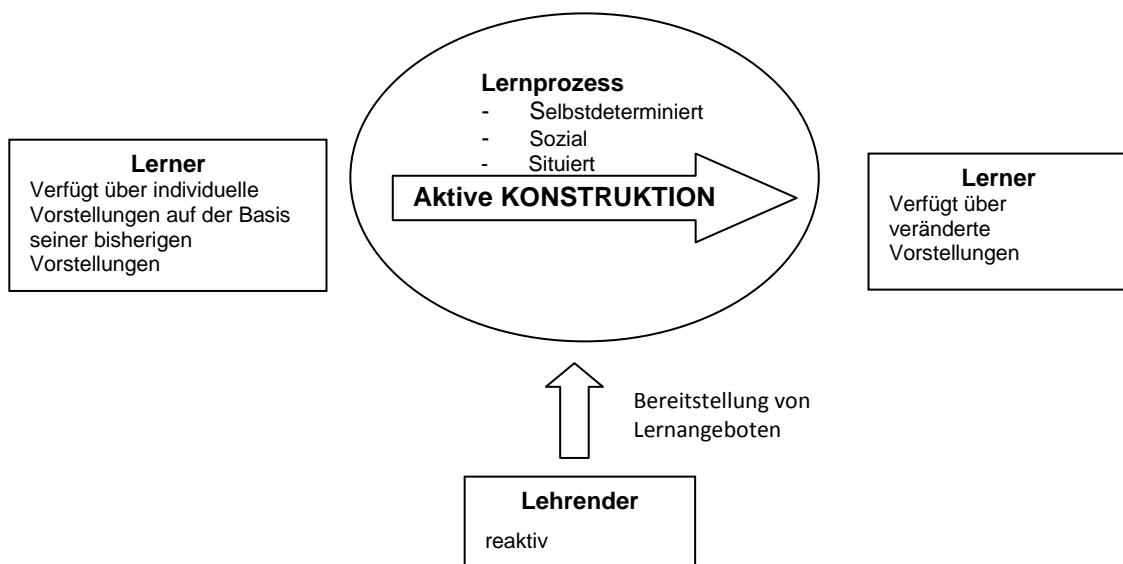


Abbildung 6: Elemente der konstruktivistischen Sichtweise vom Lernen (Riemeier 2007, S. 70)

3.3.4 Konzeptwechsel

Der Begriff „Konzeptwechsel“ spielt in den konstruktivistischen Ansätzen der 80er und 90er Jahre eine bedeutende Rolle. Dies gilt nicht allein für Lernstudien in den Naturwissenschaften sondern ganz allgemein. Für die Entwicklung wirksamer Interventionen zur Vermittlung naturwissenschaftlicher Unterrichtsthemen wird als theoretischer Rahmen der Conceptual-Change-Ansatz herangezogen. Dieser Ansatz baut auf der konstruktivistischen Lehr-Lern-Theorie auf und nennt Bedingungen, unter denen die Lernenden den Übergang von einer Vorstellung zu einer anderen bewältigen können. Beim Lernen verändert sich die kognitive Struktur, Teile werden ergänzt und erweitert, andere werden grundlegend revidiert und neu strukturiert, wieder anderen wird ein veränderter Status und Anwendungsbereich gegeben (vgl. Häußler et al. 1998, S. 192).

Der deutsche Terminus Konzeptwechsel, sowie der englische *conceptual change*, sind leider unglücklich gewählt. Sie erwecken den Eindruck, dass ein Konzept gegen das andere einfach ausgetauscht werden kann. Es liegt auf der Hand, dass dieses Bild auf die komplexen Lern- und Erkenntnisprozesse, die im menschlichen Geist ablaufen, nur mit Einschränkung passt. Im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik hat es tatsächlich die Annahme gegeben, dass die „falschen“ Vorstellungen, mit denen die Schülerinnen und Schüler in die Klasse hineinkommen, auszumerzen und durch die „richtigen“ naturwissenschaftlichen Vorstellungen zu ersetzen seien. Das gelingt im Allgemeinen

aber nicht. Meist kommen die Schülerinnen und Schüler nur einen (kleinen) Schritt in Richtung der naturwissenschaftlichen Sichtweise voran. Viele Alltagsvorstellungen haben sich beispielsweise in Alltagssituationen bestens bewährt, sie werden in der Regel nicht einfach aufgegeben und ersetzt. Ansätze des Konzeptwechsels haben daher das Ziel, die Schülerinnen und Schüler davon zu überzeugen, dass die naturwissenschaftlichen Vorstellungen fruchtbarer sind als ihre vorunterrichtlichen Alltagsvorstellungen (vgl. Duit 1996, S. 147).

Man kann zwei Arten von Lernwegen unterscheiden, die von den Alltagsvorstellungen zu den wissenschaftlichen Vorstellungen führen, und zwar eher kontinuierliche und eher diskontinuierliche Wege. Kontinuierliche Wege sind bestrebt, an den Aspekten der vorhandenen Vorstellungen anzuknüpfen, die den zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellungen jedenfalls nicht konträr gegenüber stehen. Von dort aus werden dann Erweiterungen und kleinere Berichtigungen der vorhandenen Vorstellungen vorgenommen. Es wird auch von einem Konzeptwachstum gesprochen (conceptual growth). Bei diskontinuierlichen Wegen sind dagegen grundlegende Revisionen der Vorstellungen, von denen ausgegangen wird, erforderlich, da sie den zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellungen konträr gegenüber stehen. Der kognitive Konflikt spielt hierbei eine bedeutsame Rolle. Conceptual growth entspricht dabei dem Begriff der Assimilation von Piaget, conceptual change dem Begriff Akkommodation (vgl. Duit 1996, S. 148).

Posner et al. (1982, S. 214) haben die folgenden Bedingungen herausgearbeitet, damit ein Konzeptwechsel, also conceptual change, stattfinden kann. Diese sind in der Naturwissenschaftsdidaktik zum paradigmatischen Orientierungspunkt für konstruktivistisch orientierte Unterrichtsansätze geworden:

- 1) *There must be dissatisfaction with existing conceptions.*
Unzufriedenheit der Lernenden mit der vorhandenen Vorstellung (z.B. durch das bewusste Provozieren eines kognitiven Konflikts).
- 2) *A new conception must be intelligible.*
Verständlichkeit der neuen Vorstellung (z.B. über Analogien oder Metaphern).
- 3) *A new conception must appear initially plausible.*
Plausibilität der neuen Vorstellung (d.h. Übereinstimmung mit eigenen Erfahrungen, Überzeugungen).
- 4) *A new concept should suggest the possibility of a fruitful research program.*
Fruchtbarkeit der neuen Vorstellung (d.h. sie kann erfolgreich im Alltag angewendet werden).

Dieser Konzeptwechselprozess wird ganz im Sinne Piagetscher Vorstellungen als Äquilibrium von Assimilation und Akkommodation gesehen.

Die oben genannten Bedingungen haben sich als durchaus fruchtbar erwiesen, jedoch sollte nicht übersehen werden, dass sie sich nur schwer in die Praxis umsetzen lassen. Die meisten Schülerinnen und Schüler sind mit ihren Vorstellungen durchaus zufrieden, da sie ihnen im Alltag ausreichend Orientierung bieten. Solange die neuen, die wissenschaftlichen, Vorstellungen noch nicht verstanden sind, wird es schwer gelingen, in ihnen (den Lernenden) die gewünschte Unzufriedenheit gegenüber ihrer alten Vorstellungen hervorzurufen (siehe erste Bedingung). Von Verständlichkeit und Plausibilität kann auch erst dann die Rede sein, wenn die wissenschaftlichen Vorstellungen bereits völlig durchschaut worden sind. Kritiker werfen den Konzeptwechselansätzen vor, sie würden sich auf „kalte“ Kognition, also auf das rein Rationale beschränken und dabei z.B. affektive Aspekte des Wissenserwerbs vernachlässigen. Da jedoch viele führende Konzeptwechselansätze sich diesem Umstand bewusst sind, wird der Vorwurf als überzogen angesehen (vgl. Häußler et al. 1998, S. 194).

Es hat sich im Verlaufe zweier Jahrzehnte ein theoretischer Rahmen entwickelt, der es ermöglicht, Lehr-Lernprozesse „einigermaßen“ konsistent und umfassend zu beschreiben. Mit dem Einschub „einigermaßen“ soll darauf hingedeutet werden, dass noch viele Anstrengungen zur weiteren Entwicklung des konstruktivistischen Programms nötig sind. Hierbei darf man aber die Vielzahl an Varianten konstruktivistischer Ansätze nicht als Schwäche des Programms angesehen, sondern man muss berücksichtigen, dass die Vielfalt von Aspekten des Lehrens und Lernens nur mit „multi-perspektivischen“ Ansätzen theoretisch erfasst werden können (vgl. Widodo & Duit 2004, S. 236).

3.4 Unterricht auf der Basis von Schülervorstellungen

Aufgrund der im vorigen Kapitel beschriebenen Lernprobleme, sollen hier nun Vorschläge zusammengestellt werden, mit denen es gelingen soll, Unterricht so zu planen und durchzuführen, dass er insgesamt effektiver wird, also zu einem tieferen Verständnis naturwissenschaftlicher Begriffe und Prinzipien als bisher führt. Wunder dürfen von den folgenden Vorschlägen allerdings nicht erwartet werden.

Einige allgemeine Punkte sollen vorab erwähnt werden, die nach dem, was im Laufe des ersten Kapitels bereits diskutiert wurde, als selbstverständlich betrachtet werden:

- Perspektiven der Schülerinnen und Schüler ernst nehmen.

Damit ist gemeint, dass im Unterricht abseits der fachlichen Anforderungen Wege gefunden werden müssen, auf die Bedürfnisse, Interessen und Lernmöglichkeiten der Schüler/innen einzugehen.

- Vorunterrichtlichen Vorstellungen berücksichtigen.

Diese Forderung wird hier als selbstverständlich angesehen, es ist aber nicht einfach, das konsequent durchzuführen. Die Standpunkte der Lernenden müssen sowohl bei der Planung der fachlichen Sachstruktur (s. Kapitel 3.4.1) als auch bei Überlegungen zur Gestaltung der Auswahl von Medien und Unterrichtsmethoden berücksichtigt werden. In vielen Fällen kann die Literatur helfen, im Voraus zu erfahren, mit welchen Vorstellungen bei der Behandlung eines Themas zu rechnen ist (s. dazu Kapitel 3.2 und 3.5).

- Aktive Auseinandersetzung mit einem Problem oder Thema anregen.

Eine trivial klingende Aussage, die im Unterrichtsgeschehen aber häufig auf der Strecke bleibt.

- Reflexion über das eigene Wissen und den eigenen Lernprozess anregen.

Es ist wichtig, dass sich die Schülerinnen und Schüler ihren jeweiligen Standpunkt klar zu machen versuchen und Veränderungen diesbezüglich erkennen.

(vgl. Häußler et al. 1998, S. 199f.).

3.4.1 Didaktische Rekonstruktion

Unterricht ist durch ein komplexes Zusammenspiel mehrerer Variablen bestimmt. Der fachliche Inhalt, der vermittelt werden soll, ist selbstverständlich ein wichtiger Bestandteil. Um Lernschwierigkeiten zu vermeiden, genügen fachliche Überlegungen für einen erfolgreichen Unterricht allerdings nicht. Beim Modell der Didaktischen Rekonstruktion, das im Folgenden vorgestellt wird, werden fachliche Vorstellungen, mit Schülerperspektiven so in Beziehung gesetzt, dass daraus ein Unterrichtsgegenstand entwickelt werden kann (vgl. Duit 2004, http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/piko_Brief_02_DidaktischeRekonstruktion.pdf, S. 1).

Die Sachstruktur der Wissenschaft ist klar von der Sachstruktur für den Unterricht zu unterscheiden. Unter dem Begriff „Sachstruktur“ der Chemie ist die Struktur der fachlichen Inhalte zu verstehen. Sie schließt einerseits Begriffe und Prinzipien, andererseits Denk- und Arbeitsweisen sowie Vorstellungen über die Natur der Wissenschaft Chemie ein. Die Aufgabe der Lehrkraft bei der Planung des Unterrichts

ist es, die Sachstruktur für ihren bzw. seinen Unterricht zu konstruieren (vgl. Duit 2004, http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/piko_Brief_02_DidaktischeRekonstruktion.pdf, S. 2). Die fachlichen Sachverhalte werden im Unterricht häufig weit stärker, als dies im Wissenschaftsbereich der Fall ist, in umweltliche, gesellschaftliche und individuelle Zusammenhänge eingebettet, um ihre Relevanz für das Leben des/der Einzelnen in der Gesellschaft sowie in der belebten und unbelebten Natur zu verdeutlichen. Der didaktisch bearbeitete Gegenstand wird dadurch komplexer als der fachwissenschaftliche. Die Sachstruktur für den Unterricht wird also nicht vom Wissenschaftsbereich vorgegeben, sondern sie muss vielmehr in pädagogischer Zielsetzung erst hergestellt, d.h. didaktisch rekonstruiert werden (vgl. Kattmann et al. 1997, S. 3f.). Für Kattmann et al. (1997, S. 4) ist dies mehr als:

- ein effektives methodisches Umsetzen oder motivierendes Einkleiden von wissenschaftlicher Erkenntnis,
- eine didaktische Reduktion, die vorwiegend den Prozess bezeichnet, bei dem aus der Fülle des Wissenschaftsbereiches ausgewählt wird, um einen angemessenen Umfang herzustellen,
- eine didaktische Transformation, die den Prozess betrifft, bei dem die Form der Darstellung und das Niveau der experimentellen Fertigkeiten den Schülerinnen und Schülern angepasst werden, sodass der Unterrichtsgegenstand verständlich und für sie fassbar wird.

Bei der didaktischen Rekonstruktion eines Unterrichtsgegenstandes werden drei wechselwirkende Teile eng aufeinander bezogen: fachliche Klärung, Erfassung von Schülervorstellungen und didaktische Strukturierung (s. Abb. 7).

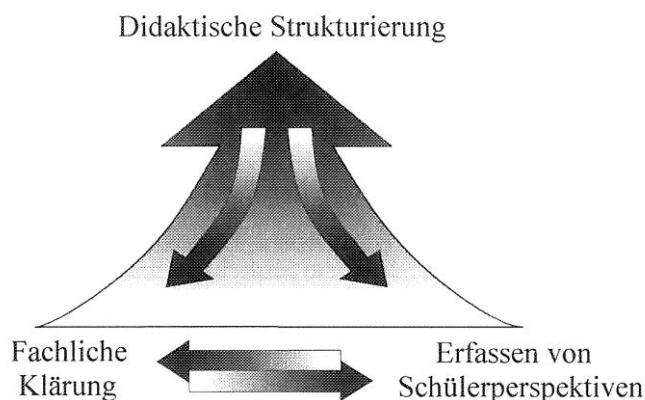


Abbildung 7: Fachdidaktisches Triplet: Beziehungsgefüge der Teilaufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997, S. 4)

Grundlage dieses Modells ist die wechselseitige Abhängigkeit didaktischer und fachlicher Aspekte. So werden beide Aspekte gleichwertig für die Didaktische Rekonstruktion von Unterrichtsinhalten genutzt (vgl. Kattmann et al. 1997, S. 4).

Die vorunterrichtlichen Vorstellungen erfüllen eine Doppelrolle. Erstens sind sie bei der sogenannten fachlichen Klärung und der Elementarisierung einzubeziehen (dabei werden die zentralen Grundideen des in Rede stehenden Inhalts herausgearbeitet) (vgl. Duit 2008, S. 6). Es hat sich in Studien gezeigt, dass manche neuen Unterrichtsansätze zunächst deshalb keinen bemerkenswerten Erfolg zeigten, weil die Sachstruktur für den Unterricht nicht so geplant war, dass die Lernwege von den vorunterrichtlichen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien effektiv zu beschreiten waren (vgl. Häußler et al. 1998, S. 201). Zweitens hat sich gezeigt, dass der fachliche Inhalt oftmals besser verstanden werden kann, wenn er aus der Sicht der Schülervorstellungen betrachtet wird (vgl. Duit 2008, S. 6). Es ist also zwingend, dass die Planung der Sachstruktur und die Planung der Lernwege von den vorunterrichtlichen Vorstellungen der Lernenden zu den wissenschaftlichen Vorstellungen Hand in Hand gehen. Dabei handelt es sich um eine ständige Wechselwirkung.

3.4.2 Unterrichtsstrategien, die Konzeptwechsel einleiten und unterstützen

Basierend auf dem Modell des Konzeptwechsels wird in der Literatur eine Reihe von unterschiedlichen Strategien zur unterrichtlichen Umsetzung vorgeschlagen. Grundgedanke aller Strategien ist dabei, dass ein Widerspruch zwischen alter Vorstellung und im Unterricht neu dargebotener Information die Lernenden in einen kognitiven Konflikt führt. Die Auflösung dieses Konflikts wird letztendlich durch die beabsichtigte Veränderung der alten Vorstellung erreicht.

Es kommt darauf an, dass die Schüler/innen zur eigenständigen Auseinandersetzung mit der in Rede stehenden Sache gefördert werden. Eine zentrale Rolle spielt hierbei außerdem das Klassenklima (vgl. Häußler et al. 1998, S. 211).

➤ Eigenständiges Arbeiten

Es wird auf Gruppenarbeit gesetzt, wo Lernende die Möglichkeit haben, sich mit Phänomenen vertraut zu machen und eigenständig versuchen können, eine Erklärung für Beobachtungen zu finden oder ein Problem zu lösen. Sowohl kooperative Arbeit in kleinen Gruppen als auch Schülerversuche haben sich als wirkungsvolle Methoden

erwiesen. Es muss ein ausgewogenes Maß zwischen Eigenständigkeit und Anleitung gefunden werden (vgl. Häußler et al. 1998, S. 211f.).

➤ Anknüpfen

Beim Anknüpfen werden bestehende Vorstellungen, die nicht oder möglichst wenig mit wissenschaftlichen Vorstellungen kollidieren, in einen anderen Zusammenhang eingefügt. Damit soll ein bruchloser Übergang zwischen Alltagsvorstellung und wissenschaftlicher Vorstellung gelingen. Die Lernenden sollen gewissermaßen Schritt für Schritt zu den wissenschaftlichen Vorstellungen geführt werden. Dies kann zum Beispiel durch Nutzung von Analogien erfolgen (vgl. Stangl 2006, S. 72). Unter dem Begriff Analogie versteht man die Beziehung zwischen einem Basisbereich, der als bekannt vorausgesetzt wird, und einem Zielbereich, den es zu erklären gibt (vgl. Stangl 2006, S. 70).

➤ Umdeuten

Beim Umdeuten bleibt zwar die Struktur einer Vorstellung erhalten, jedoch wird ihr eine andersartige Bedeutung zugeordnet. So können z.B. wissenschaftlich korrekte Verständnisse von Schülern/innen durch die Einführung eines neuen Begriffs in den Unterricht sinnvoll einbezogen werden (vgl. Häußler et al. 1998, S. 213). Was die Schülerinnen und Schüler z.B. unter Rosten verstehen, bezeichnen Chemiker als Oxidation. Ein Chemiker bezeichnet das schwarze Anlaufen des Silbers als Silbersulfid (vgl. Stangl 2006, S. 73).

Bei beiden Modellen (Anknüpfen und Umdeuten) werden neue Informationen in bestehende passende Vorstellungen integriert, wobei zwischen den vorunterrichtlichen und wissenschaftsorientierten Vorstellungen überbrückende Zwischenvorstellungen erarbeitet werden können. Es handelt sich also hierbei um einen kontinuierlichen Lernweg. Beim Weiterentwickeln von Vorstellungen spricht man auch von Konzeptwachstum (vgl. Kapitel 3.3.4).

➤ Konfrontieren

Bei dieser Variante beginnt man mit solchen Aspekten, die bei den Lernenden einen kognitiven Konflikt auslösen. Man kann entweder einander konträre Vorstellungen gegeneinander setzen oder man nutzt die Voraussagen der Lernenden zum Ausgang eines Experiments und das tatsächliche Ergebnis zum Auslösen eines Konflikts. Diese Strategie muss in eine Lernumgebung eingebettet sein, die es den Schülern/innen ermöglicht, ihre Vorstellungen angstfrei preisgeben zu können, und in denen sie nicht von vornherein in eine gewisse Verteidigungshaltung gedrängt werden (vgl. Häußler et al. 1998, S. 213f.).

Die Konstruktivistische Unterrichtsstrategie von Driver

Driver entwickelte eine Abfolge von Unterrichtsschritten, die auf der Basis von kognitiven Konflikten zur Vorstellungsänderung führen soll (vgl. Häußler et al. 1998, S. 215):

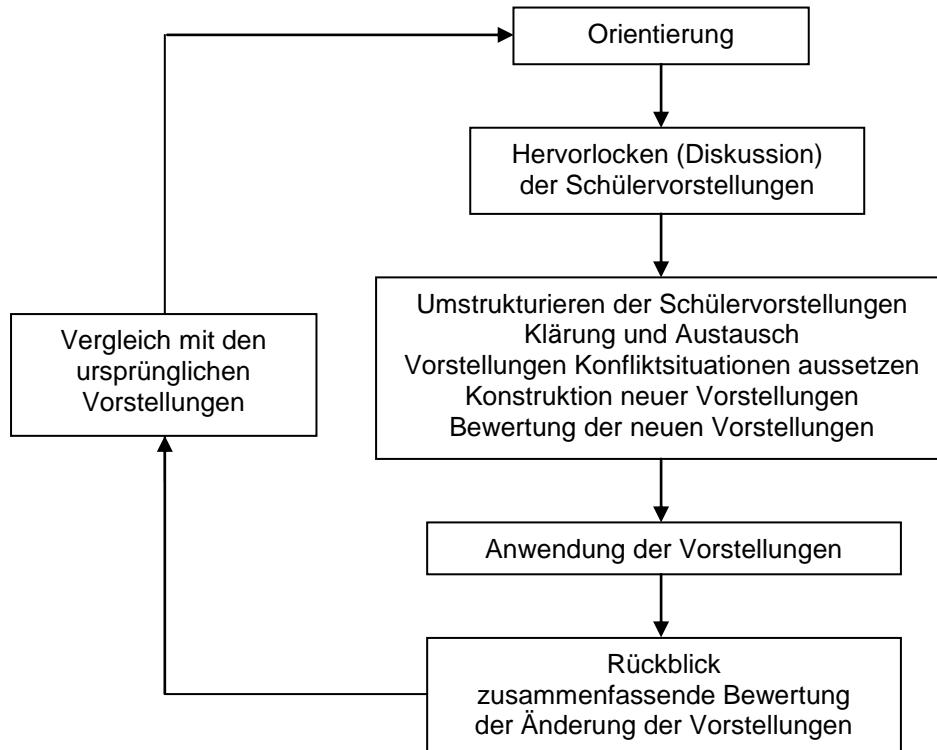


Abbildung 8: Die Phasen der konstruktivistischen Unterrichtsstrategie von Driver (Häußler et al. 1998, S. 215)

Zuerst sollen die Lernenden mit dem Lerngegenstand, so gut es geht, vertraut gemacht werden. Bei der Identifizierung und Klärung der vorhandenen Schülervorstellungen kann auf mehrere Methoden wie z.B. das sokratische Lehren, Schülerdiskussionen sowie Beobachtung bzw. Diskussion im Zusammenhang mit Schülerübungen und Experimenten zurückgegriffen werden. Im nächsten Schritt erfolgt die Aufarbeitung der Vorstellungen. Dies kann z.B. durch Klärung, durch Konfliktsituationen und/oder durch das Entwickeln neuer Vorstellungen und eine Bewertung der entsprechenden Gedankengänge erfolgen. Es folgt dann eine Unterrichtsphase in der neue Begriffe eingeführt werden. Die Schüler/innen müssen hierbei in der Lage sein, zwischen ihrem bestehenden Wissen und der neuen Vorstellung Verbindung herzustellen. Im Anschluss daran erfolgt die Anwendung der Vorstellungen in geeigneten Situationen. Wichtig dabei ist, dass die Schüler/innen möglichst viele Gelegenheiten bekommen, um ihre neuen Ideen in unterschiedlicher Weise anzuwenden. Schließlich ist dann ein Rückblick auf die durchlaufenen Prozesse wichtig, wobei ein Vergleich zwischen alten

und neuen Vorstellungen angestellt wird sowie eine Reflexion der stattgefundenen Vorstellungsänderungen (vgl. Burger 2001, S.107).

Learning Cycle

Eine weitere Untersuchungsstrategie ist der Learning Cycle, aufbauend auf den Ideen von Piaget. Hierbei sind die Grundideen des Wechselspiels von Akkommodation und Assimilation in Erinnerung zu rufen (vgl. Kapitel 3.3.4). Es wird absichtlich ein kognitiver Konflikt ausgelöst, um ihn durch die Einführung einer wissenschaftlichen Vorstellung zu lösen. Der Lernzyklus umfasst drei Lernschritte:

1. Die Exploration
2. Die Konzepteinführung
3. Die Konzeptanwendung

Während der Exploration gilt es die Schülerinnen und Schüler in ein kognitives Ungleichgewicht zu führen, am besten durch eigenes experimentelles Tun. Die Konzepteinführung beginnt mit der Thematisierung des kognitiven Konflikts. Der Lehrer bzw. die Lehrerin wird alles daran setzen, damit die Lernenden selbst ein neues Denkmuster finden, das den Konflikt löst. Durch gezielte Denkanstöße wird dieser Prozess vonseiten der Lehrkraft unterstützt. Stellt sich kein Erfolg ein, so muss der/die Lehrer/in das neue Konzept selbst einführen, aber so, dass die Lernenden die Behebung des Widerspruchs mit vollziehen und als solche erkennen. Im learning cycle setzt man an dieser Stelle auf Diskussionen zwischen Schüler/innen und der Lehrkraft. Ziel ist schließlich die Anwendung des neuen Konzepts. Daher werden die Lernenden mit Sachverhalten konfrontiert, bei denen das akkommodierte Konzepte sich als brauchbar erweist. Die neu erworbene Sichtweise macht Zusammenhänge, die bis zu diesem Zeitpunkt nicht erklärt werden konnten, aus Ursachen verständlich (vgl. Stork 1995, S. 23).

3.5 Schülervorstellungen in der Chemie

Das Forschungsgebiet, das sich mit Schülervorstellungen und ihrer Rolle für den naturwissenschaftlichen Unterricht befasst, zählt nach wie vor zu den aktivsten im Bereich naturwissenschaftsdidaktischer Forschung.

Nachfolgend werden wenige Bücher, Sammelbände bzw. Internetquellen angeben, in denen versucht wird, die wichtigsten Ansätze und Ergebnisse zusammenzufassen. Das soll nicht bedeuten, dass diese nun die wichtigsten oder vollständigsten Informationsquellen bezüglich Schülervorstellungen sind, aber diejenigen, die mir im Laufe dieser Arbeit als theoretische Basis dienten und die ich hier anführen möchte:

- **Literatursammlung von Pfundt und Duit: „Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht“ 1994**

In dieser Literatursammlung findet man ca. 3600 Einträge bzgl. Alltagsvorstellungen in den Naturwissenschaften, davon: 66 % mit Bezug auf Physik, 20 % Bezug auf Biologie und 14 % auf Chemie. Die Arbeiten wurden in verschiedene Gruppen unterteilt wie zum Beispiel „Zum Umfeld des Problems Vorstellungen der Schüler“, „Alltagsvorstellungen und wissenschaftliche Vorstellungen“, „Geschichtliche und individuelle Entwicklung von Vorstellungen“ etc. und zusätzlich in die unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Disziplinen.

- **Literatursammlung von Duit: STCSE- bibliography (Students' and Teachers' Conceptions and Science Education) 2009**

Dabei handelt es sich um eine im März 2009 aktualisierte Bibliographie zu Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Sachverhalten inklusive Vorstellungen von Lehrpersonen.

- **Kind: „Beyond Appearances: misconceptions about basic chemical ideas“ 2004** (<http://www.rsc.org/education/teachers/learnnet/pdf/LearnNet/rsc/miscon.pdf>)

Diese englischsprachige Untersuchung wurde von der Royal Society of Chemistry (London) ins Leben gerufen, die es für notwendig erachtete, die Forschung von Präkonzepten von Schülerinnen und Schülern und Chemie zusammen zu bringen. Diese Studie bietet die Auflistung von Präkonzepten in elf unterschiedlichen konzeptuellen chemischen Themengebieten: Zustand; Teilchentheorie; Zustandsänderungen; Unterschied zwischen Elementen, Verbindungen und Mischungen; Physikalische und Chemische Änderungen; Offene und geschlossene chemische Vorgänge; Säuren, Basen & Neutralisation; Stöchiometrie; Chemische Bindung; Thermodynamisches und chemisches Gleichgewicht. Lehranweisungen und vorgeschlagene Aktivitäten sind inkludiert.

- **Barke „Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen“ 2006**

Da die Vielfalt der Themen, zu denen Vorstellungen bestehen, unübersehbar ist, hat Barke sich in seinem Buch auf die Basiskonzepte beschränkt. Dabei hat er das Basiskonzept „Stoff-Teilchen-Konzept“ in zwei Konzepte, nämlich in „Stoffe und Eigenschaften“ und „Teilchen-Konzept“ gesplittet. Weiters findet man Schülervorstellungen zu den Konzepten „Struktur-Eigenschafts-Beziehungen“, „Chemisches Gleichgewicht“, „Donator-Akzeptor-Prinzip“ und der „Energie“. Zu jedem dieser Basiskonzepte werden sowohl Diagnose als auch „Korrektur“ in der Unterrichtspraxis zugrunde gelegt.

EMPIRISCHER TEIL: UNTERSUCHUNG VON SCHÜLERVORSTELLUNGEN ZUM KLIMAWANDEL

4 FORSCHUNGSMETHODEN

Zur Erhebung von Schülervorstellungen stehen vielfältige Instrumente zur Verfügung. Grundsätzlich kann zwischen verschiedenen Variationen von Interviews, Fragebögen, Wissenskartierungen (concept - mapping), Zeichnungen und Beobachtungen unterschieden werden (vgl. Burger 2001, S. 141). Nach der Devise "Verlasse dich bei Schlußfolgerungen nicht auf eine Erhebungsmethode, sondern suche die Vorstellungen durch eine Reihe unterschiedlicher Erhebungsinstrumente einzukreisen" (Jung 1985; zit. n. Burger 2001, S. 143), wurde auch diese Untersuchung geführt.

Erhebungsinstrumente, die im Rahmen dieser Arbeit mit Einverständnis der Eltern und des Direktors der Schule in einer achten Schulstufe eines Bundesgymnasiums und Bundesrealgymnasiums angewandt wurden, sind in diesem Kapitel zusammengestellt.

4.1 Forschungsfragen

Alle empirischen Untersuchungen sollen mit einer Klärung der zentralen Forschungsfragen beginnen. Nur auf diese Weise kann entschieden werden, welche Methode die geeigneten Instrumente zur Erfassung des Ausschnittes der sozialen Wirklichkeit bietet. Dabei wird es kaum gelingen, eine eindeutige Entscheidung für nur ein Datenerhebungsinstrument zu treffen. Diese hängt von einer Reihe von Faktoren, wie zum Beispiel dem speziellem Interesse, den Detailfragen der Untersuchung, den vorhandenen personellen und finanziellen Möglichkeiten sowie von den schon vorhandenen empirischen Untersuchungen ab (vgl. Atteslander 2000, S. 217).

Bei der Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen zum globalen Klimawandel können niemals alle Facetten des individuellen Wissens gleichzeitig in den Blick genommen werden. Bevor die Auswahl, der im Zuge dieser Untersuchung gewählten Instrumente begründet wird, soll auf die Forschungsfragen dieser empirischen Studie verwiesen werden:

- 1) Welche Vorstellungen haben 14-jährige Schülerinnen und Schüler vom Klimawandel?
- 2) Wie können Schülerinnen und Schüler von ihren vorunterrichtlichen Vorstellungen zu wissenschaftlicheren Begriffen und Prinzipien geleitet werden?
- 3) Verstehen Schülerinnen und Schüler für sie neue wissenschaftliche Konzepte nachhaltiger, wenn ihre Vorstellungen (Präkonzepte) im Unterricht erhoben und berücksichtigt werden?

4.2 Auswahl der Forschungsinstrumente

Um sowohl die Art der Schülervorstellungen zum Thema „Klimawandel“ möglichst in ihrer Breite zu erfassen als auch Aussagen über ihre Verbreitung innerhalb der Klasse treffen zu können, wurden folgende Instrumente gewählt:

Zuerst sollen die Schüler/innen einen Brief verfassen (Qualitative Methode), für die quantitative Untersuchung wird ein Fragebogen in geschlossener Form eingesetzt. Die verschiedenen Verfahren zur Ermittlung der Schülervorstellungen sollen dazu dienen, ein ganzheitlicheres Bild zu erhalten.

Der Grad der Gestaltungsfreiheit ist ein wesentliches Kriterium zur Wahl des Briefes. Dieses Instrument eignet sich insbesondere dazu, unterschiedliche, individuelle Wissenskonstrukte in ihrer Vielfalt zu erfassen. Die Schüler/innen werden dazu angeregt, ihren zukünftigen Kindern einen Brief zu schreiben, in dem sie über den Klimawandel berichten. Da der Begriff Klimawandel bei jedem Einzelnen eine unterschiedliche Bedeutung und Relevanz erfährt, soll den Lernenden die Möglichkeit gegeben werden, die Aufgabenstellung in offener Form zu bearbeiten.

Der geschlossene Fragebogen besteht aus 15 Aussagesätzen mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten. Die gewählten Aussagesätze stammen aus einer australischen Studie (vgl. Taber & Taylor 2009, S. 113). Dabei handelt es sich um Themen, Fachtermini etc., die sich als anfällig für Schülervorstellungen herausgestellt haben (s. dazu auch Kapitel 2). Es soll festgestellt werden, ob die Vorstellungen der in diesem Rahmen untersuchten Schüler/innen dieselben sind, wie diejenigen, die in vorigen Studien erhoben worden sind.

Ausschlaggebend für die Entscheidung, diese zwei Methoden (Schülerbrief und Fragebogen) als Untersuchungsinstrumente zu wählen, wurden Aspekte beachtet, die in Tabelle 1 (s. nächste Seite) kurz aufgelistet sind und auf die im Laufe dieses

Kapitels bei der näheren Erläuterung der einzelnen Instrumente eingegangen wird. Die Stärken des einen Instruments können zugleich die Schwächen des Anderen ausgleichen.

Schülerbrief		Geschlossener Fragebogen	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
1. Hohe Gestaltungsfreiheit: Gedanken hervor bringen und in größere Zusammenhänge bringen.	1. Beurteilung bzgl. „Objektivität“ ist schwer. 2. Aufwendige Datenauswertung. 3. Problematisch insbesondere für Schüler/innen, die nicht Deutsch als Muttersprache haben.	1. Vergleichbarkeit der Antworten, höhere Objektivität. 2. Schnelle Datenauswertung. 3. Leichtere Beantwortbarkeit für Schüler/innen mit Verbalisierungs- schwierigkeiten.	1. Gefahr der Suggestivwirkung. 2. Missverständnisse im Fragetext können ungeklärt bleiben. 3. Informationen werden ausschließlich in vorgegebenem Rahmen erhalten.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Forschungsinstrumente Schülerbrief und geschlossener Fragebogen (Häußler 1998, S. 84f.; Raithel 2008, S. 68f.; Schuler 2004, S. 138)

Werden bei einer Untersuchung verschiedene Methoden oder Sichtweisen genutzt, um verschiedenartige Daten zur Erforschung „desselben“ Sachverhaltes heranzuziehen, so spricht man von einer „Methodentriangulation“. Im Zuge dessen, und darin besteht auch der Vorteil, können Widersprüchlichkeiten sichtbar werden, die zu tiefer greifenden Interpretationen anregen. Je höher die Kongruenzen der verschiedenen Perspektiven sind, desto glaubwürdiger und reliabler sind die Forschungsergebnisse (vgl. Altrichter & Posch 2007, S. 179-180). In der vorliegenden Studie wurde die Methodentriangulation angewendet, deren Methoden aus Brief, Fragebogen und Videoaufzeichnung bestand. Durch die Triangulation ergibt die Situation ein vollkommeneres, ganzheitlicheres Bild.

Die Reihenfolge der Untersuchungsdurchführung ist bewusst gewählt: Um die Schüler/innen nicht zu beeinflussen oder in eine Richtung zu lenken, werden sie zuerst veranlasst, einen Brief anzufertigen. Eine Frage bzw. eine Aussage liefert bereits Information und verändert die Vorstellung der Probanden. Deshalb wird der Fragebogen danach ausgehändigt. Beide Erhebungen werden am selben Tag durchgeführt, aber nicht unmittelbar hintereinander, wie man dem Raster im nachstehenden Kapitel entnehmen kann. Diese Erhebung, die vor der Intervention durch sechs Unterrichtsstunden stattgefunden hat, wird im Folgenden als Pretest bezeichnet.

Auf Basis der erhaltenen Daten, werden im Anschluss sechs Unterrichtsstunden zum Thema Klimawandel entwickelt und durchgeführt.

Des Weiteren wird ein Posttest durchgeführt: Einige Wochen nach dem Unterrichtsblock wird den Lernenden der selbst verfasste Brief und der angekreuzte Fragebogen zur selbstständigen Überarbeitung wieder ausgeteilt. Pre- und Posttest sollen dazu dienen, Aussagen über einen Entwicklungsprozess - vor und nach Lehrerintervention - zu machen.

Außerdem können Rückschlüsse darüber gezogen werden, welche Methoden und Materialien sich in der Unterrichtsgestaltung zur Vermittlung der Sachverhalte eignen und welche adaptiert oder ganz geändert werden sollten.

Um den Unterricht reflektieren zu können, wird das Unterrichtsgeschehen per Videoaufzeichnung festgehalten.

4.2.1 Forschungsablauf

Die im Rahmen der Arbeit geplante Vorgehensweise ist durch die folgenden drei Schritte gekennzeichnet:

Erster Schritt: Pretest

- Qualitative Analyse der Schülervorstellungen

Die 14-jährigen Schüler/innen verfassen anhand von Leitfragen einen Brief zum Thema Klimawandel (s. Seite 67).

- Quantitative Analyse der Schülervorstellungen

Die Schüler/innen bearbeiten einen geschlossenen Fragebogen, der Aussagesätze beinhaltet, die sich in vorhergehenden Studien als anfällig für alternative Vorstellungen herausgestellt haben (s. Seite 72).

Zweiter Schritt: Selbst durchgeführte Unterrichtseinheiten

Die beim Pretest erhobenen und analysierten Daten werden verarbeitet und darauf aufbauend sechs Unterrichtseinheiten zum Thema Klimawandel entworfen und durchgeführt. Die didaktische Rekonstruktion wird als theoretischer und methodischer Rahmen für die Planung und Durchführung der Stunden verwendet (s. Seite 106-120).

