



DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Aspekte des Klimawandels im praktischen
Schulunterricht“

Verfasserin

Bernadette Brenner-Schliegel

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt.
Studienblatt:

A 190 333 445

Studienrichtung lt.
Studienblatt:

Lehramtsstudium UF Deutsch UF Biologie und
Umweltkunde

Betreuerin / Betreuer:

Ao. Univ.-Prof. i.R. Dr. Roland Albert

„Ohne Leidenschaft gibt es keine Genialität.“

Theodor Mommsen¹

In allererster Linie möchte ich meinem Betreuer, Herrn Ao. Univ.-Prof. i. R. Dr. Roland Albert, danken, der mich immer wieder motivierte und mir auf meinem Weg zum Universitätsabschluss stets zur Seite stand und unterstützend mitwirkte. Ihm habe ich auch zu verdanken, dass ich mich mit gewissen Bereichen der Biologie, denen ich sonst nicht so große Aufmerksamkeit geschenkt hätte, auseinandergesetzt und diese zu schätzen gelernt habe. Ergebene Dankbarkeit gebührt meiner Freundin Isabelle van de Merwe-Lohn, die mit mir das Studium absolvierte, mir schwierige Zeiten erleichterte und mit der eine geniale Zusammenarbeit und Ergänzung möglich war. Eine Muse hätte kein besseres Werk vollbringen können.

Das Trio wäre ohne Harald Beier nicht vollständig. Er trug zur Aufmunterung und Motivation bei. Ein großer Dank für die Unterstützung.

An dieser Stelle sei auch Dank an meine Eltern gerichtet, die mich stets unterstützt und nie den Glauben an mich verloren haben.

¹ <http://de.wikiquote.org/wiki/Genialit%C3%A4t>

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung	5
II. Begriffsdefinitionen	8
II.1 Treibhausgase	8
II.2 Proxydaten	8
II.3 Klima	8
II.4 Vektor	9
II.5 Endemie	9
II.6 Epidemie	9
II.7 Pandemie	9
II.8 Reservoirkrankheit	9
II.9 Milanković-Zyklen	9
III. Paläogeologie	9
III.1 Die Klimaentwicklung im Tertiär	11
III.2 Das Quartär	15
IV. Der Mensch und das Klima	20
IV.1 Die Expansion der Hominiden	21
IV.2 Die Mayas	23
IV.3 Die Kleine Eiszeit	28
V. Methoden zur Messung und Rekonstruktion von Klimadaten	38
V.1 Instrumente zur Datenaufzeichnung	38
V.2 Baro- und Thermometer	39
V.3 Dendrochronologie	41
V.4 Eisbohrkerne	41
V.5 Radiokarbonmessung	42
V.6 Meeresbodenablagerungen	42
V.7 Schriftliche Aufzeichnungen	42
V.7.1 Tagebuch	43
V.7.2 Die Sintflut als literarische Quelle einer Klimakatastrophe	45
V.7.2.1 Die Sintflut in der Bibel	46
V.7.2.2 Die Sintflut bei Ovid	46
V.7.2.3 Die Sintflut im Gilgamesch-Epos	47
V.7.2.4 Analyse der drei Texte	47
VI. Klimabeeinflussende Faktoren und Klimawandel	52

VI.1 Klimasprünge	52
VI.2 Meeresströmungen	53
VI.3 Neigungswinkel der Erdoachse	56
VI.4 Die Albedo	56
VI.5 Sonnenfleckenzyklus	57
VI.6 Vulkanismus	57
VI.7 Treibhauseffekt	58
VI.7.1 Das Kohlendioxid als eines der bedeutendsten Treibhausgase	59
VI.7.2 Methan (CH ₄)	60
VI.8 Auswirkungen des Klimawandels auf die Erde	61
VI.8.1 Klimawandel als negativer Beeinflussungsfaktor der menschlichen Gesundheit	61
VI.8.1.1 Malaria – Krankheit, Maßnahmen und Prophylaxe	65
VI.8.1.2 Denguefieber – Krankheit, Klima und Therapie	67
VI.8.1.3 Der allergene Organismus <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	67
VII. Klimawandel im Rahmen des Schulunterrichts unter den Aspekten fächerübergreifenden Unterrichts	69
VII.1 Fächerübergreifender Unterricht	70
VII.1.2 Verschiedene Konzepte des fächerübergreifenden Unterrichtes	71
VII.1.3 Schwierigkeiten des fächerübergreifenden Unterrichtes	72
VII.1.4 Biologie und Deutsch	76
VII.1.5 Medienerziehung	77
VII.1.6 Zeitungen im Unterricht	81
VIII. Conclusio	84
IX. Abbildungsverzeichnis	85
X. Bibliografie	86
XI. Anhang	91
XI.1 Zusammenfassung	91
XI.2 Abstract	92
XI.3 Curriculum vitae	94

In dieser Diplomarbeit wurde aus Gründen der Lesbarkeit auf die gendergerechte Form verzichtet. Ich möchte betonen, dass dies völlig werte- und vorurteilsfrei geschah.

I. Einleitung

Der Mensch – die Krönung der Schöpfung. Doch zurzeit ist er gefährdeter denn je, denn der Klimawandel verspricht keine guten Zeiten für den Homo sapiens. Schreckensszenarien, welche in Filmen wie „2012“ und „The day after tomorrow“ den Zuseher in Panik versetzen sollen und können, spielen immer wieder mit den in den Medien omnipräsenten Veränderungen im Weltklima. Stets wird eine katastrophale und verheerende Situation geschildert, die der Menschheit den Untergang bringt und die gesamte Welt ins Verderben stürzt. Dies sind Szenarien, die bei den Menschen ein mulmiges Gefühl und eine Art Machtlosigkeit auslösen. Es soll eine komplette Veränderung des uns bisher bekannten Planeten eintreten und die Welt in ein Chaos stürzen. Denn Grund dafür sind der Klimawandel und die damit verbundenen Veränderungen, die der Menschheit wahrscheinlich eine enorme Adaptation abverlangen, um sich den neuen Bedingungen anpassen zu können. Es wird Gebiete geben in denen Dürre vorherrschend sein wird, in anderen wird es zu vermehrten Niederschlägen kommen, andere werden aufgrund des angestiegenen Meeresspiegels nicht mehr auf der Landkarte erscheinen. Hinzu kommen eine veränderte Vegetation und Ökosysteme, die nicht mehr die bisher bekannten sind. Dadurch kommt es zu einem globalen Ungleichgewicht. Das Leben wird ein anderes sein und es wird im Endeffekt darauf ankommen, welche Menschen damit zurechtkommen und welche nicht. Auch die noch zur Verfügung stehenden Ressourcen werden von essenzieller Bedeutung sein und ein Politikum darstellen, welches über das Schicksal vieler Menschen entscheiden wird. Es wird alleine durch dieses kurze Umreißen der Thematik ersichtlich, dass der Klimawandel tiefgehende und bedeutende Relevanz für uns, aber vor allem für die nachfolgenden Generationen besitzt.

Das Wort „Klimawandel“ ist ein global bekanntes und beschäftigt eine Vielzahl von Menschen in den unterschiedlichsten Berufssparten, die nicht nur Prognosen für die nahe und ferne Zukunft, sondern auch Pläne erstellen, die den momentanen Trend stoppen beziehungsweise einen milderen Verlauf bewirken sollen. In den meisten Fällen wird von einem raschen Temperaturanstieg und einem dramatischen Abschmelzen des Polareises mit katastrophalen Folgen für die Menschheit gesprochen, denn das gesamte Klima würde in

einen chaotischen Zustand versinken. Ein Zustand, der in der Erdgeschichte immer wieder vorgekommen ist, der jetzt jedoch umso bedeutender ist, da es um Tausende von Menschenleben geht.

Laut der Berichterstattung in den Medien sind Tsunamis, Hurrikans, Küstenstädte, die im Wasser versinken, Überschwemmungen und extreme Kältewellen, die besonders in den vergangenen Monaten und Jahren auftraten, die Vorboten des nahenden Unheils. Es wird immer wärmer und das Wetter verändert sich zunehmend. Die verschiedenen Klimazonen sollen extreme Ausmaße, wie lange Dürreperioden oder vermehrte Niederschläge, annehmen. Die Menschheit ist sich angeblich auch der Ursachen dafür bewusst, so vor allem einer erhöhten CO₂- Emission, die seit dem Beginn der Industrialisierung besonders stark zugenommen und die Temperatur beeinflusst hat. Doch statt zielführender Handlungen, die den momentanen Trend der Klimaerwärmung abfangen könnten, wird ausgiebig diskutiert, bis wann Länder, wie die USA oder China ihre CO₂- Emission um einen bestimmten Grad senken können.

Für die Menschen steht sehr viel auf dem Spiel. Es geht nicht nur darum, dass der Eisbär bedroht ist, da ihm das Eis unter den Pfoten wegschmilzt, ergo sein Lebensraum nicht mehr bestehen wird, sondern es geht um das Existenzielle: Ernten, Trinkwasser, Wetterphänomene, Golfstrom, aber auch die Ökosysteme, die erst durch ihr Funktionieren und ihr Zusammenspielen ein Leben ermöglichen. Die nahende Katastrophe macht sich immer vehementer bemerkbar, doch da es hauptsächlich die nachfolgenden Generationen betreffen wird, wird lieber den wirtschaftlichen Gewinnen gefrönt anstatt zu handeln.

Der Eisbär wurde zu einem Zeichen des Klimawandels und der Bedrohung – nicht nur für diese Tierart, sondern für zahlreiche Organismen auf der Erde. Komplexe Kreisläufe sind in Gefahr, aus ihrem Rhythmus zu geraten und schwerwiegende Konsequenzen mit sich zu bringen – Überschwemmungen, Tsunamis, Dürre und anderes mehr. Der Mensch mit seiner vermeintlich hohen Intelligenz und Fähigkeit zur Erfassung komplexer Vorgänge sieht dies alles und kann die Veränderungen und drohende Katastrophen mit Hilfe moderner Messgeräte und Verfahren berechnen und verifizieren, doch es geschieht nichts, um diese einzigartige Welt vor dem Kollaps zu schützen. Viele Menschen sind sich nicht bewusst, wie singulär die Erde und das Leben, wie wir es kennen, sind. Es passiert wenig, um unsere Lebensgrundlage zu sichern, denn primär zählen wirtschaftliche Faktoren und materielle Werte. Viele einflussreiche Personen, die ein Umdenken bewirken könnten, verkennen die Einzigartigkeit unseres Daseins und welche Komplexität Leben auf der Erde ermöglicht. Der Mensch wird

verschwinden, wenn sich die Erde nicht mehr im Gleichgewicht befindet, so wie andere Lebewesen vor ihm auch.

So sieht die Situation aus, die uns die Medien vermitteln und aufzeigen wollen. Doch wie viel kann man davon wirklich glauben? Worauf basieren alle diese Aussagen und Schreckensszenarien? Spielen Medien gekonnt mit dem manipulierbaren Menschen? Wie werden die Schüler in diese Materie eingeführt und wie wird ihr Bewusstsein für die Welt geschaffen? Wird das vernetzte Denken des Lernenden genug gefordert? Herrscht eine Kritikfähigkeit gegenüber den Medien und auch den Informationen bei den Schülern vor? Diese Arbeit soll sich damit und auch mit anderen Fragen auseinandersetzen. Es soll gezeigt werden, dass für den Klimawandel neben den anthropogenen auch natürliche Ursachen eine Rolle spielen. Dies soll anhand eines kleinen histogeologischen Diskurses aufgezeigt werden. Relevant sind auch die aktuellen Forschungsergebnisse und die auf ihnen beruhenden Messmethoden. Besondere Betrachtung der Auswirkungen auf die Menschheit ist von der größten Notwendigkeit, da die humanökologischen Aspekte uns alle betreffen. Zu guter Letzt soll die Zukunft ein Thema sein und zwar in Hinblick darauf, wie der Klimawandel in Schulen aufbereitet wird. In welchen Fächern ist dies ein Punkt im Lehrplan und kommt in den jeweiligen Schulbüchern vor? Wie werden die Schüler dafür sensibilisiert und welche tiefer gehende Auseinandersetzung erfolgt an der Schule? Welche Informationen erhalten die Lernenden über den Klimawandel, wie erfolgt deren Aufarbeitung und inwiefern werden die Lernenden zur Eigenständigkeit und Kritikfähigkeit erzogen?

II. Begriffsdefinitionen

II.1 Treibhausgase

Im Allgemeinen wird unter Treibhausgas meist das CO₂ verstanden, da dessen Konzentration besonders seit der Industrialisierung massiv angestiegen ist und es auch das wichtigste ist:

„Seit 1750 ist die Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre um 31 Prozent gestiegen und damit so hoch wie seit 650 000 Jahren, wahrscheinlich sogar seit 20 Millionen Jahren nicht mehr. [...] Etwa drei Viertel der anthropogenen CO₂ -Emission seit 1980 sind auf die Verbrennung fossiler Energieträger, der Rest auf Änderungen der Landnutzung (z.B. auf Brandrodung) zurückzuführen. Kohlendioxid ist für rund 60 Prozent des anthropogenen Treibhauseffektes verantwortlich.“²

Durch die Brandrodung werden die Wälder dezimiert, wodurch die Bäume weniger CO₂ aufnehmen können und sich dieses in der Atmosphäre vermehrt. Dies passiert zusätzlich auch im Winter, wenn auf der Nordhemisphäre die Laubbäume ihre Blätter verlieren. Aber letzteres ist ein natürlicher Rhythmus und wird nicht anthropogen verursacht.

Neben CO₂ gibt es auch noch folgende andere Treibhausgase: Methan (CH₄), welches ebenfalls eine Erhöhung der Konzentration seit dem 18. Jahrhundert aufgrund anthropogener Begebenheiten erfahren hat,³ Ozon (O₃), Halogenwasserstoffe, Lachgas (N₂O) und Wasserdampf (H₂O).

II.2 Proxydaten

Proxydaten umfassen sowohl biologische als auch physikalische Datenerhebungen. Oftmals liegt eine sehr sorgfältige und genaue Dokumentation vor, was das wissenschaftliche Arbeiten erleichtert. So liegt nicht nur eine gute zeitliche Auflösung, sondern auch eine nahezu flächendeckende Erhebung vor, da zum Beispiel die Schwankungen der Ernteerträge von großer Relevanz waren. Ebenso kann durch das genaue Festhalten von metrischen Einheiten, wie dies bei der Dendrochronologie der Fall ist, eine zuverlässige und aussagekräftige statistische Verarbeitung stattfinden.⁴

II.3 Klima

„Unter „Klima“ versteht man die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgendeiner Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen. Das

² Ludwig S. 139.

³ Vgl. Ludwig S. 139.

⁴ Vgl. Glaser S. 21f.

Wort Klima ist also ein Sammelbegriff für alle Vorgänge in der Atmosphäre, an einem bestimmten Ort, über einen längeren Zeitraum.“⁵

II.4 Vektor

Unter „Vektor“ versteht man im medizinischen Sinne einen Überträger von Krankheiten.⁶

II.5 Endemie

Eine Endemie ist ein „dauerhaftes, gehäuftes Auftreten einer (Infektions-)Krankheit innerhalb eines bestimmten Gebietes“⁷.

II.6 Epidemie

Von griechisch *epi* = über und *demos* = Volk): gehäuftes Auftreten einer (Infektions-) Krankheit in örtlicher und zeitlicher Begrenzung.

II.7 Pandemie

Darunter ist eine weltweite Epidemie zu verstehen.⁸

II.8 Reservoirkrankheit

Dies ist eine „in Populationen bestimmter Tierarten dauerhaft etablierte Krankheit, die gelegentlich auf menschliche Populationen überspringt, sich dort aber nicht auf Dauer etablieren kann“⁹.

II.9 Milanković-Zyklen

Der Serbe Milutin Milanković erkannte eine periodische Veränderung der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen, also eine Abweichung der Solarkonstante, die das Klima immer wieder beeinflusst und deswegen von aktueller und auch klimahistorischer Bedeutung ist.¹⁰

III. Paläogeologie

Um die heutigen Änderungen im Klima verstehen zu können, ist es notwendig, einen Blick in die Vergangenheit zu werfen und sich mit der Erdgeschichte auseinanderzusetzen. Es reicht hierfür ein oberflächlicher und breit gefächelter Überblick, da primär ein allgemeines Wissen vonnöten ist, die Komplexität des Klimawandels zu erfassen. Doch ohne diese Übersicht ist

⁵ Wittmann S. 22.

⁶ Vgl. Wittmann S. 274.

⁷ Wittmann S. 251.

⁸ Vgl. Wittmann S. 264.

⁹ Wittmann S. 268

¹⁰ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Milankovi%C4%87-Zyklen>

nur schwer nachzuvollziehen, welche Vorgänge zurzeit vor sich gehen und inwiefern der Mensch für die aktuellen Veränderungen im Klima zur Verantwortung gezogen werden kann. In früheren Zeiten, als der Mensch als solcher noch nicht existierte, gab es ausschließlich natürliche Einflüsse auf das Klima. Doch wie sieht dies heutzutage aus? Der Mensch verändert das Bild der Erde massiv, meistens auf wirtschaftlichen Profitgründen basierend. So scheint es fast sicher zu sein, dass er wesentlich zum Klimawandel beiträgt beziehungsweise diesen zusätzlich unterstützt.

Heute wird allgemein angenommen, dass das Universum durch einen riesigen Urknall entstanden ist und sich anschließend die Welt durch verschiedene Prozesse so entwickelt hat, wie sie heute vorzufinden ist. Der Planet Erde ist circa 4,6 Ga Jahre alt; dieses Alter kann durch unterschiedliche Messverfahren verifiziert werden. „Die Hauptinformation über dieses Frühstadium der Erde stammt aus der Meteoriten-, Mond- und Planetenforschung.“¹¹ Im weiteren Verlauf der Zeit unterlag die Welt einem großen Wandel und einer Entwicklung dahingehend, dass Bedingungen herrschten, die Leben ermöglichten. Allerdings ist die Vorstellung falsch, dass nach eventuellen anfänglichen Schwankungen ein einheitliches Klima und ideale Bedingungen vorherrschten:

„Since 65 million years ago (Ma), Earth’s climate has undergone a significant and complex evolution, the finer details of which are now coming to light through investigations of deep-sea sediment cores. This evolution includes gradual trends of warming and cooling driven by tectonic processes on time scales of 10^5 to 10^7 years, rhythmic or periodic cycles driven by orbital processes with 10^4 - to 10^6 -year cyclicity, and rare rapid aberrant shifts and extreme climate transients with durations of 10^3 to 10^5 years.“¹²

Im Folgenden soll veranschaulicht werden, welche Klimaänderungen es in ausgewählten Abschnitten der Erdgeschichte gab. Den Beginn soll das Tertiär machen, da hier eine bedeutende Wandlung im Klima stattfand – nämlich von tropischen Bedingungen hin zu bedeutend kühleren. Danach erfolgt ein Überblick über das Quartär, welches auch insofern für diese Arbeit interessant ist, da es ein sehr junges Zeitalter ist, dessen Klima unserem heute vorherrschenden bereits sehr nahe stand.

¹¹ Faupl S. 20.

¹² Zachos et al. S. 686.

III.1 Die Klimaentwicklung im Tertiär

Das Tertiär lässt sich zeitlich vor ca. 65 – 1,8 Mio. Jahren einordnen. Es hat seinen Ausgang nach dem Aussterben der Dinosaurier genommen und umfasst das Paläogen und das Neogen. Diese beiden Abschnitte werden wieder untergliedert, wie die folgende Abbildung für ein besseres Verständnis verdeutlichen soll:

Abb. 1: Stratigrafische Gliederung des Tertiärs

System	Serie	Stufe	Stufen der Zentralen Paratethys	Ma
				1,8
	Pliozän	Gelasium	Romen	— 3,6
		Piacenzium	Daz	— 5,3
		Zancleum		
		Messin	Pont	— 7,1
NEOGEN (Jungtertiär)		Torton	Pannon	— 11,2
	Miozän	Serravall	Sarmat	— 14,8
		Langh	Baden	— 16,4
		Burdigal	Karpat Ottomány Eggenburg	— 20,5
		Aquitän	Eger	— 23,8
	Oligozän	Chati		— 28,5
		Rupel	Kiscell	— 33,7
		Priabon	Priabon	— 37
PALAOGEN (Alttertiär)	Eozän	Barton		— 41
		Lutet		— 49
		Ypres		— 55
		Thanet		— 58
	Paleozän	Seland		— 61
		Dan		— 65,5

Die Daten, die für dieses und die anderen Zeitalter vorliegen, basieren auf verschiedenen Untersuchungsmethoden, die gesicherte und zuverlässige Aussagen über das Klima und andere Faktoren bieten:

„Although Earth’s climatic history has been reconstructed with an array of proxies applied to both marine and terrestrial sediment achieves, much of the progress in resolving the rates and scales of Cenozoic climate change can be attributed to the development of high-resolution deep-sea oxygen ($\delta^{18}\text{O}$) and carbon ($\delta^{13}\text{C}$) isotope records.“¹³

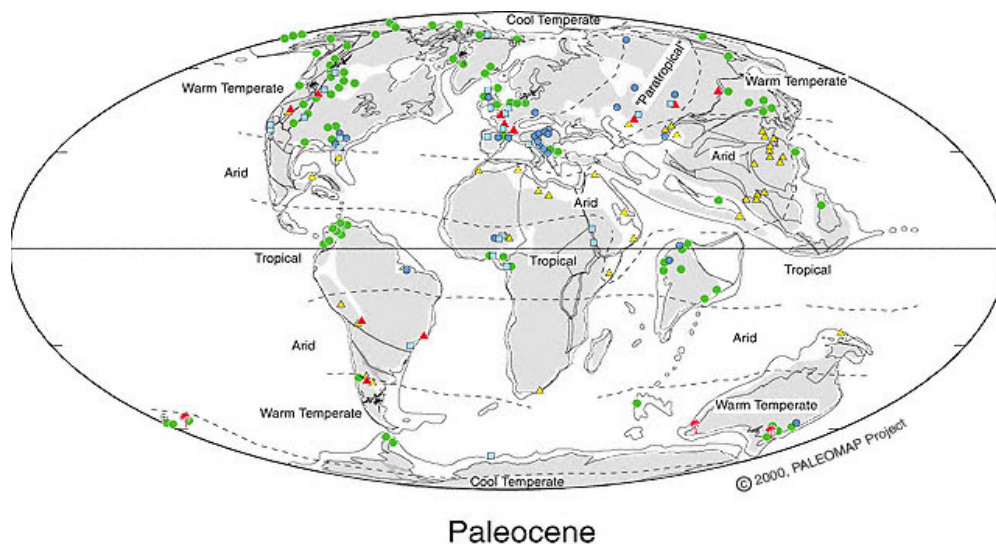
¹³ Zachos et al. S. 686.

Insbesondere die Tiefsee-Sauerstoffisotope und die Kohlenstoffisotope werden in dieser Arbeit immer wieder erwähnt werden, da sie wichtige Marker darstellen und bedeutende Einsichten in das Klima der Zeitabschnitte gewähren. Eine nähere Erklärung der Marker und ihrer Funktion lässt sich im Kapitel II „Begriffsdefinitionen“ finden.

Für das gesamte Tertiär bezeichnend ist das bestehende Auseinanderdriften von Pangäa, sodass sich in weiterer Folge der Atlantik öffnete. In weiterer Folge war auch die Position der Antarktis von Bedeutung und im Anschluss daran deren Vereisung. Aufgrund dieser unterschiedlichen Verteilung der Land- und Wassermassen wurde auch das Klima in dieser Zeit beeinflusst.

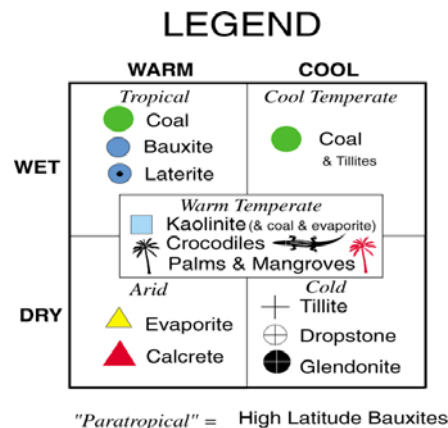
„Während zu Beginn des Paläogens ein Treibhausklima mit warmen Ozeanen herrschte, gab es gegen Ende des Neogens ein kühles Klima mit kalten Ozeanen. Die Abkühlung ging schrittweise vor sich. Über die Klimaentwicklung orientieren einerseits paläozeanographische Daten, wie die Sauerstoff-Isotopenkurven von Foraminiferen [...], und die Verbreitung der Landvegetation [...]“¹⁴

Abb.2: Klimabedingungen im Paläozen



¹⁴ Faupl S. 199.

