



# DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Anhand einer Schulbuchanalyse didaktisch konstruierte  
Vermittlungsansätze zum Thema Klimawandel“

verfasst von / submitted by

Franz Eisenecker

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

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

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

A 190 445 412

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

Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde, UF Physik

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Erich Eder



## **Danke**

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich in jeder Lage während des Verfassens dieser Arbeit unterstützt haben.

Auch bei meinen Betreuern Michael Kiehn und Erich Eder, die mich sehr engagiert und routiniert betreut, mir mit ihren Ideen weitergeholfen haben, möchte ich mich herzlich bedanken.

Einen großen Dank richte ich auch an meine Schülerinnen und Schüler, die mich mit ihren Gedanken und Sichtweisen inspiriert haben. Durch sie konnte ich meine Arbeit immer wieder überdenken und hilfreiche Impulse gewinnen.



# Inhalt

1	Konzept.....	11
1.1	Forschungsziel .....	11
1.2	Lehrplanbezug .....	11
1.3	Modell der didaktischen Rekonstruktion .....	12
1.3.1	Fachliche Konzepte und zentrale Begriffe definieren und klären.....	12
1.3.2	Leistungen des Modells.....	12
1.4	Methode der Schulbuchanalyse .....	13
1.4.1	Minimalkonsens der Schulbuchbeurteilung.....	13
1.5	Das Tool LEVANTO 2.0 .....	14
1.5.1	Grenzen von LEVANTO 2.0 .....	14
1.5.2	Beurteilungskriterien nach LEVANTO 2.0.....	15
2	Schulbuchanalyse „bio@school 6“ .....	17
2.1	Eckdaten .....	17
2.2	Thematisch-inhaltlicher Bereich.....	17
2.2.1	Inhalt.....	17
2.2.2	Diversität .....	46
2.3	Formal-gestalterischer Bereich .....	47
2.3.1	Gestaltung und Übersicht .....	47
2.4	Pädagogisch didaktischer Bereich .....	51
2.4.1	Lehrplankongruenz.....	51
2.4.2	Lernprozess .....	51
2.4.3	Zielgruppenorientierung .....	52
2.4.4	Individualisierung .....	53
3	Schulbuchanalyse „Kernbereiche Biologie 6“ .....	56
3.1	Eckdaten .....	56

3.2	Thematisch-inhaltlicher Bereich .....	56
3.2.1	Inhalt.....	56
3.2.2	Diversität .....	87
3.3	Formal-gestalterischer Bereich .....	88
3.3.1	Gestaltung und Übersicht .....	88
3.4	Pädagogisch-didaktischer Bereich.....	89
3.4.1	Lehrplankongruenz.....	89
3.4.2	Lernprozess .....	90
3.4.3	Zielgruppenorientierung .....	90
3.4.4	Individualisierung .....	92
4	Schulbuchanalyse „klar Biologie 6“ .....	98
4.1	Eckdaten .....	98
4.2	Thematisch-inhaltlicher Bereich.....	98
4.2.1	Inhalt.....	98
4.2.2	Diversität .....	113
4.3	Formal-gestalterischer Bereich .....	113
4.3.1	Gestaltung und Übersicht .....	113
4.4	Pädagogisch-didaktischer Bereich.....	116
4.4.1	Lehrplankongruenz.....	116
4.4.2	Lernprozess .....	117
4.4.3	Zielgruppenorientierung .....	118
4.4.4	Individualisierung .....	118
5	Konstruktion der Vermittlungsversuche .....	122
5.1	Einleitung in das Thema „Klimawandel“ .....	122
5.2	Der Kohlenstoffkreislauf.....	122
5.3	Das Klima der Erde.....	123

5.4	Der natürliche Treibhauseffekt ermöglicht das Leben auf der Erde .....	124
5.5	Der Mensch fördert den Treibhauseffekt.....	125
5.6	Die Folgen der Erwärmung betreffen Lebewesen.....	126
5.7	Welche globalen Maßnahmen gegen Klimaprobleme gibt es? .....	127
6	Abbildungsverzeichnis.....	129
7	Literaturverzeichnis.....	131
8	Zusammenfassung.....	138

## **Abstract**

In this thesis, I analyse three school textbooks of grade 10, higher secondary school (grade 6 AHS). Moreover, I give suggestions for improvements based on the conducted analyses, which could adhere to the strengths of these textbooks.

The textbooks overall show similar mistakes regarding the discourse on the greenhouse effect as greenhouse gases are depicted as a layer which in reality does not exist. Furthermore, the greenhouse effect is directly compared to a greenhouse, although this view cannot be accepted by scientists.

Apart from these subject-specific errors, either too detailed or too general information is presented. As a result, enormous potential is wasted that could help to deal with significant effects of climate change. Usually, the blame for climate change is cast exclusively on humans, even though science still has not worked out the full causality. This inhibits the independent construction of students' thoughts and opinions.

Finally, I suggest improvements to avoid the flood of irrelevant information and instead to communicate the complexity of the greenhouse effect and possible measures against it. For example, natural impacts on climate have to be included as well.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

## Einleitung

*Wenn der Mensch nicht über das nachdenkt, was in ferner Zukunft liegt,  
wird er das schon in naher Zukunft bereuen.*

(Konfuzius, chinesischer Philosoph, 551–479 v. Chr.)

Jedes Jahr hört man von Klimakonferenzen, neueren effizienteren Technologien, größer werdendem Ozonloch, Anstieg des Meeresspiegels, Emissionshandel, Leugnern und Leugnerinnen des Klimawandels in der USA, methanemittierenden Rindern, Abgasskandalen in der Automobilindustrie und absterbenden Korallen. Der Klimawandel wird in der Gesellschaft neben Kriegen als das größte Problem der Menschheit angesehen. Schlägt man die Zeitung auf, findet man darin jeden Tag Ideen, wie der CO<sub>2</sub>-Ausstoß gesenkt werden kann. Berichte über Wirbelstürme, Dürre, Gletscherschmelze und mit dem Privatjet reisende Politiker und Politikerinnen haben wöchentlich Platz in den Medien. Doch was kann ich gegen diese Probleme tun? Ist der Treibhauseffekt in meinem Gewächshaus schädlich? Diese Fragen sind nur ein Bruchteil derer, die sich bei der Behandlung des Klimathemas im Unterricht und auch außerhalb der Schule stellen.

Grundlegende physikalische Konzepte sind die Voraussetzung für das Verstehen der Kreisläufe in der Natur. Kohlenstoffkreislauf, Wasserkreislauf und Treibhauseffekt können nur so verstanden und im Klimathema eingeordnet werden. Die Brücke zwischen diesen Inhalten und den Schülerinnen und Schülern zu legen, ist die Aufgabe der Lehrperson. Lehrerinnen und Lehrer greifen bei der Unterrichtsplanung oft auf Schülervorstellungen und Schulbücher zurück, in denen wissenschaftliche Inhalte meist auf das Geringste reduziert sind. Schülervorstellungen zum Treibhauseffekt führen zum Glashauseffekt, der physikalisch betrachtet nicht als Vergleich herangezogen werden kann. Als „roter Faden“ kann das kognitive emotionale handelnde Lernen, angesetzt an den Klimaproblemen, verwendet werden. In einem lebensnahen Fach wie Biologie und Umweltkunde werden Inhalte in Schulbüchern bildlich dargestellt und verlangen, je nach Situation, eine didaktisch adaptive Einbettung. Besonders beim Klimathema erfordert es ein fachlich richtiges Verständnis der Lehrperson. Den Ler-

nenden muss nach der Übermittlung der Schlüsselkonzepte vor Augen gehalten werden, welche Maßnahmen gegen das Klimaproblem global getroffen wurden und werden. Abschließend verlangt es nach Vorschlägen und der Bearbeitung individueller Maßnahmen, die jede Person tätigen kann.

# 1 Konzept

## 1.1 Forschungsziel

Ziel der Arbeit ist es, einen Vermittlungsversuch zu erstellen, der es der Lehrkraft ermöglicht, das Thema Klimawandel in der 6. Klasse einer AHS didaktisch adaptiv, interdisziplinär und orientiert an der Handlungskompetenz in den Unterricht einzubetten. Aus der Klärung der Fachinhalte, speziell aus dem Sachbestand anhand einer Schulbuchanalyse, wird der „Ist-Stand“ von Vermittlungsansätzen erhoben. Aus diesen Ergebnissen wird eine didaktische Rekonstruktion erstellt, in der es vorwiegend darum geht, fachliche Vorstellungen aus Lehrbüchern und wissenschaftlichen Quellen mit den Perspektiven der Schülerinnen und Schüler so zu verknüpfen, dass ein Schulbuchkonzept erstellt werden kann. Da der Klimawandel ein sehr komplexes und zum Teil noch unerforschtes Thema ist, wird er im abschließenden Vermittlungsvorschlag für die freie Meinungsbildung sowie als Mittel des kognitiven emotionalen handelnden Lernens verwendet.

## 1.2 Lehrplanbezug

Explizit wird das Thema Klimawandel im Lehrplan der 6. Klasse der AHS-Oberstufe im Bildungsbereich „Ökologie und Umwelt“ erwähnt (Bildungsministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung 2017). Im Lehrplan für das Realgymnasium und Oberstufenrealgymnasium mit ergänzendem Unterricht in Biologie und Umweltkunde, Physik und Chemie (Bildungsministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung 2017) wird das eng mit dem Klimawandel verbundene Thema Nachhaltigkeit eingeführt. Charakteristika nachhaltiger Entwicklung sollen an den Beispielen Energie, Verkehr oder Tourismus dargelegt und deren Realisierungsmöglichkeiten diskutiert werden.

Da der Klimawandel ein interdisziplinäres Thema der Naturwissenschaften ist, wird hier kurz auf den Lehrplan für Physik eingegangen.

Im AHS-Lehrplan für Physik wird in der 7. und 8. Klasse der Punkt „Einblicke in den Strahlungshaushalt der Erde gewinnen und Grundlagen der konventionellen und alternativen Energiebereitstellung erarbeiten“ erwähnt.

### **1.3 Modell der didaktischen Rekonstruktion**

Die fachliche Klärung meiner Arbeit sowie die Zielsetzung des geplanten Vermittlungsversuchs werden nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Duit et. al. 1997) gestaltet. Vorweg ist zu sagen, dass die Einbindung der Schülerperspektiven des Modells hier kurz erwähnt wird, jedoch diese für die hier vorliegende Analyse nicht berücksichtigt werden.

Der essentielle Ansatz der Arbeit ist die Analyse der elementaren fachlichen Inhalte, welche in den drei folgenden Punkten dargestellt ist:

- Elementarisierung als Vereinfachung (didaktische Rekonstruktion)
- Elementarisierung als Identifizierung des elementaren Inhalts (key concepts)
- Elementarisierung als Zerlegung in Unterrichtselemente, die lernbar sind (Abwägen der „fachlichen Zuverlässigkeit“ und der „Erlernbarkeit“)

#### **1.3.1 Fachliche Konzepte und zentrale Begriffe definieren und klären**

Zur Analyse der vereinfachten, elementarisierten Inhalte der Schulbücher müssen sich folgende Fragen gestellt werden:

- „Welche fachwissenschaftlichen Aussagen liegen vor und wo sind deren Grenzen?“
- Welche Genese, Funktion und Bedeutungen haben die fachlichen Begriffe und in welchem Kontext stehen sie jeweils?
- Welche Fachwörter werden verwendet und welchen Termini liegen durch ihren Wortsinn lernhinderliche bzw. lernförderliche Vorstellungen nahe?“ (Duit et. al. 1997, S.11)

Diese Fragen fließen im Rahmen der Analyse auf Korrektheit der jeweiligen Schulbücher mit ein und sind der Ursprung der inhaltlichen Analyse. Sind die Inhalte fachdidaktisch adaptiv eingebettet, so dass elementarisierte wissenschaftliche Inhalte von der Seite der Wissenschaft noch akzeptabel bzw. übermittelt werden können?

#### **1.3.2 Leistungen des Modells**

Nach dieser Arbeit, in der aus einer Schulbuchanalyse ein Verbesserungsvorschlag gestaltet wird, wäre der nächste Schritt eine Auseinandersetzung mit den Schülervorstellungen, um die Leistung des Modells maximal auskosten zu können. Dieser Ansatz wäre eine weitere Forschungsarbeit, die direkt an die hier vorliegende anknüpfen würde.

Folgende Anknüpfungspunkte können nach der Schulbuchanalyse zur Erstellung von Unterrichtskonzepten als Ausgang verwendet werden, um weiters über den Weg des Lernens die Schülerinnen und Schüler nahe an wissenschaftliche Vorstellungen heranzuführen:

- „Gestaltung der fachlichen Klärung als fachdidaktische Aufgabe
- Schülervorstellungen sind notwendige Anknüpfungspunkte des Lernens
- Schülervorstellungen werden als Ergebnis der bisherigen Lerngeschehnisse geachtet
  - Sie können theorieähnlich interpretiert werden (um mit fachwissenschaftlichen Theorien vergleichen zu können).
  - Sie sind nicht grundsätzlich als falsch zu werten.
  - Sie sind notwendige Anknüpfungspunkte des Lernens.“ (Duit 1997, S.14)

## **1.4 Methode der Schulbuchanalyse**

In der Schulbuchforschung überwiegen die nationalen Besonderheiten das Gemeinsame der Länder.

„Das Gemeinsame liegt im Einstieg in die Auseinandersetzung mit Schulbüchern (von der Praxis her), in den Forschungsansätzen (“approaches“ wäre treffender) und in den gegenwärtigen angewandten Analysemethoden“ (Olechowski 1995, S.57).

Schulbuchanalysen sind ein zentrales Feld der Schulbuchforschung, die man aus verschiedenen Interessen betrachten kann, wie aus Interessen der Zeitgeistforschung, der Ideologie- und Vorurteilkritik, der Lernpsychologie oder der Völkerverständigung (Fritsche 1992). Orientiert an den sechs Grundregeln der Schulbuchanalyse von Peter Meyers, welche immer noch das Fundament jeder Schulbuchanalyse bilden (Meyers 1976), werden in die Methode der in dieser Arbeit verwendeten Analyse nach dem LEVANTO-Tool 2.0, einfließen.

### **1.4.1 Minimalkonsens der Schulbuchbeurteilung**

Unter den agierenden Personen der Schulbuchforschung sind die verwendeten Beurteilungskriterien für Schulbücher sehr unterschiedlich. Die Maßstäbe variieren hier stark, jedoch bieten Kriterien eine Möglichkeit, Urteile vergleichbar zu machen. Peter Fritsche benennt dazu fünf Kriterien. „Es bleibt zu beachten, dass der Allgemeingrad der Kriterien recht hoch ist und somit Raum für unterschiedliche Interpretationen gibt“ (Fritsche 1992, S.18).

1. Wissenschaftliche Angemessenheit
2. Didaktischer Standard (Multiperspektivität)
3. Vorurteilsfreiheit und Vorurteilkritik
4. Transparenz
5. Angemessene Bildrhetorik

Das Schulbuch soll nicht der Bezugswissenschaft widersprechen. Die diversen Standpunkte der Gesellschaft müssen berücksichtigt werden, jedoch sollte sich das Schulbuch auf begründbare und der Wissenschaft genügende Inhalte beziehen. Besonders in kultureller und religiöser Hinsicht muss das Schulbuch neutral orientiert sein und Spielraum für Toleranz vorhanden sein. Die verborgenen Annahmen, welche heutzutage als Schülervorstellungen oder Alltagsvorstellungen bezeichnet werden, müssen berücksichtigt werden. Dies wird als Transparenz bezeichnet. Der letzte Punkt „Angemessene Bildrhetorik“ deutet auf die korrekte Darstellung fachlicher Inhalte in Abbildungen, Grafiken und Fotos. Hier liegt eine große Gefahr der Manipulation vor (Fritsche 1992).

## **1.5 Das Tool LEVANTO 2.0**

Zur Beurteilung von Lehrmitteln wird das flexible Online-Instrument LEVANTO herangezogen. Es ist ein komplex aufgebautes Sammelwerk, welches rund 200 Beurteilungskriterien nach der ersten Sichtungphase der Entwicklung beinhaltet. Diese teilweise ähnlichen und überschneidenden Aspekte wurden bei einer Expertenevaluation von Fachleuten auf 52 Kriterien zusammengelegt (Schwippert et. al. 2012).

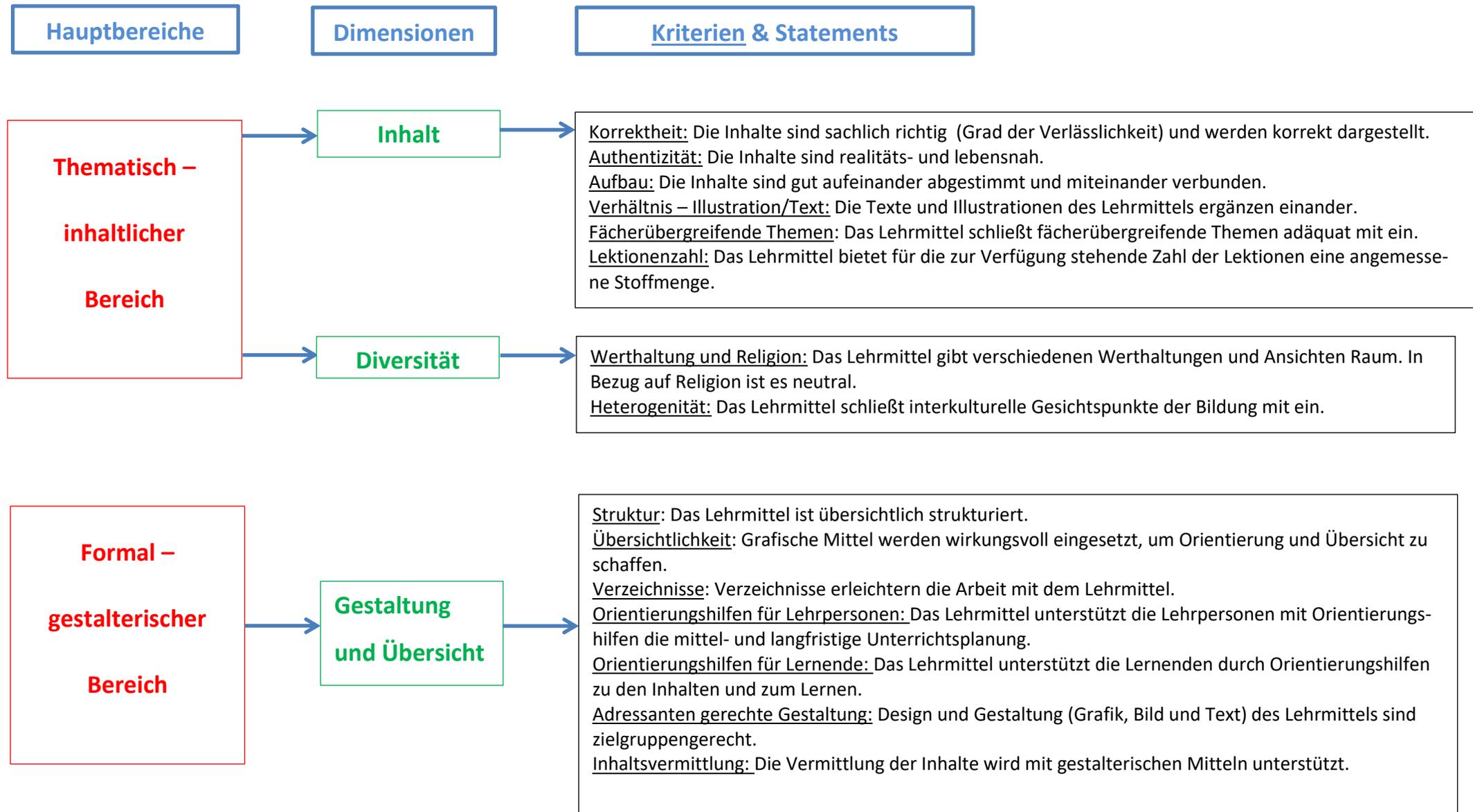
### **1.5.1 Grenzen von LEVANTO 2.0**

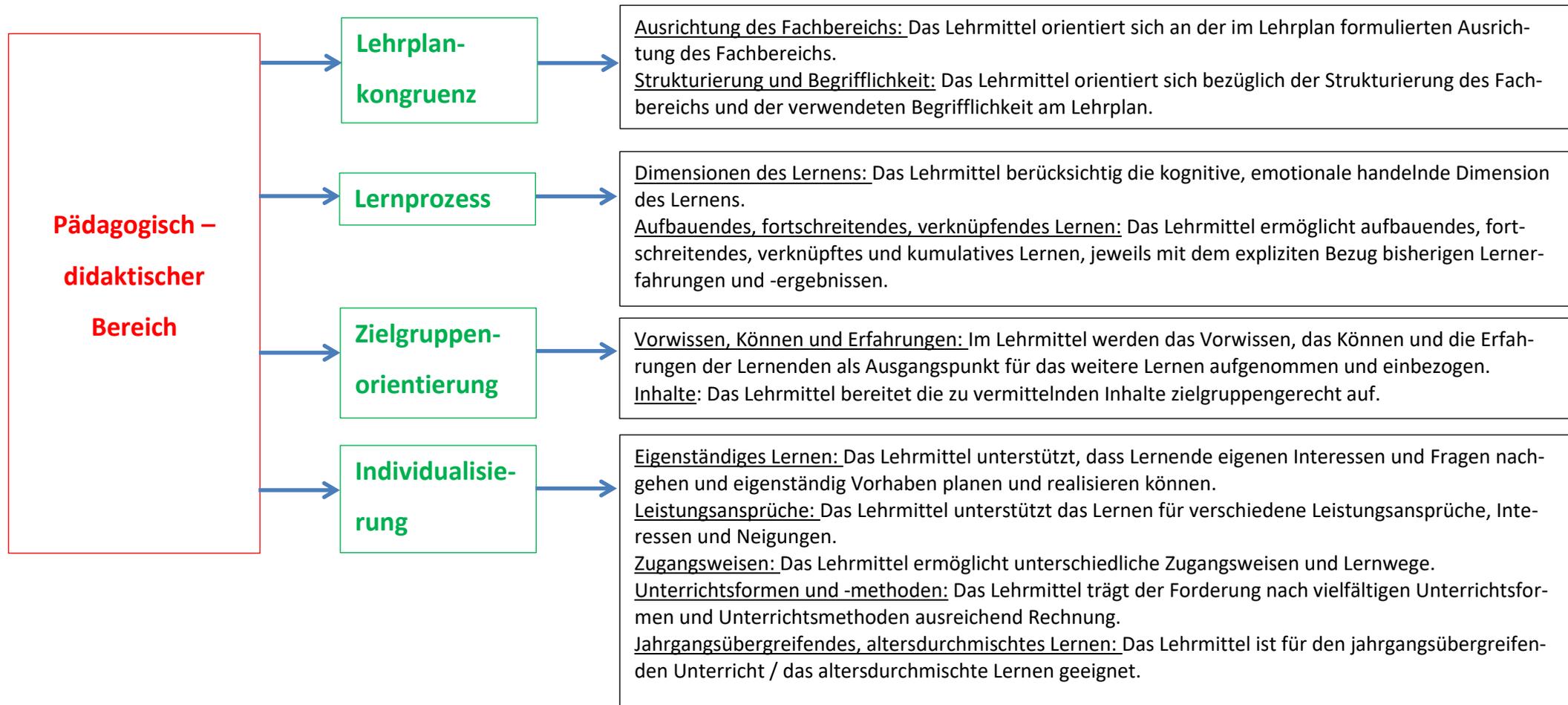
Da LEVANTO 2.0<sup>1</sup> keine fachbezogenen Kriterien besitzt, sollten diese auf eigene Weise mit einfließen. Grundsätzlich beinhaltet das für diese Schulbuchanalyse die wichtigsten Beurteilungskriterien um die fachliche Korrektheit im Text als auch in grafischen Mitteln klären zu können. Die weiteren Beurteilungskriterien ergänzen die inhaltlichen, um eine schlüssige Analyse durchführen zu können.

---

<sup>1</sup> Die Beurteilungskriterien die auf den nächsten Seiten in einer Übersicht dargestellt werden, wurden aus LEVANTO 2.0 – Fachbereichsübergreifende Beurteilungskriterien von Interkantonale Lehrmittelzentrale ilz (2015) entnommen.

## 1.5.2 Beurteilungskriterien nach LEVANTO 2.0





## 2 Schulbuchanalyse „bio@school 6“

### 2.1 Eckdaten

Die 1. Auflage des Schulbuchs „bio@school 6“ wurde vom VERITAS-Verlag 2015 herausgegeben. Andreas Schermaier, Herbert Weisel und Katharina Hirschenhauser sind die Autoren des 219 Seiten beinhaltenden Schulbuchs. Laut Bescheid des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur vom 16.12.2014 ist es gemäß den Lehrplänen 2004 für den Unterrichtsgebrauch in Allgemeinbildenden Höheren Schulen, 6. Klasse (Biologie und Umweltkunde), und in Bildungsanstalten für Elementarpädagogik, 2.-3. Klasse (Biologie und Umweltkunde), zugelassen. Das aus umweltfreundlich hergestelltem Papier gedruckte Schulbuch wird umhüllt von einem gelben, schlicht gehaltenen Cover, das mit einer rasterelektronenmikroskopischen Abbildung zweier Pollenkörner versehen ist. In der rechten oberen Ecke ist gekennzeichnet, dass dieses Buch für AHS und BHS verwendet werden kann. Die große Ziffer 6 am rechten Seitenrand weist auf die Verwendung des Schulbuchs in der 6. Klasse hin.

### 2.2 Thematisch-inhaltlicher Bereich

#### 2.2.1 Inhalt

##### 2.2.1.1 Korrektheit

**Der einleitende Abschnitt des Themas „Das Klima der Erde und die Kohlenstoffdioxidproblematik“ beginnt auf Seite 173 mit der alltagsbezogenen Fragestellung, ob der Klimawandel durch die Menschheit verursacht wurde. Es wird behauptet, dass zurzeit die Durchschnittstemperatur auf der Erdoberfläche steigt.<sup>2</sup>**

Laut „Klimaänderungen 2013 – Naturwissenschaftliche Grundlagen“ ist jedes der letzten drei Jahrzehnte an der Erdoberfläche sukzessive wärmer als das vorangehende Jahrzehnt seit 1850. Darin wird angegeben, dass die Nordhemisphäre wahrscheinlich von 1983-2012 die wärmste 30-Jahre-Periode der letzten 1400 Jahre erlebt hat. Weiterführend wird im Schulbuch auf den Anstieg der Konzentration des Treibhausgases CO<sub>2</sub> seit ca. 150 Jahren und den Anstieg des Meeresspiegels eingegangen. Ein Anstieg der atmosphärischen Konzentration

---

<sup>2</sup> Alle in diesem Kapitel zu analysierenden Aussagen entstammen dem Schulbuch „bio@school 6“ (Schermaier et. al. 2015).

wie im letzten Jahrhundert ist in den letzten 22 000 Jahren nicht vorgekommen. Dieser Behauptung wird in „Klimaänderungen 2013 – Naturwissenschaftliche Grundlagen“ sehr hohes Vertrauen zugeordnet. Außerdem wurde in Eisbohrkernen die höchste Konzentration von CO<sub>2</sub> über die letzten 800 000 Jahre gemessen (Midgley et. al. 2014). Auch der zweite Aspekt, nämlich der Anstieg des Meeresspiegels, wird mit einem hohen Vertrauen angegeben.

„Die Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs seit Mitte des 19. Jahrhunderts war größer als die mittlere Geschwindigkeit in den vorangegangenen zwei Jahrtausenden (hohes Vertrauen). Im Zeitraum 1901 bis 2010 ist der mittlere globale Meeresspiegel um 0,19 [0,17 bis 0,21]m gestiegen.....“ (Midgley et. al. 2014, S.9).

Die Einstufung dieser Aussage mit einem hohen Vertrauensniveau basiert auf die Einschätzung des zugrundeliegenden wissenschaftlichen Verständnisses des Autorenteam von „Klimaänderungen 2013 – Naturwissenschaftliche Grundlagen“. Verwendet werden dabei fünf Stufen: *sehr gering, gering, mittel, hoch und sehr hoch* (Midgley et. al. 2014)

**Auch auf die wohl heikelste und meist diskutierte Ursache des Klimawandels wird in dem einleitenden Text eingegangen. Werden die zwei zuvor diskutierten Aspekte vom Menschen verursacht? Hat der Temperaturanstieg eine natürliche Ursache?**

Von den Autoren wird in „Klimaänderungen 2013 – Naturwissenschaftliche Grundlagen“ angegeben, dass mehr als die Hälfte des beobachteten Anstiegs der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur von 1951 bis 2010 äußerst wahrscheinlich durch den anthropogenen Anstieg der Treibhausgaskonzentration (zusammen mit anderen Antrieben) verursacht wird.

Sehr wahrscheinlich sei, dass es einen wesentlichen anthropogenen Beitrag zum Anstieg des mittleren globalen Meeresspiegels seit den 1970er Jahren gibt, basierend auf dem hohen Vertrauen in den anthropogenen Einfluss auf die zwei größten Beiträge des Anstiegs, die thermische Ausdehnung und den Massenverlust der Gletscher (Midgley et. al. 2014).

**Am Ende dieses kurzen Einstiegs in das Thema werden die Maßnahmen zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und der Widerstand mancher Staaten, wie zum Beispiel USA und China, gegen diese im Klimaschutzvertrag erwähnt.**

Dieser Konflikt der USA und China mit dem Rest der Länder wird in 3.2.1.1 (Korrektheit) genauer unter die Lupe genommen.

Die Verknüpfung zum nächsten Abschnitt wird im Fließtext durch das Ansprechen des globalen Kohlenstoffkreislaufs und seine Veränderung in den letzten Jahrzehnten durch Verbrennung fossiler Energieträger erstellt.

**„Der globale Kohlenstoffkreislauf ist komplex und erst zum Teil erforscht“, lautet die Überschrift des nächsten Abschnitts. Hier werden die vier großen Reservoirs in Atmosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre und Lithosphäre, in denen Kohlenstoff gespeichert wird, vorgestellt.**

**Untermauert wird diese ausführliche Beschreibung von einer vereinfachten Darstellung, die in Abb. 1 zu sehen ist.**

**Der atmosphärische Kohlenstoff ist in Form von CO<sub>2</sub> und in einer geringeren Menge in Form von Methan CH<sub>4</sub> gespeichert.**

Diese erste Aussage wird anhand von Hilbergs „Umweltgeologie“ mittels genauer Mengenangaben analysiert. Das Volumen der atmosphärischen Luft besteht zu 400ppm aus Kohlenstoffdioxid und dem deutlich geringeren Spurenstoff Methan, welches ein Volumen von 1,7ppm nimmt (Hilberg 2015).

**Weiters sollen in der Hydrosphäre, dem Gewässeranteil der Erde, CO<sub>2</sub> und Kohlensäure sowie, 500m unter dem Meeresspiegel, Methanhydrat vorkommen.**

Kohlenstoffdioxid kommt in den Ozeanen und den Festlandgewässern gelöst gasförmig oder als gelöste Salze der Carbonate oder Hydrogencarbonate vor. Regnet es auf der Erde, so wird aus der Atmosphäre ein Teil des Kohlenstoffdioxids ausgewaschen, welches sich mit dem Wasser zu Kohlensäure umwandelt. Diese löst zusätzlich Calciumionen aus den Mineralien der Erdoberfläche und landet in den Gewässern. Methanhydrat kommt in den Ozeanen ab 300m bis 1000m vor, insbesondere im Polargebiet bis 2000m. Das Methanhydrat der Ozeane stammt zum großen Teil aus dem fermentativen Abbau organischer Mikroorganismen an den Kontinentalrändern (Hopp 2016).

**Als drittes Reservoir des Kohlenstoffs werden die kohlenstoffhaltigen Verbindungen in der Biosphäre genannt, wie sie zum Beispiel in Proteinen, Kohlenhydraten, Fetten und in Kalkschalen von Organismen vorkommen.**

Kohlenstoff kommt natürlich in den ersten genannten Beispielen der molekularen Grundbausteine der Organismen vor. Phytoplankton wie zum Beispiel Coccolithophorien enthalten Kohlenstoffverbindungen in ihrem Kalkgehäuse. Nebenbei bilden auch Zooplankton oder Foraminiferen Kalkschalen mit beinhaltenden Kohlenstoffverbindungen (Liebzeit 2011).

**Das vierte und letzte Reservoir des Kohlenstoffs, welches im Buch erwähnt wird, ist die Lithosphäre, in den Böden sowie in Gesteinen, zum Beispiel im Kalk und Dolomit sowie in den fossilen Brennstoffen Torf, Kohle, Erdöl und Erdgas. Der Kohlenstoff ist außerdem im Permafrostboden in Form von Methan gespeichert.**

Fossile Kohlenstoffwasserstofflagerstätten entstehen durch unvollständigen Abbau von organischem Material unter Sauerstoffabschluss. Zum Beispiel bilden Lebewesen im Meer Kalkschalen oder Skelette aus, die nach ihrem Absterben am Meeresboden sedimentiert werden. Zonen mit gebundenem anorganischem und organischem Kohlenstoff können durch sedimentäre Überlagerungen oder durch Subduktion in die Erdkruste versenkt werden und somit langfristig gebunden werden. Es bilden sich aus dem Kalk metamorphe Gesteine wie zum Beispiel Marmor (Hilberg 2015). Neben diesen Kohlenstoffspeichern ist in der Lithosphäre noch ein weiterer vorhanden, das Methan in den Permafrostböden. Dieser Speicher wird zurzeit in der Gesellschaft oft als große Gefahr gesehen, die den Klimawandel ungehindert voreintreiben wird. Bis zum Ende dieses Jahrhunderts werden sich die Landflächen voraussichtlich auf 5,6°C-12,4°C erwärmen. Es kommt dadurch zu einem Auftauen der Permafrostböden, was zur Folge hat, dass die darin gespeicherten Gase wie Methan und Kohlenstoffdioxid freigesetzt werden (Voigt et. al. 2017).

**Der Kohlenstoffkreislauf, welcher den Austausch zwischen den vier Reservoirs beinhaltet, soll laut dem Schulbuch noch nicht komplett geklärt sein. Laut dem Text ist Kohlenstoffdioxid in der Luft und im Wasser das kurzfristige Kohlenstoffreservoir. Es wird durch Winde und Diffusion gleich verteilt.**

Der angesprochene kurzfristige Kohlenstoffkreislauf erfordert eine genauere Analyse.

„Der kurzfristige Kohlenstoffkreislauf erfolgt im Übergangsbereich zwischen Atmosphäre, Hydrosphäre und Pedosphäre. Hauptakteur dieses Kreislaufsystems ist aber die pflanzliche

und tierische, marine und terrestrische Organismenwelt, also die Biosphäre. Es sind sowohl organische als auch anorganische Kohlenstoffkomponenten beteiligt“ (Hilberg 2015, S.11).

Am ersten Teil der genannten Aussagen ist nichts zu kritisieren, jedoch wird sich im Folgenden genauer mit der Verteilung des Kohlenstoffdioxids in der Atmosphäre beschäftigt. Jahreszeitliche Schwankungen der Volumenkonzentration in der Größenordnung von 10ppm sowie der sukzessive Anstieg von 1,3ppm bis 1,5ppm pro Jahr sind nicht zu vernachlässigen. Die Schwankung geht zurück auf den biologischen Rhythmus, der von der Jahreszeit abhängt. Gegenüber dieser Änderung ist der zeitliche Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe zurückzuführen. Ortsbezogen verteilt sich das CO<sub>2</sub> natürlich durch Diffusion und Wind gleich, global betrachtet existieren die eben erwähnte Schwankung sowie ein kontinuierlich variierender Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration.

**Zusätzlich wird angemerkt, dass 10% des Kohlenstoffdioxids durch die Fotosynthese in organische Moleküle übergeführt werden, welches durch die Zellatmung zum Teil wieder freigesetzt wird.**

Da diese Formulierung zu allgemein ist, kann die Aussage, auch nach ausführlicher Literaturrecherche, nicht für fachlich korrekt erklärt werden.

**Anschließend an diesen mit Fakten gefüllten Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung wird anhand einer vereinfachten Abb. 1 der Kohlenstoffkreislauf beschrieben.**

Zur Information wird in der Abbildungsbeschriftung erwähnt, dass die blauen Zahlen für die Kohlenstoffreservoirs in Atmosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre und Lithosphäre stehen. Die roten Zahlen geben an, wie viel Gigatonnen (Gt) Kohlenstoff pro Jahr zwischen den Kohlenstoffreservoirs in Schätzung ausgetauscht werden.

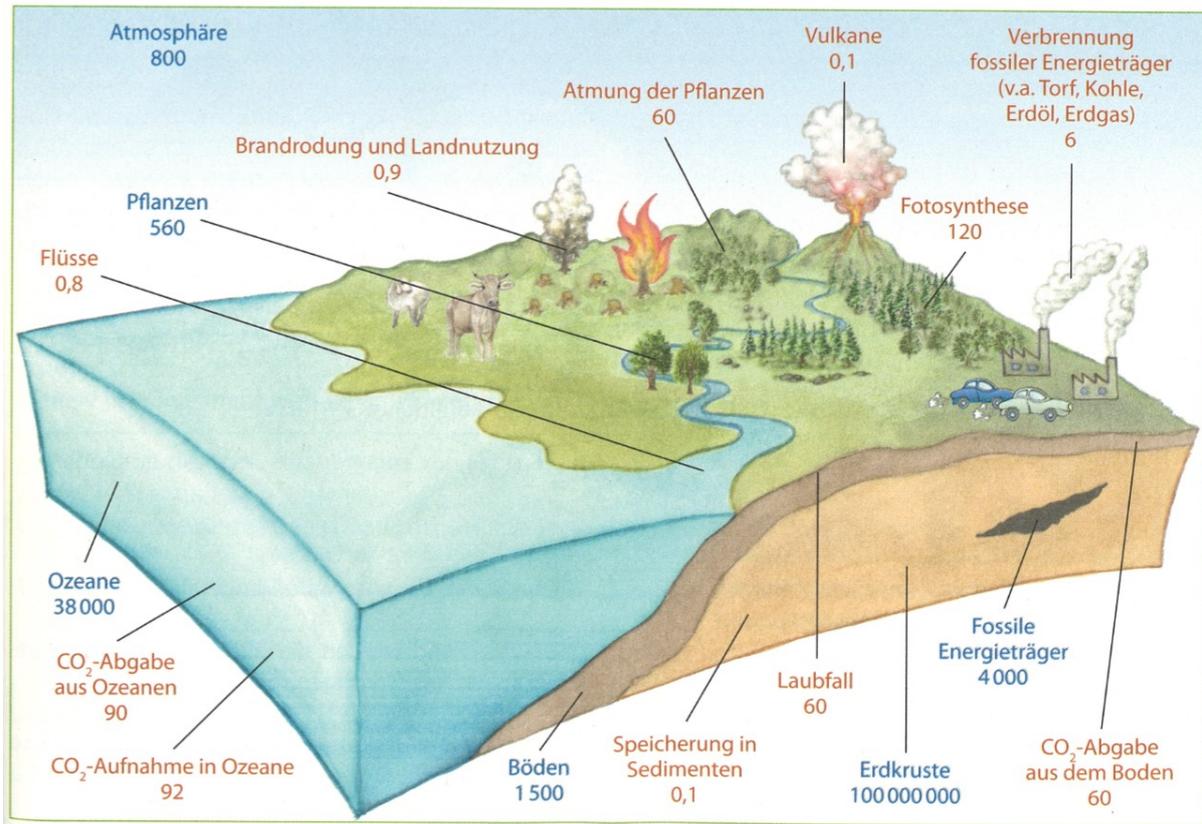


Abb. 1: Der globale Kohlenstoffkreislauf (Schermaier et. al. 2015, S.173)

Anhand von den gestalterisch und inhaltlich vergleichbaren Werken „Erde und Leben – Die Geschichte einer innigen Wechselbeziehung“ (Welsch et al. 2017) und „Klimatologie – Klimaforschung im 21. Jahrhundert – Herausforderung für Natur- und Sozialwissenschaften“ (Kappas 2009) wird diese Abbildung auf inhaltliche Korrektheit analysiert, wobei die jahreszeitlichen Schwankungen nicht miteinbezogen werden. Die durch den Menschen beigetragene Menge an Kohlenstoff wird berücksichtigt. Dieser Vergleich wird anhand der Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Vergleich der Kohlenstoffspeicher [a] (Welsch et al. 2017, S.153) [b] (Kappas 2009, S.158) [1] Permafrostböden miteinbezogen, [2] Vegetation und Detritus mit einbezogen, [3] nur fossile Brennstoffe ohne den Permafrostböden, [4] Landnutzung ohne Brandrodung, [5] Atmung und Brände, [6] nur Atmung, [7] Zementherstellung miteinbezogen, [8] Oberflächensediment

Kohlenstoffspeicher	Schulbuch [Gt/Jahr]	Erde und Leben [Gt/Jahr] [a]	Klimatologie [Gt/Jahr] [b]
Atmosphäre	800	829	762
Pflanzen	560	620-420	/
Böden	1500	2200-4100 <sup>[1]</sup>	2450 <sup>[2]</sup>

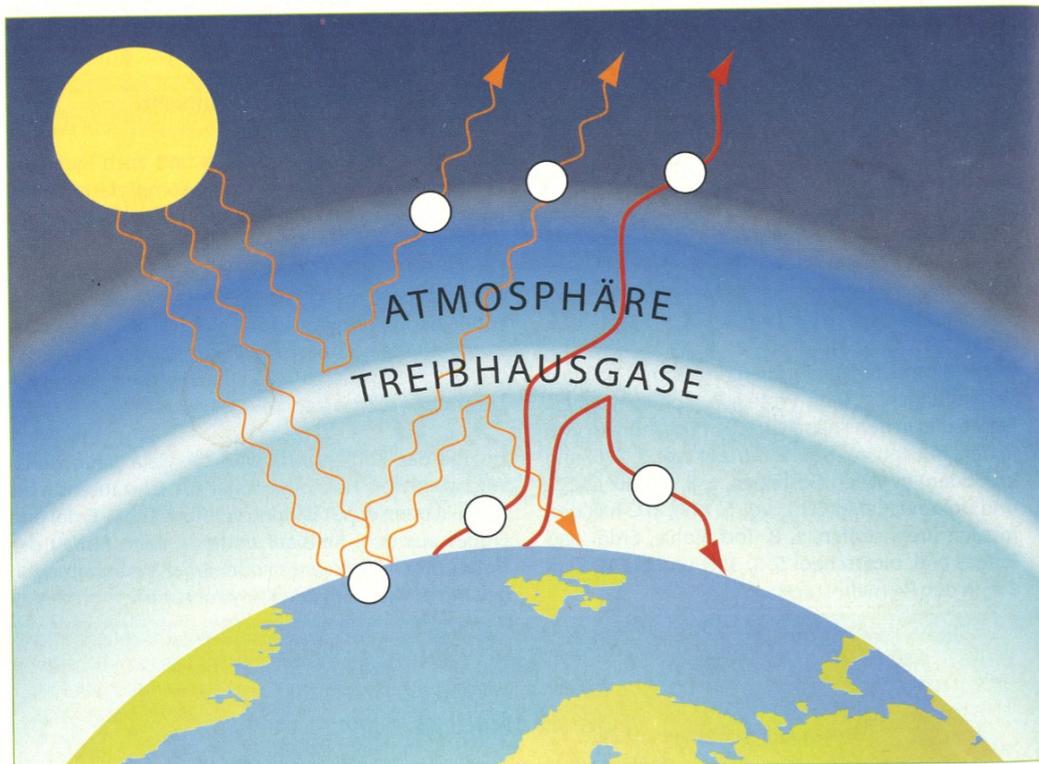
Erdkruste	100 000 000	75 000 000	75 000 000
Fossile Energieträger	4000	637-1575 <sup>[3]</sup>	3466
Ozeane	38 000	38 858	38 103
<b>Austauschvorgänge</b>	<b>Schulbuch [Gt/Jahr]</b>	<b>Erde und Leben [Gt/Jahr]</b>	<b>Klimatologie [Gt/Jahr]</b>
Brandrodung und Landnutzung	0,9	1,1 <sup>[4]</sup>	1,6 <sup>[4]</sup>
Atmung der Pflanzen	60	118,8 <sup>[5]</sup>	119,6 <sup>[6]</sup>
Vulkane	0,1	0,1	0,1
Fotosynthese	120	113	120
Verbrennung fossiler Energieträger	6	7,8 <sup>[7]</sup>	6,4
CO <sub>2</sub> -Abgabe aus dem Boden	60	/	/
Laubabfall	/	/	/
Speicherung in Sedimenten	0,1	1750	150 <sup>[8]</sup>
CO <sub>2</sub> -Aufnahme in Ozeane	92	80	92,2
CO <sub>2</sub> -Abgabe aus Ozeane	90	78,4	90,6
Flüsse	0,8	0,9	0,8

Vergleicht man anhand der Tabelle 1 die Reservoirs des Kohlenstoffs und die darin enthaltenen Speicherformen genauer, so erkennt man, dass die Werte, außer die der Böden, übereinstimmen. Von Welsch et al. (2017) wird der Permafrostboden zum Boden gezählt und beim Vergleich der fossilen Energieträger nicht mehr miteinbezogen. Daher ist auch die große Differenz zum Schulbuch und Kappas „Klimatologie“, beim Aspekt „Fossile Energieträger“,

nachzuvollziehen. Die Speicherung des Kohlenstoffs in den Pflanzen wird von Kappas (2009) zum Boden gezählt und nicht explizit angeführt.