Dritter Schritt: Posttest

Sowohl der Schülerbrief als auch der Fragebogen wird den Schülern/innen zur selbstständigen Überarbeitung nochmals ausgehändigt (s. Seite 128).

		Ereignis	Datum
Erster Schritt	Pretest: Qualitative und quantitative Erhebung	13/01/2010 9 ⁰⁰ -9 ⁵⁰ & 11 ⁰⁰ -11 ⁵⁰	
		1. Unterrichtseinheit	09/02/2010
	2. Unterrichtseinheit		10/02/2010
	3. Unterrichtseinheit		11/02/2010
	4. Unterrichtseinheit		15/02/2010
	5. Unterrichtseinheit		16/02/2010
	6. Unterrichtseinheit		23/02/2010
Dritter Schritt	Posttest		20/05/2010

Tabelle 2: Zeitlicher Überblick und Phasen des Forschungsablaufes

Die gesamte Untersuchung findet im Rahmen des regulären Chemieunterrichts statt. Dabei befinden sich die Schüler/innen in ihrem Klassenraum, im Chemie- oder Informatiksaal der Schule.

4.3 Allgemeine Kriterien

Ziel einer Untersuchung, eines Messvorgangs, besteht prinzipiell darin, möglichst exakte und fehlerfreie Messwerte zu erhalten. In der Forschungspraxis kann dieses Ziel allerdings kaum zur Gänze erreicht werden. Drei allgemeine Gütekriterien lassen sich im Hinblick auf das Messinstrument nennen. Messungen sollen

- objektiv sein, d.h. unabhängig von seinem Benutzer den gleichen Wert messen,
- reliabel (zuverlässig, verlässlich) sein, d.h. bei wiederholten Messungen die gleichen Werte liefern, und sie sollen
- valide (gültig) sein, d.h. nur das messen, was sie zu messen vorgeben.

(vgl. Häußler et al. 1998, S. 63f.). Darüber hinaus sollen sie für die praktische Durchführung ökonomisch, vergleichbar und nützlich sein (vgl. Raithel 2008, S. 45).

Objektivität: Dieses Gütekriterium bringt zum Ausdruck, inwieweit verschiedene Personen unabhängig voneinander beim "Ablesen" des Messinstruments zu gleichen Ergebnissen kommen. Vollständige Objektivität liegt dann vor, wenn zwei Anwender mit demselben Messinstrument jeweils übereinstimmende Ergebnisse erzielen. Klarerweise sind verschiedene Bewertungsverfahren in unterschiedlicher Weise

objektiv, was man in Folge an den beiden Instrumenten, die im Rahmen dieser Untersuchung gewählt wurden, unschwer erkennen wird. Die Auswertungsobjektivität bei quantitativen Erhebungsmethoden ist maximal, von Kodierfehlern abgesehen. Größer sind die Ermessensspielräume bei Verwendung von Fragen mit freien Antworten, und noch geringer ist im Allgemeinen die Objektivität bei Vorgabe eines Aufsatztthemas. Außerdem leidet die Objektivität oftmals darunter, dass die Bewerter nicht frei von Vorurteilen sind (vgl. Häußler et al. 1998, S. 64f.).

Reliabilität: Die Reliabilität eines Messinstruments ist ein Maß für die Replizierbarkeit von Messergebnissen, d.h. wenn Beobachtungen eines Ereignisses zu zwei verschiedenen Zeitpunkten dasselbe feststellen. Auf den ersten Blick ist möglicherweise nicht zu erkennen, worin der Unterschied zur Objektivität liegt. Folgendes Beispiel soll zur besseren Verständlichkeit beitragen: Angenommen, das Wissen soll in einem bestimmten inhaltlichen Bereich beurteilt werden. Dazu werde ein Test konstruiert, der aus Aufgaben besteht, die entweder viel zu leicht oder viel zu schwer für die Lernenden sind, die diesen Test bearbeiten sollen. Auch wenn ein solcher Test mit größtmöglicher Objektivität ausgewertet wird, misst er das Wissen extrem fehlerhaft. Da die leichten Aufgaben von allen gelöst werden und alle schweren Aufgaben von niemanden, liefert der Test für alle Aufgabenlöser, unabhängig von ihrem Wissenstand, den gleichen Wert (vgl. Häußler et al. 1998, S. 64f.).

Validität: Von Validität spricht man, wenn durch die verwendeten Methoden und durch die Gestaltung der gesamten Forschung tatsächlich das erforscht wurde, was man zu erforschen beabsichtigte. Objektive und zuverlässige Messinstrumente müssen nicht notwendigerweise valide sein. Das wichtigste Kriterium für die Wahl eines Messinstruments liegt darin, möglichst valide zu sein. Dieses Kriterium zu überprüfen, ist im Gegensatz zu den beiden anderen Gütekriterien ein schwieriges Unterfangen (vgl. Häußler et al. 1998, S. 65f.). Praktisch wird Validität auf verschiedene Arten (kriterienbezogene, Inhalts- und Konstruktvalidität) überprüft, die jedoch alle darauf hinauslaufen, dass ein und dasselbe Phänomen (oder sehr ähnliche) durch unterschiedliche Forschungsprozesse untersucht und die Resultate miteinander verglichen werden (vgl. Altrichter & Posch 2007, S. 117).

Validität und Reliabilität hängen eng zusammen: Eine valide Messung kann reliabel sein, muss aber nicht, während hingegen eine nicht reliable Messung niemals valide sein kann. Kurz gesagt, ist also die Reliabilität eine Voraussetzung für die Validität, umgekehrt gilt das nicht (vgl. Atteslander 2000, S. 214).

4.3.1 Codierung

Sowohl der Brief als auch der Fragebogen werden von den Schülern/innen mit einem Code versehen, um die Bögen einander zuordnen zu können und gleichzeitig die Anonymität zu gewährleisten. Der verwendete Code setzt sich aus folgenden drei Buchstaben zusammen:

- XYZ \Rightarrow X steht für: erster Buchstabe des Vornamens der Mutter
Y steht für: erster Buchstabe des eigenen Geburtsmonats
Z steht für: erster Buchstabe des eigenen Vornamens

Beispiel: Meine Mutter heißt Gertraud; ich bin im September geboren und heiße Christiane. Mein Code würde daher folgend lauten: GSC.

Die Schüler/innen müssen im Zuge des Pretests ihren persönlichen Code sowohl auf das Briefformat, als auch auf den Fragebogen schreiben. Sie erhalten beide Bögen beim Posttest wieder zurück, die sie anhand ihres Codes erkennen können.

Ein Vorteil der Codierung besteht für die untersuchende Person darin, einzelne Schüler/innen zu identifizieren, falls der/die jeweilige freiwillig bereit dazu ist, seine/ihre Anonymität aufzugeben. Die Anonymität hat einerseits den Zweck, dass die Lernenden insbesondere beim Verfassen des Briefes ihre eigene Meinung kund tun können und nicht versuchen, das wiederzugeben, was der/die Lehrer/in eventuell hören möchte.

4.4 Instrument: Schülerbrief

Zunächst sollen einige Vor- als auch Nachteile genannt werden, die das Verfassen eines Briefes mit sich bringen:

Vorteile: Bei dieser Methode besteht am ehesten die Möglichkeit, Gedanken hervor zu bringen, auszudrücken und in logischer Weise in einen größeren Zusammenhang einzuordnen.

Nachteile: Der Ermessungsspielraum bei der Analyse der Texte ist bezüglich des Kriteriums "Objektivität" sehr groß. So stellt sich die Auswertung als gravierendes Problem dar. Hinzu kommt die Schwierigkeit, sich von der äußeren Form des Aufsatzes und von der Gewandtheit im Ausdruck nicht beeinflussen zu lassen (vgl. Häußler et al. 1998, S. 84f.). Es ist schwer, gesicherte Aussagen über das nicht Gesagte, d.h. über nicht repräsentierte Konzepte und Zusammenhänge zu treffen, da es keine Möglichkeit des direkten Rückfragens, wie es zum Beispiel bei einem Interview der Fall ist, gibt (vgl. Schuler 2004, S. 138).

Problematisch kann sich diese Methode im Speziellen für diejenigen Schüler/innen erweisen, die nicht Deutsch als Muttersprache haben und zum Teil gravierende Schwächen in der Fähigkeit aufweisen, Sätze verständlich zu formulieren bzw. größere Zusammenhänge darzustellen.

4.4.1 Briefformat

Die Schüler/innen sollen durch das Verfassen eines Briefes dazu angeleitet werden, sich selbstständig Gedanken zum Thema „Klimawandel“ zu machen. Mein Ziel war es, herauszufinden, was die Schüler/innen vom Klimawandel denken, bevor irgendetwas zu diesem Thema gesagt wird. Die Anleitung am Briefformat lautet folgend:

Brief über den Klimawandel

Code: _____

Stelle dir vor, du schreibst deinem zukünftigen Kind jetzt einen Brief, in dem du über den Klimawandel, so wie du ihn jetzt wahrnimmst, berichtest. Gehe dabei unter anderem auf folgende Fragen ein:

- Was verstehst du unter dem Begriff Klimawandel?
- Was verbindest du persönlich mit dem Klimawandel?
- Wer und/oder was trägt/tragen dazu bei?
- Wie sehr betrifft dich das Thema?
- Wie wirkt sich der Klimawandel auf dein persönliches Leben und Verhalten aus?
- Was glaubst du, welche Folgen der Klimawandel haben wird?

Der Brief soll dieses Blatt ausfüllen. Nimm persönlich zu diesem Thema Stellung, schreibe **alles** was dir dazu einfällt auf und berücksichtige die oben gestellten Fragen!!!

Das Kind als Adressat wird deshalb gewählt, um zu verdeutlichen, dass die Schüler/innen die gegenwärtige Situation jemandem genau schildern sollen, der/die sie nicht selbst erlebt. Außerdem bietet diese fiktive Vorstellung die Möglichkeit, gewisse Emotionen wie Hoffnungen, Ängste etc. niederzuschreiben. Unmittelbar vor dem Pretest wurde den Schüler/innen mündlich mitgeteilt, dass sie den Adressaten auch ändern können, sollte ihnen die Situation zu weithergeholt erscheinen (mehr dazu unter Punkt 5.2.1). Das Briefformat ist zusätzlich im Anhang auf der Seite 157 beigefügt.

4.4.2 Auswertung der Schülerbriefe

Die Schülerbriefe werden mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2002) aufbereitet.

Die Inhaltsanalyse ist primär eine kommunikationswissenschaftliche Technik, die im Allgemeinen zur systematischen, meist quantitativen Auswertung von Massenmedien herangezogen wurde. Dabei ging es im Besonderen darum, die Häufigkeit bestimmter Motive im Material festzustellen. Bald aber hat sich die Forderung nach einer qualitativen Inhaltsanalyse geregt. Der Grundgedanke dieser besteht nun darin, die Systematik (wie z.B. strenge Regelgeleitetheit, Gütekriterien etc.) der Inhaltsanalyse beizubehalten, ohne in vorschnelle Quantifizierungen abzurutschen (vgl. Mayring 2000, S. 469).

Kritisiert wurde an der quantitativen Inhaltsanalyse, dass folgende Aspekte nicht berücksichtigt werden: Kontext von Textbestandteilen und latente Sinnstrukturen, Beleuchtung markanter Einzelfälle, sowie Auskunft darüber, was im Text nicht vorkommt (vgl. Mayring 2002, S. 114). Ziel der qualitativen Inhaltsanalyse ist es, diese Gesichtspunkte bei der Analyse mit einzubeziehen.

In qualitativ orientierter Forschung wird der systematischen Ableitung von Auswertungsgesichtspunkten aus dem Material, also einer induktiven Kategorienbildung, große Bedeutung beigemessen. Die induktive Kategorienbildung hat als Grundgedanken, dass die Verfahrensweisen zusammenfassender Inhaltsanalyse (dabei wird das Material so reduziert, dass die wesentlichen Inhalte erhalten bleiben) genutzt werden, um schrittweise Kategorien aus einem Material zu schaffen (vgl. Atteslander 2000, S. 213). Im Gegensatz zum deduktiven Weg, bei dem einschlägige Stellen aufgrund bestimmter Fragestellungen abgesucht werden, erfolgt die Formulierung beim induktiven Weg sowohl während, als auch nach der Durchsicht des Datenmaterials. Altrichter & Posch (2007, S. 195) erwähnen in dem Zusammenhang, dass bei manchen Forschungstätigkeiten die Kombination beider Methoden am günstigsten sei. Man sollte also einerseits das Vorverständnis nutzen, andererseits offen für Neues, das das Datenmaterial bereithält, sein.

Die Gesamtheit der Kategorien einer inhaltsanalytischen Untersuchung wird auch Kategoriensystem genannt (vgl. Atteslander 2000, S. 213).

Das in der nachfolgenden Abbildung dargestellte Prozessmodell fasst den Analyseablauf zusammen:

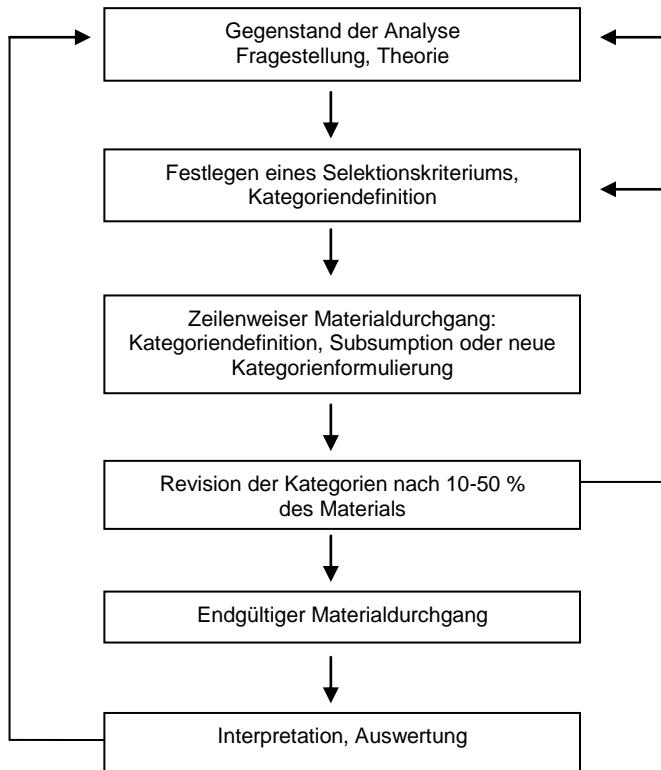


Abbildung 9: Ablaufmodell induktiver Kategorienbildung (Mayring 2002, S. 116)

Vorab muss ein Selektionskriterium für die Kategorienbildung festgelegt werden. Dabei handelt es sich um ein deduktives Element, welches mit theoretischen Erwägungen über Gegenstand und Ziel der Analyse begründet werden muss. Mit dieser Definition im Hinterkopf wird das Datenmaterial bearbeitet. Sobald das erste Mal eine zur Kategoriedefinition passende Textstelle gefunden wird, wird dafür eine Kategorie konstruiert. Die Kategorie wird mit einer adäquaten Bezeichnung versehen, d.h. ein Schlüsselbegriff wird formuliert, der den Inhalt dieser Stelle in Kurzform zum Ausdruck bringt. Passen weitere Textstellen zu dieser Kategorie, so werden sie dieser zugeordnet (Subsumption). Ist dem nicht so, dann werden neue Kategorien induktiv, aus dem spezifischen Material heraus, formuliert. Nach einem Teil des Materialdurchgangs (zirka 10-50 %), wenn fast keine neuen Kategorien mehr gebildet werden können, wird das vorläufige Kategoriensystem überarbeitet. Dabei müssen einige Kriterien beachtet werden, wie z.B., dass die Kategorien miteinander nicht zu stark korrelieren, dass ein einheitliches Klassifikationsprinzip verwendet wird etc. Wenn das Kategoriensystem geändert werden muss, wird das Material nochmals von Anfang an bearbeitet.

Das Ergebnis dieser Analyse ist schließlich eine Sammlung von Kategorien zu einer bestimmten Thematik, dem spezielle Textstellen angehören (vgl. Mayring 2002, S. 115f.).

Das Ergebnis der Analyse der Schülerbriefe, die auf diese Art und Weise erfolgte, ist im Kapitel 5.2.2 einzusehen. Die Kategorisierung wurde im ersten Schritt von mir alleine durchgenommen. Danach wurde das vorläufige Kategoriensystem im Zuge eines Diplmanden-Dissertantenseminars der Didaktik Chemie den Kollegen/innen präsentiert und aufgrund diverser Anregungen modifiziert. Schließlich wurde der Analyseprozess, im Beisein einer zweiten Person, überprüft. Dabei wurde folgenden Fragen nachgegangen: Inwieweit enthalten die Daten die gewünschte Information? Fällt durch die Reduktion ausschließlich Unwesentliches weg? Bringen die Kodierungen das zugeordnete Material klar zum Ausdruck? Sind die bei der Analyse aufgebauten Interpretationen der Daten zufrieden stellend erklärt? (vgl. Altrichter & Posch 2007, S. 187). Die Besprechung der Kategorien mit anderen Personen sollte in erster Linie dazu dienen, auf eingefahrene Wahrnehmungsmuster, Unklarheiten etc. hinzuweisen, mit dem Ziel, die Objektivität zu gewährleisten.

Die Zuverlässigkeit der Übereinstimmung, bei Beurteilung eines Sachverhaltes durch zwei oder mehrere Personen, wird auch als Interrater-Reliabilität (bzw. Urteilerübereinstimmung) bezeichnet. Hierdurch kann angegeben werden, inwieweit die Ergebnisse von den Beobachtern unabhängig sind, weshalb es sich genau genommen um ein Maß der Objektivität handelt. Die Reliabilität ist ein Maß für die Replizierbarkeit wissenschaftlicher Messungen (<http://de.wikipedia.org/wiki/Interrater-Reliabilit%C3%A4t>).

4.5 Instrument: Fragebogen

Zunächst sollen wieder Vor- und Nachteile genannt werden, an dieser Stelle in Bezug auf einen geschlossenen Fragebogen.

Vorteile: Vergleichbarkeit der Antworten, höhere Ausführungs- und Auswertungsobjektivität, geringerer Zeitaufwand für die Befragten, leichtere Beantwortbarkeit für Schüler/innen mit Verbalisierungsschwierigkeiten und geringerer Aufwand bei der Auswertung (vgl. Raithel 2008, S. 68f.).

Auf geschlossene Fragen erhält man in der Regel mehr Antworten als auf offene Fragen. Als Grund dafür wird genannt, dass offene Fragen von den Befragten verlangen, sich an etwas zu erinnern, geschlossene Fragen hingegen, etwas wiederzuerkennen. Sich zu erinnern ist schwieriger als Wiedererkennen (vgl. Atteslander 2000, S. 161).

Konstruktion der Antwortkategorien: Sie sollen hinreichend präzise, disjunkt, (nicht überlappend) und erschöpfend sein. Antwortkategorien sollen auch immer eine "Weiß-nicht"-Kategorie besitzen. Ist diese nicht vorhanden, so werden die Befragten zu einer "substantiellen" Antwort gezwungen, wodurch das Ergebnis verfälscht werden kann. Am gängigsten sind Vierer- oder Fünferskalen. Vorteil der geraden Skalen ist, dass eine "mittlere" Angabe nicht möglich ist, die Befragten müssen sich positionieren. Ungeraden Skalen wird unterstellt, sie würden eine Tendenz zur Mittelkategorie hervorrufen. Andersrum wird Kritik an geraden Skalen geübt, da sie eine Positionierung erzwingen und damit kein realistisches Abbild gegeben sei. Es lässt sich also keine definitive Empfehlung für die eine oder andere Variante abgeben.

Die gebräuchlichste Form von Antwortkategorien sind Ja-Nein oder Ranking- bzw. Ratingskalen (nie/selten/gelegentlich/immer; etc.). Vergleiche hierzu in Kapitel 0 die vorgegebenen Antworten der PISA-Studie 2006.

Nachteile: Bei geschlossenen Fragen ist die Gefahr der Suggestivwirkung gegeben, vor allem bei Meinungsumfragen zu Fragen, über die die Befragten vorher noch nie oder kaum nachgedacht und sich noch keine Meinung gebildet haben. Außerdem erhält man nur Informationen in einem vorgegebenen Rahmen (vgl. Raithel 2008, S. 68f.)

Ein weiteres Kriterium für den Einsatz des Fragebogens lässt sich aus dem Argument Burgers (2001, S. 142) ableiten, der im Zuge von Untersuchungen feststellte, dass der Druck zu antworten, bei Fragebögen deutlich geringer empfunden wird als in Interviewstudien. Der geringere Druck erklärt sich nach Äußerungen von Schüler/innen dadurch, dass bei anonymen Fragebogen, bei dem unangenehme Fragen unbemerkt übergangen werden können, nicht das Gefühl aufkommt, dass sie die Fragen hätten wissen müssen, wenn sie im naturwissenschaftlichen Unterricht besser aufgepasst hätten. Ein weiterer Vorteil des Fragebogens gegenüber einem Interview, das ebenso zur Ermittlung von Schülervorstellungen häufig Einsatz findet, ist die größere Objektivität, da kein persönlicher Kontakt zu den Probanden hergestellt wird.

Die Schwächen des Fragebogens, dass Fragen unverständlich bleiben, oder missverstanden werden, wurden durch die im nächsten Kapitel genannten Vorkehrungen versucht, möglichst einzuschränken.

4.5.1 Vorstudie

Nach der Übersetzung eines Instruments in eine andere Sprache müsste man korrekterweise eine Vorstudie durchführen.

Zur Absicherung der Validität der Fragen, wurde eine kleine Vorstudie gemacht, bei der der Fragebogen zehn Leuten in meinem Umfeld ausgehändigt (darunter fünf Schülern/innen im Alter von 14 Jahren, also der Zielgruppe dieser empirischen Studie) wurde. Diese wurden gebeten, den Fragebogen bezüglich der Verständlichkeit, zu beurteilen. Aufgrund einiger Anregungen und Unklarheiten wurde er schließlich modifiziert. Die Aussagesätze stammen aus einer australischen Studie (vgl. Taber & Taylor 2009, S. 113), sind also bereits getestet worden. Wären die Aussagesätze selbst entwickelt worden, wäre eine gründliche Vorstudie unumgänglich gewesen.

4.5.2 Aufbau des Fragebogens

Die 15 Fragen, bzw. genauer gesagt die Aussagesätze, die im Zuge dieser Untersuchung eingesetzt werden, stammen aus einer australischen Studie, die mit 11-/12-Jährigen durchgeführt wurde. Der geschlossene Fragebogen besteht ursprünglich aus 25 Items, von dem für diese Untersuchung 14 ausgewählt wurden. Item 1 (auf meinem Fragebogen) wurde selbstständig hinzugefügt. Der Fragebogen ist im Anhang auf der Seite 158 zu finden.

Die Darstellung von Item 1-3 soll an dieser Stelle der besseren Verständlichkeit dienen:

- | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1. Die Begriffe „Wetter“ und „Klima“ bedeuten dasselbe. | <input type="checkbox"/> Richtig | <input type="checkbox"/> Falsch | <input type="checkbox"/> Weiß ich nicht | <input type="checkbox"/> Verstehe ich nicht |
| 2. Wenn wir unsere Gewässer sauber halten, hilft es, die globale Erderwärmung zu reduzieren. | <input type="checkbox"/> Richtig | <input type="checkbox"/> Falsch | <input type="checkbox"/> Weiß ich nicht | <input type="checkbox"/> Verstehe ich nicht |
| 3. Wir können die globale Erderwärmung nur stoppen, indem wir die Wälder schützen und Bäume pflanzen. | <input type="checkbox"/> Richtig | <input type="checkbox"/> Falsch | <input type="checkbox"/> Weiß ich nicht | <input type="checkbox"/> Verstehe ich nicht |

Zu jedem Item gibt es jeweils vier Antwortmöglichkeiten. Da es sich um die Replikation einer Studie handelt, sollte und wurde auch das gleiche Antwortformat benutzt (vgl. Raithel 2008, S. 69). Es ist nicht dasselbe, etwas nicht zu wissen oder etwas nicht zu verstehen. Dahinter steckt auch die Absicht, dass die Schüler/innen erkennen, dass es in Ordnung ist, etwas nicht zu wissen bzw. zu verstehen. Vor der Bearbeitung des

Fragebogens werden die Jugendlichen auf die unterschiedliche Bedeutung dieser beiden Antwortmöglichkeiten aufmerksam gemacht.

Von den 15 Items sind neun Aussagen falsch und sechs richtig. Im Nachhinein betrachtet, wäre es besser gewesen, eine Aussage zu ändern, damit sich ein ausgeglichenes Verhältnis von 8:7 ergibt. Das ist nämlich bei den meisten internationalen Studien, die im Rahmen dieser Arbeit behandelt wurden, der Fall.

Ein wichtiger Aspekt bei der Gestaltung eines Fragebogens wird in der Aufeinanderfolge der einzelnen zu erfragenden Themenbereiche und in der Abfolge der einzelnen Fragen gesehen. Atteslander (2000, S. 172) formuliert hierzu:

"Fragen zum gleichen Themenkreis sollen nacheinander folgen, damit der Befragte nicht zu ständigen Gedankensprüngen gezwungen wird. Dabei folgt am besten das Besondere nach dem Allgemeinen, das Unvertraute nach dem Vertrauten, das Komplizierte nach dem Einfachen."

Der Fragebogen der vorliegenden Untersuchung ist anders gegliedert, als in der Version von Taber & Taylor (2009). Zum Einen liegt das daran, dass nicht der gesamte Fragebogen übernommen wurde, sondern nur Teile davon. Zum Anderen konnte in der Anordnung der Items im Originalfragebogen keine Strukturierung, wie sie im Zitat von Atteslander beschrieben wird, erkannt werden. Daher wurden die Items für die Untersuchung der vorliegenden Arbeit in thematische Blöcke, wie sie in der nachstehenden Tabelle aufgelistet sind, gegliedert.

Item	
1	Einleitungsfrage
2-3	Handlungen, die zur Reduktion der globalen Erderwärmung führen
4-5	Verursacher der globalen Erderwärmung
6-7	Vermischung der Konzepte „Ozonloch bzw. –schicht“ und globale Erderwärmung
7-8	Folgen der globalen Erderwärmung
9-10	Wissen zur globalen Erderwärmung
11-13	Typische Präkonzepte von Schüler/innen dieser Altersstufe
14-15	Verbindung zwischen dem anthropogenen Treibhauseffekt und dem eigenen Handeln

Tabelle 3: Gliederung des geschlossenen Fragebogens in thematische Blöcke

Der Fragebogen beginnt mit einer Einleitungsfrage („Warming up“ bzw. „Eisbrecherfrage“). Die Schüler/innen sollten bei der ersten Frage nicht schon „Weiß ich nicht“ ankreuzen müssen, da die Frustration sonst groß ist. Item 2-3 folgen im Anschluss, da sie meiner Meinung nach, im Gegensatz zu den Items danach, den Anschein haben einfacher zu sein und die Schülermotivation so aufrechterhalten sollen. Die Anordnung der Items 4-5, 6-7 und 7-8 wurde aus inhaltlichen Aspekten gewählt: von den Verursachern der globalen Erderwärmung zu den Folgen. Die darauffolgenden Items (9 und 10) beinhalten spezifisches Wissen in Bezug auf die globale Erderwärmung. Die Items danach (11-13) sind knifflig, weshalb sie eher gegen Ende des Fragebogens vorkommen. Item 14 und 15 sollen den Fragebogen abrunden, indem sie die Aussagen, die im Zuge dieses Forschungsinstruments gestellt werden, in Beziehung zu ihrem alltäglichen Leben setzen.

Einerseits wurde darauf geachtet, mehrere (zumindest zwei) Fragen zum selben Aspekt zu behandeln, andererseits eine weite Streuung (Ursachen, Folgen etc.) zu gewährleisten.

Im Anschluss an die 15 Items, werden zwei weitere Fragen gestellt, um herauszufinden, ob die globale Erderwärmung den Schülern/innen Sorgen bereitet und wie sie den Einfluss einschätzen, den sie persönlich haben. Abermals waren vier Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Diese Mehrfachauswahl-Fragen sind sogenannte Skala-Fragen, mit denen Werte, Meinungen, Gefühle oder Handlungen bezüglich ihrer Intensität oder Häufigkeit gemessen werden sollen (vgl. Atteslander 2000, S. 161). Bei diesen beiden Fragen sollen die Lernenden ihre Antwort zusätzlich kurz begründen.

4.5.3 Auswertung der Fragebögen

Die Ergebnisse werden einerseits mit prozentuellen Angaben in Tabellenform angeschrieben, andererseits graphisch mithilfe von Microsoft Excel 2003 dargestellt.

4.6 Videoaufzeichnung

Die Unterrichtseinheiten wurden mit der Schulvideokamera (Canon Digital Video Camrecorders PAL MVX 460) aufgezeichnet. Dafür wurde die Genehmigung vonseiten der Eltern der betroffenen Jugendlichen und des Direktors eingeholt.

Die Vorteile der Videoaufzeichnung liegen nach Altrichter und Posch (2007, S. 149f.) in der Möglichkeit, die mündlichen Aussagen in den situativen Rahmen einzubetten, d.h. in alle nicht-akustischen Signale, wie z.B. Bewegungen, Gesichtsausdrücke und Gesten. Ton und Bild laufen synchron in realer Zeit ab. Auf diese Art wird eine relativ ganzheitliche Rekonstruktion der aufgenommenen Situation möglich – zumindest aus der Sicht der Kamera.

Den eben genannten Vorteilen stehen jedoch auch eine Reihe Nachteile gegenüber. Da das Aufzeichnen per Videokamera mit einer deutlich sichtbaren Apparatur verbunden ist, wird ihr von Seiten der Schüler/innen viel Aufmerksamkeit entgegengebracht, was oftmals die Authentizität des Unterrichtsablaufs stört. Dieser Störfaktor kann reduziert werden, indem man die Kamera statisch auf einen Ausschnitt ausrichtet. Außerdem tritt bei den Schülern/innen ein Gewöhnungseffekt ein, wenn über mehrere Stunden videografiert wird.

Ein zweiter, nicht unwesentlicher Aspekt ist der große Zeitaufwand. Mehrmaliges Abspielen der Aufnahme, Transkribieren von Ausschnitten und die Verwertung der gewonnenen Daten, sind bei einer sorgfältigen Analyse in Anbetracht der Fülle an Informationen ein zeitraubendes Unterfangen.

Daher empfiehlt Stadler (2006, S. 25), sich auf wenige Fragen zu konzentrieren. Sie listet eine Reihe von Leitfragen auf, die zur Analyse eines selbst gedrehten Videos geeignet sind. Diesem Leitfragenkatalog sind fünf zentralen Themen untergeordnet, je nach dem, auf welchen Aspekt die Konzentration gelenkt wird (1. Allgemeine Überlegungen zum Unterricht; 2. Interaktion zwischen Lehrkraft und Klasse im Frontalunterricht; 3. Lernen und Verstehen; 4. Unterricht aus der Sicht einer Schülerin bzw. eines Schülers; 5. Überlegungen für die weitere Arbeit). In manchen Fällen empfiehlt es sich, zu transkribieren.

Schließlich wird die Tonqualität der Videoaufzeichnung oft als problematisch angesehen, da die Reichweite der Kameramikrophone meist zu gering ist.

Im Zuge dieser Untersuchung hat Frau Mag.^a Sabine Decker gefilmt, während ich die Unterrichtsstunden abgehalten habe.

5 DURCHFÜHRUNG

Die empirische Untersuchung wurde am Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Gottschalkgasse 21 mit der Zustimmung des Direktors Herr Mag. Leo Holemy, sowie unter der Betreuung von Frau Mag. Sabine Decker durchgeführt. Die Videoaufzeichnungen der durchgeführten Unterrichtseinheiten wurden im Einverständnis mit den Eltern der betroffenen Jugendlichen streng vertraulich und zweckbestimmt behandelt. Sie werden im Anschluss an die Publikation der Forschungsergebnisse gelöscht. Es erfolgt keine Weitergabe an Dritte oder Veröffentlichung des Datenmaterials.

5.1 Rahmenbedingungen

5.1.1 Schule und Umfeld

Das Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Gottschalkgasse ist eine Allgemeinbildende Höhere Schule und umfasst, durch ihre Lage im elften Wiener Gemeindebezirk, als Einzugsgebiet den dritten, zehnten und elften Bezirk, ebenso wie einen Teil Niederösterreichs. Derzeit besuchen zirka 800 Schüler und Schülerinnen diese Bildungseinrichtung und die Zahl der Beschäftigten beträgt 70 Lehrer und Lehrerinnen, wovon 60 Frauen und 10 Männer sind. Die Schule hat im Schuljahr 2009/10 jeweils fünf erste und zweite Klassen, je vier dritte und vierte Klassen und nur zwei fünfte Klassen. Das BG/BRG bietet einige Besonderheiten, wie z.B. das Physik- und Chemie-Labor, welches vor knapp sieben Jahren als neue Vertiefung für Schüler und Schülerinnen ab der dritten Klasse eingeführt wurde. Für die Oberstufe steht das sogenannte „Wissenschaftliche Arbeiten“ derzeit in Planung, welches in Form eines „Science NaWi-Labors“ fächerübergreifend die Inhalte und Versuche aus Biologie, Physik und Chemie stärker vernetzen soll. Bei diversen Veranstaltungen und Projekten, wie zum Beispiel dem „Fairness Award 2008“, der „Faszination Chemie“ oder der „Perchtoldsdorfer Heide“, können die Schüler und Schülerinnen ihre Interessen und Fähigkeiten unter Beweis stellen. Auch in regionalen und landesweiten Bewerben, wie zum Beispiel der Chemieolympiade, sportlichen Wettkämpfen und diversen Fremdsprachenredewettbewerben, erbringen sie hervorragende Leistungen. Die Alltags- und Unterrichtssprache an dieser Schule stellt eine gewisse Schwierigkeit dar, da 60 bis 70 Prozent der Schüler und Schülerinnen Migrationshintergrund haben. Der Großteil von ihnen ist jedoch schon in Österreich geboren. Die gemeinsame Unterrichtssprache Deutsch stellt somit die größte Hürde in der Kommunikation und im

Lernen dar. Es mangelt dabei nicht an der nötigen Bereitschaft, Deutsch zu lernen, sondern, laut der Betreuerin, vielmehr an der Kompetenz, die eigene Muttersprache zu beherrschen. Sie ist als Basiskonstrukt zum Erlernen einer Fremd- oder Fachsprache unentbehrlich. Ein sehr bedeutender Punkt des Leitbildes der Schule beschreibt die wichtigste Grundlage für erfolgreiches Lernen und Lehren: „Schule als Ort der Begegnung legt Wert auf Persönlichkeitsbildung, Erziehung zu Respekt und Wertschätzung sowie Toleranz und Solidarität Anderem und Fremdem gegenüber. Toleranz bedeutet in unserem schulischen Leben Offenheit gegenüber anderen Überzeugungen und Wertvorstellungen, Achtsamkeit im Umgang miteinander, besonders bei Wortwahl und Sprache“ (<http://www.grg11go asn-wien.ac.at/>).

5.1.2 Klasse und Umfeld

Die Untersuchung wurde in der 4D, einer vierten Klasse des Gymnasiums, durchgeführt, in der Chemie im ersten Lernjahr zwei Stunden pro Woche unterrichtet wird. Andere naturwissenschaftliche Fächer, wie Biologie und Umweltkunde, Physik und Mathematik, sind bereits in der ersten bzw. zweiten Schulstufe Pflicht. In der Klasse befinden sich insgesamt 28 Schüler/innen, davon 18 Schüler und 10 Schülerinnen. Das durchschnittliche Alter der Lernenden liegt bei 14 Jahren, das bedeutet, dass sie sich in einer Entwicklungsphase zwischen der Kindheit und dem Erwachsensein befinden. Durch Beobachtung der Jugendlichen, ihrer Kleidung und Gespräche und vor allem ihrer Sprache erkennt man sehr bald das soziale Umfeld, aus dem sie stammen. Der hier vorherrschende Materialismus findet Ausdruck in der Wichtigkeit ihres Äußerlichen und ihrem Auftreten. Es wird z.B. der Eindruck erweckt, dass sich die Schüler und Schülerinnen stark durch ihre Kleidung identifizieren.

5.1.3 Lehrperson

Frau Mag.^a Sabine Decker, engagierte Lehrerin in den Fächern Chemie und Deutsch, hat sich als Betreuerin für die Untersuchung der Schülervorstellungen zum Thema Klimawandel zur Verfügung gestellt. Neben zahlreichen Fortbildungslehrgängen im pädagogischen, Persönlichkeitsentwicklungs- und Managementbereich, kann sie eine Reihe von Publikationen und pädagogischen Erfahrungen nachweisen. Sie unterrichtet derzeit das neunte Schuljahr an dem BG/BRG Gottschalkgasse und ich hatte sie im Laufe meines fachbezogenen Praktikums im Sommersemester 2009 im Rahmen von Hospitationen und eingehenden Vor- und Nachbesprechungen meiner selbstgehaltenen Unterrichtseinheiten kennengelernt. Sie ist zugleich Klassenvorständin der 4D, in welcher sie die Fächer Deutsch und Chemie unterrichtet.

5.1.4 Kriterien für die Wahl der Klasse

Für die Untersuchung von Schülervorstellungen über den Klimawandel wurde eine achte Schulstufe gewählt. Bereits im Vorfeld kann davon ausgegangen werden, dass die empirisch ermittelten Vorstellungen aus lebensweltlichen und nicht aus fachorientierten Kontexten stammen, da mit Rücksprache aller Lehrer/innen, die in der Klasse 4D unterrichten, das Thema Klimawandel bis zu dem Zeitpunkt der Studie, in keinem Unterrichtsgegenstand durchgenommen worden ist und Chemie im ersten Lernjahr unterrichtet wird.

Des Weiteren spielt die Thematisierung des Klimawandels in dieser Schulstufe insofern eine Rolle, als sich einige Schüler/innen am Ende ihrer Schullaufbahn befinden oder in eine andere Schule wechseln, in der den naturwissenschaftlichen Fächern keine besondere Bedeutung beigemessen wird, oder überhaupt keinen naturwissenschaftlichen Unterricht mehr haben. Im Rahmen der Schule können sie sich diesbezüglich also kein wissenschaftliches fundiertes Wissen mehr aneignen.

Die Klasse 4D wurde ferner aus organisatorischen Gründen gewählt. Da Frau Mag. Sabine Decker diese Klasse in Deutsch und Chemie unterrichtet, konnte die zeitliche Durchführung der Unterrichtseinheiten flexibler gestaltet werden.