Abb. 3: Legende zu Abbildung 2



Im Paläogen, besonders im Paläozen und Eozän, herrschten warme klimatische Verhältnisse vor, wie auch aus der oben angeführten Karte entnommen werden kann, obwohl es auch kühlere Phasen gab. Es lagen kaum jahreszeitliche Schwankungen vor, so auch kaum Temperaturschwankungen auf der Nord–Süd–Halbkugel. Diese Klimaverhältnisse spiegelten sich u.a. auch in der Vegetation wieder. So gab es hauptsächlich wärmebedürftige Angiospermen im Tertiär: „In Mitteleuropa herrschten bis ins Miozän tropische bis subtropische Arten vor, die Lorbeer- und immergrüne Regenwälder bildeten. Im Pliozän kam es zu einem Abwandern wärmeliebender Arten in niedrigere Breiten.“¹⁵

Plattentektonisch gab es bedeutende Vorgänge, die das Klima wesentlich beeinflussten:

„Während zu Beginn des Paläogens Nordamerika und Eurasien über Skandinavien und Grönland plattentektonisch noch zusammenhingen, gleicht die miozäne Kontinentenkonfiguration bereits weitgehend der heutigen plattentektonischen Gliederung unserer Erdkruste. Die wichtigsten plattentektonischen Ereignisse des Känozoikums lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: (1) Die endgültige Separation von Nordamerika und Eurasien. (2) Die Schließung der Tethys. (3) Die Separation der Antarktis.“¹⁶

Durch die Plattentektonik fand eine Wandlung im Klima statt; diese beeinflusste in weiterer Folge die Meeresströmungen, welche auch zu den neuen Bedingungen auf der Erde beitrugen. In diesem Zeitabschnitt begann sich die heute noch so existierende atlantische Strömung zu

¹⁵ Faupl S. 193.

¹⁶ Faupl S. 196.

entwickeln, die das Klima bis in die Gegenwart entscheidend bestimmt. Das Klima des Tertiärs wurde also wesentlich von geologischen Prozessen, der Position der Antarktis und der atlantischen Strömung beeinflusst. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein sehr warmes Klima global vorherrschend war, welches sich in der Vegetation widerspiegelte. In der Folge kam es jedoch zu einem dramatischen Wandel im Klima innerhalb kürzester Zeit:

„An der Wende Eozän/Oligozän zeichnet sich innerhalb eines kurzen Zeitraums von etwa 100 000 a ein dramatischer Klimaeinbruch ab, der sowohl in der Landvegetation als auch in der Sauerstoff-Isotopenkurve zum Ausdruck kommt. [...] Auslösend für diesen Klimaeinbruch dürfte der Beginn der Packeisbildung um die Antarktis gewesen sein.“¹⁷

So entstand in weiterer Folge ein kühleres Klima, welches Auswirkungen auf die Vegetation, die Eisbildung und die Meeresströmungen hatte:

„Ab dem Mittelmiozän dürfte bereits der große antarktische Eisschild existiert haben. Mit der Ausbreitung kühlen Meerwassers wanderte auch die Zone des kieseligen Planktons äquatorwärts. Es war jedoch im Miozän immer noch wärmer als heute, so gab es z.B. im Wiener Becken noch Korallenriffwachstum.“¹⁸

Im Tertiär gab es drei wesentliche Veränderungen, die meistens an den Übergängen von einem Abschnitt zum nächsten stattfanden. Sie werden hier erwähnt, weil sie zeigen, wie rasant Veränderungen im Klima eintreten können. Darüber hinaus heben sie sich dadurch hervor, dass sie aus der „Norm“ der üblichen Abweichungen fallen. Diese drei prägnanten Übergänge zwischen Paläozen und Eozän, Eozän und Oligozän sowie Oligozän und Miozän werden auch als „Anomalien“ bezeichnet, die wie folgt definiert sind:

„These are loosely defined as brief ($\sim 10^3$ to 10^5 y) anomalies that stand out well above “normal“ background variability in terms of rate and/or amplitude, and are usually accompanied by a major perturbation in the global carbon cycle as inferred from carbon isotope data.“¹⁹

¹⁷ Faupl S. 200.

¹⁸ Faupl S. 202.

¹⁹ Zachos et al. S. 690.

Die bekannteste dieser Anomalie, auf die hier näher eingegangen werden soll, spielte sich an der Grenze vom Paläozän zum Eozän ab. Hier kam es unter anderem zu einem markanten Temperaturanstieg:

„This event is characterized by a 5° to 6°C rise in deep-sea temperature (> 1.0 ‰ negative isotope excursion) in less than 10 ky. Sea surface temperatures as constrained by planktonic isotope records also increased, by as much as 8°C at high latitudes and lesser amounts toward the equator.”²⁰

Es spielten also verschiedene Faktoren zusammen, die das Klima im Paläozän wesentlich beeinflussten und die auch zum Teil die Grundlage für das heutige Klima schufen, so zum Beispiel die Vereisung der Antarktis und die daraus entstehenden Tiefenströmungen. Auch konnte sich der Golfstrom nach und nach entwickeln.

Doch im weiteren Verlauf erfuhr das Klima eine bedeutende Abkühlung:

„Am Ende des Obermiozäns kam es zu einem kurzfristigen, aber dramatischen Meeresspiegelabfall, in dessen Verlauf das Mittelmeer vom Atlantik isoliert wurde [...]. Die Abkühlung schritt im Pliozän weiter voran. Mit der Schließung der Panamastraße vor ca. 3,5 Ma erfuhr der Golfstrom eine Beschleunigung. Es wurden dadurch vermehrt feuchte Luftmassen in den hohen Norden verfrachtet. Ab etwa 2,5 Ma begann die Vergletscherung der Nordhemisphäre und damit das eigentliche eiszeitliche Klima.“²¹

Die Erde und auch ihr Klima unterlagen und unterliegen nach wie vor verschiedensten Einflüssen, die globale Auswirkungen haben können, wenn sie eine Veränderung erfahren. Im nächsten Kapitel soll auf das Quartär eingegangen werden, welches als jüngstes Zeitalter ebenso wie frühere von deutlichen Klimaschwankungen geprägt ist.

III.2 Das Quartär

Das Quartär ist das jüngste und auch ein sehr kurzes Zeitalter, weswegen seine Einteilung nach den jeweils herrschenden Klimabedingungen vorgenommen wurde. Die folgende Abbildung soll verdeutlichen, was darunter zu verstehen ist:

²⁰ Ebda.

²¹ Faupl S. 202.

Abb. 4: Stratigrafische Gliederung des Quartärs.

System	Serie					
		Subatlantikum				
		-----	2 800 a v. h.			
		Subboreal				
		-----	4 500 a			
	Holozän	Atlantikum				
		-----	7 300 a			
		Boreal				
		-----	8 600 a			
		Präboreal				
					10 000 a v. h.	
		<i>Alpen:</i>	<i>Nordeuropa:</i>	<i>Nordamerika:</i>		
QUARTÄR	Jung-	Würm (K)	Weichsel	Wisconsin		
		Riss/Würm (W)	Eem	Sangamon		
		Riss (K)	Saale	Illinois	130 000 a	
	Pleistozän	Mittel-	Mindel/Riss (W)	Holstein	Yarmouth	
			Mindel (K)	Elster	Kansas	423 000 a
		Günz/Mindel (W)	Cromer	Aftonian		
		Alt-	Günz (K)	Menap	Nebrakan	780 000 a
	Prägünz		Präglazial		(1,8 Ma)	

K – Kaltzeit, W – Warmzeit

Hier ist zu sehen, dass das Pleistozän nach abwechselnden Warm- und Kaltzeiten, in der Abbildung mit einem „K“ bzw. einem „W“ beschriftet, unterteilt worden ist. Aus der Abbildung geht auch hervor, dass sich die Erde momentan in einem Interglazial befindet, welches Holozän genannt wird, seit ungefähr 12.000 Jahren dauert und nun langsam dem Ende zugeht. Dies lässt sich deswegen vermuten, da

„in den vergangenen ein bis zwei Millionen Jahren die Erde mehrfach zwischen Eiszeiten (Glazialen) und warmen Zwischenphasen (Interglazialen) hin- und hergependelt ist. Aufschluss über den Temperaturverlauf in den letzten 400.000 Jahren geben Bohrkerne aus dem antarktischen Eisschild, der – abgesehen vom Küstensaum – selbst in den wärmsten Abschnitten der Zwischeneiszeiten nicht abschmolz. Nach diesen Daten sollte das derzeitige Interglazial [...] seinem Ende entgegengehen.“²²

Es lagen abwechselnd Warm- und Kaltzeiten vor, doch es kam im Laufe der Erdgeschichte in Europa zu bedeutenderen Kaltperioden:

²² Spektrum 2/ 2005 S. 33.

„Warmperioden innerhalb von Kaltzeiten werden Interstadiale genannt. In Europa sind im alpinen Raum vier große Vereisungsperioden (Günz, Mindel, Riss, Würm) durch Moränenablagerungen belegt, in Nordwesteuropa sind es drei (Elster, Saale, Weichsel).“²³

Exakte Auskunft konnte man aufgrund der Sauerstoffisotopenverteilung in marinen Sedimenten erhalten. „Die quartären Klimaschwankungen lassen sich so in einer wesentlich detaillierteren Weise erfassen, als dies in kontinentalen Ablagerungen zur Zeit möglich ist.“²⁴ Aber nicht nur dieses Messverfahren gibt interessante Aufschlüsse über das wechselhafte Klima im Quartär, sondern es gibt dafür auch biostratigrafische Informationen. Hierfür werden u.a. Pflanzen und Foraminiferen herangezogen:

„Mit Hilfe wärme- und kälteliebender Foraminiferen (*Neogloboquadrina pachyderma*) und Radiolarien lässt sich in den Meeressedimenten eine Temperaturkurve erstellen. Die Pflanzenwelt spiegelt die klimatischen Schwankungen von Kalt- und Warmperioden wider. Veränderungen in der Vegetation lassen sich daher detailreich mit Hilfe von Pollenanalysen dokumentieren.“²⁵

Wie konnte es aber zu solch häufigen Klimaschwankungen kommen, in denen es einerseits zu einer massiven Eisausbildung und andererseits zu relativ warmen Perioden kam? Während der Glaziale kam es zu einer Eisbedeckung von 30%, während diese heute lediglich 10% ausmacht.²⁶ Die folgende Abbildung soll hervorheben, welche Gebiete während der letzten Eiszeit vereist waren.

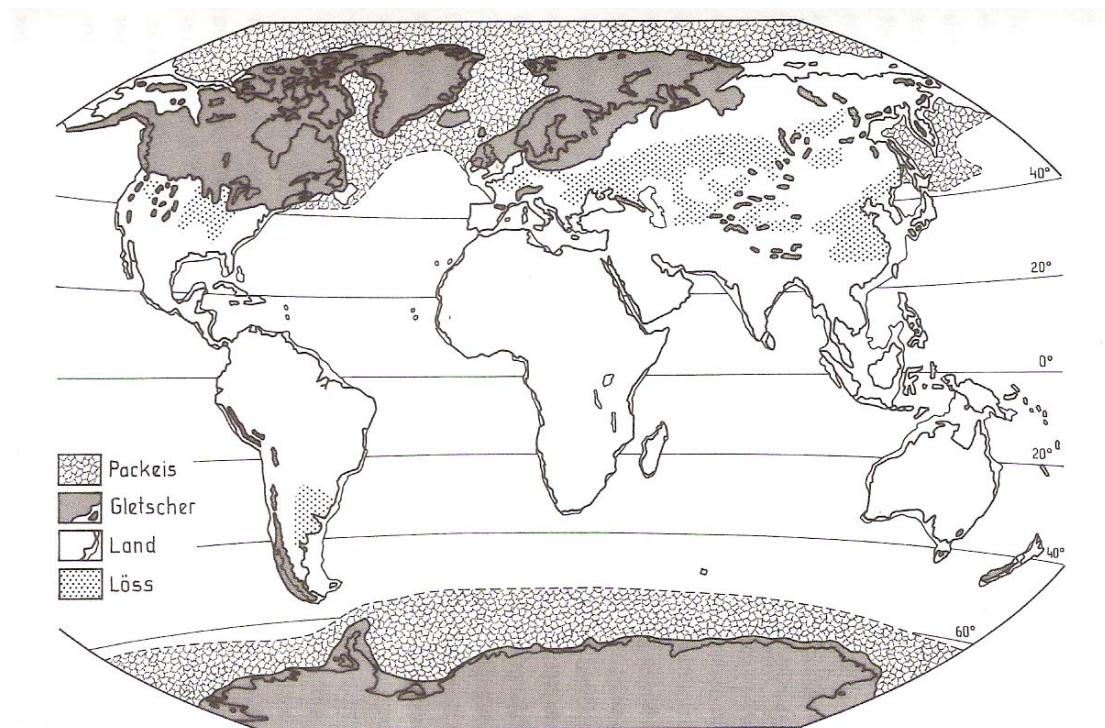
²³ Faupl S. 229.

²⁴ Ebda.

²⁵ Faupl S. 231.

²⁶ Vgl. Faupl S. 232.

Abb. 5: Ausdehnung der Vergletscherung in der letzten Eiszeit



„Es ist zu erkennen, dass große Veränderungen in der Gletscherbedeckung nur auf der Nordhemisphäre möglich waren. In der Antarktis kam es vor allem zu einer starken Vergrößerung des Packeisgürtels. Für die Entwicklung der Eisschilde scheint in erster Linie eine Temperaturverminderung ausschlaggebend gewesen zu sein.“²⁷

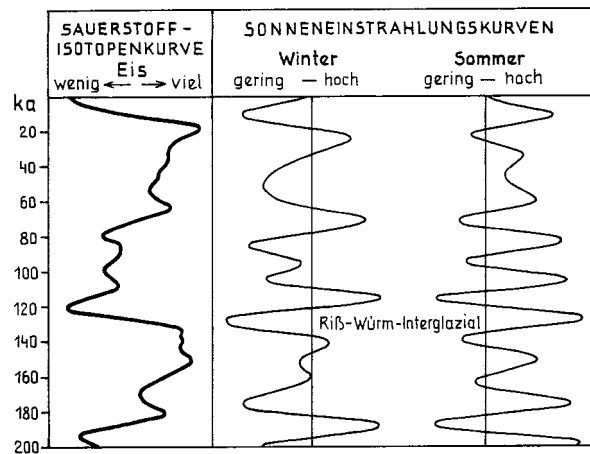
Zusätzliche Auskunft über die Geschehnisse zeigen sogenannte Strahlungskurven, die ebenfalls veranschaulichen, wie gravierend die Vorgänge im Quartär für das Klima waren:

„Aus den Sonneneinstrahlungskurven (Milanković-Kurven) ist abzulesen, dass während der Gletschervorstöße (Glaziale) die Sommer kühl und die Winter relativ mild waren, während in den Warmperioden heiße Sommer und kalte Winter das Gletschereis schmelzen ließen.“²⁸

²⁷ Faupl S. 232.

²⁸ Faupl S. 232.

Abb. 6: Ausmaß der Vergletscherung und Sonneneinstrahlung



Durch milde Winter kam es zu hohen Niederschlagsmengen in der Form von Schnee, welche für die Zunahme der Gletscher verantwortlich waren. Die Vereisung fokussierte sich auf einige Gebiete. Hier soll jedoch lediglich auf die geografischen Lagen eingegangen werden, wo es zwei Hauptvereisungszentren gab:

- „(1) Das Nordeuropäische Inlandeis, das sich von Skandinavien und dem Baltikum bis Norddeutschland erstreckte. Nach Osten dehnte sich die Vergletscherung weit nach Russland und das nördliche Asien aus. Die Eisbedeckung der Britischen Inseln stand während der Vereisungshöhepunkte über die Nordsee mit dem Nordeuropäischen Inlandeis in direktem Zusammenhang.
- (2) Vergletscherung des Alpengebirges. Zwischen den Alpen und dem Südrand des Nordeuropäischen Inlandeises erstreckte sich ein eisfreies periglaziales Gebiet.“²⁹

Neben der steigenden Größe der Eisfläche kam es ebenfalls zu einer weitläufigen Ausdehnung des Wüstengürtels, da

„in niedrigen geographischen Breiten die Kaltzeiten als Trockenperioden entwickelt waren. So kam es weltweit, wie auch in Afrika (Sahara), zu einer beträchtlichen Ausweitung des Wüstengürtels und der aktiven Sanddünenfelder – sowohl nach Norden als auch nach Süden – während der Gürtel des tropischen Regenwaldes sehr

²⁹ Faupl S. 237.

stark zusammenschrumpfte. Die Warmzeiten waren hingegen Pluvial(=Regen)perioden.“³⁰

Nach der letzten Kaltzeit entwickelten sich Vegetation und Klima langsam dahingehend, wie sie heute vorgefunden wird.

Das Quartär war abwechselnd dominiert von Kalt- und Warmperioden mit all ihren jeweiligen Charakteristika. Es ist anzunehmen, dass Organismen Adaptionsprobleme gehabt haben und ausgestorben sind, während andere „fitter“ waren und diesem Selektionsdruck besser standhielten. So ist es erstaunlich, dass sich eine Gruppe von Lebewesen bedeutend weiterentwickelt hat – die Säugetiere, zu denen auch die Hominiden gehören. Im eiszeitlichen Europa lebte der Homo neanderthalensis, der jedoch während der Würm-Eiszeit vom Homo sapiens sapiens verdrängt wurde. Das heißt, dass sich der heutige Mensch in extremen Bedingungen behaupten, weiterentwickeln und überleben konnte. Auch heute leben die Menschen in den verschiedenen Gebieten der Erde, die extreme Bedingungen aufweisen, so z.B. in Wüsten- und Polargebieten.

Besitzt der Mensch die Fähigkeit, sich erfolgreich anzupassen, oder war es reiner Zufall, dass sich der Homo sapiens sapiens gegenüber dem Homo neanderthalensis durchsetzen und entfalten konnte? Diese Frage wird sich in vorliegender Arbeit nicht beantworten lassen, doch sollte der moderne Mensch seine Chance gut nutzen und sich der Einzigartigkeit des Lebens bewusst sein.

Dass das Klima Einfluss und diverse Auswirkungen auf das Leben des Menschen gehabt hat, soll das nächste Kapitel zeigen. Wichtig hierbei ist, ob das Klima stets alleine verantwortlich war oder lediglich einen wichtigen Faktor darstellte. Es wurden nach eigenem Ermessen relevante Eckpunkte ausgewählt, die einen Überblick über Klimaereignisse geben, welche für die Menschheitsgeschichte von Bedeutung sind. Der Bogen wird von den Mayas bis zur heutigen Zeit gespannt.

IV. Der Mensch und das Klima

Wie im vorangegangenen Kapitel bereits erwähnt, konnten sich die Säuger, im Speziellen die Hominiden, während des Quartärs hervorragend weiterentwickeln. Deswegen ist es interessant zu betrachten, wie das Klima und die Entwicklung des Menschen verlaufen und welche Einflüsse herrschten und herrschen.

³⁰ Faupl S. 234.

IV.1 Die Expansion der Hominiden

Um besser verstehen zu können, wieso der Mensch sich weltweit ansiedeln konnte, soll zunächst auf den Ursprung des Menschen und die Bedingungen seiner erfolgreichen Ausbreitung eingegangen werden. Im vorigen Kapitel wurde bereits erwähnt, dass der Homo neanderthalensis und der Homo sapiens für eine gewisse Zeitspanne nebeneinander existierten. „Die Neandertaler lebten vor etwa 200.000 bis 30.000 Jahren in Europa und Westasien zu einer Zeit, in der das Klima größtenteils wesentlich kälter war als heute.“³¹ Das heißt, dass der Neandertaler unter den vorherrschenden widrigen Bedingungen leben konnte und für eine gewisse Zeit auch erfolgreich war. Es gibt Merkmale, die zeigen, dass er an die kalten Witterungen sehr gut angepasst war:

„Kennzeichnend sind u. a. das weit ausladende Hinterhaupt mit einem im Vergleich zum modernen Menschen durchschnittlich größeren Hirnvolumen (bis über 1600 cm³), eine fliehende Stirn, ein vorspringender Gesichtsmittelteil, Fehlen eines Kinns, große Augenhöhlen und riesige Gelenke.“³²

Doch es ist nicht eindeutig geklärt, warum sich der Homo sapiens gegenüber dem Homo neanderthalensis durchsetzen konnte, v. a. in Hinblick darauf, dass der letztgenannte besser an die herrschenden Witterungen angepasst war:

„Vor allem das Verschwinden des Neandertalers, dessen Rückzug vor rund 35.000 Jahren begann, ist eines der größten Rätsel der Frühgeschichte, denn er war nicht nur körperlich robuster als Homo sapiens, sondern mit Sicherheit auch geistig den Schwierigkeiten eiszeitlicher Lebensbedingungen gewachsen.“³³

Der Neandertaler existierte noch weiter und beide Hominidenarten lebten teilweise in denselben Gebieten nebeneinander:

„Als dann vor 100.000 Jahren der moderne Mensch Homo sapiens [in Afrika, Europa, dem Nahen Osten und Westasien] auftauchte, lebten beide zuerst an

³¹ Wittmann S. 184.

³² Wittmann S. 184.

³³ Ludwig S. 107 f.

mehreren Stellen über einige 10.000 Jahre nebeneinander, bevor der Neandertaler vor 30.000 Jahren ausstarb.“³⁴

Ein Faktor neben vielen für das Verschwinden des Neandertalers könnte das Klima gewesen sein:

„Für sein Aussterben dürfte eine Vielzahl von Faktoren verantwortlich sein, darunter wohl auch klimatische wie die extreme Kälteperiode vor rund 28 000 Jahren, in der die Vergletscherung den Lebensraum der Frühmenschen in Europa stark einengte.“³⁵

Der moderne Mensch, also *Homo sapiens*, hat nach wissenschaftlichen Erkenntnissen (mitochondriale DNA-Analysen) seinen Ursprung in Afrika³⁶ und trat von dort aus die Eroberung der Erde an. Obwohl es auch andere Hominidenarten (Neandertaler, *Homo erectus*,...) gab, war im Endeffekt *Homo sapiens* dominierend. Von Afrika ausgehend besiedelte er bald zahlreiche andere Gebiete und gelangte auch auf andere Kontinente:

„Der moderne Mensch verbreitete sich schnell über große Teile der Erde. Vor 50.000 – 70.000 Jahren begann die Besiedelung Australiens, vor 20.000 Jahren die Amerikas. Dies wurde möglich, als in einer weltweiten Klimaabkühlung der Meeresspiegel im Bereich der heutigen Beringstraße um bis zu 90 m sank und Asien und Nordamerika durch eine breite Landbrücke verbunden waren. Vor 75.000 – 45.000 Jahren und vor 25.000 – 14.000 Jahren waren Perioden besonders langer Meerestiefstände, von denen die jüngere zur Überquerung durch den Menschen genutzt wurde.“³⁷

So gelang dem modernen Menschen v. a. durch das Glazial im Jungquartär die Auswanderung u. a. nach Amerika, da die Barriere aus flüssigem Wasser nicht mehr existent war. Die folgende Abbildung zeigt, vom Herkunftsland Afrika ausgehend, die Ausbreitungswege von *Homo sapiens*, *neanderthalensis* und *erectus*.

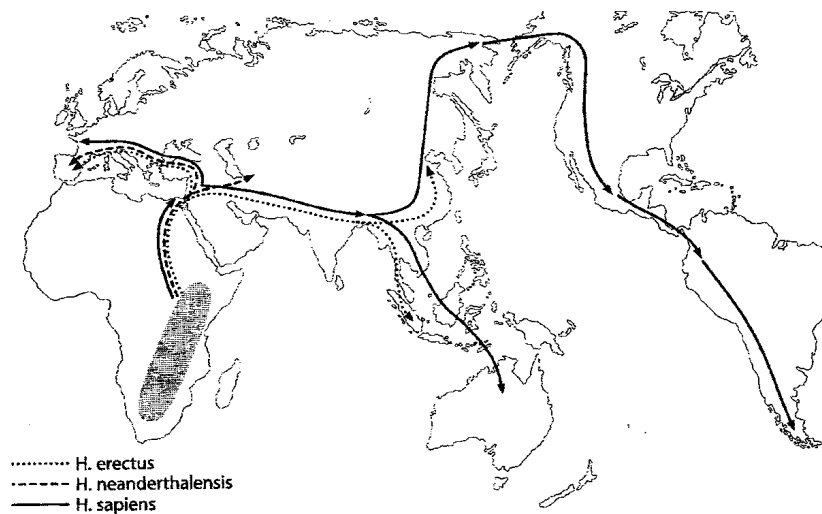
³⁴ Nentwig S. 4.

³⁵ Ludwig S. 108.

³⁶ Vgl. Wittmann S. 185.

³⁷ Nentwig S. 4.

Abb. 7: Hominidenausbreitung



Der Neandertaler war – wie schon erwähnt – körperlich und auch in seinen anatomischen Strukturen an die kalten Witterungen angepasst. Wie sieht es heutzutage mit anatomischen Adaptionen an die verschiedenen Witterungsbedingungen aus? Hat der moderne Mensch, je nachdem in welcher klimatischen Region er lebt, in seinem Erbgut die entsprechenden Informationen, damit das Individuum besser zurechtkommen kann?