Im Vergleich der Austauschvorgänge konnte die Atmung der Pflanzen, welche im Schulbuch angeführt wurde, nicht direkt mit den Literaturwerten verglichen werden. In der Literatur wurde die Atmung der Lebewesen ebenfalls berücksichtigt. Blickt man auf den Wert der ersten Vergleichsliteratur, so erkennt man hier eine enorme Abweichung. Diese ist auf die hier ebenfalls zugehörigen Brände zurückzuführen. Generell ist bei beiden Vergleichsangaben nicht klar definiert, ob Brände, Brandrodungen zusammengefasst wurden oder sogar in die Landnutzung miteinbezogen wurden. Ein nicht vergleichbarer Wert ist die Massenangabe des Kohlenstoffs, der im Sediment gespeichert ist. Im Schulbuch wird diese Angabe angeführt mit 0,1 Gt/J, jedoch ohne genauere ortsbezogenen Angabe. Der erste Vergleichswert von Welsch, bei dem die Bodensedimente der Ozeane eingerechnet wurden, ist um vier Zehnerpotenzen größer (1750 Gt/J). Der in der zweiten Vergleichsliteratur von Kappas angeführte Wert ist um drei Zehnerpotenzen größer (150 Gt/Jahr). Dieser Ort wurde klar definiert als Bereich des Oberflächensediments. Die weiteren Größenangaben der Masse der einzelnen Bereiche im Kohlenstoffkreislauf des Schulbuchs stimmen mit den Literaturwerten überein (Kappas 2009, Welsch et al. 2017).

**Der dritte Abschnitt beginnt mit der Überschrift „Der natürliche Treibhauseffekt ermöglicht das Leben auf der Erde“. Anhand der Abb. 2 in Kombination mit einem darüberliegenden noch nicht zugeordneten Text wird versucht, den Treibhauseffekt darzustellen.**



174.1 Der natürliche Treibhauseffekt

Abb. 2: Der natürliche Treibhauseffekt (Schermaier et. al. 2015, S.174)

Diese Abbildung ist grob fehlerhaft. Wie man in Abb. 2 erkennt, ist ein heller Bereich mit der Beschriftung „Treibhausgase“ eingezeichnet. Dieser Bereich stellt die räumliche Verteilung der Treibhausgase dar, jedoch ist diese sehr dünn eingezeichnete Schicht ein schwerer fachlicher Fehler. Die in dieser Abbildung dargestellte Schicht ist nicht der Realität entsprechend und ist in dieser Form nicht als Veranschaulichung zulässig. Betrachtet man die Zusammensetzung der Atmosphäre, unterscheidet man zwischen den permanenten Hauptbestandteilen ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $Ar$ ) und permanenten Spurengasen (weitere Edelgase,  $H_2$ ,  $N_2O$ ). Neben diesen Anteilen besteht die Erdatmosphäre aus stark räumlich und zeitlich variablen Anteilen ( $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  und weiteren anthropogenen Spurengasen) (Klose 2015). Die Treibhausgase sind alles andere als in einer dünnen Schicht angeordnet. Die von Brigitte Klose verwendete Abb. 3 aus dem Buch „Meteorologie – Eine interdisziplinäre Einführung in die Physik der Atmosphäre“, zeigt den Aufbau der Erdatmosphäre im Bereich von 0-2000km über der Erdoberfläche.

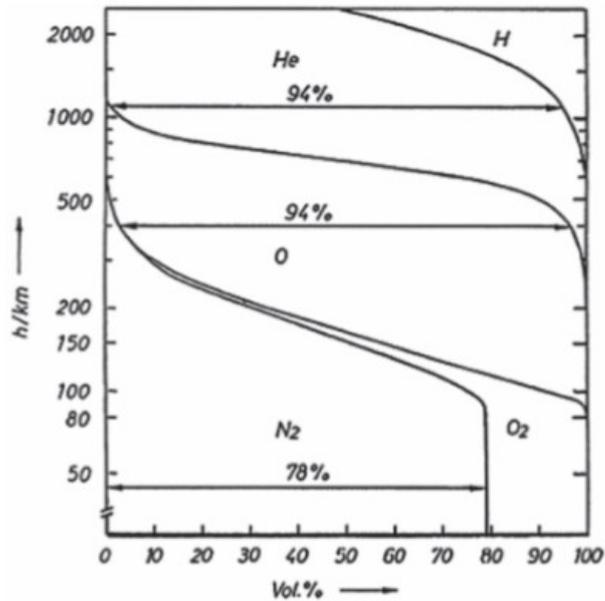


Abb. 3: Änderung der Zusammensetzung der Atmosphäre (Klose 2015, S.19 nach COSPAR 1972)

Im Bereich einer Höhe von 0-100km über der Erdoberfläche wird der Hauptbestandteil aus Stickstoff und Sauerstoff gebildet. Die Spurengase in diesem Bereich sind variabel. Ab einer Höhe von 150km über der Erdoberfläche dominiert der atomare Sauerstoff und ab einer Höhe 400km über der Erdoberfläche hat der atomare Sauerstoff einen Anteil von 94% des gesamten Gasgemisches (Klose 2015). Die Darstellung einer dünnen „Treibhausgasschicht“ im Schulbuch ist demzufolge fachlich nicht korrekt.

**Der Inhalt des ersten in die Abb. 2 einzutragenden Satzes „Ein Teil der Sonnenenergie wird bereits in der Atmosphäre ins Weltall reflektiert und erreicht die Erdoberfläche nicht ①.“, sowie die Aussage, dass ca. ein Drittel der auf die Erdoberfläche eintreffenden Strahlung sofort wieder ins Weltall reflektiert wird ②, die jeweils einem der Kreise der Abbildung zugordnet werden sollen, werden an dieser Stelle vorweg anhand von „Bergmann-Schäfer Experimentalphysik“ (Raith et. al. 2001) analysiert.**

„Von dem einkommenden Viertel der Solarkonstanten ( $342 \text{ W/m}^2=100\%$ ) werden 25% sofort durch die Atmosphäre und 5% durch die Erdoberfläche reflektiert (globale Albedo 30%)“ (Raith et. al. 2001, S.349).

Die erste Aussage ① ist eine sehr allgemeine und fachlich richtige. Zu kritisieren ist die zweite hier zu analysierende Aussage ②. Diese bedarf einer genaueren Formulierung auf-

grund eines Fehlers bei der prozentuellen Angabe der Strahlungsleistung der Sonne, die auf einen Quadratmeter der Erdoberfläche eintrifft. Ein Teil der eintreffenden Sonnenstrahlung wird schon beim Eintreffen in die Atmosphäre von dieser reflektiert, jedoch zählen diese 25% der gesamten eintreffenden Strahlung bereits zu der globalen Albedo. Die Sonnenstrahlung wird also nicht erst auf der Erde reflektiert. Ein Verbesserungsvorschlag orientiert an Bergmann-Schäfer von Raith et. al. (2001) wäre die explizite Erwähnung der Reflexion in der Atmosphäre sowie die Reflexion an der Erdoberfläche, die gemeinsam das Drittel der eintreffenden Sonnenstrahlung ergeben, welches insgesamt reflektiert wird. Abb. 4 zeigt den Weg der Energieströme durch die Atmosphäre und Erdoberfläche.

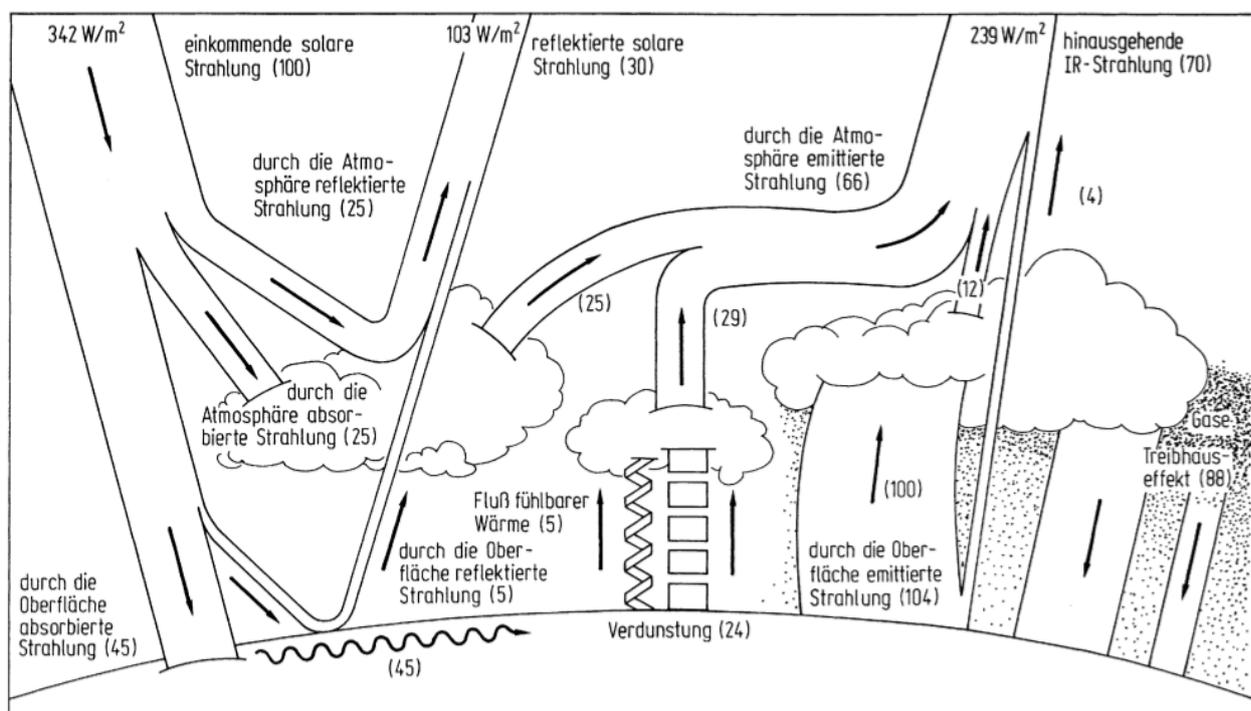


Abb. 4: Der Strahlungshaushalt der globalen Atmosphäre (Raith et. al. 2001, S.349 nach Schneider 1989, Peixoto & Oort 1984)

Die Anteile der reflektierten solaren Strahlung, die durch die Atmosphäre (25%) sowie die Oberfläche der Erde (5%) reflektiert werden, wurden in dieser Abbildung zusammengefasst und mit einer 30%-Angabe beschrieben (Raith et. al. 2001).

Ein weiterer Verbesserungsvorschlag wäre eine differenziertere Formulierung zwischen Erde, Erdoberfläche und Erdatmosphäre im gesamten Textabschnitt.

**Der dritte zuzuordnende Kreis zeigt den Energiestrom des restlichen Anteils, der nicht reflektiert wird. Luft, aber vor allem Land und Wasser, absorbieren diesen und erwärmen die Erde ③.**

Die Daten der Literatur zeigen, dass 25% der einkommenden solaren Strahlung von der Atmosphäre und 50% auf der Erdoberfläche, in der Wasser- und Landmassen inbegriffen sind, absorbiert werden. Diese Energie wird auf der Erdoberfläche teilweise horizontal transportiert, wie man in Abb. 4 durch den wellenförmigen Pfeil erkennt. Der zweite Inhalt dieser Aussage, welche in den dritten Kreis zugeordnet werden soll, ist „erwärmt die Erde“. Wie zuvor ist hier die Bezeichnung des Orts „Erde“ zu kritisieren. Die Erdoberfläche wird erwärmt und leitet die Wärmeenergie horizontal weiter (Raith et. al. 2001). Auch die Erdatmosphäre wird durch die Absorption der solaren Strahlung erwärmt. Aus dem Strahlenbündel der Sonne wird eine bestimmte Wellenlänge absorbiert und die Strahlungsenergie wird in eine andere Energieform, wie zum Beispiel der Wärmeenergie, umgewandelt. Andere Wellenlängen werden reflektiert oder durchgelassen. Als Folge der Absorption der solaren Strahlung durch atmosphärischen Gase, Aerosole und Wolken, bleiben 19% der eintreffenden Strahlungsenergie in Form von Wärmeenergie in der Atmosphäre (Klose 2015). Wieder ist in der Aussage die Ortsangabe „Erde“ zu kritisieren. Inhaltlich sind wahrscheinlich in der Formulierung „Erde“ die Erdoberfläche sowie die Erdatmosphäre inbegriffen, jedoch erfordert ein Schulbuch der 6. AHS diesbezüglich eine genauere Formulierung.

**„Die warme Erde wandelt einen Teil der absorbierten Energie in langwellige Wärmestrahlung (IR) um, die abgegeben wird ④.“ Die fünfte Zuordnung ⑤ beinhaltet den Treibhauseffekt, bei dem die abgegebene IR-Strahlung an den Treibhausgasen der Atmosphäre reflektiert wird.**

Bezieht man sich auf den Energiefluss der Abb. 4, so erkennt man, dass 104% terrestrisch von der Erdoberfläche in Form von thermischer Ausstrahlung emittiert werden. Von dieser Strahlung gehen 4% direkt in das Weltall und 100% werden von der Atmosphäre absorbiert. Vorausblickend auf Punkt ⑥, „der Rest wird ins Weltall abgestrahlt“, ist nichts einzuwenden, die Aussage des Punkts ⑤ ist fachlich jedoch nicht korrekt. Bezüglich der Formulierungen „absorbiert“ statt „reflektiert“ eignet sich besser „absorbiert“, denn von den 100%, die in der Atmosphäre absorbiert werden, gelangen durch Emission 12% in das Weltall und 88%

auf die Erdoberfläche. Reflexion ist hier irreführend und führt gemeinsam mit dem zweiten groben Fehler in der Konstruktion der Treibhausgasschicht in der Abb. 3 zum falschen Verständnis des Treibhauseffekts (Raith et. al. 2001).

**Zur inhaltlichen Vervollständigung dieses dritten Abschnitts wird zusätzlich vermerkt, dass die Treibhausgase zum Teil natürlichen Ursprungs sind und zum Teil durch menschliche Aktivitäten entstehen. Außerdem wird auf die niedrige Temperatur auf unserem Planeten ohne eine Erdatmosphäre hingewiesen.**

Mit diesem Text wird auf das nächste Kapitel übergeleitet. Im „Casebook internationale Politik“ wird im Beitrag von Ditzel und Tilly (2011) „Zum Hintergrund: Kyoto“ die angenommene niedrige Temperatur ohne Erdatmosphäre bestätigt.

„Die Existenz natürlicher Treibhausgase in der Atmosphäre ist eine Voraussetzung für das Leben auf der Erde, da die durchschnittliche Temperatur der Erdoberfläche ohne den Treibhauseffekt bei etwa minus 18° Celsius liegen würde“ (Ditzel & Tilly 2011, S.133).

Gegenwärtig ist der anthropogene Treibhausgasausstoß bekannt. Neben dem menschlichen Einfluss ist außerdem allgegenwärtig, dass unser Planet auch ohne den Menschen von der Oberfläche Treibhausgase emittieren würde, wie zum Beispiel Methan aus den Permafrostböden oder CO<sub>2</sub> aus vulkanischen Aktivitäten.

**Im fünften Abschnitt des Themas wird mit der Überschrift „Durch viele Aktivitäten der Menschen wird der Treibhauseffekt gesteigert“ das abschließende und größte Kapitel eingeleitet. Hier hinterfragt man die möglichen Faktoren für die Erhöhung des anthropogenen Treibhauseffekts.**

**„Durch die Verbrennung fossiler Energieträger verursacht die Menschheit eine Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre. Welchen Einfluss das auf das Klima haben wird, kann man heute noch nicht exakt vorhersagen.“**

Der Einfluss des Menschen in Sachen Treibhausgasemission ist bekanntlich unbestreitbar. Im Klimabericht 2013 wurde zusammengefasst, dass mehr als die Hälfte des Anstiegs der mittleren globalen Temperatur auf der Erde, von 1951 bis 2010, auf den durch den vom Menschen verursachten Anstieg der Treibhausgaskonzentration, zusammen mit andern anthropogenen Antrieben, zurückzuführen ist (Midgley et. al. 2014).

**Anschließend an diese Behauptung werden die Fragen gestellt, wie groß der weltweite Temperaturanstieg und wie tiefgreifend die ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen sein werden.**

Die Möglichkeiten, diese Fragen zu diskutieren, sind sehr vielfältig. Die Temperatur ist in den letzten Jahrzehnten angestiegen. Vorausblickend wird die mittlere globale Erdoberflächentemperatur im Zeitraum 2016-2035 um ca. 0,3°C bis 0,7°C ansteigen. Diese mit mittlerem Vertrauen angegebene Bewertung bezieht größere Vulkanausbrüche und Änderungen der solaren Strahlungsleistungsdichte nicht mit ein. Langfristig betrachtet wird der Anstieg der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur am Ende des 21. Jahrhunderts wahrscheinlich 1,5°C übersteigen (Midgley et. al. 2014).

Um nur eine ökologische und wirtschaftliche Auswirkung der Fragestellung zu diskutieren, werden Ernteerträge herangezogen. Mit hohem Vertrauen wird aus vielen Studien, die eine große Bandbreite an Regionen und Nutzpflanzen abdecken, darauf geschlossen, dass sich der Klimawandel häufiger negativ als positiv auf Ernteerträge auswirkt. Einbußen an Ernteerträgen bedeuten für den Menschen den weiteren Ausbau der Agrarflächen und somit die Zerstörung des natürlichen Lebensraums (White et al. 2015).

Abgeschlossen wird das Thema mit einer ausführlichen Sammlung diverser Maßnahmen gegen die Erhöhung des Treibhauseffekts. In der Überschrift dazu wird angesprochen, dass diese Maßnahmen sehr umstritten sind. Der fließende Übergang vom vorherigen Kapitel ist nicht gegeben.

**Die am meisten diskutierte Maßnahme befindet sich gleich an erster Stelle dieser Auflistung. Der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration soll durch klimafreundliche erneuerbare Energieträger wie zum Beispiel Wasserkraft, Solarenergie, Wind, Erdwärme, Gezeiten und Wasserstoff verringert werden.**

Die erneuerbaren Energieträger werden auf S.36 ff. im Detail analysiert. Mit hohem Vertrauen wird angegeben, dass die Dekarbonisierung des Energieversorgungssektors für den Ausbau von kohlenstoffarmer und kohlenstofffreier Stromerzeugungstechnologien erforderlich ist. Um dies zu erreichen, müsste im geplanten Stabilisierungsszenario der Anteil von kohlenstoffarmer Stromversorgung von aktuell 30% auf mehr als 80% bis zum Jahr 2050 erhöht

werden. Kohlekraftwerke können durch moderne, hocheffiziente und erdgasbefeuerte Heizkraftwerke ersetzt werden, wenn Erdgas verfügbar ist und die aus der Extraktion und Versorgung folgenden Emissionen geringer sind oder gemindert werden können (Meyer & Pachauri 2016).

**Klimakonferenzen, in denen internationale Einigung über die Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zu erzielen ist, werden als weitere Maßnahmen erwähnt.**

Hier wird im Buch das erste Mal von einer Klimakonferenz gesprochen. Untermuert wird dies durch das Foto der Klimakonferenz vom 17. Oktober 2009 auf den Malediven, welches in Abb. 5 zu sehen ist.



Abb. 5: Klimakonferenz unter Wasser am 17. Oktober 2009 auf den Malediven (Schermaier 2015, S.175)

Beim Klimagipfel 2015 in Paris wurde sich mit drei Dimensionen - Emissionsquellen, Konzentration von Treibhausgasen und direkte Folgen des Klimawandels - befasst. Alles drehte sich dabei um die Verminderung der Treibhausgasemissionen und somit der Verhinderung eines weiteren mittleren globalen Temperaturanstiegs der Erdoberfläche. Susanne Dröge (2015) in „Das Pariser Abkommen 2015: Weichenstellung für das Klimaregime“ meinte vor dem Pariser Gipfel, dass global verankerte Klimaregimes, welche in Verträgen festgelegt werden sollen, der Leitgedanke dieser Verhandlungen sind. Ein möglicher Ansatz dazu wäre die Begrenzung des Anstiegs der Erderwärmung auf zwei Grad Celsius (Dröge 2015). Der Klimagipfel in Paris hat viele Kritiker überrascht. Es wurde nicht nur das Limit der Erderwärmung mit „deutlich unter“ zwei Grad Celsius beschlossen, sondern man konnte sich auf eine gemeinsame Anstrengung zur Einhaltung eines 1,5 Grad Pfades einigen. Neben dieser Bewertung meint der WWF in „Das Klima – Abkommen von Paris – WWF – Bewertung und Forderungen an die

Klima- und Energiepolitik“, dass der große öffentliche Druck der zivilen Gesellschaft zum positiven Ausgang der Klimakonferenz beigetragen hat (WWF 2015).

Jana Lippelt und Lea Mayer in „Kurz zum Klima: Nach Paris – Wie geht es weiter?“ geben ein Beispiel weiterer Beschlüsse der Klimakonferenz 2016 in Marrakesch:

„Nachdem sich im Pariser Abkommen im Gegensatz zum Kyoto-Protokoll neben den Industriestaaten nun auch Schwellen- und Entwicklungsländer zu Klimaschutzmaßnahmen (in Form von nationalen Klimabeiträgen INDC – Intended Nationally Determined Contributions) verpflichtet haben, wurde in der vergangenen Klimakonferenz in Marrakesch (2016) die Eini- gung auf eine regelmäßige Überprüfung der nationalen Klimaschutzpläne sowie die Entwick- lung von Transparenzplänen vorangetrieben“ (Lippelt & Mayer 2017, S.1).

Die vorgeschlagene Maßnahme, in Klimakonferenzen gemeinsam zu versuchen, Pläne zur Verminderung der CO<sub>2</sub>- Emission zu erstellen, ist nach dieser ausführlichen inhaltlichen Ana- lyse in dieser Form sehr gut gewählt und spricht das größte Problem, den globalen anthro- pogenen CO<sub>2</sub>-Ausstoß, an.

**Die nächsten beiden Maßnahmen beinhalten die Agenda 21 und die möglichen Lösungs- strategien zu weltweiten Problemen des Umweltschutzes. Es wird beschrieben, dass Agenda 21 ein Programm ist, welches für das 21. Jahrhundert das Ziel, die Verbesserung der Umweltsituation und eine nachhaltige, umweltverträgliche Nutzung der Ressourcen, zu erreichen hat.**

In Solveig Niemanns „Lokale Agenda 21“ wird die Agenda 21 neben der Konvention zu Klima und biologischer Vielfalt, die Walderklärung und die Rio-Deklaration als Ergebnis der Konfe- renz der Vereinten Nationen zu Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro 1992 dargestellt. Die weltweite Zusammenarbeit in der Umwelt- und Entwicklungspolitik soll die nachhaltige Entwicklung als Ziel haben (Niemann 1997).

**Explizit wird in einer weiteren Maßnahme erwähnt, dass bei der Klimakonferenz in Kyoto die Reduktion der Treibhausgase bis 2050 um 80% im Vergleich zu 1990 beschlossen wor- den ist.**

Trotz aufwändiger Recherche habe ich keinen Beleg für diese Aussage gefunden. Im origina- len Kyoto-Protokoll findet man den Beleg für die Erklärung, die Gesamtemissionen der

Treibhausgase im verpflichtenden Zeitraum 2008 bis 2012 um mindestens 5% im Vergleich zu dem Stand von 1990 zu verringern. Von dem Jahr 2050 und der Treibhausgasreduktion um 80% ist in diesem Protokoll nichts festgelegt (United Nations 1998). Laut Wolfgang Ströbele „Klimapolitik: Kyoto-Protokoll und Emissionshandel für CO<sub>2</sub>-Zertifikate in der EU“ hat sich die EU im Kyoto-Protokoll auf einen Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgasemission um 8% gegenüber dem Jahr 1990 verpflichtet (Ströbele 2005).

**Neben der Reduktion der Treibhausgasemission wird vorgeschlagen, die Vermehrung von Kohlenstoffspeichern, wie zum Beispiel Waldflächen, voranzutreiben und sich als Staat somit die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emission zu ersparen.**

Diese Maßnahme ist ein Vorschlag für den Versuch, die Kohlenstoffbindung aus der Atmosphäre zu erhöhen, um somit auf eine Reduzierung der Emission des CO<sub>2</sub> verzichten zu können. Gleich darauf wird die sinnvolle Doppelstrategie der Reduktion der Treibhausgasemission und der Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Bindung in Wäldern angesprochen. In „Wälder, Klimaschutz und Klimaanpassung – Welche Maßnahmen sind umsetzbar?“ spiegeln sich diese Inhalte wieder. Darin ist vom Einfluss des Klimawandels auf Wachstum, Stabilität und damit auf das Kohlenstoffspeichervermögen der Wälder die Rede. Grundbedingung für langfristige Festlegung von Kohlenstoff in der Biomasse und im Waldboden ist die Waldanpassung an gegenwärtige und zukünftige Klima- und Umweltbedingungen. Auf der einen Seite verfolgen Minderungsziele die Strategie der Sicherung und Erhöhung der Speicherleistung der Wälder. Dem gegenüber steht die Minderung im Sinne der Produktionserhaltung und -erhöhung (Bolte et. al. 2011).

**Als weitere Maßnahme wird auf den Handel mit Emissionszertifikaten, die zum Beispiel Industriestaaten von Entwicklungsländern, welche weniger als die ihnen vertraglich zugesicherte CO<sub>2</sub>-Menge emittieren, erworben werden können, eingegangen.**

Der Staat gibt Nutzungslizenzen an Emittenten, um somit ein politisch vorgegebenes Emissionsniveau mit volkswirtschaftlich minimalen Kosten zu erreichen. Lizenzen geben dem Emittenten das Recht, eine bestimmte Menge von Schadstoffen auszustoßen. Da Zertifikate frei handelbar sind, bestimmt die Nachfrage Zertifikatpreise. Leistet sich ein Verursacher Vermeidungsmaßnahmen, wird er die Zertifikate in angemessener Höhe verkaufen. Produktionsausdehnung bedeutet den Zukauf von Zertifikaten (Holzinger & Knill 2003). Die EU hat im

Jahre 2005 ein unionsweites Emissionshandelssystem als Instrument zur Reduktion der Treibhausgasemission errichtet, um auf die aus dem Kyoto-Protokoll ausgehende Verpflichtung, die Treibhausgasemission zu verringern, hinzuwirken (Gründinger 2012).

**„Schafft ein Vertragsstaat die bis 2017 fixierte Reduktion nicht, sind Strafzahlungen vorgesehen“.**

Diese salopp formulierte Aussage als weitere Maßnahme, genügt in dieser Form nicht. Von Strafzahlungen ist in der Literatur beim Nicht-Einhalten der Emissionsgrenzen auf staatlicher Ebene nicht die Rede. Hat ein Staat in der ersten Verpflichtungsperiode von 2008-2012 gegen die Reduktionsverpflichtung verstoßen, so wird er in der darauf folgenden Handelsperiode von 2013-2017 zu stärkeren Emissionsbürden gezwungen. Zusätzlich dazu verliert der Staat die kostengünstige Möglichkeit, seine Treibhausgasemissionen durch flexible Mechanismen wie den Emissionshandel zu erfüllen. Zwingmann schreibt hinsichtlich der zu analysierenden Aussage ergänzend, dass keine finanziellen Sanktionen vorgesehen sind. Vereinbarungen für spätere Verpflichtungsperioden wurden noch keine getroffen (Zwingmann 2007).

**Reduktion des Individualverkehrs von Fahrzeugen mit Verbrennungskraftmotoren ist eine weitere Maßnahme, die vorgeschlagen wird.**

In „Klimaänderungen 2014 – Minderung des Klimawandels“ ist im Verkehrssektor in Sachen Minderungsmaßnahmen für alle Verkehrsarten von belastbaren Belegen und mittlerer Übereinstimmung die Rede. Es könnte zu Verkehrsverlagerungen führen, die durch integrierte Stadtplanung, transitorientierte Entwicklung und kompaktere Stadtformen entstehen. Radfahren und Zufußgehen werden dadurch gefördert. Die Wirkung dieser anspruchsvollen Minderungsmaßnahme kann nicht genau vorausgesagt werden und wird somit mit geringer Übereinstimmung und begrenzten Belegen angegeben. Die Maßnahme könnten die verkehrsbedingten THG-Emissionen im Jahr 2050 um 20-50% gegenüber dem Basiswert verringern (Minx et al. 2015).

**Eine weitere dem Individualverkehr entsprechende Maßnahme ist die Beimischung von Biodiesel zu Diesel und Ethanol zu Benzin. Durch diese Maßnahme geht jedoch Anbaufläche für die Nahrungsmittelproduktionen verloren.**

Nach den Autoren von „Steuerbefreiung für Biokraftstoffe – Ist Bio-Ethanol wirklich eine klimapolitische Option?“ erscheint das Ziel, die Substitution von Benzin durch Bio-Ethanol nach gründlicher Analyse nur schlecht begründbar. Orientiert an den Energiebilanzen für Ethanol zeigen Weizen und Zuckerrüben nur geringe Einsparungen an fossilen Brennstoffen. Die auf der landwirtschaftlichen Fläche umwandelte Energie bei der Bio-Ethanol-Produktion geht durch den hohen Energieaufwand bei der Konversion zu Ethanol zum Teil verloren. Natürlich verfügbare landwirtschaftliche Flächen erzeugen nachwachsende Energierohstoffe, die direkt energetisch verwertet werden sollen. Die Förderung von Bio-Ethanol ist gesamtwirtschaftlich im Vergleich zu alternativen Vermeidungsstrategien keine effiziente Strategie (Henke et. al. 2002).

**Die Förderung für Energiesparhäuser und Wärmedämmung bei Gebäuden ist ein weiterer Vorschlag als Maßnahme gegen die Erhöhung des Treibhauseffekts.**

Brake (2010) bezeichnet in „Integratives Umweltmanagement“ die Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden als unerlässlich für die Erreichung der Ziele des Klimaschutzes. Von der Primärenergie wird zum Beispiel in Deutschland ein Drittel für das Heizen der Gebäude verwendet. Die Sanierung des Gebäudebestandes sollte im Vordergrund stehen, da die energetische Optimierung von Neubauten nur einen geringen Effekt hat. Bereits bestehende Gebäude überwiegen in der Anzahl. Betrachtet man das Beispiel Deutschland, so lässt sich die meiste Energie durch die Sanierung des Gebäudebestandes einsparen. Um die Energiekosten zu senken und den langfristigen Gebäudewert zu erhöhen, wird in die Energieeffizienz der Gebäude investiert. Die CO<sub>2</sub>-Emission kann bis zu 90% Prozent durch technologische Aufwertung eines Gebäudes gesenkt werden. Deutschland orientiert die Gesetze und Verordnungen zur Energieeinsparung im Gebäudesektor nach der EU-Richtlinie zum Klimaschutz. Die Verordnung, in der die energetischen Standards für den Neubau von Gebäuden und die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden festgesetzt sind, ist die Energie-Einsparverordnung (EnEV). Das Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) regelt die Nutzung und Förderung der erneuerbaren Primärenergieträger im Energiemix in Deutschland. Das Ziel, dass 2020 14% des Wärmebedarfs in Gebäuden aus erneuerbaren Energien stammen, wird im Erneuerbaren-Energien-Wärme-Gesetz angestrebt (Brake 2010).

**Neben dem Gebäudesektor wird eine Maßnahme im Industriesektor vorgeschlagen. Die CO<sub>2</sub>-Emission in der Industrie soll durch effizienten Energieeinsatz und die Entwicklung energiesparender Technologien gesenkt werden.**

Hier gibt es nichts einzuwenden. Eine Textpassage aus „Klimaänderungen 2014“ gibt den in der Aussage vorkommenden Inhalt zur Gänze wieder.

„Die Energieintensität des Industriesektors könnte durch den umfassenden Ausbau, Austausch und Einsatz der bestverfügbaren Technologien unmittelbar um 25 % gegenüber dem aktuellen Niveau verringert werden, insbesondere in Ländern, in denen diese noch nicht verwendet werden, sowie in nicht-energieintensiven Industrien (belastbare Belege, hohe Übereinstimmung). Eine weitere Verringerung der Energieintensität um ca. 20 % kann potenziell durch Innovation realisiert werden (begrenzte Belege, mittlere Übereinstimmung). Hemmnisse bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen beruhen größtenteils auf anfänglichen Investitionskosten und einem Mangel an Information. Informationsprogramme sind der vorherrschende Ansatz zur Förderung von Energieeffizienz, gefolgt von wirtschaftlichen Instrumenten, regulatorischen Ansätzen und freiwilligen Maßnahmen.....“ (Minx et al. 2015, S.23)

An dieser Stelle wird von Minx et. al. (2015) hinzugefügt, dass Industrieemissionen im Jahr 2010 für knapp über 30% der globalen THG-Emission verantwortlich und somit höher als die Emissionen aus den Endverbrauchssektoren Gebäude und Verkehr waren. (Minx et al. 2015)

**Der Einsatz erneuerbarer Energieträger wie zum Beispiel Holzpelletsheizungen, Bau von Wasserkraftwerken, Windkraftwerken, Solarenergieanlagen und Erdwärmeanlagen soll gefördert werden.**

Die Maßnahme des Holzpelletseinsatzes wird von Reichel und Czambor in „Integratives Umweltmanagement“ diskutiert. Holz, Holzprodukte, Bioabfälle, Stroh und Energiepflanzen zählen zu der heute wirtschaftlich genutzten festen Biomasse. Die gegenwärtig genutzten festen Biomasseprodukte sind unbehandelte Biomasse, Briketts und Holzpellets. Letzteres gewann durch die Verbrennung von Biomasse in vollautomatischen Anlagen an Bedeutung (Reichel & Czambor 2010). Betrachtet man die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Biomasse, so wird sie als neutral angesehen, da bei der Verbrennung des organischen Materials nur die Menge an CO<sub>2</sub> freigesetzt

wird, die während des Wachstums der Pflanze aus der Atmosphäre gebunden wird. Technologisch gesehen sind Biomasse-Heizanlagen so weit ausgereift, dass sie wirtschaftliche Vorteile gegenüber fossilen Brennstoffen haben. Die Holzpellets-Technologie findet Anwendung in kleinen Einfamilienhäusern, sofern ein ausreichender Raum für die Lagerung der Holzpellets vorhanden ist (Brake 2010).

Wasserkraftwerke sind eine weitere CO<sub>2</sub>-freie Form der erneuerbaren Energiebereitstellung. In Österreich tragen Wasserkraftwerke zur Hälfte der Stromerzeugung bei. Treibhausgase werden bei der Produktion emittiert, die in die gesamte CO<sub>2</sub>-Bilanz einzurechnen sind. Neben der CO<sub>2</sub>-Emission wird zusätzlich bei der Errichtung eines Wasserkraftwerks Vegetation zerstört (Lübbert 2007).

Koubek sieht Windenergie als Energieträger der Zukunft: „Windkraft ist einer der zentralen Punkte bei der Energiewende und wird deshalb stark gefördert. Einmal errichtet, ist die Produktion absolut CO<sub>2</sub>-frei“ (Koubek 2012, S.370).

Windenergie gilt als eine erneuerbare Energie der Zukunft aufgrund der dadurch erreichbaren Verminderung an fossiler und nuklearer Energieträger. Wagner bezieht in „Emissionsminderung durch Windenergienutzung unter Kosten-Nutzen-Erwägung - die Sichtweise eines Ingenieurs“ die Energieaufwendung in den vorgelagerten Produktionsketten mit ein und kommt zum Entschluss, dass die Verwendung von Windenergie zu einem geringeren Verbrauch fossiler und nuklearer Energieträgern führt. Außerdem vermeiden einmal errichtete Windkraftwerke in Betrieb die CO<sub>2</sub>-Emission (Wagner 1999).

Zur menschlichen Energiegewinnung kann die Sonnenenergie genutzt werden. Eine Art, bei der Sonnenstrahlung direkt in Strom umgewandelt wird, ist die Photovoltaik. Zu dieser Stromerzeugung werden Solarzellen, welche überwiegend aus Silizium hergestellt werden, verwendet. Silizium muss besonders gereinigt, geschmolzen und zu großen Blöcken verfestigt werden, um es weiter bearbeiten zu können. Der Energieaufwand zur Herstellung der Solarzellen ist enorm hoch, wobei sich die Energie-Investition teilweise sehr stark von der Art der Solarzellen unterscheidet. Zum Beispiel wird bei einer Art der Herstellung durch das Verwenden von „dirty silicon“, einem Silizium geringerer Reinheit, versucht, die Energiekosten zu verringern. Es muss hier natürlich zwischen den Energieeinsparungen bei der Herstellung und einem möglichen Verlust des Wirkungsgrades vom Endprodukt der Solarenergiean-

lage abgewogen werden. Stimmt man diese beiden Faktoren ab, so können Energie-Rücklaufzeiten verkürzt werden. Zum Beispiel wurde in „CO<sub>2</sub>-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich“ angegeben, dass die Rücklaufzeiten bei ca. 2-5 Jahren für die im Markt verbreiteten Technologien liegen. Multikristalline Zellen und Dünnschicht-Zellen erreichen mit 1,5-2,5 und 1,5 Jahren bessere Werte. Möchte man die CO<sub>2</sub>-Bilanz vom Solarstrom angeben, so muss man natürlich die Betriebsdauer der Anlage miteinbeziehen. Zum Beispiel bei einer Lebensdauer von 20 Jahren ergeben sich CO<sub>2</sub>-Werte von ca. 100g/kWh. Dünnschicht-Solarzellen sollen sogar Werte von 20g CO<sub>2</sub>/kWh erreichen (Lübbert 2007).

Die abschließend vorgeschlagene Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger sind Erdwärmeeinrichtungen. Nach Bauer et. al. (2014) erzielen tiefe geothermische Energieprojekte eine hervorragende CO<sub>2</sub>-Bilanz. Ist die Energieanlage einmal produziert und vollständig installiert, so ist die Stromproduktion CO<sub>2</sub>-frei. Der International Energy Agency Bericht weist auf die Aussicht hin, mit dem Potenzial der geothermischen Quellen einen beträchtlichen Beitrag zu leisten, um die Deckung des weltweiten Energiebedarfs emissionsreduziert zu gestalten (Bauer et. al. 2014).

Der Einsatz erneuerbarer Energieträger und die damit einhergehend vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen 2009 in Deutschland werden Tabelle 2 gezeigt.

Tabelle 2: Beitrag der Erneuerbaren Energien in Deutschland 2006 (Förstner 2012, S. 161)

	End- energie 2009 [GWh]	Anteil EEV [%]	vermiedene CO <sub>2</sub> - Emissionen [1.000 t]	End- energie 2006 [GWh]
<i>Stromerzeugung</i>				
Wasserkraft <sup>1</sup>	19.000	3,3	15.475	19.876
Windenergie	37.809	6,5	27.001	30.710
Photovoltaik	6.200	1,1	3.296	2.220
biogene Festbrennstoffe	12.100	2,1	9.436	6.518
biogene flüssige Brennstoffe	1.450	0,2	880	1.314
Biogas	10.000	1,7	6.283	4.169
Klärgas	1.025	0,2	747	936
Deponiegas	940	0,2	685	1.050
biogener Anteil des Abfalls <sup>2</sup>	5.000	0,9	3.931	3.639
Geothermie <sup>2</sup>	19	0,063	10	0,4
<i>Summe Stromerzeugung</i>	<i>93.543</i>	<i>16,1<sup>9</sup></i>	<i>67.745</i>	<i>70.433</i>
<i>Wärmeerzeugung</i>				
biogene Festbrennstoffe (Haushalte) <sup>3</sup>	58.000	4,4	17.199	61.600
biogene Festbrennstoffe (Industrie) <sup>4</sup>	13.000	1,1	3.808	11.250
biogene Festbrennstoffe (Heizkraft- und Heizwerke) <sup>5</sup>	6.050	0,5	1.649	2.174
biogene flüssige Brennstoffe <sup>6</sup>	7.700	0,6	1.957	1.400
biogene gasförmige Brennstoffe <sup>7</sup>	10.200	0,8	1.406	3.000
biogener Anteil des Abfalls <sup>1</sup>	9.400	0,7	2.614	4.911
Solarthermie	4.725	0,4	1.032	3.274
tiefe Geothermie	291	0,02	17	156
oberflächennahe Geothermie <sup>8</sup>	4.740	0,4	371	1.778
<i>Summe Wärmeerzeugung</i>	<i>115.008</i>	<i>8,8<sup>10</sup></i>	<i>31.056</i>	<i>89.543</i>
<i>Kraftstoff</i>				
Biodiesel	25.972	4,2	5.893	29.444
Pflanzenöl	1.043	0,2	288	7.417
Bioethanol	6.748	1,1	1.794	3.556
<i>Summe Kraftstoff</i>	<i>33.763</i>	<i>5,5<sup>11</sup></i>	<i>7.975</i>	<i>40.417</i>
gesamt	242.312	10,3 <sup>12</sup>	106.776	200.393

Der Anteil an vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen stieg von 2009 bis 2010 auf 6,4%, das entspricht einer CO<sub>2</sub>-Emissionsvermeidung von 107 Mio. Tonnen. Die Investitionen in Anlagen betrugen 2009 25,5 Mrd. Euro und dies bedeutete somit ein Anstieg um 3,2% (Förstner 2012). Zusammenfassend ist durch die ausführliche Recherche auf jeden Fall bestätigt, dass die Förderung erneuerbarer Energien den globalen, zur Energiegewinnung bedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoß, deutlich senken kann.