5.2 Pretest

Der Pretest wurde am 13. Jänner 2010 durchgeführt. Zuerst sollten die Schüler/innen den Brief verfassen (in der zweiten Unterrichtsstunde), eine Stunde danach den Fragebogen ausfüllen. Die Jugendlichen erfuhren nach dem ersten Teil des Pretests, dass ich im Laufe des Vormittags noch einmal kommen würde. An diesem Tag waren insgesamt 27 Schüler/innen anwesend (9 Mädchen, 18 Burschen), es fehlte eine Schülerin.

5.2.1 Durchführung

Zu Beginn der zweiten Stunde betrat ich gemeinsam mit der Lehrerin das Klassenzimmer. Sie stellte mich der Klasse kurz vor und übergab mir sodann das Wort. Ich schilderte den Schülern/innen ein wenig zu meiner Person und anschließend zur Untersuchung im Zuge meiner Diplomarbeit, die ich in ihrer Klasse durchführen durfte. Als das Wort „Klimawandel“ zum ersten Mal fiel, stöhnten einige laut auf. Trotz mehrmaligem Nachfragen meinerseits, erhielt ich keine Antwort nach dem Grund dieser Reaktion.

Schülerbrief: Den Schülern/innen wurde mitgeteilt, auf das erhaltene Briefformat, zuallererst den jeweiligen Code zu schreiben. Während ich die Zusammensetzung des Codes (siehe Kapitel 4.3.1) erklärte, schrieb Frau Mag.^a Sabine Decker an der Tafel mit, zur leichteren Verständlichkeit mithilfe eines Beispiels. Daraufhin intervenierten einige Schüler/innen, die nicht verstanden, weshalb sie nicht ihre Namen auf den Zettel schreiben dürften. Obwohl die Gründe dafür angeführt wurden, weigerte sich dennoch ein Schüler den Code zu verwenden. Dieser argumentierte, dass er zu seiner Meinung steht und daher keinen Grund sieht, dass seine Daten vertraulich und anonym behandelt werden. Die Lehrerin entgegnete, dass das zwar nicht den internationalen Standards entspräche, aber in Ordnung sei. Die Reaktion der Schüler/innen hat mich sehr überrascht, da ich vermutet hatte, dass sie es bevorzugen würden, den Brief anonym zu verfassen. Es wurde jedenfalls versichert, dass nichts von dem, was in den Briefen steht, in die Bewertung des Unterrichtgegenstandes einfließt.

Im Anschluss daran wurden die Briefformate ausgeteilt. Nachdem die Schüler/innen die Aufgabe gelesen hatten, wurden sie gefragt, ob es ihnen schwer fiele, dem zukünftigen Kind zu schreiben. Die einhellige Antwort darauf war „Nein“. Trotzdem wurde ihnen die Alternative zur Verfügung gestellt, einen Freund oder eine Freundin als Adressaten anzugeben.

Für die Länge des Briefes wurden 300 Wörter festgelegt (das wurde in Absprache mit Frau Mag.^a Sabine Decker geklärt, da sie die Klasse ebenso im Unterrichtsfach Deutsch unterrichtet). Für das Schreiben des Briefes war kein Zeitlimit vorgegeben.

Schließlich wurde nochmals betont, dass sie alles aufschreiben sollen, was ihnen zu diesem Thema einfällt und ermutigt, auch dann eine Aussage niederzuschreiben, wenn sie sich bezüglich der Richtigkeit dieser nicht sicher seien. Daraufhin fragte ein Schüler, ob er schreiben dürfte, dass ihn der Klimawandel persönlich nicht interessiert. Ich entgegnete ihm, dass seine Meinung legitim sei, er sie aber begründen müsse.

Nach der Einleitung, die in etwa 15 Minuten dauerte, begannen die Schüler/innen, sich dem Schreiben der Briefe zu widmen. Anfangs war die Klasse noch etwas unruhig, was sich aber rasch legte. 18 Minuten später gab der erste Schüler seinen Brief ab. Fünf Minuten nachher sagte Frau Mag.^a Sabine Decker mit lauter Stimme: „Wer glaubt fertig zu sein, kann gerne abgeben.“ Einige Schüler/innen bemühten sich offensichtlich sehr und überlegten lange. Ein Schüler fiel auf, der fast gar nichts schrieb. Später erfuhr ich von der Lehrerin, dass dieser prinzipiell kaum schreibt. Zirka zehn Minuten vor dem Pausenläuten gaben schließlich alle ihre Briefe ab. In den verbleibenden Minuten fragte Frau Mag.^a Sabine Decker die Schüler/innen wie es ihnen beim

Gestalten des Briefes gegangen sei. Die übereinstimmende Antwort war „Sehr gut“! Die Lehrkraft hakte nach: „In Kategorien, wem ist es sehr leicht bzw. leicht gefallen?“ – Zirka 2/3 zeigten auf. „Wem ist es schwer gefallen? Entweder weil man nicht viel darüber weiß oder weil es einem nicht interessiert?“ – Etwa fünf Jugendliche fühlten sich dabei angesprochen. Daraufhin meldete sich ein Schüler, der bei den letzteren aufzeigte und kommentierte seine Position folgend: „Eigentlich weiß ich gar nicht worum es beim Klimawandel geht.“ Die Lehrerin ging darauf ein und fragte nach: „Hast du das auch in deinen Brief geschrieben?“ – „Nein“.

Fragebogen: Eine Stunde später betrat ich dieselbe Klasse noch einmal, um den zweiten Teil des Pretests durchzuführen. Während die Lehrerin die Schüler/innen bat, den Fragbogen möglichst gewissenhaft zu bearbeiten, wurde der Code wieder an der Tafel vermerkt. Wiederum derselbe Schüler bestand darauf, anstatt des Codes seinen Namen niederzuschreiben. Anschließend wurde deutlich herausgestellt, dass es sich dabei nicht um einen Test handelt und kein/e Lehrer/in eines anderen Unterrichtsgegenstandes die Schülerantworten kontrollieren beziehungsweise zu sehen bekommen würde. Wie bereits in Kapitel 4.5.2 erwähnt, wurde auf die unterschiedlichen Antwortmöglichkeiten hingewiesen, insbesondere auf die Unterscheidung der Kategorien „Weiß ich nicht“ und „Verstehe ich nicht“. Nach zirka zehn Minuten gab der Großteil der Lernenden den Fragebogen ab. Es wurden keine Fragen zu den Items gestellt.

Kurz vor dem Pausenläuten informierte die Lehrerin die Schüler/innen darüber, dass ich im Februar, im Rahmen des Chemieunterrichts, zwei Wochen lang das Thema Klimawandel behandeln würde.

5.2.2 Analyse der Schülerbriefe

Die Schritte der Datenanalyse sollen an dieser Stelle nochmals erwähnt und kurz zusammengefasst werden:

- 1) Daten lesen, d.h. sich die verfügbaren Informationen bewusst machen
- 2) Daten reduzieren, d.h. relevante Informationen auswählen
- 3) Daten explizieren, d.h. sich die Bedeutung der vorliegenden Informationen bewusst machen
- 4) Daten strukturieren und kodieren, d.h. ordnen und begrifflich fassen
- 5) Zusammenhänge aufbauen, d.h. Annahmen formulieren, die die einzelnen Begriffe in plausible und durch Daten belegbare Beziehungen bringen
- 6) Die Interpretationen und den Analyseprozess überprüfen

(vgl. Altrichter & Posch 2007, S. 185 ff.)

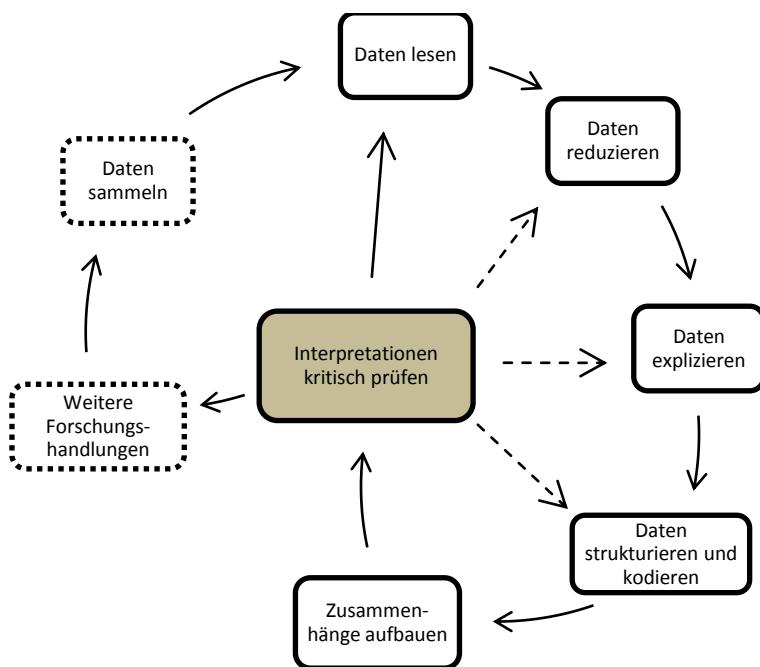


Abbildung 10: Prozesse bei der Analyse (Altrichter & Posch 2007, S. 185)

Um möglichen Missverständnissen bei der Zuteilung zu den Kategorien vorzubeugen, werden Textpassagen aussortiert, deren Sinngehalt doppeldeutig ist.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der schriftlich gestalteten Schülerbriefe vorgestellt, die auf der erwähnten inhaltsanalytischen Auswertung der Texte beruhen. Entsprechende Häufigkeitsanalysen müssen vorsichtig interpretiert werden, denn sie lassen keine sicheren Schlüsse über das Nicht-Gesagte zu. Über eine größere Zahl

von Schüler/innen lassen sich jedoch Tendenzen erkennen, welche Aspekte besonders gut und welche weniger gut repräsentiert sind (vgl. Schuler 2004, S. 133).

Ausgewählte Begriffe - Anzahl der Nennungen

Die qualitative Inhaltsanalyse bedient sich zusätzlich der Vorteile der quantitativen Auswerteverfahren, ohne jedoch in vorschnelle Quantifizierungen abzurutschen. Auf diese Weise kann das Gesamtbild vervollständigt werden, zum Beispiel, indem spezielle Begriffe durch die Anzahl ihres Vorkommens in den Schülerbriefen quantitativ ausgewertet werden.

Unten stehende Begriffe wurden ausfindig gemacht, die mit der Erklärung des Klimawandels zu tun haben oder der Meinung der Schüler/innen nach damit zu tun haben. Die Zahlen entsprechen der Anzahl der Nennungen, wobei innerhalb jedes Begriffs keine Mehrfachnennungen gewertet wurden. Die Begriffe werden zunächst ausschließlich gezählt, ohne Angaben über deren richtigen kontextuellen Anwendung zu machen.

- CO₂: 12
- „Abgase“: 4
- Sonne: 4
- Atmosphäre: 4
- Ozonschicht: 2
- Sonnenstrahlen: 2
- Reflexion: 2
- Treibhausgase: 1
- Treibhauseffekt: 1

Beim allgemeinen Begriff „Abgase“ werden ausschließlich diejenigen Nennungen gezählt, die in den Briefen derart vorkommen, d.h. in denen weder der Begriff „CO₂“ noch „Treibhausgas“ vorkommt.

Der am häufigsten vorkommende spezielle Begriff ist CO₂, angeschrieben als Formel, mit insgesamt zwölf Nennungen. Jeweils vier Schüler/innen erwähnen „Abgase“, „Sonne“ und „Atmosphäre“ im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Der Begriff „Ozonschicht“ wird in den Schülerbriefen von zwei unterschiedlichen Jugendlichen verwendet. Je zwei Mal werden die Ausdrücke „Sonnenstrahlen“ und „Reflexion“ angeführt. Schließlich findet man in den Briefen einmal „Treibhauseffekt“ und „Treibhausgase“. Die letzten beiden Termini werden von ein und derselben Schülerin verwendet.

Bereits aus der ersten schnellen Analyse lassen sich Schlüsse ziehen: Während zur Beschreibung des Klimawandels der Terminus „Treibhauseffekt“ nur ein einziges Mal auftaucht, begegnet einem der Begriff „Ozonschicht“ zweimal. Obwohl der Unterschied nicht signifikant ist, deutet er doch auf eine gewisse Problematik hin. Die Schlussfolgerung, dass die genannten Konzepte offensichtlich miteinander vermischt werden, deckt sich mit der Vielzahl an Studien, die zu diesem Thema durchgeführt wurden (siehe Kapitel 2).

Neun Schüler/innen (ein Drittel der Untersuchten) verwenden keinen dieser Begriffe.

Klimawandel - natürliche und / oder menschliche Ursache?

Beim Lesen der Schülerbriefe ist primär auffallend, dass der Großteil der Schüler/innen den globalen Klimawandel als rein menschgemacht wahrnimmt. Das Zusammenspiel von natürlichem und menschlichem Einwirken erwähnen ein Schüler und eine Schülerin:

Schüler: „*Der Klimawandel würde zwar auch ohne die Menschen stattfinden, da er ein natürliches Ereignis ist, aber die Menschen treiben ihn durch [...] zu unnatürlicher Geschwindigkeit und Stärken an.*“

Schülerin: „*Wir befinden uns tatsächlich in einem kleinen „Pendel“, dass das Klima alle paar tausend Jahre verändert, der Mensch mit seinen Erfindungen hat diesen Effekt aber verstärkt.*“

Eine Schülerin ist der Ansicht, dass der globale Klimawandel eine ausschließlich natürliche Ursache hat, eine Vorstellung, die mit der wissenschaftlichen Sicht nicht vereinbar ist.

„*Es kann so gut wie niemand etwas daran ändern, weil es ja von der Natur aus so ist. Also finde ich es unnötig sich darüber den Kopf zu zerbrechen was in vielen Jahren sein könnte wo wir es nicht 100%ig vorhersagen können.*“

Zu den gesicherten Erkenntnissen wissenschaftlicher Forschung gehört die Erkenntnis, dass das Klimasystem der Erde zeitlichen sowie regionalen Schwankungen unterworfen ist. Laut IPCC kann die Erwärmung aber in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts nicht alleine durch natürliche Faktoren wie zum Beispiel Vulkaneruptionen erklärt werden (vgl. Hoffmann 2006, S. 2).

Die Begriffe „Klima“ und „Wetter“

Da sich in einigen Studien herausstellte, dass die Termini „Klima“ und „Wetter“ von vielen Jugendlichen synonym verwendet werden, wurde dieser Sachverhalt auch als

ein Item für den Fragebogen gewählt. Bei der Analyse der Schülerbriefe zeigt sich ein ähnliches Bild. Mehr als die Hälfte der Lernenden verwendet den Begriff „Klima“ nicht adäquat:

- „Heute ist es sehr kalt. Klimawandel heißt, also das Wetter, wie das Wetter sein wird.“
- „Das Klima verändert sich ständig...“
- „Klimawandel ist, wenn sich das Wetter verändert.“

Mehr- und eindimensionale Beschreibungen des Klimawandels

Einige Schüler/innen bemühen sich, eine fachwissenschaftliche Erklärung hinsichtlich des Konzepts des anthropogenen Treibhauseffekts anzuführen, auch wenn sie den Fachterminus als solchen nicht verwenden. Der Großteil tat das allerdings nicht. Aus diesem Grunde wird eine Zweiteilung vorgenommen: Zunächst werden die Aussagen derjenigen Lernenden näher beleuchtet, die versuchen, eine fachwissenschaftliche Erklärung zu finden und verschiedene Phänomene miteinander zu verbinden. Daher auch der Begriff „mehrdimensional“. Insgesamt handelt es sich dabei um sieben Jugendliche (fünf Schüler und zwei Schülerinnen).

Im Raster danach werden diejenigen Aussagen aufgelistet, in denen das Phänomen Klimawandel recht allgemein beschrieben wird und daher für eine eindimensionale Erklärung des Phänomens steht.

1) Mehrdimensionale Beschreibung

Zwei männliche Jugendliche erklären den anthropogenen Treibhauseffekt mit der Zerstörung der Ozonschicht:

„Unter dem Begriff Klimawandel verstehe ich, dass sich die Ozonschicht oder so, durch die starken CO₂-Ausstöße, verdünnt, und die Sonne an dieser Stelle stärker durchkommt und somit unsere Temperatur (Klima) deutlich wärmer als sonst ist.“

„Die Abgase die entstehen beim [...] beschädigen die Ozonschicht die vor zu viel Wärme der Sonne schützt.“

Abgesehen davon, dass in der ersten Aussage die Begriffe „Temperatur“ und „Klima“ nicht klar voneinander abgegrenzt werden, stecken hinter beiden Aussagen zwei Vorstellungen, die beide fachlich nicht korrekt sind. Zum einen wird allen Treibhausgasen bzw. Emissionen die Eigenschaft zugeschrieben, die Ozonschicht zu zerstören. Die zweite Alltagsvorstellung bezieht sich auf die Erwärmung, die als Anhäufung von Sonnenstrahlen verstanden wird. Diese werden schließlich wie einem Käfig zwischen Erdoberfläche und Gasschicht „gefangen“. Mehr oder stärkere

Strahlung bedeutet mehr Wärme. Die Schüler unterscheiden nicht zwischen Sonnen- und Wärmestrahlung und können so auch nicht erklären, weshalb die Strahlung in die Atmosphäre eindringen kann, sie aber nicht mehr verlassen kann.

Dass das Ozonloch-Modell als Erklärung für den Treibhauseffekt weit verbreitet ist, wurde in vielen Studien (vgl. dazu Kapitel 2) belegt.

Bei der Erklärung eines Schülers und einer Schülerin spielt die Sonne in Bezug auf den Klimawandel eine zentrale Rolle:

„Die Sonne ist wahrscheinlich zu stark geworden oder zu nah an der Erde.“

„Weil vielleicht wird die Sonne tatsächlich wärmer, nur vielleicht nicht so schnell. Der Treibhauseffekt hat das aber einfach alles verschlimmert, weil er die Wärme auch nicht mehr hinaus lässt.“

Bei diesen Aussagen handelt es sich um recht naive und diffuse Vorstellungen. Die Sonne wird stärker und nähert sich eventuell der Erde. Es muss an dieser Stelle aber vermerkt werden, dass in der Tat eine unterschiedlich starke Sonnenaktivität die Einstrahlung der Sonnenenergie schwanken lässt, die auf die Erdoberfläche trifft. Allerdings hat der Mensch über die Treibhausgase einen deutlich größeren Einfluss auf die Temperaturveränderung seit 1860 genommen als natürliche Faktoren wie veränderte Sonnenaktivität (vgl. <http://www.germanwatch.org/klima/gkw08.pdf>, S. 8f.).

Beim ersten Satz wird der menschliche Einfluss ganz ausgeklammert, während dieser Aspekt beim Zweiten angesprochen wird. Der Begriff „Treibhauseffekt“ steht für die Schülerinnen und Schüler automatisch für einen menschgemachten Prozess, der natürlich nicht vorkommt. Die Idee der „gefangenen“ Strahlung herrscht wie in den ersten beiden Beispielen auch hier vor.

Zwei andere Jugendliche beschreiben ausschließlich den Austritt von Strahlung, welcher durch Treibhausgase verhindert wird:

Schüler: „*Da die Menschen mit Autos, Fabriken etc. zu viel CO₂ und andere schädliche Gase ausstoßen erwärmt sich die Erde immer weiter weil die Sonnenstrahlen durch die Gase in der Atmosphäre nicht mehr reflektiert werden können.*“

Schülerin: „*Denn das CO₂ sammelt sich und verhindert, dass die Wärme ausdringt.*“

In beiden Fällen wird zunächst Kohlenstoffdioxid als Treibhausgas genannt. Bei der ersten Aussage wird zusätzlich auf die schädliche Wirkung dessen verwiesen, eine weitere weit verbreitete Schülervorstellung. Angesichts der Tatsache, dass kaum Lernende über den natürlichen Treibhauseffekt Bescheid wissen, ist diese alternative Vorstellung nachvollziehbar. Die Schüler gehen davon aus, dass die Strahlung die

Erde nicht verlassen kann. Dafür machen sie das Kohlenstoffdioxid verantwortlich, welches eine Art Kuppel um die Erde bildet und keine Strahlung hinaus lässt. Dadurch kommt es zur globalen Erwärmung. Beim ersten Satz ist nicht ganz klar, was der Schüler ausdrücken möchte. Wahrscheinlich sind zunächst die Wärmestrahlen gemeint, und nicht die Sonnenstrahlen. Der Begriff der „Reflexion“ wird ebenso nicht fachlich korrekt angewendet. Einer der beiden verweist zudem explizit auf den menschlichen Einfluss.

Die letzte Aussage, die folgend angeführt wird, ist den eben genannten ähnlich, allerdings wird hier sowohl der Strahlungseintritt, als auch -austritt erwähnt.

„...das ganze CO₂ sammelt sich oben an unserer „Luftkuppel“. Die Sonnenstrahlen dringen dann in unsere Atmosphäre ein, aber können nicht mehr hinaus, da das CO₂ ihnen den ‘Ausgang versperrt’. So werden die Strahlen mehrere Male reflektiert und unsere Erde erwärmt sich immer mehr.“

Diese Schülerin erwähnt den Eintritt und Austritt der Sonnenstrahlung. Anstatt der Absorptionsprozesse am Erdboden, verwendet sie das Konzept der Reflexion, einer Art „Spiegelmodell“, bei dem die Strahlung zwischen dem Erdboden und einer Treibhausgasschicht hin- und herreflektiert wird. Es wird hier ebenso wenig zwischen den Strahlungsarten unterschieden und es kommt wieder zu einer „Anhäufung“ an Strahlen in der Atmosphäre, was zur Erwärmung führt. Mit dem Begriff „Luftkuppel“ ist wohl die Erdatmosphäre gemeint.

2) Eindimensionale Beschreibung

Keine wissenschaftliche Erklärung liefern die Schüler/innen, die folgendem Kategorienschema zugeteilt werden. Sie verstehen unter dem Klimawandel:

Kategorie	Beispielsatz	Anzahl
(a) Ausschließlich Erwärmung	<i>Ich verstehe darunter, dass es immer wärmer und wärmer wird.</i>	9
(b) Erwärmung & Abkühlung	<i>Das Klima wird entweder kälter oder wärmer.</i>	7
(c) Ich weiß gar nichts darüber		2
(d) Weitere		2

Tabelle 4: Eindimensionale Beschreibung bzgl. des Klimawandels. Zuordnung anhand von Kategorien

Neun Schüler/innen verstehen unter dem Begriff Klimawandel, dass es ausschließlich zur Erwärmung kommt. Beinahe ebenso viele sind der Meinung, dass sowohl Erwärmung als auch Abkühlung eine Rolle spielen wird. Zwei Jugendliche sagen explizit, dass sie keine Ahnung haben, worum es sich dabei handelt. Einer schreibt:

„Ich muss dir einiges über den Klimawandel schreiben obwohl ich gar nichts darüber weiß und es mich auch nicht interessiert.“

Schließlich gibt es zwei Lernende, die sich diesbezüglich überhaupt nicht äußern und daher der Kategorie „Weitere“ zugeordnet werden.

Ursachen des Klimawandels:

Folgend soll der Frage nachgegangen werden, welche Ursachen die Schüler/innen im Hinblick auf den Klimawandel nennen. Dabei soll in diesem Rahmen zwischen primären und sekundären Ursachen unterschieden werden: Unter „primärer Ursache“ werden diejenigen Verursacher aufgelistet, die (laut Meinung der Schüler/innen) direkt Treibhausgase freisetzen. Bei den „sekundären Ursachen“ werden Länder bzw. Personen genannt, die den Jugendlichen zufolge den Klimawandel verursachen bzw. einen großen Beitrag dazu leisten. Mehrfachnennungen werden dabei berücksichtigt:

1) Primäre Ursachen:

	Anzahl der Nennungen
Auto	13
Fabrik	10
Flugzeug	2
Unsachgerechte Müllentsorgung	2
Stromverbrauch, Haushalt	2
Atomkraftwerke	1
Waffen (z.B. Atombomben)	1
Feuerwerk	1

Tabelle 5: Art und Anzahl der Nennungen über die Ursachen des Klimawandels

Bei den Nennungen der Schüler/innen dominieren die beiden Faktoren „Verkehr“ - meist wurde explizit der Autoverkehr genannt - und „Industrie“, genauer gesagt „Fabriken“. Das Thema „Energie im Haushalt“ wird erstaunlich selten genannt – ein Befund, der für die Bewertung von eigenen Handlungsmöglichkeiten von großer

Relevanz ist, denn wenn dieses Ursachenwissen fehlt, kann auch kaum mit einem entsprechenden Handlungswissen gerechnet werden.

Dass Atomkraftwerke oft irrtümlicherweise als Ursache für den anthropogenen Treibhauseffekt gehalten werden, deckt sich mit den Ergebnissen vieler Studien, von denen ausgewählte im Kapitel 2 diskutiert wurden.

2) Sekundäre Ursachen:

Ein Schüler ist der Auffassung, dass die Entwicklungsländer Hauptverursacher des globalen Klimawandels sind, was er wie folgt begründet:

„...in den Entwicklungsländern, diese besonders schuld sind, dass es uns so schlecht gehen wird, die Fabriken sind alte Hallen, diese sich nicht einmal einen Filter leisten wollen/können. In Afrika wird illegal Müll, wie z.B. Computer gelagert und sehr unsorgfältig verbrannt, sodass die Arbeiter die dies machen schon mit 30 sterben.“

Ein anderer Schüler weist die Schuld einem anderen Volk zu:

„Ich verbinde die Dummheit der Menschen mit dem Klimawandel, denn China verdreckt die Welt am meisten und es leben ja bekanntlich die meisten Menschen in China.“

Viele Jugendliche geben aber den Menschen allgemein, egal welcher Nation und Herkunft, die Schuld:

„Obwohl wir heute schon die Technik haben, um den CO₂-Ausstoß um ein Vielfaches zu verringern, sind die Menschen zu geizig um diese Mittel zu gebrauchen.“

„Alles nur weil Menschen so gierig sind, ich dachte immer Menschen sind kluge Wesen, doch du musst sie sehen, sie führen sich auf wie wilde Tiere.“

Ein Schüler erwähnt denselben Sachverhalt, fügt aber eine kritische Meinung bei:

„Wir Menschen tragen zum Klimawandel bei, weil wir Fabriken, Autos usw. brauchen weil sonst die Wirtschaft einging und wir auf viele umweltschädliche Sachen angewiesen sind und weil ein Leben ohne sie nicht vorstellbar wäre.“

Folgen des Klimawandels

Die nachstehende Tabelle veranschaulicht, welche Folgen des Klimawandels die Schüler/innen in ihren Briefen beschreiben. Mehrfachnennungen werden dabei berücksichtigt.

Auswirkungen auf Mensch und Umwelt	43
Artensterben / Gefahr für Tiere	14
Überschwemmungen (Küste und Flüsse)	5
Verlust an Lebensraum	4
Mehr Tornados und Tsunamis	5
Luftverschmutzung	4
Krankheiten und Gesundheitsprobleme	3
Naturkatastrophen allgemein	3
Mehr Vulkanausbrüche	2
Mehr Erdbeben	2
Landwirtschaftliche Schäden	1
Umweltveränderungen	37
Schmelzen der Polkappen	12
Rückgang der Schneemengen und -häufigkeit	8
Meeresspiegelanstieg	6
Verändertes Regionalklima (Jahreszeiten, Niederschläge)	4
Verschiebung von Klimazonen	3
Gletscherschmelze	3
Allgemeine Zerstörung	1
Mittelbare Folgen	2
Soziale und ökonomische Folgeprobleme	1
Migration und Flucht	1

Tabelle 6: Art und Anzahl der Nennungen über die Folgen des Klimawandels

Der Punkt „Artensterben / Gefahr für Tiere“ wird von den Schülerinnen und Schüler am öftesten, nämlich 14 Mal, genannt. Dabei werden vor allem die Eisbären angeführt, des weiteren Pinguine.

Die von den Lernenden genannten Folgen des Klimawandels werden von einem weiteren Themenstrang dominiert (s. Tabelle 6): Das Schmelzen der Polkappen (12) führt zu einem Anstieg des Meeresspiegels (6), was Überschwemmungen an Küsten und auf Inseln (5) zur Folge hat.

Acht Jugendliche äußern sich in sentimentalier Weise, angesichts der Tatsache, dass die Schneemengen und -häufigkeit eine fallende Tendenz aufweisen.

„Ich finde es ziemlich traurig, denn bald gibt es keinen Schnee mehr.“

Risiken, die spezifisch für die Probleme in Entwicklungsländern sind, werden hier nicht genannt, wie z.B. die Ausbreitung der Wüsten oder die Verstärkung und Häufung von Gefahren wie Dürren, Wassermangel, Hungersnöte etc.

Insgesamt halten sich die Auswirkungen des Klimawandels auf Mensch und Umwelt (43 Nennungen), sowie die Veränderungen, die sich laut den Lernenden ausschließlich auf die Umwelt beziehen (37 Nennungen) in etwa die Waage. „Mittelbare Folgen“ werden ausschließlich zwei erwähnt. Darunter sind soziale, volkswirtschaftliche, politische oder psychosoziale Folgewirkungen zu verstehen, die indirekt resultieren (vgl. Schuler 2004, S. 128).

Betroffenheit

Eine weitere zentrale Rolle in den Schülerbriefen spielt die Frage nach der Betroffenheit, sowohl der Einzelpersonen als auch der Gesellschaft. Zumeist nimmt die persönliche Betroffenheit einen geringen Stellenwert ein, die Bedeutung für die Gesellschaft wird hingegen anders gesehen.

Viele Schüler/innen schreiben entweder direkt oder indirekt, dass sie das Thema Klimawandel persönlich nicht betrifft, die Gesellschaft aber schon. Folgende Textelemente aus den Schülerbriefen sollen dies verdeutlichen:

Schüler: *„Ich finde, dass mich das Thema Klimawandel nicht sehr betrifft, da ich nichts gegen den großen CO₂-Ausstoß tun kann. Aber ich finde, dass jeder Mensch ein bisschen dazu beitragen kann...“*

Schüler: *„Es reicht wenn man öfters mit dem Rad fährt oder zu Fuß geht. Mich persönlich betrifft das nicht sehr. Ich denke aber jeder kann einen kleinen Teil beitragen um das Klima zu schützen.“*

Die Jugendlichen scheinen die Verantwortung von sich selbst auf andere zu schieben. Es ist auffallend, dass sie sich selbst nicht betroffen fühlen, weil sie anscheinend nicht „Falsches“ tun und daher auch nichts ändern können. Als Hauptursache für den globalen Klimawandel nennen viele Schüler/innen den Autoverkehr. Die Kausalkette, die sich daraus ergibt, klingt folgend: Da sie schließlich mit 14 Jahren noch keinen Führerschein besitzen, tragen sie nichts zum Kohlenstoffdioxid-Ausstoß bei und können daher ebenso wenig etwas dagegen unternehmen.

Vorschläge, was der einzelne tun kann, um die Treibhausgasemissionen zu senken, werden kaum genannt. Eine Schülerin überlegt zum Beispiel, den Führerschein nicht zu machen.

Auf gesellschaftlicher Ebene hingegen werden mehrere Vorschläge vorgebracht, darunter hauptsächlich Möglichkeiten einer veränderten Verkehrsmittelnutzung: Die Schüler/innen empfehlen in erster Linie, das Fahrrad zu nehmen oder zu Fuß zu gehen anstatt mit dem Auto zu fahren. Ein Schüler meint, dass er das Autofahren am Liebsten verbieten würde. Des Weiteren wird vorgeschlagen, Fahrgemeinschaften zu gründen. Ebenfalls mit der Automobilindustrie zu tun hat die Forderung von zwei männlichen Schülern, auf Hybrid- oder Elektroautos umzusteigen. Schließlich erwähnt ein Schüler in dem Zusammenhang, die Autos mit Biodiesel zu betanken, obwohl er diesbezüglich auch auf die Nachteile verweist. Abgesehen von Vorschlägen, die sich auf die Automobilindustrie beziehen, werden folgende Ideen jeweils ein Mal genannt: Den Müll in Container werfen, Recyceln und Müll trennen. Zudem wird je einmal ganz allgemein „Strom sparen“ und „Abgase filtern“ angegeben.

In dieses Bild passen die Ergebnisse, die bei den Ursachen des Klimawandels erhalten wurden. Es darf vermutet werden, dass eine größere Zahl von Schülerinnen und Schülern über alternative Vorstellungen verfügt, die auf Seiten der Ursachen bzw. der Folgen des anthropogenen Treibhauseffekts nicht differenziert genug sind, um sinnvolle Maßnahmen, z.B. Handlungsmöglichkeiten im eigenen Alltag ableiten zu können.

Es zeigt sich aber auch ein ebenso großer Anteil der Jugendlichen vom Klimawandel persönlich betroffen:

Schülerin: „*Ich meine wem ist das denn wurscht wie es mit uns weitergeht?*“

Schüler: „*Keiner sollte andere Beschuldigen, nur weil [...] aber jeder sollte versuchen so wenig wie möglich CO₂ zu erzeugen.*“

Diese Gruppe von Lernenden weist darauf hin, dass es wichtig ist, zunächst auf sich zu schauen, damit ist gemeint, selbst Verantwortung zu übernehmen und nicht zuerst mit den Fingern auf andere zu zeigen.

Ein kleinerer Anteil von sechs Jugendlichen fühlt sich persönlich vom Klimawandel überhaupt nicht betroffen:

Schüler: „*Das Thema Klimawandel betrifft mich eigentlich sehr wenig, weil es mich nicht interessiert.*“

Schülerin: „Ich hoffe nicht, dass die Menschen etwas gegen den Klimawandel unternehmen, es ist jetzt schon total kalt draußen.“

Eine Schülerin entwickelt aufgrund einer anderen Gegebenheit kein Interesse für das Thema:

„Da wir in der Schule nicht über das Klima ausführlich reden betrifft mich das nicht und wirkt sich auch nicht auf mein persönliches Leben aus.“

Verantwortung

Ein weiteres zentrales Thema in den Schülerbriefen, ist die Frage nach den Verantwortlichen, besser gesagt nach denjenigen, die etwas gegen den Klimawandel unternehmen könnten. Dabei wird sehr oft die Politik genannt. Vier verschiedene Statements werden hier angeführt:

Schüler: „...am schlimmsten finde ich die Politiker, dass sie beim Kopenhagentreffen nicht einmal annähernd etwas auf die Reihe bringen.“

Schüler: „Die Politiker schaffen es nicht einmal etwas dagegen zu unternehmen, weil sie nur aufs Geld schauen und nicht was in 20 Jahren passieren wird.“

Schüler: „Außerdem machen die schlechten Politiker sowieso „nix“.“

Schüler: „Ich glaube ja die Politiker sind an allem schuld, sie wissen schon lange das alle gefährdet sind aber tun nichts dagegen.“

Es herrscht bei den 14-Jährigen offensichtlich eine gewisse Politik-Verdrossenheit, angesichts der Häufigkeit derartiger Aussagen.

Aussagen, die explizit auf alternative Schülervorstellungen verweisen:

Abschließend werden einige Aussagen von Schüler/innen angeführt, die explizit auf alternative Vorstellungen verweisen:

Schüler: „Die Erde ist mitten im Klimawandel.“

Diese Aussage erweckt durch das Wort „mitten“ den Anschein, dass der Klimawandel eine kurzfristige Wettererscheinung ist, die bald wieder vorbei ist.

Schülerin: „Gerade schlägt der Klimawandel bei uns ein bzw. dauert an.“

Schüler: „...auf der Erde herrscht ein heftiger Klimawandel.“

Ebenso wie die erst genannte Aussage, wird der Klimawandel bei diesen beiden wie ein Wetterphänomen beschrieben, wie zum Beispiel ein Blitz, der einschlägt, oder ein heftiger Sturm.

Schüler: „*Es haben sich auch Organisationen gegründet, die den Klimawandel bekämpfen wollen.*“

Das Verb „bekämpfen“ impliziert, dass der Klimawandel innerhalb kürzester Zeit einfach gestoppt werden kann. Dabei werden anscheinend Klimaänderungen natürlicher Herkunft ausgeblendet – da der Mensch Auslöser für den Klimawandel war, kann er ihn auch einfach wieder stoppen (so der eventuelle Gedankengang des Schülers).

Schülerin: „*...denn der Mensch hat Autos und Flugzeuge gebaut und somit entstanden Treibhausgase. Viele Menschen forschen ob es wirklich am Treibhauseffekt liegt.*“

In dieser Aussage stecken mehrere alternative Vorstellungen. Die Treibhausgase entstanden nicht erst durch die Erfindung der Autos und Flugzeuge. Außerdem wird nicht zwischen dem anthropogenen und natürlichen Treibhauseffekt unterschieden. Der Begriff „Treibhauseffekt“ hat offensichtlich eine negative Konnotation, da in der Klasse allgemein Verwirrung diesbezüglich herrschte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Jugendlichen, aus fachwissenschaftlicher Sicht gesehen, wenig über den Klimawandel Bescheid wissen. Eine einzige Schülerin bringt den Begriff Treibhauseffekt in Verbindung mit dem Klimawandel, obwohl dabei nicht zwischen dem natürlichen und anthropogenen unterschieden wird. Eine Minderheit von sieben Schüler/innen bemüht sich, eine fachwissenschaftliche Erklärung anzuführen. Allerdings handelt sich dabei meist um naive und diffuse Vorstellungen.

Die Lernenden sind sich aber durchaus bewusst, dass der Mensch viel zum Klimawandel beiträgt. Bei den anthropogenen bedingten Ursachen dominieren den Schülernennungen zufolge die Faktoren Verkehr und Industrie.

In den meisten Schülerbriefen werden die Folgen (auf die Menschen, Natur etc.), die der Klimawandel mit sich bringt, zahlreich aufgezählt und beschrieben. Am öftesten wird die Gefahr für die Tiere (besonders für die Eisbären) und was damit auch zu tun hat, nämlich das Schmelzen der Polkappen, genannt. Auffallend oft wird des Weiteren der Rückgang der Schneemengen und –häufigkeit angeführt, worüber sich die Jugendlichen enttäuscht und traurig äußern.

Die persönliche Betroffenheit und das Verantwortungsbewusstsein halten sich im Allgemeinen in Grenzen. Die Gesellschaft, im Kollektiv, wird angeprangert, ferner auch die Politik, der/die Einzelne aber weist die Verantwortung von sich. Folglich werden auf persönlicher, im Gegensatz zur gesellschaftlichen, Ebene wenige Vorschläge zur Senkung von Treibhausemissionen vorgebracht.