Nach der Ausbreitung des Menschen konnten sich im Laufe der Zeit auch an bestimmten Stellen Hochkulturen entwickeln, so z.B. die Ägypter oder die Mayas. Im nächsten Kapitel wird auf das letztgenannte Volk näher eingegangen, da sein Verschwinden mit dem Klima in Zusammenhang gebracht wird.

IV.2 Die Mayas

Das Gebiet der Mayas war ab ungefähr 2500 v. Chr. besiedelt, woraus sich in der Folge die Hochkultur in der Region von Yukatan und dem dort umliegenden Land entwickelte:

„Den nördlichen Teil bildet die Halbinsel Yukatan, die weit in das Karibische Meer hineinragt, auf Kuba ausgerichtet ist und somit im Westen, Osten und Norden von der See umspült wird. Im Süden schließen sich die von der amerikanischen Kordillere geprägten Hochländer von Chiapas, Guatemala, El Salvador und Honduras an und stellen die Landverbindung ins nördliche Mesoamerika und nach Zentralamerika her.“³⁸

³⁸ Riese S. 9.

Dort erlebten die Mayas nach einer Hochblüte einen katastrophalen Niedergang, der mit einer Klimaänderung in Verbindung gebracht wird. Die nachfolgende Abbildung soll verdeutlichen, wo die Mayakultur lokalisiert war:

Abb. 8: Ausbreitungsgebiet der Maya



Bevor sich die Mayakultur etablieren konnte, durchlief sie eine längere Phase des Aufbaus. Eigentlich hätten in diesem Gebiet adäquate Verhältnisse herrschen müssen, die nicht nur ein Überleben der Menschen, sondern auch deren Vermehrung gewährleisten konnten, doch dies war nicht der Fall. Dieses Areal „liegt in den gemäßigten Tropen, ist aber im nördlichen Teil der Halbinsel Yucatan, vor allem wegen extrem niedriger und jahreszeitlich ungleich verteilter Regenmengen, eine Dornbuschsteppe“³⁹. Dies sind keine guten Voraussetzungen, um sich dauerhaft anzusiedeln, doch die Mayas taten es dennoch. Deswegen mussten sie für die Sicherung der wichtigsten essenziellen Lebensgrundlage (neben Sauerstoff) sorgen, welches der Mensch benötigt, um am Leben bleiben zu können, nämlich des Wassers. Somit waren Strategien notwendig, die Wasser in den Zeiten zur Verfügung stellten, in denen es keine Regenfälle gab und Hitzeperioden vorherrschend waren:

„In order to inhabit the Yucatan lowlands and to deal with normal seasonal variations in rainfall, the Maya developed various strategies to accumulate and store water. Cities were designed to catch the water from rainfall, and quarries and

³⁹ Riese S. 9.

excavations were converted into water reservoirs. The Maya also built on topographic highs to use the hydraulic gradient to distribute the water from canals into complex irrigation systems. However, the human-engineered system ultimately depended on seasonal rainfall, because much of the lowlands has only restricted natural groundwater resources.”⁴⁰

Die Mayas entwickelten aufgrund der Trockenzeiten Systeme zum Sammeln und Speichern von Wasser, damit sie die regenarmen Zeiten überstehen konnten. Verantwortlich dafür, dass es abwechselnd Regen- und Trockenzeiten gab, ist die so genannte ITCZ (Intertropical Convergence Zone), die je nach Jahreszeit in ihrer geografischen Lage verändert vorlag. Die Abbildung auf Seite 26 zeigt die Temperaturdifferenzen mit Hilfe von verschiedenen Farben sehr gut auf. Im Sommer dominiert eine Temperatur von 28°C in der Mayaregion (dunkelroter Bereich), während im Winter 26°C (orange-gelblicher Bereich) vorherrschend ist. Auch die Lage der ITCZ (die schwarz punktierte Linie) ist hier sehr gut ersichtlich:

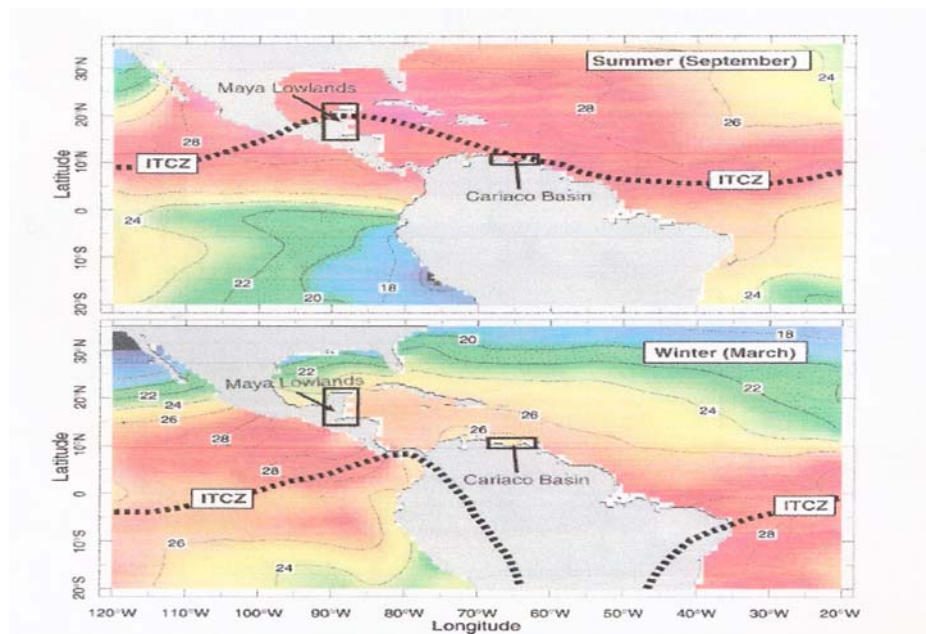
„Most of the rain falls during the summer, when the ITCZ sits at its northernmost position over Yucatan. During the winter, the ITCZ is located south of the lowlands and the climate is dry. Hence, the center of Maya civilization was located in the same climatic regime as the Cariaco Basin, with both areas near the northern limit of seasonal ITCZ motion.”⁴¹

Das soeben erwähnte und in Abbildung 9 eingezeichnete Cariaco Basin wird in diesem Kapitel wissenschaftlich gesehen noch interessant werden.

⁴⁰ Haug S. 1733.

⁴¹ Ebda.

Abb. 9: Intertropical Convergence Zone



Der Geologe Gerald Haug⁴² und sein Team untersuchten in diesem Gebiet Sedimente und kamen zu interessanten Schlussfolgerungen, die auch in einem Artikel der renommierten wissenschaftlichen Zeitschrift „Science“ publiziert wurden:

„Here we report data from annually laminated sediments of the anoxic Cariaco Basin off northern Venezuela. Using measurements of bulk sediment chemistry, we developed a record of varying river-derived inputs having roughly bimonthly resolution for the period from 700 to 950 A.D., an interval known as the Terminal Classic Period, during which Classic Maya civilization collapsed in the lowlands of the Yucatan Peninsula.“⁴³

Haug und sein Team konnten auf Grund der Sedimentproben im Cariaco Basin einerseits feststellen, wie die Regen- und Trockenzeiten in diesem Gebiet ausgefallen sind, und andererseits auch Rückschlüsse ziehen, welchen Einfluss die jeweilige Klimalage auf die Mayakultur gehabt hat. So ist Haug davon überzeugt, dass die Trockenheit mit dem Untergang der Maya in Verbindung gebracht werden kann: „Our data show a clear link between the chronology of regional drought and the demise of Classic Maya Culture.“⁴⁴ Nach

⁴² <http://www.geology.ethz.ch/people/Professors/ghaug>

⁴³ Haug S.1732.

⁴⁴ Ebda.

einer Zeit der Hochblüte und einer starken Bevölkerungsentwicklung kam es jedoch zu einer tiefgehenden Katastrophe:

„Between about 750 and 950 A.D., the Maya experienced a demographic disaster as profound as any other in human history. During the Terminal Classic Collapse, many of the densely populated urban centers were abandoned permanently, and Classic Maya civilization came to an end.”⁴⁵

Was war geschehen, dass es zu diesen ausgeprägten demografischen Veränderungen kam, wodurch schließlich die Existenz der Mayas ein Ende fand? Da die Mayas sehr stark von den Regenfällen abhängig waren, um ihre Wasservorräte aufzufrischen, wäre eine lang anhaltende Dürreperiode sicherlich verheerend gewesen. Man muss bedenken, dass die Menschen sich damals stark vermehrt haben und eine florierende Kultur geherrscht hat. Bei der Einschränkung von Wasser für eine längere Zeit wäre es sicherlich zu Missernten und Unruhen gekommen, die u. a. zu einem Rückgang der Population geführt haben könnten. Dass der Untergang der Mayakultur mit dem Ausbleiben der Regenfälle in Zusammenhang stehen könnte, meint auch Haug:

„Although the Cariaco record cannot provide a complete explanation, it supports the view that changes in rainfall played a critical role. We suggest that the rapid expansion of Maya civilization from 550 to 750 A.D. during climatically favorable (relatively wet) times resulted in a population operating at the limits of the environment’s carrying capacity, leaving Maya society especially vulnerable to multiyear droughts. Earlier paleoclimate records from nearby lakes have provided compelling evidence that climate change and aridity played a key role in the collapse of Maya culture.”⁴⁶

Neben der Trockenheit als relevantem Faktor für den Untergang der Mayakultur gab es vermutlich noch weitere Aspekte, die sich wahrscheinlich bei Wasserknappheit und einem daraus entstehenden Nahrungsmangel potenziert haben könnten. Gewiss ist jedoch, dass die Sedimentproben aufzeigen, dass es gerade zum Zeitpunkt des demografischen Kollapses der Mayas bemerkenswerte Änderungen im Klima gegeben hat. Lamb geht ebenfalls von einer

⁴⁵ Haug S. 1733.

⁴⁶ Haug S. 1734.

drastisch veränderten klimatischen Situation aus, denn er ist auf Grund von archäologischen Funden überzeugt,

„dass das Klima gegen Ende des klassischen Mayazeitalters um ca. 800 im Mexikanischen Tal und auf der Halbinsel Yucatán so trocken wurde, daß Wasserversorgung und Bodenfeuchtigkeit ein kritisches Stadium erreichten. Die Dürre kann durchaus zu einem kritischen Punkt geführt haben, an dem die Aufgabe der trockensten Regionen unumgänglich wurde“⁴⁷.

Im nächsten Kapitel wird näher auf die Kleine Eiszeit in Europa eingegangen und auf die Auswirkungen welche diese auf die Menschen und ihre Umwelt hatte.

IV.3 Die Kleine Eiszeit

Abb. 10: „Winterlandschaft mit Eisläufern und Vogelfalle“ von Pieter Bruegel dem Älteren



Eine idyllisch scheinende Winterlandschaft mit Schlittschuh laufenden Menschen, die den Wintertag vergnügt und gemeinschaftlich verbringen: Dieses Gemälde des holländischen Malers Pieter Bruegel des Älteren steht für eine Reihe von Werken verschiedener Künstler, die die „Kleine Eiszeit“ widerspiegeln. Die harten Winter wurden Thema der Kunst. Oftmals sind, so wie hier, Winterlandschaften zu sehen, woraus man schließen kann, dass v. a. die Wintermonate prägend für diese Periode gewesen sein mussten. Ein merklich kühleres Klima war vorherrschend im Vergleich zur vorangegangenen mittelalterlichen Warmzeit:

⁴⁷ Lamb (1989) S. 187.

„The period we are discussing has been dubbed “The Little Ice Age“ because not only in Europe but in most parts of the world the extent of snow and ice on land and sea seems to have attained a maximum as great as, or in most cases greater than, at any time since the last major ice age.”⁴⁸

Zeitlich lässt sich die „Kleine Eiszeit“ um 1500 bis ins 19. Jh. einordnen:

„Der Begriff „Kleine Eiszeit“ wurde Ende der 1930er Jahre von dem amerikanischen Glaziologen François Matthes (1875 – 1949) geprägt. [...] Matthes interessierte sich für die Abkühlung nach dem postglazialen klimatischen Optimum, also für die letzten 3000 Jahre, und hier insbesondere für die Abkühlung nach der Warmzeit des Mittelalters.“⁴⁹

Wie sah nun diese Änderung im Klima aus, dass holländische Maler sich damit auseinandersetzten und Matthes den Begriff der „Kleinen Eiszeit“ einbrachte? Es kam

„zu einer merklichen Abkühlung, die mit feuchten, kühlen Sommern und langen, schneereichen Wintern nicht nur die Gletscher der Alpen wieder kräftig wachsen ließ, sondern in Mitteleuropa und England immer wieder zu Mißernten und zu Hungersnöten und -in deren Folge- zu wiederholten Auswanderungswellen in die Neue Welt führte.“⁵⁰

Dass sich die Gletscher ausbreiteten, sollen die beiden nachfolgenden Bilder des Rhône-gletschers in den Jahren 1750 und 1950 zeigen. 1750 war eine sehr große Ausweitung dieses Gletschers vorhanden, während dann in den nachfolgenden Jahrzehnten und Jahrhunderten wieder eine Abnahme durch den Temperaturanstieg erfolgte.

⁴⁸ Lamb (1977) S. 462.

⁴⁹ Behringer S. 119.

⁵⁰ Ludwig S. 118.

Abb. 11: Rhônegletscher



Die Kälte, der vermehrte Schneefall und die niedrigen Temperaturen machten sich auch in England bemerkbar. So kam es, dass in den Wintern des 17. Jahrhunderts die Themse sehr oft zufror.⁵¹ Die Temperaturen lagen im Vergleich zum selben Zeitraum des 20. Jahrhunderts wesentlich niedriger:

„In England the late seventeenth – century thermometer record indicates annual mean temperatures about 0.9°C (1.6°F) lower than in the period 1920 – 60. Over the years 1690 – 9 the deficit was 1.5°C (2.7°F).“⁵²

Diese Änderung hatte im Vergleich zu dem sich herrlich entwickelnden Klima im vorangegangenen Hochmittelalter gravierende Folgen für die Menschen. Es gab einen Rückgang der landwirtschaftlichen Produktion, Höfe wurden verlassen, und es trat allgemein eine schlechte Situation für die Bevölkerung hinsichtlich Ernährung und Gesundheit ein:

„For most of Europe the worst climatic shocks seem to have been those that came [...] in the 1560s and to the end of that century, and in and around the 1690s. Much of the dislocation of society, decline of population and abandonment of farmland in those times has in the past been attributed to the Black Death of 1348 – 50 and subsequent outbreaks of plague.“⁵³

Nicht nur die Pest war auch 200 Jahre später noch für die verlassenen Höfe und die verkommenen Felder verantwortlich. Es ist anzunehmen, dass die schwankenden

⁵¹ Vgl. Lamb (1989) S.254.

⁵² Lamb (1995) S. 211.

⁵³ Lamb (1977) S. 454.

Wetterbedingungen, wie auch bereits oben erwähnt, zu Missernten und einer Abwanderung der Bevölkerung aus den ländlichen Gebieten führten. Dies hatte in weiterer Folge auch Auswirkungen auf die Bevölkerung, die unter Kälte und Hunger litt. Der Anteil an dieser Landverödung, den die Pest dabei trug, war gering.

„Out of nearly fifty deserted village sites in Oxfordshire and thirty-four in Northamptonshire for which adequate population figures of taxpaying tenants at various dates have been published, only about 10 per cent were attributable to the Black Death.“⁵⁴

Die Sommer waren wesentlich kühler, und die Winter brachten vermehrten Schneefall mit sich, aber es war in diesen vielen Jahren nicht einheitlich kalt und unwirtlich. Es gab Schwankungen, sodass es längere Perioden mit kalten Wintern und dazwischenliegenden kürzeren Zeiträumen gab, in denen eine leichte Klimabesserung stattfinden konnte. In dieser kam es dann zu warmen Sommern:

„Die warmen Sommer zwischen 1550 und 1560 waren in der Schweiz trocken. Auf sie folgten jedoch mehr als ein halbes Jahrhundert lang vornehmlich feuchte Sommer, und zwar vor allem von den siebziger Jahren des 16. Jahrhunderts bis in die zwanziger Jahre des 17. Jahrhunderts. Durch Feuchtigkeit gekennzeichnete Sommer wiederholten sich in der Schweiz zwischen 1690 und 1700, 1720 und 1740 und zwischen ca. 1760 und ca. 1790.“⁵⁵

Wegen des schlechten Klimas kam es zu einer Vermehrung von Pflanzenschädlingen; dies führte in weiterer Folge zu Ernteaussfällen und Hungersnöten:

„Anscheinend litten die Getreidearten unter Parasitenbefall (Fusariumpilz). Dieser Schädling tritt noch heute im Frühling unter der Schneedecke in Skandinavien und in Norddeutschland auf, ist in der Schweiz jedoch nicht mehr zu finden. Wenn die Schneedecke bis in den März oder April anhielt, wurde das Heu für die Tiere knapp, sodaß das Vieh mit Stroh und Kiefernäzweigen gefüttert werden mußte. Viele Kühe mußten geschlachtet werden.“⁵⁶

⁵⁴ Lamb (1977) S. 455.

⁵⁵ Lamb (1989) S. 236.

⁵⁶ Lamb (1989) S. 239.

Aber auch in Großbritannien kam es zu Missernten:

„Die in den Jahren 1555 und 1556 erzielten Ernteergebnisse waren für England nach den vorausgegangenen günstigen Zeiten sicherlich ein schwerer Schlag. [...] Fraglos ist aber anzunehmen, daß die Unterernährung die Grippeepidemie 1557/1558 verschlimmerte, der ganze Familien zum Opfer fielen.“⁵⁷

Das Klima hat hier über die schlecht ausfallenden Ernten Einfluss auf die Gesundheit der Menschen. Dadurch, dass eine Mangelernährung vorliegt und der Körper geschwächt ist, kann er sich nicht ideal gegen die Krankheitserreger wehren und stirbt. Allerdings reduzierte sich die Bevölkerungszahl durch Krankheiten nur wenig. Solche Klimabedingungen, wie sie in der Kleinen Eiszeit vorherrschten, wären letztlich nicht dramatisch für die Menschheit, die sich durchaus daran anpassen könnte. Das eigentliche Problem lag in den Ernteaussfällen und der Aufbewahrung des Getreides:

„Die Ernteerträge blieben erheblich hinter den Erwartungen zurück und erforderten eine Vorratshaltung in einem Umfang, der die damaligen Möglichkeiten überstieg. Die Schwankungen wiesen nicht nur gelegentlich von einem Jahr zum anderen sehr weit auseinanderliegende Werte auf. Die krassen Unterschiede zwischen kurzen, manchmal sechs oder acht Jahre umfassenden Zeitabschnitten waren zweifellos kaum zu bewältigen.“⁵⁸

Doch obwohl sich in dieser Zeit die Wetterbedingungen verschlechtert hatten und sich die Gletscher weiter ausbreiten konnten sowie auch einige Flüsse außer der Themse zugefroren waren, konnte sich in dieser Zeit in Norwegen eine der bedeutendsten Handelsflotten entwickeln. So

„[...] entstand in den Jahren zwischen 1680 und 1720 in Norwegen eine Handelsflotte von beträchtlicher Größenordnung, die sich zu einer der größten Handelsflotten der Welt entwickelte. Zahlreiche historische Dokumente künden davon, daß diese Expansion unter anderem deshalb zustande kam, weil sich die

⁵⁷ Lamb (1989) S. 251.

⁵⁸ Lamb (1989) S. 252.

Bauern an der Küste auf Grund schlechter Ernteergebnisse darauf verlegten, ihr Holz zu verkaufen und Schiffe zu bauen, um den Transport selbst zu besorgen.“⁵⁹

Es müssten also Alternativen gesucht werden, um etwa an Getreide zu kommen, weswegen nicht nur in Norwegen, sondern auch in anderen Regionen ein reger Handel entstand:

„All through the Little Ice Age period, from 1150 onwards, Scotland developed and maintained trade with the Baltic as her “emergency granary“ for years of need, particularly with Danzig, through which passed the exports from the Polish grainlands, and later increasingly from Königsberg and Riga, shipping Russian grain, and from Swedish ports.“⁶⁰

Da die Kleine Eiszeit regionale Unterschiede in ihrer Intensität und Ausbreitung aufwies, gab es weiterhin Regionen, in denen erfolgreich Getreide angebaut werden konnte und andere, die massiver von den Witterungen betroffen waren und wo es zu Ernteaufschlägen kam. Es soll nicht der Eindruck entstehen, dass es überall auf dem Erdball gleich kalt und feucht war, denn auch die Ausgangsbedingungen waren verschieden, wodurch jeweils unterschiedliche Klimaverhältnisse vorherrschend waren.

Ab 1800 begann das Klima wieder wärmer zu werden. Allerdings passierte dies nicht spontan, sondern es gab immer wieder wärmere Perioden, die aber auch kurz anhielten, um der Kälte wieder Platz zu machen. Die Erwärmung schritt nur sehr unregelmäßig fort und entwickelte sich auch in den verschiedenen Regionen unterschiedlich. Oftmals trugen die wärmeren Phasen zur Verbesserung der Lebensbedingungen bei:

„Zwischen 1730 und 1740 führte die Wärme in Schweden und Island zu einer nachhaltigen, statistisch belegbaren Verbesserung der Lebensbedingungen (gesundheitliche Verhältnisse, Lebenserwartung). [...] Im 18. und 19. Jahrhundert wiederholten sich die großen, für die Kleine Eiszeit typischen Schwankungen. So gab es selbst in der Erwärmungsphase noch einige kalte Winter. In Europa war der Winter des Jahres 1708/1709 außergewöhnlich streng; allerdings waren Irland und Schottland davon so gut wie gar nicht betroffen.“⁶¹

⁵⁹ Lamb (1989) S. 256.

⁶⁰ Lamb (1977) S. 472.

⁶¹ Lamb (1989) S. 268.

Das wärmere Klima hatte auch positive Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Erträge. So stiegen die Ernteerträge, und auch das Vieh wurde kräftiger und schwerer.⁶² Zusätzlich wurden neue Früchte angebaut, um eine Sicherung der Nahrungsquellen herzustellen. Richtungsweisend war hier die Kartoffel, die besonders für die Iren eine positive Situation schuf:

„Ihr ist es vor allem zu verdanken, daß die Iren von der Hungersnot verschont blieben, die in Schottland während der neunziger Jahre des 17. Jahrhunderts äußerst schreckliche Auswirkungen hatte. Die Kartoffelfäule (*Phytophthora infestans*) trat erst viel später auf.“⁶³

Die Kartoffel wurde immer weiter verbreitet und angebaut und erlebte so ihren Siegeszug. Es wurde oben bereits erwähnt, dass die warmen Perioden immer wieder unterbrochen wurden. Besonders gilt dies für das 18. und 19. Jahrhundert. Es kam auch hier zu Missernten und in manchen Gebieten zu Hungersnöten:

„Das ausgehende 18. Jahrhundert kann als eine Periode mit hauptsächlich warmen Sommern und kalten Wintern beschrieben werden, obgleich es in Nordeuropa in einigen Sommern entweder so feucht und/oder kalt war, daß es beim Getreide zu Mißernten kam, und in Gebieten, in denen die Kartoffel noch nicht angebaut wurde, Hungersnöte auftraten.“⁶⁴

Nach wie vor war das Klima unberechenbar, und obzwar die Menschen Innovationen ins Leben riefen, um ihr Überleben zu sichern, gelang dies doch nicht immer erfolgreich. So stieg aufgrund des Mangels an Getreide, welches hauptsächlich für die Brotproduktion verwendet wurde, der Getreidepreis gegen Ende des 18. Jahrhunderts bedeutend an:

„So kam es in den Jahren 1769 bis 1772 zu einer hundertprozentigen Preissteigerung bei Weizen. Der Kornpreis verdreifachte sich sogar innerhalb von zwei Jahren von 65,3 Kreuzer (1769) auf 182, 38 Kreuzer (1771).“⁶⁵

⁶² Vgl. Lamb (1989) S. 270.

⁶³ Lamb (1989) S. 270.

⁶⁴ Lamb (1989) S.272.

⁶⁵ Strömmer S. 51.