**Neben den erneuerbaren Energieträgern wird außerdem der Ausbau der Fernwärmeheizung für Wohnhäuser und öffentliche Gebäude angesprochen.**

Vorweg ist zu klären, dass die Energie der Fernwärmanlagen aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen eingespeist wird. Durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen in Anlagen, wo die im Brennstoff gespeicherte Energie in mechanische Energie umgewandelt werden soll, entsteht nebenbei ein Wärmepotenzial, welches in konventionellen Großkraftwerken ungenutzt in Form von Wärmeenergie an die Umgebung abgegeben wird. Um den

Wärmetransport von den KWK-Anlagen zu den Elektrogeräten zu ermöglichen, müssen oft erhebliche Investitionen in Heizwassernetze getätigt werden. Die Wärmeenergie wird dabei über Nahwärme- oder Fernwärmenetze verteilt. Natürlich muss hier wieder die energie-technische Sicht berücksichtigt werden, um das in der Fernwärme enthaltene Energiesparpotenzial abwägen zu können. Stark abhängig ist die mögliche CO<sub>2</sub>-Einsparung von dem Kraftwerkstyp und den Wärmeerzeugungstechniken. Weiters ist der technische Fortschritt zu beachten. Bewertet man die Emissionen, so müssen die Vorketten berücksichtigt werden. Zum Beispiel müssen nicht nur die Emissionen bei der Verbrennung vor Ort beachtet werden, sondern auch die Schritte von der Gewinnung, dem Transport, der Umwandlung und Endlagerung des Energieträgers. Dadurch variieren die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Bilanzen je nach Kraftwerkstyp, der die Wärmeenergie zur Fernwärmenutzung zur Verfügung stellt. Im Vergleich zu einer komplett getrennten Erzeugung von Strom und Wärme wirken sich Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung günstig auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz aus. Im Hinblick auf die Gegenüberstellung von Brennstoffart und Anlagensystem liegt die stärkere Abhängigkeit der CO<sub>2</sub>-Bilanzen gesamt betrachtet bei der Brennstoffart (Schaumann & Schmitz 2010).

**Der letzte vorgeschlagene Punkt im Schulbuch ist keine direkte Maßnahme zur Minderung der Treibhausgasemission, sondern eine Anregung zur kritischen Frage, ob neue Atomkraftwerke eine Lösung sind. Erdbeben, Tsunamis und die Endlagerungsstätten sind prä-sente Probleme.**

Am 11. März 2011 bebte vor der japanischen Küste die Erde. Die daraus resultierenden Schäden am Kernkraftwerk in Fukushima konnten durch die vorgesehenen Notfallmaßnahmen in Grenzen gehalten werden. Die Kühlung wurde über ein Notstromaggregat weiter aufrecht gehalten. Knapp eine Stunde später erreichte der aus dem Erdbeben resultierende Tsunami das Kernkraftwerk und beschädigte die Notstromaggregate. Die Folgen der darauf eingetretenen unkontrollierten Explosion der Reaktoren sind bekannt (Wolling & Artl 2014). Neben der Gefahr, die aus Umweltkatastrophen einhergeht, wird in „Auf dem Weg in die Endlagerung“ von einem komplexen Problem der nuklearen Endlagerung gesprochen, welches noch kein Land auf der Erde gelöst hat. Laut Definition in „Lexikon zur Kernenergie“ ist die Endlagerung klar festgelegt: „Wartungsfreie, zeitlich unbefristete und sichere Beseitigung von radioaktivem Abfall ohne Rückholbarkeit“ (Koezler 2013).

Die Länder bewahren den Müll in zeitlich bedingten Zwischenlagern auf. Diese Lagerstätten gelten in einem befristeten Genehmigungszeitraum als Endlager. Konventionelle Zwischenlager sind 40-60 Jahre genehmigt, wobei langfristige Zwischenlagerstätten einer Genehmigungsfrist von 100-300 Jahren zu Grunde liegen (Buddmann et. al. 2017).

**Im Schulbuch wird nach den zahlreich genannten Maßnahmen Ablehnung gegen weitere CO<sub>2</sub>-Einsparungsziele von Seiten bestimmter Industriezweige, z.B. der Eisen-, Stahl- und Zementindustrie in Österreich deutlich. Die daraus resultierenden Einsparungen bedeuten enorme Wettbewerbsnachteile im Vergleich zu Firmen anderer Staaten, die keine Einsparungen vornehmen müssen. Eine Abwanderung der Industriebetriebe und Arbeitsplatzverluste wären die Folge. Die EU sollte Druck auf die Staaten ausüben, die ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht reduzieren.**

Diese präzise formulierten Aussagen in Hinblick auf Österreich konnten nach aufwändiger Literaturrecherche weder bestätigt noch widerlegt werden. Bezieht man sich auf die deutsche Eisen- und Stahlindustrie, so kann eine inhaltliche Analyse stattfinden. Die deutsche Wirtschaft hat sich dazu verpflichtet, die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 um 28% im Vergleich zu 1990 zu senken. Dieses Ziel ist jedoch nicht durch Effizienzverbesserung der einzelnen Prozesse zu erreichen, sondern durch die Zunahme der Stahlproduktion durch die effiziente Elektrolichtbogentechnik. Der Energieaufwand dieser Möglichkeit, Stahl zu recyceln, liegt bei einem Viertel des Hochofenprozesses. Eine drastische Effizienzverbesserung der unterschiedlichen Verfahrenstechniken wird es mit der aktuell eingesetzten und besten verfügbaren Technologie nicht geben. Argumente für die Ablehnung neuer CO<sub>2</sub>-Emissionsziele der österreichischen Industrie wurden hier nicht bestätigt. Aus den angeführten Inhalten lässt sich darauf schließen, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionsziele nur durch Verschiebung der Produktionstechnik zu erreichen sind, jedoch nicht durch die Effizienzverbesserungen der einzelnen Prozesse. Langfristig werden neue CO<sub>2</sub>-Emissionsziele nicht erreichbar sein, da es noch keine Lösung durch Effizienzverbesserung der verschiedenen Anlagen gibt. Zusätzlich steht die Eisen- und Stahlindustrie im Spannungsfeld von Industrie- und Umweltpolitik und des internationalen Wettbewerbs. Sämtliche genannten Instrumente können für Unternehmen weitere Kosten bedeuten (Arens & Eichhammer 2013).

Global betrachtet hat es ein Teil der Entwicklungsländer geschafft, die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 zu reduzieren, obwohl auch viele Industrieländer das Kyoto-Protokoll ratifiziert haben. Die USA und Australien haben im Vergleich zu 1990 bis 2005 ihre Treibhausgasemission um 16% und 25% gesteigert. Sie haben das Kyoto-Protokoll nicht ratifiziert. Gerechnet wird bis 2030 mit einem 70% höheren CO<sub>2</sub>-Ausstoß der USA gegenüber 1990 (Ziesing 2006). 2001 stiegen die USA aus dem Kyoto-Prozess aus, weil sie die vereinbarte Emissionsminderung im Ausblick auf internationale wirtschaftliche Interessen für schädlich hielten. Es gab danach weitere Anstrengungen der USA auf bundesstaatlicher Ebene für mehr Klimaschutz (Dröge 2007). Laut Jörgens ist die USA das einzige Land, welches sich 2017 wiederholt dem notwendigen klimapolitischen Umsteuern in Wirtschaft und Gesellschaft entzogen hat. Die USA werden nicht als Ursache für das Scheitern der Klimaziele gesehen, sondern höchstens als sichtbarstes Symptom. Genauer betrachtet arbeiten die USA auf nationaler Ebene gerade an dem Hauptlösungsansatz, der „ökologischen Modernisierung“ (Jörgens 2017).

Die USA haben am 4. August 2017 eine „Media Note“ aus Washington veröffentlicht, in der die Aufnahme des Pariser Abkommens angekündigt wurde, wenn es die USA schaffen, günstigere Bedingungen für Unternehmen, Arbeitnehmer, Bevölkerung und Steuerzahler finden zu können.

„The United States supports a balanced approach to climate policy that lowers emissions while promoting economic growth and ensuring energy security. We will continue to reduce our greenhouse gas emissions through innovation and technology breakthroughs, and work with other countries to help them access and use fossil fuels more cleanly and efficiently and deploy renewable and other clean energy sources, given the importance of energy access and security in many nationally determined contributions“ (U.S. Department of State 2017).

Die USA, die in der Gesellschaft als „Klimawandelleugner“ betrachtet werden, haben ein eigen formuliertes Ziel zur Treibhausgasreduktion erstellt. Der Einsatz von neuer Technologie und Zusammenarbeit mit anderen Ländern soll zum Zugang zur effizienteren Nutzung fossiler Brennstoffe und erneuerbaren Energiequellen führen. Welche Hintergedanken orientiert an wirtschaftlichen Interessen hier mit einfließen, wird an dieser Stelle nicht weiter diskutiert.

### **2.2.1.2 Authentizität**

Nach ausführlicher inhaltlicher Analyse wurden einige grobe fachliche Fehler aufgedeckt. Einer der größten ist die Darstellung einer Treibhausgasschicht in Abb. 2. Der Schwerpunkt dieser Abbildung liegt in der grafischen Veranschaulichung des Treibhauseffekts, welche mit einer Beschriftung zu bearbeiten ist. Hier wurde ein Versuch einer selbstständigen Arbeitsform eingebettet, der leider zu einer Fehlvorstellung führt. Die Treibhausgase werden durch die Darstellung in einer dünnen Schicht nicht korrekt wiedergegeben. Das inhaltliche Konzept des Treibhauseffekts wird durch diese gewählte Veranschaulichung fachwissenschaftlich nicht korrekt dargestellt, um sie mit der lebensweltlichen Theorie der Schülervorstellungen kombinieren zu können.

Wie schon in 2.2.1.1 (Korrektheit) angesprochen, genügt die Ortsdefinition „Erde“ im Kapitel 3 des Schulbuchs nicht, um die Inhalte nach der Zuordnung fachlich angemessen verarbeiten zu können. Es gehört klar angesprochen, ob es sich beim angesprochenen Ort der Reflexion, Absorption oder Emission der jeweiligen Strahlung um die Erdoberfläche oder die Erdatmosphäre handelt. Durch die im Schulbuch ungenaue Definition anhand des Begriffs „Erde“ kann der wichtige Energiefluss in diesem Diagramm nicht nachvollzogen werden. Eine Überarbeitung des Textes sollte hier unbedingt getätigt werden, um insgesamt mit der realitätsnahen Darstellung in der sonst nicht kritisierbaren Abbildung ein gutes Lernprodukt in diesem Kapitel gewährleisten zu können.

Die erzielte Senkung der Treibhausgasemission um 80% bis 2050 wurde, wie in 2.2.1.1 (Korrektheit) angedeutet, nicht in der Literatur gefunden. Dieser Inhalt wurde somit nicht realitätsnahe dargestellt.

Generell werden die Inhalte, abgesehen von den angesprochenen Kritikpunkten, in diesem Schulbuch sehr realitäts- und lebensnah dargestellt.

An dieser Stelle sollen einige speziell ausgewählt Beispiele angeführt werden. Im Buch wird der Anstieg des Meeresspiegels angesprochen und gleichzeitig mit der in der Wissenschaft als auch in der Gesellschaft vorhandenen Uneinigkeit, ob dieser Anstieg den menschlichen Einfluss als Ursache hat, untermauert. Die lebensnahe Darstellung gelingt durch das Ansprechen des Meeresspiegelanstiegs als weitere Folge des Klimawandels, neben dem Anstieg der Treibhausgaskonzentration. Ob mehr oder weniger CO<sub>2</sub> in unserer Luft vorhanden ist, wer-

den wir Menschen nicht sehen, oder wenn überhaupt nur bedingt wahrnehmen. Die in Mitteleuropa lebenden Menschen bekommen auch vom Meeresspiegelanstieg wenig mit, jedoch kennt jeder die Bilder der überschwemmten Pazifikinseln. Die lebensnahe Einbettung einer direkten Folge des Klimawandels wird mit dem Foto der Klimakonferenz unter Wasser, welche in Abb. 5 zu sehen ist, zusätzlich verstärkt.

Eine weitere lebensnahe Einbettung der Inhalte findet im Kapitel 2 statt. Der Kohlenstoffkreislauf wird zur grafischen Veranschaulichung der Kohlenstoffflüsse genutzt. In dieser Abb. 1 werden Emittenten des Kohlenstoffs vereint dargestellt und sind anhand von angegebenen Zahlen vergleichbar. Betrachtet man die roten Zahlen der Abb. 1, so ist durch eine kleine Kopfrechnung zu erkennen, dass der durch den Menschen eingebrachte Anteil den Kohlenstoffkreislauf außer Gleichgewicht bringen wird. Die Meere werden mehr CO<sub>2</sub> aufnehmen und die Konzentration der Atmosphäre wird weiter steigen, wenn der Mensch die Verbrennung von fossilen Energieträgern nicht einschränkt. Mit diesem Problem werden Schülerinnen und Schüler immer wieder in den Medien konfrontiert und somit ist es für sie präsent und kommt in der Realität vor. Verbessern könnte man diese Abb. 1 mit Pfeilen statt den einfachen Linien, um die Richtungen der Kohlenstoffflüsse erkennbar zu machen.

Die dritte und letzte zu analysierende lebensnahe Darstellung eines Inhalts fällt besonders bei den Maßnahmenvorschlägen auf. Weg von fossiler Energie, hin zu erneuerbarer Energie steht hier im Vordergrund. Solarenergieanlagen, Holzpelletsheizungen, Erdwärmeanlagen, Windkraftwerke und Wasserkraftwerke sollen Grundlage der zukünftigen Energiebereitstellung sein. Die große Anzahl an Möglichkeiten macht diesen Inhalt realitäts- und lebensnahe. Viele Schülerinnen und Schüler kennen Photovoltaikanlagen, sehen teilweise täglich Windräder in der Landschaft, fahren über Staumauern der Wasserkraftwerke oder besitzen eine Holzpelletsheizung.

### **2.2.1.3 Aufbau**

Die Inhalte sind gut miteinander verknüpft, auch wenn es auf ersten Blick so scheint, dass der Kohlenstoffkreislauf in diesem Themenabschnitt eigentlich nichts verloren hat. Jedoch bringt gerade dieser Zahlen ans Licht, wo die Kohlenstoffmassen herkommen und wie sie zirkulieren.

Das einleitende Kapitel ist von der Stoffmenge sehr gut gewählt und bietet einen kurzen Überblick auf die weiteren Inhalte in den darauffolgenden Kapiteln. Abgesehen von der teilweise fachlich falschen Darstellung des Treibhauseffekts bietet dieser einen Mittelpunkt im Thema, bei dem die Schülerinnen und Schüler selbstständig arbeiten können. Somit ist neben dem Lesen von Inhalten auch eine Methode der grafischen Zuordnung eingebettet. Anschließend an den Treibhauseffekt werden zahlreiche Maßnahmen vorgeschlagen, um diesen nicht weiter zu erhöhen. Hier könnte man meinen, dass zu viele Maßnahmen hintereinander gereiht sind. Beim Lesen wirken die Inhalte zwar sehr kurz formuliert, jedoch überhäufen sie aufgrund der hohen Anzahl den Leser oder die Leserin. Als Vorschlag könnte man hier ein eigenes darauffolgendes Kapitel mit ausgewählten erneuerbaren Energien mit Zahlen zur Vermeidung der gesamten Treibhausgasemission der Kraftwerke erstellen. Die Zahlen dazu könnten aus der Tabelle 2 entnommen werden.

#### ***2.2.1.4 Verhältnis – Illustration/Text***

Die kurzen Textpassagen ergänzen sich mit den Illustrationen sehr gut. Abgrenzungen von Text und Abbildungen machen die Seiten im Schulbuch sehr anschaulich. Man findet keine überflüssig langen Texte oder mit Illustrationen überfüllte Abbildungen. Die Abb. 2, die den Treibhauseffekt zeigt, ist im gesamten Schulbuch die größte und am dichtesten mit Farbe bedruckte Seite. Den Treibhauseffekt könnte man in einer Abbildung mit der halben Fläche immer noch gut leserlich und erkennbar einbinden. Inhaltlich sind die Illustrationen sehr lebendig und passend zum Text gewählt.

#### ***2.2.1.5 Fächerübergreifende Themen***

In der Biologie trifft man natürlich immer wieder auf fächerübergreifende Inhalte. Auch in diesem Schulbuch findet man viele chemische und physikalische Inhalte wieder. Speziell beim Treibhauseffekt und bei der expliziten Einbettung des Kohlenstoffkreislaufs wird das deutlich. Abgesehen von diesen annehmbaren fächerübergreifenden Inhalten werden bei dem zu analysierenden Thema immer wieder politische und wirtschaftliche Themen eingebunden. Zum Beispiel der Konflikt zwischen USA-China und dem Rest der Welt wird oft in den Vordergrund gestellt. Das Schulbuch deutet so sehr offen auf die eigentlichen wirtschaftlichen Probleme des Klimawandels und die mit ihm einhergehenden Maßnahmen der Staaten hin.

### **2.2.1.6 Lektionenanzahl**

Obwohl der AHS Biologie-Lehrplan der Oberstufe sehr offen gestaltet ist und man zukünftig vermehrt das Augenmerk des Unterrichts auf das präsenste Problem des Klimawandels richten wird, werden im Schulbuch einige Termini nicht ausführlich genug angesprochen. In die Tiefe könnte man natürlich in vielen Bereichen gehen, jedoch erscheint es mir als notwendig, einige Realisierungsvorschläge für Maßnahmen zu bringen, die die Schülerinnen und Schüler als einzelne Person tätigen können, um zum Beispiel den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Der Begriff „Nachhaltigkeit“ fehlt in diesem Buch zur Gänze. Weiters könnte man neben der Erwähnung der Umstrittenheit anführen, welche wissenschaftlichen Belege gegen den vom Menschen verursachten Anteil am Klimawandel sprechen. So würde die freie Meinungsbildung mehr unterstützt werden, da bisher nur angesprochen worden ist, dass praktisch nichts bewiesen ist. Alles dreht sich nur um die Maßnahmen, wie wir den Treibhauseffekt verhindern können. Wie es jedoch mit der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur und dem Meeresspiegel über die Erdzeitalter ausgesehen hat, wird nicht angeführt. Ein weiterer zu erwähnender Punkt wäre die natürliche Schwankung der eben angesprochenen Faktoren. Die Leistungsdichte der Sonne sowie der Stand der Planeten könnten einen großen Anteil an der Klimaerwärmung haben. Diese Vorschläge würden die freie Meinungsbildung der Schülerinnen und Schüler unterstützen und in Zukunft das Schulbuch mit mehr Inhalten an Lektionen zum Thema Klimawandel füllen.

## **2.2.2 Diversität**

### **2.2.2.1 Werthaltung und Religion**

Die Inhalte weisen zur Gänze auf ein vom Menschen verursachtes Problem hin. Natürlich wird der Mensch als der Schuldige gesehen, der dieses Problem anhand von Maßnahmen ausbessern kann. Natur und Umwelt werden komplett außer Acht gelassen. Das ist schade, da Schülerinnen und Schüler gerade über dieses Thema zum Umweltschutz animiert werden können. Ethik wird ebenfalls nicht in den Raum gestellt. Politik und Wirtschaft überwiegen und stellen die ethischen Werte der Menschen in den Schatten. Die Vorschläge von solaren Anlagen sind berechtigt, jedoch wird hier nicht das Problem der Rohstoffe für die Produktion angesprochen. Die dafür verwendeten Rohstoffe, wie zum Beispiel Silizium und Lithium, sind auf unserem Planeten limitiert und oft nur durch Zerstörung der Vegetation zugänglich. Eine

weitere und auch abschließende Frage stellt sich: Wollen wir den Menschen vor dem Klimawandel schützen oder auch Tiere und Pflanzen? Wenn nicht, warum versuchen wir nicht, mit dem Klimawandel zu leben, anstatt ihn zu verhindern? Ein Schulbuch sollte diese Fragen aus einem gesellschaftlich breit diskutierten Bereich klären. Es muss mehr Möglichkeiten zur Werthaltung eingebracht werden. In Sachen Religion ist das Schulbuch neutral.

#### *2.2.2.1.1.1 Heterogenität*

„Die EU sollte daher Druck auf diese Staaten ausüben, damit auch diese die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren.“ Diese Maßnahme wird im Schulbuch „bio@school 6“ mit der Begründung vorgeschlagen, dass die EU durch die klimaschutzbedingten Einsparungsmaßnahmen Wettbewerbsnachteile zu anderen Staaten hat, die weniger emittieren. Hier wird ein kultureller Konflikt angesprochen. Die USA haben, wie im Abschnitt 2.2.1.1 (Korrektheit) schon angesprochen, Klimaabkommen nicht ratifiziert und möchten aus dem aktuellen aussteigen. Diese Handlung der USA wird global unterschiedlich beurteilt. Der westliche kapitalistische Gedanke, mit dem Klimawandel Geschäfte zu machen, ist in diesem zuvor angesprochen Schreiben (U.S Department of State 2017) natürlich offensichtlich. In effiziente Technologien zu investieren, ohne gegenwärtig auf die Emission zu achten und zukünftig diese Technologien an Partnerstaaten zu verkaufen, um „gemeinsam“ gegen den Klimawandel vorzugehen, wird natürlich von den EU-Staaten nicht gern gesehen. Abgesehen von diesen heterogenen interkulturellen Gesichtspunkten wird in den zu analysierenden Kapiteln nicht auf weitere Aspekte eingegangen. Der Klimawandel kann in den Kulturen unterschiedlich betrachtet werden, jedoch ist es in diesem Schulbuch nicht nötig, auf weitere Blickwinkel verschiedener Kulturen einzugehen. Man sollte eher den Aspekt der natürlich bedingten Klimaänderung miteinbeziehen.

## **2.3 Formal-gestalterischer Bereich**

### **2.3.1 Gestaltung und Übersicht**

Die Struktur des Schulbuchs ist bemerkenswert übersichtlich. Grafische Mittel, Text sowie Orientierungshilfen sind passend eingebettet, sodass die Seiten sehr inhaltsreich erscheinen und zugleich klare Grenzen, die zur Übersichtlichkeit dienen, gesetzt sind.

Das sehr übersichtlich strukturierte Lehrmittel beinhaltet ein Inhaltsverzeichnis. In diesem Verzeichnis sind die Überschriften der großen Themenbereiche von einem individuell gefärb-

ten Block umgeben. Darunter werden die Bezeichnungen der Abschnitte aufgelistet, die zu diesen jeweiligen Themenbereichen bearbeitet werden. Die spezifischen Färbungen ziehen sich je nach Kapitel über das gesamte Buch. Auf der zweiten Seite des Inhaltsverzeichnisses befindet sich am unteren Rand eine Legende der im Buch vorkommenden Symbole, welche in Abb. 6 zu sehen ist.



Abb. 6: Übersicht der im Schulbuch verwendeten Symbole (Schiermaier et. al 2015, S.5)

Darin werden den Punkten Bio-Check-Box, Zusammenfassung, Online-Inhalte, Daten & Fakten, Genauer betrachtet, Medizin aktuell, Von A bis Z und dem Maturaleitfaden Symbole zugeordnet.

Kapitel der Themenbereiche beginnen mit einer großen Abbildung einer Realitätsaufnahme in Form eines Fotos oder einer hochauflösenden Elektronenmikroskop-Aufnahme, passend zur sich darüber befindenden Überschrift. Anschließend an diese optisch schön anzusehende einleitende Seite folgt eine Seite mit der Überschrift „Leitfaden MATURA-TRAINING“. Hier wird explizit hingewiesen, wie man sich Schritt für Schritt auf die Neue Reifeprüfung vorbereiten kann.

Auf den Seiten 211 bis 216 findet man ein Fachwörterverzeichnis mit der sich durch das gesamte Buch ziehenden fachspezifischen Färbung der Begriffe. Der sehr kleine Text wird in vier gleich große Spalten gegliedert, so dass die Seiten des Fachwörterverzeichnisses nicht zu voll wirken. Passend zum Fachwörterverzeichnis befindet sich an den Seitenrändern jeweils eine 4,6cm breite Spalte, in der ein Glossar angelegt ist. Die darin enthaltenen Fachbegriffe sind, wie in Abb. 7 zu erkennen, in der Farbe des jeweiligen Themenbereichs gefärbt.

Die übersichtliche Struktur, die spezifische Färbung der Überschriften, die



Abb. 7: Glossar (Schiermaier et. al 2015, S.175)

Fachwörter im Glossar an den Seitenrändern und das Fachwörterverzeichnis ermöglichen ein schnelles Suchen nach Definitionen oder Fachbegriffen.

Zur Orientierungshilfe tragen, neben der Suchmöglichkeit anhand der Verzeichnisse, weiters die sich in den oberen Ecken der Seiten befindenden themenspezifischen schematischen Zeichnungen, wie in Abb. 7 oben zu sehen ist, sowie die gefärbten Bezeichnungen sowie Nummerierungen innerhalb der Abschnitte bei. Das Arbeiten wird neben dieser eben genannten Orientierungshilfe zusätzlich mit der durchwegs grafischen Veranschaulichung von Blöcken und Kästen zwischen den Unterkapiteln und etwaiger Aufgaben erleichtert. Diese Veranschaulichung durch die horizontale Trennung ist in Abb. 8 dargestellt.

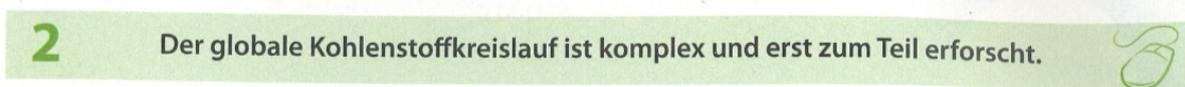


Abb. 8: Überschrift des 2. Kapitels (Schiermaier et. al 2015, S.173)

Die adressatengerechte Gestaltung wird weiters durch einfach gehaltene Abbildungen und Grafiken unterstützt. Der Text ist ausschließlich in zwei Spalten unterteilt und oft ist dieser durch grafische Veranschaulichungen durchmischt. Abbildungen, Diagramme, Fotos und Schemata sind explizit in der spezifisch zum Thema passenden Farbe eingerahmt und mit einer Abbildungsbeschriftung untermauert. Die Beschriftung, wie sie in Abb. 2 zu sehen ist, findet sich immer unter dem zu beschriftenden Objekt. Die Zahl 174.1 weist darauf hin, dass sie auf Seite 174 positioniert ist und die Ziffer 1, dass das beschriftete Objekt auf dieser Seite die erste grafische Veranschaulichung ist.

Trotz der großen Menge an Text steht dieser mit den grafischen Objekten und dem Glossar in einem adäquaten Verhältnis. Im Fließtext sind die im Glossar erwähnten Begriffe mit der themenspezifischen Farbe markiert.

Die von den Schülerinnen und Schülern durchzuführenden Aufgaben sind in recht unterschiedlich gestalteten BIO-CHECK-BOXEN beschrieben, welche mit dem in Abb. 9 ersichtlichen Symbol markiert sind. Weitere Aufgaben sind zum Beispiel die Zuordnung von passenden Sätzen in die Abb. 2 „Der natürliche Treibhauseffekt“. Zahlreiche Formen von Aufgaben, die in den BIO-CHECK-BOXEN zu bearbeiten sind, finden sich mit wenigen Ausnahmen auf jeder Seite.



Abb. 9: BIO-CHECK-BOX zum Treibhauseffekt (Schiermaier et. al 2015, S.174)

Neben diesen übersichtlich eingebetteten Aufgaben wird den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben, mit Hilfe der mit der Lupe markierten Kästchen „Genauer betrachtet“, einen vertiefenden Einblick in spezielle Inhalte zu gewinnen. Diese Inhaltsvermittlung wird häufig mit gestalterischen Mitteln unterstützt, jedoch hier nicht näher behandelt, weil es nicht klar auszumachen ist, wie häufig eine solche Vertiefung pro Themenbereich oder Kapitel vorkommt. Über das ganze Buch gesehen unterscheidet sich das Auftreten sehr stark.

Die mit „KURZ&KNAPP“ benannten Boxen am Ende der Abschnitte in den jeweiligen Themenbereichen geben abschließend, stichwortartig oder in kurzen Sätzen, noch einmal in Form einer Zusammenfassung wieder, was die Schülerinnen und Schüler beschreiben, erklären, interpretieren, untersuchen und dokumentieren können sollen. Die Box aus dem zu analysierenden Thema wird in Abb. 10 dargestellt.

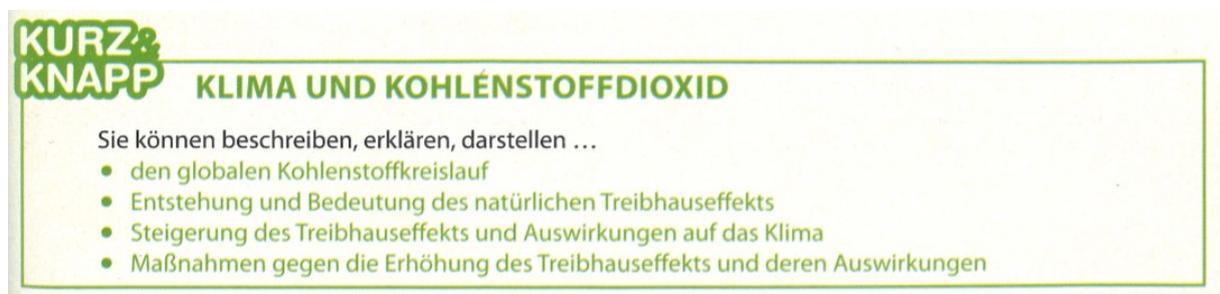


Abb. 10: KURZ & KNAPP zum Klima und Kohlenstoffdioxid (Schiermaier et. al 2015, S.175)

Weitere Elemente, die in der Legende erwähnt sind, werden hier nicht weiter behandelt, da sie einmalig oder nur sehr selten vorkommen und sich inhaltlich sowie gestalterisch kaum von den BIO-CHECK-BOXEN oder den „Genauer betrachtet“-Kästchen unterscheiden.

Nicht nur für Lernende bietet diese übersichtliche Gestaltung eine Hilfe zu den Inhalten und zum Lernen, sondern auch für Lehrpersonen werden Möglichkeiten für die mittel- und langfristige Unterrichtsplanung geboten.

## **2.4 Pädagogisch didaktischer Bereich**

### **2.4.1 Lehrplankongruenz**

Der Lehrplan der AHS-Oberstufe in Biologie beinhaltet in der 6. Klasse im Bereich Ökologie und Umwelt folgende Textpassage: „Umweltprobleme und deren Ursachen am Beispiel Klimawandel diskutieren und Lösungsmöglichkeiten im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aufzeigen.“

Der im Lehrplan formulierte Fachbereich spiegelt sich im Schulbuch, welches eindeutig daran orientiert ist, wieder. Wie schon in Abschnitt 2.2.1.6 (Lektionenanzahl) erwähnt, fehlt der Begriff „Nachhaltigkeit“ komplett in diesem Schulbuch. Das Schulbuch „bio@school 6“ bedarf eindeutig einer Überarbeitung zum Thema Nachhaltigkeit als Denkansatz für den Kampf gegen den Klimawandel. Der Klimawandel eignet sich sehr gut für die Ausbildung einer nachhaltigen Denkweise in den Köpfen der Jugendlichen. Abgesehen von diesem fehlenden Begriff kommen alle Begriffe, welche auch im Lehrplan gefestigt sind, im Schulbuch vor. Die Strukturierung des Schulbuchs ist klar an dem Lehrplan orientiert.

### **2.4.2 Lernprozess**

Das Lehrmittel berücksichtigt emotionale, handelnde Dimensionen in Form des Ansprechens von realitäts- und lebensnahen Problemen, welche unsere Erdbevölkerung betreffen, allerdings in einem geringen Ausmaß. Das Bild (Abb. 5) der Klimakonferenz unter Wasser ist ein Versuch, die Schülerinnen und Schüler auf dem emotionalen Weg zum Handeln zu führen. Ein weiterer Versuch ist die bildliche Veranschaulichung des Kohlenstoffkreislaufs, in dem die Emissionen der Menschen in Form von betriebenen Fabriken dargestellt werden. Diese Versuche der Darstellung umweltwissenschaftlicher Probleme fördern den kognitiven, emotional handelnden Lernprozess deutlich. Wie schon mehrmals angesprochen, könnte durch das Einbinden des Natur- und Umweltschutzes oder der Nachhaltigkeit der kognitive, emotional handelnde Lernprozess verstärkt angesprochen werden.

Die Struktur ermöglicht das aufbauende Lernen. Der grundlegende Treibhauseffekt, Fotosynthese, Zusammensetzung der Luft und erneuerbare Energieträger bilden das grundlegende Wissen, welches für das weitere aufbauende Lernen schon vor der 6. Klasse vorhanden ist. Im einleitenden Kapitel des zu analysierenden Themas „Klimawandel“ gibt es einen Über-

blick des Sachbestandes. Zusätzlich wird der Kohlenstoffkreislauf verwendet, um in den weiteren Kapiteln auf diesen aufbauen zu können. Neben dem Kohlenstoffkreislauf wird der Treibhauseffekt auf einer physikalisch fortgeschrittenen Ebene dargestellt, um ebenfalls eine Grundlage für das Verständnis der darauffolgenden Inhalte zu gewährleisten. Im Kapitel 6 „Maßnahmen gegen die Erhöhung des Treibhauseffekts sind umstritten“ müssen die Lernenden immer wieder auf Vorwissen zurückgreifen, um neue Inhalte verarbeiten zu können. Durchgehend werden die Lernenden im Schulbuch zur Verknüpfungsbildung von Treibhauseffekt, Treibhausgaskonzentration, Kohlenstoffkreislauf und erneuerbare Energien geleitet. Leider fehlen in diesem Netz der Verknüpfung die Termini Natur- und Umweltschutz, sowie Nachhaltigkeit. Die Schülerinnen und Schüler können als Lernergebnis Wissen über den Kohlenstoffkreislauf, Treibhauseffekt, Auswirkungen auf das Klima und die Maßnahmen gegen die Treibhausgaserhöhung erlangen. Die Handlungskompetenzen Wissen organisieren und Erkenntnisse gewinnen stehen hierbei im Mittelpunkt. Schlüsse ziehen und daraus bewerten, entscheiden und handeln rücken dabei jedoch in den Hintergrund. Es fehlt in diesem Schulbuch merklich ein abschließendes Konzept zum Thema Schlüsse ziehen und gestalten. Dieses Problem könnte man lösen, indem man abschließend, wie schon häufig angesprochen, auf Natur- und Umweltschutz sowie Nachhaltigkeit eingeht.

### **2.4.3 Zielgruppenorientierung**

Das Lehrmittel baut auf Vorwissen auf und ergänzt wichtige neue Inhalte. Die Lernenden werden so zielgruppengerecht auf neue Inhalte vorbereitet und der Lernprozess kann orientiert an verknüpftem Vorwissen stattfinden. Bisherige Erfahrungen werden mit einbezogen, und somit können neue und zielgruppengerechte Inhalte erarbeitet werden.

Ein Punkt, der angeführt werden muss, ist erneut die nicht zielgruppengerechte Einbettung der realitätsfernen Grafik zum Treibhauseffekt. In der zu beschriftenden Abbildung treffen die Schülerinnen und Schüler auf Inhalte, die ein physikalisches Vorwissen verlangen, die im Physikunterricht in der dritten Klasse vorbereitet werden müssen. Im AHS-Physiklehrplan der 3. Klasse werden im Themenbereich „Unser Leben im Wärmebad“ explizit die Bedeutung der Wärmeenergie für Lebewesen in ihrer Umwelt und ihr wirtschaftlicher und ökologischer Zusammenhang festgelegt. Diese Inhalte und die darin vorkommenden Begrifflichkeiten müssen didaktisch adaptiv in den Physikunterricht eingebettet sein, um ein Lernergebnis zu er-

reichen, welches die Grundlage für das Thema Klimawandel in der 6. Klasse ist. Gelingt das nicht, so kann kein aufbauendes Lernen stattfinden. Der Treibhauseffekt verlangt eine hoch angesetzte Kompetenz. Schülerinnen und Schüler lernen, dass Licht von der Sonne in kurzwelliger Strahlungsform auf die Erdatmosphäre und Erdoberfläche trifft und in langwelliger Form emittiert wird. Kernpunkt dieses zu verstehenden physikalischen Prozesses ist die Absorption des Lichts. Wissen die Lernenden bis zu diesem Zeitpunkt nicht, dass Körper die Strahlung der Sonne absorbieren können und dadurch eine Energiezufuhr erfahren, diese Energie in einer anderen Form, nämlich der Wärmestrahlung, wieder abgeben, so kann beim Lernen anhand dieser Abbildung kein fachwissenschaftlich zu akzeptierendes Lernprodukt entstehen. Die in 2.2.1.1 (Korrektheit) angesprochenen Fehler dieses Kapitels zum Treibhauseffekt erschweren zusätzlich diese schon sehr kritische Angelegenheit.

Mein Lösungsvorschlag an dieser Stelle ist ein mehrdimensionaler. Die adaptive Einbettung des Treibhauseffekts in der dritten Klasse muss stattfinden. Das Erkennen der Unterschiede zwischen Absorption, Reflexion und Emission muss am Ende der dritten Klasse ein Lernziel sein. Schon im Physikunterricht muss auf die Unterschiede zwischen der kurzwelligen und langwelligen Strahlung in einer zielgruppenorientierten Abbildung eingegangen werden. Die Verteilung der Treibhausgase in dieser Abbildung muss eine vereinfacht homogene über die gesamte Schicht der Erdatmosphäre sein. Auf der anderen Seite muss im Biologieunterricht der 6. Klasse geklärt werden, wann es sich beim Treibhauseffekt um Absorption, Reflexion und Emission handelt. Ohne diese fachliche Klärung erzielt diese Einbettung, wie sie im Schulbuch vorhanden ist, nicht das Ziel des Verständnisses des Treibhauseffektprozesses und darauf folgender Lernziele.

## **2.4.4 Individualisierung**

### ***2.4.4.1 Eigenständiges Lernen***

Das Schulbuch gibt verschiedene Möglichkeiten, eigenständig zu lernen. Die Zuordnung des Textes zur Abbildung des Treibhauseffekts sowie die rechnerische Darstellung des Kohlenstoffkreislaufs ermöglichen das eigenständige Lernen. Abgesehen von diesen Chancen steht das eigenständige Lernen leider im Hintergrund. Eigene Fragen, Meinungen und Interessen werden besonders bei dem Vorschlag verschiedener Maßnahmen zur Senkung der Treibhausgaskonzentration miteinbezogen. Abermals kann hier nur erwähnt werden, dass ein

abschließendes Kapitel eingefügt werden könnte, in dem die Handlungskompetenz noch weiter ausgebildet werden kann. Das Schulbuch sollte die Möglichkeit nutzen und das Interesse der Natur- und Umweltschutzthemen dazu als Anknüpfungspunkt verwenden. Es könnte zum Beispiel eine Gruppenarbeit eingebunden werden, in der die Schülerinnen und Schüler gemeinsam Maßnahmen erstellen, die sie selbst treffen können, um die Natur und Umwelt zu schützen oder die Treibhausgasemission zu verhindern oder zu vermindern. Dabei muss unbedingt eine Kosten-Nutzenabschätzung mit einbezogen werden, um nachvollziehen zu können, warum die Schülerinnen und Schüler diesen Weg eingeschlagen haben, ein Problem möglichst effizient zu lösen.

#### ***2.4.4.2 Leistungsansprüche und Zugangsweisen***

Das hohe verlangte Vorwissen zum Treibhauseffekt fordert die Schülerinnen und Schüler. Leistungsstarke werden diese Abbildung rasch beschriften können, jedoch auch diese Schülerinnen und Schüler werden ohne die in 2.4.3 (Zielgruppenorientierung) angesprochenen Punkte nicht das maximale Lernziel, nämlich das Verstehen der physikalischen Prozesse des Treibhauseffekts, erreichen. Abgesehen von diesem Inhalt des zu analysierenden Themas sind die Leistungsansprüche im mittleren Bereich angesetzt. Der komplexe Kohlenstoffkreislauf ist vereinfacht dargestellt und verlangt von den Schülerinnen und Schülern grundlegendes chemisches sowie mathematisches Vorwissen. Das Einbinden der individuellen Interessen und Neigungen wird, wie zuvor angesprochen, bei der Auflistung der Maßnahmen gegen die Treibhausgasenerhöhung ermöglicht. Die unterschiedlichen Zugangsweisen an Lerninhalten sind außer beim Kohlenstoffkreislauf in jedem Kapitel vorhanden. Der Treibhauseffekt ist nach der Zuordnung von Text und Abbildung hinsichtlich der Lerntypen grafisch oder anhand des Textes zu verstehen. Auf weitere Zugangsweisen beim Kohlenstoffkreislauf kann verzichtet werden, da die Abbildung einen guten Überblick gibt. Ein dazugehöriger Text wäre überflüssig.

#### ***2.4.4.3 Unterrichtsform und –methoden***

**Vorgeschlagene Unterrichtsformen und –methoden findet man im zu analysierenden Abschnitt bedingt. Abb. 9 zeigt die BIO-CHECK-BOX zum Treibhauseffekt. Im Kapitel 3 „Der natürliche Treibhauseffekt ermöglicht das Leben auf der Erde.“ soll der Text gelesen werden und die Ziffern 1-6 sollen den Kreisen der Abb. 2 zugeordnet werden. Diese Aufgabe**

**wurde inhaltlich in 2.2.1.1 (Korrektheit) ausgiebig analysiert. Sie ist mit dem Symbol der „W-Kompetenz“ beschriftet und soll im Bereich „Wissen organisieren“ Handlungskompetenzen vermitteln.**

Diese eingebettete Aufgabe ist abgesehen von den inhaltlichen Fehlern gut gelungen, da die Schülerinnen und Schüler zum Teil an bereits Gelerntem aus der 3. Klasse Physik ansetzen können und sie durch Lesen Wissen organisieren. Wie in Abb. 2 zu erkennen ist, kann man klar zwischen langwelligeren und kurzwelligeren Strahlungen unterscheiden. Die Kreise sind eindeutig auf ihnen positioniert. Die Richtungen der Strahlen sind mit Pfeilen vorgegeben und die nicht genau darstellbaren Größenverhältnisse sind näherungsweise korrekt. Diese Unterrichtsmethode fällt unter „Eigenlernen der Schülerin oder des Schülers“.

Ich schlage eine Unterrichtsmethode in Form eines abschließenden Gruppenprojekts vor, in dem sich Schülerinnen und Schüler über mehrere Tage mit ihrer Treibhausgasemission, Nachhaltigkeit und Energiebilanz beschäftigen. Diese Ergebnisse werden in der Gruppe gesammelt und ausgehend von diesen werden Maßnahmen erstellt, die jede Person ergreifen kann, Klimaproblemen entgegenwirken zu können.

#### ***2.4.4.4 Jahrgangübergreifendes, altersdurchmisches Lernen***

Das Lehrmittel kann im Physikunterricht der 7. Klasse für einleitende Zwecke verwendet werden. Der Strahlungshaushalt der Erde ist anhand der Abbildung zum Treibhauseffekt auf diesem Niveau des Oberstufen-Physikunterrichts vereinfacht dargestellt, vorausgesetzt man adaptiert die in 2.2.1.1 (Korrektheit) angesprochenen Inhalte. Außerdem eignen sich die zahlreich vorgeschlagenen Maßnahmen zur Senkung des globalen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ebenfalls als Einstieg in das Thema „Erneuerbare Energien“ in der 7. Klasse in Physik.