5.2.3 Ergebnis der Fragebögen

Die Ergebnisse der Fragebogenuntersuchung sind in Tabelle 7 sowohl prozentuell, als auch als Absolutwert (Anzahl der Schüler/innen) dargestellt. Die Werte in den Spalten beziehen sich auf die Nennungen der jeweiligen Antwortkategorie. Am Tag des Pretests waren 27 Schüler/innen anwesend. Nicht eindeutige Ergebnisse, wie z.B. durch doppeltes Ankreuzen, wurden nicht gewertet. Der Fragebogen befindet sich im Anhang (s. Seite 158).

Die fett gedruckten Zahlen geben Auskunft darüber, ob es sich bei dem jeweiligen Item um eine richtige bzw. falsche Aussage handelt: Bei Item 1 ist die richtige Antwort „Falsch“, da die Aussage nicht stimmt, daher sind die Werte in der Antwortkategorie „Falsch“ fett gedruckt. Bei Item 2-4 gilt dasselbe. Item 5 hingegen ist eine richtige Aussage, usw.

Item	Richtig		Falsch		Weiß ich nicht		Verstehe ich nicht	
	Anteil	Absolut	Anteil	Absolut	Anteil	Absolut	Anteil	Absolut
1	18,5 %	5	81,5 %	22	0 %	0	0 %	0
2	44,4 %	12	48,2 %	13	7,4 %	2	0 %	0
3	33,3 %	9	59,3 %	16	7,4 %	2	0 %	0
4	92,3 %	24	3,8 %	1	3,8 %	1	0 %	0
5	40,7 %	11	40,7 %	11	18,6 %	5	0 %	0
6	40,7 %	11	14,8 %	4	29,7 %	8	14,8 %	4
7	11,5 %	3	53,9 %	14	34,6 %	9	0 %	0
8	92,6 %	25	3,7 %	1	3,7 %	1	0 %	0
9	22,2 %	6	48,2 %	13	18,5 %	5	11,1 %	3
10	40,7 %	11	44,4 %	12	14,9 %	4	0 %	0
11	0 %	0	40,7 %	11	40,7 %	11	18,6 %	5
12	15,4 %	4	38,5 %	10	34,6 %	9	11,5 %	3
13	18,5 %	5	59,3 %	16	18,5 %	5	3,7 %	1
14	70,4 %	19	14,8 %	4	11,1 %	3	3,7 %	1
15	40,7 %	11	14,8 %	4	29,7 %	8	14,8 %	4

Tabelle 7: Tabellarischer Überblick der gewählten Antwortkategorien beim Pretest

Das Diagramm auf der nächsten Seite soll der besseren Anschaulichkeit dienen. Bei der Kategorie „Richtig“ handelt es sich ausschließlich um die richtig beantworteten Items (anders als in Tabelle 7). Dasselbe gilt für die Kategorie „Falsch“.

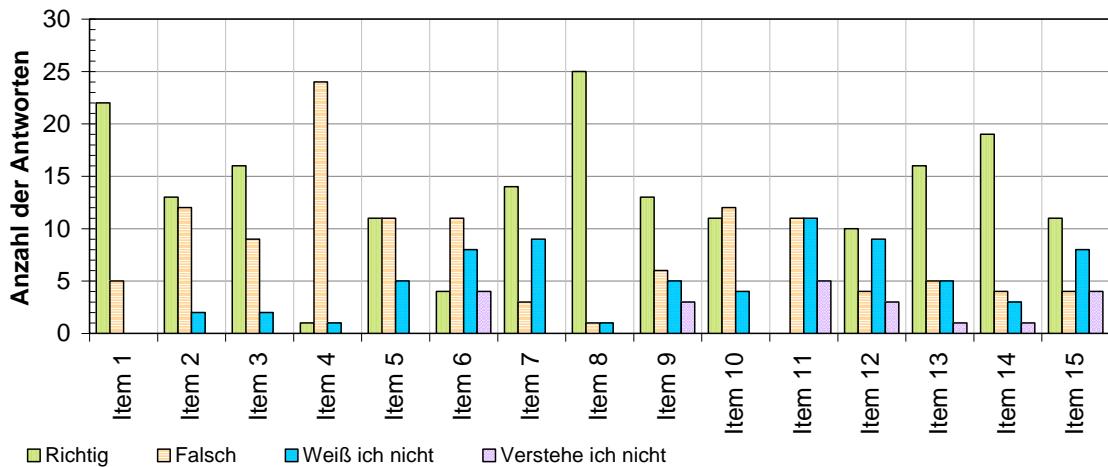


Diagramm 1: Verteilung [Absolutwerte] der Antwortkategorien beim Pretest

Interpretation der wichtigsten Ergebnisse

Ein gutes Ergebnis wird bei Item 1 erzielt: 22 Schülerinnen und Schüler (entspricht 81,5 %) verneinen richtigerweise die Aussage, dass die Begriffe Wetter und Klima dasselbe bedeuten. Wie beim Aufbau des Fragebogens angemerkt, sollen die Schüler/innen nicht schon bei der ersten Frage „Weiß ich nicht“ ankreuzen müssen, da die Frustration sonst groß ist. Wie Tabelle 7 zu entnehmen ist, wurde in der Tat weder „Weiß ich nicht“ noch „Verstehe ich nicht“ angekreuzt. Es ist an dieser Stelle interessant, den Prozentsatz mit den Ergebnissen der Schülerbriefe zu vergleichen: Bei der Analyse des qualitativen Instruments zeigte sich, dass die Lernenden mehrheitlich die beiden Begriffe synonym verwenden, also bei der Anwendung den Unterschied der Begrifflichkeiten nicht berücksichtigen.

Item 8 („Indem das Eis z.B. auf der Antarktis schmilzt, wird der Meeresspiegel steigen.“) beantworten sogar 25 Jugendliche (92,6 %) richtig. Diese Folge des Klimawandels wurde von einigen Schülern/innen in den Briefen erwähnt. Es darf vermutet werden, dass es sich dabei um einen Aspekt zu handelt, der medienwirksam präsentiert wird und daher von den Schülern/innen wiedergegeben wird.

Dass Item Nummer 6 („Die Löcher in der Ozonschicht werden durch die globale Erderwärmung verursacht.“) falsch ist, meinen vier Lernende (14,8 %), allerdings gibt es eine weite Streuung zwischen den vier Antwortmöglichkeiten. So geben acht (29,7%) an, nicht zu wissen, ob diese Aussage richtig oder falsch ist. Das Ergebnis lässt die Annahme zu, dass die Konzepte „Ozonschicht“ und „Globale Erderwärmung“ vermischt werden, was sich mit dem Ergebnis vieler internationaler Studien deckt.

24 Jugendliche (92,3 %) sind der Meinung, dass Autoabgase die größten Verursacher der globalen Erderwärmung sind (Item 4). Betrachtet man das Ergebnis der Schülerbriefe, bei denen ebenso Autos als hauptverantwortliche Verursacher des Klimawandels genannt werden, so scheint dieses Ergebnis konsistent. Die Hauptquellen anthropogen verursachter Schadstoffemissionen hingegen, die Verbrennungsprozesse in Industrie, Gewerbe, Haushalt werden als solche nicht erkannt. In der Originalstudie ist der Prozentsatz an richtigen Antworten dieses Items um zehn Prozent höher.

Keine einzige richtige Antwort wird bei Item 11 erhalten. Niemand bestätigt die Aussage, dass es ohne den Treibhauseffekt keine Tiere und Menschen auf der Erde gäbe. Möglicherweise liegt das an der negativen Konnotation des Begriffs Treibhauseffekt. In den Medien oder in Alltagsgesprächen wird zumeist nicht zwischen dem anthropogenen Treibhauseffekts und dem natürlichen Treibhauseffekt unterschieden. Dadurch können leicht Präkonzepte entstehen, die sich als ausdauernd herausstellen.

Ergebnisse der Fragen A und B

Bei diesen beiden Fragen, die am Ende des Fragebogens gestellt wurden, mussten die Schüler/innen zwischen vier Antwortmöglichkeiten wählen (dabei handelt es sich um eine Rating-Skala). Zusätzlich wurden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, ihre Entscheidung kurz zu begründen. Die Ergebnisse, die folgend präsentieren werden, sind wieder in Prozent angegeben.

Frage A: Wie sehr beunruhigt dich die globale Erderwärmung?

Antwortkategorien	Anzahl Gesamt		Anzahl	
	Absolut	Anteil	Männlich	Weiblich
Sehr beunruhigt	2	7,4 %	1	1
Beunruhigt	7	25,9 %	3	4
Etwas beunruhigt	11	40,8 %	8	3
Gar nicht beunruhigt	7	25,9 %	6	1

Tabelle 8: Schülerantworten auf die Frage, wie sehr sie die globale Erderwärmung beunruhigt

Die oben stehenden Ergebnisse, oder besser gesagt die Schlussfolgerungen daraus, sind sehr ähnlich zu denjenigen, die bei der PISA – Studie 2006 (siehe Kapitel 2.2) unter dem Punkt „Besorgnis in Bezug auf Umweltthemen“ erhalten wurden. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Jugendlichen in Bezug auf Umweltthemen

sensibilisiert sind. 40,8 % geben an, „Etwas beunruhigt“ im Hinblick auf die Globale Erderwärmung zu sein. Ein Viertel der Schüler/innen ist dem Fragbogen nach „Beunruhigt“, ein weiteres Viertel „Gar nicht beunruhigt“. Ein geringer Prozentsatz, nämlich 7,4 % meint „Sehr beunruhigt“ zu sein. Darüber hinaus kann der obigen Tabelle entnommen werden, dass die Mädchen dieser Klasse prinzipiell besorgter sind als die Burschen, eine Erkenntnis, die sich ebenso mit der vorher genannten Studie deckt. So geben sechs männliche Jugendliche an, „Gar nicht beunruhigt“ zu sein, eine Kategorie, die nur von einer weiblichen Teilnehmerin gewählt wird.

Die Antwortkategorie „Etwas beunruhigt“ wird nun ein wenig beleuchtet, weil sie die von den Schülern/innen am meisten gewählte Antwort ist. Zudem fallen die Begründungen, die die Lernenden dieser Kategorie schriftlich hinzufügen, sehr divergent aus.

Einerseits gibt es ein paar Jugendliche, die angeben „Etwas beunruhigt“ zu sein, aber nicht sonderlich beunruhigt wirken:

Schüler: „*Weil ich nicht so alt werde, dass es mich trifft.*“

Schüler: „*Mich interessiert es zwar, aber mach mir jetzt nicht zu einen großen Kopf darüber.*“

Andererseits gibt es Lernende, die angeben „nur“ etwas beunruhigt zu sein, weil sie bestimmte Konsequenzen ziehen:

Schülerin: „*Weil ich mir die ganzen Berichte im Fernsehen, Zeitung etc. nicht ansehe, weil ich sonst sehr beunruhigt oder panisch wäre.*“

Andere begründen ihre Wahl, indem sie eine Informationsquelle angeben:

Schüler: „*Weil ich viele Filme gesehen habe.*“

Diese Beispiele verdeutlichen, dass sich jede/r Einzelne seine/ihre eigenen Gedanken macht und andere Vorstellungen zu einem Sachverhalt besitzt, selbst wenn dieselbe Antwortkategorie angekreuzt wird. Ebendies stellt unter anderem die Problematik eines quantitativen Tests dar.

Unter den 18 männlichen Jugendlichen sind es sieben, die sich selbst als „Gar nicht beunruhigt“ bezeichnen, aus folgenden Gründen zum Beispiel:

„*Weil es mir warm lieber ist.*“

„*Weil man es in Österreich eh nicht merkt.*“

„*Weil mich globale Erderwärmung nicht interessiert.*“

Frage B: Wie viel Einfluss kannst du persönlich in Bezug auf die Umweltprobleme der Erde nehmen?

Antwortkategorien	Anzahl Gesamt		Anzahl	
	Absolut	Anteil	Männlich	Weiblich
Sehr viel	2	7,4 %	1	1
Ziemlich viel	3	11,1 %	2	1
Nicht viel	18	66,7 %	11	7
Überhaupt keinen	4	14,8 %	4	0

Tabelle 9: Schülerantworten auf die Frage, wie viel Einfluss sie persönlich in Bezug auf die Umweltprobleme der Erde nehmen können

Der Großteil der Schüler/innen (66,7 %) ist der Meinung, „Nicht viel“ persönlichen Einfluss auf die Umweltprobleme der Erde zu haben, 14,8 % geben an „Überhaupt keinen“. „Ziemlich viel“ bewirken zu können glauben 11,1 %; 7,4 % meinen „Sehr viel“. Bei diesem Ergebnis ist die Geschlechtsdifferenz nicht groß. Sowohl die männlichen als auch die weiblichen Untersuchten kreuzen mehrheitlich die Kategorie „Nicht viel“ an. Auffallend ist dennoch, dass keine einzige Schülerin angibt „Überhaupt keinen“ Einfluss zu haben, wohingegen sich vier Schüler dieser Kategorie zugeordnet fühlen.

Wiederum soll ein Vergleich mit der PISA - Studie 2006 hergestellt werden, in der ein Punkt den „Optimismus in Bezug auf Umweltthemen“ betrifft. Dabei ist ebenso zu erkennen, dass sich die österreichischen Schüler/innen wenig optimistisch zeigen und, dass die Jugendlichen umso weniger optimistisch sind, je mehr sie über ein Thema zu wissen angeben.

Da die Kategorie „Nicht viel“ den höchsten Prozentsatz einnimmt, werden nun hierzu einige von den Schüler/innen genannte Gründe aufgezählt. Die Aussagen fallen im Großen und Ganzen einheitlich aus:

Schülerin: „Weil einer alleine nicht viel erreichen kann...“

Schülerin: „Weil ich ja noch ein Schüler bin.“

Schüler: „Weil nur alle Menschen zusammen etwas erreichen.“

Schüler: „Weil man als Kind sowieso nicht viel macht was schädigt!“

Schüler: „Ich kann nur mit dem Rad statt mit dem Auto fahren, wenn ich erwachsen bin.“

Die meisten Äußerungen implizieren, dass eine Einzelperson (also sie/er selbst), angesichts der globalen Situation, nichts bewirken kann. Außerdem kommt ein wenig das Motto durch „Ich kann nichts dafür – die Anderen sind schuld!“ Nur wenige nennen

Beispiele, was jede/r einzelne beitragen kann. Dieses Resultat lässt sich mit den Ergebnissen der Schülerbriefe vergleichen, die sehr ähnlich ausfielen.

Die Ergebnisse des Fragenbogen-Pretests decken sich weitgehend mit denen von anderen Studien, die bis dato zu diesem Thema durchgeführt worden sind: Die Vorstellung, dass die globale Erderwärmung Ursache der löchrigen Ozonschicht ist, ist bei den Jugendlichen dieser Klasse ebenso vorherrschend. Eine weitere hartnäckige Schülervorstellung hat sich in Bezug auf den Begriff „Treibhauseffekt“ herausgestellt, welcher als rein menschgemacht angesehen wird. Bezuglich der Folgen des Klimawandels scheinen die Schülerinnen und Schüler gut informiert zu sein, was sich mit den Ergebnissen der Schülerbriefe deckt.

Im Großen und Ganzen bezeichnen sich die Jugendlichen angesichts des globalen Umweltproblems als mittelmäßig besorgt, wobei die Mädchen besorgter sind als die Burschen. Sowohl Mädchen als auch Burschen glauben allerdings nicht, persönlich viel Einfluss nehmen können.

Betrachtet man sowohl die Briefe als auch die Fragebögen, so kann festgestellt werden, dass diejenigen Schüler/innen, die „gute“ Briefe (Verwendung spezieller Begriffe, Erfassung und Beschreibung komplexerer Zusammenhänge etc.) verfasst haben auch beim Fragebogen besser abgeschnitten haben, d.h. mehr richtige Antworten erzielt haben.

5.3 Selbst durchgeführte Unterrichtseinheiten

Auf Basis der erhaltenen Daten, sowohl von Schülerbriefen als auch Fragebögen, wurden sechs Unterrichtseinheiten entwickelt. Im folgenden Kapitel wird näher erläutert, welcher theoretische und methodische Rahmen zur Planung der Unterrichtseinheiten verwendet wurde. Neben differenziertem Fachwissen, sind auch intellektuelle und moralische Ziele anzustreben und unabdingbar, um sich in unserer hochtechnologischen Gesellschaft zurechtzufinden und umwelt- und sozialverträgliche Neuerungen zu unterstützen, die helfen, unsere heutigen Klimafragen zu lösen. Daher werden in einem eigenen Kapitel die Unterrichtsziele, die über das fachliche Wissen hinausgehen, behandelt. Im Anschluss daran wird die Einbettung des Themas „globaler Klimawandel“ in den Lehrstoff der Sekundarstufe I geklärt. Schließlich werden Stundenbilder der einzelnen Unterrichtsstunden, inklusive Reflexionen, angeführt.

5.3.1 Theoretische Basis

Das Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion ist als theoretischer und methodischer Rahmen für die Planung und Durchführung der Unterrichtsstunden mit dem Ziel der Gestaltung nachhaltiger und fruchtbare Lehr-Lernprozesse angewendet worden. Wie im Kapitel 3.4.1 thematisiert, hat es sich als sinnvoll erwiesen, fachliches Wissen unter didaktischen Gesichtspunkten einer Revision zu unterziehen und es mit Blick auf das Wissen der Lerner didaktisch zu restrukturieren. Im Prozess der didaktischen Rekonstruktion werden die Vorstellungen der Lernenden in gleicher Weise geachtet, wie die von Wissenschaftlern. Abbildung 12 zeigt graphisch, wie bei der Entwicklung der Unterrichtseinheiten vorgegangen wurde.



Abbildung 11: Modell der Didaktischen Rekonstruktion (eigene Darstellung)

Die theoretische Basis dieser Forschung wird zudem von einer konstruktivistischen Grundauffassung vom Lernen gestützt. Der zentrale Gedanke des gemäßigt konstruktivistischen Ansatzes ist, dass Wissen nicht einfach verabreicht werden kann, sondern von den Lernenden aktiv konstruiert wird.

5.3.2 Unterrichtsziele die über das fachliche Wissen hinausgehen

Im folgenden Kapitel soll auf Unterrichtsziele eingegangen werden, die über das fachliche Wissen hinausgehen. Diesbezüglich ist dem Lehrplan zu entnehmen:

„Die allgemein bildende höhere Schule hat im Sinne des § 2 des Schulorganisationsgesetzes an der Heranbildung der jungen Menschen mitzuwirken, nämlich beim Erwerb von Wissen, bei der Entwicklung von Kompetenzen und bei der Vermittlung von Werten. Dabei ist die Bereitschaft zum selbstständigen Denken und zur kritischen Reflexion besonders zu fördern. Die Schülerinnen und Schüler sind in ihrem Entwicklungsprozess zu einer sozial orientierten und positiven Lebensgestaltung zu unterstützen“ (Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur 2004, S. 1).

Ziel modernen Lernens ist es, die Gesellschaft und das eigene Leben reflektiert, gut begründet, selbst bestimmt und mit anderen zusammen gestalten zu können. Die Schule muss daher mehr leisten, als den Schülerinnen und Schülern beizubringen, in der Schule auf Anforderungen und im künftigen Leben auf Veränderungen zu reagieren. Der Unterricht muss Möglichkeiten anbieten, sich Kompetenzen für die selbsttätige Gestaltung der Zukunft anzueignen. Entscheidend ist daher der Erwerb von Kompetenzen, die sich nicht allein für die Bewältigung und selbstbestimmte Strukturierung des Alltags, sondern für die Gestaltung des Lebens in der Welt von morgen eignen. Sie sind damit in erster Linie Handlungsbefähigungen, nicht abstraktes Schulwissen (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2008, S. 97).

In Verbindung mit der Diskussion um die Ziele naturwissenschaftlicher Bildung wird international von einer anzustrebenden „Scientific Literacy“ gesprochen. Im deutschsprachigen Raum wird dieser Begriff oft mit „naturwissenschaftlicher Grundbildung“ oder „naturwissenschaftlichen Kompetenzen“ übersetzt, wobei darauf zu achten ist, dass zwischen dem angelsächsischen Konzept der Literacy (Lese- und Schreibfähigkeit) und dem deutschen Konzept der Grundbildung essentielle Unterschiede bestehen (vgl. Lembens et al. 2009). Der Terminus wurde in den späten 1950er-Jahren eingeführt, es existiert jedoch keine einheitliche Definition. Gräber, Nentwig und Nicolson (2002, S.136) definieren Scientific Literacy als „Schnittmenge verschiedener Kompetenzen“, welche in Abbildung 13 illustriert wird:

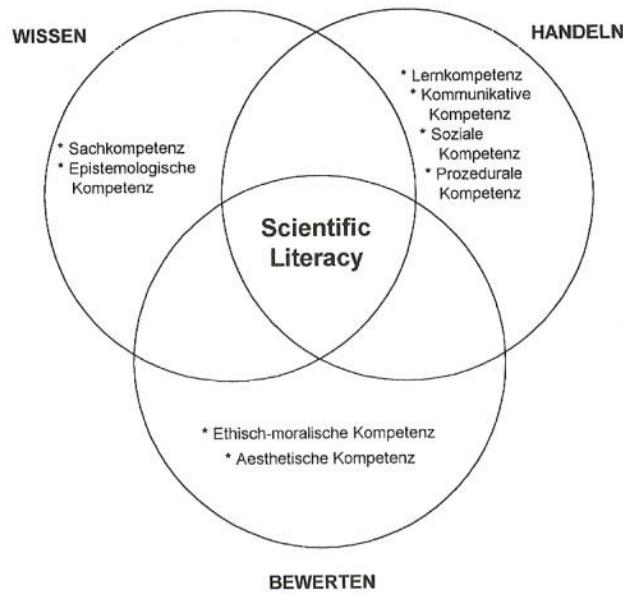


Abbildung 12: Scientific Literacy (Gräber et al. 2002, S. 137)

Im Hinblick auf das Thema der vorliegenden Arbeit spielen alle in der Abbildung dargestellten Kompetenzen eine wichtige Rolle.

Globale Umweltprobleme sind mit lokalem Denken und Handeln untrennbar verbunden. Das ist in Zeiten der Diskussion um den Klimawandel offensichtlich, wird aber nicht von jedermann nachvollzogen. Ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Denken und Handeln setzt mehr als reine Sachkenntnis des Problems voraus. Der naturwissenschaftliche Unterricht kann hierbei einen wertvollen Beitrag leisten, verantwortliches und rationales Bewerten und Entscheiden in Nachhaltigkeitsdiskursen zu fördern. Ein Unterricht zur Förderung der Bewertungskompetenzen im Themenfeld Klimawandel muss die Komplexität aus fachbezogenen Sachinformationen, Normen, Werten und einer Vielzahl privater, persönlicher, politischer, gesellschaftlicher und institutioneller Interessen einbeziehen. Außerdem wird Bewerten lernbar, wenn ein Unterrichtsthema als sinnhaft und interessant erlebt wird und Bezüge zum eigenen Handeln aufweist. Lange haben sich die naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken dem Trugschluss hingegeben, dass Sachwissen allein bereits die rationale Teilhabe an gesellschaftlichen Bewertungs- und Entscheidungsprozessen ermöglicht. Es sind jedoch Zwischenschritte erforderlich, die Bewertungsstrukturwissen und Fertigkeiten zu dessen Anwendung exemplarisch vermitteln und reflektieren. Erst dann wird die Rolle von Fachwissen beim Bewerten erkennbar (vgl. Höttinger et al. 2009, S. 413f.).

5.3.3 Einbettung im Stoff der Sekundarstoffe I

Das Thema Klimawandel kann weitgehend isoliert von anderen Themengebieten im Chemieunterricht behandelt werden. Dieser Lehrstoff lässt sich im Rahmen des Kernbereichs der vierten Klasse Gymnasium unter dem Punkt „Prinzipielles Verstehen von Umweltproblemen als Störung natürlicher Systeme“ einordnen. Es ist von Vorteil, so hat sich im Laufe der Beobachtungen herausgestellt, wenn die Lernenden im Vorfeld bereits den Themenschwerpunkt „Luft“ gelernt haben, da dies für ein besseres Verständnis der Atmosphärenzusammensetzung beiträgt. Im Falle dieser Klasse wurde dieses Thema im Dezember, also ein Monat vor Untersuchungsbeginn durchgenommen. Der Unterrichtsblock globaler Klimawandel wurde im direkten Anschluss an das Kapitel „Baustoffe“ abgehalten und stellte keinen unmittelbaren Zusammenhang zum vorangegangenen Thema her.

5.3.4 Vorbereitung und Ablauf der Unterrichtseinheiten

Bei der Planung der Unterrichtseinheiten stellte sich einerseits die Frage nach der Wahl der Inhalte, andererseits der Methoden. Die Behandlung von Fragen des globalen Klimawandels erfordert sowohl die Einbeziehung naturwissenschaftlicher als auch sozialwissenschaftlicher Inhalte und Denkansätze.

Folgende Aspekte wurden im Zuge des zweiwöchigen Themenblocks „Klimawandel“ durchgenommen:

- Aufbau der Erdatmosphäre
- Unterschied zwischen den Begriffen „Klima“ und „Wetter“
- Konzept des natürlichen & anthropogenen Treibhauseffekts
- Ursachen des Klimawandels
- Folgen des Klimawandels
- Schwierigkeiten der weltweiten Vereinbarungen (Kyoto-Protokoll)
- Beschäftigung mit dem eigenen Verhalten (Klimaschutz)
- Handlungsmöglichkeiten, speziell für den einzelnen

Selbst wenn das Thema "Klimawandel" in den Medien derzeit sehr präsent ist, kann ausreichend fundiertes Wissen über die Entstehung und Funktionsweise des anthropogenen Treibhauseffektes nicht vorausgesetzt werden. Dieses „Defizit“ bei den Jugendlichen zu beheben ist eine Voraussetzung, damit die Schülerinnen und Schüler befähigt werden, die tagesaktuellen Meldungen zu Klimawandel und Klimaschutz bewusster wahrzunehmen und reflektierter zu beurteilen. Daher ist es Ziel dieser empirischen Studie, dass sich die Schülerinnen und Schüler Wissen über den

Treibhauseffekt (in stark vereinfachter Weise) aneignen. Darüber hinaus muss explizit zwischen dem natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt unterschieden werden. Das Ergebnis des Fragebogens bewies, dass sich die Schülerinnen und Schüler bezüglich der Relevanz des natürlichen Treibhauseffektes für das Leben auf der Erde nicht im Klaren sind. Dabei ist hilfreich, wenn die Jugendlichen eine Vorstellung vom Aufbau der Erdatmosphäre haben, weshalb dieser Aspekt im Unterricht nicht unerwähnt bleiben sollte. Die ganze Theorie wäre überspitzt ausgedrückt „sinnlos“, wenn die Ursachen und Folgen des anthropogenen Treibhauseffekts nicht in weiterer Folge behandelt werden würden.

Des Weiteren wird der Unterschied zwischen den Begriffen „Wetter“ und „Klima“ geklärt, da diese in den Schülerbriefen fälschlicherweise überwiegend als Synonyme verwendet wurden. Die Bedeutung des Begriffes „Klima“ sollte klar definiert sein, da es schließlich „Klimawandel“ heißt.

Ferner sollen die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass man dem Klimawandel einerseits nur global und international (Kyoto-Protokoll) entgegenwirken kann, andererseits aber lokale Anstrengungen notwendig sind und dass jede/r Einzelne etwas beitragen kann. Mithilfe spezieller Aktivitäten sollen die Schülerinnen und Schüler dazu veranlasst werden, sich Gedanken über ihren eigenen Energiekonsum zu machen – vor allem deshalb, weil sie das in ihren selbst gestalteten Briefen nicht getan hatten. Ziel ist davon ist, Handlungsmöglichkeiten, in erster Linie für sich selbst, abzuleiten.

Die Unterrichtsplanung wurde zum Teil vorgenommen, bevor die beiden Erhebungsinstrumente des Pretests vollständig ausgewertet wurden. Das liegt vor allem daran, dass zwischen der Erhebungsphase und der ersten Unterrichtsstunde des sechsstündigen Unterrichtsblocks weniger als ein Monat Zeit war, und die Organisation aus zeittechnischen Gründen nicht anders möglich gewesen wäre. Mit einigen Schülervorstellungen konnte im Vorhinein, aufgrund der Beschäftigung mit fachspezifischer Literatur (vgl. Kapitel 2), gerechnet werden (wie z.B. der Vermischung der beiden Konzepte „Ozonloch“ und „Treibhauseffekt“). Das soll bedeuten, dass die Themenblöcke teilweise vorab bestimmt wurden, Unterrichtsmaterialien diesbezüglich gesammelt (ich wurde vor allem in Zeitschriften der Geographiedidaktik fündig) und gegebenenfalls adaptiert wurden, die Schwerpunktsetzung aber schließlich variiert wurde.

Auf die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler wurde manchmal direkt eingegangen (z.B. durch direktes Ansprechen), manchmal indirekt (z.B. mithilfe eines

Handouts). Darauf wird im Laufe der Beschreibung der Unterrichtseinheiten (s. Seite 107ff.), also am konkreten Material, näher eingegangen.

Die Unterrichtskonzeption unterstützt darüber hinaus in hohem Maße die Eigenständigkeit und Eigentätigkeit der Schülerinnen und Schüler - ich begleitete sie dabei als Berater, den Lernprozess unterstützend. Das entspricht dem gemäßigten konstruktivistischen Ansatz, der besagt, dass ohne aktive Beteiligung jedes/r einzelnen Lernenden, ohne die individuell zu leistende Informationsaufnahme und –verarbeitung kein Lernen möglich ist. Lernen soll demnach aktiv, problemorientiert und selbstgesteuert erfolgen und unter anderem durch eine Vielfalt an Methoden unterstützt werden. Durch die unterschiedliche Gestaltung der Materialien üben die Schüler/innen den Umgang mit verschiedenen Methoden und bauen ihre Methodenkompetenz auf diese Weise weiter aus (z.B. Internetrecherchen, Informationen aus Texten filtern, Diagramme interpretieren etc.). Zudem handelt es sich bei einigen Aktivitäten um „Lernen in sozialem Umfeld“ (z.B. Stationenbetrieb, Gruppenarbeit etc.). Da gemeinsames Lernen und Arbeiten effektiv ist, wurde in möglichst vielen Lernsituationen darauf zurückgegriffen.

Schließlich wurde darauf geachtet, neu erworbene Kenntnisse in möglichst verschiedene Kontexte einzubetten.

Auf den Seiten 106-120 werden die durchgeführten Unterrichtseinheiten vorgestellt. Zu jeder Stunde wird ein Stundenbild in Form eines Rasters präsentiert, in dem die angewendeten Methoden und die erarbeiteten Inhalte zusammenfassend dargestellt werden. Zielsetzung und Durchführung der Unterrichtsstunden werden jeweils erläutert, sowie mit einer kurzen Reflexion am Schluss abgerundet.

Die Abkürzungen in der Spalte „Arbeitsform“ stehen für folgende Aktions- bzw. Sozialformen: L (Lehrer), S (Schüler/in - Einzelarbeit), L-S (Lehrer/in-Schüler/in-Gespräch), S-S (Schüler/innen – Gruppenarbeit).

Die Unterrichtsmaterialien befinden sich im Anhang (s. Kapitel 12.4).

1. Unterrichtseinheit

Die erste Unterrichtseinheit fand am Dienstag, den 9. Februar 2010 statt.

Diese Einheit konnte als Einstieg in das Thema und Kennenlernen erster Begrifflichkeiten angesehen werden.

Stundenbild:

Zeit [Min]	Phase	Inhalt	Arbeitsform	Material
7	Einstieg	Begrüßen, Vorstellen etc.	L	
30	Laufdiktat	Wichtige Begriffe spielerisch erlernen	S	Handout („Beantworte die folgenden Fragen“) und Infotexte
13	Kontrolle		L-S	Folie („Schichtung der Atmosphäre mit Temperaturprofil“)

Zielsetzung, Darstellung und Analyse:

Ziel dieser Einheit war das selbstständige und spielerische Erlernen erster wichtiger Begrifflichkeiten (Klima/Wetter, Erdatmosphäre, Emission bzw. Immission, anthropogene und natürliche Luftverschmutzungsquellen etc.).

Nachdem Frau Mag. Sabine Decker mich zu Beginn der Stunde der Klasse vorstellte, übernahm ich das Wort. Ich erzählte ein wenig zu meiner Person, zur Untersuchung, und dass ich mit ihnen gemeinsam in den kommenden zwei Wochen jeweils drei Chemiestunden gestalten würde. Einleitend wurden die Schüler/innen gefragt wo und wie sie mit dem Thema Klimawandel konfrontiert werden.

Nach der Einleitung, teilte ich den Schüler/innen den Arbeitsauftrag für das Laufdiktat ausführlich mit. Das Prinzip des Laufdiktats funktioniert folgend: Schüler/innen laufen zur Wand (3-5 Meter Abstand), wo der Informationstext hängt, merken sich eine Sinneinheit, laufen zurück und schreiben diese nieder. Jeder Lernende/r erhielt ein Handout („Beantworte die folgenden Fragen“) mit Fragen zu den Informationstexten, welches in Einzelarbeit zu bearbeiten war. Die Fragen 1-6 konnten mithilfe der Texte im Raum beantwortet werden, die Frage 7 sollte zum Denken anregen und war speziell für die schnelleren Schüler/innen gedacht. Die Texte zu den verschiedenen Fragen wurden zur leichteren Orientierung auf unterschiedlich bunte Papiere gedruckt und davon jeweils mehrere im Raum verteilt.

Zirka 15 Minuten vor dem Pausenläuten hatte der Großteil der Klasse alle Fragen beantwortet, weshalb mit der gemeinsamen Besprechung begonnen wurde. Ich las die erste Aufgabenstellung laut vor: „Erkläre die Begriffe „Klima“ und „Wetter“! Worin unterscheiden sie sich?“ Mehrere Schüler/innen, die aufzeigten, teilten den

Klassenkameraden/innen das von ihnen Notierte mit. Im Anschluss daran fragte ich nach: „Angenommen ich behaupte, dass Klima und Wetter dasselbe bedeuten, wer von auch gibt mir recht, wer nicht?“ Zunächst wurde per Handzeichen abgestimmt, danach nahmen einige Schüler/innen zu ihrer Meinung Stellung. Schließlich wurde die Frage gemeinsam geklärt. Diese Vorgehensweise war im Prinzip dieselbe, wie die des von Ellis vorgeschlagene ConcepTest CAT (vgl. Kapitel 3.2).

Auf diese Weise wurde das erste Präkonzept („Wetter und Klima bedeuten dasselbe“), das sich vor allem in den von den Schüler/innen verfassten Briefen als solches herausstellte, direkt angesprochen.

Bei der Beantwortung der Frage zwei („Was versteht man unter dem Begriff (Erd-)Atmosphäre? ...“) legte ich zusätzlich eine Folie auf, auf der die Schichtung der Atmosphäre zu sehen war. Die Schüler/innen fanden diese sehr spannend, da sie bunt und kindgerecht gestaltet war, weshalb einige Minuten dafür verwendet wurden, diese genauer zu besprechen. Im Zuge dessen wurde die Aussage 13 des Fragebogens („Kohlenstoffdioxid findet man ausschließlich außerhalb der Erdatmosphäre“) dementiert.

Der Informationstext zur vierten Frage des Laufdiktats („Welche natürlichen Ursachen gibt es für die Luftverschmutzung?“) bezog sich auf Item 5 des Fragebogens („Tiere, wie zum Beispiel Kühe, produzieren Gase die zur globalen Erderwärmung beitragen.“) bzw. lieferte die richtige Antwort dafür. Eigentlich war im Vorhinein nicht beabsichtigt, auf diese Frage näher einzugehen. Doch die Schüler/innen fanden diesen Sachverhalt sehr lustig und mussten laut lachen. Ein Schüler meldete sich unaufgefordert zu Wort und meinte dazu: „Blöde Tiere!“ Diesen Kommentar wollte ich so nicht im Raum stehen lassen, weshalb ich mit einer Gegenfrage konterte: „Haben wirklich die Tiere daran schuld?“, „Wo liegt das Problem?“ Schließlich entwickelte sich eine kurze und spannende Diskussion darüber, wie der Fleischkonsum und die Zerstörung der Regenwälder im Zusammenhang stehen.

Bei dieser kurzen „Debatte“ wurde einerseits auf die Tatsache (und Item 5) verwiesen, dass Tiere mit ihren Verdauungsgasen Treibhausgase (wie Kohlenstoffdioxid und Methan) freisetzen, andererseits wurde indirekt Item 3 des Fragebogens („Wir können die globale Erderwärmung nur stoppen, indem wir die Wälder schützen und Bäume pflanzen.“) angesprochen.

Eine weitere kurze Diskussion ergab sich bei Frage sieben des Handouts („Warum hat sich deiner Meinung nach der CO₂-Anteil seit Beginn der industriellen Revolution erhöht?“). Einige Jugendliche glaubten, dass wiederum die Autos dafür verantwortlich

waren, dass der Kohlenstoffdioxidgehalt in der Atmosphäre zu dieser Zeit sprunghaft anstieg. Durch Gegenfragen meinerseits wie „Konnte sich damals jeder ein Auto leisten?“ überdachten sie ihre Meinung und schließlich wurde kurz über den Werdegang der industriellen Revolution gesprochen (beginnendes Maschinenzeitalter, Dampfmaschine, Kohleabbau etc.).

Methode: Die Methode „Laufdiktat“ liefert vielfache Vorteile, von denen einige genannt werden sollen: Die Bewegung hilft beim Lernen und es macht den Jugendlichen im Alter von 14 Jahren auch noch Spaß sich zu bewegen. Ein weiter Punkt ist, dass die Merkfähigkeit und Konzentration trainiert wird, ansonsten muss man noch mal laufen. Es handelt sich zudem um sinnerfassendes Lesen.

Reflexion: Diese Unterrichtsstunde ist mir überaus positiv in Erinnerung geblieben. Es ergaben sich einige spannende und fruchtbare Diskussionen, teilweise durch Gemütserregungen ausgelöst. Während des Laufdiktats verhielten sich die Schüler/innen äußerst ruhig und diszipliniert, es wurde weder gestoßen noch gedrängelt. Außerdem hatte sich rasch eine Eigendynamik entwickelt: Sie arbeiteten sehr schnell und motiviert, da jede/r als Erste/r fertig werden wollte. Getratscht wurde ebenso kaum.

2. Unterrichtseinheit

Die zweite Unterrichtseinheit fand am Mittwoch, den 10. Februar 2010 statt.

Thema dieser Einheit war der natürliche und anthropogene Treibhauseffekt.