Zusätzlich kamen Ereignisse hinzu, welche auch wesentlich auf das Klima einwirkten, nämlich Vulkanausbrüche, die weitläufige Folgen mit sich brachten:

„Der Sommer des Jahres 1781 war kalt und für das Gras- oder Getreidewachstum zu trocken; im Sommer des Jahres 1782 wurde in Stirlingshire das unausgereifte Getreide am 31. Oktober von Schnee bedeckt. 1783 war es nicht viel besser, da ein Staubschleier die Sonne drei Wochen lang verdeckte und schwefelhaltiger Nebel auftrat. Beide Erscheinungen gingen auf die großen Vulkanausbrüche auf Island im Mai und Juni desselben Jahres zurück. In diesem Sommer war es in England jedoch heiß. Ein Teil des Ascheregens schädigte die Feldfrüchte in Caithness in Nordschottland. Die schwefelhaltige Atmosphäre verbreitete einen üblen Geruch und verursachte in Holland Pflanzenschäden und bei der Bevölkerung Augenbrennen.“⁶⁶

Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Vulkanausbrüche – in der Folge gab es noch weitere – für die kühleren Phasen in diesem Zeitraum verantwortlich waren. Dass die Eruption eines Vulkans auch bedeutend später noch einen schwerwiegenden globalen Einfluss auf das Wetter nehmen kann, wird aus den Begebenheiten des Jahres 1816 ersichtlich, welches als „das Jahr ohne Sommer“⁶⁷ bekannt wurde. Ein Jahr nach dem Vulkanausbruch kam es zu einer Abkühlung und zu ungewöhnlichen Wetterereignissen:

„Diese Verzögerung entspricht der Zeit, die der Staub offensichtlich brauchte, um sich in der Stratosphäre zu einem weltweiten Schleier auszudehnen. Der Staubschleier verminderte den Einfall der Sonnenstrahlung, bewirkte eine Abkühlung der Erde und verzerrte die Muster der globalen Windzirkulation.“⁶⁸

Daraufhin kam es zu schlechten Ernteerträgen, die Temperaturen sanken; es herrschten entweder starke Regenfälle vor oder in manchen Gebieten waren heiße Sommer dominierend.⁶⁹ Dieses inkonsequente Wetter sollte jedoch für die Menschen der damaligen Zeit weitaus größere Gefahren mit sich bringen:

⁶⁶ Lamb (1989) S. 272.

⁶⁷ Vgl. Lamb (1989) S. 272.

⁶⁸ Lamb (1989) S. 273.

⁶⁹ Vgl. Lamb (1989) S. 273.

„Diese anormalen Muster des Jahres 1816 sind für die schwerste Typhusepidemie in der Geschichte Europas zwischen 1816 und 1819, für die Pest, die zur gleichen Zeit in Südosteuropa und im östlichen Mittelmeerraum wütete, und für die erste große Choleraepidemie, die 1816/1817 in Bengalen einsetzte und sich in der ganzen Welt ausweitete, verantwortlich gemacht worden.“⁷⁰

Zu all diesen todbringenden Erkrankungen kam noch die Hungersnot dazu, sodass sich die Menschen nicht mehr in Sicherheit wiegen konnten und den klimatischen Bedingungen zum Großteil hilflos ausgesetzt waren. Erst ab der Mitte des 18. Jahrhunderts wurde es allmählich wärmer, doch noch immer gab es beträchtliche Schwankungen. In dieser Zeit war es auch, dass sich die Kartoffelfäule in Irland ausbreitete und zu einer massiven Hungersnot führte. Dazu trug das Klima wesentlich bei:

„Der in Europa im Allgemeinen warme Sommer 1846 war bei feuchten Südwinden und bei Tiefdruckgebieten in der Nähe des Atlantiks, zeitweilig auch in Nordeuropa, naß. Das waren ideale Bedingungen für den Kartoffelfäulnispilz (*Phytophthora infestans*), der erstmalig 1845 (in einer Schiffsladung aus Amerika, in der sich befallene Knollen befanden) in Europa aufgetreten war und sich schnell ausbreitete.“⁷¹

Viele Menschen verhungerten in dieser Zeit. Hinzu kam eine Typhusepidemie, die zusätzlich zu einer hohen Sterblichkeitsrate in Irland beitrug.

Schließlich jedoch setzte sich allmählich die Tendenz zur Wärme durch; besonders im 20. Jahrhundert war dies deutlich zu bemerken. Es gab einige Vorgänge, die das Klima nachhaltig beeinflussten:

„Die in den mittleren Breiten vorherrschende Westwindströmung wurde noch stärker wetterbestimmend, da sich die Tiefdruckgebiete über der subpolaren Zone vergrößerten und ihr Westwindband weiter in die Arktis verlagerten. Infolge der häufigeren Westwinde verzeichneten alle Orte, die ihren Niederschlag durch den Feuchtigkeitstransport aus dem Westen erhalten, vermehrte und verlässlichere Regenfälle.“⁷²

⁷⁰ Lamb (1989) S. 273.

⁷¹ Lamb (1989) S. 280.

⁷² Lamb (1989) S. 286.

So kam es nach und nach, dass die Begebenheiten dazu führten, dass sich das Klima so entwickelte, wie es für das 20. Jahrhundert dominierend war. Diese Art der Klimaverbesserung war die Folge von natürlichen Faktoren.

Dieses Kapitel war etwas ausführlicher als die vorangegangenen, aber es ist von bedeutender Relevanz, da es zeigt, dass das Klima sehr unbeständig sein kann und dem die Menschen meist unvorbereitet ausgesetzt sind. Der Fokus soll vor allem daraufhin gerichtet werden, welche Auswirkungen ein Klimawandel auf die menschliche Gesellschaft haben kann. In diesem Kapitel war zu erfahren, dass es Missernten gab und die Getreidepreise immens anstiegen, was sich besonders auf die ärmere Bevölkerung auswirkte; Krankheiten erreichten einen weltweiten Ausbreitungsgrad, und zusätzliche natürliche Ereignisse wie etwa Vulkanausbrüche können zu einer Potenzierung der bereits bestehenden schlechten Verhältnisse führen. Die Anpassungsmöglichkeiten des Menschen sind vorhanden, aber dennoch bis zu einem gewissen Grad eingeschränkt, wobei nicht vergessen werden darf, dass der medizinische Fortschritt noch nicht die Ausmaße von heute erreicht hatte; deswegen mangelte es an adäquaten Therapiemöglichkeiten und einem zielorientierten Management der Krankenversorgung. Auch im landwirtschaftlichen Bereich sind Innovationen getätigt worden, die zwar nicht vor allen Krankheitserregern schützten, aber die Möglichkeiten waren dank Pestiziden, Gentechnik und anderen Anwendungen breiter gefächert. Die Menschen litten in der Kleinen Eiszeit vor allem unter Hunger und den Krankheiten Pest, Typhus und Cholera. Heutzutage könnte man besser entgegenwirken, da es zahlreiche Konserven- und Tiefkühlprodukte auf der einen Seite und verschiedene Medikamente auf der anderen Seite gibt. Erkrankt jedoch eine sehr große Anzahl an Menschen, was bei einer Epidemie nahe liegend ist, bleibt die Hauptfrage offen, wie lange diese Ressourcen reichen würden und welche Folgen deren Mangel dieser mit sich brächte.

Das Kapitel „Der Mensch und das Klima“ sollte einen kurzen Überblick darüber geben, dass es in der Geschichte immer wieder zu Phänomenen des Klimawandels kam und es dafür die verschiedensten Ursachen gab. Meist hatten diese Veränderungen Einfluss auf den modernen Menschen. Die gesamte Komplexität der Kreisläufe auf der Erde ist Ergebnis eines interessanten und fragilen Zusammenspiels zahlreicher Faktoren. Auf diese wird später eingegangen werden, da auch sie zu einem tiefgehenden Verständnis für die aktuelle Thematik beitragen. Verändern sich Komponenten, hat dies globale Auswirkungen. Das soll in dieser Arbeit nach und nach immer mehr an Bedeutung gewinnen und auch im

Schulunterricht, wenn auch im geringeren Ausmaß, zum Tragen kommen. Denn nur dann, wenn die zahlreichen Fakten bekannt sind, kann Verständnis möglich sein.

V. Methoden zur Messung und Rekonstruktion von Klimadaten

In den vorangegangenen Kapiteln wurde sehr viel über das Klima gesprochen. Zum Teil wurde auch die eine oder andere Messmethode erwähnt, aber es fanden sich diesbezüglich noch keine konkreten Ausführungen. Es sollen nun die wichtigsten Messverfahren vorgestellt und kurz erklärt werden. Es ist interessant zu sehen, woher man die Daten beziehen kann; auch im Schulunterricht sollten den Lernenden gewisse Messverfahren näher erläutert werden, damit sie Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens kennenlernen.

Die Möglichkeiten der Datenerhebung und der Quellen sind mannigfaltig. So lässt sich eine Unterscheidung zwischen natürlichen und anthropogenen Daten festmachen:

„Zu den natürlichen Daten zählen beispielsweise Baumringe und Pollen, die wiederum indirekt den biologischen zugeordnet werden können. Isotope und Seesedimente werden als natürlich-physikalische Gruppe zusammengefaßt. Die anthropogenen Daten lassen sich nach Schrift- und Sachquellen beziehungsweise nach direkten und indirekten Angaben differenzieren.“⁷³

Im Folgenden sollen die verschiedenen Messverfahren und Analysen mit Hilfe von technischen Geräten kurz vorgestellt und erläutert werden.

V.1 Instrumente zur Datenaufzeichnung

Den Beginn sollen die technischen Hilfsmittel machen, und erst am Ende dieses Kapitels sollen die literarischen Aufzeichnungen vorgestellt werden. Es wird hier jedoch vermerkt, dass die Daten der instrumentalen Messungen auch schriftlich festgehalten und dokumentiert werden, d.h. dass auch diese eine wichtige Informationsquelle mit literarischem Charakter darstellen. Unter „lit(t)era“ versteht man nicht nur den Buchstaben, sondern im Plural „lit(t)erae“ auch Schriftstücke verschiedener Art.⁷⁴ Demnach ist Literatur die Aneinanderreihung von Buchstaben jeglicher Art. Dennoch möchte ich eine Abgrenzung schaffen und zunächst eine Fokussierung auf die Instrumente der Wetteraufzeichnung legen. Während zu Beginn lediglich Beobachtungen niedergeschrieben wurden, wurden nach und nach Messinstrumente entwickelt, mit deren Hilfe man exakte Daten erfassen konnte.

⁷³ Glaser S. 13.

⁷⁴ Stowasser et al S. 297.

Aufgrund dieser lassen sich durchgehende Aufzeichnungen machen, und es ist für Wissenschaftler einfacher, den Verlauf von Klimaten nachzuvollziehen und gewisse Trends festzustellen. Auch lassen sich dadurch Informationen gewinnen, die von historischem Wert sein können, aber auch eine Relevanz für Humanökologie bieten, z.B. wenn festgestellt werden kann, dass es in gewissen Regionen der Erde eher zu Dürre kam als in anderen und welche Auswirkungen dies auf die dortige Population hatte.

V.2 Baro- und Thermometer

Ab dem 17. Jahrhundert kam es zu vermehrten Messungen mit Instrumenten, da es diesbezüglich einige Innovationen vor allem aus Italien gab:

„In der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts wurden in Italien von Torricelli das Barometer und von Galilei das Thermometer erfunden. Windfahnen und Regenmesser sind zwar älter, doch stammen die ersten erhaltenen Niederschlagsmessungen aus dem späten 17. Jahrhundert.“⁷⁵

Es gab also bereits Messinstrumente, doch erfolgte die Aufzeichnung der daraus ermittelten Daten erst später. Dies könnte daran gelegen haben, dass einerseits keine Notwendigkeit bestand, über die Wetterereignisse Buch zu führen, da sie auf zu wenig Interesse stießen und es auch noch keine flächendeckende schriftliche Datenerfassung gab. Zusätzlich kam hinzu, dass erst der korrekte Umgang mit den Messapparaturen herausgefunden werden musste:

„Obwohl es schon um 1700 zuverlässige Instrumente gab, wurden die Probleme der korrekten Aufstellung von Thermometern und Regenmessern, die allein repräsentative Meßergebnisse gewährleistet, erst viel später gelöst. Weit weniger schwierig war der Umgang mit dem Barometer; es wurde bereits wenige Jahre nach seiner Erfindung in Frankreich von Blaise Pascal und in England von Robert Boyle für wichtige wissenschaftliche Messungen benutzt.“⁷⁶

Die Beobachtung des Wetters fand im Laufe der Zeit immer mehr Zuspruch und konnte bald eine zunehmende Ausweitung erfahren; was besonders durch die neuen Messmethoden gefördert wurde:

⁷⁵ Lamb (1989) S. 86.

⁷⁶ Lamb (1989) S. 86.

„Ab der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts begann man Wetterbeobachtungen zunehmend durch Messungen mit neu entwickelten Instrumenten durchzuführen. Diese befaßten sich mit Temperatur, Luftdruck und Niederschlag und kamen um 1660 korrespondierend in England, Schweden, Frankreich und Italien zum Einsatz.“⁷⁷

Aber auch im Wiener Bereich gab es Zuspruch zu dieser Wissenschaft:

„Für den Wiener Raum gelten die Aufzeichnungen von Alois Ferdinand Graf Marsigli (geb. Bologna 1658, gest. Bologna 1730) als die ältesten bekannten instrumentellen Witterungsbeobachtungen, die im Zeitraum von Dezember 1696 bis August 1697 durchgeführt wurden. Neben etwa 20 wissenschaftlichen Schriften finden sich im sechsten Band seiner in lateinischer Sprache verfaßten Arbeit „Danubius“ sowohl barometrische als auch thermometrische Messungen. Diese wurden am Ufer der Donau vorgenommen und mit zusätzlicher Wahrnehmung von Wind, Regen, Schnee und Hagel in tabellarischer Form aufgezeichnet.“⁷⁸

Ein wesentliches Problem, welches hier erwähnt werden muss, da dies zum wissenschaftlichen Arbeiten hinzukommt, ist die Frage der Einheiten. Während heutzutage die verschiedenen Einheiten, z. B. der Temperatur, festgelegt sind bzw. es ein Leichtes ist, Celsius in Fahrenheit oder umgekehrt umzurechnen, gab es früher zahlreiche Skalierungen:

„Sir Isaac Newton benutzte bereits im 17. Jahrhundert eine Thermometerskala, auf der 0° als Gefrierpunkt von Wasser festgelegt war, doch orientierte er sich nicht an der normalen menschlichen Körpertemperatur, die er mit 12° auswies. Durch Vergleiche und Eichtests, über die van Swinden 1792 und Libri 1830 berichten, wissen wir vieles über frühe Thermometer und ihre Maßeinteilungen. Van Swinden führt nicht weniger als 77 verschiedene Skalen auf.“⁷⁹

Die Problematik, die daraus entsteht, ist vielschichtig, und diese erschwert auch das korrekte wissenschaftliche Arbeiten. Gibt es verschiedene Maßeinheiten, so ist es schwierig, sich einen Überblick zu verschaffen. Zusätzlich ist die Erschwernis des beständigen Umrechnens

⁷⁷ Strömmer S. 15.

⁷⁸ Strömmer S. 15.

⁷⁹ Lamb (1989) S. 87.

vorhanden, welches Zeit in Anspruch nimmt und eine gewisse Genauigkeit voraussetzt. Hinzu kommt, dass bei nicht-genormten Skalen die Vergleichbarkeit auch der scheinbar genormten Skalen innerhalb einer Maßeinheit nicht gegeben ist. Je nachdem, welche Skala man verwendet, kann man ein und denselben Wert drastischer oder harmloser darstellen: z. B. 1 Grad Celsius sind 33,8 Fahrenheit. Trägt man diese Werte in einer Tabelle ein, wird ein Grad Celsius als verschwindend klein erscheinen im Gegensatz zu dem deutlich höheren Peak auf der Fahrenheitskala. Man kann Daten manipulativ darstellen, indem man eine andere (kleinere oder größere) Einheit wählt. Der Zahlenwert erscheint dadurch länger oder kürzer. Ein Meter und 100 Zentimeter beschreiben dieselbe Länge, aber in der kleineren Einheit wird die Zahl 100 eher wahrgenommen. Dadurch, dass die höhere Zahl eher wahrgenommen wird, erscheint dieser Wert auch deutlich drastischer.

V.3 Dendrochronologie

Die Dendrochronologie beschäftigt sich mit der Entwicklung und Abfolge von Jahresringen der Bäume, anhand derer sich auch klimatische Informationen gewinnen lassen. Die Jahresringe können differenziert werden, da das sogenannte Frühholz, welches im Frühjahr gebildet wird, sich vom Spätholz, welches sich im Spätsommer/Herbst entwickelt, anatomisch unterscheidet. Steht relativ viel Wasser zur Verfügung und werden die Tage länger, bildet das Kambium weitlumige und dünnwandige Zellen, während hingegen mit Ende des Jahres aufgrund der kürzer und kühler werdenden Tage die Zellen dickwandiger und englumiger werden.⁸⁰ Aufgrund der Ausprägung des Früh- und Spätholzes lassen sich auch Rückschlüsse auf die klimatischen Bedingungen ziehen. Herrscht z. B. eine Dürreperiode vor, wird der Ring des Frühholzes eher dünner ausfallen, da zum optimalen Wachstum eine bessere Wasserversorgung vorliegen muss.

V.4 Eisbohrkerne

Bei dieser Methode werden die einzelnen Schichten des Eises (z. B. aus der Antarktis), die jedes Jahr neu entstehen, genauer untersucht. Hierbei lassen sich sehr viele Informationen herausfiltern, da im Eis u. a. Gase oder auch verschiedene Aerosole eingeschlossen sind. Wichtig ist hier auch der Anteil der ¹⁸Sauerstoffisotopen, da ihr Anteil im Schnee temperaturabhängig ist.⁸¹ Mit einem speziellen Bohrer wird in die Tiefe des Eises gebohrt und eine Probe entnommen. Anschließend erfolgt eine exakte Analyse des Eises. Es lässt sich nicht nur feststellen, ob eine kühlere oder wärmere Periode herrschte, sondern es werden auch Rückschlüsse gezogen, welche Einflüsse auf das Klima wirksam gewesen sind, da mithilfe

⁸⁰ Vgl. Nabors S. 128.

⁸¹ Vgl. Rahmstorf/ Schellnhuber S. 11.

der Gasanalyse z.B. ein Vulkanausbruch nachgewiesen werden kann. Bohrungen werden derzeit bis zu 4 km Tiefe durchgeführt, die eine Analyse bis zu ca. 900.000 Jahre zulassen.⁸²

V.5 Radiokarbonmessung

Das radioaktive Kohlenstoffisotop ^{14}C entsteht permanent in der Atmosphäre, wo die Menge dieses Nuklids einen konstanten Wert einnimmt und insgesamt circa 800 kg ^{14}C beträgt.⁸³ Da das ^{14}C über das CO_2 während der Photosynthese in die Pflanze gelangt, kann dieses Isotop nicht nur im pflanzlichen Gewebe nachgewiesen werden, sondern auch im tierischen, da es über die Nahrungskette dorthin gelangte:

„Sie [die Radiokarbonmethode] beruht darauf, dass sich bei der Bildung von Kohlenstoff in biologischem Material das ursprüngliche Verhältnis von $^{12}\text{C} : ^{14}\text{C}$ im CO_2 der Luft durch Zerfall von ^{14}C zu ^{14}N (Halbwertszeit $5\,730 \pm 40$ Jahre) zu Gunsten von ^{12}C verschiebt.“⁸⁴

Nach dem Tod eines Organismus wird kein ^{14}C mehr aufgenommen und das bereits im Organismus befindliche wird abgebaut. Aufgrund der Zerfallskurve der Halbwertszeit lässt sich das Alter von Fundobjekten bestimmen. Wichtig zu erwähnen ist hierbei allerdings, dass die Konzentration des ^{14}C in der Atmosphäre nicht immer gleich war und deswegen leichte Schwankungen in der Altersbestimmung entstehen können. Doch mit Hilfe der Jahresringe von sehr alten Bäumen und deren ^{14}C -Aktivität konnten die Abweichungen der Werte einberechnet und somit wieder zuverlässigere Datenerhebungen gemacht werden.⁸⁵

V.6 Meeresbodenablagerungen

Ablagerungen wie Pollen, Pflanzenreste u.ä. auf dem Meeresboden lassen sich mithilfe von Bohrungen und anderen Methoden der Probenentnahmen analysieren. So konnten Daten zur Temperaturentwicklung an der Meeresoberfläche durch die im Tiefseesediment eingelagerten Mikroorganismen erhoben werden, die durch den Anteil des $^{18}\text{Sauerstoffisotops}$ im Kalziumcarbonat dieser Skelettreste charakterisiert werden konnten.⁸⁶

V.7 Schriftliche Aufzeichnungen

Es gibt bei den schriftlichen Aufzeichnungen sehr unterschiedliche Möglichkeiten, die jedoch alle aus verschiedenen Blickwinkeln einen Einblick in die Klimageschichte gewähren. Einige

⁸² Vgl. http://www.waldundklima.de/klima/eisbohrungen_01.php

⁸³ Vgl. Mortimer S. 649.

⁸⁴ Strassburger S. 926.

⁸⁵ Vgl. Mortimer S. 650.

⁸⁶ Vgl. Lamb (1989) S. 116.

schriftliche Dokumente existieren schon Jahrtausende, so z.B. die konsequent durchgeführte Aufzeichnung der jährlichen Nilüberschwemmung in Unterägypten.⁸⁷ Andere sind Relikte der Neuzeit und bieten die Möglichkeit, die jüngste Klimasituation aufzuzeigen. So gibt es Annalen und Chroniken, Tagebücher, Zeitungen und Aufzeichnungen von Getreide- und Weinpreisen. Besonders die literarische Gattung des Tagebuchs ist eine sehr wichtige, da sie detaillierte Rückschlüsse auf das Klima bieten können und somit den Klimatologen interessante Informationen bieten. Grundvoraussetzung sind allerdings kontinuierlich geführte Einträge und nicht, wie es bei Grillparzer Usus war, ein Abbruch und Nicht-Fortsetzen der Aufzeichnungen. Für Ostösterreich gibt es dazu von Elisabeth Strömmer⁸⁸ ein sehr informatives Werk für eine vertiefende Auseinandersetzung, welches sich mit den Weinernten und -preisen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes beschäftigt. Auch Werke der Weltliteratur können wichtige Faktoren für eine Datenerhebung sein. So kann z.B. Charles Dickens herangezogen werden, wenn es um die kühleren Bedingungen in der Kleinen Eiszeit geht: „Durchaus entsprechen die literarischen Beschreibungen *traditioneller Winter*, die Charles Dickens berühmt machten, den klimatischen Kindheitserfahrungen des Autors.“⁸⁹ Da es wichtig ist, aus diesen verschiedenen Quellen die relevanten Daten zu filtern und diese auch auf den Wahrheitsgehalt zu prüfen, soll im übernächsten Kapitel V.7.2 ein kurzer Exkurs gemacht werden, der die Sintflut in verschiedenen literarischen Werken behandelt. Doch zuvor soll eine andere literarische Gattung hier Einzug finden, welche nicht nur für die wissenschaftliche Datenerhebung, sondern auch für den literaturwissenschaftlichen Unterricht von Nutzen sein kann. Im anschließenden Kapitel soll eine kurze Einführung stattfinden.

V.7.1 Tagebuch

„Das ‚Deutsche Wörterbuch‘ nennt als ältesten Beleg eine Definition aus Johann Hübners 1704 erschienenem ‚Naturlexikon‘: Tagebuch: kaufmännisch ein Buch, worin die laufenden Geschäfte der Zeit nach geordnet eingetragen werden.“⁹⁰

Das Tagebuch ist eine interessante literarische Gattung, die, auch per definitionem, eine laufende Aufzeichnung verlangt, um als solche existent sein zu dürfen. Auch spielt hier die chronologisch korrekte Eintragung eine Rolle, um durch eine konsequente Ordnung ein schnelles Verständnis für den Inhalt erlangen zu können. Dies bedeutet, dass der

⁸⁷ Vgl. Lamb (1989) S. 104.

⁸⁸ Siehe Bibliografie.

⁸⁹ Lamb (1989) S. 275.

⁹⁰ Dusini S. 74.