## 3 Schulbuchanalyse „Kernbereiche Biologie 6“

### 3.1 Eckdaten

Das zweite zu analysierende Schulbuch „Kernbereiche Biologie 6“ von Barbara Koch und Eva-Maria Koch wurde 2013 für den Unterrichtsgebrauch für die 6. Klassen an Allgemeinbildenden Höheren Schulen im Unterrichtsgegenstand Biologie und Umweltkunde und für den 1.-2. Jahrgang an Höheren land- und forstwirtschaftlichen Lehranstalten im Unterrichtsgegenstand Angewandte Biologie zugelassen. Veröffentlicht wurde das Schulbuch vom Verlag E.Dorner. Die 4. Auflage des vorliegenden Schulbuchs wurde 2016 herausgegeben. Das Cover ist zu zwei Drittel mit Abbildungen aus ausgewählten biologischen Themen versehen. Die größte davon ist die hochauflösende Aufnahme des Facettenauges einer Schwebfliege. Weiters befinden sich Realbildaufnahmen eines Froschlaichs und einer Steininselgruppe auf dem Cover.

### 3.2 Thematisch-inhaltlicher Bereich

#### 3.2.1 Inhalt

##### 3.2.1.1 Korrektheit

**Das Thema „Der menschliche Einfluss auf die Biosphäre am Beispiel des Klimawandels“ wird mit einem kurzen Text eingeleitet. Die wesentlichen Inhalte sind die drastische Lebensraumänderung des Menschen als einziges Lebewesen durch Hausbau, Straßenbau und der somit verbundenen Änderung anderer Lebensräume. Rohstoffe werden vom Menschen genutzt und er staut Gewässer zur Stromerzeugung auf. Die Entwicklung des leistungsstarken menschlichen Gehirns ist die Basis dafür.<sup>3</sup>**

Der Mensch war das erste Lebewesen, welches komplexe Werkzeuge weiterentwickeln konnte, um die heute bestehende Technologie erschaffen zu können. Er ist sicherlich ein hoch entwickeltes Lebewesen, dem geschichtlich betrachtet keine Grenzen der Technologie gesetzt sind. Durch den Ausbau der Infrastruktur und der Urbanisierung sowie der Gier nach Rohstoffen hat der Mensch eine unüberschaubare Fläche an natürlichem Lebensraum zer-

---

<sup>3</sup> Alle in diesem Kapitel zu analysierenden Aussagen entstammen dem Schulbuch „Kernbereiche Biologie 6“ (Koch & Koch 2016).

stört. Fritsche (2008) schreibt von der sichtbaren zivilisatorischen Umgestaltung der Erde, die besonders waldreiche und fruchtbare Gebiete betrifft. Mit dem Beginn der Landwirtschaft vor 8000 Jahren wurde im Laufe der Zeit immer mehr Wald zerstört. Ursprünglich waren 45% der terrestrischen Erdoberfläche mit Wald bedeckt. Heute sind es nur mehr 27% bedeckt, sie speichern 45% des auf dem Festland vorkommenden Kohlenstoffs und tragen 50% der terrestrischen Nettoprimärproduktion bei. Neben der Landwirtschaft tragen voranschreitende Urbanisierung und Infrastruktur zum Verlust der Biodiversität bei. Die Biosphäre wird außerdem durch den Einsatz von Pestiziden und Dünger sowie durch Abfallprodukte belastet (Fritsche 2008).

**Der zweite Teil des einleitenden Textes beinhaltet die menschliche Herausforderung "globale Erwärmung", welche auf die menschliche Tätigkeit auf die Umwelt zurückzuführen ist.**

Wie bereits erwähnt, wurde die Erdoberflächentemperatur seit 1850 über drei Jahrzehnte gesehen immer wärmer als das vorherige Jahrzehnt. Es ist auch nicht mehr abzustreiten, dass der Mensch einen Einfluss auf diese Erwärmung hat, welche oft mit dem erhöhten Treibhausgasausstoß verbunden wird.

**Im nächsten Kapitel wird das Klima der Erde genauer betrachtet. Es beginnt mit der Abb. 11, in der die unterschiedlichen Einflüsse auf das Klima dargestellt sind.**

**Wie in der Abb. 11 zu sehen ist, wird die Veränderung der Zusammensetzung der Atmosphäre, Sonneneinstrahlung, dem Wasserkreislauf, Meeresspiegel und den Strömungen im Ozean dargestellt. Darunter wird im Text angeführt, dass Klimaschwankungen zahlreiche natürliche Ursachen haben, wie die Änderung der Sonneneinstrahlung sowie der Meeres- und Luftströmungen.**

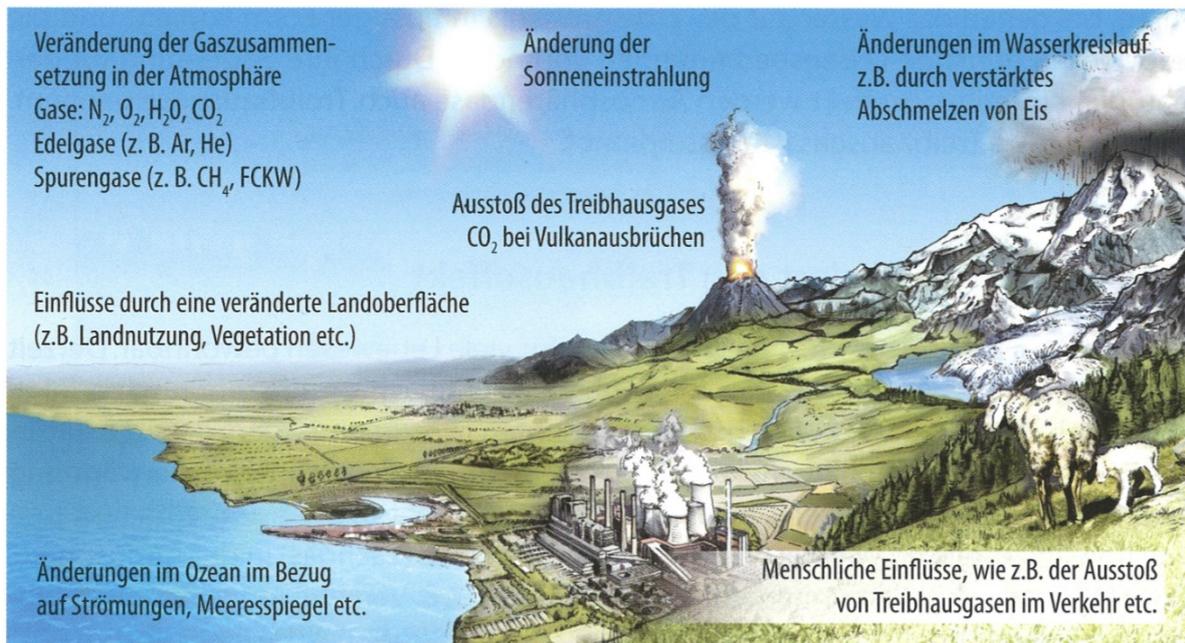


Abb. 11: Das Klima der Erde (Koch & Koch 2016, S.155)

Die bereits analysierten Inhalte zur Veränderung der Zusammensetzung der Atmosphäre, des Wasserkreislaufs und Meeresspiegels werden hier nicht mehr angeführt. Genauer betrachtet wird die Änderung der Sonneneinstrahlung sowie der Meeres- und Luftströmungen.

Die tägliche und jährliche Schwankung der Solarkonstante ist für den Menschen deutlich zu spüren. Aufgrund der Entfernungsänderung von Erde zur Sonne zwischen Anfang Juli (Aphel) von ca.  $152 \cdot 10^6 km$  auf  $147 \cdot 10^6 km$  Anfang Januar (Perihel) nimmt die Bestrahlungsstärke der Sonne vom Aphel zum Perihel um 7% zu. Weiters schwankt die extraterrestrische Bestrahlungsstärke innerhalb einiger Wochen um 0,2% auf Grund von dunklen Sonnenflecken und hellen Sonnenfackeln. Neben der zeitlichen Schwankung der Sonnenstrahlung, die auf die Erde trifft, beeinflusst der Wind das Klima. Wind wird betrachtet als eine horizontale Luftströmung, welche von der Bodenreibung, der Druckgradienten und der Corioliskraft bestimmt wird. Durch den Einfluss des Windes auf die Wasseroberfläche oder durch Druckunterscheide der Wassermassen, die von Temperatur und Salzgehalt des Wassers abhängen, entstehen Meeresströmungen (Klose 2015).

**Neben den eben genannten Veränderungen werden die Einflüsse auf diese in der Abb. 11 dargestellt. Unter anderem der Treibhausgasausstoß durch Vulkanausbrüche, menschliche Einflüsse wie zum Beispiel der Treibhausgasausstoß im Verkehr und Einflüsse durch veränderte Landoberfläche wie zum Beispiel Landnutzung.**

Da der Treibhausgasaustoß durch Vulkanausbrüche in dieser Arbeit noch nicht explizit erwähnt wurde, wird die Analyse dieses Aspektes den beiden anderen bereits behandelten hier vorgezogen. Im Text unter der Abbildung wird zusätzlich angeführt, dass Vulkanausbrüche große Mengen an Staub freisetzen und somit eine Ursache für die natürliche Klimaschwankung sind. Nach Klose (2015) gelangt von den ca. 50 bis 60 jährlich tätigen Vulkanen etwa alle ein bis drei Jahre eine Eruptionssäule mit Aschepartikel in die Stratosphäre. Diese beinhaltet feste bis gasförmige Bestandteile wie zum Beispiel  $\text{CO}_2$  und  $\text{SO}_2$ . Da diese Emissionen die Erde mehrfach umrunden können, wird die Aerosolschicht der Stratosphäre verstärkt. Die vulkanischen Gase wandeln sich innerhalb weniger Wochen in Schwefelsäuretröpfchen und somit wird die Absorption von Infrarotstrahlung aus dem Sonnenspektrum und tieferen Atmosphärenschichten verstärkt. Die Stratosphäre erwärmt sich, wie zum Beispiel nach dem Ausbruch des El Chichon 1982 um 4K (Klose 2015).

**Abgeschlossen wird dieses Kapitel mit der Frage, warum menschliche Einflüsse wie etwa die Verbrennung fossiler Brennstoffe Auswirkungen auf das Klima haben?**

Diese bereits mehrmals behandelten Inhalte der Frage werden daher hier nicht weiter ausgeführt. Die Frage bildet eine direkte Überleitung zum Treibhauseffekt.

Das darauf folgende Kapitel des natürlichen Treibhauseffekts wird mit einem Glashausvergleich eingeleitet.

**Das geparkte Auto im Sommer wird als Beispiel für ein Glashaus, in dem Temperaturen von über  $60^\circ\text{C}$  möglich sind, dargestellt. Die Frage, warum sich das Auto aufheizt, wenn  $30^\circ\text{C}$  herrschen, wird mit dem Auto als Glashaus beantwortet. Sonnenlicht strahlt in das Autoinnere und dort wird die kurzwellige Strahlung absorbiert und als langwellige Wärmestrahlung wieder abgegeben. Die langwellige Strahlung kann die Glasfenster schlechter durchdringen und wird zum Teil durch das Glas wieder zurückgestrahlt.**

Häckel (2012) erklärt den Treibhauseffekt ähnlich anhand von Gewächshäusern und Obstverpackungen. Beides sind Glashäuser, durch die die kurzwellige Strahlung der Sonne eindringen kann. Darin enthaltene Objekte wie Boden und Pflanzen oder Obst wie zum Beispiel Kirschen absorbieren einen Teil davon und somit erwärmt sich im Inneren die Temperatur. Diese Objekte senden so zunehmend langwellige Wärmestrahlung aus, welche beim Auftref-

fen auf das Glas absorbiert werden. Wellenlängen größer als  $3\mu\text{m}$  werden dabei fast restlos absorbiert, so dass aus dem Inneren praktisch keine langwellige Strahlung nach außen gelangt. Das Glas erwärmt sich dadurch ständig und gibt vermehrt Wärmestrahlung zum Großteil nach innen ab. Die Temperatur im Glashaus steigt, wenn es luftdicht verschlossen ist. In Gewächshäusern macht man sich diesen Effekt zu Nutze. Obstverkäufer hingegen versuchen den Glashauseffekt bei in Folien eingeschweißtem lagerndem Obst zu vermeiden, indem sie Folien mit Löchern verwenden. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich dunkle Kirschen in verschlossenen Verkaufsschalen auf bis zu  $50^\circ\text{C}$  aufheizen können. Weiters ist der Glashauseffekt im Sommer bei verschlossenen Autos unerwünscht. Die Armaturen sowie andere Objekte im Auto fördern die ungewünschte Erwärmung durch den Glashauseffekt (Häckel 2012). Da in der zu analysierenden Aussage bezüglich der Absorption der langwelligen Strahlung am Glas die Begriffe wie „absorbiert“ und „reflektiert“ weggelassen werden, ist sie als fachlich korrekt anzusehen. Didaktisch adaptiv eingebettet sollte an dieser Stelle der Begriff „absorbiert“ werden. Das Glas absorbiert die Strahlung und genau dies wäre die Grundlage für den darauf folgend beschriebenen Treibhauseffekt auf der nächsten Seite.

Blickt man genauer auf die Überleitung vom Glashauseffekt zum Treibhauseffekt, trifft man auf weitere Probleme, die geklärt werden müssen. Die Temperatur im Glashaus würde sich genauso erhöhen, wenn das Glas für terrestrische Strahlung durchlässig wäre. Nach Raith et. al. (2001) wird der experimentelle Vergleich eines Glashausdachs aus Fensterglas, welches undurchlässig für terrestrische Wärmestrahlung ist, mit einem Steinsalzdach, welches durchlässig für terrestrische Wärmestrahlung ist, gezeigt. Die Glashäuser erwärmen sich gleich stark. Natürlich verhindert das Glas das Entweichen der Wärmestrahlung, nur ist das nicht relevant. Der springende Punkt ist die mechanische Blockade durch das Glas. Latente und fühlbare Wärme kann nicht entweichen. Öffnet man das Dach, so könnte das Wasser des Bodens verdunsten und die Wärme würde durch Konvektion abgegeben werden und somit würde insgesamt die vom Boden absorbierte solare Energie wieder abtransportiert werden. Der Treibhauseffekt kann ohne diese zusätzliche Information mit einem lokalen Glashaus nicht ausreichend beschrieben werden (Raith et. al. 2001).

**Überleitend vom Glashauseffekt wird der Treibhauseffekt anhand von Abb. 12 mit dazugehörigem Text beschrieben. Der Text befindet sich rechts neben der Abbildung. Darin**



und in der Vegetation gespeichert und teilweise horizontal transportiert. Die Erdoberfläche transportiert diese Energie in Form von Wärmestrahlung wieder ab (Rait et. al. 2001)

Da diese Inhalte schon in 2.2.1.1 (Korrektheit) analysiert wurden, wird hier nicht weiter darauf eingegangen. Weiter zu kritisieren ist an Abb. 12, dass die einfallenden sowie ausfallenden Strahlen mit derselben Wellenlänge eingezeichnet sind. Außerdem stellt die Abbildung die Treibhausgase in einer nur weit „oben“ vorkommenden Schicht dar. Es ist klar zu erkennen, dass der Begriff „Treibhausgase“ in einer über den Horizont reichenden dunkelblauen Schicht im Schulbuch eingetragen wurde. Leider ist das erneut ein erheblicher fachlicher Fehler.

**Im darauffolgenden Text wird die verzögerte Abgabe der terrestrischen Wärmestrahlung als Ursache für die Erdoberflächentemperatur von +15°C angegeben. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt hätte es -18°C, weil die solare Strahlung sofort wieder ins Weltall zurückreflektiert werden würde. Dies ist die Grundlage für das Leben auf der Erde. Die Atmosphärogase werden Treibhausgase genannt und das wichtigste ist Wasserdampf.**

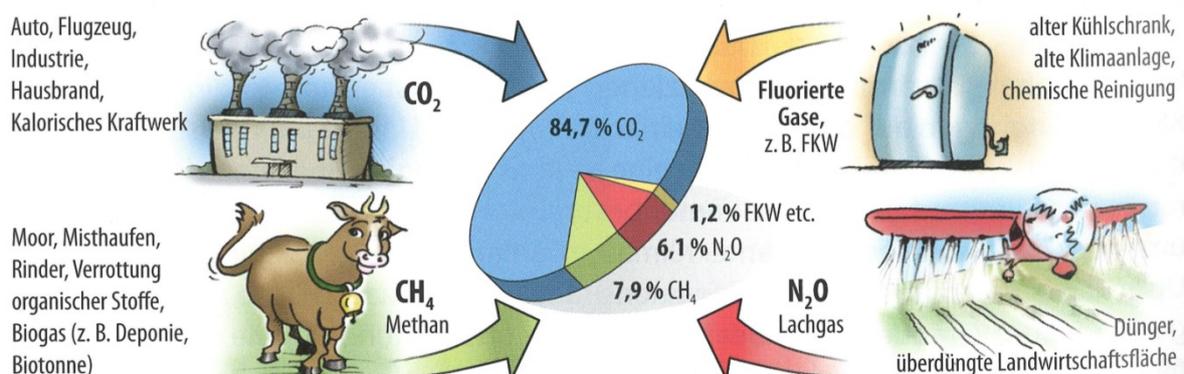
In 2.2.1.1 (Korrektheit) wurden diese Inhalte weitgehend analysiert. Hier werde ich auf die angesprochene Wichtigkeit des Wasserdampfes als Treibhausgas eingehen. Oft wird CO<sub>2</sub> als das „wichtigste“ Treibhausgas angesehen. Roedel und Wagner (2011) nennen Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid als Hauptabsorber der terrestrischen Wärmestrahlung. Nimmt man einen Gesamteffekt von 33K an, so tragen Wasserdampf 20,6K und Kohlenstoffdioxid 7,2K bei. Der Rest fällt auf weitere Treibhausgase wie Ozon und Methan (Roedel & Wagner 2011). Die Hauptquelle für den zum natürlichen Treibhauseffekt beitragenden Wasserdampf der Atmosphäre sind tropische Ozeane. Die Senken für den Wasserdampf der Atmosphäre sind Kondensationsprozesse, die den Wasserdampf in Form von Niederschlag wieder aus der Atmosphäre abwandern lassen (Klose 2015). Das oft im Hintergrund stehende Treibhausgas Wasserdampf wird in diesem Schulbuch didaktisch adaptiv eingebettet. Nicht nur CO<sub>2</sub> und Methan spielen eine Rolle im Klimawandel.

Das Ansprechen der aufgrund des Treibhauseffektes bewohnbaren Erde im Text bildet die Überleitung zum vom Menschen geförderten Treibhauseffekt, welcher im nächsten Kapitel behandelt wird.

Es wird behauptet, dass Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen gezeigt haben, dass die aktuelle Erderwärmung nicht nur den natürlichen Treibhauseffekt als Ursache hat. Der menschliche Einfluss, mit der Ursache der steigenden Treibhausgaskonzentration, auf die Erderwärmung ist eindeutig.

Diese Inhalte wurden schon ausreichend analysiert (2.2.1.1 Korrektheit). Da die IPCC-Berichte, die an dieser Stelle herangezogen wurden, nach der Veröffentlichung in Kritik bezüglich möglicher Manipulation genommen sind, möchte ich hier eine weitere Analyse anhand einer vergleichbaren Literatur durchführen. 2015 hat Feldman in der Zeitschrift „Nature“ eine für diese Fragestellung relevante Arbeit veröffentlicht. Die Resultate decken sich mit theoretischen Berechnungen der Auswirkungen von CO<sub>2</sub> auf die Erderwärmung. Berechnungsmodelle zeigen, dass der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration eine jährliche Erhöhung des Strahlungsantriebs von  $1,82 \pm 0,19 \text{ W/m}^2$  zur Folge haben soll. Feldman et. al. präsentiert einen erstmaligen beobachtungs-basierten Beweis für den Strahlungsantrieb der Oberflächenstrahlung, der auf den Anstieg von 22ppm CO<sub>2</sub>-Menge vom Jahr 2000 bis 2010 zurückzuführen ist (Feldman et. al. 2015).

Der Text zum Kapitel „Der Mensch fördert den Treibhauseffekt“ wird von Abb. 13, in der Beispiele von Treibhausgasen, deren Konzentration durch menschliche Einflüsse erhöht wird, abgebildet sind, untermauert. Wie in der Abb. 13 zu sehen ist, werden CO<sub>2</sub> 84,7%, Methan 7,9%, Lachgas 6,1% und fluorierten Gasen 1,2% prozentuelle Anteile am gesamten anthropogenen Treibhausgasausstoß zugeordnet.



▲ 71. Beispiele von Treibhausgasen, deren Konzentrationen in der Atmosphäre durch *anthropogene* Einflüsse erhöht werden (Quelle: Klimaschutzbericht 2009, Umweltbundesamt)

Abb. 13: Beispiele anthropogener Treibhausgase (Koch & Koch 2016, S.156)

Laut „Klimaänderungen 2014 – Minderung des Klimawandels“ hatte CO<sub>2</sub> einen Anteil von 76% am gesamten anthropogenen Treibhausgasausstoß im Jahr 2010. 16% fallen auf Methan, 6,2% auf Lachgas und 2% auf fluorierte Gase. Da Methan in der Atmosphäre zum Teil zu CO<sub>2</sub> zerfällt, sind die abweichenden Angaben der Literatur zu prozentualen CO<sub>2</sub>- und Methanangaben nachzuvollziehen (Minx et al. 2015).

**Neben den prozentualen Angaben werden in der Abb. 13 die Treibhausgase mit Symbolbildern der Emittenten ergänzt. Eine Auflistung der Emittenten liegt dem jeweiligen Symbolbild bei. (Fabrik – Auto, Flugzeug, Industrie, Hausbrand und Kalorisches Kraftwerk für CO<sub>2</sub>; Kuh – Moor, Misthaufen, Rinder, Verrottung organischer Stoffe und Biogas für CH<sub>4</sub>; Kühlschrank – alter Kühlschrank, alte Klimaanlage und chemische Reinigung für FKW; Sprühflugzeug – Dünger, überdüngte Landwirtschaftsfläche für N<sub>2</sub>O)**

An dieser Stelle wird auf die in der Allgemeinheit nicht weit bekannten Emittenten eingegangen.

Nach Pehnt und Schneider (2010) sind die Emissionen kalorischer Kraftwerke abhängig von der Eigenschaft des Brennstoffes, der die chemische Energie bei der Verbrennung liefert, und dem Wirkungsgrad des Kraftwerks. Zum Beispiel liegen die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von zukünftigen Braunkohlekraftwerken über 800g/kWh und somit höher als die meisten anderen thermischen Kraftwerkstypen. Steinkohlekraftwerke der Zukunft emittieren 735g/kWh und Kraftwerke, die mit Erdgas als fossilen Energieträger arbeiten, moderner Kraftwerkstypen 350g/kWh (Pehnt & Schneider 2010).

In Auflistung der Methan-Emittenten sollten Moore nicht vorkommen und auch die Verrottung organischer Stoffe müsste genauer spezifiziert werden. Beide sind hier als Beispiele für anthropogene Emittenten angeführt, sollten eher der Natur zugeschrieben werden. Man könnte an dieser Stelle jedoch organische Dünger anführen. Die Landwirtschaft gilt als Hauptemittent des vom Menschen ausgestoßenen Methans. Im Jahr 2004 wurden in Deutschland durch die Landwirtschaft 984,6 Gg Methan ausgestoßen. Dabei entfallen 797,5 Gg auf die Tierhaltung und 151,2 Gg auf organische Düngemittel wie zum Beispiel Schweinegülle. Erwähnenswert dabei ist der Zeitpunkt der Methanemission durch das Düngemittel. Bei einer 80-tägigen Lagerung im Sommer wird 99,9% des gesamten Methans emittiert. Nach Aus-

bringung auf der landwirtschaftlichen Flächen kann die Methanemission quasi vernachlässigt werden (Dittert & Mühling 2009).

Als Beispiele der Emittenten der fluorierten Gase werden alte Haushaltsgeräte und die chemische Reinigung genannt. In Kühl- und Gefriergeräten wurde FCKW als Kühlmittel und Schäumungsmittel für Isolationsräume eingesetzt. Da FCKW hohes Treibhausgaspotenzial und hohes Ozonzerstörungspotenzial hat, wurde es ab 1993 durch FKW, welches zumindest ein niedrigeres Ozonzerstörungspotenzial hat, ersetzt. Neuere Produkte weisen ab den späten 90er Jahren Isobutan und Pentan als Kühl- und Schäumungsmittel auf, die ein geringes Treibhausgaspotenzial besitzen und kein Ozonzerstörungspotenzial (Rüdenauer 2006).

Zuletzt werden in dieser Auflistung der Emittenten Dünger und überdüngte landwirtschaftliche Flächen als N<sub>2</sub>O-Emittenten angeführt. Lachgas wird aus landwirtschaftlich genutzten Böden freigesetzt, wenn organische oder mineralische N-Düngemittel mikrobiell umgewandelt werden. 2004 lag der Anteil des emittierten Lachgases in Deutschland bei 66,2% in der Landwirtschaft. Davon entstammen rund 90% aus gedüngten Böden, wobei zusätzlich zu erwähnen ist, dass nach der Düngung organische und mineralische Düngemittel ähnliche spezifische N<sub>2</sub>O-Bildungsraten aufweisen (Dittert & Mühling 2009).

Nach der Abb. 13 findet sich ein Text wieder, der Fakten zum Klimawandel präsentiert.

**„Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre beispielsweise lag vor 150 Jahren noch bei 265 ppm, vor 50 Jahren wies sie bereits einen Wert von 315ppm auf und stieg im Jahr 2012 auf 392ppm an.“**

Anhand der Abb. 14 wird der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration von Beginn der Zeitrechnung bis zum Jahr 2007 dargestellt. Zusätzlich wird im gelben Feld der Grafik die Konzentrations- und Emissionsentwicklung von 1970 bis 2007 dargestellt.

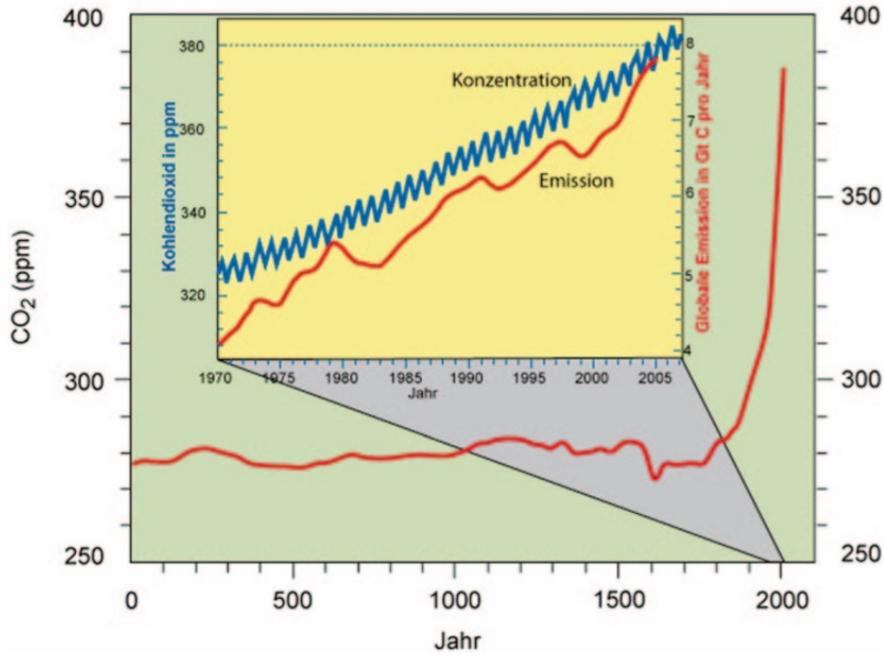


Abb. 14: CO<sub>2</sub>-Konzentration seit Beginn der Zeitrechnung (Klose 2015, S.46)

Betrachtet man die Abb. 14 genauer, so erkennt man, dass vor 150 Jahren die CO<sub>2</sub>-Konzentration deutlich über dem im Buch erwähnten Wert von 265ppm lag (Klose 2015). Zum Vergleich wurde aus „Treibhauseffekt - Ursachen, Konsequenzen, Strategien“ eine weitere Abb. 15 (Lesch 1990) mit einbezogen, die die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Atmosphäre von 1750 bis 1986 zeigt.

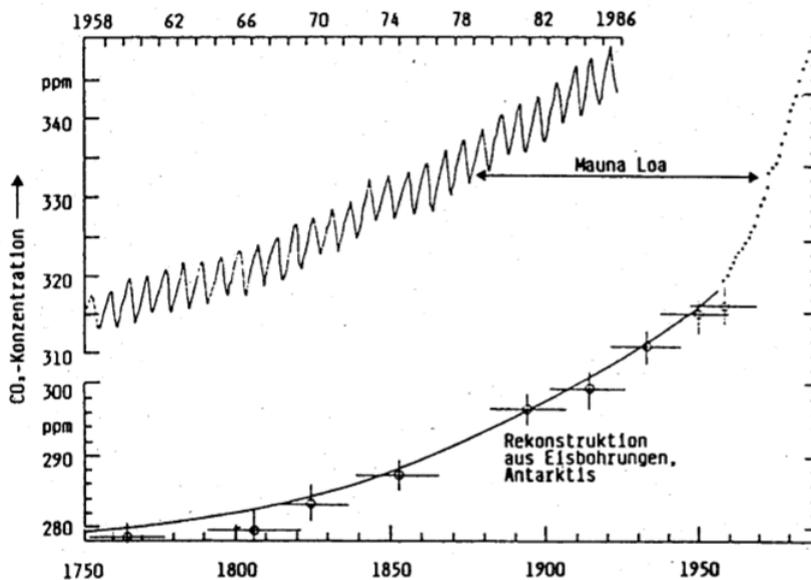


Abb. 15: CO<sub>2</sub>-Konzentration seit 1750 (Lesch 1990, S.5)

In Abb. 15 ist eindeutig zu erkennen, dass schon Ende des 18. Jahrhundert die CO<sub>2</sub>-Konzentration über 280ppm lag. Ab 1957 wurde die CO<sub>2</sub>-Konzentration am Mauna Loa gemessen. Sie lag, wie im Buch korrekt wiedergegeben, vor 50 Jahren bei ca. 315ppm (Lesch 1990). 2012 wurde laut dem Wissensmagazin scinexx.de, mit 392ppm dieselbe CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre gemessen, wie sie im Schulbuch angegeben ist (scinexx.de 2016).

**„Seit 1970 hat die Konzentration der Treibhausgasemission um über 70% zugenommen.“  
Nach dieser Aussage wird noch erwähnt, dass als Folge des Treibhausgasemissionsanstiegs mehr Strahlung, die von der Erdoberfläche reflektiert wird, in der Atmosphäre absorbiert wird.**

In „Klimaänderungen 2014 – Synthesebericht“ wird die zu analysierende Aussage des THG-Emissionsanstiegs um über 70% im Vergleich zum Jahre 1970 bestätigt.

„Die gesamten anthropogenen THG-Emissionen sind von 1970 bis 2010 weiter gestiegen, mit höheren absoluten Anstiegen zwischen 2000 und 2010, trotz einer wachsenden Anzahl von Maßnahmen zur Minderung des Klimawandels. Im Jahr 2010 haben die anthropogenen THG-Emissionen einen Wert von  $49 \pm 4,5$  Gt CO<sub>2</sub>Äq pro Jahr erreicht. Der Beitrag von CO<sub>2</sub> aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und industriellen Prozessen zum gesamten Anstieg der THG-Emissionen betrug zwischen 1970 und 2010 ca. 78 %; für den Zeitraum 2000 bis 2010 war der prozentuale Beitrag zum Anstieg ähnlich (hohes Vertrauen) [...]“ (Meyer & Pachauri 2016, S.5).

Als Folge davon wird natürlich der Treibhauseffekt verstärkt, jedoch wird im Schulbuch von der Reflexion der Strahlung auf der Erdoberfläche gesprochen, welche in der Atmosphäre absorbiert werden soll. Wie schon in 2.2.1.1 (Korrektheit) angesprochen, erwärmt sich die mittlere globale Erdoberflächentemperatur hauptsächlich wegen der Absorption der Wärmestrahlung in der Atmosphäre, welche von der Erdoberfläche emittiert wird, nicht reflektiert. Diese Begrifflichkeit gehört im Text des Schulbuchs adaptiert, um den Treibhauseffekt korrekt darzustellen und die eigentlichen Prozesse aus wissenschaftlicher Sicht in komprimierter, aber noch vertretbarer Form einbetten zu können.

**Die Temperaturen auf der Erdoberfläche steigen an und dadurch hat sich die durchschnittliche Lufttemperatur in Europa seit 1850 um 1°C erhöht.**

Dieser abschließende Inhalt wird anhand von Roedel und Wagners „Physik unserer Umwelt – Die Atmosphäre“ analysiert. Die Diagramme in Abb. 16 zeigen den globalen Temperaturanstieg und den der Nordhemisphäre zwischen 1850 und 2010 (Roedel & Wagner 2011).

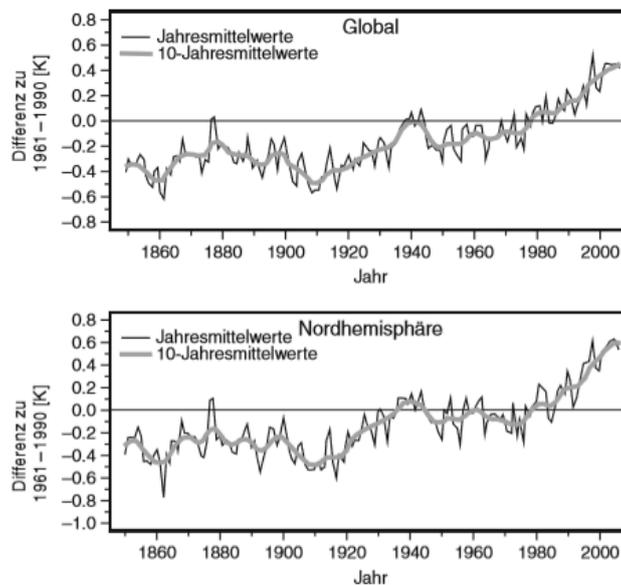
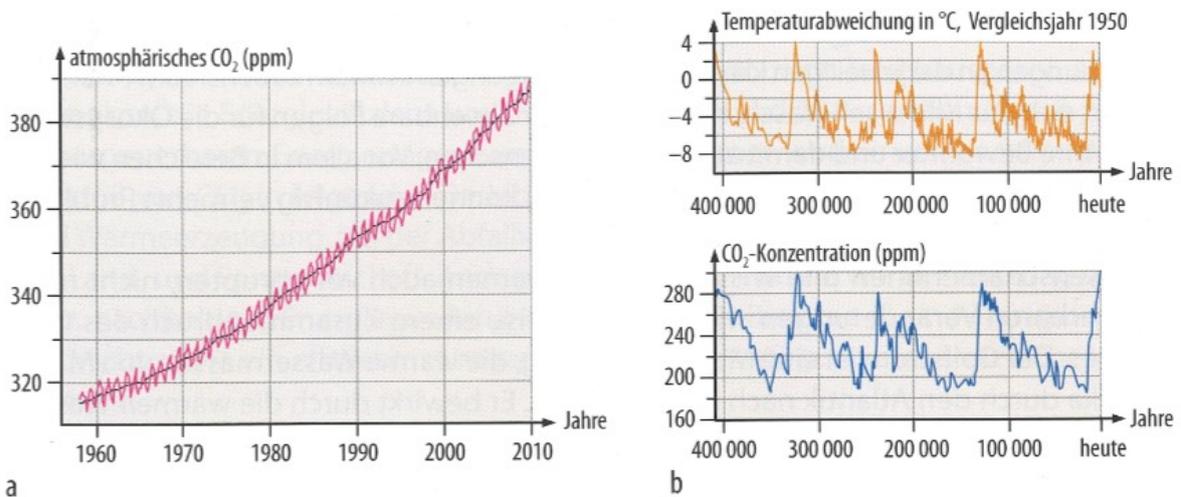


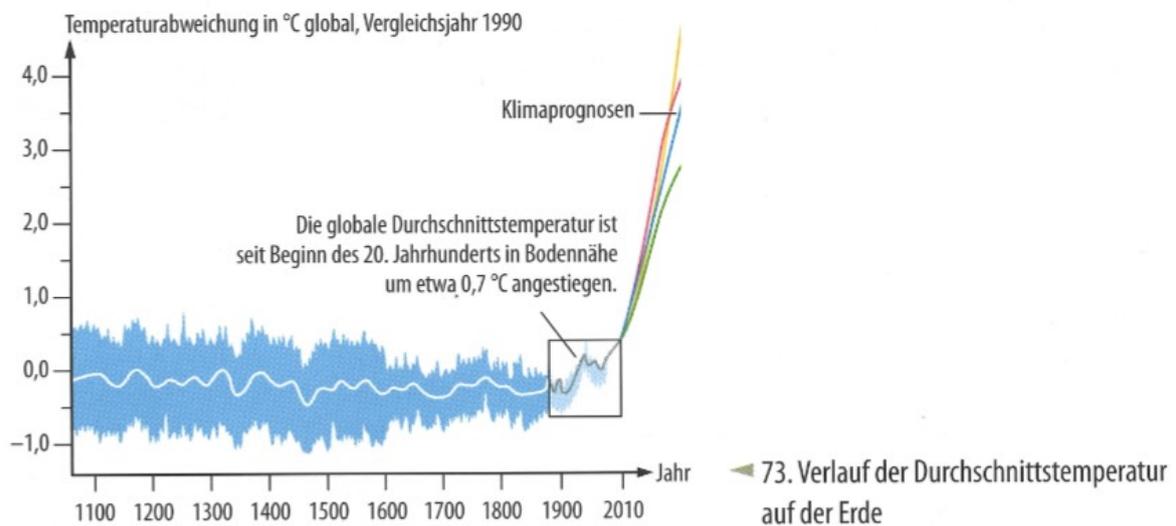
Abb. 16: globale gemittelte Temperaturverlauf im Jahresmittel (Roedel & Wagner 2011, S.534)

Betrachtet man beide Diagramme, so erkennt man aus den gemittelten Jahreswerten des Temperaturanstiegs eine Differenz von ca. 1°C von 1850 bis 2010. Auf den exakten Wert von 1°C, um den sich die Lufttemperatur im Schulbuch in dieser Zeit erhöht haben soll, wird nicht weiter eingegangen.

**Nach diesem mit Inhalten überhäuftem Text werden Diagramme der CO<sub>2</sub>-Konzentration der letzten 50 und der letzten 400 000 Jahre gezeigt. Außerdem befinden sich ergänzend dazu Diagramme des Temperaturanstiegs zwischen 1100 und 2010 sowie der letzten 400 000 Jahre darunter bzw. daneben. Die Diagramme sind als ein Ganzes in Abb. 17 zu sehen. Alle Daten wurden aus Eisbohrkernen entwickelt.**



▲ 72. a) Der Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Atmosphäre während der letzten 50 Jahre; b) Temperatur- und CO<sub>2</sub>-Daten, die aus Eiskernen ermittelt wurden, zeigen fast parallele Schwankungen.



◀ 73. Verlauf der Durchschnittstemperatur auf der Erde

Abb. 17: Klimadiagramme der CO<sub>2</sub>-Konzentration und der Temperaturabweichungen (Koch & Koch 2016, S.157)

Inhaltlich ist gegen das Diagramm (Abb. 17 links oben) der CO<sub>2</sub>-Konzentration nichts einzuwenden. Mit Abb. 14 und Abb. 15 stimmen die darin enthaltenen Werte überein. Betrachtet man das Diagramm (Abb. 17 links unten) der Temperaturabweichung von 1100 bis 2010 genau, so erkennt man Prognosen je nach den Klimamodellen über das Jahr 2010 hinaus. Diese Prognosen spiegeln sich im Diagramm von Roedel & Wagner (2011) (Abb. 18) wieder.

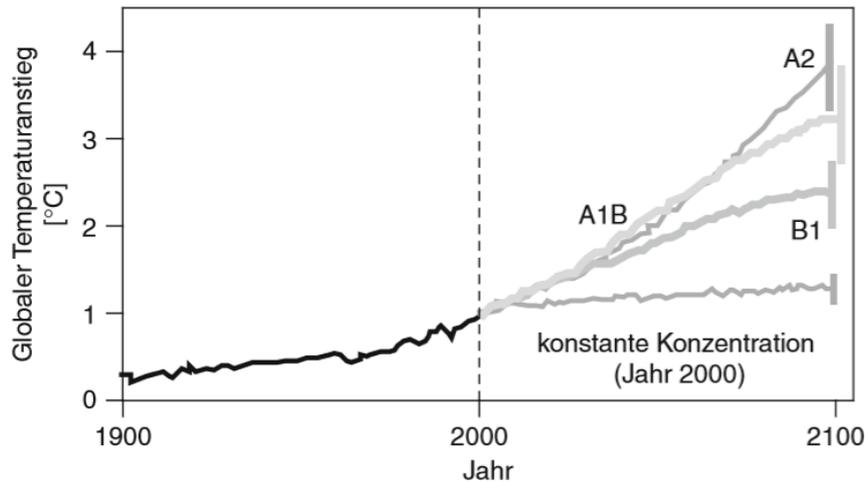


Abb. 18: Temperaturprognosen für 2100 (Roedel & Wagner 2011, S.572)

In diesem Diagramm ist zu erkennen, dass ein Temperaturanstieg zwischen 1,5°C und 3,5°C bis zum Jahr 2100, äquivalent zum Schulbuch, vorausgesagt wird. Nebenbei wird im Diagramm des Schulbuchs der Bereich des 20. Jahrhunderts vergrößert und mit der Information, dass in diesem Zeitraum die globale Durchschnittstemperatur um 0,7°C angestiegen ist, ergänzt. Auch in dem Diagramm von Roedel & Wagner (2011) ist dieser 0,7°C-Anstieg von 1900 bis 2000 zu erkennen. Beide Diagramme mit den jeweiligen Werten der nahen Vergangenheit sind fachlich korrekt dargestellt. Neben diesen Diagrammen werden Temperatur und CO<sub>2</sub>-Konzentration über die letzten 400 000 Jahre anhand der Abb. 17 (rechts) grafisch visualisiert. In der „Partnerschaft – Erdsystemforschung“ wurde der Verlauf von atmosphärischem Kohlenstoffdioxid und Methan sowie der Temperaturänderung über die letzten 400 000 Jahre dargestellt (Abb. 19). Vergleicht man Abb. 17 (rechts) und Abb. 19, so erkennt man die identischen Verläufe des CO<sub>2</sub>-Konzentrationsdiagramms mit dem Diagramm im Schulbuch. Für die Temperatur gilt dies ebenfalls.

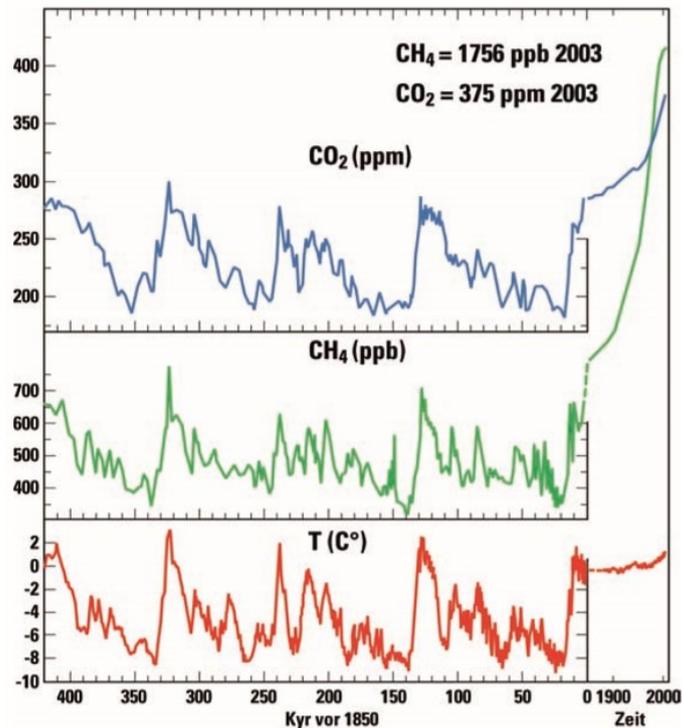


Abb. 19: CO<sub>2</sub>- und Methankonzentration sowie Temperaturverlauf der letzten 450 000 Jahre (Max-Planck-Gesellschaft 2006 nach Hansen 2005)

Die Daten der Abb. 19 wurden ebenfalls aus arktischen Eisbohrkernen gewonnen, welche sich zur Luftzusammensetzung- und Temperaturanalyse über die letzten Eiszeitalter eignen. Im Schulbuch sind die Abbildungen mit der allgemeinen Information untermauert, dass die CO<sub>2</sub>- und Temperaturdaten aus den Eisborkernen fast parallele Schwankungen zeigen. Genau betrachtet stellt sich jedoch heraus, dass dieses als parallel bezeichneten Schwankungen alles andere als parallel verlaufen. Schon der Blick in die Abb. 17 aus dem Schulbuch reicht um diesen angeblichen parallelen Verlauf zu widerlegen. Noch genauer der sind der CO<sub>2</sub>-Verlauf sowie der Temperaturverlauf der letzten 450 000 Jahre in Abb. 19 gegeben.