Stundenbild:

Zeit [Min]	Phase	Inhalt	Arbeitsform	Material
2	Einstieg	Begrüßung und Stundenverlauf	L	
5	„Test“ als Reflexion	Aussagen zum Treibhauseffekt beurteilen (R/F)	L-S	Handout („Stimmt oder stimmt nicht?“)
43	Computerrecherche	Treibhauseffekt	S-S	Handout („Treibhauseffekt“)

Zielsetzung, Darstellung und Analyse:

Ziel dieser Einheit war es, das Prinzip des natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekts zu verstehen. Insbesondere sollte der Unterschied erfasst werden.

Als ich den Schülern/innen zu Beginn der Stunde bekannt gab, dass sie im Internet recherchieren würden, schrien sie einhellig „Juhu!“. Während die Schüler/innen im EDV-Raum die Computer hochfahren ließen, erhielten sie ein Handout („Stimmt oder

stimmt nicht?“), mit dem sie ihr Wissen zum Treibhauseffekt anhand eines kleinen Tests überprüfen konnten. Dieser „Test“ umfasste acht Aussagen, zu denen die Lernenden in der Spalte „zu Beginn der Stunde“ jeweils „Stimmt“ oder „Stimmt nicht“ ankreuzen sollten. Bei diesen Aussagesätzen handelt es sich um häufige alternative Vorstellungen, mit denen die Jugendlichen konfrontiert werden sollen. Um ein besseres Bild davon zu zeichnen, befindet sich hier ein Teil des Handouts:

↓

Aussagen	zu Beginn der Stunde		am Schluss der Stunde		richtige Antwort	
	Stimmt	Stimmt nicht	Stimmt	Stimmt nicht	Stimmt	Stimmt nicht
1. Alle einfallende Sonnenstrahlung wird an der Erdoberfläche wie an einem Spiegel reflektiert.	<input type="checkbox"/>					
2. Das CO ₂ hält Wärme in der Atmosphäre zurück. Je mehr CO ₂ in der Luft ist, desto wärmer wird es.	<input type="checkbox"/>					

Eine weitere Aussage klingt folgend: „Wegen des Ozonloches kommen mehr Sonnenstrahlen in die Atmosphäre. Deshalb wird es wärmer.“ An dieser Stelle wird das erste Mal das Präkonzept, nämlich dass das Ozonloch für die globale Erderwärmung verantwortlich ist (was 11 von 27 Schüler/innen beim Fragebogen-Pretest bejahten), vorgebracht.

Danach legten sie das Arbeitsblatt zur Seite, welches zu späterem Zeitpunkt wieder aufgegriffen werden sollte (in diesem Fall nicht am Schluss der Stunde – so wie am Handout geschrieben steht). Da die Schülerantworten auf die Testfragen den Ausgangspunkt der Lernschritte bilden, werden die Schülerantworten nicht kommentiert.

Anschließend begannen die Schüler/innen in Gruppenarbeit mit der Internetrecherche. Dafür erhielten sie ein Handout („Treibhauseffekt“) mit Fragen und der Vorgabe, auf welcher Webseite die Recherche erfolgen soll. Die Schüler/innen bearbeiteten das Handout bis zum Pausenläuten.

Die Frage acht des Handouts („Wie hat sich die Durchschnittstemperatur der Erdoberfläche verändert?“) bezieht sich auf Item 9 des Fragebogens („Ein Temperaturanstieg der durchschnittlichen Welttemperatur von 1°C ist zu gering um irgendwelche Auswirkungen auf das Klima festzustellen.“) bzw. bestätigt dieses.

Methode: Bei einer Internetrecherche lernen Schüler/innen für ein bestimmtes Thema Informationen einzuholen. Die moderne Informationstechnologie bietet unterschiedliche Möglichkeiten der Computernutzung für Lernprozesse an.

„Wir sollten nicht so sehr auf hands-on experience fixiert sein, dass wir von der Fähigkeit, aus Texten und Bildern zu lernen, keinen Gebrauch machen, sie also auch nicht schulen. Zunächst einmal brauchen wir auch diese Fähigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht, nicht nur, aber auch beim Lernen mithilfe des Computers. Darüber hinaus ist diese Fähigkeit ein wesentlicher Teil der Scientific Literacy“ (Stork 1995, S. 6).

In der Verordnung für Bildung, Wissenschaft und Kultur wird explizit ausgewiesen, dass Schülerinnen und Schüler in zunehmenden Maß zu befähigen sind, adäquate Recherchestrategien anzuwenden sowie andere Informationssysteme real und virtuell zur selbstständigen Erarbeitung von Themen zu nutzen (vgl. Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur 2004, S. 6).

Diese Methode erschien mir im Speziellen beim Erlernen des Treibhauseffekts sinnvoll, da die Webseite Simulationen enthält, die zum leichteren Verständnis dieser Thematik beitragen können. Die Schüler/innen können per Mausklick das Lerntempo selbst regulieren.

Reflexion: Die Schüler/innen teilten mir nach der Unterrichtseinheit mit, dass sie gerne mit dem Internet arbeiten und Spaß daran haben, in der Schule allerdings selten die Gelegenheit dazu bekommen. Die Gründe dafür können vonseiten der Lehrer/innen vielfach sein. In dieser Unterrichtsstunde hat das Internet zum Beispiel nicht von Anfang an funktioniert, da der Server überlastet war. Als Lehrkraft ist man bemüht, das Problem in den Griff zu bekommen, während sich die Schüler/innen kurzfristig anderswertig beschäftigen. Ich finde es prinzipiell gut, mit dem Internet zu arbeiten, allerdings können technische Gebrechen auftreten, auch wenn im Voraus alles gewissenhaft getestet wurde.

3. Unterrichtseinheit

Die dritte Unterrichtseinheit fand am Donnerstag, den 11. Februar 2010 statt.

In dieser Stunde wurden verschiedene Themen behandelt, wie die Gegenüberstellung von anthropogenem und natürlichem Treibhauseffekt, Treibhausgase, und das Kyoto-Protokoll.

Stundenbild:

Zeit [Min]	Phase	Inhalt	Arbeitsform	Material
2	Einstieg	Begrüßen, Vorstellen etc.	L	
10	Erarbeitung und Vertiefung	Treibhauseffekt; Strahlungshaushalt	L-S	Tafel
8	Reflexion	Kognitiver Konflikt soll erzeugt werden		Handout („Der globale Treibhauseffekt als Strahlungsfalle“)
30	Stationenbetrieb	Anthropogener vs. Natürlicher Treibhauseffekt, Treibhausgase, Kyoto-Protokoll etc.	S-S	Stationen (div. Material)

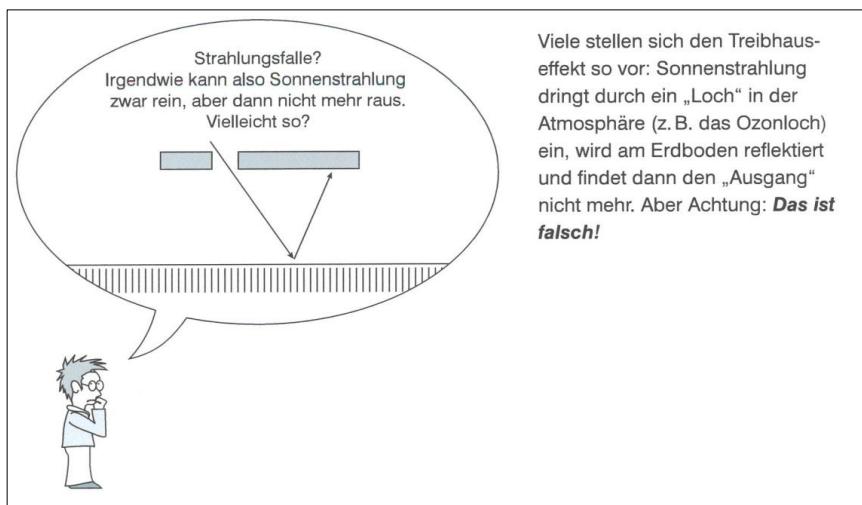
Zielsetzung, Darstellung und Analyse:

Die Schüler/innen sollten nach der Unterrichtseinheit jeweils drei Gase, die zum natürlichen bzw. anthropogenen Treibhauseffekt beitragen, sowie deren Herkunft, nennen können. Zudem wissen sie, worum es sich beim Kyoto Protokoll handelt.

Zu Beginn der Stunde wurde das Prinzip des natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekts gemeinsam wiederholt. Dabei wurde unter anderem besprochen, was sich die Jugendlichen am Tag zuvor angeeignet hatten. Währenddessen zeichnete ich an der Tafel mit, in der Anordnung und Art wie es bei der Simulation auf der Homepage zu sehen war. Dabei wurde im Speziellen auf den Unterschied der Strahlungsarten verwiesen. So sollen die Schüler/innen wissen, dass erstens Sonnenstrahlung von der Erdoberfläche absorbiert und in Wärmestrahlung umgewandelt wird und zweitens, dass der Treibhauseffekt auf der Eigenschaft von Treibhausgasen (wie Kohlenstoffdioxid, Wasserdampf oder Methan) beruht, die Wärmestrahlung der Erde zu absorbieren, die einfallende Sonnenstrahlung dagegen passieren zu lassen. Zur globalen Erwärmung kommt es schließlich, wenn die Kohlenstoffdioxid-Emissionen des Menschen den natürlichen Treibhauseffekt verstärken. Es wurde dabei mehrmals betont, dass der Treibhauseffekt eine natürliche, lebenswichtige Angelegenheit ist (Item 11 des Fragebogens). Die Schüler/innen wirkten bei der Entwicklung des Tafelbildes fleißig mit und stellten zwischendurch viele Fragen, wie zum Beispiel: „Wie ist man darauf gekommen, dass es ohne den natürlichen Treibhauseffekt -18°C auf der Erde hätte?“.

Im Anschluss daran, während die Stationen aufgebaut wurden, erhielten die Lernenden das Handout „Der globale Treibhauseffekt als Strahlungsfalle“. Dabei werden die Schüler/innen mit dem Präkonzept „Globale Erderwärmung durch Ozonloch“ direkt

konfrontiert. Die erste von vier Szenen dieses Handouts ist in der Abbildung unten dargestellt. Jede/r Schüler/in las sich den Text für sich alleine durch, er wurde nicht weiter kommentiert. Durch das direkte Erwähnen des Ozonloches als alternative Vorstellung, wurde beabsichtigt, einen kognitiven Konflikt bei den Schüler/innen auszulösen. Zusätzlich hatten die Lernenden mit diesem Handout fachliche Erklärungen, sowie die Fachtermini (Reflexion, Absorption,...) Schwarz auf Weiß und mussten während der Ausführungen zu Beginn der Stunde nicht mitschreiben.



Danach bildeten je drei Schüler/innen eine Gruppe (das ergibt sich praktischerweise aus der Sitzordnung im Chemiesaal). Insgesamt gab es drei Stationen zu bearbeiten, die wiederum dreifach aufgebaut wurden, um Staus und Wartezeiten zu vermeiden. Bei den Stationen, bei denen der Arbeitsauftrag jeweils schriftlich beigelegt war, wurden folgende Themen behandelt:

- 1) Station 1: Gase die zum natürlichen/anthropogenen Treibhauseffekt beitragen, sowie deren Herkunft.

Anhand von Diagrammen und Bildern sollten die Schüler/innen jeweils drei natürliche/anthropogene Treibhausgase und deren Herkunft nennen. Dabei ist unter anderem festzustellen, dass Kohlenstoffdioxid nicht das wichtigste Treibhausgas ist, sondern der größte Teil des Effekts durch Wasserdampf bewirkt wird.

Kohlenstoffdioxid und andere vom Menschen emittierte Treibhausgase füllen jedoch die Lücken, die der Wasserdampf im Spektrum der Wärmestrahlung lässt. Auf diese Weise haben weitaus kleinere Mengen der Gase größere Auswirkungen, sie wirken kurzum effizienter (vgl. De Haan o.J., S. 11).

Des weiteren wird man bei dieser Station (nicht wortwörtlich) informiert, dass der Verkehrssektor nicht der Hauptfaktor des globalen Ausstoßes an Treibhausgasen ist,

was 92,3 % der Schülerinnen und Schüler beim Fragebogen-Pretest vermuteten (Item 4: „Autoabgase sind die größten Verursacher der globalen Erderwärmung.“).

2) Station 2: Kohlenstoffdioxid-Emissionen pro Einwohner

Bei dieser Station mussten die Schüler/innen zu einem Diagramm einige Fragen beantworten und auch interpretieren. Die Abbildung zeigt die Entwicklung der energiebedingten Kohlenstoffdioxid-Emissionen pro Einwohner zwischen 1990 und 2004 für neun ausgewählte Länder (USA, Kanada, Russland, Deutschland, Japan, Südafrika, China, Indien und Republik Kongo). Während für die Entwicklung des Klimasystems die Gesamtemissionen eines Landes zentral sind, stellt sich unter dem Aspekt der Gerechtigkeit eher die Frage der Pro-Kopf-Emissionen. Zu beachten ist allerdings, dass einige der arabischen Golfstaaten noch weit höhere Pro-Kopf-Werte aufweisen. Die Graphik wurde aus zwei Gründen gewählt: a) Die Betrachtung der Pro-Kopf-Werte relativiert die hohen Gesamtemissionen Chinas und Indiens. So schrieb z.B. ein Schüler in seinem Brief: „...denn China verdreckt die Welt am meisten und es leben ja bekanntlich die meisten Menschen in China.“ b) Die Tatsache, dass hauptsächlich die kapitalstarken Industrieländer den Klimawandel verursachen, während die Entwicklungsländer am stärksten unter den Auswirkungen zu leiden haben und diese nicht für den Großteil des weltweiten Kohlenstoffdioxid-Ausstoßes verantwortlich sind, wie in einem anderen Schülerbrief zu lesen war (siehe dazu S. 88).

3) Das Kyoto Protokoll

Diese Station bestand aus einem Informationstext und drei dazugehörigen Fragen.

Die Schüler/innen waren schneller fertig als erwartet, sodass zehn Minuten am Schluss zur gemeinsamen Besprechung übrig blieben. Sie empfanden die Aufgabenstellungen relativ leicht und hatten bei den Fragen ebenso keine Verständnisschwierigkeiten. Am besten hat ihnen laut eigenen Aussagen die Station zwei gefallen. Zunächst meinten sie, dass sie die Graphik der zweiten Station nicht überrascht hätte, aber danach äußerten sie doch einige Verwunderungen, wie z.B., dass die Pro-Kopf-Emissionen von China deutlich unter denen von Amerika liegen, dass die Pro-Kopf-Emissionen der Republik Kongo so gering sind, oder dass Russland unter den erwähnten Ländern die Kohlenstoffdioxid-Emissionen am meisten reduziert hat etc. So wurden in den verbliebenen Minuten die Schüleraussagen aufgenommen und diskutiert.

Methode: Das Stationenlernen, ist eine Lehrtechnik, bei der die Schüler/innen eigentätig anhand vorbereiteter Materialien lernen. Ziele des Stationenbetriebs sind unter anderem die Erarbeitung von Inhalten, soziales Verhalten und Selbstorganisation.

Reflexion: Wiederum verhielten sich die Schüler/innen bei dieser offenen Unterrichtsmethode äußerst ruhig und diszipliniert. Nicht ideal war die unterschiedliche Dauer zur Bearbeitung der Stationen. Station 1 war ziemlich textlastig, weshalb diese mehr Zeit in Anspruch nahm als die anderen beiden und es sich bei dieser Station folglich immer etwas staute. Station 2 gefiel den Jugendlichen, laut eigenen Angaben, am besten und ich glaube, dass die Diskussion am Ende der Stunde sehr fruchtbar war, weil die Jugendlichen dazu angeregt wurden, Gründe und Erklärungen auf die eigenen Fragen zu finden.

4. Unterrichtseinheit

Die vierte Unterrichtseinheit fand am Montag, den 15. Februar 2010 statt.

In dieser Unterrichtseinheit wurden diverse Folgen des globalen Klimawandels thematisiert.

Stundenbild:

Zeit [Min]	Phase	Inhalt	Arbeitsform	Material
2	Einstieg	Begrüßen, Vorstellen etc.	L	
10	Kontrolle	Richtige/Falsche Aussagen bzgl. Treibhauseffekt	L-S	Handout („Stimmt oder stimmt nicht?“)
3	Brainstorming	Positive bzw. negative Folgen des Klimawandels nennen	L-S	
10	Erarbeitung	Folgen des Klimawandels	S	Handout („Folgen des globalen Klimawandels“)
25	Gruppenarbeit	Schüler/innen informieren sich über diverse Folgen des Klimawandels	S-S	Zeitungsartikel, Plakat

Zielsetzung, Darstellung und Analyse:

Ziel war das Erkennen der vielseitigen Konsequenzen, die der Klimawandel mit sich bringt.

Die Schüler/innen nahmen zu Beginn der Stunde das Handout „Stimmt oder Stimmt nicht“ von der vorletzten Einheit zur Hand und bearbeiteten die mittlere Spalte, d.h. sie mussten dieselben Aussagesätze zum Treibhauseffekt wieder mit richtig/falsch beurteilen. Das fachliche Wissen, das zum richtigen Beantworten notwendig war, war Inhalt der zwei Unterrichtseinheiten davor. Die Lernenden wurden erneut mit ihren eigenen Vorstellungen konfrontiert. Bei der nachfolgenden gemeinsamen Besprechung konnten die Jugendlichen überprüfen, ob und inwieweit ihr neu konstruiertes Wissen

noch Abweichungen von fachlich korrekten Vorstellungen aufweist. Die Verbesserung funktionierte im Prinzip wie der von Ellis vorgeschlagene ConcepTest CAT (vgl. Kapitel 3.2). Die Aussagesätze wurden laut vorgelesen und die Schüler/innen konnten per Aufzeichen abstimmen, ob die Aussage richtig oder falsch war. Bei allen Abstimmungen hatte jedes Mal die Mehrheit recht. Nichtsdestoweniger wurden alle Aussagesätze gemeinsam besprochen. Die zweite Aussage („Das CO₂ hält Wärme in der Atmosphäre zurück. Je mehr CO₂ in der Luft ist, desto wärmer wird es.“) beantworteten alle richtig. Bei den Aussagen vier („Der Grund für die globale Erwärmung ist ein Loch in der Atmosphäre, durch das die Sonnenstrahlen hereinkommen.“) und fünf („Wegen des Ozonloches kommen mehr Sonnenstrahlen in die Atmosphäre. Deshalb wird es wärmer.“) gab es jeweils ca. fünf Jugendliche, die die Aussagen für richtig hielten. Diese Gelegenheit wurde abermals genutzt, um auf die unterschiedlichen Phänomene „Ozonloch“ und „Globale Erderwärmung“ aufmerksam zu machen. Schließlich wurden die richtigen Antworten in die dritte Spalte eingetragen.

Die Testkonstruktion verdeutlicht den Schülern/innen zudem ihren Lernzuwachs.

Danach wurde zum nächsten Thema übergegangen, nämlich den Folgen des Klimawandels. Zuerst wurde den Schüler/innen die Gelegenheit gegeben, diejenigen Folgen aufzuzählen, die sie kannten. Danach wurde gemeinsam überlegt, was die positiven Seiten des Klimawandels sein könnten (z.B. landwirtschaftliche Nutzflächen könnten entstehen wo bisher bzw. lange Zeit keine mehr waren, der Schiffsverkehr wäre einfacher etc.). Meiner Meinung nach sollte man den Jugendlichen nichts vormachen und sie zu kritischem Denken anregen. Dazu zählt z.B. auch, sich über die positiven Folgen des Klimawandels Gedanken zu machen. Ein Großteil der Bevölkerung Grönlands zum Beispiel blickt der Entwicklung eher mit großer Erwartung als Angst entgegen.

Zur Bearbeitung dieses Themas erhielten die Schüler/innen ein Handout („Folgen des globalen Klimawandels“) mit Beispielen von sehr wahrscheinlich eintretenden Auswirkungen des Klimawandels. Drei Fragen wurden dazu gestellt, die in Einzelarbeit auszuführen waren. Zunächst wurden die Ergebnisse mit dem/r jeweiligen Sitznachbarn/in besprochen, danach kurz im Plenum.

Im Anschluss daran bildeten die Schüler/innen Dreiergruppen. Zehn verschiedene kurze und aktuelle Zeitungsartikel, die sich mit unterschiedlichen Folgen des Klimawandels befassen (z.B. „Wachsende Sorge um Eisbären“, „Malediven wollen eine neue Heimat kaufen“, „Biosprit-Boom gefährdet riesige Regenwaldgebiete“ etc.), wurden im Klassenraum verteilt. Jede Schülergruppe sollte jeweils drei Artikel

auswählen und diese bearbeiten. Folgende Leitfragen, welche in schriftlicher Form ausgeteilt wurden, erhielten die Lernenden zur Unterstützung:

- i. Von wann ist der Artikel und wo wurde er veröffentlicht?
- ii. Welche Folge des Klimawandels beschreibt der Artikel?
- iii. Wer ist unmittelbar davon betroffen?
- iv. Wie sind die Menschen davon betroffen?

Die erworbenen Kenntnisse wurden nach dem Lesen des jeweiligen Artikels stichwortartig auf eines der Plakate geschrieben, welche an der Tafel befestigt waren. Danach sollte die Gruppe einen weiteren Artikel wählen und den Vorgang wiederholen, auf das Plakat aber nur mehr neue Information schreiben.

Methode: Auch bei dieser Methode wird das sinnerfassende Lernen geübt. Viele Schüler/innen haben häufig Probleme damit, aus einem Text die wesentlichen Punkte zusammenzufassen. Diese Stunde bietet den Lernenden die Möglichkeit, sich untereinander auszutauschen und die Fakten schließlich gemeinsam stichwortartig auf das Plakat zu schreiben.

Reflexion: Im Großen und Ganzen verlief diese Unterrichtsstunde sehr gut, obwohl der inhaltliche Stoff für diese Unterrichtseinheit sehr dicht gepackt war. Das Handout „Folgen des Klimawandels“ hätte man durchaus länger bearbeiten können. Das Arbeiten mit den Zeitungsartikeln funktionierte wesentlich besser als vermutet. Es gab offensichtlich keine inhaltlichen Schwierigkeiten. Jede Gruppe schaffte es, zumindest zwei Artikel zu lesen, die schnelleren sogar vier.

5. Unterrichtseinheit

Die fünfte Unterrichtseinheit fand am Dienstag, den 16. Februar 2010 statt.

Diese Einheit befasste sich mit dem persönlichen Beitrag zum Klimaschutz.

Stundenbild:

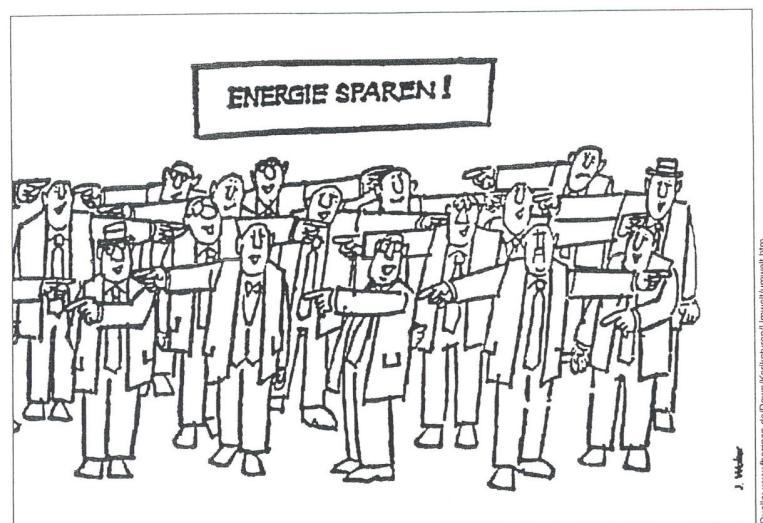
Zeit [Min]	Phase	Inhalt	Arbeitsform	Material
2	Einstieg	.	L	
15	Wiederholung	Besprechung des Plakats	L-S	Gestaltetes Plakat
23	Reflexion	Der eigene Energieverbrauch	S-S	Handout („Energie sparen!“)
10	Einstieg für die nächste Stunde	Fragen zum Klimaschutz lesen	S	Handout („Dein Beitrag zum Klimaschutz“)

Zielsetzung, Darstellung und Analyse:

Die Schüler/innen sollten sich über ihren eigenen Energieverbrauch bewusst werden, sich Gedanken darüber machen und sich mit dem/r Sitznachbarn/in austauschen. Zu zweit wurde überlegt, in welchem Lebensbereich am meisten Energie aufgewendet wird und wie man diese verringern kann.

Zu Beginn der Stunde wurde das Plakat zur Hand genommen, welches die Schüler/innen am Tag zuvor, in Gemeinschaft, gestaltet hatten. Das Geschriebene wurde laut vorgetragen und durch Informationen meinerseits ergänzt. So konnten sich die Jugendlichen auch einen Überblick über diejenigen Zeitungsartikel verschaffen, die sie selbst nicht gelesen hatten. Dabei wurde unter anderem die Tatsache erwähnt, dass der Meeresspiegel aufgrund der Eisschmelze auf der Antarktis steigen wird. Dieser Sachverhalt kam ebenso beim Fragebogen vor (Item 8) und konnte beim Pretest mit Ausnahme von einem Schüler und einer Schülerin von allen richtig beantwortet werden.

Im Anschluss daran wurde ein Handout („Energie sparen!“) ausgeteilt, welches mit einer Karikatur (Darstellung unten) und drei Fragen diesbezüglich versehen war. Zunächst sollten die Jugendlichen mit ihrem/r Sitznachbarn/in die abgebildete Karikatur beschreiben und über die dargestellte Situation diskutieren. Danach legte jede/r eine Tabelle mit den am Handout vorgegebenen Kategorien (Schule, Wohnen, Freizeit und Transport) an und überlegte sich dazu jeweils Beispiele des eigenen Energieverbrauchs. Schließlich sollten diejenigen Aspekte auf dieser Liste gekennzeichnet werden, bei denen die Lernenden Energie sparen möchten und ihrer Meinung auch können.



Die Ergebnisse dieses Arbeitsauftrages wurden danach im Plenum besprochen. Dabei stellte sich heraus, dass der Großteil der Jugendlichen im Bereich Wohnen den größten eigenen Energieverbrauch vermutet. An zweiter Stelle nannten sie die Kategorie Freizeit, darunter vor allem den Fernseher, den Computer und die Play Station. Vorschläge für die Verringerung des Energieverbrauchs stammen ebenso hauptsächlich aus diesen beiden Kategorien.

Die Karikatur erschien mir besonders wertvoll und passend, da die dargestellte Situation dieselbe ist, wie sie in den Schülerbriefen oft zu lesen war: Die anderen verbrauchen viel mehr Energie, deshalb sollen die zuerst sparen. Niemand beginnt bei sich selbst. Die Abbildung sollte dazu anregen, sich über die eigene Haltung Gedanken zu machen und daraus Vorschläge für das eigene Handeln zu formulieren.

Zehn Minuten vor dem Pausenläuten wurde ein weiteres Handout ausgeteilt („Dein Beitrag zum Klimaschutz“), das als Vorbereitung für die kommende Stunde diente. Die Fragen, die darauf standen, sollten in der darauf folgenden Unterrichtseinheit bei einem „Online-Test“ beantwortet werden, wie z.B. „Wie oft essen Sie Fleisch? Wie viele neue Kleider, Schuhe oder Sportbekleidung kaufen Sie pro Monat?“ Die Schüler/innen sollten sich die Fragen in dieser Einheit ausschließlich durchlesen und bei Unklarheiten nachfragen. Diejenigen Fragen, die sie alleine nicht beantworten konnten, sollten sie markieren und zuhause nachfragen (wofür sie eine Woche Zeit hatten) wie z.B. „Womit wird ihr Zuhause im Winter hauptsächlich beheizt? Aus welchen Baumaterialien besteht das Haus hauptsächlich? etc.“

Reflexion: Die Schüler/innen bearbeiteten das Handout „Energie sparen!“ sehr sorgfältig und schnell. Allerdings bereitete die erste Frage („Beschreibe, was die Karikatur aussagt. Erkläre, woher diese Haltung kommt und überlege, wie man die dargestellte Situation vermeiden könnte.“) gewisse Probleme, vor allem bei Schüler/innen, die nicht Deutsch als Muttersprache haben. Zunächst wussten einige nicht was eine Karikatur ist, außerdem war der Begriff „Haltung“ für viele Jugendliche nicht verständlich. Besonders gut bearbeiteten die Jugendlichen die zweite und dritte Aufgabenstellung. Interessant ist dabei das Ergebnis: Während sie in den Briefen kaum Vorschläge für das eigene Handeln formulierten, so wurde in dieser Unterrichtseinheit eine Vielzahl genannt.

Zum zweiten ausgehändigten Handout wurden ebenso einige Fragen gestellt, was erwartet wurde. Das ist auch der Grund weshalb die Schüler/innen die Fragen in schriftlicher Form erhielten, bevor sie sie mithilfe des Internets beantworten sollten. Ferner war beabsichtigt, dass die Jugendlichen bei Fragen, die sie nicht wussten,

zuhause nachfragen, wodurch sich eventuell mit Eltern, Bekannten etc. das eine oder andere Gespräch ergibt.

6. Unterrichtseinheit

Die sechste Unterrichtseinheit fand am Dienstag, den 23. Februar 2010 statt.

In der letzten Unterrichtseinheit berechneten die Jugendlichen ihren persönlichen ökologischen Fußabdruck.

Stundenbild:

Zeit [Min]	Phase	Inhalt	Arbeitsform	Material
3	Einstieg	Verlauf der Stunde wird erläutert	L	
30	Computerrecherche	„Test“ des eigenen ökologischen Fußabdrucks	S-S	Internet
7	Kontrolle	Schüler/innen teilen ihr Ergebnis mit	S-L	
10	Feedback		S	Feedbackbogen

Zielsetzung, Darstellung und Analyse:

Der „Online-Test“ diente einerseits dazu, zu erkennen, welche vielseitigen Aspekte beim Klimaschutz eine Rolle spielen, andererseits sollten die Schülern/innen ihren eigenen ökologischen Fußabdruck berechnen und daraus Vorsätze für ein klimafreundlicheres Verhalten ableiten.

Nach der Begrüßung gingen die Schüler/innen in den Informatiksaal. Zuerst sollte jeder den Test selbstständig machen, danach mit einer/m anderen Mitschüler/in die Ergebnisse vergleichen und schließlich gemeinsam nach Ursachen für die Resultate suchen – z.B. wer warum in welchem Lebensbereich ein unterschiedliches Ergebnis erhält. Auf Basis dessen soll bestimmt werden, wie man sein Leben nachhaltig und klimaverträglich gestalten kann. Zur Überprüfung wurden die Fragen beim Onlinetest so beantwortet, dass am Ende der Wert des Energieverbrauchs möglichst gering ist.

De Haan (o.J., S. 12) meint in diesem Zusammenhang, dass egal aus welchen Motiven, bewusst oder unbewusst, ein bestimmtes Verhalten gewählt wird, es immer nur dem Repertoire entnommen werden kann, das dem/r einzelnen bekannt ist und zur Verfügung steht. Lernprozesse, wie sie in dieser Unterrichtseinheit angestrebt wurden, können Verhaltensmöglichkeiten offerieren und erlebbar machen, aus denen das Individuum aus unterschiedlichen Motiven heraus wählt. Die Erfahrungshorizonte der meisten Jugendlichen im Alter von 14 Jahren sind zunächst auf die Gepflogenheiten

des Elternhauses begrenzt. Die Schule hat die Möglichkeit, dieses Spektrum zu erweitern.

In dieser Einheit wurde beabsichtigt, dass die Schüler/innen die Verbindung zwischen dem eigenen Handeln bzw. Konsumverhalten und dem Treibhauseffekt erkennen, was Thema der letzten beiden Items des Fragebogens war („Heimische Produkte zu kaufen ist für die Umwelt besser, als Produkte von Übersee zu kaufen.“, „Es besteht eine Verbindung zwischen den Produkten, die ich kaufe, und dem Treibhauseffekt.“).

In den letzten 10-15 Minuten wurde der Feedbackbogen, der im nächsten Kapitel näher beschrieben wird, ausgeteilt.

Reflexion: Bei der Berechnung des eigenen ökologischen Fußabdrucks waren die Schüler/innen mit Begeisterung bei der Sache. Diejenigen mit nur wenig Verbrauch freuten sich und teilten das den anderen mit. Sie fanden es auch offensichtlich spannend, die Antworten beim zweiten Testdurchgang so einzugeben, damit der Verbrauch möglichst gering wird. Nach dem Pausenläuten blieben einige Jugendliche bei mir stehen, um mit mir über ihre Ergebnisse zu diskutieren.

Der einzige Nachteil war, dass das Internet zunächst wieder nicht funktionierte und einige Minuten leider dadurch verloren gingen.

Manche Items des Fragebogens wurden in das Unterrichtsgeschehen eingebettet, indem sie direkt angesprochen wurden, andere wurden indirekt thematisiert. Item 10 („Die globale Erderwärmung ist zum Teil ein natürliches Ereignis.“) wurde vielfach, in mehreren Unterrichtseinheiten, erwähnt. Item 2 („Wenn wir unsere Gewässer sauber halten, hilft es, die globale Erderwärmung zu reduzieren.“), Item 7 („Hautkrebs kann durch die globale Erderwärmung verursacht werden.“) und Item 12 („Den Treibhauseffekt kann man vom Weltall aus sehen.“) wurden in keine spezielle Aktivität eingebaut.

Zugleich wurden die meisten alternativen Vorstellungen, die in den Briefen vorkamen, behandelt – allerdings nicht alle: Ein Schüler schrieb zum Beispiel, dass Atomkraftwerke schuld am Klimawandel hätten. Aufgrund der Fülle an unterschiedlichen Schülervorstellungen und dem fachlichen Wissen, das zumeist notwendig ist um die eigenen Vorstellungen hinterfragen zu können, war es unmöglich, auf alle individuellen Vorstellungen einzugehen.

5.4 Feedbackbogen

Der Feedbackbogen wurde am 23. Februar 2010, also in der sechsten und letzten Unterrichtseinheit, gegen Ende der Stunde, ausgeteilt. Die Schüler/innen wurden abermals aufgefordert, den im Rahmen dieser Untersuchung eingeführten Code, auf den Fragebogen zu schreiben.

Die Idee, einen Feedbackbogen auszuteilen, ist kurzfristig entstanden, weshalb er bei den Methoden auch nicht extra aufgelistet und thematisiert wird. Dabei handelt es sich in erster Linie um Fragen, die im Zuge der zweiwöchigen Lehrtätigkeit entstanden sind und mir zu ermitteln erstrebenswert erschienen. Ziel dahinter war einerseits festzustellen, wie die Schüler/innen ihr Wissen nach dem Unterrichtsblock Klimawandel selbst einschätzen, andererseits, wie sich Motivation und Interesse diesbezüglich entwickelt haben.

5.4.1 Aufbau

Der Feedbackbogen besteht aus insgesamt 15 Fragen, die selbst entwickelt worden sind. Die Fragen 1-9, auf der Vorderseite des Blattes, beziehen sich auf den Klimawandel. Bei den Fragen 10-15, auf der Rückseite platziert, handelt es sich um Fragen zu meiner Person (Wie war die Lehrperson auf die Unterrichtseinheiten vorbereitet?, Wurde der Inhalt ausreichend erklärt? etc.). Die letzteren Fragen wurden gestellt, um ein persönliches Feedback zu erhalten, und werden in diesem Rahmen nicht näher ausgeführt.

Bei den Fragen 1-5 handelt es sich um geschlossene Fragen mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten, in Form einer Rankingskala („Ja“, „Eher Ja“, „Eher Nein“ und „Nein“). Frage 6 ist eine halboffene Frage, mit denselben Antwortkategorien, und der Möglichkeit, zusätzlich Stellung zur Frage zu nehmen. Die Fragen 7-9 sind in offener Form zu beantworten.

Der Feedbackbogen ist im Anhang auf der Seite 160 beigefügt.

5.4.2 Auswertung

Am Tag, an dem der Feedbackbogen ausgeteilt worden ist, waren zwei Jugendliche nicht anwesend, weshalb in den folgenden graphischen Kreisdarstellungen 25 Schüler/innen als 100 % berechnet worden sind.

Frage 1) Interessiert dich das Thema „Klimawandel“ mehr, seit dem du im Unterricht darüber erfahren hast?

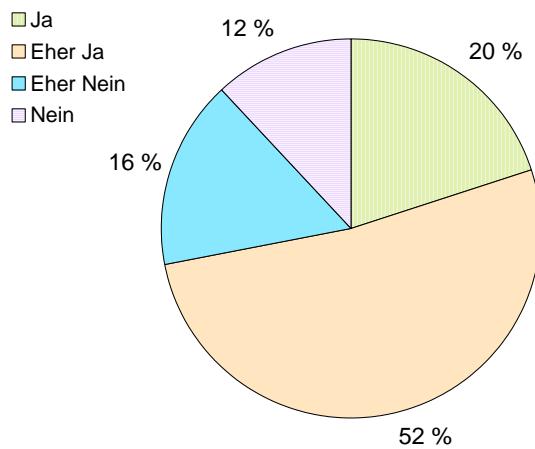


Diagramm 2: Selbsteinschätzung der Lernenden über gesteigertes Interesse am Klimawandel

72 % der Schüler/innen geben ein gesteigertes Interesse nach Behandlung des Themas im Unterricht an: 20 % (das entspricht fünf Jugendlichen, davon vier Schüler und eine Schülerin) beantworten die Frage mit „Ja“, 52 % (13 Jugendliche, acht männlich und fünf weiblich) mit „Eher Ja“. 16 % der Jugendlichen, was vier Schülern entspricht (zwei Schülerinnen und zwei Schüler), interessieren sich nach Lehrerinstruktion nicht sonderlich mehr für den Klimawandel („Eher Nein“). 12 % (drei Schüler) geben die Antwort „Nein“ ab. Insgesamt kann das Ergebnis als durchaus positiv betrachtet werden.

Frage 2) Wirst du dich in Zukunft mit diesem Thema mehr beschäftigen als bisher?

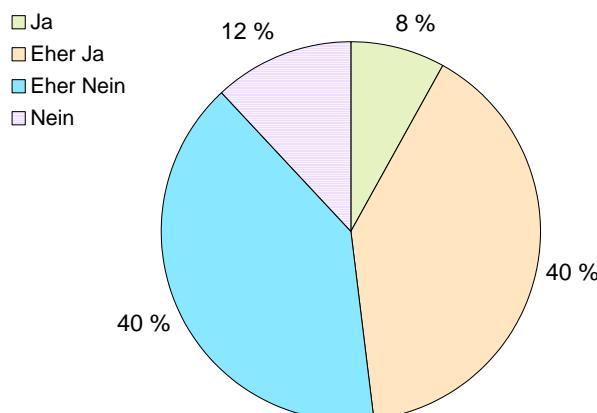


Diagramm 3: Meinung der Lernenden über die zukünftige Beschäftigung mit dem Klimawandel

Obwohl der Großteil der Schüler/innen Frage 1 zufolge mehr Interesse in Bezug auf den Klimawandel entwickelt hat, so hält sich die Anzahl derjenigen Schüler/innen die angeben, sich in Zukunft mehr mit dem Thema zu beschäftigen, mit denjenigen, die das nicht planen, die Waage.