Tagebucheintrag zu einem bestimmten Zeitpunkt stattfindet und für eine weitere spätere Verwendung dient, andernfalls wäre diese Notiz irrelevant und nichtig für den Verfasser. Bei anderen literarischen Gattungen muss dies nicht unbedingt der Fall sein. So können zwar literarische Texte zu einem bestimmten Zeitpunkt verfasst worden sein und auch in einem Kontext zu diesem stehen, aber sie müssen nicht für einen bestimmten Zeitpunkt existent sein. So werden Briefe oder E-Mails in einem gewissen Moment verfasst und versendet und können für einen bestimmten Zeitpunkt vorgesehen sein, müssen es aber nicht. Dies hängt davon ab, wie relevant der Inhalt ist. Dieser kann fünf Stunden später bereits wieder anders sein und es liegt ein differenter Sachverhalt vor. Der Inhalt kann aber auch belanglos sein und somit nicht direkt für einen bestimmten Zeitpunkt vorhergesehen sein. Hinzu kommt, dass bei Briefen und Mails das Problem der Zeitlichkeit existiert. Dies bedeutet, dass der Empfänger den Inhalt immer mit einer zeitlichen Verzögerung, und manchmal auch gar nicht, erfährt. „Wer ein Tagebuch liest, hält Zeit in Händen, blättert durch Jahre, Monate, Tage, hält ein, überspringt.“⁹¹ Hier kommen zwei wichtige Punkte zu tragen, die auch für ein wissenschaftliches Arbeiten vonnöten sind. Einerseits kommt hier die Frage der Zeit zur Geltung, denn nach dem ursprünglichen Gedankenkonstrukt der Menschheit existiert Zeit nur wegen der Hominiden, da diese die Zeit definiert und festgelegt haben. Unter anderem geschah und geschieht dies auch heute noch durch vielfältige und gut konzipierte Messmethoden und -möglichkeiten. Andererseits verwendet Dusini einen Briefausschnitt von Goethe an Voigt⁹², in dem Folgendes steht:

„Angeregt durch ein Wort Ihres Schreibens, wo die Zeit als ein seltsamer Genius zur Bedeutung kommt, möchte ich so viel sagen: hat man denn ganz vergessen daß die Zeit ein Element ist, das nur Werth und Würde durch den Sinn der Menschen erhält. Was ist denn Wasser und Feuer wenn wir sie gewähren lassen aus Ohnmacht, Unverstand und Leichtsinn?“⁹³

Goethe spricht hier etwas ganz Wichtiges und Bedeutendes an: Die Zeit erlangt erst durch den Menschen Bedeutung, weil dieser ihr einen Sinn gibt. Genauso verhält es sich aber auch mit den Elementen, wie Wasser oder Feuer, wobei Goethe die Zeit hier hinzuzählt. Dies bedeutet,

⁹¹ Dusini S. 9f.

⁹² Christian Gottlob von Voigt war unter anderem ein deutscher Dichter, der mit Goethe bekannt war und mit diesem einen Briefwechsel unterhielt. (Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Christian_Gottlob_von_Voigt)

⁹³ Dusini S. 9.

dass die Zeit auch ohne den Menschen vorhanden wäre, so wie Wasser oder andere Elemente auch. Allerdings sind literarische Formen, wie zum Beispiel das Tagebuch, welches an Zeit gebunden ist, nur dadurch existent, weil es durch den Menschen und dessen Zeitdefinition erschaffen wird.

Es gilt hier allerdings auch zu bedenken, dass die Zeit in der Naturwissenschaft etwas konkret Festgelegtes ist. Denn erst durch die Definition des Menschen gibt es Zeit. Dies ist besser nachzuvollziehen, wenn dieser physikalische Zustand durch Zahlen dargestellt und verifiziert werden kann, wodurch er valide und auch objektiv erscheint. Dies ermöglicht es dem Menschen, daran zu glauben. Durch Zahlen festgelegte Fakten gelten mehr als anderes. Deswegen sind auch die Tagebuchaufzeichnungen von Wettergeschehnissen von großer Relevanz für die Klimahistologie. Was nun dazu führt, dass nicht alle Aufzeichnungen geeignet sind gesicherte Datenerhebungen zuzulassen. Verfasst eine Person beispielsweise ein Reisetagebuch und erwähnt darin, dass es an einem Tag besonders warm, für sie nahezu unerträglich war, ist dies mehr eine subjektive Aussage als eine zuverlässige Aufzeichnung, wie sie durch Messinstrumente, wie einem Barometer, erfolgt. Das Niedergeschriebene des Reisenden entsteht durch seine subjektive Wahrnehmung und Empfindung, weswegen es nichts Allgemeingültiges in sich birgt. Anders ist es mit den Daten des Barometers. Hierbei handelt es sich um ein Messverfahren, welches lange erprobt und gewissenhaft ausgeführt wurde. An diesem Punkt kommen wieder die Zahlen ins Spiel, die eine vermeintliche Objektivität und Zuverlässigkeit der Aussagen mit sich bringen. Denn es sollte nicht vergessen werden, dass auch die Skalen und Messmethoden vom Menschen erschaffen wurden, um eine Standardisierung zu ermöglichen, die jedoch so nicht existent ist, sondern erst erschaffen wurde, indem man sich anderer „Elemente“ wie der Schwerkraft bediente. Es soll ersichtlich gemacht werden, dass es bei der Datenerhebung aus schriftlichen Aufzeichnungen, durchaus gesicherte Fakten geben kann, dass aber eine genaue Selektion erfolgen muss. Auch sind oftmals die philologischen Ansätze verschieden von denen der Naturwissenschaft; doch ist man sich dieser Unterschiede bewusst, kann ein interessantes und erfolgreiches Arbeiten durchgeführt werden.

V.7.2 Die Sintflut als literarische Quelle einer Klimakatastrophe

Die Sintflut ist ein Ereignis, welches vor allem im christlichen Bereich sehr tief verankert und durch zahlreiche Verfilmungen, Motive und literarische Werke allgemein bekannt ist. Die Bibel, genauer das erste Buch Mose, liefert hierfür eine gute und lang existierende Quelle. Allerdings wird die Sintflut auch in anderen Kulturen erwähnt, so zum Beispiel im

Gilgamesch-Epos oder auch in Ovids *Metamorphosen*. Im Weiteren sollen diese drei Texte kurz vorgestellt, analysiert und in einen klimahistorischen Bezug gesetzt werden.

V.7.2.1 Die Sintflut in der Bibel

Die Sintflut wird als Strafe gesehen, da Gott sieht, „daß der Menschen Bosheit groß war auf Erden und alles Dichten und Trachten ihres Herzens nur böse war immerdar, da reute es ihn, daß er die Menschen gemacht hatte auf Erden, und es bekümmerte ihn in seinem Herzen [...]“⁹⁴. Deswegen will er alles, was sich auf Erden befindet, töten, denn er bereut es, Lebewesen geschaffen zu haben, die so makelbehaftet sind. Doch Noah, der untadelig war, erregte das Wohlwollen Gottes, weshalb er „einen Kasten aus Tannenholz“⁹⁵ nach bestimmten Vorgaben erbauen musste. Dafür hatte Noah sieben Tage Zeit, denn danach regnete es vierzig Tage lang und anschließend war alles für lange Zeit unter Wasser. Dieser Zustand hielt so lange an, bis Gott befand, dass es genug sei, und sich das Wasser wieder zurückzog. Anschließend konnte die Erde wieder bewohnt werden und alle Lebewesen vermehrten sich.

V.7.2.2 Die Sintflut bei Ovid

Die Sintflut findet sich in Ovids *Metamorphosen*⁹⁶ im ersten von 15 Büchern wieder. Relevant ist hier, dass dieses Werk ein sehr einflussreiches über Jahrhunderte hinweg war und nachhaltig die Literatur und die bildende Kunst beeinflusste. Bedeutend ist es auch, weil es eine Enzyklopädie sowohl der griechischen als auch der römischen Mythologie darstellt.⁹⁷ Jupiter wandelt auf der Erde und sieht das Übel der Welt; die Begebenheit mit Lycaon ist die ausschlaggebende für die Sintflut. Jupiter ist zu Gast in Lycaons Haus, doch dieser will den Gott einer Probe unterziehen, und so tötet er einen anderen Menschen und brät die eine Hälfte der Leiche, während er die andere kocht. Als Lycaon Jupiter das Mahl bereitet, ist dieser so erzürnt, dass er das Haus in Flammen setzt, und Lycaon entflieht auf die Felder, wo er an Schafen seiner Mordlust nachkommt und sich in einen Wolf verwandelt. Diese Geschichte erzählt Jupiter den anderen Göttern, die ihm zustimmen, dass das Menschengeschlecht bestraft werden müsse, doch eine vollständige Ausrottung wollen sie alle nicht. Mit Hilfe der anderen Götter schickt Jupiter Regen und endlose Wassermassen auf die Erde danieder, doch ein sündenloses Ehepaar, Deucalion und Pyrrha, überleben den Zorn der Götter, woraufhin diese die Wasser verschwinden lassen und ein Leben auf Erden wieder ermöglichen.

⁹⁴ Die Lutherbibel S. 8.

⁹⁵ Die Lutherbibel S.8.

⁹⁶ Originaltitel: *Metamorphoseon libri*

⁹⁷ Vgl. Ovid *Metamorphosen*. S.3.

Nachdem das Ehepaar dem Befehl der Götter gehorcht hatte, nämlich ihr Haupt zu bedecken, ihren Gürtel zu lösen und Steine hinter sich zu werfen, entstand neues Leben auf Erden.⁹⁸

V.7.2.3 Die Sintflut im Gilgamesch-Epos

Dieses Epos ist eines der ältesten der Menschheitsgeschichte und beinhaltet die Geschichte des Königs Gilgamesch, König der Stadt Uruk, der zu zwei Dritteln Gott und zu einem Drittel Mensch ist. Das Epos besteht aus elf Tafeln und einer zwölften, die einen Art Anhang darstellt. Die Katastrophe der Sintflut wird auf der elften Tafel beschrieben.

Gilgamesch will Unsterblichkeit erlangen und befragt dazu Uta-napishti, der in seiner Arche die Weltenflut überlebte und Unsterblichkeit erlangte. Die Götter wollten nämlich alles menschliche Leben vernichten, doch die Schutzgöttin Uta-napischtis sandte ihm im Traum eine Warnung, woraufhin er eine Arche baute. Auch er nimmt seine Familie und Tiere mit in das rettende Bauwerk. Nachdem die Sintflut verebbt war und Uta-napishti den Göttern ein Opfer dargebracht hatte, gelobten die Himmlischen, nie wieder einer völligen Vernichtung zuzustimmen. Stattdessen sollten nur diejenigen bestraft werden, die ein Verbrechen begehen. Damit der Götterkönig seine Vorherrschaft nicht verlor, weil nicht das gesamte Menschengeschlecht ausgelöscht worden war, blieb ihm nur ein Ausweg, nämlich die Unsterblichkeit für Uta-napishti und seine Frau. So waren die Götter- und Menschenwelt wieder in einem Gleichgewicht.⁹⁹

V.7.2.4 Analyse der drei Texte

Alle drei erwähnten Textausschnitte berichten vom gleichen Ereignis, allerdings eingebettet in die jeweilige eigenständige Kultur. Die Sintflut der Bibel orientiert sich am monotheistischen Glauben, während die beiden anderen eine polytheistische Position einnehmen. Es ist anzunehmen, dass der babylonische Text den Ursprung für die Abwandlung der anderen Texte darstellt: „Zweifellos stellt die hebräische Sintflut-Version gegenüber der älteren babylonischen Mythe, die noch reicher an Einzelheiten des Flutgeschehens selbst ist, die abgeleitete Form dar.“¹⁰⁰

Die biblische und die Ovid'sche Sintflut weisen starke Parallelen auf, so zum Beispiel die Strafe der Götter, das sündenbehaftete Leben der Menschen und die neue Möglichkeit der Wiederbesiedelung der Erde durch die Menschheit.

⁹⁸ Vgl. Ovid Metamorphosen. S. 30 ff.

⁹⁹ Vgl. Maul S. 37f.

¹⁰⁰ Tollmann S. 389.

Interessant zu beobachten ist, dass der biblische Gott das lasterhafte Leben der Menschen sieht und sie alle bestrafen und vernichten will und ihnen keine Möglichkeit zur Läuterung gewährt. Aufgrund der Enttäuschung Gottes kommt es zur lebensvernichtenden Sintflut:

„As the cause for the cataclysm, the Old Testament emphasizes the moral depravity of the human race. [...] The whole bent of the thoughts of his heart was never anything but evil.“¹⁰¹

Gott sieht die Menschen als durch und durch böse. Dies kann er nicht dulden und deswegen beschließt er, das Menschengeschlecht zu vernichten, nur den gottestreuen, reinen Noah und dessen Familie nicht, weswegen er diesem auch den Bau der Arche befiehlt.

Im Gegensatz dazu steht Ovids Erzählung. Hier wandelt Jupiter auf Erden und erkennt auch das Schlechte der Menschheit, doch im Endeffekt führt das Einzelschicksal zur Bestrafung der Menschheit. Dies ist ein typisches antikes Motiv, während in der Bibel der eine Gott die gesamte Menschheit kollektiv bestraft.

Obzwar eine Bestrafung Gottes erfolgt und er alles Böse vernichtet, kommt dieses dennoch wieder zum Vorschein und findet seinen Weg in die Menschheit, die ihre schlechten Seiten wieder ausleben. Das lässt sich unter anderem daran erkennen, dass es zur Zerstörung von Sodom und Gomorra durch Gott kam; dies geschah nach der Sintflut. Gott schickt zwei Engel nach Sodom, und sie gelangen zufällig in das Haus von Lot, der sie vor den aufgebracht Menschen aus Sodom beschützt. Als die Meute ihn verprügelt, erretten die himmlischen Wesen ihn und raten ihm, dass er mit seiner Familie diesen Ort verlassen soll, denn sie wurden von Gott gesandt, um diesen Ort zu vernichten. Durch herabregnenden Schwefel und niedergehendes Feuer zerstört Gott Sodom und Gomorra. Doch Lot und seine zwei Töchter flohen und zeugten zwei Söhne, von denen die Moabiter und die Ammoniter ihren Ausgang fanden.¹⁰² Diese Geschichte könnte auf eine Naturkatastrophe zurückzuführen sein, doch das soll nicht Thema dieser Arbeit sein.

Im Gilgamesch-Epos ist die Geschichte der Sintflut eine Erzählung, die ein Geheimnis der Götter darstellt. Den Beweggrund der Götter, den Menschen eine Sintflut zu schicken, erfährt man nicht:

¹⁰¹ Heidel S. 225.

¹⁰² Vgl. Lutherbibel S. 19f.

„In the Gilgamesh Epic the reason for the deluge is not nearly so apparent as it is in the Book of Genesis. The opening lines of the flood story contained in the epic state simply that the heart of the great gods prompted them to bring a deluge.“¹⁰³

In diesem Epos erhält Uta-napishti einen warnenden Traum, in dem er auch erfährt, wie das Schiff auszusehen hat, mit dem er sich retten soll. Dies erinnert an den göttlichen Befehl in der Bibel.

Die wesentliche Hauptaussage im Gilgamesch-Epos ist jedoch die, dass die Menschen sterblich sind und dass sie dem Tod nicht entkommen können. Gilgamesch strebt nach Höherem, nach der Erkenntnis und nach der Unsterblichkeit, was weder bei Ovid noch in der Bibel wirklich zum Tragen kommt. Der Mensch soll Folgendes aus dem Epos mitnehmen: “Enjoy your life and make the best of it!“¹⁰⁴

In allen drei Textstellen ist die große Flut eine Strafe Gottes oder der Götter, da die Menschheit nur Schlechtes in sich trug und deswegen Enttäuschung und Zorn hervorrief. Jeweils ein sündenfreies Ehepaar wurde gerettet, wenn gleich dies im Gilgamesch-Epos vom Göttervater nicht gewollt geschieht, weswegen hier auch die beiden Überlebenden zu Göttern gemacht werden. Noah hingegen erreicht ein biblisches Alter von über 900 Jahren. Sowohl im Gilgamesch-Epos als auch in der Bibel werden Vögel fliegen gelassen, die zeigen sollen, dass es wieder Erde gibt, auf der die Menschen wandeln können.

Inwieweit können diese drei Texte, die aus verschiedenen Kulturkreisen stammen, als Hinweis für ein klimabedingtes Ereignis geltend gemacht werden? Erwähnenswert ist, dass dieses Ereignis Einzug in verschiedene Überlieferungstraditionen in verschiedenen Kulturen gefunden hat. Dies impliziert, dass die Sintflut bedeutend gewesen sein und eine klimabezogene Ursache gehabt haben muss.

In Zeiten, als die Naturwissenschaften noch keine weitverbreitete Anerkennung gefunden hatten beziehungsweise es noch keine fundierten Erkenntnisse über Naturvorgänge gab, wurden die Götter für diese verantwortlich gemacht. Eben aufgrund der Unwissenheit der Menschen kam es zu den interessantesten Erklärungen für Gewitter, Dürreperioden und Ähnlichem. Doch mit den heutigen wissenschaftlichen Erkenntnissen und Methoden lassen sich die Dinge unter einem anderen Gesichtspunkt sehen.

Gesteinsboden, Fossilfunde und anderes mehr könnten Hinweise auf eine Sintflut geben, doch gilt es, diese kritisch zu betrachten und rein naturwissenschaftlich zu analysieren, um falsche

¹⁰³ Heidel S. 225.

¹⁰⁴ Heidel S. 12.

Schlussfolgerungen zu verhindern. So entwickelte sich im 18. Jahrhundert eine Richtung, deren Anhänger die „Diluvianer“ genannt wurden:

„Es handelt sich hierbei um den Glauben an eine universelle Sintflut, in der die Lebewesen, die heute als Fossilien vorliegen, ihren Tod gefunden haben sollen. Die Sintflutlehre fand zahlreiche, begeisterte Anhänger im 18. Jahrhundert. Die Berücksichtigung der Sintflut erlaubte den Wissenschaftlern, die Erdgeschichte in Übereinstimmung mit den biblischen Berichten zu klären, und eröffnete somit die Möglichkeit, naturwissenschaftliche Werke im von der Kirche dominierten 18. Jahrhundert zu veröffentlichen.“¹⁰⁵

Das Problem bestand darin, dass die Diluvianer ihre Kenntnisse rein auf fossilen Funden begründeten und diese als einzig wahre Begebenheit ansahen, gestützt durch die damals vorherrschende Kirchensituation. So zählte auch Martin Luther als ein sehr vehementer Befürworter zu ihnen.¹⁰⁶

Dies war für die damaligen wissenschaftlichen Gegebenheiten die verbreitete Ansicht, vor allem muss bedacht werden, dass die Kirche sehr lange eine Vormachtstellung innehatte und heutzutage noch immer besitzt, weswegen es schwierig war, die Sintflut naturwissenschaftlich zu erforschen oder Ergebnisse publik zu machen. Zwei wichtige Fragen müssen in diesem Kontext geklärt werden: 1.) Gab es eine globale Sintflut, wie sie in den Texten dargestellt wird, oder war sie auf ein bestimmtes Gebiet begrenzt? 2.) Was war der Auslöser dieses Ereignisses?

Es soll kurz und prägnant auf die beiden Fragen eingegangen werden. Für eine intensivere Auseinandersetzung lässt diese Diplomarbeit keine Möglichkeit.

Es wird angenommen, dass sich die Sintflut im sogenannten Zweistromland, welches auch unter dem Namen Mesopotamien bekannt ist, räumlich begrenzen lässt. Dies ist auch die Annahme von Eduard Sueß¹⁰⁷, der sich ausführlich mit der Sintflut beschäftigte:

¹⁰⁵ Maurer S.44.

¹⁰⁶ Tollmann S.404.

¹⁰⁷ Sueß Eduard war ein Geologe, der in Österreich gelebt und gewirkt hat. Durch ihn kam es zu bedeutenden geologischen Erkenntnissen. In seinem Buch „Das Antlitz der Erde“ veröffentlichte er nicht nur gesammelte seine Ideen, sondern beschäftigte sich auch intensiv mit dem Thema der Sintflut. Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Eduard_Suess

„Er [Sueß] deutet sie [die Sintflut] als eine Lokalflut im Zweistromland, hervorgerufen durch eine vom persischen Golf heranziehende >>Zyklone<<, die zufällig von einem Erdbeben begleitet war.“¹⁰⁸

Auch in anderer Literatur wird Mesopotamien als Ort dieses Ereignisses angenommen, welches in einen meteorologischen Kontext gesetzt wird. Diese Behauptungen basieren unter anderem auch auf geologischen Untersuchungen von Erdschichten im Gebiet des Zweistromlandes:

„Auf mehreren mesopotamischen Grabungsstätten sind Ablagerungsschichten festgestellt worden. Diese Schichten scheinen der Anschwemmung nach durch ein mehr oder weniger starkes Hochwasser eines oder der beiden mesopotamischen Flüsse zu entsprechen. Es ist allerdings zu bemerken, daß die Archäologie nicht nur die Spuren *einer*, sondern mehrerer Überschwemmungen aufgedeckt hat [...]“¹⁰⁹

Nach einer Zeit der Klimastabilisierung kam es wieder zu sich verändernden Bedingungen, die Auslöser für die Sintflut gewesen sein könnten. Es kam in der zweiten Hälfte des 8. Jahrtausends v. Ch. zu einer kälteren Klimaperiode, weil der Golfstrom abgeschwächt wurde, doch nach vier Jahrhunderten änderte sich dieser Zustand plötzlich wieder und es wurde bedeutend wärmer. Dies hatte zur Folge, dass vermehrt wärmere Luft in die nördliche Hälfte der Erde kam, doch dies geschah sehr plötzlich. Die Temperaturen stiegen dramatisch um einige Grad Celsius an und brachten sehr feuchte Bedingungen mit sich. Zusätzlich soll in dieser Zeitspanne eine vermehrte Sonnenaktivität vermerkt worden sein, die diese klimatischen Bedingungen noch unterstützten. Dies war auch der Zeitpunkt, zu dem die Eiszeit langsam ihr Ende fand und sich die Klimaverhältnisse in einem sehr instabilen Zustand befanden. Kurz nach 8000 v. Ch. setzte dann die Flut ein, die die Sintflut gewesen sein soll. Das Meer begann zu steigen und daraufhin wurde das Deltagebiet des Persischen Golfes überschwemmt.¹¹⁰

Es ist ersichtlich, dass es Geschehnisse gab, die sowohl geologisch als auch literarisch in einen Kontext zu setzen sind und somit die Annahme einer gewesenen Sintflut manifestieren, auch wenn sie nicht so abgelaufen ist, wie sie in den Mythen wiedergegeben wird. Nicht global, sondern lokal begrenzt fand die Sintflut in Mesopotamien statt, wahrscheinlich mit

¹⁰⁸ Tollmann S. 407.

¹⁰⁹ Parrot S. 40.

¹¹⁰ Vgl. Buchner S.221ff.

verheerenden Folgen, wenngleich auch ohne göttliches Zutun und Auslöschung der Menschheit.

VI. Klimabeeinflussende Faktoren und Klimawandel

Nicht nur historisch, sondern auch aktuell gesehen ist es wichtig zu wissen, durch welche Faktoren das Klima beeinflusst wird. Es sollen in diesem Kapitel nicht nur die natürlichen, sondern in grobem Überblick auch die anthropogenen Faktoren vorgestellt werden. Dadurch wird das Verständnis dafür verbessert, welche Vorgänge derzeit stattfinden, die den Klimawandel bewirken. Dies soll auch für den Schulunterricht von Nutzen sein, denn dadurch wird noch einmal verdeutlicht, dass Klimawandel an und für sich nichts Neuartiges ist und der Mensch nicht unbedingt gleich vom Aussterben bedroht sein muss. So ähnlich sieht dies auch Kromp-Kolb:

„In der Evolution hat der Mensch Kalt- und Warmzeiten erlebt, der Wandel des Klimas ist also an sich nichts Neues und nicht a priori für den Menschen bedrohlich. Im Laufe der letzten 400.000 Jahre wechselten viermal Eiszeiten mit wärmeren Zwischeneiszeiten, jeweils verbunden mit Temperaturanstiegen von 10°C.“¹¹¹

Nun gilt es, die Ursachen für diese wechselhaften Phasen zu erkunden und gleichzeitig zu verstehen, welcher Trend zum momentanen Zeitpunkt vorliegt. Macht es überhaupt Sinn, etwas gegen den Klimawandel zu tun bzw. kann man diesen noch aufhalten? Diese und ähnliche Fragen lassen sich nur beantworten, wenn das Verständnis für die Grundlagen vorhanden ist, denn erst durch dieses lässt sich ein vernünftiges Handeln ableiten und in die Tat umsetzen.