Wenn die Behauptung der parallel verlaufenden Diagramme adaptiert werden, liefert die Einbettung der natürlichen Schwankungen des Klimas einen Ansatzpunkt für gesellschaftskritische Fragestellungen zum Klimawandel, indem sie auf die Klimaschwankungen in einer Zeit ohne die vom Menschen geschaffene Industrie eingeht. Hier fehlt die Ursache für die periodischen Schwankungen der betrachteten Faktoren. ZEMP et. al. (2007) findet einen passenden Klärungsversuch der Schwankungen, welcher auch in das Schulbuch integriert werden sollte:

„Die Ursache für die großen Eiszeitzyklen mit Perioden von 21 000-23 000, 41 000 und 100 000 Jahren ist in den Variationen der Erdbahnparameter (sog. Milankovic-Zyklen) zu suchen, wobei auch die Variabilität der Sonnenaktivität, die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und interne Klimamechanismen sowie Vulkanausbrüche und Meteoriteneinschläge von extremer Dimension einen Einfluss haben können“ (Zemp et. al. 2007, S.72).

Mit diesem Wissen ausgestattet betrachtet man die Diagramme im Schulbuch von einer neuen Seite. Die Werte der Maxima der jeweiligen Diagramme über die letzten 400 000 Jahre sind gegenwärtig erneut erreicht. Auch ohne den menschlichen Einfluss wären die durchschnittliche Erdoberflächentemperatur sowie die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre angestiegen.

**Im nächsten Kapitel werden die Folgen der Erderwärmung anhand eines zusammenfassenden Textes und einer Abbildung, welche in Abb. 20 zu sehen ist, veranschaulicht. Kernaussagen des Textes sind das gegenwertige Gespür der Folgen des Klimawandels und wiederum die schwere Abschätzbarkeit dieser. Es wird angeführt, dass Gletscher wichtige Süßwasserspeicher sind, die seit 1850 etwa zwei Drittel ihrer Masse verloren haben und weiter schmelzen.**

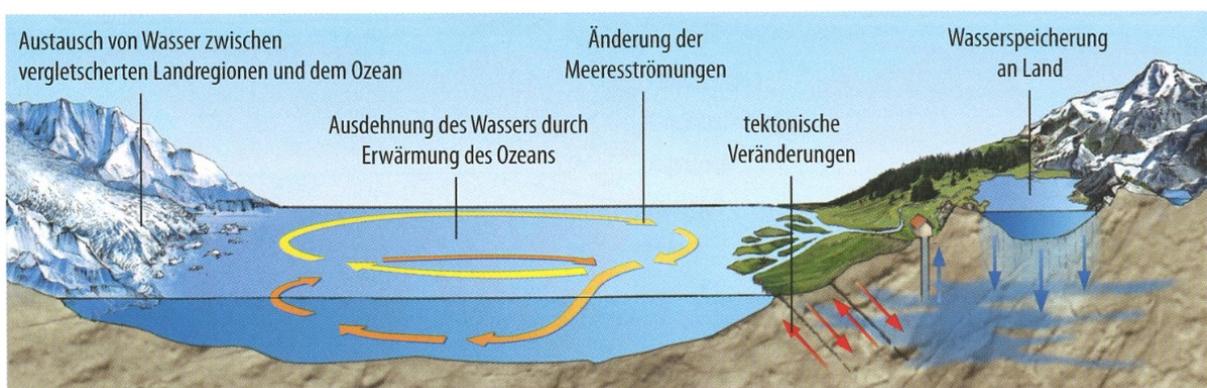


Abb. 20: Einflüsse auf den Anstieg des Meeresspiegels (Koch & Koch 2016, S.157)

An dieser Stelle wird erneut auf Zemp et. al. (2007) zurückgegriffen:

„Während der letzten 11 500 Jahre (Holozän) variierten die Gletscher innerhalb einer relativ konstanten Schwankungsbreite, wobei der letzte Vorstoß der Kleinen Eiszeit um 1850 häufig die maximale Ausdehnung markierte. Seither ist in den gesamten Alpen eine generelle Tendenz zum Gletscherschwund zu verzeichnen. Die Gletscher haben zwischen 1850 und 2000 rund die Hälfte ihrer Gesamtfläche und rund zwei Drittel ihres Gesamtvolumens verloren.“

Seit 1980 zeichnet sich ein Trend zu überdurchschnittlichen und beschleunigten Eisverlusten ab“ (ZEMP et. al. 2007, S.82).

Zemp et. al. (2007) bestätigt die angegeben Werte des Schulbuchs. Seit 1850 sind rund zwei Drittel der damaligen Gletschermasse geschmolzen. Wie gerade eben angesprochen würden die Gletscher auch ohne den menschlichen Einfluss in der Gegenwart schmelzen. Der Mensch hat, wie schon oben anhand neuester Erkenntnisse gezeigt, einen Einfluss auf den Temperatur- und CO<sub>2</sub>-Anstieg, welche miteinander gekoppelt sind (Feldman et. al. 2015). Wie groß dieser ist, wird im chaotischen Klimasystem quasi nicht beweisbar sein. Ob die kleinen Einflüsse des Menschen das bisher über bestimmte Perioden stabile Klimasystem beeinflussen, wird in naher Zukunft weiter eine offene Frage bleiben.

**Weiter wird im Text das Schmelzen der Pole angesprochen und mit Abbildung 21 der Eisstände in der Arktis von 1979 (März) und September 2003 (September) ergänzt. Pro Jahr soll das arktische Meereis um eine Größe, die vergleichbar mit der Fläche von Schottland ist, schmelzen. Gleichzeitig ist dies auch die Ursache für das Steigen des Meeresspiegels von 3,1mm pro Jahr auf einen Wert, der doppelt so hoch ist wie noch vor 50 Jahren.**



Abb. 21: „Rückgang des arktischen Eisschilds“ (Koch & Koch 2016, S.157)

Vorweg gesagt ergibt die Darstellung der Polkappenschmelze mit dem Vergleich von März 1979 und September 2003 keinen Sinn, da die Eisfläche der Polkappen jahreszeitenabhängig ist. Das Diagramm in Abb. 22 zeigt die jahreszeitenabhängige Ausdehnung des Meereises der Arktis.

Meereis-Ausdehnung Arktis (Meereiskonzentration >15%) 07.03.2018: 14.19 Mio km<sup>2</sup>

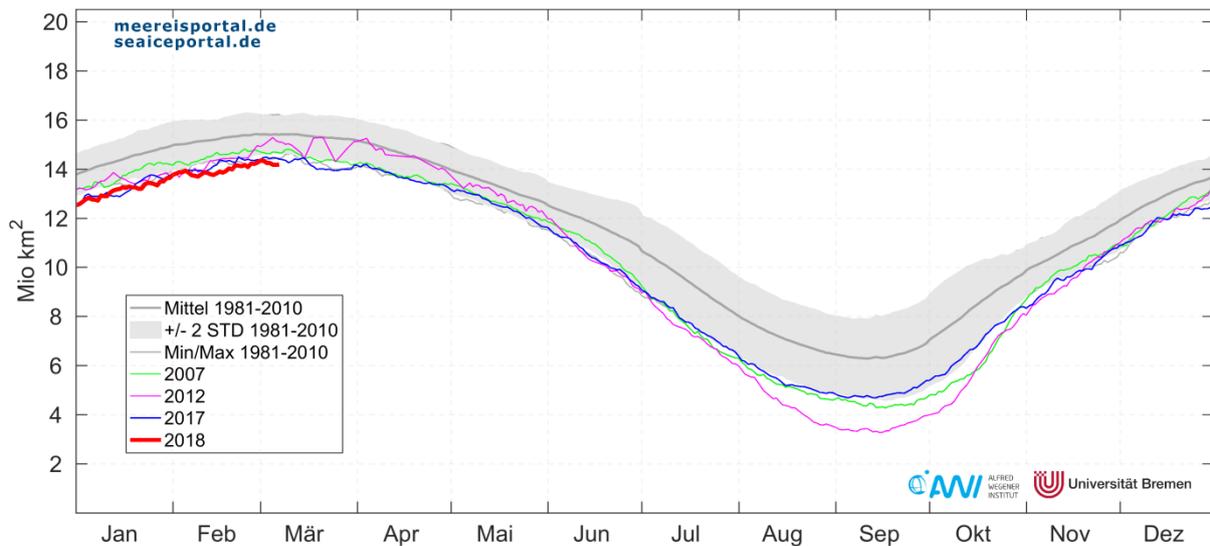


Abb. 22: Meereis-Ausdehnung 2018 (Meereisportal.de 2018)

Man erkennt, dass in den letzten Jahren im März das jährliche Maximum und im September das jährliche Minimum der Eisfläche liegt. Betrachtet man Abb. 21 aus dem Schulbuch, liefert sie eine verfälschte Darstellung. Ausgerechnet die jährlichen Maxima und Minima wurden genommen und hier gegenübergestellt. Jedoch hat diese Differenz der Eisflächen nichts mit dem Klimawandel zu tun, sie würden sich entsprechend auch ohne den menschlichen Einfluss jahreszeitenabhängig unterscheiden.

Das folgende Diagramm in Abb. 23 zeigt die mittlere Meereisausdehnung in der Arktis von 1970-2015 jeweils im Mai. Schätzt man die mittlere jährliche Eisschmelze innerhalb eines Jahres ab, so ergibt sich ein Wert von 40 000 km<sup>2</sup>. Die Fläche von Schottland beträgt 78 772 km<sup>2</sup> und somit ist der Vergleich dieser Fläche mit der durchschnittlich schmelzenden Eisfläche pro Jahr nicht passend (BBC 2012).

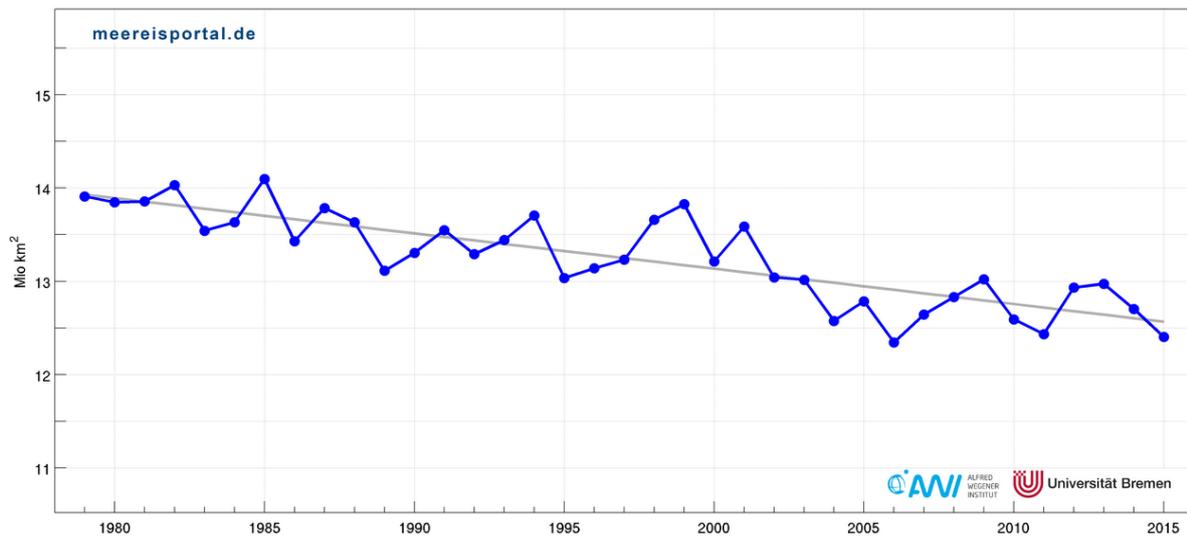


Abb. 23: Mittlere Meereisausdehnung der Arktis von 1979-2015 (Meereisportal.de 2018)

Die abnehmende Eisfläche hat, wie im Schulbuch korrekt beschrieben, einen Meeresspiegelanstieg als Folge. Jedoch fehlt die Klärung, um welche Eismassen es sich handelt. Wenn Gletscher des Festlandes schmelzen und das Wasser über Gewässer in das Meer fließt, so steigt der Meeresspiegel an. Schmelzen zum Beispiel Eisberge und Schelfeis der Antarktis, so wird sich die Höhe des Meeresspiegels nicht wirklich ändern. Aufgrund der Tatsache, dass das Volumen des verdrängten Wassers durch die Eismassen im Meer genau dem Wasservolumen entspricht, welches als Eis gebunden ist, wird das Schmelzen dieses Eises den Meeresspiegel nicht erhöhen (Grotzinger & Jordan 2017).

Der Frage, wie groß der Anstieg des Meeresspiegels pro Jahr im 21. Jahrhundert ist, wird anhand eines Vergleichs von National Research Council nachgegangen. Die Tabelle 3 aus "Sea-Level Rise for the Coasts of California, Oregon, and Washington: Past, Present, and Future" zeigt einen Vergleich des globalen Anstiegs des Meeresspiegels gemessen mit Pegelmessgeräten (National Research Council (U.S.) 2012).

**Tabelle 3: Rates of Global Sea-Level Rise Estimated from Tide Gages (National Research Council (U.S.) 2012, S.27)**

Source	Period	Sampling	Rate of Sea-Level Rise (mm yr <sup>-1</sup> )
IPCC (2007)	1900–2000	Not specified	1.7 ± 0.5
	1961–2003		1.8 ± 0.5
Church and White (2006)	1870–1935	400 gages, global coverage	0.71 ± 0.4
	1936–2001		1.84 ± 0.19
Holgate (2007)	1904–1953	9 gages, mostly Northern Hemisphere	2.03 ± 0.35
	1954–2003		1.45 ± 0.34
	1904–2003		1.74 ± 0.16
Shum and Kuo (2011)	1900–2006	500 gages, global coverage	1.65 ± 0.4
Domingues et al. (2008)	1961–2003	Not specified	1.6 ± 0.2
Church and White (2011)	1900–2009	400 gages, global coverage	1.7 ± 0.2
	1993–2009		2.8 ± 0.8
Jevrejeva et al. (2008)	1992–2002	1,023 gages, global coverage	3.4
Merrifield et al. (2009)	1993–2007	134 gages, global coverage	3.2 ± 0.4

In dieser Arbeit wurde der Wert für den jährlichen Meeresspiegelanstieg, welcher im IPCC-Bericht 2007 veröffentlicht wurde, geprüft. Betrachtet man die Werte individuell in Abhängigkeit der Jahre, so erkennt man die Übereinstimmung des Wertes aus dem IPCC-Bericht 2007 von 1,7mm pro Jahr. Zum Beispiel haben Church und White (2011) ähnliche Daten im selben Zeitbereich aufgenommen. Auch die gut vergleichbaren Ergebnisse von Holgate (2007) im Zeitbereich von 1904 bis 2003 liegen ebenfalls nahe von 1,7mm pro Jahr. Ergänzend wurden Satellitenmessungen des Meeresspiegelanstiegs von 1985 bis 2010 hinzugefügt. Diese Daten sind in Tabelle 4 zu sehen.

**Tabelle 4: Rates of Global Sea-Level Rise Estimated from Satellite Altimetry (National Research Council (U.S.) 2012, S.30)**

Source	Period	Latitude	Instruments	Rate of Sea-Level Rise (mm yr <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>
D. Chambers (personal communication)	1992–2010	± 66°	TOPEX and Jason-1, -2	3.3 ± 0.5
Nerem et al. (2010)	1992–2010	± 66°	TOPEX and Jason-1, -2	3.3 ± 0.5
Leuliette and Miller (2009)	1992–2010	± 66°	TOPEX and Jason-1, -2	3.2 ± 0.3
Cazenave et al. (2009)	1992–2010	± 66°	TOPEX and Jason-1, -2	3.3 ± 0.2
Church and White (2011)	1993–2009	± 66°	TOPEX and Jason-1, -2	3.2 ± 0.4
Shum and Kuo (2011)	1985–2010	± 81.5°	Geosat, Geosat Follow-on, ERS, TOPEX, Envisat, and Jason-1, -2	2.9 ± 0.5

<sup>a</sup> All rates were corrected for glacial isostatic adjustment using the ICE-5G (VM2) model (Peltier, 2004) and atmospheric pressure effects (see Appendix B).

Die Ergebnisse der Satellitenmessungen der nahen Vergangenheit, welche in Tabelle 4 zu sehen sind, sind nahezu äquivalent. Von 1992 bis 2010 beträgt der Meeresspiegelanstieg ca. 3,3mm pro Jahr und liegt damit doppelt so hoch wie vor 50 Jahren. Gesamt betrachtet liegen die Autoren des Schulbuchs mit den Aussagen, dass der gegenwärtige Meeresspiegelanstieg 3,1mm pro Jahr beträgt, als auch die momentane doppelte Anstiegsgeschwindigkeit wie vor 50 Jahren hat, richtig (National Research Council (U.S.) 2012).

**Unter dem gerade analysierten Text zu den Folgen der Erwärmung befindet sich die oben angesprochene Abb. 20, die die Einflüsse auf den Anstieg des Meeresspiegels zeigt. Der Austausch von Wasser zwischen vergletscherten Landregionen und dem Ozean, die Aus-**

**dehnung des Wassers durch Erwärmung des Ozeans, Änderung der Meeresströmung, Wasserspeicherung an Land und tektonische Veränderungen werden darin grafisch dargestellt.**

Gerade wurde erwähnt, dass der Meeresspiegel nur durch vom Festland geschmolzenes Eis ansteigt, geschmolzenes Schelfeis oder Eisberge, die sich auf den Ozeanen befinden, haben keine Auswirkung auf den Meeresspiegelanstieg. Befindet sich jedoch das Schelfeis an den Küstengebieten und wird es von den Kontinenten getragen, trägt eine Schmelze beziehungsweise ein Abbrechen des Schelfeises zu einem Meeresspiegelanstieg bei (Grotzinger & Jordan 2017). Ausgetauscht wird das Wasser zwischen vergletscherten Ozeanen natürlich durch den natürlichen Wasserkreislauf, wie zum Beispiel bei Regen.

Das Wasser der Ozeane gilt als Speicher und Transportmedium der Wärmeenergie unseres Planeten. Wasser dehnt sich bei Erwärmung wie zum Beispiel im Ozean durch die Sonne aus. Es kann eine wesentlich größere Wärme als Luft speichern. Außerdem bewegt sich das Wasser der Ozeane langsamer als die Luft der Atmosphäre. Meeresströmungen transportieren diese Wärmeenergie sehr effizient über großräumige Zirkulationssysteme. Zum Beispiel fließt der Golfstrom aus dem Golf von Mexiko und dem Karibischen Meer entlang der Ostküste Amerikas Richtung Norden und transportiert so die mitgeführte Wärmeenergie in den Nordatlantik sowie weiter nach Europa. Der Golfstrom sorgt dadurch für ein wärmeres Klima im Nordatlantik und in Europa. Global betrachtet ist die Zirkulation der Meeresströme ein Förderband der Wärme durch die Ozeane. Änderungen im Zirkulationssystem können das Klima erheblich beeinflussen (Grotzinger & Jordan 2017).

Da auf die tektonischen Veränderungen und auf die Wasserspeicherung an Land nicht im auf die Abbildung folgenden Text eingegangen wird, soll dies hier auch nur kurz besprochen werden.

Die Wasserspeicherung an Land ist vielfältig. Gletscher, Seen, Flüsse, Binnenseen, polare Eiskappen und Untergrund mit Grundwasser sind die größten Wasserspeicher des Festlandes. Betrachtet man den Kreislauf des Wassers, beinhaltet das Festland einen nur sehr kleinen Anteil der globalen Wasserspeicherung. Vom Ozean gelangt Wasser durch Wetterereignisse wie Niederschlag auf das Festland. Das Niederschlagswasser des Festlandes wird nach Versickerung im Grundwasser gespeichert, wo es eine relativ lange Verweilzeit hat. Durch

Quellen und Bäche gelangt es in Seen und Flüsse, welche wiederum in den Ozean führen (Grotzinger & Jordan 2017).

**Nach dieser Abbildung wird ergänzend dazu noch erwähnt, dass Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen vor abrupten und nicht mehr umkehrbaren Veränderungen, wie zum Beispiel einem Zusammenbruch des Golfstroms, warnen. Warme Wassermassen von Mittelamerika durch den Atlantik nach Europa kommend bringen warmes Klima nach Europa, würden diese wegfallen, so käme es zur Abkühlung.**

Laut Ortlieb et. al. (2013) hat der Golfstrom einen enormen Einfluss auf das europäische Klima. Gegen die warme Oberflächenströmung nach Nordosten wirkt eine kältere Tiefenströmung entgegen. Diese Strömungen entstehen durch die Dichteunterschiede des Wassers aufgrund unterschiedlicher Temperatur und unterschiedlichem Salzgehalt. Wegen der warmen Oberflächenströmung ist es in Nord- und Westeuropa um 5°C bis 10°C wärmer als in Gebieten mit gleichem Breitengrad. Die Abschwächung oder sogar ein kompletter Stopp des Golfstroms würden zum Beispiel in Deutschland zu Klimaverhältnissen wie im Norden Kanadas oder Sibirien führen. In den letzten Jahren sind die Wassermassen, welche aus dem europäischen Nordmeer in Richtung Süden transportiert werden, um 20% zurückgegangen. Grund dafür ist das Schmelzwasser der Eismassen in der Arktis. Es senkt den Salzgehalt und führt somit zu einer geringeren Dichte der Wassermassen, die folglich nicht mehr so weit absinken. Diese Veränderung der Strömungen kann dramatische Klimaänderungen in Europa mit sich bringen (Ortlieb et. al. 2013).

**Inmitten des weiterführenden Textes zu den Folgen des Klimawandels findet sich eine Aussage wieder, die von der Veränderung des Klimas, den Lebensräumen und Auswirkungen auf die Tiere handelt. Tiere sind an Klimabedingungen in den Lebensräumen speziell angepasst. Ergänzend wird auf das thermoregulatorische Verhalten der Zauneidechse verwiesen, welches auf Seite 136 im Schulbuch dargestellt wird.**

Wechselwarme Tiere wie zum Beispiel Zauneidechsen benötigen Wärme, um aktiv werden zu können, und auf der anderen Seite niedrigere Räume für den Rückzug bei zu hohen Temperaturen. Mikroklimatische variable Strukturen mit möglichst hohem Temperaturgradienten sind zur Thermoregulation auf kleinem Raum von Vorteil. Bei ca. 38°C Körpertemperatur liegt das Optimum, eine Lufttemperatur von über 35°C im Schatten meiden Zauneidechsen.

Sonnenplätze sind Steine oder Totholz, die die thermischen Eigenschaften, rasche Erwärmung und Trocknung sowie gute Isolierung gegen den Untergrund aufweisen. Rückzugsgebiete bei zu hohen Temperaturen sind Erd- und Felsspalten, Kleinsäugerbaue sowie allgemein die Bereiche mit einer 75% Vegetationsverdeckung (Hauck & Weisser 2015). Ändern sich nun das Klima und somit abiotische Umweltfaktoren, geht damit eine Veränderung der Lebensräume der Tiere mit her.

**Rasch veränderndes Klima lässt vor allem in den Bereichen der Landwirtschaft oder der Trinkwasserversorgung vermehrt Probleme auftreten.**

Die ausbleibenden Niederschläge aufgrund des sich ändernden Klimas führten in den vergangenen Jahren zu Dürreperioden wie in Kalifornien oder Florida. Da diese Perioden nicht regelmäßig jedes Jahr vorkommen, ist der gesellschaftliche und politische Druck auf einen Lösungsvorschlag gering. Fakt ist, dass zum Beispiel ein Mensch in Amerika pro Tag 250l Wasser benötigt. Davon sind 2-3l Trinkwasser. Die Landwirtschaft benötigt etwa 43% der gesamten entnommenen Wassermenge für die Bewässerung der Nutzungsflächen (Grotzinger & Jordan 2017). Zukünftig wird, wie im Schulbuch korrekt wiedergegeben, der Mensch vor einem Trinkwasser- und Ertragsproblem stehen, wenn Niederschläge ausbleiben.

Das nächste Kapitel 6.5 „Der Umgang mit der Erwärmung“ beginnt mit einer detaillierten Auseinandersetzung mit dem Kyoto-Protokoll.

**1992 wurde ein internationales Umweltabkommen festgelegt, mit dem Ziel, vom Menschen verursachte Störungen des Klimas zu vermeiden. 1997 wurde das Kyoto-Protokoll verabschiedet. Darin wurde erstmals die Emissionsgrenze der Treibhausgase für Industrieländer festgelegt. Ziel dieses Protokolls ist das Verhindern des weltweiten Temperaturanstiegs um mehr als 2°C.**

In Rio de Janeiro wurde mit dem Hintergrund des anthropogenen Klimawandels 1992 bei der Weltkonferenz für Umwelt und Entwicklung ein Ziel, nämlich die Abwendung einer gefährlichen anthropogenen Störung des Klimas, festgelegt (Gründinger 2012).

Im Kyoto-Protokoll, welches 1997 unterzeichnet wurde, haben sich Industrieländer zu einer Reduktionsverminderung der Treibhausgasemission von 5,2% bis 2012 im Vergleich zum Jahr 1990 verpflichtet. Das Zwei-Grad-Ziel wurde schon in Rio de Janeiro definiert und in Kopen-

hagen wurde sich auf dieses geeinigt. Im Kyoto-Protokoll wurde sich noch nicht darauf geeinigt. Die entsprechende Aussage im Schulbuch stimmt also nicht.

**Die erste Phase des Kyoto-Protokolls endete 2012. Es wurden 2009 in Kopenhagen, 2010 in Cancun und 2011 in Durban wieder Klimakonferenzen abgehalten, um weitere klimapolitische Ziele zu formulieren, wobei es bei den ersten beiden Konferenzen keine Ergebnisse gab. 2015 sollte ein Klimavertrag erarbeitet werden, in dem auch die USA und China verpflichtet werden.**

Folgeabkommen nach 2012 wurden in weiteren Klimakonferenzen versucht zu erarbeiten. Die Klimakonferenz in Kopenhagen, wo weitere Ziele definiert und vereinbart werden sollten, wurde trotz der jahrelangen Vorbereitungen zu einem Flop, da viele Länder zu divergierende Erwartungen und Technologiestände aufgewiesen haben. Der Nord-Süd-Gegensatz könnte nur mit massiven Transferzahlungen der reichen Länder an den Süden ausgeglichen werden (Lederer 2010). 2010 hatte die Klimakonferenz in Cancun, wie schon in Kopenhagen, das Ziel, ein Folgeabkommen des Kyoto-Protokolls zu beschließen. Die großen gemeinsamen Ziele des Kyoto-Protokolls wurden zerlegt in kleinere, wie zum Beispiel die Regenwalderhaltung und die Frage, ob die Wälder in den Emissionshandel miteinbezogen werden sollten. Nach dem Klimagipfel in Cancun wurde wieder kein rechtlich verbindliches Nachfolgeabkommen beschlossen. Die USA und China wurden zu keinerlei Abkommen verpflichtet, da sie das Kyoto-Protokoll nicht ratifiziert haben (Ehrenfeld 2011). Bei der Klimakonferenz in Durban (2011) gelang es, die Emissionsminderungspflicht für Industrieländer zu verlängern. Scharf kritisiert wurde der damals aktuelle Rekord des CO<sub>2</sub>-Austoßes in China. Das Land selbst hat sich damals den Entwicklungsländern zugeordnet und sich somit als Land ohne Verpflichtungen eingestuft. In Durban kam es zu ersten Signalen von China, einem gemeinsamen Abkommen näher zu rücken, wenn Bedingungen wie zum Beispiel der Technologietransfer aus den Industriestaaten und länderspezifische Verpflichtungen umgesetzt werden. Außerdem wurde beschlossen, dass bis 2015 ein Klimaschutzabkommen ausgehandelt werden soll (Dröge 2012). Tatsächlich wurde beim Klimagipfel in Paris (2015) das Limit der Erderwärmung von zwei Grad Celsius beschlossen. Im Zuge dessen konnte man sich auf eine gemeinsame Anstrengung eines 1,5 Grad Pfandes einigen (WWF 2015).

Im unteren Bereich dieser Seite befindet sich Abb. 24, in der die CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit nach den Größen der Länder veranschaulicht werden.



Abb. 24: CO<sub>2</sub>-Emission weltweit (Koch & Koch 2016, S. 158)

Betrachtet man die Größe von Japan, so stellt man fest, dass die Landfläche etwas über fünf Mal in die der USA passen würde. Das bedeutet einen fünffachen CO<sub>2</sub>-Ausstoß der USA im Vergleich zu Japan. Laut Ziesing (2006) hat die USA 2004 7074,4 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente und Japan 1354,9 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente ausgestoßen. Der Wert der USA ist im Vergleich zum Wert von Japan der 5,2-fache. Würde man weitere Landflächen vergleichen und die Emission der CO<sub>2</sub>-Äquivalente miteinbeziehen, so verhält sich die Landfläche proportional zur Emission der CO<sub>2</sub>-Äquivalente (Ziesing 2006).

**Die EU-Länder formulierten ein eigenes Klima- und Energiepaket und verpflichteten sich im Dezember 2008 dazu, bis 2020 die Emission von Treibhausgasen um 20% zu senken, die Energieeffizienz um 20% zu steigern und 20% der benötigten Energie aus erneuerbaren Energieträgern zu beziehen.**

**Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß soll bei Elektrizitätserzeugung, Wärmeerzeugung, Verkehr, Industrie und in der Land- und Forstwirtschaft deutlich reduziert werden. Erneuerbare Energiequellen und Transportmittel sowie ein effizienter Umgang mit der zur Verfügung stehenden Energie sollen erforscht werden.**

Löschel und Moslener (2008) geben genau diese Inhalte in „Handel mit Emissionsrechten und Herkunftsnachweisen in Europa – Das ‚Klima- und Energiepaket‘ “ wieder:

„Der Vorschlag der Europäischen Kommission zum ‚Klima- und Energiepaket‘ vom Januar 2008 ist eine Weichenstellung für den europäischen Emissionshandel und die Förderung erneuerbarer Energien in Europa. Bis zum Jahr 2020 sollen ambitionierte Ziele in der EU erreicht werden: eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um mindestens 20 Prozent gegenüber 1990 (um 30 Prozent bei entsprechenden internationalen Anstrengungen), eine Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am Energieverbrauch auf 20 Prozent (inklusive der Erhöhung des Anteils von Biokraftstoffen im Verkehr auf 10 Prozent in den Mitgliedstaaten) und eine Erhöhung der Energieeffizienz um 20 Prozent gegenüber der Referenzentwicklung.“ (Löschel & Moslener 2008, S.248).

Der zweite Teil dieses zu analysierenden Textes wurde schon in 2.2.1.1 (Korrektheit) detailliert bearbeitet.

**Neben den internationalen und europäischen Klimaabkommen wird abschließend zu diesem Kapitel ein Auszug aus dem Klimaschutzbericht 2009 vom Umweltbundesamt Österreich vorgestellt.**

**Österreich soll bis 2020 die Emissionsminderung von 16% im Vergleich zu 2005 erreichen. Im Jahr 2007 hat Österreich 88 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente ausgestoßen. Man lag damit 11,3% über dem Niveau von 1990. Die Emissionen lagen dabei rechnerisch 19,2 Mio. über dem vorgesehen Wert für 2008 bis 2012.**

Aus dem Vergleich mit dem Klimaschutzbericht 2009 ergibt sich die Schlussfolgerung, dass die Inhalte im Schulbuch fachlich korrekt dargestellt sind. Hier wird ein Ausschnitt aus dem Klimaschutzbericht angeführt:

„Im Jahr 2007 betrug die Treibhausgasemissionen Österreichs 88,0 Mio. Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-Äquivalente). Damit lagen sie um 11,3 % über dem Niveau von 1990. Zwischen 2006 und 2007 kam es – zum Teil witterungsbedingt – zu einer Reduktion der THG-Emissionen um 3,9 %.“ (Umweltbundesamt 2009, S.8)

**Abgeschlossen wird das Thema im Schulbuch mit der Fragestellung „Was kann jede/jeder Einzelne tun?“. Diese Fragestellung wird anhand der Abb. 25 bearbeitet.**



Abb. 25: Klimaschutz – Was kann jede/jeder tun? (Koch & Koch 2016, S.159)

Diese sehr realitätsnahen und einfach formulierten Lösungsvorschläge in den Sprechblasen der Abb. 25 bedürfen keiner inhaltlichen Analyse, da gegen keine Aussage etwas einzuwenden ist. „Statt baden, nur duschen! Das verbraucht bis zu 5x weniger Energie“ ist zum Beispiel in der Praxisvorstellung eine bedingungsabhängige Aussage. Hier kann man eventuell kritisieren, dass man Energie nicht verbrauchen, sondern nur von einer Form in die andere umwandeln kann.

### 3.2.1.2 Authentizität

Die Inhalte sind im Schulbuch weitgehend realitäts- und lebensnah dargestellt. Wie schon in 2.1.1.1 (Korrektheit) angesprochen, gibt es Ausnahmen, wo dies nicht der Fall ist. Der Versuch, durch die Einbettung des Glashauseffekts den Treibhauseffekt einzuleiten, ist unter genauerer Betrachtung nicht gelungen. Im Schulbuch folgt nach dem Glashauseffekt direkt die Aussage, dass es in unserer Atmosphäre ähnlich abläuft. Dieser Übergang ist keineswegs realitätsnah, da die Atmosphäre kein Dach besitzt, welches als mechanische Blockade dient. Die latente und fühlbare Wärme kann im Vergleich zum Glashauseffekt in der Atmosphäre entweichen.

Wie auch in „bio@school 6“ wurde in der Abb. 12 des Treibhauseffekts eine Treibhausgas-schicht eingezeichnet. In 2.2.1.1 (Korrektheit) wurde klar gezeigt, dass es diese Schicht in der Form nicht gibt. Aus wissenschaftlicher Sicht kann diese Darstellung nicht als Vereinfachung akzeptiert werden. Zusätzlich wurden die verschiedenartigen Strahlungen mit derselben

Wellenlänge eingezeichnet. Die Darstellung des Treibhauseffekts anhand der fehlerhaften Abb. 12 ist nicht realitäts- und lebensnah.

Der letzte zu kritisierende Aspekt ist der Vergleich der beiden Abbildungen 21, der zu der Erkenntnis führen soll, dass zwischen 1979 und 2003 mehr als die Hälfte der Eismassen am Nordpol verschwunden ist. Wie schon in 2.2.1.1 (Korrektheit) geschildert, macht es keinen Sinn, die Eismassen zu verschiedenen Jahreszeiten zu vergleichen. Die Darstellungen der Eismassen von März 1979 und September 2003 sind zwar realitätsnah, jedoch ist es der Vergleich mit dem Bezug auf das Schmelzen des Nordpols nicht mehr.

Nebenbei wurde der CO<sub>2</sub>-Konzentrationswert von vor 150 Jahren mit 265ppm falsch angegeben. Nach der Abb. 15 von Klose würden 290ppm der Realität eher entsprechen.

Bei den restlichen zu analysierenden Inhalten sind keine bemerkenswert realitäts- und lebensfernen Aussagen im Schulbuch platziert. Besonders gut gelungen ist die grafische Darstellung in Kombination mit Texten, die recht einfach formuliert sind. Abb. 13 ist bemerkenswert übersichtlich und auch sehr inhaltsreich. Alltagsbeispiele der Treibhausgasemission sind sowohl grafisch als auch in stichwortartiger Auflistung sehr lebensnah präsentiert.

Abschließend soll hier das in keinem anderen Biologie-Schulbuch der 6. AHS annähernd vergleichbar lebensnahe Kapitel „Was kann jede/jeder Einzelne tun?“ angeführt werden. Wie in Abb. 25 zu sehen ist, wird eine junge Frau abgebildet, um die ihre dem Klimaschutz zugewandten Gedanken in Sprechblasenform kreisen. „Bäume pflanzen!“, „Öffentliche Verkehrsmittel nutzen!“ und „Licht ausschalten“ sind einige davon. Diese Lösungsvorschläge zum Klimaschutz, die jede oder jeder Einzelne täglich in die Tat umsetzen kann, sind äußerst realitäts- und lebensnah.

### **3.2.1.3 Aufbau**

Es ist klar ersichtlich, dass hauptsächlich der vom Menschen verursachten Treibhauseffekt und die damit einhergehenden Folgen behandelt werden. Über einen einleitenden Text wird der Mensch als Übeltäter definiert. Auf diese Tatsache baut alles auf. Sukzessiv wird an die Lösungsvorschläge, die jeder Mensch in der Praxis umsetzen kann, hingeführt. Es werden zahlreiche Fakten aus den Klimaverträgen und Klimakonferenzen präsentiert, jedoch wird nicht angesprochen, wie man die Energie CO<sub>2</sub>-arm den Sektoren Industrie, Wohnen und Ver-

kehr zur Verfügung stellen kann. Durch dieses Auslassen der erneuerbaren Energien fehlt ein sehr wichtiger Punkt. Es werden Lösungsvorschläge für Schülerinnen und Schüler formuliert, ohne zu ergänzen, dass die eigentlichen Emittenten technologieveraltete Anlagen und Fahrzeuge sind, die zum Großteil mit fossilen Energien betrieben werden.

Von der Schülerperspektive betrachtet wirkt das Lehrmittel auf den ersten Blick, als wäre es überfüllt von Fließtext, jedoch stellt sich dieser als eher einfach formuliert heraus. Es wird regelmäßig versucht, den Text mit Abbildungen zu ergänzen und gleichzeitig die Seiten nicht überfüllt wirken zu lassen. Nebenbei gibt es immer wieder Aufgabenstellungen, die in Form von themenspezifisch gefärbten Kästchen (Abb. 26) dargestellt sind.

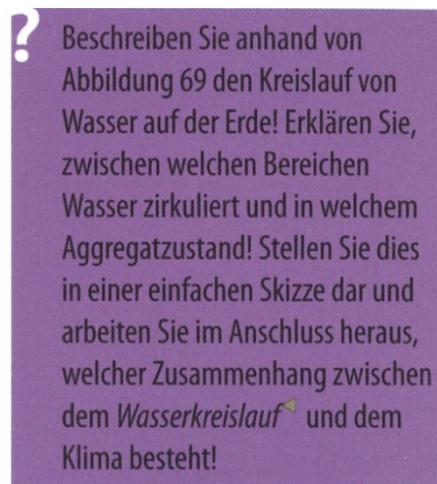


Abb. 26: themenspezifische Aufgabenstellung (Koch & Koch 2016, S.155)

Beachtlich ist die Einbettung der natürlichen Ursachen für die Klimaerwärmung durch die Veränderung der Sonnenaktivität oder Vulkanausbrüche. Diese werden kurz angesprochen, jedoch wird grundsätzlich im Schulbuch dem Menschen die Schuld zugeschoben. Die Aufgabenstellung, welche in 3.4.4.3 (Unterrichtsformen und –methoden) analysiert wird, ist eine Vorarbeit auf diesen Aspekt hin, jedoch wird im Schulbuch Potenzial verschenkt, indem neben den Diagrammen der Periodischen Schwankungen nicht explizit erwähnt wird, dass diese Schwankung natürlich ist und somit nicht vom Mensch verursacht wird.

Um die Schülerinnen und Schüler nicht strikt auf die Annahme hinzuführen, dass der Mensch allein für den Klimawandel verantwortlich ist, sollten die Diagramme aus Abb. 17 (rechts) mit der zusätzlichen Information zu ihrem periodischen Verlauf aufgrund der Variationen der Erdbahnparameter ergänzt werden. Dies würde den starren Blick auf den Klimawandel in eine nicht vom Menschen verursachte Richtung leiten. Neue Blickwinkel werden somit er-

öffnet. Der an sich gut durchdachte Aufbau würde somit eine freiere Meinungsbildung der Schülerinnen und Schüler begünstigen, indem sie das Klimathema aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten könnten.

#### **3.2.1.4 Verhältnis – Illustration/Text**

Wie gerade erwähnt, ergänzen Text und Illustrationen einander. Eine klare Linie, ob zuerst Fakten im Text zu der nachfolgenden Abbildung vorgestellt werden oder ob das eigentlich invertiert gemacht werden soll, ist nicht klar ersichtlich. Öfter werden Fakten zu den nachfolgenden Abbildungen schon vorweg im Text vorgestellt und vereinzelt wird dies nach der Abbildung mit einem Text ergänzt. Das Verhältnis zwischen Text und Illustrationen ist ausgeglichen. Die Zeilen der Texte sind mit einem geringen Zeilenabstand zueinander angeordnet. Zahlreiche Wechsel zwischen Illustration und den komprimierten Texten lockern die inhaltlich gefüllten Seiten auf. Wie in Abb. 12 zu erkennen ist, werden Illustrationen des Öfteren an die Seitenränder geschoben, um Platz zu sparen und gleichzeitig die teilweise leeren Seitenbereiche aufzufüllen. Optisch gibt die Mischung von Text und Illustration einiges her.

#### **3.2.1.5 Fächerübergreifende Themen**

Neben den physikalischen Prozessen des Treibhauseffekts werden, wenn auch nicht gleich ersichtlich, Themen aus Geschichte, Politik und Wirtschaft behandelt. Besonders im Kapitel „Umgang mit der Erwärmung“ wird ein politisch-geschichtlicher Einblick in die Klimapolitik gegeben. Auch in diesem Schulbuch wird der Konflikt zwischen USA-China und dem Rest der Welt abermals in den Vordergrund gestellt. Die wirtschaftlichen Interessen hinter dem Handeln der USA und China werden nicht angesprochen. Es wird lediglich erwähnt, dass diese Länder zu keinen Zielen in Klimaverträgen verpflichtet wurden. Ein tieferer Einblick in ein wirtschaftliches Thema wäre an dieser Stelle noch möglich. Fächerübergreifend kommen besonders in den Diagrammen und Abbildungen immer wieder Inhalte und Begrifflichkeiten aus Mathematik und Geographie vor. Die Veranschaulichung der Meeresströmungen ist eine geographische Wanderung über unseren Globus, gefüllt mit physikalischen Inhalten.