40 % (zehn Jugendliche: sechs Schüler und vier Schülerinnen) geben an, sich in Zukunft „Eher mehr“ mit dem Thema zu beschäftigen. Ebenso viele behaupten, dass sie das eher nicht tun werden (mit derselben Anzahl und derselben Geschlechterverteilung). 8 % der Jugendlichen (zwei Schüler) teilen mit, sich in Zukunft mehr mit dem Thema beschäftigen werden, 12 % (drei Schüler) sagen „Nein“ dazu.

Frage 3) Hast du das Gefühl in den letzten 2 Wochen über den Klimawandel einiges gelernt und auch wirklich verstanden zu haben?

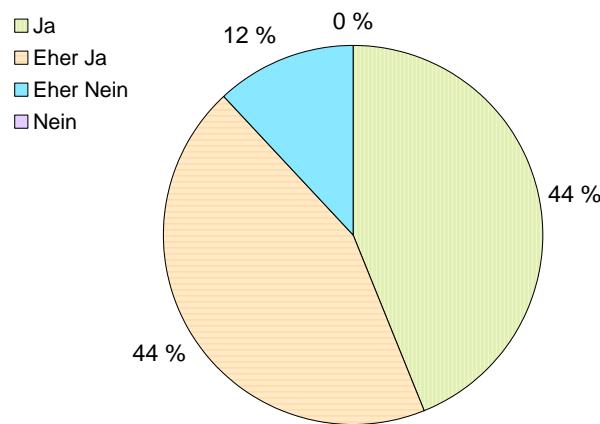


Diagramm 4: Selbsteinschätzung der Lernenden über erworbenes Wissen zum Klimawandel

Jeweils 44 % (je sieben männliche und vier weibliche Jugendliche) der Schüler/innen geben auf die Frage, ob sie im Zuge des Unterrichts über den Klimawandel einiges gelernt und auch wirklich verstanden haben, die Antwort „Ja“ bzw. „Eher Ja“. 12 % (drei Schüler) meinen dazu „Eher Nein“. Die Frage ist nicht besonders geglückt, da man nicht genau weiß, auf welchen Teil der Fragenstellung sich das „Eher Nein“ bezieht. Trotzdem gibt es keine/n Schüler/in, die/der der Meinung ist, nichts gelernt bzw. verstanden zu haben.

Frage 4) Glaubst du, dass du nun imstande wärst, mit anderen kritisch über dieses Thema zu diskutieren?

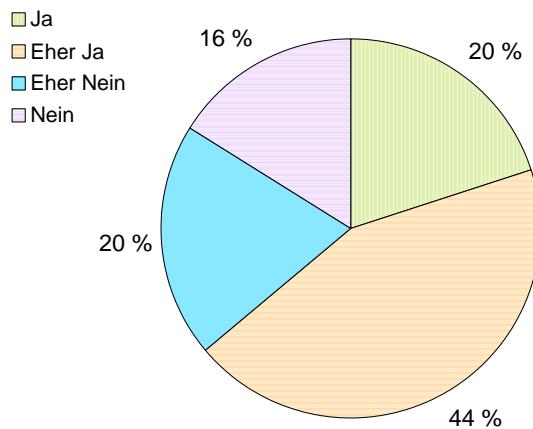


Diagramm 5: Selbsteinschätzung der Lernenden im Hinblick auf die eigene Diskussionsfähigkeit

20 % der Schüler/innen (zwei weibliche und drei männliche Lernende) sind der Meinung, dass sie nach dem zweiwöchigen Unterrichtsblock imstande sind, mit anderen kritisch über den Klimawandel zu diskutieren. Dass sie das „eher“ können, geben 44 % an (sechs Schülerinnen und fünf Schüler). Fünf männliche Jugendliche (20 %) beantworten diese Frage mit „Eher Nein“, vier (16 %) mit „Nein“.

Frage 5) Ist deiner Meinung nach zu viel „Stoff“ in den letzten sechs Unterrichtseinheiten durchgenommen worden?

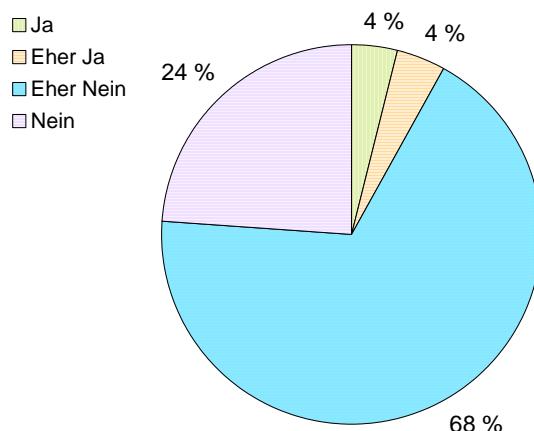


Diagramm 6: Schülereinschätzung bezüglich der Menge der durchgenommenen Fachinhalte

Der Großteil der Jugendlichen ist nicht der Meinung, dass zu viel „Stoff“ in den letzten sechs Unterrichtseinheiten durchgenommen worden ist: 24 % sagen „Nein“ (sechs Schüler), 68 % Prozent „Eher Nein“ (17 Schüler/innen, davon neun Schüler und acht Schülerinnen). Zu viel durchgenommen wurde laut Ergebnis für 8 % (davon sagten 4 % „Ja“ und 4 % Eher Ja“ – was jeweils einer Schülerantwort entspricht).

**Frage 6) Hättest du über das eine oder andere Thema gerne mehr erfahren?
Wenn ja, gib bitte an, um welches es sich handelt.**

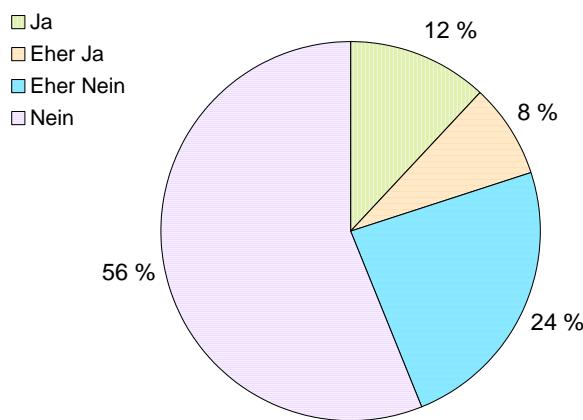


Diagramm 7: Angaben der Lernenden über zu kurz thematisierte Fachinhalte

Mehr als die Hälfte, nämlich 56 % (elf Schüler und drei Schülerinnen) kreuzen die Antwortkategorie „Nein“ an. Weitere 24 % (drei weibliche und drei männliche Lernende) beantworten die Frage mit „Eher Nein“. Ein Schüler hätte gerne etwas mehr erfahren. Diejenigen (zwei Schülerinnen und ein Schüler), die „Ja“ (12 %) angekreuzt haben, notieren folgendes:

Schülerin: „Wie man auf die Ursache des Klimawandels kommt, wie man das erforscht und was die Meteorologen davon halten.“

Schülerin: „Warum man früher nichts dagegen unternommen hat“

Schüler: „Thema: Reiche Leute in Hollywood verbrauchen zu viel!“

Frage 7) Hat deiner Meinung nach ein Aspekt in Bezug auf den Klimawandel gefehlt, worüber du gerne Bescheid gewusst hättest? Wenn ja, welcher?

Die Schüler/innen beantworteten die Frage entweder mit „Nein“ oder schrieben gar nichts auf die freien Zeilen. An diesem Beispiel ist leicht zu erkennen, weshalb sich offene Fragen oft als problematisch erweisen – Befragten ist es oft zu lästig, offene

Fragen zu beantworten. Daraus ergeben sich häufig Antwortverweigerungen. In dem Fall kann es aber auch daran liegen, dass die Schülerinnen und Schüler aufgrund fehlender Erfahrung und/oder fehlender Kenntnisse wirklich nichts vermisst haben.

Frage 8) Welche Methode hat dich persönlich am meisten angesprochen?

Diese Frage war nicht verständlich formuliert, da einige Schüler/innen hinsichtlich der Bedeutung des Begriffs „Methode“ nachfragten. Obwohl der Begriff daraufhin laut erklärt wurde, stehen bei dieser Frage teilweise seltsame Antworten.

Es wurde bewusst darauf verzichtet, die angewendeten Methoden aufzulisten, da ich wissen wollte, welche Methode den Jugendlichen (am meisten) in Erinnerung geblieben ist. Folgende Methoden wurden mit absteigender Anzahl an Nennungen von den Schülern/innen aufgezählt:

- Computerrecherche
- Laufdiktat
- Stationenbetrieb
- Zeitungsartikel

Die Computerrecherche wurde am häufigsten genannt. Die Schüler/innen teilten mir nach der Internetrecherche der zweiten Unterrichtseinheit bereits mit, dass sie es schade finden, nicht öfters in der Schule die Gelegenheit zu erhalten, am Computer zu arbeiten. Eine Schülerin, die den Stationenbetrieb nannte, begründet ihre Entscheidung so:

„Stationenbetrieb, weil man da lernt schnell und präzise zu arbeiten und weil es Spaß macht nicht die ganze Zeit dasselbe zu machen.“

Frage 9) Denkst du über den Klimawandel nun anders als vor dem Unterrichtsblock? Begründe bitte deine Antwort!

40 % der Schüler/innen (sechs Schüler und vier Schülerinnen) geben an, dass sie nach der Lehrerinstruktion über den Klimawandel nicht anders denken als zuvor. Folgende Begründungen werden unter anderem dazu angeführt:

Schüler: „*Nein, weil ich noch immer nicht alles weiß.*“

Schüler: „*Nein, weil ich alleine nicht wirklich etwas bewirken kann.*“

Schüler: „*Nicht wirklich. Ich war vorher schon aufgeklärt.*“

Acht Schüler und drei Schülerinnen (44 %) meinen, dass sie nach dem zweiwöchigen Unterrichtsblock über den Klimawandel anders denken würden. Einige Erklärungen, die schriftlich vermerkt sind:

Schüler: „Wenn man mehr weiß ist man kritischer.“

Schülerin: „Ja, ich passe zu Hause mehr auf, damit keine unnötige Lampe offen bleibt und so...“

Schüler: „Ja, weil ich es jetzt verstehe.“

Schüler: „Ja, weil ich mehr darüber weiß.“

Schüler: „Ja, weil ich jetzt weiß was auf der Erde abgeht.“

Eine Schülerin (4 %) konnte sich nicht zwischen „Ja“ und „Nein“ entscheiden. Drei Schüler (12 %) gaben diesbezüglich keinen Kommentar ab.

5.5 Posttest

Die Schüler/innen erhalten beim Posttest den selbst gestalteten Brief sowie den angekreuzten Fragebogen zur selbstständigen Überarbeitung.

Hinter der Frage nach der Effektivität eines Forschungsprozesses steckt letztlich auch die Frage nach einer Veränderung oder Entwicklung. Ein Pre-Post-Test-Design gestattet, Aussagen darüber machen zu können.

5.5.1 Durchführung

Der Posttest wurde am 20. Mai 2010 durchgeführt. Zuallererst erklärte ich den Schüler/innen, weshalb ich wieder hier bin, das heißt, den Nutzen eines Pre-Post-Test-Designs für meine Studie.

Sowohl der Brief als auch der Fragebogen wurde von jedem/r Schüler/in zusammengeheftet (Zuordnung anhand des Codes). Frau Mag. Decker schrieb den Code zur Erinnerung nochmals an die Tafel. Der anschließende Auftrag meinerseits lautete folgend:

- Zuerst soll sich jeder Lernende seine Unterlagen vom Lehrertisch holen.
- Diejenigen Sätze/Stellen/ Antworten/etc., die sie nicht mehr für richtig halten bzw. ändern möchten, sollen so korrigiert werden, dass beide Versionen gut lesbar sind. Dazu wird ein Rot- bzw. Buntstift verwendet.
- Mit der Bearbeitung des Briefes beginnen.
- Das Geschlechtssymbol oben rechts hinschreiben und danach den Brief und den Fragebogen wieder zusammenheften und abgeben (Die Idee der teilweise geschlechtsspezifischen Datenanalyse entstand erst im Laufe der Zeit, weshalb diese Information nachträglich eingeholt wurde).

Frau Mag. Decker forderte die Schüler/innen noch einmal dazu auf, den Posttest nach bestem Wissen und Gewissen durchzuführen. Für die Durchführung des Posttests wurde gab es kein Zeitlimit. Im Prinzip stand die gesamte Unterrichtseinheit zur Verfügung. Nachdem sich jede/r seine/ihrer Unterlagen geholt hatte, wurde zu arbeiten begonnen. Frau Mag. Decker und ich gingen in der Zwischenzeit durch die Bankreihen und beantworteten die eine oder andere Frage.

Die Schüler/innen benötigen insgesamt etwa 15-20 Minuten, danach wurde zügig zum "normalen" Chemieunterricht übergegangen. An diesem Tag waren 25 Jugendliche (7 Mädchen und 18 Burschen) anwesend; zwei fehlten, die den Pretest gemacht hatten; die Schülerin, die den Pretest nicht gemacht hatte, war ebenso abwesend.

5.5.2 Analyse der Schülerbriefe

Wie im Voraus befürchtet, haben die Schüler/innen an ihren Briefen kaum etwas geändert, und wenn, dann hauptsächlich Rechtschreibfehler. Ein Grund dafür könnte an der Bequemlichkeit liegen, sich den eigenen Aufsatz noch einmal durchzulesen. Die Überarbeitung des Briefes hätte nämlich bedeutet, sich mit den eigenen Vorstellungen auseinanderzusetzen, wofür eine gewisse Konzentration vonnöten ist und Zeit in Anspruch nimmt. Die wenigen Änderungen, die durchgeführt wurden, sollen an dieser Stelle dennoch präsentiert werden.

- Ein Schüler verbessert folgend:

„Da die Menschen mit Autos, Fabriken etc. zu viel CO₂ und andere schädliche Gase ausstoßen erwärmt sich die Erde immer weiter, ~~weil die Sonnenstrahlen durch die Gase in der Atmosphäre nicht mehr reflektiert werden können.~~“

Stattdessen schreibt er:

„...weil die Sonnenstrahlen zwar in die Atmosphäre kommen, aber nicht mehr raus. Sie werden zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre reflektiert.“

Ergänzt wurde hierbei der Eintritt der Sonnenstrahlen. Allerdings wird nicht auf die Änderung der Strahlen und die Absorption am Erdboden eingegangen. Abgesehen davon ergänzt er, dass jede/r Einzelne mehr inländische Produkte kaufen sollte.

- Eine Schülerin fügt ihrem Aufsatz bei:

„Es gibt natürliche Treibhausgase, das heißt, das ohne Eingreifen des Menschen der Treibhauseffekt da war. Das ist auch gut so, sonst wäre es zu kalt auf der Erde. Der Mensch hat mit seinen Erfindungen diesen Effekt aber verstärkt. Denn durch die vielen Abgase wird mehr und mehr CO₂ in die Luft gestoßen und die Treibhausgase nehmen zu. Das wirkt sich wiederum schlecht auf die Erde aus da es zu warm wird.“

An diesem Beispiel erkennt man, dass die Schülerin über die Existenz eines natürlichen Treibhauseffekts Bescheid weiß.

- Ein Schüler schrieb zuerst:

„Ich weiß nicht was ein Klimawandel ist. Ich habe damit nichts zu tun. Ich weiß auch nicht wer dazu beiträgt. Dieses Thema betrifft mich überhaupt nicht und es interessiert mich auch nicht. Ich denke nicht einmal daran etwas dafür zu tun [...]“

Stattdessen gibt er dann eine kurze Erklärung, was darunter zu verstehen ist.

- Ein Schüler wechselt anscheinend von einem Präkonzept zum Anderen:

„Die Sonne ist wahrscheinlich zu stark geworden oder zu nah an der Erde.“

Er streicht diesen Satz und schreibt darüber:

„Die Ozonschicht ist jetzt wahrscheinlich schon Schweizer Käse.“

5.5.3 Ergebnis der Fragebögen

Am Tag, an dem der Posttest durchgeführt wurde, waren 25 Schüler/innen anwesend. Um Pre- und Posttest leichter vergleichen zu können, werden die 25 Lernenden als 100 % berechnet. In der nachstehenden Tabelle sind die Ergebnisse des Posttests sowohl prozentuell als auch als Absolutwert dargestellt. Die Werte beziehen sich auf die Anzahl der Nennungen in der jeweiligen Antwortkategorie. Die fett gedruckten Zahlen entsprechen den richtig beantworteten Items (bei Unklarheiten siehe S. 94). Nicht eindeutige Ergebnisse wie z.B. durch doppeltes Ankreuzen, wurden nicht gewertet.

Bei der Überarbeitung der Fragebögen änderten die Lernenden, im Gegensatz zum Brief, einiges, was man im Laufe der Präsentation der Ergebnisse auf den nächsten Seiten feststellen kann.

Im Anschluss daran, sollen weitere graphische Darstellungen, speziell Gegenüberstellungen von Pre- und Posttest, der besseren Anschaulichkeit dienen.

Item	Richtig		Falsch		Weiß ich nicht		Verstehe ich nicht	
	Anteil	Absolut	Anteil	Absolut	Anteil	Absolut	Anteil	Absolut
1	0 %	0	100 %	25	0 %	0	0 %	0
2	36 %	9	52 %	13	12 %	3	0 %	0
3	36 %	9	60 %	15	4 %	1	0 %	0
4	68 %	17	32 %	8	0 %	1	0 %	0
5	76 %	19	20 %	5	4 %	1	0 %	0
6	44 %	11	28 %	7	20 %	5	8 %	2
7	12 %	3	68 %	17	16 %	4	0 %	0
8	88 %	22	4 %	1	4 %	1	4 %	1
9	20%	5	60 %	15	12 %	3	18%	2
10	52 %	13	44 %	11	4 %	1	0 %	0
11	28 %	7	40 %	10	32 %	8	0 %	0
12	16 %	4	56 %	14	28 %	7	0 %	0
13	24 %	6	68 %	17	8 %	2	0 %	0
14	76 %	19	12 %	3	8 %	2	4 %	1
15	60 %	15	20 %	5	16 %	4	4 %	1

Tabelle 10: Tabellarischer Überblick der gewählten Antwortkategorien beim Posttest

In der nachstehenden Abbildung (Diagramm 8) handelt es sich bei der Kategorie „Richtig“ ausschließlich um die richtig beantworteten Items (anders als in Tabelle 10). Dasselbe gilt für die Antwortkategorie „Falsch“.

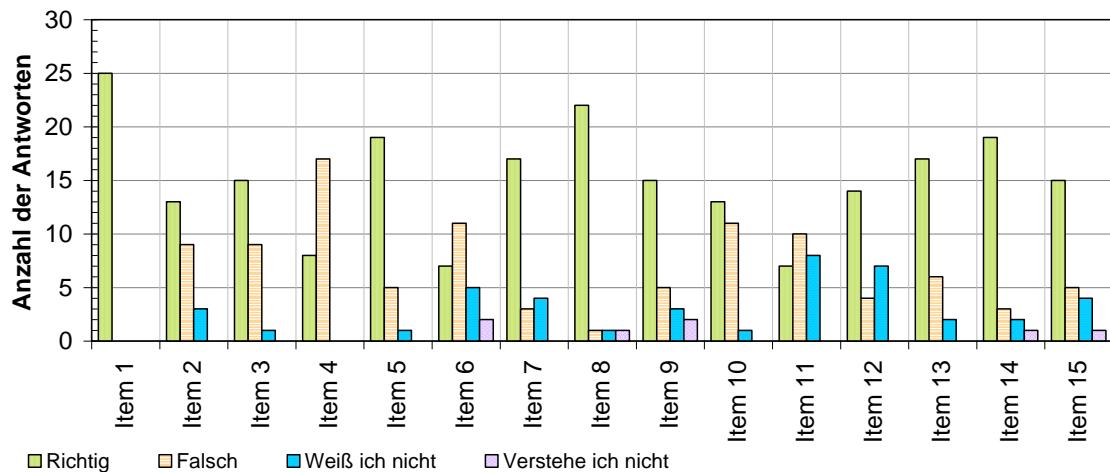


Diagramm 8: Verteilung [Absolutwerte] der Antwortkategorien beim Posttest

Interpretation der wichtigsten Ergebnisse

Ein sehr gutes Ergebnis wird bei Item 1 erzielt: Alle bestätigen nach dem Unterrichtsblock richtigerweise die Aussage, dass die Begriffe Wetter und Klima nicht dasselbe bedeuten. Beim Pretest gaben 81,5 % die richtige Antwort. Das bedeutet eine Steigerung an richtigen Antworten um 18,5 %. Der Unterschied zwischen den Begriffen Klima und Wetter war im Zuge des Laufdiktats in der ersten Unterrichtseinheit unter anderem ein Thema und wurde besonders hervorgehoben (siehe 1. Unterrichtseinheit auf der Seite 106).

Die größte prozentuale Zunahme an richtigen Antworten wird bei Item 5 erreicht. Wissen beim Pretest 40,7 %, dass die Verdauungsgase von Tieren zur globalen Erderwärmung beitragen, so geben 76 % beim Posttest die richtige Antwort. Das entspricht einem Plus von 35,3 %. Dieser Aspekt wurde ebenso in der ersten Unterrichtseinheit, beim Laufdiktat, besprochen und wurde von den Schülerinnen und Schüler als besonders lustig empfunden. An diesem Beispiel lässt sich schön erkennen, welchen Einfluss emotionale Faktoren auf den Lernerfolg haben können.

Ein großer Zugewinn (+ 28 %) wird auch bei Item 11 verzeichnet. Während beim Pretest kein/e einzige/r Schüler/in glaubt, dass es ohne den Treibhauseffekt weder Tiere noch Menschen auf der Erde gäbe, so sind es beim Posttest 28 %. Dieser Aspekt wurde in mehreren Unterrichtseinheiten thematisiert und bei Möglichkeit immer wieder

eingebaut. Der Schwerpunkt lag dabei vor allem in der Unterscheidung zwischen den Bedeutungen „natürlicher Treibhauseffekt“ und „Verstärkung des Treibhauseffekts“. Es wurde meinerseits stets auf die diesbezüglich sprachliche Korrektheit geachtet.

Der Zugewinn an richtigen Antworten ist bei Item 6 („Die Löcher in der Ozonschicht werden durch die globale Erderwärmung verursacht.“) durchschnittlich (+ 13,2 %). Verneinen beim Pretest 14,8 % der Jugendlichen diese Aussage, sind es 28 % beim Posttest. Im Unterricht wurde besonders dieses Thema ausführlich behandelt und sobald sich die Gelegenheit bot, wurde aufs Neue darauf verwiesen. Die Phänomene Ozonloch und globale Erderwärmung wurden klar voneinander getrennt, ihre Unterschiede hervorgehoben und anhand von Handouts wurde das „Ozonlochmodell“ als Präkonzept thematisiert. Dennoch stellte sich der erhoffte Erfolg bei diesem Item nicht ganz ein.

Eine ähnliche Situation stellt sich bei Item 10 („Die globale Erderwärmung ist zum Teil ein natürliches Ereignis.“) dar. Der prozentuale Zugewinn befindet sich im mittleren Bereich (+ 11,3 %): Beim Pretest bestätigen 40,7 % die Aussage, danach 52 %.

Item 8 ist das einzige Item, bei dem im Nachhinein weniger richtige Antworten gegeben werden. Während 88 % der Schülerinnen und Schüler nach der Lehrerintervention richtigerweise bestätigen, dass der Meeresspiegel steigen wird, in dem das Eis z.B. auf der Antarktis schmilzt, so sind es davor 92,6 %. In Anbetracht der geringen Anzahl an Untersuchten, handelt es sich bei dieser prozentualen Differenz um eine einzige Schülerantwort. Insofern kann von keiner bedeutsamen Verschlechterung gesprochen werden.

Durch den Vergleich der Prozentangaben der richtig beantworteten Items des Pre- und Posttests ergibt sich folgendes Gesamtbild:

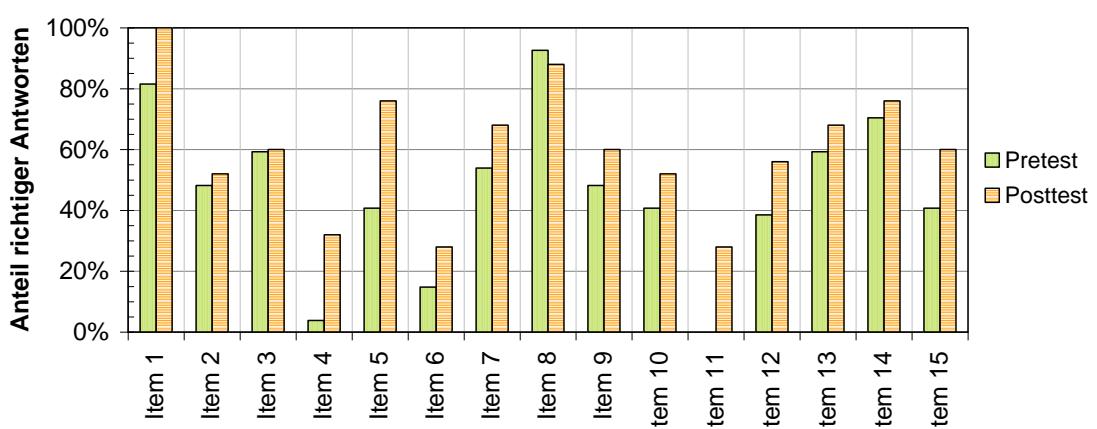


Diagramm 9: Vergleich in [%] der richtig beantworteten Items bei Pre- und Posttest

Abgesehen von Item 8, kann bei allen Items ein Zugewinn an richtigen Antworten festgestellt werden. Bei drei Items (4, 5 und 11) wird ein großer Zugewinn an richtig gegebenen Antworten verzeichnet, nämlich im Bereich von 20 - 35 %. Bei insgesamt sieben Items kommt es zu einer Steigerung an richtigen Antworten im Bereich von 10 - 20 %, bei anderen vier Items im Bereich von 0,7 - 9 %. Bei Item 8 wird der Rückgang einer richtigen Antwort registriert.

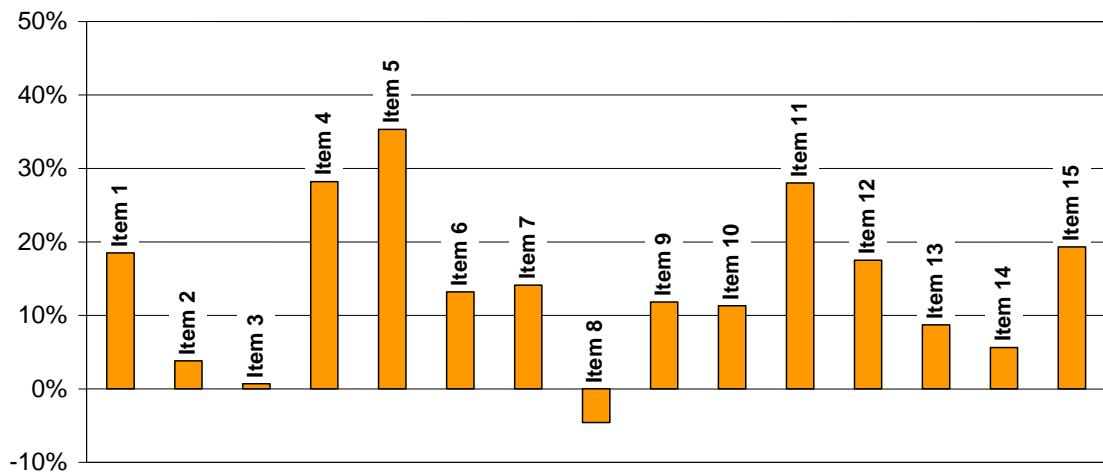


Diagramm 10: Differenz in [%] der richtig beantworteten Items bei Pre- und Posttest

Betrachtet man die Anzahl der richtig gegebenen Antworten der Jugendlichen in Item-Kategorien, so ergibt sich die unten dargestellte Graphik. Damit ist gemeint, wie viele Schüler/innen 0-5, 6-8, 9-11, und 12-15 Items richtig beantworten. Zusätzlich wird ein Vorher-Nachher-Vergleich hergestellt.

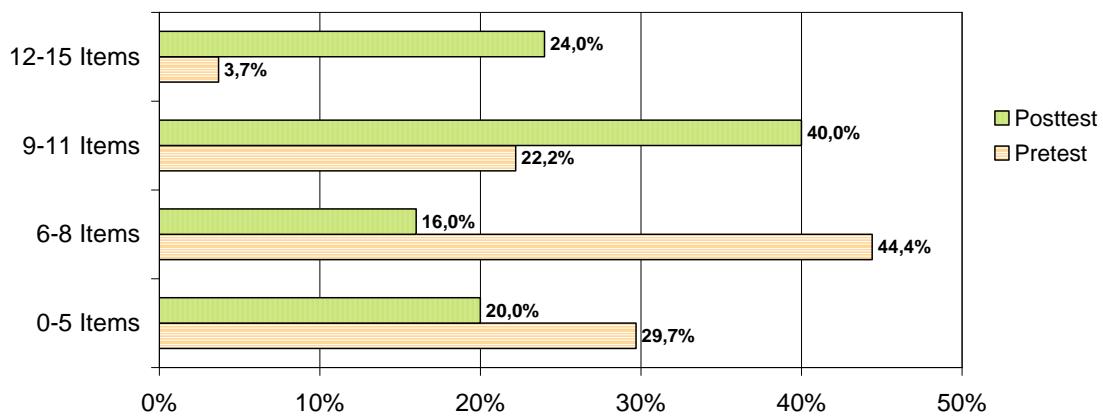


Diagramm 11: Vergleich in [%] der richtig beantworteten Items bei Pre- und Posttest in vier Kategorien

Beim Pretest beantwortet beinahe die Hälfte der Lernenden (44,4 %) zwischen 6-8 Items richtig. Zwischen 0-5 richtigen Antworten erreichen 29,7 % der Jugendlichen, bei der Kategorie 9-11 sind es 22,2 %. Eine Minderheit der Klasse, nämlich 3,7 % beantwortet zwischen 12-15 Items richtig.

Im Gegensatz dazu, verschiebt sich beim Posttest die Reihenfolge der Kategorien. 40 % der Schüler/innen beantworten zwischen 9-11 Items richtig. Annähernd ein Viertel der Klasse (24 %) erzielt 12-15 richtige Antworten, was einem Plus, im Vergleich zum Pretest, von 20,3 % entspricht. 20 % beantworten zwischen 0-5 Items richtig. Die Kategorie 6-9 Items, der beim Pretest am meisten Jugendliche angehören, schrumpft danach auf 16 %.

Anhand dieser Abbildung lassen sich Tendenzen erkennen: Die größten Veränderungen treten bei denjenigen Schüler/innen ein, die beim Pretest zwischen 6-8 Items richtig beantworten. Viele von ihnen verbessern die Anzahl der richtigen Antworten und verteilen sich somit auf eine der anderen beiden Kategorien (9-11 oder 12-15 Items). So kann die Kategorie 12-15 den größten prozentualen Zugewinn verbuchen. Der Unterschied der richtig beantworteten Items zwischen Pre- und Posttest war bei der Kategorie 0-5 Items am geringsten. Ganz allgemein kann gesagt werden, dass diejenigen Jugendlichen, die sich beim Pretest in der Kategorie 0-5 richtige Items befinden, im Großen und Ganzen dieselben sind wie danach. Allerdings stechen zwei Schüler dieser Kategorie besonders hervor, die sich deutlich steigern, worauf an einer anderen Stelle eingegangen wird. Die Gründe, weshalb speziell die Schüler/innen der Kategorie 0-5 richtige Items vor und nach der Lehrerintervention auf derselben Ebene bleiben, wird im Rahmen dieser Untersuchung nicht näher erforscht, wäre aber durchaus interessant. Im Speziellen handelt es sich dabei um fünf Jugendliche (drei weibliche und zwei männliche). Betrachtet man die Schülerbriefe dieser, so kann festgestellt werden, dass die Aufsätze von zwei der Mädchen und einem der Jungs (er schreibt lediglich vier kurze Sätze) sehr schwach sind. Die anderen beiden Briefe können als mittelmäßig angesehen werden. Zwei dieser Fünf Lernenden beantworten beim Posttest kein zusätzliches Item richtig.

Folgende tabellarische Auflistung soll verdeutlichen, was das oben Beschriebene für den/die Einzelne/n bedeutet:

Verhältnis an richtig beantworteten Items [Pre- & Posttest]	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6
Schüler/innen [Anzahl]	1	3	7	4	2	6	1	1

Tabelle 11: Verhältnis an richtig beantworteten Items in Zahlen von Pre- und Posttest der Schüler/innen

Ein einziger Schüler verschlechtert sich beim Vergleich Pre- und Posttest um ein Item. Zwei Schüler und eine Schülerin verzeichnen weder eine Verbesserung noch eine Verschlechterung. Der höchste Anteil der Schüler/innen, genauer gesagt sieben (davon sind fünf männlich und zwei weiblich), weiß beim Posttest ein Item mehr, als beim Pretest. Um zwei bzw. drei richtige Items können sich vier (drei Schüler und eine Schülerin) bzw. zwei verbessern. Ein weiterer hoher Anteil (vier Schüler und zwei Schülerinnen) weiß 4 Items mehr als einige Wochen zuvor. Schließlich kann sich jeweils ein Schüler um 5 bzw. 6 richtige Antwort steigern.

Eine tolle Steigerung erreichen zwei Schüler, die sich beim Pretest in der Kategorie 0-5 richtige Items befinden: Ein Schüler, steigert sich von 5 auf 11 richtige Antworten (+ 6 Antworten). Dabei ist anzumerken, dass der Brief den dieser beim Pretest verfasst hat, destruktiv ist (die Leitfragen am Briefformat werden abgeschrieben und eventuell kurz kommentiert). Beim Posttest aber bemüht sich dieser Jugendliche augenscheinlich. Er streicht viele seiner Sätze durch und schreibt stattdessen einen ganzen Absatz neu. Ein anderer Schüler schafft einen Sprung von 4 auf 9 richtige Antworten (+ 5 richtige Antworten). Dieser Jugendliche hat einen sehr guten Brief verfasst: Er geht auf die einzelnen Leitfragen näher ein, hat sich viele Gedanken gemacht und auch versucht das Phänomen des natürlichen Treibhauseffekts fachlich zu beschreiben (allerdings verwendet er als Erklärung die Ozonschicht).

Das Minimum an richtig beantworteten Items liegt beim Pretest bei zwei, beim Posttest bei drei.

Derjenige Schüler, mit den meisten richtigen Antworten beim Pretest, kommt auf 12. Dieser erreicht beim Posttest mit einem weiteren Mitschüler und einer Mitschülerin die maximal erreichte richtige Antwortanzahl 13. Der zuerst genannte Schüler und die

Schülerin verfassen die besten Aufsätze dieser Klasse, da sie fachlich gesehen besser informiert scheinen als ihre Mitschüler/innen und ihren Briefen kritische Gedankengänge beifügen. Die beiden sind die einzigen in der Klasse, die den Klimawandel als Zusammenspiel von natürlichem und menschlichem Einfluss erwähnen, dem Zweiteren aber mehr Auswirkungen zuschreiben. Die Schülerin bemüht sich überdies eine fachwissenschaftliche Erklärung hinsichtlich des Konzepts des anthropogenen Treibhauseffekts anzuführen, was ihr zunächst (beim Pretest) nicht ganz gelingt, beim Posttest aber schon (vgl. „Analyse der Schülerbriefe“ auf der Seite 129).

6 INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Im folgenden Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse zur Untersuchung „Schülervorstellungen zum Klimawandel“ zusammenfassend dargestellt und interpretiert.

Da die Schüler/innen beim Posttest kaum etwas an den selbst verfassten Briefen änderten, liefert ein Vorher-Nachher-Vergleich, der ein wesentlicher Aspekt dieser Untersuchung sein sollte, diesbezüglich keine brauchbaren Ergebnisse. Aufgrund dessen wird der Schwerpunkt im Laufe dieses Kapitels auf der Interpretation der Ergebnisse der Fragebögen liegen. Das soll jedoch nicht bedeuten, dass die Schülerbriefe keine interessanten Resultate lieferten. Sie wurden ebenso zur Konzeption der Unterrichtsstunden herangezogen. Darüber hinaus werden in diesem Rahmen auch die Ergebnisse des Feedbackbogens abrundend dargestellt.

Betrachtet man die Ergebnisse der Fragebögen nach der Lehrerintervention, so stechen im Besonderen zwei Items hervor, nämlich Item 6 („Die Löcher in der Ozonschicht werden durch die globale Erderwärmung verursacht.“) und 11 („Gäbe es den Treibhauseffekt nicht, würde es keine Tiere und Menschen auf der Erde geben.“). Bei diesen beiden werden beim Posttest mit 28 % die niedrigsten Prozentwerte (berechnet anhand der richtig beantworteten Fragen) aller Items erreicht. Die höchsten Werte hingegen erreichen sie in der Kategorie „Weiß ich nicht“. Das ist insofern überraschend, als beim Unterrichten speziell auf diese beiden Sachverhalte intensiv und mehrmals eingegangen wurde. Mithilfe eines Handouts („Der globale Treibhauseffekt als Strahlungsfalle“) wurde beabsichtigt bzw. versucht, bei den Lernenden einen kognitiven Konflikt auszulösen. Auf diesem Handout sind mehrere anschauliche Bilder dargestellt, die explizit die Problematik der Vermischung der beiden Konzepte „Ozonloch“ und „Treibhauseffekt“ ansprechen. Jedoch stellte sich der erhoffte Erfolg nicht ganz ein.

Betrachtet man das Ergebnis auf eine andere Weise, so kann festgestellt werden, dass sich bei den eben genannten Items gute Zugewinne an richtigen Antworten einstellen, vergleicht man Pre- und Posttest. Weiß beim Pretest kein/e einzige/r Schüler/in, dass der Treibhauseffekt für Menschen und Tiere auf der Erde lebensnotwendig ist, so ist es im Nachhinein ein Drittel. Der Zugewinn betreffend Item 6 ist dagegen durchschnittlich: Verneinen beim Pretest 14,8 % die Aussage, dass die Löcher in der Ozonschicht aufgrund der globalen Erderwärmung entstehen, ist es beim Posttest ebenso ein Drittel.