VI.1 Klimasprünge

Im bisherigen Verlauf dieser Arbeit kam die Sprache immer wieder auf sich verändernde Klimabedingungen. Besonders bemerkbar hat sich dies in der oben erwähnten Kleinen Eiszeit gemacht, aber auch in anderen klimahistorischen Perioden hat sich dies ereignet. Es hat den Anschein, als neige das Klima zu abrupten Umschwüngen: „Diese Erkenntnis könnte für das kommende Jahrhundert wichtig werden, wenn der Mensch zunehmend in das Klimageschehen eingreift. Die Ursachen für die drastischen Klimasprünge sind noch nicht

¹¹¹ Kromp-Kolb in Bader S.71.

völlig verstanden.“¹¹² Der Hintergrund dieser spontanen Klimasprünge ist der, dass das Klima kein lineares System ist: „[...] beim Klima handelt es sich um ein stark nichtlineares System. Lineare Systeme sind sehr einfach: Wenn man sie „reizt“, reagieren sie umso stärker, je stärker der Reiz ist. Der Zusammenhang zwischen Reiz und Reaktion ist eine Gerade, er ist eben „linear“. Komplexe Systeme sind fast immer stark nicht-linear.“¹¹³ Das heißt, dass bei einem linearen System eine Aktion eine weitere zur Folge hat und diese wieder eine und so weiter. Dies ist quasi ein Dominoeffekt, der grundsätzlich vorherrschend ist. Im Gegensatz dazu steht das nicht-lineare System, wo ein Anfangsereignis ein anderes beeinflussen kann und dieses ein weiteres, doch das letzte kann sich wieder auf das erste Ereignis auswirken, also eine Rückkoppelung bedingen. Genau diese Situation liegt auch beim Klima vor, weswegen unerwartete Klimasprünge eintreten können. Für die Menschen ist dies deswegen von Bedeutung, da diese spontanen Änderungen das Leben in verschiedenen Bereichen beeinflussen können, so z.B. die wirtschaftliche oder gesundheitliche Versorgung, wie weiter oben ausgeführt wurde. Auch können dadurch politische Interessenskonflikte entstehen, wenn landwirtschaftlich genutzte Regionen durch veränderte Klimabedingungen stark negativ beeinträchtigt werden, sodass die Grundversorgung der Menschen lokal nicht mehr gewährleistet ist. Die Wahrscheinlichkeit von Konflikten und Kriegen könnte somit steigen, aber auch die Möglichkeit von Fluchtwellen von Menschen aus den betroffenen Regionen ist eher gegeben und stellt somit auch ein politisches Problem dar. Diese Leute wollen in andere Länder einwandern, weil sie sich dadurch eine Sicherung der Grundversorgung erhoffen, doch mit solch einem Andrang kommen diverse Regierungen nicht zurecht beziehungsweise möchten sie das eigene Land versorgt wissen. Dies birgt ein zusätzliches Konfliktpotenzial.

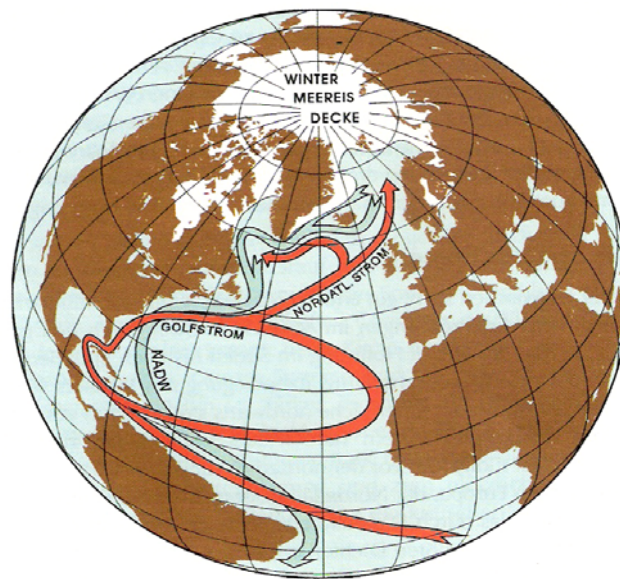
VI.2 Meeresströmungen

Meeresströmungen liefern einen bedeutenden Beitrag zum Weltklima und sind ein sehr sensibles System von globalem Ausmaß. Dies soll in der folgenden Abbildung gezeigt werden, in der allerdings nur ein Teil der gesamten globalen Meeresströmungen abgebildet ist, damit ersichtlich wird, dass selbst ein kleiner Bereich eine große Relevanz für das Weltklima besitzt.

¹¹² Rahmstorf (2001) S. 5f.

¹¹³ Rahmstorf (2001) S. 6.

Abb. 12 Atlantikströmung



Der Atlantikstrom fließt vom Süden nach Norden und der Golfstrom in die entgegengesetzte Richtung. So findet im Atlantik

„eine gigantische Umwälzung des Wassers statt, bei der das Meerwasser an der Oberfläche nordwärts strömt, dann absinkt und in zwei-bis dreitausend Metern Tiefe wieder nach Süden zurückkehrt. Der Golfstrom vor der nordamerikanischen Küste und seine Verlängerung nach Europa, der Nordatlantikstrom, sind nur Etappen in diesem Stromsystem, das durch Dichteunterschiede im Meerwasser angetrieben wird.“¹¹⁴

So entsteht ein stetiger Kreislauf. Dieser wird noch zusätzlich dadurch unterstützt, dass das nach Norden strömende Wasser, in Abbildung 12 rot eingezeichnet, wärmer ist als das nach Süden fließende. Dies hat Auswirkungen auf die Temperaturen in Europa, da die Wärme im Nordatlantik an die Westwinde abgegeben wird.¹¹⁵ Doch weil dieses System nicht immerfort stabil ist, traten immer wieder Klimaschwankungen auf, da es zu Unterbrechungen oder zum gänzlichen Zusammenbruch kam, weswegen es unter anderem zu den Eiszeiten kam. Dies lässt sich anhand von Tiefseesedimenten belegen.¹¹⁶ Wie kann es zu solchen

¹¹⁴ Rahmstorf (2001) S. 7.

¹¹⁵ Vgl. Rahmstorf (2001) S. 8.

¹¹⁶ Vgl. Rahmstorf (2001) S. 9.

Beeinträchtigungen kommen? Wichtig für das Aufrechterhalten des Atlantikstromes ist der Salzgehalt im Wasser:

„Um schwer genug zum Absinken zu sein, muß das Wasser im Nordatlantik genug Salz enthalten, denn Salz erhöht die Dichte. Dem entgegen wirken jedoch die Niederschläge, die das Wasser verdünnen. Dieser Verdünnungseffekt greift jedoch nicht, solange immer neues, salziges Wasser von Süden her nachströmt.“¹¹⁷

Solange also der Salzgehalt im Wasser stimmt, fließt der Atlantikstrom und das System bleibt aufrechterhalten. Doch sollte dieses Gleichgewicht gestört werden, indem der Salzgehalt durch Niederschläge stärker verdünnt wird, so tritt eine Abschwächung ein. Eine Störung des Atlantikstromes kann auch die Ursache für die Eiszeiten gewesen sein, denn wäre der warme Westwind ausgeblieben, so wäre hauptsächlich kalte Luft nach Europa gelangt, wodurch die Temperaturen gesunken wären. Es ist somit vorstellbar, dass dieses System sehr empfindlich auf Störungen reagieren kann. Würde sich die Atlantikströmung verringern oder ganz zum Erliegen kommen, dann wäre in Europa ein bedeutend kühleres Klima vorherrschend, welches Einfluss auf das Leben der Menschen in manchen Regionen haben kann. Kann nun der Atlantikstrom abrupt zum Stillstand kommen und einen plötzlichen Klimawandel mit sich bringen?

„Aus wissenschaftlicher Sicht deutet nichts auf eine kurz bevorstehende drastische Strömungsänderung hin, ein solches Szenario muss als sehr unwahrscheinlich gelten. Auf längere Sicht und bei starker weiterer Klimaerwärmung – etwa ab der Mitte dieses Jahrhunderts – kann dies jedoch zu einer ernsthaften Gefahr werden.“¹¹⁸

Die Gefahr besteht bereits. Die Menschheit sollte sich dessen bewusst sein, denn so wie das Klima gehören auch die Meeresströmungen dem nicht-linearen System an, wodurch sie, im wahrsten Sinne dieses Wortes, unberechenbar werden:

„Ocean circulation is thus an active and highly nonlinear player in the global climate game. Increasingly clear evidence implicates ocean circulation in abrupt and dramatic climate shifts, such as sudden temperature changes in Greenland on the

¹¹⁷ Rahmstorf (2001) S. 9.

¹¹⁸ Rahmstorf/ Schellnhuber S. 67.

order of 5 - 10 ° C and massive surges of icebergs into the North Atlantic Ocean - events that have occurred repeatedly during the last glacial cycle.”¹¹⁹

VI.3 Neigungswinkel der Erdachse

Die Erde dreht sich zyklisch um die Sonne und erhält von dieser Energie, welche das Leben auf diesem Planeten möglich macht. Doch treten im Neigungswinkel Variationen auf, die Einfluss auf das Klima haben und die sehr wahrscheinlich einen bedeutenden Teil dazu beigetragen haben, dass es die letzten Eiszeiten gab:

„Ursachen sind zyklische Veränderungen der Exzentrizität der Ellipse und der Neigung der Erdachse sowie die Präzisionsbewegung der Erdachse, die zu Variationen der Entfernung zwischen Erde und Sonne und Änderungen des Einfallswinkels der Sonnenstrahlung führen. Dabei kommt die Erde jeweils in den Genuss von etwas mehr oder weniger Strahlungsenergie. Die Dauer dieser Zyklen liegt bei etwa 100.000 Jahren, 40.000 Jahre und 22.000 Jahren, d.h. die Änderungen gehen sehr langsam von sich.“¹²⁰

Dies bedeutet also, dass die Erde von Natur aus einem zyklischen Klimawechsel unterlegen ist. Diese regelmäßigen Schwankungen sind auch als Milanković-Zyklen bekannt. Dies ist ein wichtiger Aspekt für zukünftige Generationen, da sie mit kälteren Witterungen, als sie heute vorherrschen, ein effizientes Management betreiben müssen. Da sich die Erde gerade in einem Interglazial befindet und ein Trend zu wärmeren Phasen besteht, ist dies aber vorerst noch nicht von Relevanz.

VI.4 Die Albedo

Sonnenstrahlen gelangen auf die Erde und werden dort reflektiert. Aber dies geschieht nicht zu 100%, sondern nur zu einem bestimmten Anteil, da ein Teil der Sonnenstrahlen von der Erdoberfläche absorbiert wird. „Die Albedo ist ein Maß für das Vermögen unterschiedlicher Oberflächen, Licht durch Streuung oder Reflexion zurückzustrahlen, ausgedrückt in Prozent.“¹²¹ Von der Beschaffenheit der Oberfläche abhängig findet eine Rückstrahlung der Sonnenstrahlen statt. Ändert sich die Erdoberfläche, z.B. durch Waldrodung oder den Rückzug von Gletschern, so hat dies auch einen Einfluss auf die Albedo. „Die Albedo ist also keine konstante Größe, sondern hängt von ständig wechselnden Faktoren ab, einschließlich

¹¹⁹ Rahmstorf (2002) S. 207.

¹²⁰ Kromp-Kolb in Bader S. 71.

¹²¹ Ludwig S. 81.

der Bevölkerung sowie des Wasserdampfgehalts und der Trübung der Atmosphäre durch Stäube.“¹²² Sie kann rasch abnehmen, wenn sich durch einen Vulkanausbruch eine dichte Staubwolke in der Atmosphäre befindet, und dadurch kann es zu einer Temperaturabnahme kommen.

VI.5 Sonnenfleckenzyklus

Dies ist ein zyklischer Vorgang, bei dem die Aktivität der Sonnenflecken zu- und abnimmt. Während eines Höhepunktes der Zunahme sind zahlreiche Sonnenflecken sichtbar, während dies bei einem Minimum nicht der Fall ist. Ein Zyklus dauert gewöhnlich elf Jahre, kann aber auch etwas kürzer oder länger sein.¹²³ Es wird angenommen, dass dieser Zyklus das Klima der Erde beeinflusst. Herrscht eine geringe Sonnenfleckenaktivität vor, so wird es auf dem blauen Planeten kühler. So geschah es im Maunder-Minimum, welches in die Kleine Eiszeit fiel und identisch mit den Jahren der kältesten Temperaturen war.¹²⁴

VI.6 Vulkanismus

Einen bedeutenden Einfluss sowohl auf das regionale als auch auf das globale Klima hat der Vulkanismus, im engeren Sinne eigentlich konkrete Vulkanausbrüche, die je nach ihrer Heftigkeit Material, v.a. Asche, in die Atmosphäre befördern.¹²⁵ Passiert das in sehr großem Umfang, kann es zu einer großen Wolke, bestehend aus dem ausgestoßenen Material, kommen und in weiter Folge verhindert diese, dass Sonnenstrahlen auf die Erde treffen; es wird, je nach dem Ausweitungsgrad, regional deutlich kühler. So geschah es unter anderem in der Kleinen Eiszeit, aber auch der Ausbruch des Pinatubo im Jahre 1991, der als „schlimmste Eruption des 20. Jahrhunderts“¹²⁶ angesehen wird, hatte regional unterschiedliche und bedeutende Folgen:

„Die größte Aerosolwolke des 20. Jahrhunderts hat das Klima nachträglich verändert. Im Winter 1991/1992 lagen die Temperaturen in weiten Gebieten der Nordhalbkugel um drei Grad Celsius über dem Durchschnitt, während am Roten Meer vor Kälte die Korallen abstarben und Jerusalem von einem seltenen Schneesturm heimgesucht wurde.“¹²⁷

¹²² Ludwig S. 81.

¹²³ Vgl. Bennett et al. S. 717.

¹²⁴ Vgl. Kappas S. 262.

¹²⁵ Vgl. Bennett et al. S. 365.

¹²⁶ <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,182408,00.html>

¹²⁷ Ebd.

Vulkanausbrüche können jederzeit auftreten. Es sind Ereignisse, die sich kaum vorhersagen oder beeinflussen lassen, da sie von komplexen Faktoren, wie zum Beispiel der Plattentektonik, abhängen. Vor dieser Naturgewalt kann sich der Mensch nicht schützen; er ist den Folgeerscheinungen zum Teil ausgesetzt.

VI.7 Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt ist keine Erscheinung der Neuzeit, denn es gab dieses Phänomen immer wieder in unterschiedlicher Intensität im Laufe der Erdgeschichte, so auch im Paläozen, wie in Kapitel III.1 erwähnt wurde. Grundlegend muss gesagt werden, dass ohne den Treibhauseffekt ein Leben auf der Erde nicht möglich wäre:

„Der Treibhauseffekt ist im Prinzip nicht nachteilig, sondern sogar notwendig, und es gab ihn schon in vorindustrieller Zeit. Ihm ist zu verdanken, dass die Erde eine mittlere Temperatur von 15°C aufweist. Ohne diesen Treibhauseffekt wäre die Erdtemperatur ca. 33°C tiefer, also bei -18°C. Von diesen 33°C „natürlichen Treibhauseffektes“ werden 21°C durch Wasserdampf verursacht, 7°C durch CO₂, 2°C durch troposphärisches Ozon, 3°C durch N₂O, NH₄ und sonstige Gase.“¹²⁸

Die Sonnenstrahlung kann diese Gase zwar passieren, doch die von der Erdoberfläche reflektierte langwellige Strahlung (vor allem Wärmestrahlung) wird von den vorhandenen Treibhausgasen absorbiert und somit festgehalten, wodurch sich die unteren Schichten der Atmosphäre erwärmen.

Dieser natürliche Treibhauseffekt wurde vor allem seit Beginn der Industrialisierung zusätzlich durch den anthropogenen Beitrag verstärkt, da durch die Verbrennung von Öl, Kohle oder Holz ein vermehrter Ausstoß von klimawirksamen Gasen, hauptsächlich von Kohlendioxid, stattgefunden hat, wie auch anhand von Eisbohrkernen nachgewiesen werden kann.¹²⁹

Auch Aerosole leisten einen relevanten Beitrag zur Klimaerwärmung. Neben Aerosolen, die in der Natur vorkommen, sind zusätzlich von Menschen verursachte vorzufinden. Zu der erstgenannten Gruppe gehören zum Beispiel Vulkanasche oder Blütenpollen, zur letzten werden Ruß oder Industriestäube gezählt.¹³⁰

Hinzu kommt, dass die Menschheit für die Änderung der Albedo durch verschiedene Eingriffe verantwortlich ist. So wurden durch landwirtschaftliche Nutzung, Abholzung von

¹²⁸ Nentwig S. 386.

¹²⁹ Vgl. Ludwig S. 142.

¹³⁰ Vgl. Ludwig S. 142.

Wäldern, dem Bau von Städten und der Ausdehnung von Wüstengebieten nachhaltige Veränderungen in der Oberflächenstruktur der Erde vorgenommen. Dies hat zur Folge, dass das Vermögen der Adsorbierung und Reflexion von Sonneneinstrahlung verändert wird.¹³¹

VI.7.1 Das Kohlendioxid als eines der bedeutendsten Treibhausgase

Das Kohlendioxid ist das bekannteste Treibhausgas und steht beim Thema des Klimawandels zumeist im Vordergrund. Wieso nimmt dieses eine solch zentrale Rolle ein?

Üblicherweise kommt CO₂ in einer vernachlässigbaren Konzentration in der Atmosphäre vor, ist in den Kohlenstoffkreislauf integriert und wird von Pflanzen aufgenommen. Doch seit dem Beginn der Industrialisierung wird jährlich eine große Menge an CO₂ ausgestoßen. Ursachen sind nicht nur Verbrennungsprozesse, sondern auch die Rodung von Wäldern und vermehrte Erosion. Bedeutend ist auch, dass im Jahr 2002 der CO₂-Gehalt um ein Drittel über den Werten der letzten Warmzeiten der letzten 400.000 Jahre lag.¹³² Dies ist ein Indiz dafür, dass der Mensch einen wesentlichen Beitrag zum aktuellen Klimawandel liefert. Den Effekt von CO₂ hat bereits Arrhenius, ein schwedischer Physiker und Chemiker, sehr früh erkannt und auf die möglichen Konsequenzen des anthropogenen Ausstoßes hingewiesen:

„Bereits im 19. Jahrhundert hat der Wissenschaftler Svante Arrhenius auf eine wichtige Eigenschaft des Gases Kohlendioxyd (CO₂) hingewiesen. Dieses Gas ist für die kurzwellige Sonnenstrahlung durchsichtig, während die langwellige Wärmestrahlung, wie die Erde sie abstrahlt, von CO₂ absorbiert und in Wärme umgewandelt. Arrhenius wies bereits damals darauf hin, dass durch die Verbrennung von Kohle die Menschheit große Mengen dieses Gases freisetzt und dass dies Rückwirkungen auf das Weltklima haben werde.“¹³³

Ohne die Treibhausgase gäbe es die Erde so, wie sie heute ist, nicht. Sie sind dafür verantwortlich, dass das Leben, so wie es die Menschen kennen, existiert. Doch ein Zuviel und das über einen langen Zeitraum, bleibt nicht ohne Folgen. Im Falle des erhöhten CO₂-Ausstoßes kommt es zu einem verstärkten Treibhauseffekt und zu einer Erwärmung auf der Erde. Dass dies der Fall ist, zeigen beispielsweise Temperaturoaufzeichnungen. Im IPCC¹³⁴-Bericht des Jahres 2001 wird Folgendes festgehalten:

¹³¹ Vgl. Ludwig S.142f.

¹³² Vgl. Wittmann S. 79.

¹³³ Kromp-Kolb, Formayer S. 17.

¹³⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change

„Die durchschnittliche globale Temperatur an der Erdoberfläche (Mittel aus der bodennahen Lufttemperatur über dem Land und der Meeresoberflächentemperatur) ist seit 1861 angestiegen. Im Verlaufe des 20. Jahrhunderts betrug dieser Anstieg 0,6°C.“¹³⁵

Diese 0,6°C der globalen Erderwärmung sind sehr bedeutsam für die Erde, da sie Konsequenzen der unterschiedlichsten Art nach sich ziehen und unseren Lebensraum massiv beeinflussen. Denn diese Temperaturschwankung ist nicht lokal und zeitlich begrenzt, sondern dauerhaft und weltumfassend.

Das Kohlendioxid ist auch deshalb so bedeutungsvoll, weil es sich lange Zeit in der Atmosphäre hält. Auch wenn CO₂ bei der Fotosynthese bis zu einem gewissen Grad genutzt wird, so reichen all die grünen Pflanzen in ihrer Gesamtheit nicht aus, um die Erderwärmung zu verhindern, da die anthropogen freigesetzten CO₂-Mengen größer sind als die photosynthetisch aufgenommenen. Photosynthetisierende Pflanzen sind von besonderer Relevanz für die Erde, da hierbei auch Sauerstoff erzeugt wird, der Lebensgrundlage vieler Organismen ist.

Bereits jetzt sind die Auswirkungen des Klimawandels bemerkbar, doch zu diesen mehr im nächsten Kapitel VI.8, denn zunächst soll noch eine kurze Auseinandersetzung mit Methan, einem anderen den Treibhauseffekt unterstützenden klimawirksamen Gas stattfinden.

VI.7.2 Methan (CH₄)

Methan ist neben Kohlendioxid ein weiteres wichtiges Treibhausgas, dessen Konzentration in der Atmosphäre in den letzten Jahrhunderten bedeutend gestiegen ist. Dabei ist es wesentlich wirkungsvoller als das Kohlendioxid und hält Wärmestrahlung noch besser zurück. Es wird von verschiedenen Organismen bei chemischen Umwandlungsprozessen in sauerstoffloser Umgebung erzeugt. Im Vergleich zu Kohlendioxid ist es kurzlebig und verschwindet somit rasch aus der Atmosphäre.¹³⁶ So gelten Reisfelder als große Methangasproduzenten. Kurzfristig können auch große Mengen dieses Gases aus Methanfeldern, die sich unter der Erdkruste befinden, freigesetzt werden. Solch ein Szenario gab es in der Erdgeschichte immer wieder:

„Da Methanhydrat nur bei bestimmten Temperaturen und Drücken stabil ist -bei 30 bar, was einer Wassertiefe von 300 Metern entspricht, darf die Temperatur nicht über

¹³⁵ <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/2001-wg1.pdf>

¹³⁶ Vgl. Flannery S. 53.

0°C, bei 50 bar der einer Tiefe von 500 Metern nicht über 8°C liegen -, bewirkt eine Aufheizung des Meerwassers einen Zerfall des Hydrats, so dass die in den Hohlräumen des Eiskristallgitters eingeschlossenen Methanmoleküle entweichen können. Wie bei mehreren Ereignissen plötzlicher Klimaerwärmung in der Vergangenheit, die nur durch zum Teil explosionsartige Freisetzung großer Mengen von Methan aus Gashydrat erklärbar sind, [...] wird auch in nicht allzu ferner Zukunft eine allmähliche Erwärmung der Ozeane wieder zu abrupten Methanemissionen führen, die dann durch positive Rückkopplung des Treibhauseffekt exponentiell verstärken.¹³⁷

VI.8 Auswirkungen des Klimawandels auf die Erde

Der Klimawandel und die daraus resultierende Erderwärmung bringen zahlreiche Konsequenzen mit sich, die das Leben auf der Erde wesentlich beeinflussen werden. So bewirkt das Abschmelzen von Gletschereis im weiteren Verlauf einen Anstieg des Meeresspiegels, der Atlantikstrom könnte sich verändern, und noch andere negative Faktoren könnten mitwirken. Doch auf all diese Punkte einzugehen ist nicht Ziel dieser Arbeit. Stattdessen soll hier ein Schwerpunkt auf den Gesundheitsfaktor gesetzt werden, da dieser für zukünftige Generationen von wesentlicher Bedeutung ist und auch im Schulunterricht einen interessanten und zentralen Punkt einnehmen sollte. Klimafaktoren können subjektive Wahrnehmungen hervorrufen, sowohl in positiver als auch negativer Hinsicht, aber sie können auch zur Verbreitung von Krankheiten führen, die ein gut funktionierendes Management erfordern. Andernfalls würde es zu einer unkontrollierten Ausweitung von Erkrankungen und zu einer erhöhten Sterblichkeitsrate kommen.

VI.8.1 Klimawandel als negativer Beeinflussungsfaktor der menschlichen Gesundheit

Die globale Klimaänderung bringt nicht nur primär Konsequenzen mit sich, wie zum Beispiel Veränderungen in bestehenden Ökosystemen, sondern könnte auch als eine weitere die menschliche Gesundheit beeinträchtigen. Dazu zählen etwa ein Anstieg der Hautkrebserkrankungen, Ausbreitung von Krankheiten, die von Insekten übertragen werden, bessere Etablierungsbedingungen für verschiedene Krankheitsüberträger oder Ausdehnung der Verbreitungsgebiete von allergenen oder giftigen Organismen.¹³⁸ Damit muss sich die Menschheit in den nächsten Jahren vermehrt auseinandersetzen und Vorkehrungen treffen, damit die Risiken und die Wahrscheinlichkeit zu erkranken so gut wie möglich minimiert werden. Dies beginnt mit einer fachlich fundierten Aufklärung über einzelne Krankheiten und

¹³⁷ Ludwig S. 188.

¹³⁸ Vgl. Wittmann S. 23.

den damit verbundenen Schwierigkeiten, wie z.B. der Versorgung im Krankenhaus, einer zuverlässigen Diagnose, etc, und geht über zu neuen Therapiemöglichkeiten, da viele Organismen eine Resistenz gegenüber Medikamenten entwickeln, sodass diese dann nicht mehr wirksam sind. Es gibt verschiedene Infektionserkrankungen, die den Menschen in verschiedenen Regionen beeinträchtigen können. Dazu zählen zum Beispiel die Malaria, das Denguefieber und andere Erkrankungen. Doch auch in früheren Zeiten war die Menschheit immer wieder durch pathogene Faktoren bedroht.