#### **3.2.1.6 Lektionenanzahl**

Die Anzahl der Lektionen bietet in diesem Schulbuch zum Thema Klimawandel eine ausreichende Stoffmenge, um den im 6. AHS-Lehrplan vorgesehenen Bereich der Ökologie und

Umwelt abzudecken. Treibhauseffekt, anthropogener CO<sub>2</sub>-Ausstoß sowie der Umgang mit der Erderwärmung auf gesellschaftlicher und persönlicher Ebene sind die Hauptaspekte im Schulbuch zum Thema Klimawandel. Wie schon im ersten zu analysierenden Schulbuch kommt der Begriff „Nachhaltigkeit“ im gesamten Buch nicht vor. Außerdem wird wieder nur der anthropogene Einfluss auf das Klima durchgekaut. Die Möglichkeit der Einbettung des natürlich bedingten Klimawandels aufgrund der Variationen der Erdbahnparameter wird ausgelassen. Ein Satz dazu ergänzend neben dem Diagramm aus Abb. 17 (rechts) würde einen weiteren Stoffinhalt bringen, der jedoch wesentlich für die freie Meinungsbildung wäre. Die Lektionen im Schulbuch mit der nicht ausreichenden Darstellung des natürlichen Einflusses führen wieder auf die Tatsache zurück, dass der Mensch hauptsächlich schuld ist.

## **3.2.2 Diversität**

### ***3.2.2.1 Werthaltung und Religion***

Der Mensch wird im Schulbuch zu 100% als Verursacher des Klimawandels angesehen. Die Annahme, dass der Klimawandel auch ohne den Menschen stattfindet, kann nach dem Abarbeiten des Themas anhand dieses Schulbuchs bei den Schülerinnen und Schüler nicht entstehen. Im kleinen Format wird kurz der Konflikt zwischen USA-China und dem Rest der Welt angesprochen. Auf die wirtschaftlichen und moralisch fraglichen Interessen der westlichen und östlichen Konsumgesellschaft wird nicht eingegangen. Herausheben kann man den Abschnitt im Schulbuch, wo auch die Tiere und Lebensräume behandelt werden. Der Klimawandel hat Einfluss auf die Ökosysteme, die sich durch rasche Klimaänderung schnell verändern können. Aussterben und Verschiebung der Lebensräume sind vorprogrammiert. Würde das alles auch ohne den Menschen passieren? Das wäre eine im Schulbuch diskutierbare Fragestellung, die jedoch noch fehlt.

Hinsichtlich der Religionen ist der Inhalt des Schulbuchs neutral.

### ***3.2.2.2 Heterogenität***

Auf interkulturelle Gesichtspunkte der Bildung wird in diesem Schulbuch nicht eingegangen.

### 3.3 Formal-gestalterischer Bereich

#### 3.3.1 Gestaltung und Übersicht

Grundsätzlich wirkt das Schulbuch beim Durchblättern als sehr übersichtlich und strukturiert gestaltet. Text und Illustrationen ergänzen sich, auch wenn es dabei keine Regelmäßigkeiten gibt. Die Übersichtlichkeit wird durch den Einsatz graphischer Mittel unterstützt. Alle großen Themenbereiche wie zum Beispiel Ökologie sind in derselben Farbe gestaltet. In den linken und rechten oberen Ecken des Schulbuchs sind diese Themenbereiche mit zum Thema passenden spezifisch gefärbten kleinen symbolischen Zeichnungen, wie zum Beispiel in Abb. 27, ausgestattet. Kästchen mit Aufgabenstellungen (Abb. 26) sowie die Seiteneinzüge sind in derselben themenspezifischen Farbe eingefärbt. Diese Mittel sind übersichtliche Orientierungshilfen, die es der Lehrperson als auch den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, sich im Schulbuch zurecht zu finden.



Abb. 27: themenspezifische symbolische Zeichnung (Koch & Koch 2016, S.155)

Das Inhaltsverzeichnis auf der dritten und vierten Seite des Schulbuchs ist in zwei Spalten pro Seite unterteilt. Die übersichtliche Strukturierung ermöglicht das schnelle Suchen im Inhaltsverzeichnis. Die großen Themenbereiche wie zum Beispiel Ökologie sind hier mit derselben themenspezifischen Farbe gefärbt wie auf den weiteren Seiten. Einzelne ausgewählte Themen der großen Themenbereiche werden zum Beispiel mit „6. Der menschliche Einfluss auf die Biosphäre am Beispiel des Klimas“ abgedruckt. Darunter beginnt die Auflistung der Kapitel in diesen Themen wie zum Beispiel „6.1 Klima der Erde“.

Von Seite 190 bis 195 befindet sich ein einfach gestaltetes Stichwortverzeichnis, welches aus drei Spalten besteht. Die Seitenzahlen neben den Begriffen sind so geordnet, dass die Seite mit der Ersterwähnung auch anfänglich aufgelistet wird. An den Seitenrandeinzügen befinden sich Erklärungen oder Definitionen der Begriffe, die auch im Stichwortverzeichnis aufge-

listet sind. Nicht alle Wörter im Stichwortverzeichnis werden auf diese Weise erklärt oder definiert.

Auf Seite 2 befindet sich eine Legende der Orientierungshilfen, die in Form von Symbolen in Abb. 28 zu sehen sind. Diese Aufgaben sind auf den Seiten in themenspezifisch gefärbten Boxen meistens auf den Seitenrändern platziert.



Abb. 28: Erklärung der Symbole (Koch & Koch 2016, S.2)

Durch diese Orientierungshilfen werden Lehrpersonen bei der mittel- und langfristigen Unterrichtsplanung unterstützt. Das Arbeiten mit dem Lehrmittel ist durch die Gestaltung adressatengerecht. Ein Vorzeigebeispiel einer grafisch gut gelungenen Einbettung der Inhalte spiegelt sich in Abb. 13 wieder. Dort ist auch die Abbildungsbeschriftung, die mit 71. nummeriert ist, zu sehen. Inhalte werden durch die Visualisierung und stichwortartige Auflistung schülergerecht vermittelt. Der Fließtext wird sehr einfach formuliert, ohne schwierige neue Begrifflichkeiten oder komplizierten Satzbau.

## 3.4 Pädagogisch-didaktischer Bereich

### 3.4.1 Lehrplankongruenz

Strukturiert und orientiert ist das Schulbuch an den Begrifflichkeiten des Lehrplans der 6. Klasse einer AHS. Wie schon in 2.4.1 (Lehrplankongruenz) erwähnt, sollen im Unterricht anhand des Klimawandels Umweltprobleme und deren Ursachen sowie dazugehörige Problemlösungsvorschläge diskutiert werden.

Umweltprobleme, die durch den Klimawandel schon jetzt auf Menschen treffen und in Zukunft auf uns treffen werden, sind der Hauptbestandteil des im Schulbuch zu bearbeitenden Kapitels. Dieses Mal kommen im Vergleich zum Schulbuch „bio@school 6“ Lösungsvorschläge auf persönlicher Ebene vor, dafür werden keine Vorschläge zur verminderten Treibhausgasemission oder der erneuerbaren Energieversorgung eingebunden.

### **3.4.2 Lernprozess**

Einleitend wird der Mensch als Verursacher des Klimawandels dargestellt. Grundlegende Einflüsse auf das Klima, insbesondere mit der Spezialisierung auf den Wasserkreislauf sowie der Treibhauseffekt werden genutzt, um anschließend auf die Folgen der Erwärmung einzugehen. Die Aufgabe am Ende des letzten Kapitels, in der die Schülerinnen und Schüler Lösungsvorschläge präsentiert bekommen, ist didaktisch adaptiv gestaltet. Zusätzlich werden zwei Sprechblasen leer abgebildet, in die weitere Maßnahmen zum Klimaschutz einzutragen sind. In dieser schrittweise aufgebauten Hinführung zum Lernziel fehlt jedoch die Miteinbeziehung des Kohlenstoffkreislaufs sowie die Betrachtung des CO<sub>2</sub>- und Energieproblems der Sektoren Industrie, Verkehr und Wohnen. Schülerinnen und Schüler wissen nach der Bearbeitung dieses Themas zwar über das Klima der Erde, den Treibhauseffekt sowie die Ursachen der Erwärmung Bescheid und können eigenständig handeln, jedoch bekommen sie einen klimapolitisch und klimageschichtlichen Einblick, ohne die Probleme der Sektoren zu kennen. Wirtschaftliche Hintergründe der Länder werden nicht miteinbezogen. Hier findet das kognitive emotionale Handeln auf einer persönlichen Ebene statt. Dieses Lernprodukt ist ein befriedigendes, jedoch muss es durch die vorgeschlagenen Verbesserungsansätze erweitert werden.

Außerdem wird mit dem Vergleich der schmelzenden Polkappen, welcher in Abb. 21 zu sehen ist, zwar versucht, durch Visualisierung des Umweltproblems, das emotionale handelnde Lernen anzuregen, jedoch ist dieser Vergleich, wie schon mehrmals erwähnt, nicht zulässig.

### **3.4.3 Zielgruppenorientierung**

Durch den an Alltagsvorstellungen und Grundlagen orientierten Aufbau wird das aufbauende und verknüpfende Lernen ermöglicht. Die Schülerinnen und Schüler werden auf diese Weise zielgruppengerecht an das Lernziel herangeführt.

Zu kritisieren ist wie schon in „bio@school 6“ das Konzept der Darstellung des Treibhauseffekts. Ähnliche Fehler sind ident zu den in 2.4.3 (Zielgruppenorientierung) angesprochenen. Zusätzlich kommt in diesem Schulbuch der gescheiterte Versuch der Überleitung vom Glashauseffekt zum Treibhauseffekt hinzu. Schülerinnen und Schüler werden hier zu einer fehlerhaften Vorstellung geleitet, die nicht der Realität entspricht. Inhaltlich könnte man von der wissenschaftlichen Sicht diesen Übergang gerade noch in der Unterstufe darstellen, sofern ergänzt wird, dass es in der Atmosphäre keine mechanische Blockade des Luftstromes im Glashaus gibt. Wie schon in 3.2.1.1 (Korrektheit) detailliert beschrieben, kann in der 6. Klasse einer AHS dieser Vergleich nicht zielgruppengerecht didaktisch adaptiv eingebettet werden.

Abgesehen von den einfach und mit wichtigsten Informationen beinhaltenden Texten, Diagrammen und Abbildungen werden die Schülerinnen und Schüler gegen Ende des zu bearbeitenden Themas mit zahlreichen Jahreszahlen und Fakten im Kapitel „6.5 Der Umgang mit der Erderwärmung“ konfrontiert. In der 6. Klasse liegt sicherlich ein Drang vor, sich mit politischen und geschichtlichen Inhalten zu ausgewählten Themen zu beschäftigen, jedoch geschieht dies meiner Meinung nach in diesem Kapitel etwas zu umfangreich. Um dieses Kapitel zielgruppenorientierter zu gestalten, sollte es etwas gekürzt werden und so wie die vorhergehenden nicht über die wichtigsten Informationen hinausgehen.

Positiv hervorzugeben sind wie schon angesprochen die Diagramme, Abbildungen und die dazugehörigen Texte, die abgesehen vom gerade kritisierten Kapitel 6.5 einfach formuliert sind und eine angemessene Fülle an Inhalten besitzen. Die in Abb. 13 zu sehende Abbildung ist das Paradebeispiel einer kurzen Zusammenfassung wichtiger Inhalte, die zusätzlich anhand von Alltagsbeispielen visualisiert werden. Erfahrungen werden hier als Ansatzpunkt für das Lernen verwendet. Gleich darauf folgen die Diagramme zur CO<sub>2</sub>-Konzentration und zum Temperaturanstieg. Es ist deutlich zu erkennen, dass diesen Diagrammen viel Aufmerksamkeit und Platz gewidmet wird. Durch farbliche Unterstützung und einer kurzen übersichtlichen Beschriftung fällt das Analysieren der Diagramme leicht. Zur Optimierung kann, wie schon in 3.2.1.6 (Lektionenanzahl) verdeutlicht, der Inhalt des natürlich bedingten Klimawandels aufgrund der Variationen der Erdbahnparameter eingefügt werden, um die Möglichkeit zur freien Meinungsbildung in der 6. Klasse zu einem öffentlich breit diskutierten Thema zu erhalten.

### **3.4.4 Individualisierung**

#### ***3.4.4.1 Eigenständiges Lernen***

Hier wird im Vergleich zu „bio@school 6“ (2.4.4.1 Eigenständiges Lernen) versucht, mit einem abschließenden Konzept die Handlungskompetenz zu erweitern. Durch das Auseinandersetzen mit den Maßnahmen zur Minderung des Klimawandels wird anhand der Fragestellung „Was kann jede/jeder Einzelne tun“ den Lernenden ermöglicht, eigene Vorhaben zu planen, die sie in der Praxis täglich umsetzen können.

Hauptsächlich wird den Schülerinnen und Schülern der Weg des Lernens vorgegeben. Beschreibungen, Recherchen, Analysen der Zusammenhänge und Erörterungen sind die vorgeschlagenen Methoden, in denen es Möglichkeiten gibt, Interessen und Fragestellungen einzubringen. Auf der anderen Seite wird durch die Komprimierung der Inhalte in den Texten auf das Wichtigste sehr viel vorgegeben.

#### ***3.4.4.2 Leistungsansprüche und Zugangsweisen***

Die Leistungsansprüche des Schulbuchs sind im zu analysierenden Thema sehr unterschiedlich. Die einfache Textgestaltung ist den zu erwartenden Leistungen der Schülerinnen und Schüler entsprechend. Wie gerade erwähnt, werden die Illustrationen und Diagramme mit gestalterischen Mitteln ausgestattet, um komplexe Inhalte vereinfacht aber noch wissenschaftlich akzeptabel darzustellen. In 2.4.3 (Zielgruppenorientierung) und 2.4.4.2 (Leistungsansprüche) und Zugangsweisen wurde bereits beschrieben, dass das Verständnis des Treibhauseffekts sehr hohes Vorwissen verlangt. Der Unterricht, in dem dieses Vorwissen erarbeitet werden soll, ist der Physikunterricht der 3. Klasse. Ohne die physikalischen Prozesse der Absorption, Reflexion und Emission zu kennen, kann das Lernziel in der 6. Klasse, welches mit Hilfe des Schulbuchs angestrebt werden soll, nicht erreicht werden.

Weiters ist hier der etwas zu faktenreiche Text in Kapitel 6.5, welcher schon in 3.4.3 (Zielgruppenorientierung) angesprochen wurde, zu erwähnen. Die Leistung wird durch diesen Text sehr hoch angesetzt. Leistungsstarke Schülerinnen und Schüler können von diesem Text und der dazugehörigen Übung profitieren. Für die leistungsschwachen Schülerinnen und Schüler gibt es hier keine anderen Zugangsweisen, welche zum Beispiel in Form eines vorgegeben geschichtlichen Überblicks ermöglicht werden können. Diese Schülerinnen und Schü-

ler haben hier wenige Chancen, die Inhalte für einen anschließenden Überblick sowie für geschichtliche und politische Vergleiche verwenden zu können.

Wieder ist die abschließende Übung der in der Praxis durchzuführenden Maßnahmen zum Klimaschutz anzuführen. Die Zugangsweise durch teilweise vorgeschlagene Maßnahmen mit der Mischung aus eigenen Maßnahmen, die einzubringen sind, ermöglicht mit der anschließenden Diskussion das Aufeinandertreffen individueller Blickwinkel, die vergleichend diskutiert werden.

### ***3.4.4.3 Unterrichtsform und -methoden***

In diesem Schulbuch befinden sich zahlreiche Aufgaben, die man in Form von themenspezifisch gefärbten Kästchen, wie es in Abb. 26 gezeigt wird, oft an den Seitenrändern findet.

**Die erste Aufgabe im zu analysierenden Thema ist eine Beschreibung des Wasserkreislaufs der Erde anhand der Abb. 11. Außerdem soll in der Aufgabe eine Erklärung der Übergänge der Aggregatzustände zwischen den Wasserspeichern formuliert werden. Anschließend soll anhand einer einfachen Skizze der Zusammenhang zwischen Wasserkreislauf und Klima erstellt werden.**

Hier wird den Schülerinnen und Schülern ermöglicht, auf bereits Gelerntes zurückzugreifen. Die Aggregatzustände kommen im komplexen System des Wasserkreislaufs in Form von flüssigem Wasser, Wasserdampf und Eis vor. Mit dem Wissen der Übergänge zwischen den Zuständen und den jeweiligen Beispielen aus dem Wasserkreislauf wird der Weg für die Erarbeitung des Zusammenhangs zwischen Wasserkreislauf und Klima gelegt.

Zu kritisieren gibt es hier die dazugehörige Abb. 11. Diese zeigt nur grob die Einflüsse auf das Klima und somit den Wasserkreislauf in Kombination mit dem Kohlenstoffkreislauf. Wenn die Abbildung für diese Aufgabe gebraucht wird, dann sollte man den Wasserkreislauf etwas hervorheben und genauer anführen. Unterwasserspeicher und Meereis fehlen komplett. Leistungsstarke Schülerinnen und Schüler können mit dieser Aufgabe sicherlich umgehen und ein Ergebnis daraus gewinnen. Leistungsschwache haben keine Chance, den Wasserkreislauf sowie den Zusammenhang zum Klima zu erarbeiten. Als Lösungsvorschlag könnte man hier das Unterrichtswerkzeug der gestuften Hilfen einsetzen. Abb. 20 zeigt den gesam-

ten Wasserkreislauf, der in dieser Aufgabenstellung zwei Seiten davor zu skizzieren ist. Hier könnte man in der Aufgabenstellung auf die Abb. 20 als Hilfestellung verweisen.

**In der nächsten Aufgabenstellung sollen die Schülerinnen und Schüler zur Klimageschichte im Internet recherchieren und anschließend ihre Ergebnisse in einer Zeittabelle präsentieren. Auf Klimaänderungen sowie auf Eis- und Warmzeitperioden soll eingegangen werden. Abschließend soll die Rolle der Eis- und Warmzeitperioden auf die Lebewesen erklärt werden.**

Wie bereits in 3.2.1.3 (Aufbau) angesprochen, verschenkt das Schulbuch einiges an Potenzial bei dieser Aufgabenstellung. Die passenden Diagramme zu dieser Aufgabe, welche in Abb. 17 zu sehen sind, sind zwei Seiten weiter im Schulbuch abgebildet, jedoch nicht miteinander verknüpft. Schülerinnen und Schüler sollen in dieser Aufgabe genau diese Diagramme im Internet finden. Als Ergebnisse dieser werden höchstwahrscheinlich die natürlichen Ursachen für die Klimaerwärmung durch die Veränderung der Sonnenaktivität oder Vulkanausbrüchen gesichert werden, doch im Schulbuch wird anschließend bei der Bearbeitung der Diagramme nicht darauf eingegangen. Hier bietet sich als Verbesserungsvorschlag an, den leeren Platz neben den Diagrammen, welche in Abb. 17 zu sehen sind, zur erweiterten Ergebnissicherung zu nutzen. Leere Textzeilen in Kombination mit der Frage, welche Ursachen diese Schwankung haben kann, würden dieses Problem lösen.

**Eine weitere Aufgabe findet sich in dem violetten Kästchen unter der Abb. 20. Diese beinhaltet die Analyse der Zusammenhänge zwischen dem Wasserkreislauf und dem Rückgang des arktischen Eisschildes. Außerdem sollen Folgen des Meeresspiegelanstiegs und die betroffenen Länder aufgelistet werden. Betrachtet sollen dabei Abb. 20 und 21 werden.**

Vorweg gesagt, können die Zusammenhänge dieser Abbildungen nicht fachgerecht analysiert werden, da die Abb. 21 das arktische Eisschild im März 1979 und im September 2003 zeigt. Da nicht anzunehmen ist, dass diese Einbettung der Eisschilder zu verschiedenen Jahreszeiten absichtlich gemacht wurde, kann eine Schülerin oder ein Schüler diese Aufgabe nicht durchführen. Die Schülerinnen und Schüler müssten gezielt erkennen, dass es sich um verschiedene Jahreszeiten handelt und dadurch der Meeresspiegel jahreszeitenabhängig variiert. Die Abb. 21 ist jedoch mit Rückgang des arktischen Eisschildes von 1979 bis 2003 be-

schriftet und soll somit rein die rückgebildete Eisschicht in der Arktis zeigen. Dabei handelt es sich um einen der schwersten fachlichen Inkorrektheiten in der gesamten Analyse.

**Nach der Auseinandersetzung mit den Folgen der Erderwärmung wird versucht, anhand einer abschließenden Aufgabe auch auf die Folgen für ein Tier einzugehen.**

**„Die Wespenspinne ist erst seit Kurzem in Österreich immer häufiger anzutreffen. Noch vor einigen Jahrzehnten war diese Spinnenart hauptsächlich z. B. auf sonnigen Wiesen tiefergelegener Regionen in Deutschland zu finden.“ Es soll erklärt werden, inwiefern klimatische Veränderungen dazu geführt haben, dass sich die Wespenspinne auch in höheren Regionen ansiedeln kann. Zusätzlich soll beschrieben werden, welche Strategie die Spinne anwendet, um sich gegen Fressfeinde zu wehren. Neben dem Text wird eine Realbildaufnahme einer im Netz kopfüber hängenden Wespenspinne gezeigt.**

Diese Aufgabe gibt den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, abgesehen von den mit dem Klimawandel einhergehenden Problemen, eine positive Auswirkung auf Lebewesen zu betrachten. Die Wespenspinne bevorzugt sonnige und trockene Standorte mit halbhoher Vegetation und dichten Heuschreckenpopulationen. Durch den Klimawandel und dem anthropogenen Einfluss sind solche Vegetationen in Österreich öfter anzufinden als vor einigen Jahrzehnten. Die zusätzliche Beschreibung der Abwehrstrategie der Wespenspinne gegenüber Feinden kann natürlich breit gefächert sein. Zum Beispiel können Schülerinnen und Schüler durch eine kurze Internetrecherche auf die Abwehrstrategie des schwingenden Netzes oder das Abseilen davon über einen Sicherheitsfaden mit anschließendem Verstecken in der Bodenvegetation treffen (Bundesverband der Gipsindustrie e.V. 2006). Jedoch sollte bei der Aufgabenstellung erwähnt werden, dass man auch Handy, Laptop und Sachbücher zur Recherche verwenden darf. Allein mit dem Schulbuch könnte diese Aufgabe nicht sinngemäß gelöst werden.

**Neben der Abb. 24, in der die CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit nach den Größen der Länder dargestellt werden, findet sich eine passende Aufgabe dazu, die jedoch nicht explizit auf diese Abbildung hinweist. Es sollen die Auswirkungen auf die Lebenssituationen der Menschen in unterschiedlichen Regionen der Welt erörtert werden. Zusätzlich sollen bereits getroffene globale Maßnahmen aufgelistet werden, die die anthropogenen Einflüsse auf den Klimawandel verringern.**

Da wie schon bei der vorherigen Aufgabe der Verweis auf die Recherche fehlt, könnten von den Schülerinnen und Schülern lediglich die in der Allgemeinheit bekannten Maßnahmen wie die CO<sub>2</sub>-Emissionsverminderung durch reduziertes Fahren mit Autos gesammelt werden. Die Maßnahmen, die die Sektoren Industrie, Verkehr, Wohnen und Energieversorgung betreffen, gehen weit über die Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler hinaus. Als Verbesserungsvorschlag wäre nach dieser Aufgabe ein kurzes Kapitel anzuführen, welches Maßnahmen der genannten Sektoren beinhaltet. Ersparen könnte man sich Teile des im Schulbuch im Übermaß gebrachten Kapitels 6.5 Umgang mit der Erwärmung.

**Direkt unter dem Auszug aus dem Klimaschutzbericht 2009 findet man die Aufgabe wieder, in der man im Klassenverband die Kernaussagen zusammenfasst.**

Wenn man sich den dazugehörigen Text durchliest, hat man die Kernaussagen des Berichts schon zusammengefasst. Die Aufgabe gibt eine Möglichkeit zum Üben und ist recht schnell abzuschließen. Die gemeinsame Diskussion im Klassenverband wird eher mager ausfallen, da die Kernaussagen zum Großteil nur aus Fakten und Zahlen besteht, die die Schülerinnen und Schüler wahrscheinlich nicht einordnen können.

**Nach dieser kurz gehaltenen Aufgabe gibt es direkt im Anschluss eine Übung in Form einer Internetrecherche, in der die Klimaschutzmaßnahmen von drei Bundesländern miteinander verglichen werden soll. Die Ergebnisse werden im Plenum präsentiert und diskutiert.**

Diese Aufgabe gibt die Möglichkeit, die Maßnahmen der Sektoren zu vergleichen, da es je nach Bundesland verschiedene Probleme durch den Klimawandel gibt. In Österreich setzen die Bundesländer auf teilweise verschiedene Maßnahmen. Unterschiede in den Sektoren Wohnen, Landwirtschaft oder Tourismus sind landesweit zu finden. Auf der Seite für Klimaanpassungen, die umfassende Dokumente zum Thema Klimaschutzmaßnahmen beinhaltet, könnten die Schülerinnen und Schüler einen überblicksartigen Vergleich erstellen. Deshalb sollte der Link - [www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa\\_politik/kwa\\_bundeslaender/](http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa_politik/kwa_bundeslaender/), im Schulbuch beinhaltet sein. Insgesamt wäre diese Aufgabe mit der anschließenden Diskussion im Plenum eine didaktisch gut strukturierte abschließende Aufgabe zum Kapitel 6.5 Der Umgang mit der Erwärmung und auch eine Überleitung zu der hervorragenden letzten Aufgabenstellung im Schulbuch zum Thema Klimawandel.

**Abschließend wird im Schulbuch eine Aufgabe angeführt, in der anhand der Abb. 25 Vorschläge zur Frage „Was kann jede/jeder Einzelne tun?“ diskutiert werden und ergänzend dazu noch zwei weitere Maßnahmen, die man als Mensch im Einzelnen zum Klima- und Umweltschutz beitragen kann.**

Wie bereits in 3.2.1.2 (Authentizität) erwähnt, ist diese Aufgabenstellung in Kombination mit der Abb. 25 ein Paradebeispiel für kompetenzorientierten modernen Unterricht. Diese Aufgabe ist angesetzt an emotional handelndem Lernen und bezieht Alltagsvorstellungen mit ein. Direkt unter die vorgeschlagenen Maßnahmen können in großen Sprechblasen zusätzlich eigens formulierte Maßnahmen eingefügt werden.

Passend zum Abschluss des zu analysierenden zweiten Schulbuchs kann man abschließend sagen, dass dieses Schulbuch abgesehen von einzelnen inhaltlichen Fehlern und teilweise ausgelassenem Potenzial das Thema Klimawandel didaktisch adaptiv einbettet. Die vorgeschlagenen Unterrichtsformen und -methoden sind sehr divers und bieten der Lehrperson als auch den Schülerinnen und Schülern viele Möglichkeiten.

#### ***3.4.4.4 Jahrgangübergreifendes, altersdurchmisches Lernen***

Das Lehrmittel ist für den jahrgangübergreifenden Unterricht einsetzbar. Direkt bietet es keine gezielte Jahrgangübergreifende Ideen, jedoch kann man natürlich in den Naturwissenschaftlichen Fächer übergreifend auf das Lehrmittel zurückgreifen. Zum Beispiel können in der 7. Klasse im Fach Physik fächerübergreifend anhand des Schulbuchs der Strahlungshaushalt der Erde und die damit für den Menschen einhergehenden Probleme eingeleitet werden.

Da die Inhalte zum Großteil sehr einfach gehalten werden, kann man in der 5. Klasse in Biologie beim Thema Naturschutz und Nachhaltigkeit die abschließende Übung, die hier hoch angepriesen wird, in den Unterricht einbetten. Auch in der 3. Klasse würde diese Übung eine Option für die Unterrichtsplanung im Fach Biologie sein.

## 4 Schulbuchanalyse „klar Biologie 6“

### 4.1 Eckdaten

Das dritte Schulbuch, welches zur Analyse herangezogen wird, ist „klar Biologie 6“, von Waltraud Deutsch, Alkje Jäger, Eveline Maitz, Barbara Emmerer, Cornelia Franz, Claudia Hirschmann, Elfriede Kachler-Sommersguter, Elisabeth Raggautz und Veronika Barta. Die Autorinnen und Autoren sind außerdem mit Nachnamen in weiß auf dem Cover erwähnt. Der Verlag Jugend & Volk hat das Lehrmittel 2010 herausgegeben. Das Schulbuch ist mit Bescheid des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur, vom 20. November 2009 als für den Unterrichtsgebrauch an allen Allgemeinbildenden Höheren Schulen für die 6. Klasse im Unterrichtsgegenstand Biologie und Umweltkunde geeignet erklärt worden. Das aus 165 Seiten bestehende Schulbuch von einem mattgrünen Cover umhüllt. Neben der großen schwarzen Überschrift „klar“ ist eine schematische DNA-Doppelhelix zu sehen. Weiters steht auf dem Cover „Biologie 6“ in einer weißen sehr dünnen Schrift, wobei das „B“ nicht gut zu erkennen ist, da es in einem riesigen „k“ welches als markantes Symbol für diese Schulbuchreihe stehen soll, eingebunden ist. Zwei Drittel der Titelseite nimmt das Foto einer menschlichen Halspartie ein und der Rest ist mattgrün gefärbt.

### 4.2 Thematisch-inhaltlicher Bereich

#### 4.2.1 Inhalt

##### 4.2.1.1 Korrektheit

**Das dritte inhaltlich zu analysierende Schulbuch leitet das Thema „Umwelt in Gefahr: Ozonloch, Treibhausgase...“ mit einem kurzen Text ein, in dem gefragt wird, was dieses Ozonloch ist und in welcher Art und Weise es den Menschen betrifft. Es wird behauptet, dass Treibhausgase zunehmend als schädlich in Wissenschaft und Medien thematisiert werden.<sup>4</sup>**

In der Öffentlichkeit wird mit dem Umweltproblem des Klimawandels oft das Wort „Ozonschicht“ verbunden. Was jedoch genau diese Ozonschicht ist oder warum der Klimawandel

---

<sup>4</sup> Alle in diesem Kapitel zu analysierenden Aussagen entstammen dem Schulbuch „klar Biologie 6“ (Deutsch et. al. 2010).

etwas mit der Ozonschicht zu tun haben soll, kann meist nicht beantwortet werden. Laut Roedel und Wagner treten Missverständnisse über die Umweltrelevanz der Ozonschicht auf (Roedel & Wagner 2011).

**Im Schulbuch wird versucht, Unklarheiten in Form von detailliert Antworten auf Fragestellungen zu beseitigen. Vorweg wird geklärt, dass die Abnahme der schützenden Ozonschicht in der Stratosphäre 1970 von drei Wissenschaftlern entdeckt wurde. Eine Ursachenforschung entstand aus dieser Entdeckung.**

1920 wurde die Ozonschicht in der Stratosphäre entdeckt. Zwischen 1960 und 1970 hat sich die Theorie durchgesetzt, dass der Ozonabbau von atmosphärischen Spurenstoffen gesteuert wird. In den 70er Jahren hat man das Ozonloch entdeckt, welches in dem zu analysierenden Text nur in der Überschrift „Die Entdeckung des Ozonlochs“ angesprochen wird (Roedel & Wagner 2011). Eigentlich geht es in dem kurzen Text des Schulbuchs um die Entdeckung der Ozonschicht. Dies könnte man sinnvoll erweitern, indem man zusätzlich einfügt, dass das Ozonloch während der Ursachenforschung, welche in den 70er Jahren mit der Entdeckung der Ozonschicht ausgelöst wurde, entdeckt wurde.

**„Wer ist schuld an der Zerstörung der Ozonschicht?“ Hierbei wird die Schuld den vom Menschen ausgestoßenen Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen zugeordnet. Diese chemischen Verbindungen, welche heute als Hauptverursacher gelten, sind in Spraydosen als Treibmittel sowie in Kühl- und Gefrierschränken vorhanden.**

Wie bereits anhand von Rüdener in 3.2.1.1 (Korrektheit) analysiert wurde, emittierten alte Kühl- und Gefrierschränke FCKW, die ein hohes Ozonzerstörungspotenzial haben. Neben den alten Geräten werden im zu analysierenden Text die Spraydosen als weitere FCKW-Emittenten genannt. Nach Ell und Luhmann (1998) ersetzte man das FCKW als Treibmittel in Spraydosen durch andere Gase, nachdem 1974 in den USA eine intensive politische Diskussion ausgebrochen ist. Außerdem ist zu erwähnen, dass schon 1998 die FCKW weitgehend aus den Spraydosen verbannt wurden, auch wenn heute noch sehr oft von den gefährlichen Treibhausgasen in den Spraydosen gesprochen wird (Ell & Luhmann 1998).

Der Aufbau der Atmosphäre ist zusätzlich, wie es in Abb. 29 zu sehen ist, am rechten Seitenrand im Schulbuch abgebildet. Darunter befindet sich zur Veranschaulichung die Abb. 31 der chemischen Reaktion der Entstehung von Ozon.

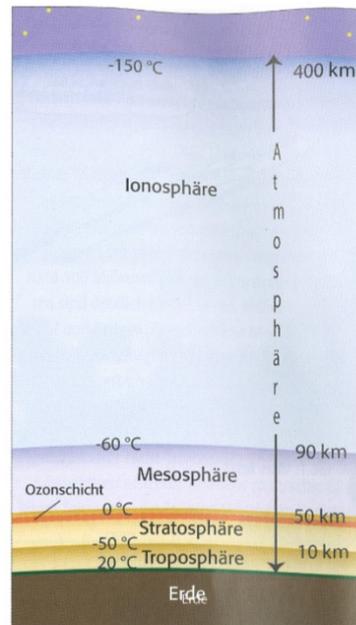


Abb. 135.1: Aufbau der Atmosphäre

Abb. 29: Aufbau der Atmosphäre (Deutsch et. al. 2010, S.135)

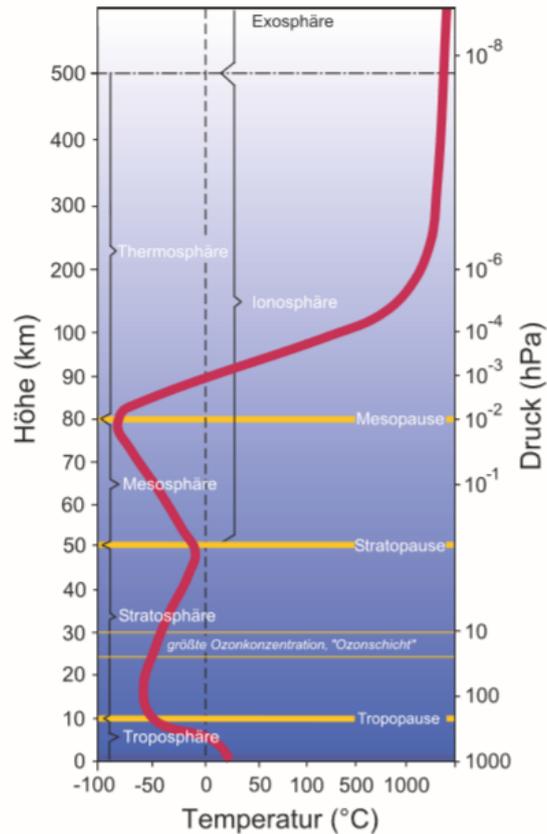


Abb. 30: Temperatur und Druck in Abhängigkeit der Höhe der Atmosphäre (Bahlburg & Breitzkreuz 2017, S.17)

Vergleicht man die Abb. 29 mit der Abb. 30, welche aus „Grundlagen der Geologie“ entnommen wurde, so stimmen die Werte der Höhenlage jeweiliger Atmosphärenschichten überein. Der Abbildung im Schulbuch könnte man noch hinzufügen, dass die Ionosphäre zum größten Teil in der sogenannten Thermosphäre liegt. Zusätzlich kann man hierzu auf Temperatur in der Thermosphäre eingehen, da diese auf über  $1000^{\circ}\text{C}$  mit zunehmender Höhe ansteigt. Die kurzwellige Strahlung kann in der Thermosphäre nicht als langwellige Strahlung wieder abgegeben werden und auch die Wärmeleitung findet in dieser Höhe nicht mehr statt, da die Häufigkeit der Moleküle sehr gering ist. Auf der von der Sonne abgewandten Seite können Minusgrade herrschen (Bahlburg & Breitzkreuz 2017).

Die im Schulbuch vorhandene Veranschaulichung, die in Abb. 31 zu sehen ist, zeigt die Entstehung des Ozon-Moleküls.

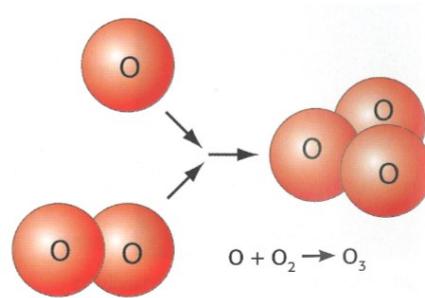


Abb. 31: Chemische Reaktion bei der Entstehung von Ozon (Deutsch et. al. 2010, S.135)

Es entsteht oberhalb von 20km in der Stratosphäre durch Photodissoziation des molekularen Sauerstoffs  $O_2$ . Kurzwelliges Licht wird absorbiert, so dass zwei Sauerstoffatome entstehen. Jedes dieser Atome kann sich an einem molekularen Sauerstoff anordnen. Dabei werden Ozonmoleküle gebildet (Klose 2015).

**Die nächste zu analysierende Fragestellung „Welche chemischen Reaktionen stecken dahinter?“ wird sehr ausführlich beantwortet. Vorweg sollen FCKW in die Atmosphäre gelangen, in der sie bis zur Stratosphäre aufsteigen, welche die schützende Ozonschicht beinhaltet. Kommt FCKW mit Sonnenlicht in Verbindung, so wird ein Cl-Atom abgespalten, welches das aus drei Sauerstoffatomen aufgebaute Ozonmolekül angreift.**

- (1)  $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$
- (2)  $ClO + O \rightarrow Cl + O_2$
- (3)  $O_3 + O \rightarrow O_2 + O_2$

**Aus der Reaktion eines Cl-Atoms mit einem Ozonmolekül entstehen Chlormonoxid und molekularer Sauerstoff  $O_2$ . Sauerstoff reagiert mit Chlormonoxid und es entstehen molekularer Sauerstoff und ein freies Cl-Atom, welches wieder mit dem Ozon reagiert. Die Ozonschicht wird so immer weiter abgebaut.**

In der Troposphäre wird FCKW nicht abgebaut und somit steigt es auf in die Stratosphäre. Dort verweilt zum Beispiel der FCKW 12 ( $Cl_2F_2$ ) ca. 120 Jahre. FCKW-Moleküle treffen in der Stratosphäre auf solare UV-Strahlung, so dass Cl-Atome abgespalten werden. Freie Cl-Atome greifen das Ozon an und somit werden Chlormonoxid und molekularer Sauerstoff gebildet. Durch die UVB-Strahlung wird Ozon zu Sauerstoff und molekularem Sauerstoff. Das Sauerstoffatom kann mit dem Chlormonoxid reagieren und so wird erneut ein Cl-Atom gebildet, welches wieder Ozon abbauen kann. Das Chlor hat eine Katalysatorrolle in der Stratosphäre (Fricke 1989).

**„Wovor schützt die Ozonschicht?“ ist die nächst zu beantwortende Frage. Sie schützt vor der gefährlichen UVB-Strahlung der Sonne. Fällt Ozon weg, steigt weltweit das Hautkrebsrisiko an. Außerdem sind Pflanzenwachstum und Planktonbildung der Meere beeinträchtigt.**

In „Meteorologie“ von Klose (2015) werden diese Aussagen bestätigt:

„Die Abnahme des stratosphärischen Ozons, das als vollständiger Absorber der UVC-Strahlung (200–290 nm) wirkt und UVB (290–320 nm) noch teilweise absorbiert (vgl. Abb. 2.3), führt zu einer Zunahme der UVC-Strahlung am Erdboden und damit zu erhöhtem Hautkrebsrisiko“ (Klose 2015, S.22).

Bei Erhöhung der UVB-Strahlung sind morphologische, physiologische, biochemische und genetische Konsequenzen für Einzelpflanzen zu beobachten. UVB-Strahlung kann in Gewebe eindringen und es auf molekularer Ebene zu Änderungen wie zum Beispiel der DNA, Proteine oder Lipide kommen. Zusätzlich können sich Sauerstoffradikale bilden, welche zur Oxidation der Proteine und Lipide führen und somit Biomembranen, Wachstum, Photosynthese und Ertrag haben (Tevini 1996). Naheliegend ist die Schädigung der lebenswichtigsten Makromoleküle im Bakterienplankton. Nukleinsäuren sowie Proteine der Bakterien werden durch UVB-Strahlung geschädigt. Folge davon sind ein verringerter Stoffwechsel sowie eine reduzierte Aufnahme von gelösten Stoffen aus der Umgebung (Herndl 1996).

**Einer weiteren Frage, der nachgegangen wird, handelt vom Auftreten des Ozonlochs. Wann und wo es vorkommt, soll beantwortet werden. Die Ozonmenge nimmt global gesehen unterschiedlich stark ab. Die Abnahme der Ozonmenge in der Atmosphäre seit 1960 ist in der Abb. 32 dargestellt. Über der Antarktis hat das Ozonloch im Frühjahr die stärkste Ausprägung und auch in Mitteleuropa nehmen die Werte des Ozons ab.**

Laut Klose nimmt jährlich die Ozonschicht im südhemisphärischen Frühjahr, also im September, in der Antarktis auf rund 44-55% der Konzentration ab. Die im Schulbuch aufzufindende Abb. 32 zeigt eine bis zu 50%-Abnahme der Ozonmenge in der Atmosphäre der Antarktis seit 1960 (Klose 2015).

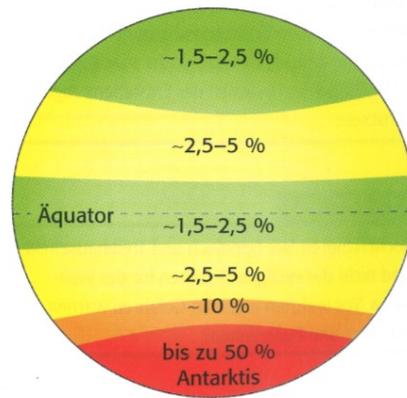


Abb. 32: Abnahme der Ozonmenge in der Atmosphäre (Deutsch et. al. 2010, S.135)

In Abb. 33 ist zu erkennen, dass die mittlere Ozonschichtdicke über der Antarktis seit 1955 bis heute um ca. 50% abgenommen hat (New South Wales State of the Environment 2006).