Mit Sicherheit kann gesagt werden, dass es sich speziell bei diesen beiden Items um hartnäckige Schülervorstellungen handelt. Es braucht vonseiten der Lehrkraft sehr viel Überzeugungskraft, die Jugendlichen zu veranlassen, ihr vorunterrichtliches Wissen zu überdenken.

Meiner Meinung nach spielen die sprachlichen Aspekte dabei eine bedeutende Rolle. Die Begriffe Treibhauseffekt und Kohlenstoffdioxid erfahren im Alltag größtenteils negative Konnotationen, obwohl ein Leben ohne diese unvorstellbar wäre. In den Medien heutzutage ist ständig von Kohlenstoffdioxid-Reduktion die Rede, oder von Autos mit geringem Kohlenstoffdioxid - Ausstoß etc. Für viele Jugendliche führt das zur Schlussfolgerung: „Kohlenstoffdioxid = schädlich“. Ähnlich mag es sich wohl mit dem Begriff des Treibhauseffekts verhalten.

Der Begriff Treibhauseffekt beruht auf der Vorstellung, dass die Atmosphäre aufgrund ihres Wärmespeicherverhaltens analog zu einem Treibhaus (auch Glas- oder Gewächshaus) funktioniert. Analogien, wie in diesem Fall, spielen eine große Rolle bei der Konstruktion von Wissen, sei es für die Entwicklung von wissenschaftlichem Wissen oder für das Verständnis von Sachverhalten des Alltags, mit denen man nicht vertraut ist (vgl. Reinfried et al. 2008, S. 24). Unter einer Analogie versteht man die Beziehung zwischen zwei Bereichen, dem Basisbereich (bekannt) und dem Zielbereich (unbekannt). Im engeren Sinn sind damit Übereinstimmungen von Teilen der beiden Bereiche gemeint. Analogien können sich als sehr hilfreich herausstellen, aber manchmal auch in die Irre führen (vgl. Häußler et al. 1998, S. 205). Der Begriff Treibhauseffekt steht für die Erwärmung der Erde aufgrund der Wechselwirkung zwischen Treibhausgasen und der elektromagnetischen Strahlung der Sonne. Bei der Treibhaus-Analogie wird der Prozess damit verglichen, dass auch hinter Glasscheiben die Temperaturen ansteigen, solange die Sonne darauf scheint. Die Atmosphäre hat demzufolge dieselbe Wirkung wie die Glasscheiben eines Glashauses: sie hält Wärme zurück, die ins Weltall entweicht. Diese Erklärung stellt allerdings eine drastische Vereinfachung des wissenschaftlichen Konzeptes dar. Wesentliche physikalische Prozesse, wie zum Beispiel die Konvektion, spielen bei der Treibhaus -Analogie keine Rolle (vgl. Reinfried et al. 2008, S. 24).

Die geschilderte Problematik, dass Ozonloch und Treibhauseffekt zwei Konzepte sind, die häufig miteinander vertauscht werden, ist auch das Ergebnis vieler internationaler Studien. Aufgrund dieser Verwechslung, wird vonseiten der Schülerinnen und Schüler in weiterer Folge oft vermutet, dass Hautkrebs durch die globale Erderwärmung verursacht wird. In der Studie von Taber und Taylor (2009, S. 101) bestätigen 30 % der 11-12-Jährigen diese Aussage. Im Zuge der vorliegenden Untersuchung kreuzen beim

Pretest 59,3 % der Schülerinnen und Schüler bei Item 7 („Hautkrebs kann durch die globale Erderwärmung verursacht werden.“) „Falsch“ an, beim Posttest 68 %. Im Vergleich zur australischen Studie ist dieses Ergebnis sehr gut. Interessant ist hierbei, dass ein Zugewinn an Prozent im mittleren Bereich (+ 8,7 %) verzeichnet werden kann, die Fachinhalte dieses Items aber in keiner Unterrichtseinheit erwähnt wurden.

Weitere Items, die im Zuge des sechsstündigen Unterrichtsblocks bei keiner Aktivität speziell behandelt wurden, sondern nur kurz erwähnt wurden, sind 2 und 3. Abgesehen von Item 8, das ein Minus an einer richtigen Antworten verzeichnet, haben die beiden am wenigsten prozentuale Zugewinne (3,8 und 0,7 %). Item 2 („Wenn wir unsere Gewässer sauber halten, hilft es, die globale Erderwärmung zu reduzieren.“) ist ein weiteres Indiz dafür, dass Jugendliche häufig dazu tendieren, verschiedene Umweltthemen als ein Ganzes zu betrachten. So sind es vor Lehrerintervention 48,2 % und danach 52 %, die diese Aussage richtigerweise dementieren. Item 3 („Wir können die globale Erderwärmung nur stoppen, indem wir die Wälder schützen und Bäume pflanzen.“) bewerten 59,3 % beim Pretest falsch, beim Posttest 60 %. Die Freisetzung von Kohlenstoffdioxid durch die Zerstörung der Wälder spielt eine große Bedeutung und stellt in einigen Ländern wie z.B. in Indonesien und Brasilien die größte Emissionsquelle dar, jedoch kann durch den alleinigen Schutz der Wälder die globale Erderwärmung nicht gestoppt werden (vgl. Schwarz et al. 2008, <http://www.germanwatch.org/klima/gkw08.pdf>, S. 13f.).

Die Aussage an sich, dass der Treibhauseffekt vom Weltall aus zu sehen ist (Item 12) wurde auch nicht direkt im Unterrichtsgeschehen eingebaut. Verneinen 38,5 % der Jugendlichen diese Aussage beim Pretest, sind es beim Posttest nur mehr 17,5 %.

Prozentuale Zugewinne im mittleren Bereich können bei Item 9 und 10 erreicht werden: Während zuerst 48,2 % der Jugendlichen die Aussage verneinen, dass ein Temperaturanstieg der durchschnittlichen Welttemperatur von 1°C zu gering ist, um irgendwelche Auswirkungen auf das Klima festzustellen (Item 9), sind es danach 60 %. Auffallend bei diesem Item ist der relativ hohe Prozentsatz bei den Kategorien „Weiß ich nicht“ und „Verstehe ich nicht“, sowohl beim Pre- als auch beim Posttest. Mitunter mag das auch an der längeren Satzkonstruktion des Aussagesatzes liegen. Um 11,3 % mehr richtige Antworten werden bei Item 10 („Die globale Erderwärmung ist zum Teil ein natürliches Ereignis.“) nach der Lehrerintervention erreicht. So stimmen beim Posttest 52 % dieser Aussage zu.

Des Weiteren kann festgestellt werden, dass speziell bei denjenigen Items (1 und 5), die in der ersten Unterrichtsstunde behandelt wurden, deutliche Verbesserungen erzielt

werden. Bei Item 1 („Die Begriffe „Wetter“ und „Klima“ bedeuten dasselbe.“) kreuzen alle Schüler/innen beim Posttest die Antwortkategorie „Falsch“ an. In den Schülerbriefen, in denen die Begriffe häufig synonyme Verwendung finden, wird beim Posttest diesbezüglich allerdings nichts geändert. Das zweitbeste Ergebnis wird bei Item 5 („Tiere, wie zum Beispiel Kühe, produzieren Gase die zur globalen Erderwärmung beitragen.“) mit 88 % richtigen Antworten erzielt. Item 13 („Kohlenstoffdioxid CO₂ findet man ausschließlich außerhalb der Erdatmosphäre.“) wird in der ersten Einheit indirekt erwähnt und verzeichnet eine Verbesserung von 59,3 % auf 68 % richtige Antworten.

Bei den Aussagen, bei denen eine Verbindung zwischen der globalen Erderwärmung und dem eigenen Handeln hergestellt wurden, werden folgende Ergebnisse erhalten: 70,4 % geben vor der Lehrerintervention an, dass es für die Umwelt besser ist heimische Produkte zu kaufen als von Übersee (Item 14). Um knapp sechs Prozent erhöht sich dieser Wert beim Posttest. Eine tolle Steigerung wird bei Item 15 („Es besteht eine Verbindung zwischen den Produkten, die ich kaufe, und dem Treibhauseffekt.“) verzeichnet. Beim Pretest meinen zirka 40 %, dass die Aussage richtig ist, während einige Wochen danach 60 % diese bestätigen. Im Hinblick auf die Erlangung von Bewertungs- und Handlungskompetenzen des/der Einzelnen, ist das Wissen diesbezüglich essentiell.

Es darf vermutet werden, dass eine größere Zahl von Schülerinnen und Schülern über alternative Vorstellungen verfügt, die auf Seiten der Ursachen bzw. der Folgen des anthropogenen Treibhauseffekts nicht differenziert genug sind, um sinnvolle Maßnahmen, z.B. Handlungsmöglichkeiten im eigenen Alltag ableiten zu können. Während beim Pretest 92,3 % der Jugendlichen der Meinung sind, dass Autoabgase die größten Verursacher der globalen Erderwärmung sind, sind es danach 68 % (Item 4). Obwohl der Verkehrssektor eine große Rolle spielt, vor allem deswegen, weil die Emissionen in diesem Sektor deutlich ansteigen, stimmt diese Aussage nicht.

Im Jahr 2004 war der Hauptfaktor des globalen Ausstoßes an Treibhausgasen der Sektor Energieversorgung mit zirka 25,9 % gefolgt vom Industriesektor mit 19,4 %. Die Industrie nutzt allerdings auch einen großen Teil des Stroms aus der Energieversorgung, weshalb eine eindeutige Abgrenzung nicht einfach ist. Danach folgen der Forstsektor (17,4 %) und die Landwirtschaft (13,5 %). Der Verkehrssektor mit 13,1 % zeichnet sich durch enorme Wachstumsraten aus, die vor allem auf den Anstieg im internationalen Schiffs- und Flugverkehr zurückzuführen sind. Von den gesamten anthropogenen Treibhausgasemissionen machte Kohlenstoffdioxid im Jahr 2004 mehr als 75 % aus. Der Großteil davon ist energiebedingt. Neben der

Verbrennung von fossilen Energieträgern, spielt die Freisetzung von Kohlenstoffdioxid aufgrund der Zerstörung von Wäldern eine große Rolle (vgl. IPCC 2007b, S. 27).

Die Schülerinnen und Schüler nennen in den Briefen eine Reihe von Verursachern des Kohlenstoffdioxid-Ausstoßes, allen voran die Autos, denen sie den größten Anteil der globalen Treibhausgasemissionen zuschreiben, was sich mit dem Ergebnis der Fragebögen deckt. Der unauffälligste Kohlenstoffdioxid-Ausstoß im Haushalt steht mit der elektrischen Energie in Verbindung, was nur von zwei Jugendlichen erwähnt wird. Der Strom kommt schließlich aus der Steckdose, Erdöl, Erdgas und Kohle werden meist weit entfernt vom Wohnort verbrannt und daher als Quelle für Emissionen nicht wahrgenommen (vgl. De Haan o.J., S. 19f.).

Während in den Schülerbriefen kaum Vorschläge oder Ideen zu lesen sind, wie die Jugendlichen selbst Energie sparen könnten, werden sie im Zuge der fünften Unterrichtseinheit dezidiert dazu angeregt. Dabei vermutet der Großteil der Schülerinnen und Schüler im Bereich Wohnen den größten Energieverbrauch zu haben. An zweiter Stelle nennen sie die Freizeit, darunter vor allem den Fernseher, den Computer und die Play Station. Vorschläge für die Einsparung des Energieverbrauchs stammen ebenso hauptsächlich aus diesen beiden Kategorien.

Insgesamt betrachtet stellt sich ein sehr gutes Ergebnis ein. Abgesehen von einem Item (- 1 richtige Antwort) können bei allen anderen Zugewinne verzeichnet werden. Dieses Ergebnis soll kurz denen des Feedbackbogens gegenübergestellt werden: 44 % der Schülerinnen und Schüler behaupten von sich selbst einiges gelernt und auch verstanden zu haben. Weitere 44 % meinen dazu „Eher Ja“. Kein/e Einzige/r ist der Meinung nichts gelernt zu haben, die restlichen 12 % geben „Eher Nein“ an. Des Weiteren ist die Selbsteinschätzung der Lernenden im Hinblick auf die eigene Diskussionsfähigkeit ziemlich hoch: 20 % glauben, dass sie nach dem zweiwöchigen Unterrichtsblock zum Klimawandel imstande sind, mit anderen über dieses Thema kritisch zu diskutieren, 44 % „Eher Ja“. 20 % denken eher nicht, dass sie dazu in der Lage sind, 16 % sagen „Nein“.

Ferner muss ein weiterer Aspekt erwähnt werden, der nicht vernachlässigt werden darf, weil er beim Lernen eine große Rolle spielt: 72 % der Jugendlichen geben an, im Laufe des Unterrichts mehr Interesse für das Thema entwickelt zu haben, 16 % kreuzen „Eher Nein“ an, 12 % „Nein“. Gesteigertes Interesse bedeutet allerdings nicht automatisch, dass sich die Lernenden in Zukunft mit dem Thema mehr beschäftigen werden. So liegt die Entscheidung diesbezüglich, ob „Ja“ oder „Nein“ bei jeweils zirka 50 %.

Die Hypothese, dass die Schüler/innen "nachhaltiges" naturwissenschaftliches Wissen generieren, wenn die Vorstellungen in Bezug auf den Klimawandel zuerst erhoben und danach im Unterricht speziell berücksichtigt werden, kann nur zum Teil bestätigt werden. Meiner Meinung nach ist das stark von der Art der Vorstellung abhängig. Im Zuge dieser Untersuchung haben sich zwei Items als besonders hartnäckig herausgestellt: 1) Vermischung der Konzepte Treibhauseffekt und Abbau der Ozonschicht, 2) Treibhauseffekt, der als menschgemacht angesehen wird. Obwohl im Unterricht die alternativen Vorstellungen mehrmals direkt angesprochen worden sind und diskutiert wurden, konnte den Lernenden die naturwissenschaftliche Erklärung nicht verständlich gemacht werden.

Manche Unterrichtsstunden waren überaus gelungen, wie zum Beispiel die erste Einheit. Es ist schwer zu sagen, ob das an der Methodenwahl (in diesem Fall war es das Laufdiktat) lag, am Wohlbefinden bzw. Tagesverfassung der Schüler/innen, oder daran, dass sie von einer anderen Person unterrichtet werden. Die Items des Fragebogens, die in dieser Einheit besprochen wurde, erzielten alle sehr gut Ergebnisse. Die zweite Unterrichtsstunde, im Speziellen, würde ich so nicht mehr gestalten. Eine Computerrecherche als Einstieg zur Erklärung des Treibhauseffekts halte ich nun nicht mehr für besonders geeignet. Vielleicht ist es auch an der unpassenden Methode gelegen, dass vielen das Prinzip des Treibhauseffekts bis zum Schluss schwer verständlich blieb.

Es wäre interessant und durchaus einen Versuch wert, im Anschluss an den „Klimawandel“, die Themen „Ozonschicht, -loch und -abbau“ zu behandeln, um zu sehen, ob das Ergebnis, das heißt die Vermischung der beiden Konzepte, dasselbe ist.

Außerdem würde ich die Stundeplanung, die ich zuvor erstellt hatte, nicht mehr so genau einzuhalten versuchen und stattdessen, bei gegebenem Anlass, mit den Schüler/innen mehr über ihre Gefühle zu sprechen.

Da ich selbst im Zuge dieser empirischen Studie sehr viel gelernt und profitiert habe, kann ich mich der Meinung derjenigen Fachdidaktiker anschließen, die behaupten, dass es sehr förderlich ist, wenn der/die Lehrer/in über die Vorstellungen der Jugendlichen zu einem bestimmten Sachverhalt Bescheid weiß.

7 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden die Schülervorstellungen zum Klimawandel von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I, im Bundesgymnasium der Gottschalkgasse 21, in 1110 Wien, erhoben.

Zu Beginn wird den Fragen nachgegangen, weshalb die Vorstellungen zum Klimawandel von Interesse sind und ob der globaler Klimawandel Thema im Chemieunterricht sein sollte. In einem Argumentationsstrang werden Pro- und Kontraargumente diesbezüglich angeführt. Im Anschluss daran werden einige wichtige Studien, im Hinblick auf den Stand der didaktischen Forschung über Schülervorstellungen zum Klimawandel, vorgestellt. Grundlagen zu den Schülervorstellungen umfassen das daran anschließende Kapitel. Dabei wird unter anderem auf Quellen und Charakter vorunterrichtlicher Vorstellungen eingegangen. Darauf aufbauend wird thematisiert, warum die Schülervorstellungen für das Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine Rolle spielen. Schließlich werden Unterrichtsstrategien präsentiert, die die vorunterrichtlichen Vorstellungen als Basis für den Unterricht, heranziehen.

Den größten Teil dieser Arbeit nimmt die empirische Untersuchung ein. Mithilfe eines Methodenmix aus einer qualitativen und quantitativen Methode soll herausgefunden werden, welche Vorstellungen 14-jährige Schülerinnen und Schüler vom Klimawandel besitzen. Mit besonderer Beachtung dieser, wird im Chemieunterricht im Zuge des zweiwöchigen Themenschwerpunkts „Klimawandel“ auf ausgewählte Aspekte näher eingegangen. Der methodische Ansatz zielt darauf ab, durch eine vermehrte Berücksichtigung von Schülervorstellungen bei der inhaltlichen und methodischen Planung und Durchführung von Unterricht eine effektivere Vermittlung zu ermöglichen. Drei Monate nach der Lehrerintervention findet neuerlich eine Erhebung, mit denselben Forschungsinstrumenten, statt. Dadurch ist es möglich, einen Vorher-Nachher-Vergleich anzustellen.

Ziel dieser empirischen Studie ist, dass sich die Schüler/innen einerseits über ihre eigenen Vorstellungen bewusst werden und andererseits ihre Erfahrungen mit der naturwissenschaftlichen Sicht so verknüpfen, dass das „richtig“ konstruierte Wissen als Basis für Lern- und Problemlöseprozesse erkannt wird und in Zukunft selbstständig und erfolgreich angewendet werden kann.

Die erhobenen Daten des Pre- und Posttests und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen wurden in einer eingehenden Interpretation begründet.

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Eindrücke im Klassenzimmer (Kleinman et al. 1987, S. 766)	34
Abbildung 2: Schematische Darstellung des ConcepTest CAT (Ellis et al., o.J., http://www.flaguide.org/extra/download/cat/contests/contests.pdf , S. 2).....	38
Abbildung 3: Nürnberger Trichter (Häußler et al. 1998, S. 170)	40
Abbildung 4: Informationsverarbeitungsmodell (Johnstone 1997 und Reid 2008; zit. n. IMST, Kern, S. 9).....	42
Abbildung 5: Schematische Darstellung der Erkenntnistheorie Kants (Stork 1995, S. 16).....	48
Abbildung 6: Elemente der konstruktivistischen Sichtweise vom Lernen (Riemeier 2007, S. 70).....	50
Abbildung 7: Fachdidaktisches Triplet: Beziehungsgefüge der Teilaufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997, S. 4)	54
Abbildung 8: Die Phasen der konstruktivistischen Unterrichtsstrategie von Driver (Häußler et al. 1998, S. 215)	57
Abbildung 9: Ablaufmodell induktiver Kategorienbildung (Mayring 2002, S. 116).....	69
Abbildung 10: Prozesse bei der Analyse (Altrichter & Posch 2007, S. 185)	81
Abbildung 11: Modell der Didaktischen Rekonstruktion (eigene Darstellung)	100
Abbildung 12: Scientific Literacy (Gräber et al. 2002, S. 137)	102

9 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Forschungsinstrumente Schülerbrief und geschlossener Fragebogen (Häußler 1998, S. 84f.; Raithel 2008, S. 68f.; Schuler 2004, S. 138)	62
Tabelle 2: Zeitlicher Überblick und Phasen des Forschungsablaufes	64
Tabelle 3: Gliederung des geschlossenen Fragebogens in thematische Blöcke.....	73
Tabelle 4: Eindimensionale Beschreibung bzgl. des Klimawandels. Zuordnung anhand von Kategorien	86
Tabelle 5: Art und Anzahl der Nennungen über die Ursachen des Klimawandels.....	87
Tabelle 6: Art und Anzahl der Nennungen über die Folgen des Klimawandels	89
Tabelle 7: Tabellarischer Überblick der gewählten Antwortkategorien beim Pretest	94
Tabelle 8: Schülerantworten auf die Frage, wie sehr sie die globale Erderwärmung beunruhigt.....	96
Tabelle 9: Schülerantworten auf die Frage, wie viel Einfluss sie persönlich in Bezug auf die Umweltprobleme der Erde nehmen können.....	98
Tabelle 10: Tabellarischer Überblick der gewählten Antwortkategorien beim Posttest	130
Tabelle 11: Verhältnis an richtig beantworteten Items in Zahlen von Pre- und Posttest der Schüler/innen	135

10 DIAGRAMMVERZEICHNIS

Diagramm 1: Verteilung [Absolutwerte] der Antwortkategorien beim Pretest	95
Diagramm 2: Selbsteinschätzung der Lernenden über gesteigertes Interesse am Klimawandel.....	122
Diagramm 3: Meinung der Lernenden über die zukünftige Beschäftigung mit dem Klimawandel.....	122
Diagramm 4: Selbsteinschätzung der Lernenden über erworbenes Wissen zum Klimawandel.....	123
Diagramm 5: Selbsteinschätzung der Lernenden im Hinblick auf die eigene Diskussionsfähigkeit.....	124
Diagramm 6: Schülereinschätzung bezüglich der Menge der durchgenommenen Fachinhalte.....	124
Diagramm 7: Angaben der Lernenden über zu kurz thematisierte Fachinhalte.....	125
Diagramm 8: Verteilung [Absolutwerte] der Antwortkategorien beim Posttest.....	131
Diagramm 9: Vergleich in [%] der richtig beantworteten Items bei Pre- und Posttest	132
Diagramm 10: Differenz in [%] der richtig beantworteten Items bei Pre- und Posttest	133
Diagramm 11: Vergleich in [%] der richtig beantworteten Items bei Pre- und Posttest in vier Kategorien	133

11 LITERATURVERZEICHNIS

11.1 Fachliteratur

ALTRICHTER, A., POSCH, P. (2007). Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt Verlag.

ANDERSSON, B., WALLIN, A. (2000). Students' Understanding of the Greenhouse Effect, the Societal Consequences of Reducing CO₂ Emissions and the Problem of Ozone Layer Depletion. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (10), S. 1096-1111.

ATTESLANDER, P. (2000). Methoden der empirischen Sozialforschung. 9. Auflage. Berlin, New York: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG.

BARKE, H.-D., HARSCH, G. (2001). Chemiedidaktik Heute. Lernprozesse in Theorie und Praxis. Berlin Heidelberg: Springer.

BARKE, H.-D. (2006). Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Berlin Heidelberg: Springer.

BOYES, E., STANISSTREET, M. (1992). Students' Perceptions of Global Warming. *International Journal of Environmental Studies*, 42 (1), S. 287-300.

BOYES, E., CHUCKRAN, D., STANISSTREET, M. (1993). How do High School Students perceive Global Climatic Change: What are its manifestations? What are its origins? What corrective action can be taken? *Journal of Science Education and Technology*, 2 (4), S. 541-557.

BLISS, J. (1996). Piaget und Vygotsky: Ihre Bedeutungen für das Lehren und Lernen der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2 (3), S. 3-16.

BURGER, J. (2001). Schülervorstellungen zu "Energie im biologischen Kontext" - Ermittlungen, Analysen und Schlussfolgerungen. Dissertation. Universität Bielefeld.

DUIT, R. (1993). Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 4 (16), S. 4-10.

DUIT, R., GRÄBER, W. (1993). Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften – Einführung in den Tagungsband. In: R. Duit & W. Gräber

(Hrsg.): Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften. (S. 12-26). Kiel: IPN.

DUIT, R. (1995). Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie. Zu den Ursachen vieler Lernschwierigkeiten. *Plus Lucis*, 2, S. 11-18.

DUIT, R. (1996). Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: R. Duit & C.V. Rhöneck (Hrsg.): Lernen in den Naturwissenschaften. (S. 145-162). Kiel: IPN.

DUIT, R. (2008). Zur Rolle von Schülervorstellungen im Unterricht. *Geographie Heute*, 29 (265), S. 2-6.

DUIT, R. (2009). Bibliography – STCSE. Students’ and Teachers’ Conceptions and Science Education. <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html> [Stand: 29.10.2009].

GABEL, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76 (4), S. 548-554.

GILBERT, J.K., JUSTI, R., VAN DRIEL, J.H., DE JONG, O., TREAGUST, D.F. (2004). Securing a future for chemical education. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5 (1), S. 5-14. http://www.uoi.gr/cerp/2004_February/pdf/03Gilbert.pdf [Stand: 03.05.2010].

GRÄBER, W., NENTWIG, P., NICOLSON, P. (2002). Scientific Literacy – von der Theorie zur Praxis. In: GRÄBER et al. (Hrsg.). *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung.* (S. 135-145). Opladen: Leske + Budrich.

HÄUSSLER, P., BÜNDNER, W., DUIT, R., GRÄBER, W., MAYER, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.

HOFFMANN, R. (2006). Klimawandel. Fachdidaktische Überlegungen zum Thema im Geographieunterricht. *Geographie Heute*, 27 (241/242), S. 2-8.

HÖTTECKE, D., EILKS, I., FEIERABEND, T., MROCHEN, M., HÖßLE, C., MENTHE, J., KELLINGHAUS, H. (2009). Der Klimawandel vor Gericht. Die Förderung ökologischer Bewertungskompetenz von Jugendlichen. In: D. HÖTTECKE (Hrsg.).

Chemie- und Physikdidaktik der Chemie und Physik für die Lehramtsausbildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. (S. 413-415). Münster: Verlag Dr. Wilhelm Hopf.

IPCC (2007a). The Physical Science Basis. In: Climate Change 2007. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm [Stand: 29.10.2009].

IPCC (2007b). Technical Summary. In: Climate Change 2007. Mitigation. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-ts.pdf> [Stand: 15.05.2010].

JUNG, W. (1993). Hilft die Entwicklungspsychologie dem Physikdidaktiker? In: R. Duit & W. Gräber (Hrsg.). Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften. (S. 86-108). Kiel: IPN.

KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENGIEßER, H., KOMOREK, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), S. 3-18.

KERN, G. (2009). Vom Wissen zum Handeln. In: IMST Newsletter, 28 (8). (S. 9-11). http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/2009/3206_newsletter_28_web.pdf [Stand: 21.06.2010].

KESIDOU, S. (1990). Schülervorstellungen zur Irreversibilität. Kiel: IPN.

KLEINMAN, R.W., GRIFFIN, H.C., KONIGSBERG KERNER, N. (1987). Images in Chemistry. Journal of Chemical Education, 64 (9), S. 766-770.

KOULADIS, V., CHRISTIDOU, V., (1996). Models of Student's Thinking concerning the Greenhouse Effect and Teaching Implications. Science Education, 83 (5), S. 559-576.

KRAPP, A. (2003). Die Bedeutung der Lernmotivation für die Optimierung des schulischen Bildungssystems. Politische Studien, Sonderheft, 3 (54), S. 91-105. http://www.unibw.de/sowi1_1/interesse/pdfneu/03bkrapp [Stand: 01.07.2010].

LEMBENS, A., WEIGLHOFER, H., STADLER, H. (2009). PISA 2006 Naturwissenschaft: Das Konzept aus fachdidaktischer Sicht. In: Schreiner, C., Schwantner, U. (Hrsg). PISA 2006. Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt. Graz: Leykam. <http://www.bifie.at/buch/322/3/2> [Stand: 15.04.2010].

LEMBENS, A. (2009). Stolpersteine beim Lehren und Lernen von Chemie - Herausforderungen für die Fachdidaktik. In: IMST Newsletter, 8. (S. 7-9). http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/2009/3206_newsletter_28_web.pdf [Stand: 21.06.2010].

MAYRING, P. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse. In: U. Flick, E. Von Kardorff & I. Steinke (Hrsg.). Qualitative Forschung. Ein Handbuch. (S. 468-475). Hamburg: Rowohlt.

MAYRING, P. (2002). Einführung in die Qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken. 5. Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

NIESWANDT, M. (2001). Von Alltagsvorstellungen zu wissenschaftlichen Konzepten: Lernwege von Schülerinnen und Schüler im einführenden Chemieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 7, S. 33-52.

PFUNDT, H., DUIT, R. (1994). Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht. 4. Auflage. Kiel: IPN.

POSNER, G., STRIKE, K., HEWSON, P., GERTZOG, W. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66 (2), S. 211-227.

RAITHEL, J. (2008). Quantitative Forschung. Ein Praxiskurs. Wiebaden: VS Verlag.

REID, N. (2008). A scientific approach to the teaching of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, S. 51-59. http://www.rsc.org/delivery/_ArticleLinking/DisplayArticleForFree.cfm?doi=b801297k&JournalCode=RP [Stand: 16.03.2010].

REINFRIED, S. (2008). Schülervorstellungen und Lernen von Geographie. *Geographie Heute*, 29 (265), S. 8-13.

REINFRIED, S., SCHULER, S., AESCHBACHER, U., HUBER, E. (2008). Der Treibhauseffekt – Folge eines Lochs in der Atmosphäre? Wie sich Schüler ihre Vorstellungen bewusst machen und sie verändern können. *Geographie Heute*, 29 (265), S. 24-33.

REINMANN-ROTHMEIER, G., MANDL, H. (1996). Lernen auf der Basis des Konstruktivismus. Wie Lernen aktiver und anwendungsorientierter wird. *Computer und Unterricht*, 23, S. 41-44.

RIEMEIER, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In: D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. (S. 69-79). Berlin Heidelberg: Springer.

RUY, J., RUBBA, P., WIESENAYER, R. (1997). An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming. *International Journal of Science Education*, 19 (5), S. 527-551.

SCHNOTZ, W. (2001). Conceptual Change. In: D. H. Rost (Hrsg.): *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. (S. 75-80). 2. Auflage. Weinheim: Beltz PVU.

SCHREINER, C., BREIT, S. SCHWANTNER, U., GRAFENDORFER, A. (2007). PISA 2006. Internationaler Vergleich von Schülerleistungen. Die Studie im Überblick. Graz: Leykam. http://www.bmukk.gv.at/medienpool/15730/pisa2006_ersteerg.pdf [Stand: 16.02.2010].

SCHULER, S. (2004). Alltagstheorien von Schülerinnen und Schülern zum globalen Klimawandel. In: E. KROß (Hrsg.): *Globales Lernen im Geographieunterricht – Erziehung zu einer nachhaltigen Entwicklung*. (S. 123-145). Bochum: Hochschulverband für Geographie und ihre Didaktik e.V. (Selbstverlag).

STADLER, H. (2006). Unterricht durchs Objektiv betrachtet. Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht mittels Videos. *Unterricht Physik*, 92 (17), S. 24-27.

STANGL, M. (2006). Vorkonzepte im Unterrichtsfach Chemie. Diplomarbeit. Universität Wien.

STORK, H. (1995). Was bedeuten die aktuellen Forderungen "Schülervorstellungen berücksichtigen, 'konstruktivistisch' lehren!" für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe I? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1, S. 15-28.

TABER, F., TAYLOR, N. (2009). Climate of Concern – A Search for Effective Strategies for Teaching Children about Global Warming. International Journal of Environmental and Science Education, 4 (2), S. 97-116.

TABER, K. S. (2001). Constructing chemical concepts in the classroom? : Using research to inform practice. Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 2 (1), S. 43-51

http://www.uoi.gr/cerp/2001_February/pdf/07Taber.pdf [Stand: 16.02.2010].

WANDERSEE, J. H. (1986). Can the history of science help science educators anticipate student's misconceptions? Journal of Research in Science Teaching, 23 (7), S. 581-597.

WIDODO, A., DUIT, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, S. 233-255.

11.2 Internetquellen

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2008). Klimaschutz und Klimapolitik. Materialien für Bildung und Information.

http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/klima_de_gesamt.pdf [Stand: 10.07.2010].

BUNDESMINISTERIUM FÜR UNTERRICHT, KUNST UND KULTUR (o.J.). Chemie am Gymnasium und Realgymnasium.

<http://www.bmukk.gv.at/medienpool/780/ahs6.pdf> [Stand: 14.06.2010].

BUNDESMINISTERIUM FÜR UNTERRICHT, KUNST UND KULTUR (2004). Verordnung der Bundesministerin für Bildung, Wissenschaft und Kultur, mit der die Verordnung über die Lehrpläne der allgemein bildenden höheren Schulen geändert wird. http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11668/lp_ahs_neu_allg.pdf [Stand: 10.07.2010].

DE HAAN, G. (o.J.). Globaler Klimawandel. Emissionen und erneuerbare Energien. Materialien für die Sekundarstufe. http://www.institutfutur.de/transfer-21/daten/materialien/tamaki/t1_klimawandel.pdf [Stand: 12.02.2010].

DE HAAN, G., HARENBERG, D. (o.J.). Nachhaltigkeit als Bildungs- und Erziehungsaufgabe. <http://www.ibw.uni-hamburg.de/GInE/Literatur/Haan-Harb.pdf> [Stand: 01.07.2010].

DUIT, R. (2004). Didaktische Rekonstruktion. Piko-Brief 2. Kiel: IPN. http://www.uni-kiel.de/pike/downloads/pike_Brief_02_DidaktischeRekonstruktion.pdf [Stand: 19.04.2010].

ELLIS, A.B., LANDIS, C.R., MEEKER, K. (o.J.). ConcepTest CAT. <http://www.flaguide.org/extra/download/cat/contests/contests.pdf> [Stand: 16.02.2010].

KIND, V. (2004). Beyond Appearances: Student's misconceptions about basic chemical ideas. <http://www.rsc.org/education/teachers/learnnet/pdf/LearnNet/rsc/miscon.pdf> [Stand: 29.10.2009].

MÜLLER, A., NIESWANDT, M. (o.J.). Arbeitsleitfäden zu Modul 3: „Aus Fehlern lernen“.

<http://www.learn-line.nrw.de/angebote/sinus/zentral/grundlagen/module/modul3.doc> [Stand: 18.02.2010].

SCHWARZ, R., HARMELING, S., KIER, G., BALS, C. (2008). Globaler Klimawandel: Ursachen, Folgen, Handlungsmöglichkeiten. Germanwatch.
<http://www.germanwatch.org/klima/gkw08.pdf> [Stand: 15.01.2010].

ZEILIK, M. (o.J.). Conceptual Diagnostic Tests.
<http://www.wcer.wisc.edu/archive/cl1/flag/cat/diagnos/diagnos.pdf> [Stand: 16.02.2010].

<http://www.grg11go asn-wien.ac.at/> [Stand: 21.06.2010].

<http://www.textlog.de/1395.html> [Stand: 08.09.2010].

http://de.wikipedia.org/wiki/Chemie_im_Altertum [Stand: 05.05.2010].

<http://de.wikipedia.org/wiki/Distraktor> [Stand: 05.05.2010].

<http://de.wikipedia.org/wiki/Interrater-Reliabilit%C3%A4t> [Stand: 07/09/2010].

<http://de.wikipedia.org/wiki/OECD> [Stand: 05.05.2010].

http://de.wikipedia.org/wiki/Paul_Watzlawick [Stand: 17.06.2010].

<http://de.wikipedia.org/wiki/Prop%C3%A4deutik> [Stand: 06/07/2010].

11.3 Unterrichtsmaterialien

1. Unterrichtseinheit:

Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie. (1995). Umweltbereich Luft, Nr. 22. Frankfurt am Main.

2. Unterrichtseinheit:

Stimmt in oder Stimmt nicht. In: REINFRIED, S., SCHULER, S., AESCHBACHER, U., HUBER, E. (2008). Der Treibhauseffekt – Folge eines Lochs in der Atmosphäre? Wie sich Schüler ihre Vorstellungen bewusst machen und sie verändern können. Geographie Heute, 29 (265), S. 29.

<http://www.treibhauseffekt.com/treibhauseffekt/index.htm> [Stand: 30.01.2010].

3. Unterrichtseinheit:

Der globale Treibhauseffekt als Strahlungsfalle. In: REINFRIED, S., SCHULER, S., AESCHBACHER, U., HUBER, E. (2008). Der Treibhauseffekt – Folge eines Lochs in der Atmosphäre? Wie sich Schüler ihre Vorstellungen bewusst machen und sie verändern können. Geographie Heute, 29 (265), S. 30-31.

Information Station 1:

http://www.zdf.de/ZDFmediathek/content/Der_Treibhauseffekt/215946 [Stand: 15.01.2010].

Abbildung Stand 2:

SCHWARZ, R., HARMELING, S., KIER, G., BALS, C. (2008). Globaler Klimawandel: Ursachen, Folgen, Handlungsmöglichkeiten, S. 13. <http://www.germanwatch.org/klima/gkw08.pdf> [Stand: 15.01.2010].

Information Stand 3:

Das Kyoto Protokoll. In: REUSCHENBACH, M. (2006). Das Klima geht uns alle an! Handlungskompetenz durch Sachkenntnisse erlangen. Geographie Heute, 27 (241/242), S. 34.

4. Unterrichtseinheit:

Folgen des globalen Klimawandels. In: DE HAAN, G. (o.J.). Globaler Klimawandel. Emissionen und erneuerbare Energien. Materialien für die Sekundarstufe. Folgen des globalen Klimawandels, S. 43.

http://www.institutfutur.de/transfer-21/daten/materialien/tamaki/t1_klimawandel.pdf [Stand: 12.02.2010].

5. Unterrichtseinheit:

Energie sparen! In: REUSCHENBACH, M. (2006). Das Klima geht uns alle an! Handlungskompetenzen durch Sachkenntnisse erlangen. Geographie Heute, 27 (241/242), S. 36.

6. Unterrichtseinheit:

WWF Schweiz. Footprint Rechner. www.footprint.ch [Stand:11.01.2010].

12 ANHANG

12.1 Briefformat

Brief über den Klimawandel

Code: _____

Stelle dir vor, du schreibst deinem zukünftigen Kind jetzt einen Brief, in dem du über den Klimawandel, so wie du ihn jetzt wahrnimmst, berichtest.

Gehe dabei unter anderem auf folgende Fragen ein:

- Was verstehst du unter dem Begriff Klimawandel?
- Was verbindest du persönlich mit dem Klimawandel?
- Wer und/oder was trägt/tragen dazu bei?
- Wie sehr betrifft dich das Thema?
- Wie wirkt sich der Klimawandel auf dein persönliches Leben und Verhalten aus?
- Was glaubst du, welche Folgen der Klimawandel haben wird?

Der Brief soll dieses Blatt ausfüllen. Nimm persönlich zu diesem Thema Stellung, schreibe **alles** was dir dazu einfällt auf und berücksichtige die oben gestellten Fragen!!!