So ist das Wort „Pest“ nach wie vor von Entsetzen und Furcht geprägt und hat sich in die Kulturgeschichte der Menschen stark eingepreßt, wie dies Pestsäulen, die einschlägige Literatur und auch Bilder bezeugen. Diese Seuche hatte in der Vergangenheit immer wieder schreckliche Höhepunkte erreicht, die zu einer hohen Sterblichkeitsrate in der Bevölkerung geführt haben. Damals waren noch sehr schlechte hygienische Bedingungen für die Ausbreitung verantwortlich. Doch auch das Klima hat einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit der Menschen. Es ist verantwortlich für den Ausbreitungsgrad von Infektionskrankheiten, da oftmals durch wärmere Bedingungen eine Zunahme von Tieren zu vermerken ist, die Krankheitsüberträger sind. Als Folge davon können schneller ablaufende Vermehrungszyklen angesehen werden. Deswegen könnten sich Krankheiten wie Malaria oder Denguefieber in Regionen ausweiten, in denen sie früher nicht zu finden waren:

„Throughout time humans have suffered from infectious diseases, and climate change will give the parasites, bacteria and viruses that cause them some advantages. These germs are sensitive to the temperature of their surroundings, and generally they reproduce and mature more quickly into disease-causing entities in warmer temperatures.“¹³⁹

Dies bedeutet, dass im Diskurs über Klimaerwärmung neben anderen Faktoren wie Ernährung, veränderte, durch Überschwemmungen entstehende neue Landstrukturen und eventuell entstehende neue Krisenherde auch der Aspekt der gefährdeten Gesundheit des Menschen hinzukommt. Krankheiten, die durch Stechmücken, aber auch durch andere Hymenoptera wie Fliegen oder durch Zecken übertragen werden, erfahren durch den Klimawandel eine Erweiterung des Ausbreitungsgebietes, was zusätzlich durch die Globalisierung unterstützt wird: „Infectious diseases can be transported around the world in a number of ways. The most common route is when an infected person travels to a new region

¹³⁹ Parker et al. S. 100.

and spreads the disease upon arrival at his destination”¹⁴⁰. Durch die Möglichkeit, weite Strecken innerhalb von kurzer Zeit zurückzulegen, steigt auch das Risiko, dass sich Krankheiten rasanter ausbreiten, als dies früher möglich war.

Das Interessante an den Krankheitsüberträgern sind ihre jeweiligen Entwicklungszyklen, da diese von Bedeutung bei der Bekämpfung sind und auch zu einem besseren Verständnis der Krankheitsphänomene beitragen können. Es gibt Vektoren, in denen der Erreger keine Entwicklung durchmacht, aber es existieren auch solche, wo ein Kreislauf stattfindet. Für letztgenannte Form wäre die Malaria ein Beispiel. In der Mücke erfolgt die geschlechtliche Vermehrung des Erregers, während im menschlichen Blut die ungeschlechtliche vorstättengeht.¹⁴¹ So sind der Mensch und die Mücke bedeutend an der Entwicklung des Malariaerregers beteiligt. Wesentlich für die Ausbreitung von Krankheit ist auch die Umwelt, denn die diversen Umweltfaktoren und die Expansion von pathogenen Faktoren sind eng miteinander verbunden. Da der Mensch intensiv in seinen Lebensraum eingreift, ist es nachvollziehbar, dass er dadurch das Gleichgewicht stört und auch zur Ausbreitung von Epidemien/Pandemien/Endemien beitragen kann. Für diese müssen gewisse Bedingungen herrschen, die Schimitschek und Werner in ihrem Buch „Malaria, Fleckfieber, Pest: Auswirkungen auf Kultur und Geschichte“ übersichtlich darlegen:

„Die Umweltverhältnisse müssen so beschaffen sein, daß sie

- für die das Reservoir bildenden Tiere gute Lebensbedingungen bieten,
- gute Entwicklungsmöglichkeiten für den Überträger vorhanden sind,
- die klimatischen Verhältnisse diese Entwicklung zulassen,
- die Erreger übertragen werden können,
- die befallenen Menschen nicht resistent, sondern anfällig sind.“¹⁴²

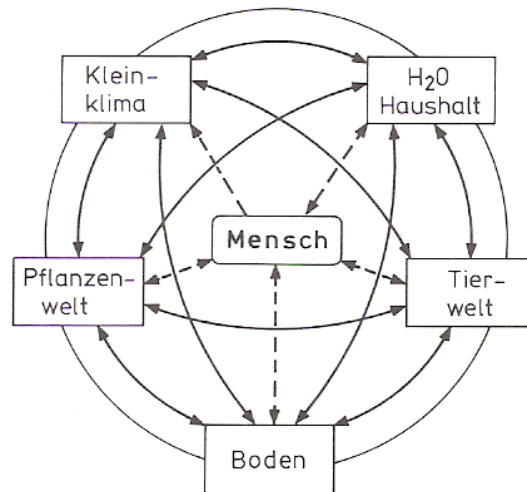
Das gesamte System, in dem der Mensch seinen Lebensraum hat, ist ein sehr sensibles. Eine Veränderung eines Faktors kann Folgen für einen oder mehrere andere Bereiche haben. Ein Bereich, der wesentlich beeinflusst wird, kann sich auf zahlreiche andere auswirken und somit ein störungsanfälliges System aus dem Gleichgewicht bringen. Dies soll die nachfolgende Abbildung vereinfacht, aber dennoch eindeutig veranschaulichen:

¹⁴⁰ Parker et al. S. 105.

¹⁴¹ Vgl. Schimitschek S. 9f.

¹⁴² Schimitschek S. 10.

Abb. 13: Der Mensch und die Umwelt – eine gegenseitige Beeinflussung



Zwischen den einzelnen Faktoren besteht ein Zusammenhang, der von einem oder mehreren anderen beeinflusst wird, weswegen das System anfällig ist, besonders dann, wenn die Eingriffe über einen längeren Zeitraum stattfinden und massiv sind. Im Zentrum steht der Mensch, der auf alle Bereiche einwirkt und somit als bedeutendster Einflussfaktor deklariert werden kann.

Der Mensch als intelligentes Wesen weiß um diese Prozesse Bescheid und kann hier gezielt eingreifen, damit es nicht zu negativen Auswirkungen kommt. So kann der Erhalt von Wäldern oder der sorgfältige Umgang mit dem Boden viel zu einer Entwicklung beitragen, die das Klima verbessert oder zumindest stabilisiert.

Von Bedeutung ist diese Thematik nicht nur global gesehen, sondern auch für einzelne Länder wie Österreich. Bisher war ein großes Problem die Übertragung von Krankheiten, die durch Zecken stattfinden und die mit groß angelegten Kampagnen an der Ausbreitung gehindert werden sollen. Univ. Prof. Dr. Horst Aspöck von der Abteilung für Medizinische Parasitologie am Institut für Spezifische Prophylaxe und Tropenmedizin an der Medizinischen Universität Wien meint hierzu in der Zeitschrift „Medizin populär“:

„So ist wissenschaftlich nachgewiesen, dass sie mittlerweile Gebiete im Alpenbereich besiedeln, die sie früher nicht besiedelt haben. In Vorarlberg gab es vor zwei Jahren mehrere Fälle von Frühsommer-Meningoenzephalitis, also von FSME, in über 1500 Meter. In dieser Höhe war ein Vorkommen vor Jahrzehnten undenkbar.“¹⁴³

¹⁴³ <http://www.medizinpopulaer.at/tags/details/article/die-quaelgeister-kommen.html>

Aber nicht nur die einheimischen Tiere bereiten Wissenschaftlern Sorgen, sondern auch sogenannte Neozoa, die durch die Globalisierung neue Ausbreitungsgebiete finden. Allerdings werden durch die weltweiten Handelsrouten und Verkehrswege oftmals auch neue Krankheiten mitgebracht, die bis dahin in anderen Ländern ihre Verbreitung gefunden haben. In weiterer Folge soll ein Überblick über ausgewählte Erkrankungen in ihrer Bedeutung für die Menschheit gegeben werden.

VI.8.1.1 Malaria – Krankheit, Maßnahmen und Prophylaxe

Die Gebiete, in denen Malaria auftritt, veränderten sich in der Geschichte der Menschheit immer wieder in unterschiedlichem Ausmaße. Heutzutage gilt Malaria als die Tropenkrankheit par excellence und erreicht in zunehmendem Maße eine Ausweitung in den verschiedenen Regionen der Erde. So ist zum Beispiel in Indien eine Zunahme dieser Erkrankung zu vermerken, besonders der urbanen Malaria in den Slums, da dort ein idealer Entwicklungsraum für die Anophelesmücke existiert. In sehr früher Zeit wurde vermutet, dass Malaria, aber auch andere Krankheiten eine Strafe der Götter waren oder durch dämonischen Einfluss auftraten.

Auch Afrika ist einer der Kontinente, wo die Bevölkerung besonders unter dieser Erkrankung zu leiden hat. Doch auch in Europa gab es in früheren Zeiten immer wieder Fälle von Malaria, besonders im Mittelalter. Die Grenze zog sich bis nach Schweden hinauf. In späteren Jahrhunderten, etwa im 19., konnte ein Rückgang der Malaria durch Trockenlegung von Sümpfen bewirkt werden.¹⁴⁴

Die Anophelesmücke ist der Vektor für die Malaria. Medizinisch interessant ist diese Erkrankung deshalb, weil die Erreger intrazelluläre Blutparasiten sind, die einen obligaten Wirtswechsel benötigen, der zwischen Mensch und Mücke erfolgt. Die Erreger gehören in den meisten Fällen zur Gattung *Plasmodium*. Die Übertragung erfolgt ausschließlich über weibliche Tiere beim Stich, wobei mit dem Speichel die Sporozoite in den Blutkreislauf gebracht werden. Dann beginnt im Menschen, genauer in der Leber oder auch gleich direkt in den Erythrozyten, der Teilungsprozess, bis die sogenannten Merozoiten durch Platzen der Zellen entlassen werden. Dies bewirkt ein Freisetzen von Antigenen, welche einen Fieberschub hervorrufen.¹⁴⁵ Der detaillierte Ablauf des Generationen- und Wirtswechsels kann in der einschlägigen Fachliteratur nachgelesen werden.

¹⁴⁴ Vgl. Schimitschek S. 24.

¹⁴⁵ Vgl. Wittmann S. 97ff.

Bedeutend ist, dass eine Einschränkung der Malaria durch Trockenlegung von Feuchtgebieten hervorgerufen werden kann, was allerdings auch eine Veränderung des vorherrschenden Ökosystems mit sich bringt.

Therapeutische Möglichkeiten gab es bereits bei den Inkas, die sich die Chinin enthaltende Rinde des Fiebermittelbaums, welcher zu den Rubicacaen gehört, zunutze gemacht haben. Allerdings gibt es auch Impfungen, die sehr effektiv sind, und auch Kampagnen mit DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan), welches als Insektizid lange Zeit sehr weit verbreitet war. Es ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass die Anophelesmücken eine Resistenz gegen dieses Gift entwickelten und somit Innovationen auf diesem Sektor der Insektizid-Forschung stattfinden müssen. Dies ist ein wichtiger Aspekt, den es zu beachten gibt, da ein vermeintlich gut wirksames Mittel nach kurzer Zeit seine Effizienz verlieren kann. Doch Dank des DDT konnten in der Vergangenheit zahlreiche Leben gerettet werden. Ein weiterer wesentlicher Punkt ist, dass sich gewisse Chemikalien, so auch DDT, in verschiedenen Organismen anreichern und dann in die Nahrungskette gelangen können. Ein bekanntes Beispiel ist auch der Quecksilbergehalt in Fischen. Diese Anreicherungstendenzen stellen schlussendlich eine gesundheitsgefährdende Situation für den Menschen dar, da er am Ende der Nahrungskette steht. Mittlerweile ist DDT in vielen Ländern verboten.

Menschen, die mit Malaria infiziert wurden, haben nach der Genesung eine eingeschränkte Immunität gegen diese Erkrankung. Es gibt auch Individuen, die eine Resistenz aufweisen, wenn sie heterozygote Träger der Sichelzellanämie sind, da aufgrund des früheren Zerfalls der Erythrozyten der Zyklus der Merozoiten nicht abgeschlossen werden kann. Die Einnahme von Medikamenten (Chemoprophylaxe) kann Schutz gegen eine Erkrankung bieten, aber es ist auch vonnöten, dass Mückenstiche vermieden werden, weswegen auf Reisen Moskitonetze mitgenommen werden sollten. Aber ein Schutz kann auch durch Bekleidung und durch zusätzliches Eincremen mit Moskitoschutzmitteln geboten werden. Diese Maßnahmen sollten während eines Aufenthaltes in einem Malariagebiet regelmäßig angewendet werden.

Die schlimmste Form ist die *Malaria tropica*, die meistens zum Tod führt. Sie weist einen unregelmäßigen Krankheitsverlauf auf und ist in den Tropen weit verbreitet. Das besonders Gefährliche an ihr ist unter anderem, dass die Gehirnkapillaren durch klebrige Erythrozyten verstopft werden.¹⁴⁶ Dies führt in weiterer Folge zu einer Unterversorgung der betroffenen Gehirnareale mit Sauerstoff und schlussendlich zu einem Schlaganfall mit all seinen Folgeerscheinungen, je nach Schweregrad.

¹⁴⁶ Vgl. Wittmann S. 99

Die anderen Malariaformen sind durch Fieberschübe gekennzeichnet, nehmen sonst aber einen weitgehend harmlosen Verlauf.

VI.8.1.2 Denguefieber – Krankheit, Klima und Therapie

Das Denguefieber tritt meist epidemisch auf und wird durch ein Virus hervorgerufen, welches durch eine Stechmücke (*Aedes aegypti*) übertragen wird. Die charakteristischen Symptome wie Fieber, heftige Kopfschmerzen und starke Muskelschmerzen treten nach fünf Tagen auf. Die Krankheit hat auch den Namen „bone breaker“, da in dieser Phase jede Bewegung sehr schmerzhaft ist. Danach sinkt das Fieber für kurze Zeit, um dann wieder heftig anzusteigen und mit einem fleckigen Hautausschlag einherzugehen. Nach Abklingen der Krankheit leiden die Patienten oftmals unter Depressionen oder Angstzuständen. Eine Prophylaxe gibt es nicht, und auch die Therapiemöglichkeiten per se sind unzureichend. Sie bestehen in fiebersenkenden Mitteln und der Gabe von Analgetika. Da die Mücken tagaktiv sind, ist es ratsam, sich durch Kleidung und Cremes gegen Moskitos zu schützen.¹⁴⁷

Es ist interessant zu wissen, dass die Stechmücke als Vektor sich unter gewissen Bedingungen besonders rasch ausbreitet. Hierbei ist die Klimaerwärmung wieder von Relevanz: „Die bisherige Klimaerwärmung hat es den Vektoren (*Aedes aegypti*) bereits ermöglicht, in höhere Gebirgszonen vorzudringen. Im Falle des Weitergehens der Erwärmung könnten sie sich auch horizontal weiter verbreiten.“¹⁴⁸ Auch hier ist der Klimawandel ein wichtiger Faktor für die Ausbreitung einer Krankheit. Im nächsten Kapitel soll abschließend noch auf einen weiteren Bereich eingegangen werden, der auch die Gesundheit des Menschen beeinträchtigt, aber nicht von einem Tier übertragen wird. Es soll hier auf die Verschleppung eines allergenen Organismus eingegangen werden.

VI.8.1.3 Der allergene Organismus *Ambrosia artemisiifolia*

Nicht nur Stechmücken, die als Vektoren für verschiedene Krankheiten dienen, und andere Mikroorganismen finden ihre vermehrte Verbreitung durch ein wärmeres Klima, sondern auch Pflanzen, die gegebenenfalls allergen sein können.

¹⁴⁷ Vgl. <http://www.tropeninstitut.at/denguefieber.htm>

¹⁴⁸ Wittmann S. 80.

Abb. 14: Der allergene Organismus *Ambrosia artemisiifolia*



Diese Pflanze ist unter dem deutschen Namen „Beifußblättriges Traubenkraut“ oder im Englischen als „common ragweed“ bekannt und wird deswegen immer interessanter, da sie ein sehr starker Allergieauslöser beim Menschen ist und in der dadurch verursachten Behandlung hohe Kosten verursacht. Durch die zahlreichen Pollenkörner dieser windblütigen Pflanze werden sehr große Mengen an Antigenen mit einer hohen allergenen Potenz verbreitet.¹⁴⁹ Zusätzlich kommt hinzu, dass sich die eingeschleppte Pflanze in Österreich sehr rapide ausbreitet und sehr viele Menschen eine allergische Reaktion gegen diese Pflanze aufweisen. Das Beifußblättrige Traubenkraut „bevorzugt warm-trockene Standorte, wie Straßenränder, aufgelassene Felder, Schutthalden, Müllhalden, etc.“¹⁵⁰. Da diese Pflanzenart warme und trockene Bedingungen präferiert, ist es verständlich, dass auch hier die Klimaerwärmung entscheidend für eine weitere Ausbreitung dieser Art ist und somit ein Anstieg der Allergien erwartet werden muss. Dies hat zur Folge, dass Menschen in ihrer Tätigkeit eingeschränkter sind, es vermehrt zu Krankenstandstagen kommen kann und auch die Therapiekosten ein wichtiger wirtschaftlicher und auch sozialer Faktor werden können. So gesehen wird das wärmere Klima nicht nur eine Veränderung von Landschaften, eine Verschiebung beziehungsweise eine Intensivierung von Krisenherden hervorrufen, sondern auch das Gesundheitssystem und die medizinische Versorgung beeinflussen. Durch die

¹⁴⁹ Vgl. Wittmann S. 78.

¹⁵⁰ Wittmann S. 78.

Ausweitung wärmerer Regionen finden Tiere und auch Pflanzen ein größeres Ausbreitungsareal sowie Krankheitserreger idealere Bedingungen für ihre Vermehrung. Somit wird der Mensch von mehreren Seiten massive Veränderungen in seinem bisher bekannten Lebensraum erfahren und versuchen müssen, sich, so gut es geht, zu adaptieren.

VII. Klimawandel im Rahmen des Schulunterrichts unter den Aspekten fächerübergreifenden Unterrichts

In diesem Kapitel soll nicht nur eine genauere Betrachtung der Vor- und Nachteile des fächerübergreifenden Unterrichts, im speziellen der Fächer Deutsch und Biologie stattfinden, sondern auch eine Anregung zum kritischen Umgang mit Quellen, die sich mit dem Thema Klimawandel beschäftigen, erfolgen. Zunächst müssen allerdings einige grundlegende Fakten angeführt werden, die für dieses Kapitel relevant sind. Anfänglich soll kurz die zentrale Aufgabe der österreichischen Schulen wiedergegeben werden:

„Sie [Die österreichische Schule] hat die Jugend mit dem für das Leben und den künftigen Beruf erforderlichen Wissen und Können auszustatten und zum selbstständigen Bildungserwerb zu erziehen. [...] Sie [Die jungen Menschen] sollen zu selbstständigem Urteil und sozialem Verständnis geführt, dem politischen und weltanschaulichen Denken anderer aufgeschlossen sowie befähigt werden, am Wirtschafts- und Kulturleben Österreichs, Europas und der Welt Anteil zu nehmen und in Freiheits- und Friedensliebe an der gemeinsamen Aufgabe der Menschheit mitzuwirken.“¹⁵¹

Dies bedeutet, dass die österreichischen Schulen die Hauptaufgabe in sich tragen, Schüler zu selbstdenkenden und vor allem auch kritischen Menschen zu erziehen. Dies sollte nicht nur im üblichen Regelunterricht der Fall sein, sondern könnte auch zusätzlich durch fächerübergreifenden Unterricht gefördert und gefordert werden. Zusätzlich sollen die Lernenden dazu erzogen werden, eigenständig Entscheidungen treffen zu können, wodurch sie auch Verantwortung übernehmen sollen, nicht nur für sich selbst, sondern auch für die Gesellschaft und die globale Bevölkerung.

Im Schulunterricht ist es wichtig, das vernetzte Denken der Lernenden zu fordern und zu fördern. Dafür bietet gerade der Themenbereich des Klimawandels ideale Voraussetzungen,

¹⁵¹ <http://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Dokumentnummer=NOR12118405>

da er in den unterschiedlichen Unterrichtsfächern abgehandelt werden kann. Erfolgt zusätzlich noch ein fächerübergreifender Unterricht, werden den Lernenden ideale Bedingungen geboten, um sich ein allumfassendes und fundiertes Wissen anzueignen. Darüber hinaus wird ihm auch bewusst gemacht, dass er als verantwortungsvoll handelnder Mensch einen wesentlichen und wichtigen Beitrag leisten kann, um achtsam mit der Umwelt und den Ökosystemen der Erde umzugehen. Die Betonung soll hierbei auf ideal liegen, denn im weiteren Verlauf sollen die Probleme dargelegt werden, die dies aufgrund der organisatorischen als auch der prinzipiellen Gegebenheiten in der Schule verhindern. Zurückgegriffen wird hierfür auf Erfahrungswerte meiner eigenen Unterrichtstätigkeit und ebenso auf einschlägige Literatur.

Für Schüler ist es relevant, das naturwissenschaftliche Arbeiten zu erlernen und es in weiterer Folge auch erfolgreich anwenden und umsetzen zu können. Hierbei ist es nicht nur von Vorteil, wenn die Lernenden Zusammenhänge in der Natur verstehen können, sondern auch einen kritischen Umgang mit Medien pflegen, da diese einen wesentlichen Beitrag zur Meinungsbildung als auch zur Vorstellungswelt liefern. Was genau bedeutet fächerübergreifender Unterricht?

VII.1 Fächerübergreifender Unterricht

Fächerübergreifender Unterricht ist deswegen notwendig, damit er ein vernetztes Denken bei Schülern schafft, sodass diese ein breitgefächertes Wissen besitzen, aber auch komplexe Zusammenhänge verstehen können. Erst dadurch wird es möglich, eventuelle Konsequenzen gerade im Zusammenhang mit dem Klimawandel aufzeigen zu können und sich derer auch bewusst zu werden. Auch kann erst durch vernetztes Denken die Möglichkeit entstehen Problemlösungen zu entwickeln.

Laut BMUKK (Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur) soll fächerübergreifender Unterricht unter anderem wie folgt aussehen:

„Im fächerverbindenden Unterricht haben Lehrerinnen und Lehrer im Rahmen ihres Fachunterrichts mögliche, die Fächergrenzen überschreitende Sinnzusammenhänge herzustellen. Die Organisation des nach Fächern getrennten Unterrichts bleibt hier bestehen.

Bei fächerübergreifender Unterrichtsgestaltung steht ein komplexes, meist lebens- oder gesellschaftsrelevantes Thema oder Vorhaben im Mittelpunkt. Die einzelnen Unterrichtsgegenstände haben im integrativen Zusammenwirken – z.B. im Sinne des Projektunterrichts – ihren themenspezifischen Beitrag zu leisten. Dies bedingt eine

aufgabenbezogene besondere Organisation des Fachunterrichts und des Stundenplans. Die Organisation kann über längere Zeiträume sowie klassen- und schulstufenübergreifend erfolgen.¹⁵²

Demnach wäre der Klimawandel im Sinne eines lebens- und gesellschaftsrelevanten und die Fächergrenzen überschreitenden Themas geradezu ideal für den Unterricht. Interessant ist der letzte Abschnitt des oben angeführten Zitates, da sich noch zeigen wird, welche Probleme die Organisation eines solchen Unterrichtes mit sich bringen, sowohl stundenplanmäßiger als auch schulorganisatorischer Art.

VII.1.2 Verschiedene Konzepte des fächerübergreifenden Unterrichtes

Üblicherweise verhält es sich im Schulunterricht so, dass 50 Minuten lang ein bestimmtes Fach unterrichtet wird und anschließend die Konfrontation mit einem differenten Gegenstand erfolgt. Dies bedeutet, dass jedes Fach mehr oder minder für sich steht und wenig Bezug auf andere zulässt beziehungsweise dass Lerninhalte zwar vermittelt werden, aber nicht idealerweise in der Art, dass sie parallele Anwendung im Unterricht finden, sondern erst dann Einzug finden, wenn der Lehrer es für notwendig erachtet. So steht jedes Fach für sich isoliert mit allen seinen Inhalten.

Im Gegensatz zu dieser traditionellen Art des Unterrichtens stehen innovative Ansätze und Methoden. Die modernen Ansichten des fächerübergreifenden Unterrichtes „lassen prinzipiell jedes Fach als Leitfach auf Zeit zu und geben ihm die Möglichkeit, andere Fächer wie Satelliten zeitweilig an sich zu binden“¹⁵³. Dies impliziert, dass von einem Fach ausgehend, zum Beispiel Biologie, ein Thema aufgenommen wird, beispielsweise der Klimawandel, und dieses Unterrichtsfach mit all den biologischen Aspekten das Leitfach bildet. Die anderen Fächer, wie zum Beispiel Chemie, Physik, Geschichte oder Deutsch sind zwar präsent, befinden sich aber in einer Warteposition, um dann die Funktion von Biologie zu übernehmen. Theoretisch kann dieses Prinzip bereits von zwei Klassenlehrern umgesetzt werden und so ein, wenngleich auch minimaler, Input zum vernetzten Denken geboten werden.