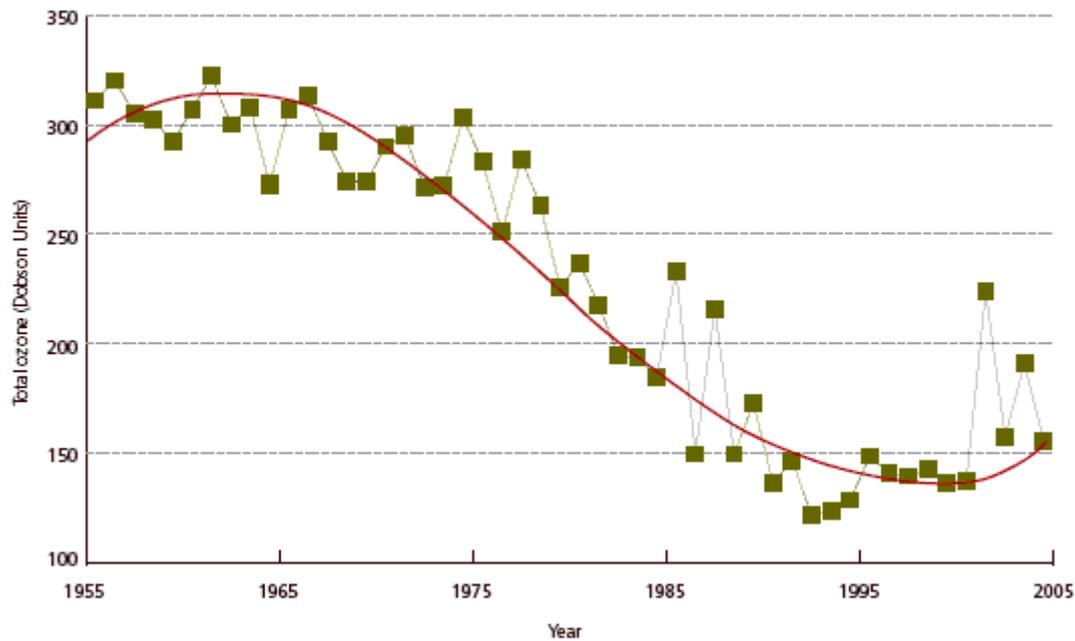


Abb. 33: Mittlere Ozonschichtdicke über der Antarktis seit 1955 (New South Wales State of the Environment 2006)

Satelliten- und Bodenstationenmessungen lassen darauf schließen, dass neben der Ozonzerstörung in der Antarktis global betrachtet und auch in den mittleren Breiten zusätzlich Ozon in der Stratosphäre abgebaut wird. Das Ozonloch gibt es nur über der Antarktis (Roedel & Wagner 2011)

Die letzte Frage handelt von den Maßnahmen, die zum Schutz der Ozonschicht getroffen wurden. 21 Staaten, inklusive Österreich, sollen 1985 die „Konvention zum Schutz der

**Ozonschicht“ unterzeichnet haben. Zwei Jahre darauf wurden die Vereinbarungen im „Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Ozonabbau führen“ von vielen Staaten unterzeichnet. Es trat 1989 in Kraft und bis zum Jahr 2003 hatten es 184 Staaten ratifiziert. Länder verpflichteten sich zur Reduktion und schließlich zum Verbot von ozonzerstörenden Stoffen.**

Das Übereinkommen zum Schutz der Ozonschicht wurde 1985 in Wien abgeschlossen. Nicht 21 Staaten wie es im Schulbuch angegeben ist, haben diese Konvention unterzeichnet, sondern 28. Zwei Jahre später kamen 18 Länder dazu. Bis heute haben es 197 Staaten unterzeichnet (UNEP Ozone Secretariat 2014).

Das Wiener Übereinkommen und das Montrealer Protokoll gelten als Paradebeispiel für internationale Zusammenarbeit zur Bewältigung einer globalen Umweltbedrohung. Es trat 1989 in Kraft (UNEP Ozone Secretariat 2009). Die unterzeichnenden Staaten haben sich verpflichtet, ab Ende 1987 die Erzeugung von FCKW-Kühl- und Lösungsmittel sowie Halon-Löschmittel zu verbieten (European Commission 2009).

**Am linken Seitenrand ist eine Information über Paul Crutzen, einen Nobelpreisträger, die mit dem Zeichen [i++] markiert ist positioniert. Diese Infobox ist in Abb. 34 zu sehen.**



Abb. 34: Paul Crutzen ((Deutsch et. al. 2010, S.136)

Wie in dieser Information richtig angegeben, hat der niederländische Meteorologe Paul Crutzen gemeinsam mit Mario Molina und Sherwood Rowland 1995, für die Arbeit der Atmosphärenchemie, besonders mit dem Bezug auf die Bildung und Zerstörung von Ozon, den Nobelpreis für Chemie erhalten (Nobelprize.org 2014).

**Nach der detaillierten Auseinandersetzung mit dem Ozon wird der Treibhauseffekt behandelt. Der Treibhauseffekt ermöglicht das Leben auf der Erde bei einer Temperatur von +15°C. Ohne ihn hätte es -18°C.**

Diese Aussagen wurden bereits in 2.2.1.1 (Korrektheit) analysiert und für wissenschaftlich korrekt eingeordnet.

**„Der Großteil des Sonnenlichtes, das in die Erdatmosphäre eindringt, erreicht fast ungehindert die Erdoberfläche. Es erwärmt die Erdoberfläche, die die Wärme in Form von Wärmestrahlung (Infrarot) abgibt. Die in der Atmosphäre vorhandenen Treibhausgase nehmen die Wärme auf und verhindern damit ein schnelles Entweichen der Wärme aus der Atmosphäre. So erwärmt sich die Luftschicht um die Erde.“**

Die erste Aussage, dass ein Großteil des Sonnenlichts ungehindert die Erdoberfläche erreicht, ist sehr vage ausgedrückt. In Abb. 4, welchen den Strahlungshaushalt der Erde beschreibt, ist klar zu erkennen, dass ca. 50% der Sonnenleistung pro Quadratmeter auf die Erdoberfläche treffen. Es bedarf also einer Umformulierung im Schulbuch vom Großteils auf 50% des Sonnenlichts. Weiters wurde schon in 2.2.1.1 (Korrektheit) erwähnt, dass in der Atmosphäre terrestrische Wärmestrahlung in der Atmosphäre absorbiert wird und zum Großteil wieder Richtung Erdoberfläche emittiert wird. In diesem Schulbuch wurde statt absorbiert die Beschreibung „aufnehmen“ verwendet. Die Wärme wird also in der Atmosphäre vorerst gespeichert und somit erwärmt sich die Luftschicht um die Erde. An diesen Aussagen ist nichts auszusetzen. Hier wurde eine recht allgemeine Formulierung so eingebettet, um den Treibhauseffekt ohne physikalische Grundlagen den Schülerinnen und Schülern näherzubringen.

**Passend zu dem gerade analysierten Text wurde im Schulbuch die Abb. 35 zur Veranschaulichung des Treibhauseffekts eingebettet.**

In der Abb. 35 sind einige fachliche Fehler zu finden.

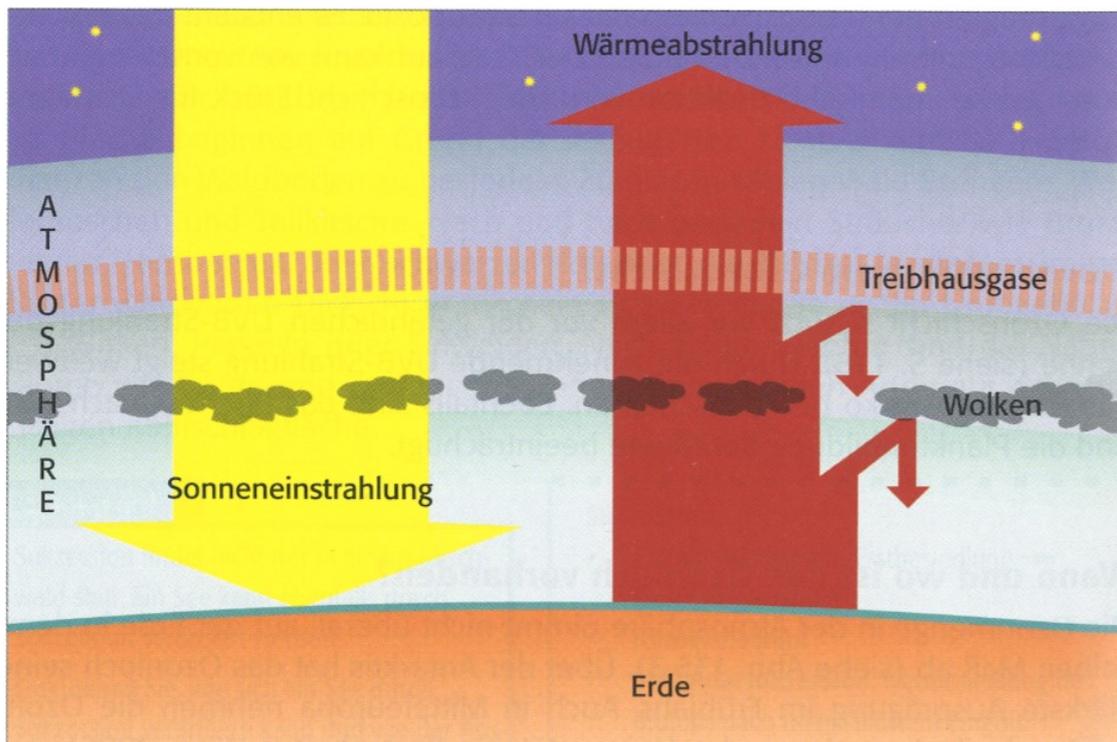


Abb. 35: Der natürliche Treibhauseffekt (Deutsch et. al. 2010, S.136)

Wie schon in 2.2.1.1 (Korrektheit) detailliert analysiert wurde, gibt es die klassische Treibhausgasschicht, die auch in dieser Abbildung eingezeichnet ist, nicht. Zusätzlich wurden in dieser Abbildung die Reflexion und Absorption beim Eintreffen des Sonnenlichts in die Atmosphäre nicht eingezeichnet. Die terrestrische Strahlung wird laut dieser Abbildung zum Großteil ins Weltall abgestrahlt und nur ein kleiner Teil der damit transportierten Energie bleibt in der Atmosphäre. Vergleicht man diese Abb. 35 mit der Abb. 4 und den dazugehörigen Werten aus der Fachliteratur, so kann man die Schlussfolgerung ziehen, dass der im Schulbuch dargestellte Treibhauseffekt fachlich zu sehr vereinfacht wurde. Absorption, Reflexion, Emission und die dazugehörigen Werte der Energieflüsse sowie eine ausreichende Beschriftung müssen in dieser Abb. 35 ergänzt werden, um als fachlich korrekt durchzugehen.

**Weitere Aussagen zum Treibhauseffekt beinhalten die natürlichen Bestandteile der Atmosphäre wie Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas und Ozon. Sie wirken wie die Glasscheibe eines Glashauses.**

Hier ist zu erwähnen, dass im Vergleich zu „bio@school 6“ und „Kernbereiche Biologie 6“ in diesem Schulbuch das Ozon sehr genau behandelt wurde. Es wird oft bei der Aufzählung der

Treibhausgase weggelassen, da Ozonloch, Ozonschicht und Ozon schwierige Begriffe eines komplexen von vielen Faktoren abhängigen Systems sind. In 3.2.1.1 (Korrektheit) wurde der Vergleich Glashauseffekt mit dem Treibhauseffekt als fachlich nicht korrekt kritisiert. Auch in diesem Schulbuch wird dieser Vergleich herangezogen. Hier ist noch einmal ausdrücklich zu sagen, dass die mechanische Blockade des Glashausdachs die Strömung der Luft aus dem Glashaus verhindert. Die Temperatur würde sich auch erhöhen, wenn die terrestrische Strahlung durch das Glasdach durchdringen kann. Ob die terrestrische Strahlung aus dem Glashaus dringen kann oder nicht, ist somit irrelevant. Der Treibhauseffekt kann damit nicht beschrieben werden.

**Der natürliche Treibhauseffekt wird durch den anthropogenen Treibhauseffekt verstärkt. Die Zunahme der Treibhausgase wird durch den Menschen verursacht. Besonders in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde so das Weltklima gefährdet. Der Mensch setzt durch Verbrennung fossiler Energieträger CO<sub>2</sub> frei. Zusätzlich gelangt durch Abholzung und Verbrennung großer Regenwaldgebiete CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre.**

Diese Inhalte wurden sowohl in 2.2.1.1 (Korrektheit) als auch in 3.2.1.1 (Korrektheit) analysiert. Das Klima hat sich in den letzten 150 Jahren verändert. Die mittlere globale Erdoberflächentemperatur hat deutlich zugenommen und der Meeresspiegel ist angestiegen. Ob der vom Menschen verursachte Treibhausgasausstoß die alleinige Ursache dafür ist oder nur natürlichen Änderungen wie zum Beispiel die Variationen der Erdbahnparameter dafür verantwortlich sein könnten, wird in naher Zukunft offen bleiben.

**Neben dem Ozon und dem Treibhauseffekt wird im Schulbuch das Kyoto-Protokoll näher betrachtet. Laut Schulbuch wurde am Weltklimagipfel 1997 in Kyoto das Protokoll, welches verbindliche Zielwerte für den vom Menschen verursachten Treibhausgasausstoß beinhaltet, formuliert. Zwischen 2008 bis 2012 sollen die Emissionen um 5,2% unter das Niveau von 1990 fallen. Das Abkommen ist 2005 in Kraft getreten und lief 2012 aus. In Tabelle 5 sind die wichtigsten Treibhausgase aufgelistet.**

Diese Inhalte wurden schon in 3.2.1.1 (Korrektheit) bestätigt. In Tabelle 5 wird die Zunahme der Treibhausgasemission seit Beginn der Industrialisierung für die wichtigsten Treibhausgase gezeigt.

Tabelle 5: Die wichtigsten Treibhausgase (Deutsch et. al. 2010, S.137)

Treibhausgase des Kyoto-Protokolls	Zunahme seit Beginn der Industrialisierung	Freisetzung durch
Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> )	37 %	Verbrennen fossiler Energieträger, Brandrodung
Methan (CH <sub>4</sub> )	156 %	Landwirtschaft (v. a. Nassreisanbau, große Viehherden), Förderung und Verarbeitung von Erdgas, Mülldeponien
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	19 %	intensive Landwirtschaft (Abbau von Stickstoffdünger unter Sauerstoffmangel), Verbrennen fossiler Energieträger
Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC), Schwefelhexanfluorid (SF <sub>6</sub> )	neuere Treibhausgase	eingesetzt als Ersatzstoffe für die die Ozonschicht schädigenden Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), z. B. für Isolationsmaterial, Schallschutzfenster

Die in „Klimaänderungen 2013 – Naturwissenschaftliche Grundlagen“ angegebenen Werte der Zunahme der Treibhausgase seit Beginn der Industrialisierung sind denen aus Tabelle 5 sehr ähnlich.

„Die atmosphärischen Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) sind seit 1750 alle aufgrund von Aktivitäten des Menschen angestiegen. Im Jahr 2011 betragen die Konzentrationen dieser Treibhausgase 391ppm<sup>11</sup>, 1803 ppb, bzw. 324 ppb und übertrafen die vorindustriellen Werte um ca. 40%, 150% bzw. 20%“ (Midgley et. al. 2014, S.9).

Die neueren Treibhausgase wie teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexanfluorid sind neuere Treibhausgase, die vor der Industriellen Revolution nicht ausgestoßen wurden. Deshalb konnte der Wert für die Zunahme nicht angegeben werden.

**Abb. 36 gibt zum Abschluss des Themas einen Überblick der menschlichen Aktivitäten, die zusätzliche Treibhausgase freisetzen.**

Ohne genauere Informationen woher die Werte der Abb. 36 stammen, kann an dieser Stelle nur eine vergleichende Analyse gemacht werden.

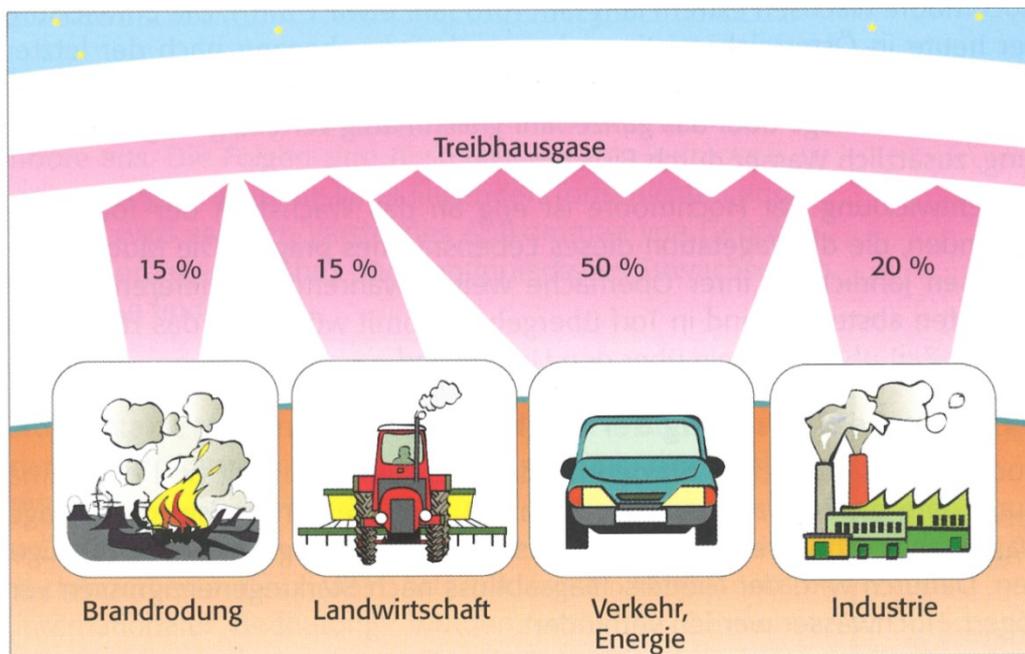


Abb. 36: Menschliche Aktivitäten, die Treibhausgase freisetzen (Deutsch et. al. 2010, S.137)

In Nordrhein-Westfalen wurden 2015 ca. 52,9% der emittierten Treibhausgase vom Energiesektor ausgestoßen. Neben diesem Hauptemittenten fielen 19,2% auf die Industrie 11,7% auf den Verkehr und 10,5% auf Haushalte und Kleinverbraucher. Der Rest wurde dem Abfall und der Landwirtschaft zugeschrieben (LANUV 2017).

Insgesamt ist zu sagen, dass die Abb. 36 nur einen allgemeinen Überblick der Sektoren der Treibhausgasemissionen gibt. Verbessern könnte man diese Darstellung mit zusätzlichen Informationen wie Jahreszahl und Ort der gemessenen Emissionen.

**Am rechten Seitenrand wird neben diversen Definitionen in einer Informationsbox die mit dem Symbol [i++] behauptet, dass eine Kuh, die täglich fünf Kilogramm Heu frisst, am Tag 191 Liter Methan produziert.**

Bei Futteraufnahme von einem Kilogramm Trockensubstanz wie zum Beispiel Heu produziert eine Kuh im Mittel zwischen 20g und 25g Methan (Flachowsky & Brade 2007). Rechnerisch betrachtet, hat ein Liter Methan bei 20°C auf der Erdoberfläche eine Masse von 0,66g. Wird dieser Wert auf die Kuh die 5kg Trockensubstanz am Tag frisst und dabei 191l Methan ausstößt bezogen, so ergibt sich ein Wert von 126g. Diese Kuh würde wie im Schulbuch dargestellt, pro Kilogramm aufgenommener Trockensubstanz ca. 25g Methan ausstoßen.

### **4.2.1.2 Authentizität**

Grundsätzlich gibt es in diesem Schulbuch hauptsächlich realitätsnahe Darstellungen der Inhalte. Besonders die Veranschaulichung der Ozonschicht sowie die abbauenden Prozesse des Ozons in Kombination mit der Abb. 31, welche die chemische Reaktion bei der Entstehung des Ozons zeigt, sind sehr lebensnah. Diese didaktisch adaptiv eingebetteten Inhalte bringen Klarheit was das Molekül Ozon eigentlich ist, welchen Ursprung es hat und wie es verändert wird. Abgesehen von der recht detaillierten Darstellung der Ozonschicht und ihrer Wichtigkeit findet man einen kurzen Abschnitt zum Kyoto-Protokoll wieder gemeinsam mit der untermauernden Tabelle 5 sowie der Abb. 36 sehr lebensnah präsentiert wird. In Tabelle 5 werden in der dritten Spalte, Beispiele der Emittenten zu den jeweiligen Treibhausgasen genannt. Zusätzlich werden Emittenten in der Abb. 36 grafisch dargestellt. An dieser Abbildung ist lediglich zu kritisieren, dass keine Angaben gemacht wurden, ob diese Werte global oder auf ein bestimmtes Land betreffen. Leider wurde auch hier wieder eine „Treibhausgasschicht“ eingezeichnet, die es so nicht gibt.

Gleiches gilt für die Abb. 35, die auf Grund dieser „Treibhausgasschicht“ nicht realitätsnah ist. Außerdem wird wie schon in Kernbereich Biologie 6 versucht, den Glashauseffekt mit dem Treibhauseffekt zu vergleichen. Wie mehrmals in dieser Arbeit erwähnt wurde, sind diese Effekte nicht miteinander zu vergleichen, da das Glashausdach eine mechanische Blockade für die darunter strömenden Gase bildet. Wie schon in 4.2.1.1 (Korrektheit) erwähnt, bedarf es einer kompletten Überarbeitung dieser Abbildung. Energieflüsse mit korrekten Werten, sowie die Darstellung der Strahlungsarten sind nicht vorhanden. Generell ist das Kapitel „Der Treibhauseffekt“ in diesem Schulbuch zu allgemein gestaltet um die Realität darstellen zu können.

### **4.2.1.3 Aufbau**

Der Aufbau in diesem Schulbuch ist durch die anfängliche sehr langwierige Auseinandersetzung mit dem Ozon nicht optimal gelungen. Dieses anfängliche Kapitel wird zwar ausgezeichnet präsentiert und mit allerlei grafischen Mitteln unterstützt, jedoch fehlt eine kurze Einleitung in der die Probleme, die der Klimawandel mit sich bringt, angeführt werden. Die Handlungskompetenz wird durch den an das Ozonloch angelehnten Aufbau nicht gefördert. „Was kann ich als Mensch machen?“, kommt in diesem Schulbuch nicht vor. Über das Thema

„Umwelt in Gefahr: Ozonloch, Treibhausgase...“ geht es wie es die Überschrift besagt wirklich nicht hinaus. Maßnahmen zur Treibhausgasreduktion sowie Folgen des Klimawandels fehlen komplett.

Betrachtet man den Lehrplan mit den Inhalten „Umweltprobleme und deren Ursachen am Beispiel Klimawandel diskutieren und Lösungsmöglichkeiten im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aufzeigen“, so erkennt man schnell, dass sich dieses Schulbuch für den Unterricht nur minimal eignet.

#### ***4.2.1.4 Verhältnis – Illustration/Text***

Betrachtet man überblicksmäßig die Seiten des Schulbuchs findet man Abbildungen quer verteilt zwischen Texten und an den Seitenrändern. Der Text wird durch zahlreiche einfach gehaltene Illustrationen immer wieder unterteilt. Auf Seite 136 würde der lang wirkende Fließtext durch das Versetzen der Abb. 31 unterteilt werden können.

Außerdem wäre es didaktisch sinnvoll, wenn man die Abbildungen zu den Texten auch auf denselben Seiten anordnet. Zum Beispiel sollte Abb. 34 auch neben dem dazugehörigen Text stehen und nicht auf der nächsten Seite am Rand positioniert sein. Zwischen Text und Seitenrändern in denen sich zahlreiche Abbildungen befinden ist sehr wenig Abstand, so dass die Seiten überfüllt wirken. Würde man den sehr ausführlichen Text und die dazu gestellten Fragen zum Kapitel „Ozon“ auf der Seite 135 kürzer halten, so könnte man insgesamt die Inhalte durch größere Abstände getrennter halten.

#### ***4.2.1.5 Fächerübergreifende Themen***

Chemie wird im Schulbuch der Physik vorgezogen. Ein großer Abschnitt behandelt die chemischen Reaktionen in der Ozonschicht. Mit Strukturformeln sowie der dazu gehörige Abb. 31 werden chemische Inhalte miteinbezogen. Bei der Darstellung des Treibhauseffekts wurde die Physik weggelassen, so dass er nur auf einer sehr gekürzten und sehr allgemeinen Art eingebettet wird. Geschichtlich und politisch betrachtet, gibt es wie schon in den anderen Schulbüchern, die Möglichkeit anhand des Kyoto-Protokolls auf Klimakonferenzen und daraus resultierende Vereinbarungen einzugehen.

Zahlreiche weitere allgemeine Formulierungen ermöglichen es jedoch nicht auf fächerübergreifende Themen einzugehen.

#### **4.2.1.6 Lektionenanzahl**

Wie schon in 4.2.1.3 Aufbau kritisiert, gibt es viele essentielle Inhalte die in diesem Schulbuch fehlen. Maßnahmen als Lösungsmöglichkeiten, natürliche Klimaveränderungen und eine freie Meinungsbildung die zu einer Handelskompetenz führen kann werden weitgehend weggelassen. Im Schulbuch wird dem Ozon-Thema zu viel Raum gewidmet.

### **4.2.2 Diversität**

#### **4.2.2.1 Werthaltung und Religion**

Hier wird der Mensch als alleiniger Verursacher des Ozonlochs gesehen. Generell kommen natürliche Faktoren die das Klima beeinflussen können nicht vor. Staaten die Vereinbarungen treffen werden als sehr homogen dargestellt. Die individuellen Emissionswerte werden komplett ausgelassen, so dass die USA und China nicht als Hauptemittenten betrachtet werden. Ortsbezeichnungen oder Diagramme, Tabellen und Abbildungen beziehen sich nie auf Länder. Allgemeine Formulierungen sind hier frei von Werten und auch in Bezug auf die Religion ist das Schulbuch neutral.

#### **4.2.2.2 Heterogenität**

Wie gerade angesprochen bietet das sehr allgemein gestaltete Schulbuch wenig Ansatzpunkte in Sachen Werte und Religionen. Auch interkulturelle Gesichtspunkte der Bildung werden nicht miteingeschlossen.

### **4.3 Formal-gestalterischer Bereich**

#### **4.3.1 Gestaltung und Übersicht**

Blickt man über die Seiten durch das gesamte Schulbuch, wird man durchwegs mit vollständig von Fließtext gefüllten Seiten konfrontiert. Die Struktur fehlt auf den massig mit Fließtext gefüllten Seiten und wird auch durch die Einbettung des Glossars oder diverser grafischer Mittel nicht gegeben.

Das sehr überfüllt wirkende Schulbuch enthält ein Inhaltsverzeichnis, in dem die großen Themenbereiche mit einer spezifischen Farbe gefärbt sind. Die Überschriften der Abschnitte innerhalb der Themenbereiche sind im Inhaltsverzeichnis in Form von Stichworten, Sätzen,

Aussagen oder Fragestellungen recht unübersichtlich in zwei Spalten gestaltet. Die kleinen Zeilenabstände erschweren die schnelle Suche, da sich die rechts neben den Überschriften befindende Seitenanzahl nicht auf ersten groben Blick zuordnen lässt. Der senkrechte Strich zwischen Text und der Zahl, die teilweise in einem großen Abstand zueinander stehen, erschwert das schnelle Suchen nach der Seitenanzahl erheblich. Neben den Farben der Themenüberschriften sind im Inhaltsverzeichnis noch einige willkürlich gefärbte Unterpunkte wie zum Beispiel „Methoden“ oder „Science“ zu finden. Folgt man diesen Punkten ausgehend vom Inhaltsverzeichnis zu den angeführten Seiten, dann erkennt man keine einheitliche Form. Das Lehrmittel ist auf Grund dieser wenig durchdachten Formatierung nicht sehr übersichtlich strukturiert. Die Orientierungshilfen in den Verzeichnissen erleichtern das Abreiten nur bedingt, da man sich durch den zu kleinen Zeilenabstand und die recht zufällig gewählten Färbungen des Textes erst bei genauerem Hinsehen zurechtfindet.

Die Seite des Inhaltsverzeichnisses beinhaltet außerdem eine Legende, wie in Abb. 37 ersichtlich, welche die im Buch aufzufindenden Symbole erklärt.

<b>Was die Symbole in diesem Buch bedeuten:</b>	
Hämolymphe:	Schlüsselwörter sind färbig und fett markiert
	Erklärung im Lexikon
[wort]	Erklärung von Begriffen oder Zusammenhängen
	Erklärung der Herkunft von einem oder mehreren Wörtern
[i++]	Zusatzinformationen
[?!]	Arbeitsaufgaben
✓	Kurzzusammenfassungen am Ende einer Einheit

Abb. 37: Legende zur Beschreibung der Symbole (Deutsch et. al. 2010, S.3)

Diese Symbole zeigen Orientierungshilfen, die im Buch vorkommen. Neben dem grün gefärbten Schlüsselwort, einem Buchsymbol, roten Haken sowie grünen Blöcken mit [wort],[i++] und [?!] sollte der Vollständigkeit halber, eigentlich noch [def] aufgelistet sein, da die mit diesem Symbol markierten Definitionen am häufigsten im Buch vorkommen. Auf den Seiten 164 bis 168 befindet sich ein Lexikon/Glossar. Die rot gefärbten Begriffe werden außerdem in violetter Schrift auf Englisch erwähnt. Seiten, in denen der jeweilige Begriff vorkommt, sind aufgelistet und zusätzlich ist die Seite der Ersterwähnung meist fett gedruckt. Bei der

sehr sorgfältig durchgeführten Analyse fällt auf, dass nicht immer zur Seite der Ersterwähnung verwiesen wird. Zum Beispiel kommt das Wort „diploid“ schon auf der Seite 68 zu ersten Mal im Fließtext vor, wird jedoch erst auf Seite 78 bei weiterer Erwähnung definiert.

Zur Einführung der großen Themenbereiche sind unter der Überschrift einige Fragestellungen oder Aussagen mit passenden Bildern auf einer einleitenden Seite verteilt. Eine der Beispielfragen ist in Abb. 38 zu sehen.

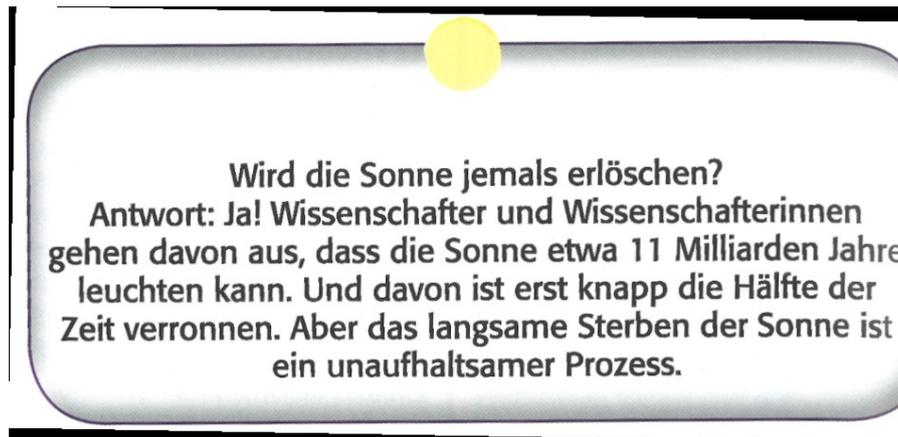


Abb. 38: Eingehende Fragestellungen (Deutsch et. al. 2010, S.111)

Nach dieser gut gelungenen einführenden Seite beginnt der erste Abschnitt mit der jeweiligen Überschrift in der spezifischen Farbe. Darunter befindet sich ein grüner Text, der darauf hinweist, was im Abschnitt zu erwarten ist oder es werden schon einige wichtige Inhalte darin gegeben. An den Seitenrändern befinden sich in einer mit 6,9cm recht breiten Spalte die Abbildungen, Definitionen, Zusatzinformationen und Begriffserklärungen.

Die im Fließtext vorkommenden Begriffe sind grün gefärbt und werden explizit entweder im Lexikon oder in den Blöcken [wort],[def] und [i++] erklärt. Besonders die [i++] Blöcke mit den enthaltenen Zusatzinformationen erscheinen fast auf jeder Seite mindestens einmal und kommen auch in Kombination mit den [?!]-Blöcken, welche einzeln auch auf fast jeder Seite zu finden sind, häufig vor. Die Zusatzinformation dient so als Anhaltspunkt für weitere Fragestellungen und Diskussionen, welche in einem gemeinsamen Block [i++/?!]aufzufinden sind. Im 4.4.4.4 (Unterrichtsformen und -methoden) wird diese Orientierungshilfe, die besonders zur Unterstützung der Lehrpersonen dient, weiter diskutiert. Die Kurzzusammenfassungen, welche mit dem Haken markiert sind, befinden sich in einem grün umrandeten Kasten, des-

sen oberer Rand strichliert ist. Diese findet man hauptsächlich am Ende jedes Unterabschnittes.

Neben den Abbildungen und Grafiken auf der einführenden Seite jedes Abschnitts findet man diese fast ausschließlich an den Seitenrändern oder als Lückenfüller wieder. Durch diese recht homogene Einbettung sehen die Seiten sehr ähnlich aus, umfangreicher Fließtext mit Grafiken und Abbildungen von Realbildaufnahmen. Grafische Veranschaulichenden und sonstige Bilder sind, wie es in Abb. 29 zu sehen ist, im Buch mit Beschriftungen am unteren Rand markiert. Die Gestaltung dieser grafischen Untermuerung des Textes ist adressatengerecht. Sie unterstützen die Vermittlung der Inhalte durch recht einfache Schemata, die zum Text passende Beschriftungen beinhalten. Gleichzeitig dienen die grafischen Mittel zur Inhaltsvermittlung und schaffen eine Übersicht. Zu beschriftende Abbildungen befinden sich ausschließlich in dem Block-[?!], der Anweisungen oder Fragestellungen beinhaltet. Diese didaktisch sinnvolle Gestaltung gibt den Schülerinnen und Schülern eine klare Anweisung zum selbstständigen Arbeiten.

## **4.4 Pädagogisch-didaktischer Bereich**

### **4.4.1 Lehrplankongruenz**

In 4.2.1.3 wurden bereits die dünnen Inhalte kritisiert. Das Lehrmittel orientiert sich nicht wirklich an dem Lehrplan, wo man sich gezielt mit Umweltproblemen, die der Klimawandel mit sich bringt, und deren Lösungsvorschlägen auseinandersetzen soll. Einzig und allein das Ozonloch wird als sehr großes Problem dargestellt.

An dieser Stelle ergibt sich die Möglichkeit, die abschließende Zusammenfassung, welche in Abb. 39 zu sehen ist, anzuführen.

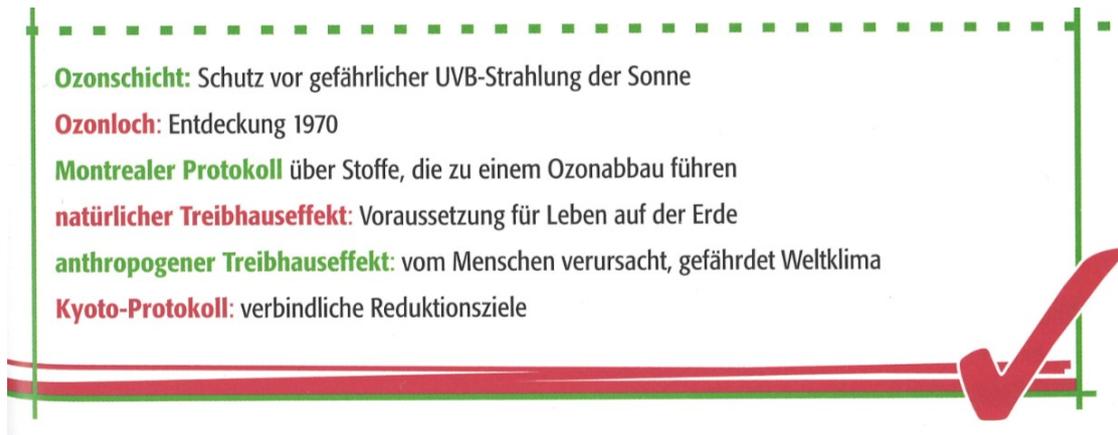


Abb. 39: Zusammenfassende Box (Deutsch et. al. 2010, S.137)

Laut Lehrbuch sollen also diese Punkte als Lernziele in den Köpfen der Schülerinnen festgehalten werden. Betrachtet man den Lehrplan, so findet man keine Überschneidungen.

Lösungsvorschläge zur Treibhausgasreduktion oder natürlichen Faktoren des Klimawandels fehlen komplett. Die Erwähnung, dass man FCKW in Kühlmitteln verboten hat, ist schon veraltet. Neben diesem Lösungsvorschlag fehlen Hinweise auf erneuerbare Energien, mit denen man eine Treibhausgasreduktion erreichen könnte. Meeresspiegelanstieg, natürlicher Treibhausgasausstoß, Ländervergleiche und das eben Erwähnte sollten im Schulbuch behandelt werden.

#### 4.4.2 Lernprozess

Da beim Einstieg in das Thema verpasst wird, die Schülerinnen und Schüler in der emotionalen Ebene zu erreichen, gibt es keinen Zugang über kognitive, emotionale handelnde Dimensionen des Lernens. Das Ozon-Thema ist klar strukturiert in Form von Fragen-Antwort-Texten aufgebaut. Hier baut das Lehrmittel auf aufbauendes fortschreitendes und verknüpfendes Lernen. Blättert man nach dieser dem Ozon gehörenden Seite 139 um, ändert sich dies. Bruchstücke vom Treibhauseffekt, Kyoto-Protokoll und Treibhausgasemittenten werden nicht wirklich didaktisch adaptiv eingebettet. Bisherige Erfahrungen sind zum Beispiel bei dem recht allgemein dargestellten Treibhauseffekt nicht notwendig, da Emission, Absorption und Reflexion nicht vorkommen. Hier wird eine Gelegenheit ausgelassen, die in der 3. Klasse in Physik gelernten Inhalte auf ein neues Thema fächerübergreifend anzuwenden. Die eben genannten Begriffe müssen in den Text eingefügt werden, um den Prozess des

Treibhauseffekts verstehen zu können. Schülerinnen und Schüler wird im Schulbuch keinerlei Möglichkeit gegeben, ihr Handeln zu hinterfragen und sich eine eigene Meinung zu bilden.

### 4.4.3 Zielgruppenorientierung

Zielgruppengerecht ist das Lehrmittel nur von der gestalterischen Seite. Begriffe, die im Text neu sind, werden in einer Klammer wissenschaftlich formuliert, wie zum Beispiel Ausstoß (Emission). Auch die symbolische Gestaltung der Infoboxen und Arbeitsaufträge am Seitenrand sind für Jugendliche der 6. Klasse sehr übersichtlich.

Inhaltlich liest es sich nach dem Ozon-Thema wie ein sehr allgemein formulierter Beitrag einer Zeitung. Hier wird eher die Allgemeinheit angesprochen und nicht die Schülerinnen und Schüler der 6. Klasse. Physikalische sowie umweltwissenschaftliche Grundlagen müssen nicht vorhanden sein.

### 4.4.4 Individualisierung

#### 4.4.4.1 Eigenständiges Lernen

Das Lehrmittel gibt den Schülerinnen und Schülern zwar die Möglichkeit, mit Hilfe der beiden Aufgabenstellungen, die mit [?!] markiert sind, an Alltagsvorstellungen anzusetzen und sich eine freie Meinung zu bilden, jedoch gelingt dieses nur bedingt, da diese Aufgabenstellungen sehr isoliert eingebettet wurden. Ein Verbesserungsvorschlag wäre es, die Aufgabenstellung, welche in Abb. 40 gezeigt wird, so zu positionieren, dass die Schülerinnen und Schüler eigenständig darunter ihre Ergebnisse schreiben können.

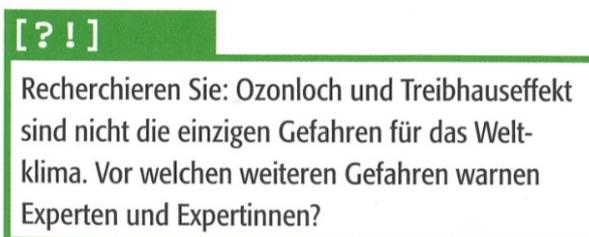


Abb. 40: Aufgabenstellung 1 (Deutsch et. al. 2010, S.136)

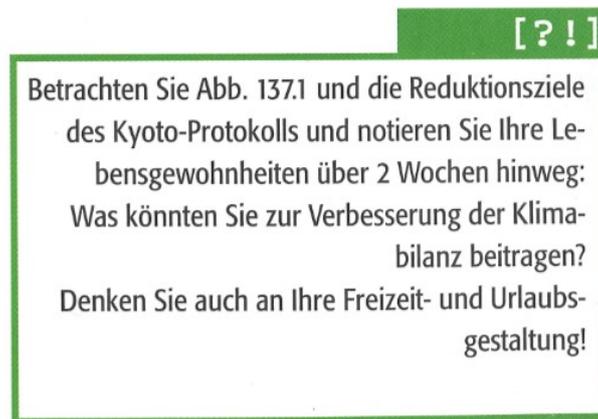


Abb. 41: Aufgabenstellung 2 (Deutsch et. al. 2010, S.137)

Weiters könnte die Aufgabenstellung aus der Abb. 41 dazu verwendet werden, die Länderunterschiede der Treibhausgasemission zu zeigen. Sie verweist zwar auf die Abb. 36, die die menschliche Aktivität zeigt, jedoch wird nicht festgelegt, von wo die Werte daraus stammen. Nach der Abarbeitung dieser Aufgabenstellung hat man zwar ein individuelles Ergebnis, jedoch kann man dadurch sein Handeln nicht bewerten. „Ist mein Treibhausgasausstoß hoch?“ und „Wo liegen die eigentlichen Probleme an denen eine Person direkt nichts dafür kann?“ sind Fragen, die noch behandelt werden sollten.

#### **4.4.4.2 Leistungsansprüche und Zugangsweisen**

Aufgrund der allgemein formulierten Inhalte sowie der detaillierten Darstellung des Ozon-Themas werden keine hohen Leistungsansprüche gestellt. Auch die Aufgaben, die gerade analysiert wurden, können leicht gelöst werden. Leistungsstarke Schülerinnen und Schüler können sicherlich mit den Aufgaben arbeiten und ihre Alltagsvorstellungen dazu nutzen, um sich anschließend eine freie Meinung zu bilden. Leistungsschwache werden jedoch keine Schlussfolgerung sowie freie Meinung bilden können, weil die Nachbearbeitung fehlt. Sie haben ein Ergebnis aus ihrer eigenen Arbeit, können ihr Handeln aber nicht bewerten, da sie keine Referenzen vorgegeben bekommen.

Wie bereits mehrmals erwähnt, werden nur in geringem Ausmaß, Zugangsweisen geboten. Es gibt nur die beiden mit [?!] markierten Aufgabenstellungen, die teilweise neu eingebettet gehörten. Beschriftungen oder Beschreibungen sowie freie Plätze für Stichworte sowie Sätze der Schülerinnen und Schüler fehlen. Nach dem Ozon-Frage-Antwortspiel gibt es nur mehr allgemein formulierten Fließtext, der von teilweise fehlerhaften Abbildungen begleitet ist.

#### **4.4.4.3 Unterrichtsformen und -methoden**

In diesem Schulbuch gibt es zwei Aufgabenstellungen, die mit dem Symbol [?!] markiert sind. Neben diesen Versuchen, Methoden einzubauen, gibt es nur das schon erwähnte Frage-Antwortspiel zum Ozon-Thema in Form von Fließtext, der sich über eine Seite zieht. Die Methodenvielfalt, wie es in „Kernbereiche Biologie 6“ der Fall ist, fällt hier leider weg.

**Die erste Aufgabe, die mit dem Symbol [?!] markiert ist, beinhaltet eine Recherche, in der man herausfinden soll, vor welchen Gefahren, neben dem Ozonloch und dem Treibhauseffekt, von Experten und Expertinnen gewarnt wird.**

Diese Aufgabe ist die einzige Möglichkeit im Schulbuch, sich mit dem Meeresspiegelanstieg und Naturkatastrophen wie Trockenheit oder Wirbelstürme auseinandersetzen zu können, da man bei einer Internetrecherche zu den Gefahren durch den Klimawandel auf diese trifft.