12.2 Fragebogen

Code: _____

Kreuze bitte jeweils eine der vorgegebenen Antwortmöglichkeiten an:

1. Die Begriffe „Wetter“ und „Klima“ bedeuten dasselbe.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht
-

2. Wenn wir unsere Gewässer sauber halten, hilft es, die globale Erderwärmung zu reduzieren.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht
-

3. Wir können die globale Erderwärmung nur stoppen, indem wir die Wälder schützen und Bäume pflanzen.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht
-

4. Autoabgase sind die größten Verursacher der globalen Erderwärmung.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht
-

5. Tiere, wie zum Beispiel Kühe, produzieren Gase die zur globalen Erderwärmung beitragen.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht
-

6. Die Löcher in der Ozonschicht werden durch die globale Erderwärmung verursacht.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht
-

7. Hautkrebs kann durch die globale Erderwärmung verursacht werden.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht
-

8. Indem das Eis z.B. auf der Antarktis schmilzt, wird der Meeresspiegel steigen.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht
-

9. Ein Temperaturanstieg der durchschnittlichen Welttemperatur von 1°C ist zu gering, um irgendwelche Auswirkungen auf das Klima festzustellen.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht
-

10. Die globale Erderwärmung ist zum Teil ein natürliches Ereignis.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht
-

11. Gäbe es den Treibhauseffekt nicht, würde es keine Tiere und Menschen auf der Erde geben.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht

12. Den Treibhauseffekt kann man vom Weltall aus sehen.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht

13. Kohlenstoffdioxid CO₂ findet man ausschließlich außerhalb der Erdatmosphäre.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht

14. Heimische Produkte zu kaufen ist für die Umwelt besser, als Produkte von Übersee zu kaufen.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht

15. Es besteht eine Verbindung zwischen den Produkten, die ich kaufe, und dem Treibhauseffekt.

- Richtig Falsch Weiß ich nicht Verstehe ich nicht

Noch 2 zusätzliche Fragen:

A) Wie sehr beunruhigt dich die globale Erderwärmung? Bitte begründe deine Antwort!

Du bist:

- sehr beunruhigt
 beunruhigt
 etwas beunruhigt
 gar nicht beunruhigt

B) Wie viel Einfluss kannst du persönlich in Bezug auf die Umweltprobleme der Erde nehmen? Bitte begründe deine Antwort!

- sehr viel
 ziemlich viel
 nicht viel
 überhaupt keinen

Vielen Dank für das Ausfüllen!

12.3 Feedbackbogen

Code: _____

FEEDBACKBOGEN

1. Interessiert dich das Thema „Klimawandel“ mehr, seit dem du im Unterricht darüber erfahren hast?

- ja eher ja eher nein nein

2. Wirst du dich in Zukunft mit diesem Thema mehr beschäftigen als bisher?

- ja eher ja eher nein nein

3. Hast du das Gefühl in den letzten 2 Wochen über den Klimawandel einiges gelernt und auch wirklich verstanden zu haben?

- ja eher ja eher nein nein

4. Glaubst du, dass du nun imstande wärst, mit anderen kritisch über dieses Thema zu diskutieren?

- ja eher ja eher nein nein

5. Ist deiner Meinung nach zu viel „Stoff“ in den letzten sechs Unterrichtseinheiten durchgenommen worden?

- ja eher ja eher nein nein

6. Hättest du über das eine oder andere Thema gerne mehr erfahren? Wenn ja, gib bitte an um, welches es sich handelt!

- ja eher ja eher nein nein
-
-
-

7. Hat deiner Meinung nach ein Aspekt in Bezug auf den Klimawandel gefehlt, worüber du gerne Bescheid gewußt hättest? Wenn ja, welcher?

8. Welche Methode hat dich persönlich am meisten angesprochen und wieso?

9. Denkst du über den Klimawandel nun anders als vor dem Unterrichtsblock? Begründe bitte deine Antwort!

12.4 Unterrichtsmaterialien

1. Unterrichtseinheit:

Beantworte die folgenden Fragen!

Beantworte die Fragen, indem du die „Infozettel“ die im Raum verteilt sind, zu Rate ziehst.

Die Informationen dürfen erst am Platz niedergeschrieben werden, nicht beim Infozettel direkt!!!

- 1) Erkläre die Begriffe „**Klima**“ und „**Wetter**“! Worin unterscheiden sie sich?
- 2) Was versteht man unter dem Begriff „**(Erd-)Atmosphäre**“? Aus wie vielen Schichten besteht diese? In welcher Schicht spielt sich das Wettergeschehen ab?
- 3) Was bedeuten die Begriffe „**Emission**“ bzw. „**Immission**“?
- 4) Welche **natürlichen Ursachen** gibt es für die **Luftverschmutzung**?
- 5) Was versteht man unter der „**anthropogenen**“ **Luftverschmutzung**? Nenne Beispiele!
- 6) Erkläre die Bedeutung von Kohlenstoffdioxid (**CO₂**) **in der Atmosphäre**.
Warum ist CO₂ lebensnotwendig? Warum kann es schädlich sein?
- 7) Warum hat sich deiner Meinung nach der Kohlenstoffdioxid-Anteil seit Beginn der industriellen Revolution deutlich erhöht?

Infozettel:

„Klima“ und „Wetter“

Als **Klima** bezeichnet man die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den durchschnittlichen Zustand der Atmosphäre an einem Ort charakterisieren. Anders ausgedrückt: Klima ist die Gesamtheit aller an einem Ort möglichen Wetterzustände. Üblicherweise werden hierzu die Messwerte der zurückliegenden 30 Jahre herangezogen.

Hierin unterscheidet sich Klima grundsätzlich von **Wetter**, das nur kurzfristige und lokale Erscheinungen wie ein Gewitter oder einen kalten Wintertag kennzeichnet.

Atmosphäre

Die Erdatmosphäre ist eine gasförmige Hülle oberhalb der Erdoberfläche. Sie wird durch Erdanziehungskräfte zusammengehalten. Für das Leben auf der Erde ist sie unverzichtbar (Atmung, Photosynthese, Sonneneinstrahlung und Erwärmung der Erdoberfläche für Klima und Wetter), u.a. auch weil sie vor kosmischer und elektromagnetischer Strahlung aus dem All schützt.

Eine obere Grenze der Atmosphäre lässt sich nur durch Definition festlegen. Die Atmosphäre wird in folgende Bereiche aufgeteilt:

- Troposphäre: bis 11 km Höhe
- Stratosphäre: bis 50 km Höhe
- Mesosphäre: bis 85 km Höhe
- Thermosphäre: bis 500 km Höhe

Das Wettergeschehen spielt sich in der untersten Schicht (also in der Troposphäre) ab.

Emission / Immission

Die an die Luft abgegebenen Schadstoffe nennt man **Emissionen** (deutsch: Austrag). **Emittenten** sind die Verursacher der Emissionen, also Kraftwerke, Industrieanlagen, Verkehr etc.

Jede Emission hat eine **Immission** (deutsch: Eintrag).

Die Emissionen werden in der Luft verdünnt und verteilt. Mit dem Wind werden sie oft über weite Strecken verfrachtet und wirken dann als Immissionen wieder auf ein Gebiet ein. Die Wirkung der Immissionen, bei gleich bleibender Emission, hängt sehr stark vom Wetter ab. Der Schaden wird also von der Immission verursacht, die aber die Folge einer Emission ist.

Anthropogene Luftverschmutzung

„Anthropogen“ bezeichnet alles vom Menschen Beeinflusste, Verursachte oder Hergestellte. Unter der „anthropogenen Luftverschmutzung“ versteht man infolgedessen die Luftverschmutzung die vom Menschen verursacht wird.

Anthropogene Quellen: Straßenverkehr, Fabriken etc.

Natürliche Ursachen für die Luftverschmutzung:

Nicht alle Emissionen, die in die Atmosphäre gelangen, sind anthropogenen (menschlichen) Ursprungs. Natürlichen Ursprungs sind vor allem folgende Quellen:

Vulkanismus: Durch die Ausbrüche von Vulkanen werden ganz erhebliche Mengen an problematischen Stoffen in die Atmosphäre eingebracht. (CO₂, SO₂, ...)

Wettervorgänge: Bildung von Stickoxiden (NO_x) bei Gewittern.

Lebewesen: Verdauungsgase von Tieren (CO₂ und Methan).

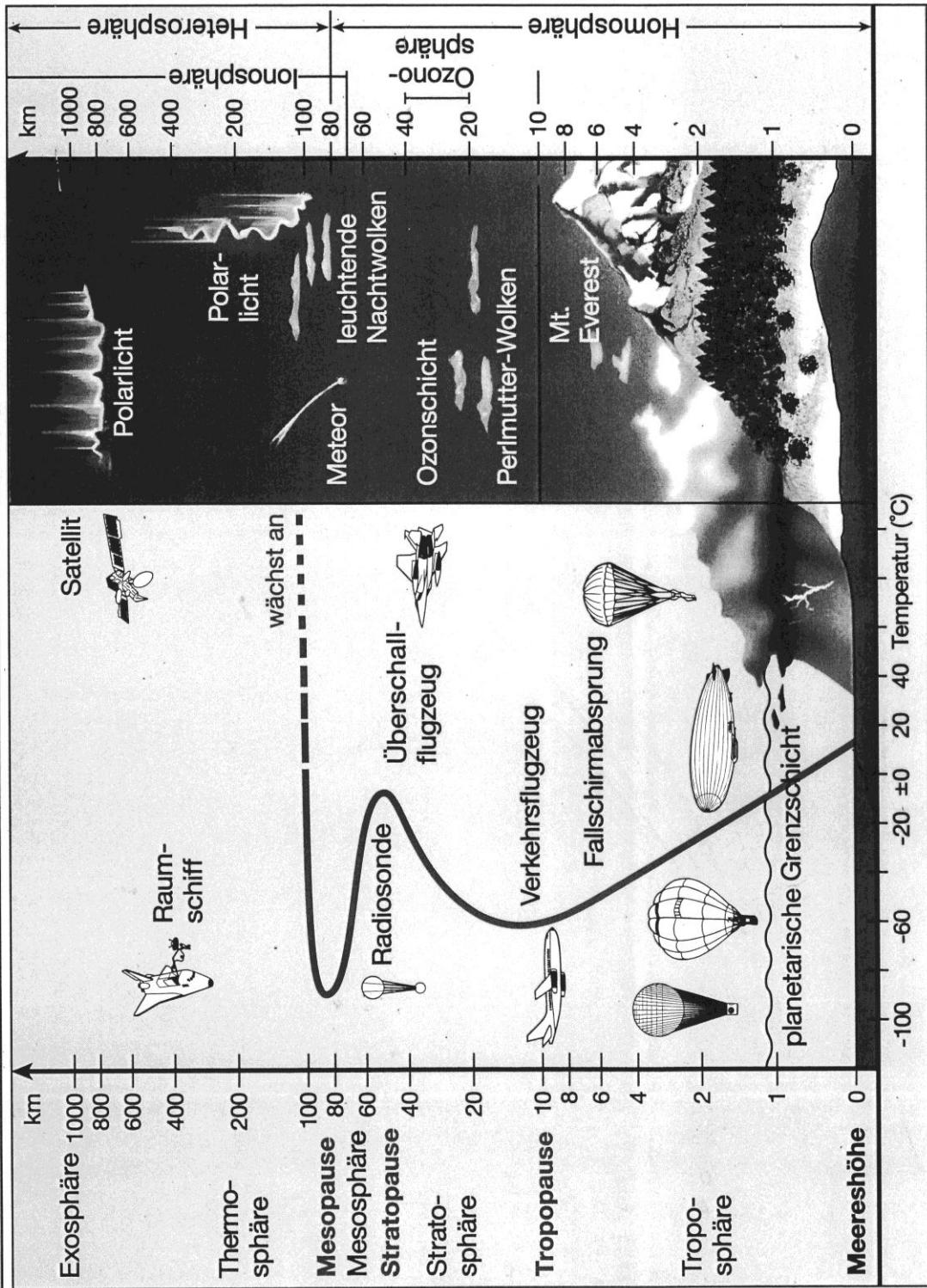
Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre

Seit Beginn der industriellen Revolution (vor ~200 J.) hat sich der Kohlenstoffdioxid-Anteil in der Atmosphäre deutlich erhöht.

Kohlenstoffdioxid und einige andere Treibhausgase lassen zwar das sichtbare Licht der Sonne ungehindert auf die Erde durch, halten aber jene Wärmestrahlen zurück, die sonst von der Erdoberfläche ins Weltall entweichen würden.

Somit wirken diese Gase ähnlich wärmebewahrend wie die Glasscheiben in einem Treibhaus. Das hat durchaus positive Seiten: Ohne diese Treibhausgase läge die Durchschnittstemperatur auf der Erdoberfläche nicht bei 14,5 °C, sondern bei -18 °C! Computersimulationen zeigen jedoch, dass ein weiterer Kohlenstoffdioxid-Anstieg zu einer deutlichen Erwärmung der Erde führt.

Schichtung der Atmosphäre mit Temperaturprofil



2. Unterrichtseinheit:

Stimmt oder Stimmt nicht?

1. Welche der Aussagen sind richtig und welche falsch? Kreuze an. Drehe anschließend das Blatt um und lege es weg.
2. Mache den Test am Ende der Stunde noch einmal. Tausche anschließend deinen Test mit deinem Nachbarn aus. Überprüft, welche Lösungen richtig sind und welche nicht; jede richtige Lösung ergibt einen Punkt. Fragt im Zweifelsfall euren Lehrer/eure Lehrerin.

Aussagen	zu Beginn der Stunde		am Schluss der Stunde		richtige Antwort	
	Stimmt	Stimmt nicht	Stimmt	Stimmt nicht	Stimmt	Stimmt nicht
1. Alle einfallende Sonnenstrahlung wird an der Erdoberfläche wie an einem Spiegel reflektiert.	<input type="checkbox"/>					
2. Das CO ₂ hält Wärme in der Atmosphäre zurück. Je mehr CO ₂ in der Luft ist, desto wärmer wird es.	<input type="checkbox"/>					
3. Beim Glastreibhaus wird die Wärmestrahlung im Glas absorbiert, in der Atmosphäre geschieht dies im Gas CO ₂ .	<input type="checkbox"/>					
4. Der Grund für die globale Erwärmung ist ein Loch in der Atmosphäre, durch das die Sonnenstrahlen hereinkommen.	<input type="checkbox"/>					
5. Wegen des Ozonloches kommen mehr Sonnenstrahlen in die Atmosphäre. Deshalb wird es wärmer.	<input type="checkbox"/>					
6. Einfallende Sonnenstrahlung wird von der Erdoberfläche absorbiert und als Wärmestrahlung wieder abgestrahlt.	<input type="checkbox"/>					
7. Wegen der Luftverschmutzung bildet sich eine Art Deckel aus Treibhausgasen oben in der Atmosphäre, der die Wärmestrahlung nicht mehr hinauslässt.	<input type="checkbox"/>					
8. CO ₂ lässt Sonnenstrahlung ungehindert durch, absorbiert aber Wärmestrahlung, die vom Boden kommt.	<input type="checkbox"/>					

Treibhauseffekt

Beantworte mit Hilfe des folgenden Links die unten stehenden Fragen:

<http://www.treibhauseffekt.com/treibhauseffekt/index.htm>

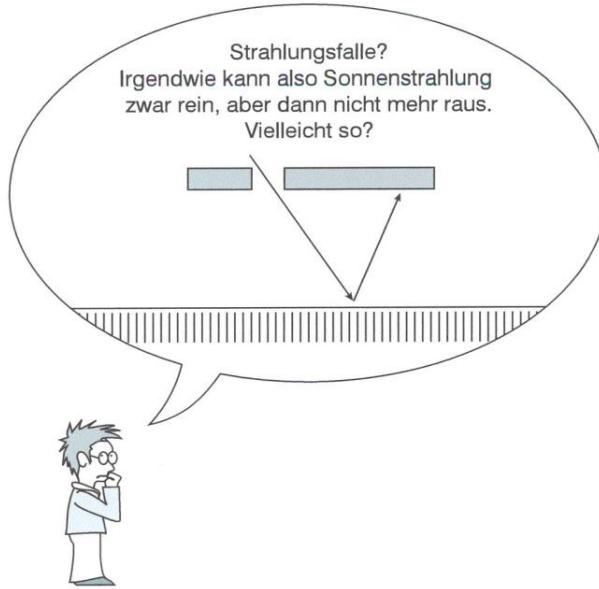
Hinweis: Beachte zuerst die Nummern und drücke dann erst „weiter“!

- 1) Was versteht man unter dem natürlichen beziehungsweise dem anthropogenen Treibhauseffekt? (Erkläre kurz!)
- 2) Erkläre nun genauer das **Prinzip des natürlichen Treibhauseffekts**. Fertige dazu eine übersichtliche **Skizze** an (+ Beschriftung)! Was wäre, wenn es diesen nicht geben würde?
- 3) Welche Funktion haben die **Treibhausgase**?
Nenne 3 Treibhausgase, die zum natürlichen Treibhauseffekt beitragen!
- 4) Nenne die Hauptursache des **anthropogenen Treibhauseffekts**!
- 5) Was versteht man unter dem „**natürlichen Kreislauf**“ von **Kohlenstoffdioxid (CO₂)**?
Wie wird dieser „natürliche Kreislauf“ gestört?
- 6) Welche **Treibhausgase** tragen zum anthropogenen Treibhauseffekt bei?
- 7) Fertige nun auch eine übersichtliche **Skizze des anthropogenen Treibhauseffekts** an!
(+ Beschriftung)
- 8) Wie hat sich die **Durchschnittstemperatur der Erdoberfläche** verändert?
- 9) Welche **Klimaveränderungen** wurden bereits festgestellt?
- 10) Nenne 3 Auswirkungen die sich im Zuge der Klimaveränderung in Zukunft ergeben können!

3. Unterrichtseinheit

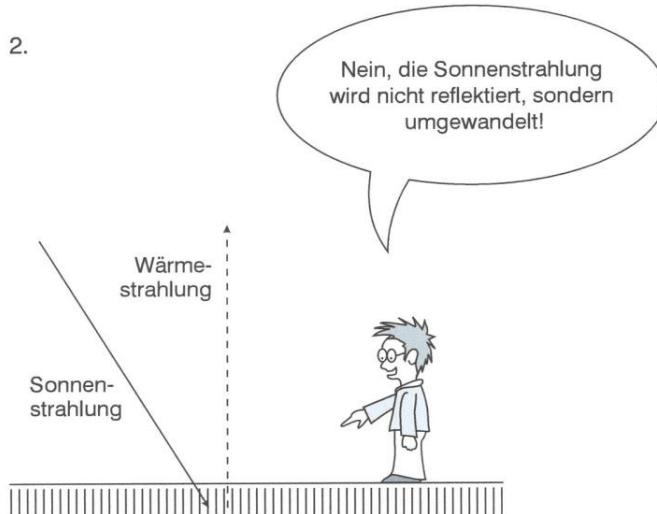
Der globale Treibhauseffekt als Strahlungsfalle

1.



Viele stellen sich den Treibhauseffekt so vor: Sonnenstrahlung dringt durch ein „Loch“ in der Atmosphäre (z. B. das Ozonloch) ein, wird am Erdboden reflektiert und findet dann den „Ausgang“ nicht mehr. Aber Achtung: **Das ist falsch!**

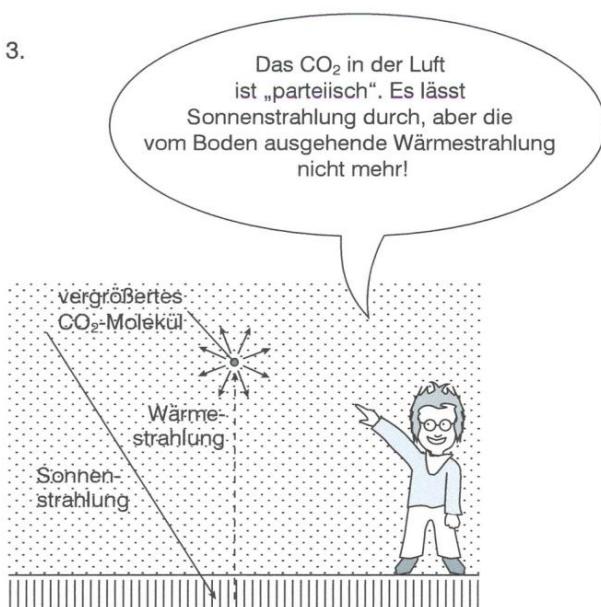
2.



Der Erdboden „schluckt“ die Sonnenstrahlung (= **Absorption**). Dadurch wird er erwärmt. Diese Wärme strahlt er dann wieder nach oben ab, nicht als unveränderte Sonnenstrahlung wie bei einem Spiegel (Reflexion), sondern als Wärmestrahlung, mit viel größerer Wellenlänge. Der Erdboden absorbiert („schluckt“) also die Sonnenstrahlung und wandelt sie in Wärmestrahlung um.

Der globale Treibhauseffekt als Strahlungsfalle

3.



Die Luft enthält das Gas Kohlenstoffdioxid (CO₂), das in der Luft gleichmäßig verteilt ist. Im CO₂ findet „selektive Absorption“ statt: Das CO₂ lässt die sichtbare (**kurzwellige**) **Sonnenstrahlung** fast ungehindert durch, aber es absorbiert die (**langwellige**) **Wärmestrahlung** von der Erdoberfläche. Durch nimmt das CO₂ Energie auf und die Atmosphäre wird wärmer. Das nennt man den Treibhauseffekt!

4.



Die natürliche Menge an CO₂ in der Atmosphäre ermöglicht das Leben auf der Erde, denn ohne CO₂ wäre es auf der Erde zu kalt (= natürlicher Treibhauseffekt). Wenn nun aber aus Heizungen, Industrieanlagen, Kohlekraftwerken und durch den Verkehr immer mehr vom Menschen freigesetztes CO₂ hinzukommt, steigt die globale Temperatur, mit weitreichenden Folgen (= durch den Menschen verstärkter Treibhauseffekt).

Aufgaben

1. Sieh dir die Abbildungen und Texte 1–4 genau an und markiere mit einem Farbstift, was für dich neu ist.
2. Lege die Zeichnungen beiseite. Nimm dir stattdessen ein leeres Blatt Papier und schreibe einen kurzen Text, in dem du in eigenen Worten die „Strahlungsfalle“ Treibhauseffekt erklärst. Fertige auch eine eigene Zeichnung zu deinem Text an.
3. Tausche deine Erklärung mit einem Mitschüler aus. Korrigiert gemeinsam eure Erklärungen mit Hilfe dieses Arbeitsblattes.

Station 2:

Kohlenstoffdioxid-Emissionen pro Einwohner

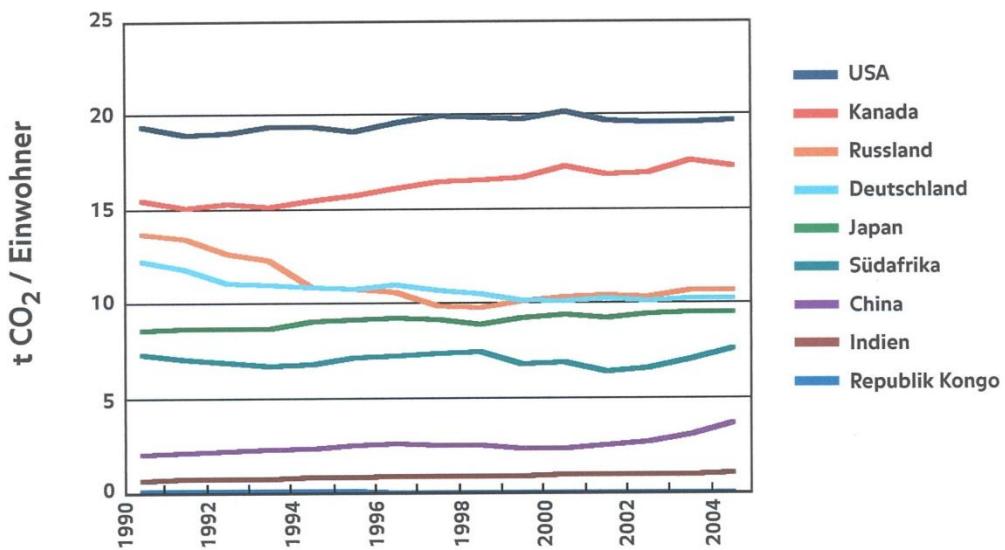
Sieh dir die Darstellung unten genau an und beantworte folgende Fragen:

- 1) Nenne die 3 Länder mit den höchsten CO₂-Emissionen pro Einwohner!
- 2) Betrachte die Entwicklung der pro Kopf-Emissionen in den Jahren 2003-2005 und gib an:
 - in welchen Ländern sind die Emissionen gestiegen?
 - in welchen Ländern sind die Emissionen gesunken?

Warum ist das deiner Meinung nach so? Kannst du eine Tendenz erkennen?

- 3) Wie hoch sind die CO₂-Emissionen in der Republik Kongo, einem Entwicklungsland?

Abb. 7: Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen pro Einwohner zwischen 1990 und 2004 für neun ausgewählte Länder



Quelle: eigene Darstellung nach IEA 2006

Station 3:

Das Kyoto-Protokoll

1997 trafen sich in Kyoto (Japan) zahlreiche Politiker zu einer Klimakonferenz, um das Vorgehen zum weltweiten Klimaschutz zu besprechen. Die Vereinbarungen wurden im so genannten Kyoto-Protokoll festgehalten. Sie haben zum Ziel, die weltweite Emission von Treibhausgasen zu senken, die als Auslöser der globalen Erwärmung gelten. Die Zunahme der Treibhausgase wird größtenteils auf menschliche Aktivitäten zurückgeführt. Da die Senkung der Treibhausgase ein weltweites Problem darstellt und der Klimaschutz nur global angegangen werden kann, verlangt das Kyoto-Protokoll auch die Zusammenarbeit der Länder. Die Vertragsstaaten haben das Ziel, ihre Emissionen bis zum Jahr 2012 im Durchschnitt um 5 % unter das Niveau von 1990 zu senken. Die einzelnen Staaten haben dabei jedoch verschiedene Vorgaben. EU-Staaten und die Schweiz streben z.B. eine Senkung um 8 % an, für China, Indien und Entwicklungsländer sind dagegen keine Einschränkungen vorgesehen.

Wenn ein Staat das Kyoto-Protokoll ratifiziert, d.h. den Vertrag unterschreibt, werden alle darin enthaltenen Forderungen für ihn verbindlich. Bei Nichteinhaltung werden die Staaten bestraft. Das Kyoto-Protokoll trat in Kraft, als es die 55 Staaten ratifiziert hatten, die zusammen im Jahr 1990 für mindestens 55 % der Treibhausgas-Emissionen verantwortlich waren. Dies geschah am 16. Februar 2005. Zu diesem Zeitpunkt hatten 141 Staaten das Kyoto-Protokoll ratifiziert, die zusammen 85 % der Weltbevölkerung und 62 % des weltweiten Kohlenstoffdioxid-Ausstoßes abdeckten. Allerdings möchten mittlerweile einige Vertragsländer wieder aus den Vereinbarungen aussteigen. Dadurch rückt das Ziel der Treibhausgas-Senkung in weitere Ferne. Heute kann sogar eine erneute Steigerung der Emissionen nachgewiesen werden.

1. Was verstehst du unter dem „Kyoto-Protokoll“?
2. Warum ist die Zusammenarbeit der Länder wichtig?
3. Was bedeutet das Verb „ratifizieren“?

4. Unterrichtseinheit:

Folgen des globalen Klimawandels

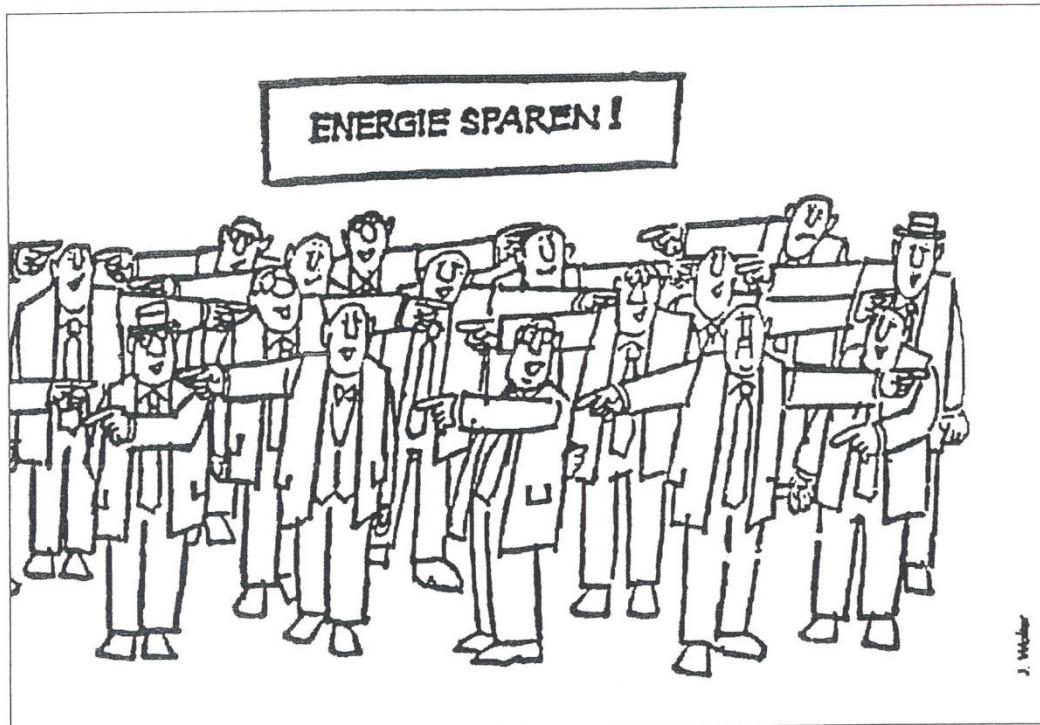
Steigende CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, steigende mittlere Temperatur auf der Erde, steigender Meeresspiegel – dies alles zieht weitere konkrete Folgen für Natur und Mensch nach sich. Welche genau, kann natürlich niemand vorhersagen. Es gibt aber eine Reihe von möglichen Auswirkungen, die mehr oder weniger wahrscheinlich sind. Auch sie wurden vom IPCC zusammengetragen und bewertet. Einige davon zeigt die Tabelle auf.

Veränderungen von Klimaphänomenen	Beispiele von sehr wahrscheinlichen Auswirkungen
mehr heiße Tage und Hitzewellen über fast allen Landmassen	mehr Todesfälle und ernsthafte Krankheiten verstärkter Hitzestress für Vieh und Wildtiere Verschiebung von Touristenzielen zunehmendes Schadensrisiko mancher Nutzpflanzen zunehmender Bedarf an elektrischer Kühlung
weniger Frosttage und Kältewellen	Abnahme kältebedingter Krankheits- und Sterberaten Sinkendes Risiko von Schäden für eine Anzahl von Nutzpflanzen und steigendes Risiko für andere einige Schädlinge und Krankheitsüberträger breiten sich stärker aus reduzierter Heizenergiebedarf
stärkere Regen- und Schneefälle	Zunahme von Schäden durch Überschwemmungen, Erdrutsche und Lawinen zunehmende Bodenerosion einige Grundwasserspeicher sind besser gefüllt verstärkter Druck auf staatliche und private Überschwemmungs-Versicherungssysteme
zunehmende Trockenheit im Sommer, steigendes Dürre-Risiko	sinkende Ernteerträge zunehmende Schäden an Gebäudefundamenten sinkende Qualität und Quantität von Wasserressourcen steigendes Waldbrandrisiko
Zunahme der maximalen Windgeschwindigkeiten	stärkere Gefährdung von menschlichem Leben, Risiko von Infektionskrankheits-Epidemien und viele andere Risiken zunehmende Eigentums- und Infrastrukturverluste zunehmende Küstenerosion und Schäden an Küstenbauwerken zunehmende Schädigung von Küstenökosystemen wie Korallenriffen und Mangroven

1. Lest euch die Tabelle genau durch. Wird der Klimawandel ausschließlich negative Folgen haben?
2. Kennzeichnet positive und negative Auswirkungen mit verschiedenen Farben!
3. Welche Folgen könnten auf eure Region zutreffen? Hebt auch diese hervor!
4. Diskutiert, wie diese möglichen Auswirkungen euer Leben verändern würden!

5. Unterrichtseinheit:

1. Beschreibe, was die Karikatur aussagt. Erkläre, woher diese Haltung kommt und überlege, wie man die dargestellte Situation vermeiden könnte.
2. Überlege, wann und wofür du im Alltag Energie benötigst. Lege dazu eine Tabelle mit den Kategorien Schule, Wohnen, Freizeit und Transport an. Liste auf, wofür du in welcher Kategorie Energie benötigst.
3. Kennzeichne die Aspekte, bei denen du Energie einsparen möchtest und kannst.



Quelle: www.thierrygen.de/Downloads/Karikaturen/Umwelt/umwelt.htm

6. Unterrichtseinheit

DEIN BEITRAG ZUM KLIMASCHUTZ: www.footprint.ch

ESSEN

- Wie oft essen Sie Fleisch?
- Wie oft essen Sie Fisch?
- Wie oft essen bzw. trinken Sie Eier, Milch oder Milchprodukte?
- Welchen Anteil haben frische, unverpackte Lebensmittel in Ihrer Küche?
- Welchen Anteil haben regionale Lebensmittel in ihrer Küche?
- Wie häufig kaufen Sie Bioprodukte?
- Wie häufig kaufen Sie Fische oder Meeresfrüchte mit BIO – oder MSC –Label

KONSUM

- Wie viele neue Kleider, Schuhe oder Sportbekleidung kaufen Sie pro Monat?
- Wie viel Ihrer Ersparnisse, Investitionen und Vorsorgegelder sind ökologisch nachhaltig angelegt?
- Wie oft kaufen Sie Unterhaltungselektronik, Computer und andere Elektrogeräte?
- Wie oft kaufen Sie Bücher, Zeitschriften und Zeitungen?
- Wie viel Papier recyceln Sie?
- Wie viel Glas, Metall, Batterien und PET-Flaschen recyceln Sie?
- Wie oft kaufen Sie FSC – Produkte (Holz, Möbel, Papier)?
- Wie viele neue Möbel und Einrichtungsgegenstände kaufen Sie pro Jahr?

WOHNEN (Gebäude)

Wie lässt sich das Haus, in dem Sie wohnen, am Besten beschreiben?

- Einfamilienhaus oder Reihenhaus, Baujahr vor 1980
 - Einfamilienhaus oder Reihenhaus, Baujahr nach 1980
 - Mehrfamilienhaus mit Baujahr vor 1980
 - Mehrfamilienhaus mit Baujahr nach 1980
 - Minergie - Haus
 - Minergie – P (Passivhaus)
- Womit wird Ihr Zuhause im Winter hauptsächlich beheizt?
 - Aus welchen Baumaterialien besteht das Haus hauptsächlich?
 - Wie groß ist Ihre Wohnung / Ihr Haus?
 - Wie viele Personen leben in Ihrem Haushalt?
 - Bereiten Sie Ihr Warmwasser mit Sonnenenergie auf?
 - Auf wie viel Grad heizen Sie im Winter Ihr Zuhause

WOHNEN (Strom)

- Verwenden Sie Energiesparlampen?
- Schalten Sie Ihre Elektrogeräte ganz aus, wenn Sie sie nicht benützen (kein Standby)?
- Wie viel Strom beziehen Sie aus erneuerbaren Quellen?
- Wie viele Ihrer Haushaltgeräte (Kühlschrank, Waschmaschine, Geschirrspüler, usw.) haben eine Energieeffizienz der Klasse A oder besser?
- Wählen Sie die tiefst mögliche Waschtemperatur beim Waschen Ihrer Kleider?
- Wie trocknen Sie Ihre Wäsche?

MOBILITÄT

- Wie oft sind Sie zu Fuß oder per Fahrrad unterwegs?
- Wie viele Kilometer legen Sie jährlich per Auto zurück (als Fahrer/-in oder als Beifahrer/-in)?
- Wie viele Kilometer legen Sie jährlich per Motorrad zurück (als Fahrer/-in oder als Beifahrer/-in)?
- Wie viele Liter Benzin verbraucht Ihr Auto pro 100 km?
- Wie viele der oben erwähnten Autokilometer legen Sie mit einem Carsharing-Auto (Mobility) zurück?
- Wie viele Kilometer legen Sie wöchentlich per Zug zurück?
- Wie viele Kilometer legen Sie wöchentlich per Bus oder Tram zurück?
- Wie viele Stunden reisen Sie jährlich mit dem Flugzeug?

13 ERKLÄRUNG

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

„Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt 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 auch noch nicht veröffentlicht.“

Wien, im September 2010

Unterschrift der Verfasserin

14 LEBENSLAUF

Persönliche Daten

Name: Christiane Mauthner
Adresse: Michael-Haydn-Gasse 8, A-2471 Rohrau
Familienstand: Ledig
Staatsangehörigkeit: Österreich
Geburtsdatum und -ort: 3. September 1985 in Hainburg/Donau (NÖ)

Schulbildung

Universität Wien: Lehramt Chemie, Spanisch, seit 2004
Universidad de Salamanca: von September 2007 bis Jänner 2008,
Studienrichtung Chemie (europäisches Mobilitätsprogramm « Erasmus-Sokrates »)
Wirtschaftskundliches Realgymnasium: von 1996 bis 2004 in Bruck/Leitha
Volksschule: von 1992 bis 1996 in Rohrau

Praktika und berufliche Erfahrung

Seit September 2008: Tutorin am chemischen Institut der Universität Wien für „Chemische Übungen für Biologen und Ernährungswissenschaftler“
Seit April 2008: Nachhilfelehrerin in den Fächern Deutsch, Englisch, Spanisch, Mathematik und Chemie als geringfügig Angestellte des Studienkreises
Juli 2004, 2005 und 2007: Ferialpraktikantin im Archäologischen Park Carnuntum, in Petronell Carnuntum
Juli 2002: Ferialpraktikantin im Tchibo Vertriebszentrum, Eco Plus Park, in Bruck/Leitha

Zertifikate

Reife- und Diplomprüfungszeugnis: mit ausgezeichnetem Erfolg, 2004

Besondere Kenntnisse

Sprachkenntnisse: Deutsch (Muttersprache)
Englisch (flüssig in Wort und Schrift)
Spanisch (flüssig in Wort und Schrift)
Latein (Maturaniveau)
Italienisch (Grundkenntnisse)
Führerschein: B
EDV-Kenntnisse: Microsoft Word, Excel, Access, Power Point, Internet