**Die zweite und somit letzte Aufgabenstellung, die mit [?!] markiert ist, beinhaltet die Auseinandersetzung mit dem eigenen Verhalten. Über zwei Wochen sollen, ausgehend von der Betrachtung der Abb. 36 und den Reduktionszielen des Kyoto-Protokolls, die Lebensgewohnheiten von der Person selbst notiert werden. Anschließend stellt man sich die Frage, wie man zur Verbesserung der Klimabilanz als Einzelner beitragen kann, in Betrachtung der Freizeit- und Urlaubsgestaltung.**

Durch diese Aufgabe wird das kognitive, emotionale, handelnde Lernen gefördert. Jede Person kann durch das Studieren der eigenen Gewohnheiten abwägen, was man als Einzelner einsparen kann, um die Klimabilanz zu verbessern. Abgesehen von diesem Aspekt kann es jedoch zur Fehleinschätzung der Schülerinnen und Schüler kommen, wenn sie die Abb. 39 betrachten. Da diese Abbildung, wie es in 4.2.1.1 (Korrektheit) schon angesprochen wurde, nicht ausreichend mit der Ortsangabe der Werte untermauert ist, wird sie bei den Schülerinnen und Schülern Verwirrung verursachen. Zeigt mir die Abbildung den globalen Ausstoß, der nicht wirklich etwas über den eines Mitteleuropäers oder einer Mitteleuropäerin aussagt, oder zeigt diese Abbildung den Ausstoß eines Industriestaats? Diese und ähnliche Fragen stellen sich, werden aber nicht beantwortet.

#### ***4.4.4.4 Jahrgangsübergreifendes, altersdurchmisches Lernen***

In diesem Schulbuch gibt es keine Möglichkeit, jahrgangsübergreifend zu lernen, da die Inhalte nicht an bereits Gelerntem ansetzen. Natürlich kann man auf dieses Lehrmittel in einer höheren Schulstufe zurückgreifen, um einige Aspekte neu einzubetten.

## **5 Konstruktion der Vermittlungsversuche**

Die hier konzipierten Vermittlungsversuche sind angelehnt an den Stärken der drei analysierten Schulbücher sowie der miteinbezogenen inhaltlichen Korrektur von in den Schulbüchern vorhandenen Fehlern. Blickt man in die vorherigen Kapitel dieser Analyse, trifft man auf zahlreiche didaktisch adaptiv eingebettete Inhalte neben weniger gelungenen Vermittlungsversuchen. In diesem abschließendem Kapitel wird noch einmal versucht, eine Übersicht zu gestalten.

### **5.1 Einleitung in das Thema „Klimawandel“**

Die Überschrift zum einleitenden Thema ist „Das Klima der Erde und der Umgang mit einhergehenden Klimaproblemen“.

Im Vergleich der drei Schulbücher liegt in „bio@school 6“ ein passender einleitender Text auf Seite 173 vor. Dieser beinhaltet die Erwärmung der globalen durchschnittlichen Erdoberflächentemperatur, den Anstieg der Treibhausgaskonzentration und die so wichtige Aussage, dass die Veränderungen wie der Meeresspiegelanstieg oder der Temperaturanstieg auch natürliche Ursachen haben könnten. Weiters werden anfänglich die Maßnahmen gegen die Treibhausgasemission, die der Mensch ausgehend von Klimakonferenzen ergreifen soll und die Konflikte zwischen Staaten angesprochen.

Diese kurze Einführung mit den wichtigsten Punkten des zu bearbeitenden Kapitels setzt durch die Erwähnung der Temperaturerhöhung und des Meeresspiegelanstiegs an Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler an. Die Möglichkeit, dass die Klimaproblematik natürlichen Ursprungs sein könnte, wird in den Raum gestellt.

### **5.2 Der Kohlenstoffkreislauf**

Nach diesem einleitenden Text, der als letzten Punkt die CO<sub>2</sub>-Problematik anspricht, folgt der Kohlenstoffkreislauf, so wie er in „bio@school 6“ auf Seite 173 im Kapitel 2 dargestellt ist. Die Überschrift des Kapitels „Der globale Kohlenstoffkreislauf ist komplex und erst zum Teil erforscht“ gibt die Tatsache wieder, dass ein Teilgebiet der Wissenschaft noch unerforscht ist. Hier bietet sich die Möglichkeit, bei Schülerinnen und Schülern kritisches Denken früh zu wecken. Den Lernenden wird dadurch vor Augen gehalten, dass noch nicht alles erforscht ist.

Betrachtet man die ersten Textzeilen des Kapitels, so erkennt man das Fehlen der Überleitung. Dieses Problem könnte man durch die Verschiebung des Absatzes „Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) in der Luft und im Wasser.....“ und dem darauffolgenden Text an den Beginn lösen. Die genauen Beschreibungen der globalen Kohlenstoffreservoirs können so wie im Schulbuch übernommen werden. Jedoch gehört hier erwähnt, dass in der Atmosphäre CO<sub>2</sub> alles andere als in einer Treibhausgasschicht angeordnet ist. In 2.2.1.1 (Korrektheit) wird gezeigt, dass die Treibhausgasanordnung nicht regelmäßig ist und teilweise stark schwankt. Die Einbettung dieser Klarstellung ist das Um und Auf in Hinsicht auf den kommenden Treibhauseffekt.

Anschließend an den Text folgt die Abb. 1, welche den globalen Kohlenstoffkreislauf zeigt. Pfeile müssen den einzelnen Flüssen des Kohlenstoffkreislaufs zugeordnet werden, um diese Abbildung übersichtlicher zu gestalten. Auf den ersten Blick könnte man meinen, dass diese Abbildung zu detailliert und mit Fakten überhäuft dargestellt ist. Blickt man entlang der einzelnen Kohlenstoffflüsse, welche mit Pfeilen klarer wären, ordnet man in Kombination mit den zugefügten Angaben der Gigatonnen an ausgetauschtem Kohlenstoff automatisch die anthropogenen und natürlichen Übergänge. Allgemein nicht betrachtete Emittenten wie Vulkanausbrüche sowie die Atmung der Pflanzen selbst werden plötzlich in diesem Kohlenstoffkreislauf in den Mittelpunkt gestellt. Dadurch gibt es wieder die Möglichkeit, das Klimathema von einer anderen Seite zu sehen.

### **5.3 Das Klima der Erde**

Nach diesem Kapitel des Kohlenstoffkreislaufs schlage ich vor, den Text unter der Abb. 11 aus dem Schulbuch „Kernbereiche Biologie 6“ der Seite 155 einzubetten. Er beinhaltet gut formulierte Aussagen, die Klarheit schaffen.

„Unter Klima versteht man das durchschnittliche Wetterverhalten für eine bestimmte Region über einen längeren Zeitraum.“ „Das Klima auf der Erde ist immer bestimmten Schwankungen und Änderungen unterlegen, es ist keine Konstante“. „Klimaschwankungen haben zahlreiche natürliche Ursachen (z.B. Veränderungen der Sonnenstrahlung, Vulkanausbrüche mit großen Mengen an Staub, Veränderung der Meeres- und Luftströmungen), [...]“ (Koch & Koch 2016, S.155).

Dies sind drei sehr allgemein verständliche Aussagen, die auf Aspekte und Sichtweisen der Wissenschaft hinleiten, die eigentlich in Schulbüchern nicht vorkommen, für eine Ausbildung der Handlungskompetenz und der freien Meinungsbildung aber relevant sind. Abschließend wird in der letzten Zeile dieses Textes der anthropogene Einfluss auf das Klima angesprochen und mit der Frage „Aber warum?“ abgeschlossen. Diese Frage wird in diesem Vermittlungsversuch erst nach den hier folgenden rückblickenden CO<sub>2</sub>- und Temperaturverläufen gestellt.

Diagramme der Abb. 17, welche die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Atmosphäre und den Temperaturverlauf auf der Erde zeigen, werden ohne Übergang angeführt. Ohne einen Text hinzuzufügen, wird neben den Diagrammen eine Aufgabenbox mit folgender Aufgabenstellung positioniert:

„Sie sehen in den nebenstehenden Klimadiagrammen Verläufe der CO<sub>2</sub>-Konzentration der Atmosphäre und der globalen Temperaturen der Erde. Recherchieren Sie welche Ursachen die Temperaturschwankungen der letzten 400 000 Jahre sind und ob es einen Zusammenhang zwischen dem Temperaturverlauf und dem der CO<sub>2</sub>-Konzentration gibt.“

Hier werden die Schülerinnen und Schüler auf die Variation der Erdbahnparameter und der damit folgenden Eiszeitzyklen treffen. Außerdem kommen bei der Literaturrecherche die Variabilität und Sonnenaktivität sowie Vulkanausbrüche und Meteoriteneinschläge vor. Auch die Tatsache der nicht korrelierenden CO<sub>2</sub>-Konzentration mit dem Temperaturverlauf wird als Nebenprodukt der Literaturrecherche gefunden. Wieder wird die klare Linie der Sicht der natürlichen Einflüsse weiter gezogen. Der Mensch kommt erst mit der rückgreifenden Frage auf das „Aber warum?“ ins Spiel. Hierzu muss zudem der natürliche Treibhauseffekt thematisiert werden.

#### **5.4 Der natürliche Treibhauseffekt ermöglicht das Leben auf der Erde**

Das gleich benannte Kapitel 3 der Seite 174 aus „bio@school 6“ wird hier herangezogen. Die Abb. 2 soll mit den darüberliegenden Sätzen und Satzteilen beschriftet werden. Natürlich muss der Text aufgrund kleiner, aber entscheidender Fehler, welche in 2.2.1.1 (Korrektheit) angesprochen wurden, adaptiert werden. Begriffe wie Reflexion, Emission und Absorption müssen korrekt verwendet werden. Auch die Abb. 2 ist erst fachlich korrekt, wenn die Treib-

haugasschicht ausgetauscht wird durch Treibhausgasmoleküle, die recht willkürlich angeordnet sind. Diese Anordnung ist zum Beispiel in Abb. 42 zu sehen.

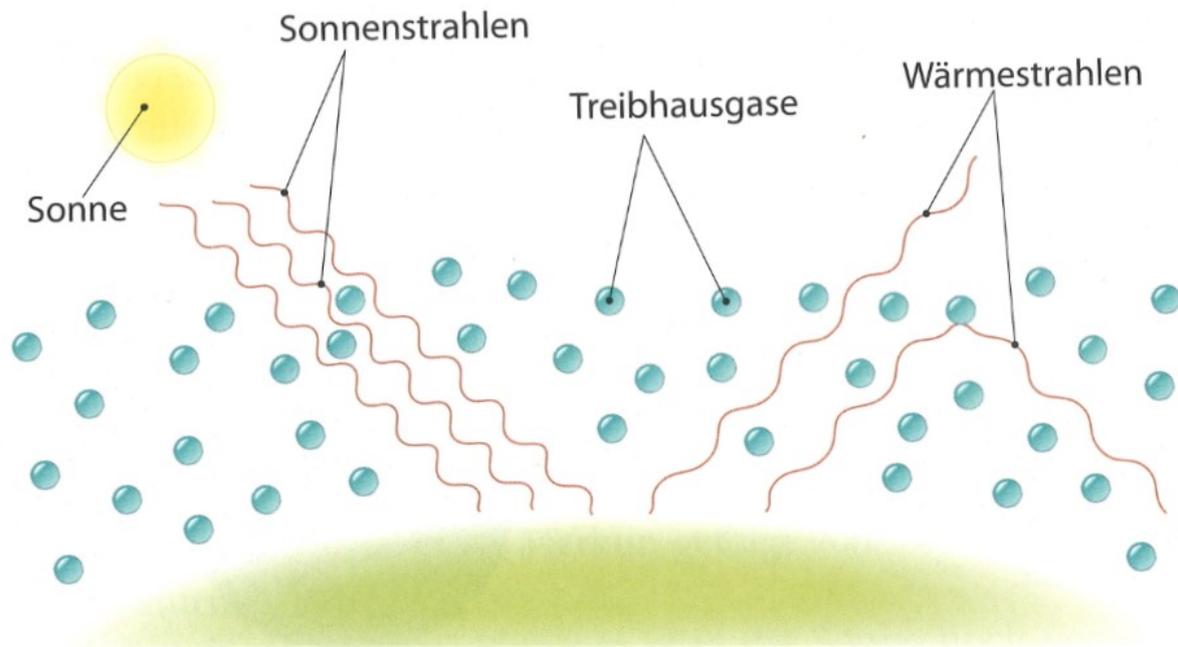


Abb. 42: Fachlich korrekte Darstellung der Treibhausgase in der Atmosphäre (Biegel 2012, S.6, verändert von Franz Eisenecker)

Fügt man eine Zusatzinformation ein, dass die Kugeln vereinfacht Treibhausgasmoleküle darstellen, und verteilt diese ordentlich über die gesamte Atmosphäre, so bringt man die wissenschaftliche Korrektheit in schülergerechter Form in das Schulbuch. Diese Adaption anhand der Abb. 2 wäre eine erste fachlich korrekte Darstellung des Treibhauseffekts in einem österreichischen Biologie-Schulbuch der 6. Klasse.

Die Aufgabenstellung wird am Seitenrand auf Höhe der Abb. 2 eingefügt und lautet: „Lesen Sie den nebenstehenden Text und tragen sie die Ziffern 1-6 in der Abb. 2 ein.“

Nach dieser Übung wird die schon mehrmals angedeutete Frage „Aber warum?“ beantwortet. Der letzte Satz des Textes über der Abb. 2 weist schon darauf hin, dass neben dem natürlichen Treibhauseffekt die menschlichen Aktivitäten Treibhausgase ausstoßen und den Treibhauseffekt somit fördern.

## 5.5 Der Mensch fördert den Treibhauseffekt

An dieser Stelle wird die in meiner Schulbuchanalyse für gut befundene Abb. 13 („Kernbereiche Biologie 6“) mit dem darüberstehenden allgemein formulierten Text eingebettet. Er be-

inhaltet die derzeit rasch zu beobachtende Erwärmung der Atmosphäre, außerdem wird angesprochen, dass wissenschaftliche Forschungsergebnisse zurzeit die Meinung untermauern, dass der Mensch für diese Erwärmung zum Teil verantwortlich ist. Neben dem CO<sub>2</sub> werden weitere Treibhausgase wie Methan oder Lachgas angesprochen. Dieses Kapitel soll nur ein Überblickendes sein, und es wird an dieser Stelle schon in das nächste übergeführt. Es verlangt keinen überleitenden Satz, da sich die Schülerinnen und Schüler gerade mit der raschen Erwärmung auseinandergesetzt haben.

## **5.6 Die Folgen der Erwärmung betreffen Lebewesen**

Es folgt Abb. 20 mit dem darüberstehenden Text der Seite 157 „Kernbereiche Biologie 6“. Weggelassen wird im Text jedoch der nicht akzeptable Vergleich der Eisschilde der Arktis zwischen März 1979 und September 2003. Zusätzlich muss der Vergleich des Schmelzens einer Eisfläche von der Größe Schottlands richtiggestellt werden. Die Arktis hat in den letzten 40 Jahren durchschnittlich 40 000km<sup>2</sup> pro Jahr verloren und nicht 78 772 km<sup>2</sup> (Landesfläche von Schottland).

An dieser Stelle wird folgende Aufgabenstellung angeführt:

„Betrachten Sie die Abb. 20. Erklären Sie zwischen welchen Bereichen Wasser zirkuliert und in welchem Aggregatzustand es sich dabei befindet. Stellen Sie dies in einer einfachen Skizze dar. Welche möglichen Folgen hat der Meeresspiegelanstieg? Listen Sie im Anschluss Länder auf, die von den Folgen des Meeresspiegelanstiegs besonders betroffen sind.“

Diese Aufgabenstellung ist angelehnt an die in 3.4.4.3 (Unterrichtsformen- und methoden) beschriebenen Möglichkeiten.

Anschließend an diese Aufgabe wird der Text auf Seite 158 in „Kernbereiche Biologie 6“ fortgesetzt.

Neben der Warnung von Wissenschaftlern, die behaupten, dass der Zusammenbruch des Golfstroms das Klima verändern würde, beinhaltet er die Anpassungen an die jeweiligen klimatischen Bedingungen für Lebewesen in ihrem Lebensraum, sowie die schwer absehbaren Folgen durch den raschen Klimawandel. Probleme der Menschen als auch der Tiere werden hier erwähnt. Angeknüpft an den Text wird die Aufgabenstellung der Wespenspinne von Seite 158 aus „Kernbereiche Biologie 6“ eingebettet. Wie bereits in 4.4.4.3 (Unterrichtsfor-

men- und methoden) erwähnt, bietet diese Aufgabe die Möglichkeit, die Tierwelt in das Klimaproblem miteinzubeziehen. An diesem Beispiel wird gezeigt, dass es Lebewesen gibt, die von der Klimaerwärmung profitieren.

## 5.7 Welche globalen Maßnahmen gegen Klimaprobleme gibt es?

In diesem Kapitel wird versucht, anhand ausgewählter Maßnahmen der Seite 175 aus „bio@school 6“, den Ist-Stand der gegenwärtigen Klimapolitik zu zeigen. Da die Auswahl an Maßnahmen in „bio@school 6“ zu breit gefächert ist, werden hier nur die entscheidenden Maßnahmen aufgelistet. Die restlichen Maßnahmen werden in einer explizit formulierten Aufgabenstellung gesammelt.

Aussagen zu den Maßnahmen wie erneuerbare Energieträger, Klimakonferenzen, Doppelstrategie der Walderhaltung mit der gleichzeitigen Reduktion der Treibhausgase und Verbesserung der Energieeffizienz stehen hier im Mittelpunkt und werden aus „bio@school 6“ übernommen.

Die Aufgabenstellung dazu wird am Seitenrand in einer Box eingebettet.

„Sammeln Sie weitere Maßnahmen gegen Klimaprobleme in der Gruppe. Recherchieren Sie dazu im Internet. Nach dieser Zusammenfassung erstellen Sie in der Gruppe eine Übersicht, in der Sie die gesammelten Maßnahmen je nachdem ordnen, wie sehr sie diese selbst beeinflussen können oder eben nicht“

Das Ergebnis aus dieser recht aufwändigen Übung wird in visueller Form zeigen, dass man bei diesen Maßnahmen eigentlich nur durch die Stimmabgabe bei einer Wahl oder durch die Einschränkung der individuellen menschlichen Bedürfnisse mitwirken kann.

Anschließend an diese Aufgabe des letzten Kapitels wird ohne weitere Überleitung die Frage gestellt „Was kann jede/jeder Einzelne tun?“ und mit der Abb. 25 aus „Kernbereiche Biologie 6“ untermauert. Vor der Abb. 25 wird geschrieben: „Bevor Sie sich der letzten Übung dieses Themas widmen, schreiben Sie in die noch leerstehende Box am Seitenrand Ihre Definition des Begriffs „Nachhaltigkeit“.“

Diese kleine Klärung am Rande bietet eine Möglichkeit, noch einmal für sich selbst zu definieren, wofür „Nachhaltigkeit“ eigentlich steht. Liest man nach dieser Übung am Rande die

Sprechblasen des Mädchens aus Abb. 25, so trifft man wahrscheinlich auf Gedanken, die man selbst gerade bei der Formulierung der Nachhaltigkeit gehabt hat. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, noch weitere Ideen in leere Sprechblasen einzufügen, wie man selbst gegen Klimaprobleme vorgehen kann.

Die freie Meinungsbildung und der Ansatz kognitiven, emotional handelnden Lernens werden mit dieser Aufgabe in die Endphase gebracht. Die Aufgabe ist die letzte des Themas „Klimawandel“ in diesem Vermittlungsversuch.

## 6 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Der globale Kohlenstoffkreislauf (Schermaier et. al. 2015, S.173) .....	22
Abb. 2: Der natürliche Treibhauseffekt (Schermaier et. al. 2015, S.174) .....	25
Abb. 3: Änderung der Zusammensetzung der Atmosphäre (Klose 2015, S.19 nach COSPAR 1972).....	26
Abb. 4: Der Strahlungshaushalt der globalen Atmosphäre (Raith et. al. 2001, S.349 nach Schneider 1989, Peixoto & Oort 1984) .....	27
Abb. 5: Klimakonferenz unter Wasser am 17. Oktober 2009 auf den Malediven (Schermaier 2015, S.175).....	31
Abb. 6: Übersicht der im Schulbuch verwendeten Symbole (Schermaier et. al 2015, S.5) ....	48
Abb. 7: Glossar (Schermaier et. al 2015, S.175) .....	48
Abb. 8: Überschrift des 2. Kapitels (Schermaier et. al 2015, S.173) .....	49
Abb. 9: BIO-CHECK-BOX zum Treibhauseffekt (Schermaier et. al 2015, S.174).....	50
Abb. 10: KURZ & KNAPP zum Klima und Kohlenstoffdioxid (Schermaier et. al 2015, S.175) .	50
Abb. 11: Das Klima der Erde (Koch & Koch 2016, S.155) .....	58
Abb. 12: Der natürliche Treibhauseffekt (Koch & Koch 2016, S.156) .....	61
Abb. 13: Beispiele anthropogener Treibhausgase (Koch & Koch 2016, S.156) .....	63
Abb. 14: CO <sub>2</sub> -Konzentration seit Beginn der Zeitrechnung (Klose 2015, S.46).....	66
Abb. 15: CO <sub>2</sub> -Konzentration seit 1750 (Lesch 1990, S.5) .....	66
Abb. 16: globale gemittelte Temperaturverlauf im Jahresmittel (Roedel & Wagner 2011, S.534).....	68
Abb. 17: Klimadiagramme der CO <sub>2</sub> -Konzentration und der Temperaturabweichungen (Koch & Koch 2016, S.157).....	69
Abb. 18: Temperaturprognosen für 2100 (Roedel & Wagner 2011, S.572) .....	70
Abb. 19: CO <sub>2</sub> - und Methankonzentration sowie Temperaturverlauf der letzten 450 000 Jahre (Max-Planck-Gesellschaft 2006 nach Hansen 2005) .....	71
Abb. 20: Einflüsse auf den Anstieg des Meeresspiegels (Koch & Koch 2016, S.157) .....	72
Abb. 21: „Rückgang des arktischen Eisschildes“ (Koch & Koch 2016, S.157) .....	73
Abb. 22: Meereis-Ausdehnung 2018 (Meereisportal.de 2018) .....	74
Abb. 23: Mittlere Meereisausdehnung der Arktis von 1979-2015 (Meereisportal.de 2018)..	75
Abb. 24: CO <sub>2</sub> -Emission weltweit (Koch & Koch 2016, S. 158) .....	81

Abb. 25: Klimaschutz – Was kann jede/jeder tun? (Koch & Koch 2016, S.159) .....	83
Abb. 26: themenspezifische Aufgabenstellung (Koch & Koch 2016, S.155) .....	85
Abb. 27: themenspezifische symbolische Zeichnung (Koch & Koch 2016, S.155).....	88
Abb. 28: Erklärung der Symbole (Koch & Koch 2016, S.2) .....	89
Abb. 29: Aufbau der Atmosphäre (Deutsch et. al. 2010, S.135) .....	100
Abb. 30: Temperatur und Druck in Abhängigkeit der Höhe der Atmosphäre (Bahlburg & Breitkreuz 2017, S.17) .....	101
Abb. 31: Chemische Reaktion bei der Entstehung von Ozon (Deutsch et. al. 2010, S.135) ..	102
Abb. 32: Abnahme der Ozonmenge in der Atmosphäre (Deutsch et. al. 2010, S.135) .....	104
Abb. 33: Mittlere Ozonschichtdicke über der Antarktis seit 1955 (New South Wales State of the Environment 2006) .....	104
Abb. 34: Paul Crutzen ((Deutsch et. al. 2010, S.136) .....	105
Abb. 35: Der natürliche Treibhauseffekt (Deutsch et. al. 2010, S.136) .....	107
Abb. 36: Menschliche Aktivitäten, die Treibhausgase freisetzen (Deutsch et. al. 2010, S.137) .....	110
Abb. 37: Legende zur Beschreibung der Symbole (Deutsch et. al. 2010, S.3) .....	114
Abb. 38: Eingehende Fragestellungen (Deutsch et. al. 2010, S.111) .....	115
Abb. 39: Zusammenfassende Box (Deutsch et. al. 2010, S.137).....	117
Abb. 40: Aufgabenstellung 1 (Deutsch et. al. 2010, S.136).....	118
Abb. 41: Aufgabenstellung 2 (Deutsch et. al. 2010, S.137).....	119
Abb. 42: Fachlich korrekte Darstellung der Treibhausgase in der Atmosphäre (Biegel 2012, S.6, verändert von Franz Eisenecker) .....	125

## 7 Literaturverzeichnis

Arens, M., Eichenhammer, W. (2013): Eisen- und Stahlindustrie. In: Fleitner, T. (Hrsg.), Schlomann, B. und Eichenhammer, W.: Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen industrieller Prozesstechnologien – Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag.

Bahlburg, H., Breitzkreuz, Ch. (2017): Grundlagen der Geologie. Berlin: Springer-Verlag.

Bauer, M. (Hrsg.), Freedon, W., Jacobi, H. und Neu, T. (2014): Handbuch Tiefe Geothermie – Prospektion, Exploration, Realisierung, Nutzung. Berlin: Springer-Verlag.

BBC (2012): Scotland profile.

[http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/country\\_profiles/7219799.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/country_profiles/7219799.stm) [9.3.2018]

Biegel, C. E. (2012): Begegnung mit der Natur 3. Wien: Österreichischer Bundesverlag.

Bildungsministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2017): Lehrpläne der AHS-Oberstufe. [https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp\\_ahs\\_oberstufe.html](https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_ahs_oberstufe.html) [8.9.2017]

Bolte, A., Wellbrock, N., Dunger, K. (2011): Welche Maßnahmen sind umsetzbar?. AFZ/WALD. 2. S. 27-29.

Brake, Chr. (2010): Energieeffizientes Bauen – Rahmenbedingungen und Netzwerkeffekte. In: Kramer, M. (Hrsg.): Integratives Umweltmanagement – Systemorientierte Zusammenhänge zwischen Politik, Recht, Management und Technik. Wiesbaden: Gabler. S. 647-674.

Buddmann, H., Di Nucci, M. R., Losada, A. M. I., Köhnke, D. und Reichardt, M. (2017): Auf dem Weg in die Endlagerung – Die Notwendigkeit der langfristigen Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle. GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society. 26. 2. S. 110-113.

Bundesverband der Gipsindustrie e.V. (2006): Tierwelten in Gipssteinbrüchen.

Church, J. A., White, N. J. (2011): Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. Surveys in Geophysics. 32. 4-5. S. 585-602.

COSPAR (1972): COSPAR International Reference Atmosphere (CIRA). Berlin: Akademie-Verlag.

Deutsch, W., Jäger, A., Maitz, E., Emmerer, B., Franz, C., Hirschmann, C., Kalcher-Sommersguter, E., Raggautz, E. und Barta, V. (2010): klar Biologie 6. Wien: Jugend & Volk.

Dittert, K., Mühling, K. H. (2009): Emission klimarelevanter Spurengase in der intensiven Pflanzenproduktion. In: Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. 4. 2. S. 207-211.

Ditzel, P. C., Tilly, J. (2011): Zum Hintergrund: Kyoto. In: Müller, M. M. (Hrsg). Casebook internationale Politik. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 133-137.

Dröge, S. (2007): Die EU-Klimastrategie – Bausteine für internationale Klimapolitik nach 2012. SWP-Aktuell. 12. S. 1-8.

Dröge, S. (2012): Die Klimaverhandlungen in Durban. Erfolgreiche Diplomatie, aber kein Fortschritt für den Klimaschutz. SWP Aktuell. 3. S. 1-4.

Dröge, S., Stiftung Wissenschaft und Politik (Hrsg.) (2015): Das Pariser Abkommen 2015 – Weichenstellung für das Klimaregime. Berlin: SWP-Studie.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U. und Komorek, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 3. 3. S. 3-18.

Ehrenfeld, W. (2011): Kommentar: Internationale Klimapolitik – Warten auf Durban. Wirtschaft im Wandel. 17. 1. S. 5.

Ell, R., Luhmann, H. J. (1998): Die Organisation der Früherkennung von Umweltproblemen im Rahmen der wissenschaftlichen Beratung der Umweltpolitik. Umweltpolitik: Wissenschaftliche Beratung. 10. 5. S. 306-311.

European Commission (2009): Umwelt – Europäische Union begrüßt die weltweite Ratifizierung des Montrealer Protokolls über den Schutz der Ozonschicht.  
[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-09-1328\\_de.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-09-1328_de.htm) [2.5.2018]

Feldman, D. R, Collins, W. D., Gero, P. J., Torn, M. S., Mlawer, E. J. und Shippert, T. R. (2015): Observational determination of surface radiative forcing by CO<sub>2</sub> from 2000 to 2010. Nature. 519. 7634. S. 339.

Flachowsky, G., Brade, W. (2007): Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emission bei Wiederkäuern. Züchtungskunde. 79. 6. S. 417-465.

Förstner, U. (2012): Umweltschutztechnik. Berlin: Springer-Verlag.

Fricke, J. (1989): FCKW – Verwendung, Schadenwirkung, Ersatzmöglichkeiten. Physik in unserer Zeit. 20. 3. S. 65-79.

Fritsche, P. F. (1992): Schulbücher auf dem Prüfstand – Perspektiven der Schulbuchforschung und Schulbuchbeurteilung in Europa. Frankfurt am Main: Verlag Moritz Diesterweg.

Fritsche, W. (2008): Überlastetes Ökosystem Erde – Wie der Mensch über seine Verhältnisse lebt. Biologie in unserer Zeit. 38. 6. S. 390-399.

Grotzinger, J., Jordan, T. (2017): Press/Siever – Allgemeine Geologie. Berlin: Springer-Verlag.

Gründinger, W. (2012): Lobbyismus im Klimaschutz – Die nationale Ausgestaltung des europäischen Emissionshandels. Wiesbaden: Springer Verlag für Sozialwissenschaften.

Häckel, H. (2012): Meteorologie. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

Hansen, J. E. (2005): A slippery slope: How much global warming constitutes “dangerous anthropogenic interference“?. Climatic Change. 68. 3. S. 269-279.

Hauck, T. E., Weisser, W. W. (2015): AAD Animalia-Aided Design. Freising.

Henke, J. M., Klepper, G., Netzel, J. (2002): Steuerbefreiung für Biokraftstoffe – Ist Bio-Ethanol wirklich eine klimapolitische Option?. Kiel Working Paper. No. 1136.

Herndl, G. J. (1996): Ultraviolette-Strahlung und Bakterienplankton. Biologie in unserer Zeit. 26. 4. S. 234-239.

Hilberg, S. (2015): Umweltgeologie – Eine Einführung in Grundlagen und Praxis. Salzburg: Springer.

Holgate, S. J. (2007): On the decadal rates of sea level change during the twentieth century. Geophysical Research Letters. 34. 1.

Holzinger, K., Knill, Chr. (2003): Marktorientierte Umweltpolitik – ökonomischer Anspruch und politische Wirklichkeit. In: Zintl, R. (Hrsg.), Czada, R.: Politik und Markt. Sonderheft 34. S.232-299. Wiesbaden: Springer-Verlag.

Hopp, V. (2016): Wasser und Energie – Ihre zukünftigen Krisen?. Berlin: Springer.

Interkantonale Lehrmittelzentrale ilz (2015): LEVANTO 2.0 – Fachbereichsübergreifende Beurteilungskriterien. <https://www.ilz.ch/cms/index.php/component/jdownloads/send/5-diverses/188-beurteilungskriterien-levanto> [17.5.2018]

Jörgens, H. (2017): Der Ausstieg der USA aus dem Pariser Klimavertrag und die Grenze der ökologischen Modernisierung. Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht. 3. S. 177-179.

Kappas, M. (2009): Klimatologie – Klimaforschung im 21. Jahrhundert - Herausforderung für Natur- und Sozialwissenschaften. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.

Klose, B. (2015): Meteorologie – Eine interdisziplinäre Einführung in die Physik der Atmosphäre. Berlin: Springer Spektrum.

Koch, B., Koch, E. M. (2016): Kernbereiche Biologie 6. Wien: E. DORNER.

Koehler, W. (2013): Lexikon zur Kernenergie. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.

Koubek, R. (2012): Systembetrachtung CO<sub>2</sub>-Reduktion. e&i Elektrotechnik und Informationstechnik. 129. 5. S. 367-373.

LANUV.,(2017): Treibhausgas-Emissionsinventar - Nordrhein-Westfalen 2015. LANUV-Fachbericht 79. S. 11.

Lederer, M. (2010): Klimapolitik zwischen Kyoto und Cancun. Zeitschrift für Internationale Politik. 73. S. 23-32.

Lesch, K. H. (1990): Treibhauseffekt – Ursachen, Konsequenzen, Strategien. Umweltbundesamt.

Liebrecht, G. (2011): Meereschemie und globaler Klimawandel. In: Reise, K. (Hrsg.), Lozán, J. L., Grassl, H. und Karbe, L.: Warnsignal Klima: Die Meere - Änderungen & Risiken. Hamburg: Verlag Wissenschaftliche Auswertungen. S. 32-36.

Lippelt, J., Mayer, L. (2017): Kurz zum Klima: Nach Paris - wie geht es weiter? – Weltweite Umsetzung des Abkommens. In: ifo Schnelldienst. 70. Nr. 18. S. 42-45. München: ifo Institut.

Löschel, A., Moslener, U. (2008): Handel mit Emissionsrechten und Herkunftsnachweisen in Europa – Das „Klima- und Energiepaket“. Zeitschrift für Energiewirtschaft. 32. 4. S. 248-253.

Lübbert, D. (2007): CO<sub>2</sub>-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich. Deutscher Bundestag.

Max-Planck-Gesellschaft (2006): Partnerschaft „Erdsystemforschung“ – ein neuer Ansatz in den Wissenschaften von der Erde. <https://www.mpg.de/380496/forschungsSchwerpunkt> [20.3.2018]

Meereisportal.de (2018): Aktuelle Meereskarten der Arktis und Antarktis. <http://www.meereisportal.de/> [7.3.2018]

Meyer, L. A. (Hrsg.), Pachauri, R. K. (2016): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn.

Meyers, P. (1976): Methoden zur Analyse historisch-politischer Schulbücher. In: Schallenberg, E. H. (Hrsg.): Studien zur Methodenproblematik wissenschaftlicher Schulbucharbeit. Kastellaun.

Midgley, P. M. (Hrsg.), Allen, S. K., Bex, V., Boschung, J., Nauels, A., Plattner, G.-K., Qin, D., Stocker, T. F., Tignor, M. und Xia, Y. (2014): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderungen 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachbestandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern.

Minx, J. C. (Hrsg.), Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schloemer, S., von Stechow, C. und Zwickel, T. (2015): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2014: Minderung des Klimawandels. Beitrag der Arbeits-

gruppe III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern.

National Research Council (U.S.) (2012): Sea-Level Rise for the Coasts of California, Oregon, and Washington – Past, Present, and Future. The National Academies Press.

New South Wales State of the Environment (2006): Stratospheric ozone depletion. [http://www.epa.nsw.gov.au/soe/soe2006/chapter3/chp\\_3.2.htm](http://www.epa.nsw.gov.au/soe/soe2006/chapter3/chp_3.2.htm) [9.3.2018]

Niemann, S. (1997): Lokale Agenda 21. Standort. Zeitschrift für Angewandte Geographie. 21. S. 31-37. Berlin: Springer.

Nobelprize.org (2014): The Nobel Prize in Chemistry 1995. [https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1995/](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1995/) [8.5.2018]

Olechowski, R. (1995): Schulbuchforschung. Frankfurt am Main: Verlag Peter Lang.

Ortlieb, C. P., Dresky, C. V., Gasser, I., Günzel, S. (2013): Mathematische Modellierung. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Pehnt, M., Schneider, J. (2010): Kraft-Wärme-Kopplung. In: PEHNT, M. (Hrsg.): Energieeffizienz. Berlin: Springer-Verlag.

Peixoto, J. P., Oort, A. H. (1984): Physics of Climate. Rev. Modern Phys. 56. S. 365-429.

Raith, W. (Hrsg.), Bauer, S. J., Gutdeutsch, R., Hantel, M., Reuter, H., Rucker, H. O., Siedler, G., Sphon, T., Steinacker, R. und Zenk, W. (2001): Bergmann/Schäfer – Lehrbuch der Experimentalphysik - Erde und Planeten. New York: De Gruyter.

Reichel, M., Czambor, F. (2010): Erneuerbare Energien im Überblick. In: Kramer, M. (Hrsg.): Integratives Umweltmanagement – Systemorientierte Zusammenhänge zwischen Politik, Recht, Management und Technik. Wiesbaden: Gabler. S. 529-532.

Roedel, W., Wagner, T. (2011): Physik unserer Umwelt – Die Atmosphäre. Berlin: Springer-Verlag.

Rüdenauer, I. (2006): Kühl- und Gefriergeräte als EcoTopTen-Produkte – Produkt und Nachhaltigkeitsanalyse (PROSA) von Kühl- und Gefriergeräten und Ableitung von Kriterien für die EcoTopTen-Verbraucherinformationskampagne. Freiburg: Öko-Institut eV.

Schaumann, K. W. (Hrsg.), Schmitz, K. (2010): Kraft-Wärme-Kopplung. Berlin: Springer-Verlag.

Schermaier, A., Weisl, H., Hirschenhauser, K. (2015): bio@school 6. Linz: VERITAS-VERLAG.

Schneider, S. (1989): Global Warming. San Francisco: Sierra Club-Books.

Schwippert, K. (Hrsg.), Doll, J., Frank, K., Fickermann, D. (2012): Schulbücher im Fokus – Nutzungen, Wirkungen und Evaluation. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann Verlag.

scinexx.de (2016): <http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-20668-2016-09-28.html> [5.3.2018]

Ströbele, W. (2005): Klimapolitik – Kyoto-Protokoll und Emissionshandel für CO<sub>2</sub>-Zertifikate in der EU. In: Arnold, L. (Hrsg.), Corneo, C., Grimm, V., Horn, K., Schneider, F. und Wagner, F.: Perspektiven der Wirtschaftspolitik. Band 6. Heft 3. S. 325-346. Berlin, Boston: De Gruyter.

Tevini, M. (1996): Erhöhte UV-B-Strahlung – Ein Risiko für Nutzpflanzen?. Biologie in unserer Zeit. 26. 4. S. 245-254.

Umweltbundesamt (2009): Klimaschutzbericht 2009.

[www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0226.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0226.pdf) [16.3.2018]

UNEP Ozone Secretariat (2009): Handbook for the Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer.

UNEP Ozone Secretariat (2014): Status of Ratification, Accession, or Approval of the agreements on the protection of the stratospheric ozone layer as provided by the Depository, the United Nations Office of Legal Affairs, New York.

[http://ozone.unep.org/sites/ozone/modules/unep/ozone\\_treaties/inc/datasheet.php](http://ozone.unep.org/sites/ozone/modules/unep/ozone_treaties/inc/datasheet.php) [12.5.2018]

United Nations (1998): Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php) [10.11.2017]

U.S. Department of State (2017): Communication Regarding Intent To Withdraw From Paris Agreement. <https://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2017/08/273050.htm> [2.12.2017]

Voigt, C., Marushchak, M.E., Lamprecht, R.E., Jackowicz-Korczynski, M., Lindgren, A., Mastepanov, M., Granlund, L., Christensen, T. R., Tahvanainen, T., Martikainen, P. J. and Biasi, C. (2017): Increased nitrous oxide emissions from Arctic peatlands after permafrost thaw. PNAS. 114 (24).

Wagner, H. J. (1999): Emissionsverhinderung durch Windenergienutzung unter Kosten-Nutzen-Erwägung – die Sichtweise eines Ingenieurs. GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society. 8. 2. S. 122-125.

Welsch, N., Liebmann, C. Chr., Schwab, J. (2017): Erde und Leben – Die Geschichte einer in- nigen Wechselbeziehung. Berlin: Springer.

White, L.L. (Hrsg.), Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S. und Mastrandrea, P. R. (2015): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2014: Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit. Beitrag der Arbeitsgruppe II zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses

für Klimaänderungen (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA , pp . 1–32 . Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern.

Wolling, J., Artl, D. (2014): Ein Erdbeben und seine (politischen) Folgen. In: Wolling, J., Artl, D.: Fukushima und die Folgen – Medienberichterstattung, Öffentliche Meinung, Politische Konsequenzen. Ilmenau: Universitäts-Verlag. S. 9-27.

WWF (2015): Das Klima – Abkommen von Paris - WWF-Bewertung und Forderungen an die Klima- und Energiepolitik. Deutschland: Positionspapier.

Zemp, M., Haeberli, W., Hoelzle, M., Maisch, M. (2007): Europäische Alpen bald ohne Gletscher?. In: Altner, G., Leitschuh, H., Michelsen, G., Simonis, U. E. und Weizäcker, E. U.: Jahrbuch Ökologie. München: Beck, S. 68-82.

Ziesing, H. J. (2006): Trotz Klimaschutzabkommen – weltweit steigende CO<sub>2</sub>-Emissionen. DIW Wochenbericht. 73. 35. S. 485-499.

Zwingmann, K. (2007): Ökonomische Analyse der EU-Emissionshandelsrichtlinie – Bedeutung und Funktionsweise der Primärallokation von Zertifikaten. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

## 8 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der thematisch inhaltlichen Analyse sowie der Analyse des formal gestalterischen Bereichs von drei Schulbüchern der 6.Klasse AHS. Darauf folgt jeweils eine Analyse aus didaktisch pädagogischer Sicht. Aus den Ergebnissen der durchgeführten Analysen wird abschließend ein Verbesserungsvorschlag konstruiert, der deutlich an den Stärken der einzelnen Schulbüchern angelehnt ist. Im Großen und Ganzen haben die Schulbücher ähnliche Fehler in der Darstellung des Treibhauseffekts. Neben der in der Realität nicht vorhandenen „Treibhausgasschicht“, welche fälschlicherweise in jeder Abbildung zum Treibhauseffekt beinhaltet ist, wird diese mit teilweise falschen Werten der Energieflüsse beschriftet. Der Glashauseffekt wird als Vergleich zum Treibhauseffekt eingebettet, mit dem Hintergedanken, dass jeder Mensch schon einmal Glashauseffekt mit Erwärmung in Verbindung gebracht hat. Physikalisch betrachtet ist dieser Vergleich nicht zulässig, da das Glashausdach eine mechanische Blockade darstellt, die es in der Atmosphäre nicht gibt. Abgesehen von diesen fachlichen Fehlern wird in jedem Schulbuch genau ein Unterkapitel übertrieben umfangreich behandelt, seien es die Auflistung unendlich erscheinender Maßnahmen gegen den Klimawandel, die zu große Zahl an Fakten über Klimaabkommen oder ein detailliertes Frage-Antwortspiel über das Ozon. Diese inhaltlichen Mengen an Informationen vergeben enormes Potenzial, sich mit den essenziellen uns Lebewesen direkt betreffenden Auswirkungen des Klimawandels zu beschäftigen und Lösungsvorschläge sowie Anpassungsstrategien erarbeiten zu können. Die Schuld am Klimawandel wird fast ausschließlich den Menschen zugewiesen, obwohl die Wissenschaft hier noch vor einem großen Fragezeichen steht. Die Schulbücher leiten, außer in einem Ausnahmefall, die Meinungsbildung der Schülerinnen und Schüler in eine Richtung, in der man die Menschen als alleinige Verursacher sieht. Die Schulbücher sollen ermöglichen sich eine eigene Meinung zu dem gegenwärtig relevanten Klimathema, welches in einer 6.Klasse der AHS im Biologieunterricht bearbeitet wird, zu bilden. Dies wird im Verbesserungsvorschlag berücksichtigt. Alles in Allem wurde der endgültige Verbesserungsvorschlag so konzipiert, dass er weg von punktuellen übergroßen Informationsmengen geht, die Vermittlung der Hintergründe des Treibhauseffekts und der Maßnahmen gegen den Klimawandel beinhaltet und letztendlich auch die natürlichen Einflüsse auf das Klima präsentiert. Der konstruierte Vermittlungsversuch wäre nun tauglich für Praxistests in der 6.AHS im Biologieunterricht.