Der fächerübergreifende Unterricht muss nicht dem traditionellen Image entsprechen, welches in der Regel vermittelt wird, sondern kann in Abstufungen anders gehandhabt werden. Somit können fünf verschieden übliche Formen differenziert werden:

¹⁵² www.bmukk.gv.at/medienpool/18263/allglpbezahs.pdf

¹⁵³ Bärnthaler S. 14.

- „1. Fächerüberschreitend: Der Fachlehrer verweist aus seinem Fachunterricht heraus auf thematisch entsprechende Inhalte oder Perspektiven anderer Fächer.
2. Fächerverknüpfend: Die Lehrer von mindestens zwei Fächern beziehen sich wechselseitig aus ihrem jeweiligen Fachunterricht heraus fächerüberschreitend auf die ihnen bekannten Unterrichtsmaterialien des/der anderen Lehrer/s.
3. Fächerkoordinierend: Die Lehrer von mindestens zwei Fächern stimmen ihren jeweiligen Unterricht schon in der Planungsphase aufeinander ab (Team-Planung), erteilen ihn jedoch getrennt.
4. Fächerergänzend: Zusätzlich und parallel zum gefächerten Unterricht erteilen mehrere Fachlehrer gemeinsam Unterricht (Team-Teaching) über Themen, die von mehreren Perspektiven (Fächern) aus zu behandeln sind. Die jeweilige Fachsystematik ist dabei nebensächlich.
5. Fächeraussetzend: Der Fachunterricht wird für einen kürzeren oder längeren Teil des Unterrichtsjahres ausgesetzt, um Freiräume für organisatorisch besonders aufwendige fächerübergreifende Vorhaben, speziell Projekte, zu schaffen.“¹⁵⁴

Diese fünf unterschiedlichen Ansätze sind gut in der Idee und beinhalten interessantes Potenzial für den Unterricht. Die einfachste und flexibelste Methode stellt die erste dar, wo fächerüberschreitend gelehrt wird. Hierfür ist kein organisatorischer Aufwand vonnöten und es kann beständig vorgenommen werden. Der Lehrer muss nur kompetent genug sein, um auf andere Inhalte verweisen zu können, und auch fachlich versiert sein, damit die Schüler nichts Falsches vermittelt bekommen.

VII.1.3 Schwierigkeiten des fächerübergreifenden Unterrichtes

In Bezugnahme auf die fünf differenten Formen des fächerübergreifenden Unterrichtes lassen sich bei dem überwiegenden Teil Schwierigkeiten in der Umsetzung feststellen. Diese Prinzipien sind ideale, doch im Schulalltag wenig praktikabel.

Hierbei lassen sich verschiedene Punkte auflisten, die dazu dienen sollen, dass ein Bewusstsein für die Schwierigkeit eines solchen Unterrichtes geschaffen werden soll; vielleicht dient diese Auflistung auch dazu, eine Problemlösung zu finden, die vielleicht eher gewährleistet, dass es sporadisch möglich ist, fächerübergreifend zu unterrichten. Zum Teil beziehen sich die folgenden Punkte auf eigene Erfahrungen und auch auf die meiner Kollegen.

¹⁵⁴ Bärnthaler. S.14 f.

- 1.) Der Stundenplan sieht vor, dass man zu einer gewissen Unterrichtsstunde in einer bestimmten Klasse ist, was wenig Spielraum für Änderungen lässt. Benötigt man einmal mehrere Stunden an einem Tag in einer Klasse, müssen die Kollegen damit einverstanden sein und ihre Zustimmung geben. Bei einmaligen Ereignissen ist dies noch nicht problematisch, allerdings können auch da schon Kollegen ihren Unmut äußern. Sollte dies jedoch öfter der Fall sein oder über mehrere Tage verlaufen, werden die Kollegen dies nicht mehr zulassen, weil ihnen Stunden entfallen, die wichtig sind. Jeder Lehrende will ja seinen Stoff in einem Unterrichtsjahr vermitteln oder aber Tests beziehungsweise Schularbeiten abhalten, für die eine Übungsphase relevant ist. Auch hat man in den eigenen Klassen Überprüfungen, die Beachtung in der Vorbereitung zu finden haben. Da jeder Lehrer mehr oder minder die Schularbeitstermine individuell und nach den gesetzlichen Vorschriften festlegt, kann es dadurch sehr rasch zu Kollisionen in der Planung kommen.
- 2.) Die Motivation ist ebenfalls ein relevanter Faktor, denn nicht nur der reguläre Unterricht muss geplant werden, sondern auch ein fächerübergreifender soll so sorgfältig strukturiert durchgeführt werden, damit die Schüler den größten Nutzen daraus ziehen können. Ist man selbst der Initiator eines solchen Projektes, wird die Bereitschaft, etwas dafür zu arbeiten, größer sein, als wenn man dazu verpflichtet wird oder auch zum Mitmachen gebeten wird. Abgesehen davon gibt es, vom Alter unabhängig, bei einigen Kollegen die Meinung, dass dies irrelevant sei und sie sich dagegen erwehren, beziehungsweise ist ihnen auch der Aufwand zu groß. Es sollten vorab Überlegungen angestellt werden, die das zeitliche Ausmaß, die genaue Planung und Durchführung aber auch die notwendigen Materialien und eventuell anfallenden Kosten berücksichtigen. Darüber hinaus darf nicht auf den endgültigen Output, der bei den Schülern erzielt werden soll, vergessen werden, der zuvor klar definiert sein sollte.
- 3.) Eine Schwerpunktwoche scheint eine gute und zweckdienliche Idee zu sein, denn man muss nicht den Stundenplan verändern, sondern jeder Lehrende kann in seiner gewohnten Stunde unterrichten, sodass keine Stunden entfallen. Außerdem ist der Aufwand der Planung besser zu handhaben als bei einem Projekt, im Rahmen dessen nicht alle Fächer beteiligt sind. Doch hierbei wird vielleicht die Hälfte der Kollegen mitmachen, da für viele schon eine Planungssitzung eine Unannehmlichkeit darstellt, sodass es schwierig wird, diese Idee im vollen Ausmaße in die Tat umzusetzen. Eine Schwerpunktwoche sollte so ablaufen, dass von einem Fach ausgehend ein Thema

festgelegt wird und die anderen Fächer in einer bestimmten festgelegten Woche dann dazu passend den Unterricht gestalten.

- 4.) Die Nutzung von technischen Hilfsmitteln kann ebenfalls zu einem Konfliktpunkt werden, an dem fächerübergreifender Unterricht scheitern kann. Manche Kollegen sind nicht versiert im Umgang mit Laptop und Beamer oder wissen nicht, was zu tun ist, wenn Probleme auftreten. Auch Schüler können hier nur eingeschränkt helfen, und jemanden zu finden, der dann gerade zu diesem Zeitpunkt helfen kann, ist schwierig, wenn gerade Unterricht ist. So kommt es zu einer Zeitverzögerung im Ablauf, und es müsste eine spontane Umorganisation stattfinden. Dies kann wiederum zu einem neuen Problem für manche Kollegen führen, die sich lieber an ihr vorbereitetes Konzept halten wollen.

Dies sind, aus Sicht der Autorin, vier wesentliche Punkte, die oft zum Scheitern eines fächerübergreifenden Projektes führen. Am schwersten wiegt der erstgenannte Punkt, da das Schulorganisatorische besonders schwierig zu handhaben ist und die größte Mühsal darstellt. Oftmals muss man schon Wochen zuvor mit der Organisation beginnen, damit sich sowohl Kollegen als auch Schüler nach dem neuen Zeitmanagement richten können. Auch sollte darauf geachtet werden, durch frühe Planung mit Berücksichtigung von Stundentausch sowohl bei den beteiligten Kollegen als auch bei alle betroffenen Klassen insgesamt den Entfall von Stunden so gering wie möglich zu halten.

Zusätzlich müssen die Inhalte so genau geplant sein, dass die lehrplanmäßigen Inhalte der an dem fächerübergreifenden Unterricht beteiligten Fächer in ihrer Kontinuität beibehalten werden und dass keine Stoffgebiete entfallen. Es geht hierbei nicht darum, Zusätzliches einzubringen, sondern den zu unterrichtenden Stoff in einen größeren Kontext zu stellen. Jedwedem organisatorischen Problem zum Trotz scheint es für bestimmte Projekte keine Hindernisse zu geben, wenn es darum geht, für eine Woche den Unterricht auszusetzen oder umzuändern. So werden etwa Veranstaltungen wie Skikurse, Sportveranstaltungen oder auch Sprachwochen, die ohne Zweifel ihre Relevanz im Schulalltag haben, stark beworben und ohne größere Umstände organisiert. Allerdings entsprechen diese Veranstaltungen nicht dem Konzept des fächerübergreifenden Unterrichts, sondern dienen entweder der sportlichen Betätigung oder der Intensivierung der Fremdsprachenkenntnisse.

Nichtsdestoweniger ist der Regelunterricht notwendig und sollte durch fächerübergreifende Ergänzungen eine Intensivierung erfahren, die nicht nur den Stoff manifestiert, sondern ihn auch in übergeordnete Zusammenhänge setzt. Gerade im Schulunterricht muss dieses

Handwerk den Lernenden nahegebracht werden, damit sie damit praktisch umgehen lernen und es auch anwenden können. Nur so wird gewährleistet, dass sie auch im späteren Leben, wie zum Beispiel im Rahmen eines universitären Studiums zu abstraktem Denken angeregt werden, wodurch komplexe Themengebiete erschlossen und verstanden werden können. Doch zu Beginn kann das abstrakte Denken noch nicht in vollen Zügen genutzt werden, da sich das Gehirn der Schüler erst weiterentwickeln muss und sie dafür „reif“ sein müssen:

„Am Anfang des Bildungsweges begegnen Kinder in der Schule noch vielen Inhalten, die ihrer konkreten Lebenserfahrung nahe stehen. Wissenschaftliche Spezialisierung und die damit verbundene Abstraktion erfolgen erst auf einer späteren Stufe.“¹⁵⁵

Zunächst sollen die Grundlagen eines Faches vermittelt werden, bevor die Schüler zum tiefergehenden und komplexeren Denken angeregt werden können. Deswegen ist auch ein angemessenes wissenschaftliches Arbeiten notwendig, welches man sich zunutze machen sollte. Dafür ist eine gute Beherrschung der Sprache ein unerlässliches Mittel.

„Mündliche und schriftliche Kommunikationsfähigkeit, sprachreflektorische Kompetenz und literarische, also sprachästhetische Bildung sind Bildungsziele, die viel Zeit und Mühe in Anspruch nehmen, sowohl für die LehrerInnen als auch für die SchülerInnen. Unsere Vorstellung von fächerverbindenden Unterrichtsinhalten und Arbeitsmethoden sollte daher immer nur von dem ausgehen, was primär unsere Sache ist, also von der deutschen Sprache und von der (deutschsprachigen?) Literatur.“¹⁵⁶

Hier wird etwas sehr Bedeutungsvolles angesprochen, nämlich, dass die deutsche Sprache die Basis für alles weitere schafft, sowohl für einen fächerübergreifenden Unterricht als auch für wissenschaftliches Arbeiten. Denn nur wer die Sprache beherrscht, kann mit ihr so gut umgehen, um dieses Werkzeug effektiv nutzen zu können. Arbeitsanleitungen können dann befolgt und verstanden werden, aber auch Textinhalte können verstanden werden, und alle relevanten Informationen können weiterbenutzt werden, um Aufgabenstellungen zu lösen oder um Zusammenhänge besser zu verstehen. Liegen diese Kompetenzen und Fertigkeiten bei einem Lernenden nicht vor, dann fehlt die Grundlage für vieles, da nur wenig Verständnis für Fakten aufgebracht werden kann und Texte nicht in ihrem ganzen Ausmaß verstanden werden. Daher ist es wichtig, im Fach Deutsch diese oben angeführten Kompetenzen zu

¹⁵⁵ Bärthaler S. 23f.

¹⁵⁶ Bärthaler S. 24f.

unterstützen, aber auch in anderen Fächern sollte der Umgang mit der deutschen Sprache geübt werden und in weiterer Folge eine gezielte Festigung dieser Fähigkeiten stattfinden. Dies kostet Zeit und Mühe, allerdings macht sich das Output für die Lernenden bezahlt, und dies soll ja eines der wesentlichen Ziele von Schule sein.

VII.1.4 Biologie und Deutsch

Prinzipiell ist ein fächerübergreifendes Unterrichten in allen Themenvarianten möglich, allerdings kristallisieren sich je nach Kombination verschiedene Schwierigkeiten beziehungsweise andere Herangehensweisen heraus. Biologie, sowie alle anderen Naturwissenschaften, lässt sich dennoch mit dem Fach Deutsch kombinieren, hauptsächlich jedoch in ausgewählten Bereichen, und vorwiegend dort, wo Deutsch als Werkzeug zur Vermittlung naturwissenschaftlicher Kenntnisse dient. Die Problematik ist eine fächerinhärente:

„Deutsch beschäftigt sich, egal ob die Sprache des täglichen Gebrauchs oder die Literatursprache sein Gegenstand ist, mit einem Kulturphänomen, die Naturwissenschaften haben, wie der Begriff schon sagt, mit der Natur zu tun. Die erklärt auch – unter anderem – Unterschiede im Methodischen.“¹⁵⁷

Es wird eine konkrete Differenzierung zwischen diesen beiden Wissenschaften aufgezeigt. Das Unterrichtsfach Deutsch reflektiert über die Sprache und sich mit dieser näher auf verschiedenen Ebenen auseinandersetzt. Dies bedeutet, dass mit einer Sprache über eine Sprache geschrieben oder gesprochen wird, sei es nun über einen speziellen Text oder ein sprachliches Phänomen. Es geht um die Sprachverwendung an sich.

Die Naturwissenschaften setzen sich mit Phänomenen der Natur auseinander, die dennoch in Form von Sprache festgehalten oder mitgeteilt werden müssen, sei es in Worten, in einer Formelsprache oder in Zahlen. Das alles ist Sprache. Die Schwierigkeit bei den Naturwissenschaften ist eine doppelte: Einerseits muss ein Phänomen erkannt werden, andererseits muss man dieses in weiterer Folge sprachlich zugänglich machen.

Um diesen Sachverhalt zu konkretisieren, soll das Thema Klimawandel herangezogen werden, wo kurz angeführt werden soll, wie die Lage ist. Es ist aber wichtig zu erwähnen, dass dieser Bereich vielschichtiger und komplexer ist, als hier aufgezeigt werden kann. Wann immer jemand über Klimawandel spricht geschieht dies mit Hilfe der Sprache. Das heißt, dass die Sprache das Werkzeug für die Naturwissenschaften ist, wenn es um die Vermittlung von

¹⁵⁷ Schacherreiter S. 30.

Fakten und Sachverhalten geht, da sonst keine andere Möglichkeit des Wissensaustausches existiert. Obzwar auch Messverfahren existieren, die die notwendigen Daten, etwa für den Temperaturverlauf der letzten hundert Jahre, liefern, sind auch diese Zahlen eine Art von Sprache im weitesten Sinne. Orientiert man sich an der ursprünglichen Bedeutung des Begriffes „Text“¹⁵⁸, so ist die Auflistung von Messdaten auch ein Text, da hier bestimmte, genau definierte Informationen festgehalten werden. Sozusagen ist all das ein Text, was Informationen enthält oder aus Symbolen besteht und damit ein „Gewebe“ im wahrsten Sinne des Wortes erzeugt.

In der Schule müssen nicht nur die Grundvoraussetzungen des Lese- und Textverständnisses geschaffen werden, sondern auch das Verfassen von unterschiedlichen Textsorten. Denn es ist unabdingbar, dieses zu beherrschen, wenn naturwissenschaftliche Sachverhalte ausgedrückt und festgehalten werden sollen. Dies muss in einer verständlichen Art und Weise erfolgen, und der Verfasser hat sich an die jeweiligen Kriterien der Textsorte zu halten, damit es zu keinen Missverständnissen kommt.

Einerseits müssen Schüler wissen, wie verschiedene Textsorten aufgebaut sind, andererseits müssen sie auch verstehen, was mit ihnen bewirkt werden kann. Dies ist von entscheidender Relevanz, wenn die Ebene der Fakten und der objektiven Textsorten verlassen wird und sich der Fokus auf die journalistischen hinwendet. Denn hier kommt nicht nur die Subjektivität eines Individuums ins Spiel sondern auch eine meinungsbildende und –färbende Ebene. Dies gilt den Lernenden aufgezeigt zu werden, um ihnen anhand von Beispielen einen kritischen Umgang nahezubringen. Dafür ist es notwendig, dass der Umgang mit der Sprache sicherer beherrscht wird, damit manipulative Strukturen erkannt werden, über die auch reflektiert werden muss. Dafür ist eine Medienerziehung im Unterricht unumgänglich.

VII.1.5 Medienerziehung

Medienerziehung umfasst viel mehr als einen kritischen Umgang mit journalistischen Texten. Dennoch ist es wichtig, einen kurzen Überblick darüber zu geben, bevor ins Detail gegangen werden kann.

Im Grundsatzterlass für Medienerziehung des BMUKK findet sich eine Definition mit näherer Erklärung:

„Medienerziehung ist eine Form pädagogischen Umgangs mit Medien, der zur kritisch-reflexiven Nutzung aller Medien heranzuführen soll. Wo Medien als Mittel der

¹⁵⁸Lat. *textus* bedeutet entweder „Geflecht, Zusammenhang der Rede“ oder aber auch „Inhalt, Wortlaut“. Stowasser S. 512.

Information, Unterhaltung, Bildung und Alltagsorganisation für die Sozialisation des Menschen Bedeutung erlangen, werden sie zum Gegenstand der Medienerziehung – die Medien sind Gegenstand und Thema des Unterrichts (Erziehung *über* Medien). Medienerziehung befasst sich mit allen Kommunikationsmedien und deren netzwerk-basierten Kombinationen.

Die Kommunikationsmedien sind – unabhängig von der Technologie – konstitutive Bestandteile aller Texte: Wort, gedruckt/gesprochen, und Grafik, Ton, Standbild und bewegtes Bild. Die Neuen Medien dienen der Kommunikation und haben Auswirkungen auf eine Reihe von sozialen Dimensionen. Die kritische Reflexion der möglichen Auswirkungen ist ebenfalls Gegenstand der Medienerziehung.“¹⁵⁹

Zur Medienerziehung gehört nicht nur die kritische Reflexion von Texten, sondern auch eine Auseinandersetzung mit anderen Arten der Medien, wie etwa Fernsehen, Internet etc. Diese werden im alltäglichen Leben von den Schülern konsumiert oft ohne zu wissen, wie sie mit den jeweiligen Informationen, die sie gewinnen, umzugehen haben; vielmehr nehmen sie vieles als gegeben hin ohne den genauen Sachverhalt zu hinterfragen. Gerade in den letzten Jahren trat aufgrund des vermehrten Internetgebrauchs ein starker Wandel der Mediennutzung ein. Da Schüler bereits mit 16 Jahren wählen dürfen, also einen Beitrag zur Politik leisten, muss eine Aufklärung der Medienarbeit stattfinden:

„Die Schüler/innen sollen durch Medienerziehung befähigt werden, sich in einer Welt zurechtzufinden, über die sie zum großen Teil durch Medien informiert werden. Es soll ihnen bewusst gemacht werden, dass die Medien beträchtlich zu ihrer politischen Urteilsbildung beitragen. [...] Sie sollen lernen, wie sie selbst Medien zu kritischer Urteilsbildung nutzen und dadurch ihre Handlungskompetenzen stärken. Sie sollen erfahren, dass die Medien nicht nur als Vermittler fiktiver Welten, sondern auch in der Abbildung der Wirklichkeit eine eigene Wirklichkeit schaffen. Die Schüler/innen sollen erkennen, dass diese gestaltete Wirklichkeit nicht wertneutral sein kann. Sie sollen die Struktur, die Gestaltungsmittel und die Wirkungsmöglichkeiten der einzelnen Medienarten erkennen und sollen verstehen, welche Inhalte vorwiegend von welchen Medienarten vermittelt werden. Dabei soll ihnen bewusst werden, dass

¹⁵⁹ www.bmukk.gv.at/medienpool/5796/medienerziehung.pdf

identische Inhalte unterschiedlich präsentiert werden und folglich unterschiedliche Wirkungen haben.¹⁶⁰

Medien können in unterschiedlicher Weise in den Unterricht eingebracht werden und ihren Nutzen und adäquaten Platz finden. Sie sollen jedoch nicht unüberlegt und nicht nur deshalb, weil es eine Medienvielfalt im Unterricht geben muss, eingesetzt werden. Die Lehrkraft soll Überlegungen anstellen, wann und wie sie ein bestimmtes Medium einsetzt. Im Deutschunterricht kann dies zusätzlich mit Arbeitsaufträgen, die eine Reflexion beinhalten, in Verbindung stehen, wodurch die Schüler erkennen können, was diese bewirken und mit welchen Mitteln sie arbeiten. Lernende sollen unter anderem auch erfahren, dass Medien nicht nur kritisch zu betrachten sind, sondern auch positiv für Arbeitsprozesse verwendet werden können, denn der Vorteil besteht darin,

„daß Medien nicht als Fremdkörper oder Ausnahme im Unterricht erscheinen, sondern daß der Umgang mit ihnen Normalität gewinnt und daß die Querverbindungen zu anderen Themen und Gegenständen den Schülern neue Zusammenhänge erschließen. Als nachteilig kann man ansehen, daß nur Teilaspekte behandelt werden, die der Ergänzung durch andere Fächer bedürfen.“¹⁶¹

Deswegen ist es von großer Bedeutung, dass eine Medienerziehung in einem tiefer gehenden Rahmen in der Schule stattfindet. Dies kann durchaus auch im fächerübergreifenden Unterricht geschehen, in dem zum Beispiel Berichte über den Klimawandel nicht nur in den naturwissenschaftlichen Fächern auf ihre Korrektheit und Faktengenauigkeit analysiert werden, sondern auch im Deutschunterricht eine Sprachanalyse stattfindet wie auch eine nähere Auseinandersetzung mit der Textsorte des Berichts oder des Kommentars an sich.

„Das Schlüsselwort heute ist *Integration*. Das heißt, Medienerziehung wird als Aufgabe aller Fächer verstanden, die aus ihren unterschiedlichen Kontexten heraus unterschiedliche Aspekte aufgreifen können: von der Kommerzialisierung des Sportes über den Journalismus als 'vierte Gewalt' in einer Demokratie, die Verfilmung von Literatur, die Darstellung anderer Kulturen usw.“¹⁶²

¹⁶⁰ www.bmukk.gv.at/medienpool/5796/medienerziehung.pdf

¹⁶¹ Wermke S. 148.

¹⁶² Wermke S. 159.

Unter diesem Aspekt sind alle Fächer gefordert, Medienerziehung zu betreiben und dadurch dem Lernenden die Möglichkeit zu bieten, kritisch-analytisch, aber auch lustvoll mit den diversen Medien umzugehen. Es gibt zahlreiche unterschiedliche Aspekte und Möglichkeiten, Medienerziehung in den Unterricht einzubeziehen. Es kann nicht nur auf die Entwicklung von Medien, sondern auch auf ihre Wirkung beim Konsumenten, ihre Intentionen und auf die Methoden eingegangen werden, die angewendet werden, damit Medien so funktionieren, wie sie es tun.

Es gilt die Schüler zu sensibilisieren und ihnen aufzuzeigen, welche Wirkung Medien haben insbesondere in Hinblick auf ihren manipulativen Charakter.

„Konkreter ist der Manipulationsverdacht gegenüber jenen Medienangeboten, die unter der direkten Kontrolle wirtschaftlich und/oder politisch motivierter Mächtigen stehen.“¹⁶³

Gerade auch auf politische Aspekte bezogen ist es wichtig, genau zu analysieren, wie Botschaften vermittelt werden und warum gerade die Ebene der Rhetorik dabei eine bedeutende und sehr einflussreiche Rolle spielt, ist. Bei alledem sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass Jugendliche von sehr vielen Seiten (Elternhaus, Clique,...) beeinflusst werden. Die Schule nimmt hierbei eine sehr wichtige Stellung ein, weswegen sie auch neutral aufzeigen soll, wo die Vor- und Nachteile der Mediennutzung liegen.

„Entsprechend ist Medienrezeption allgemein verstehbar als Interaktion zwischen einem Subjekt mit spezifischen Interessen, Nutzungsmotiven und Kenntnissen (wie etwa Welt-, Sprach-, Medienwissen) einerseits und einem Medienprodukt mit spezifischen Eigenschaften und Merkmalen andererseits.“¹⁶⁴

Aufklärung, Erweiterung, Reflexion und Kritikfähigkeit sind wichtige Werkzeuge, die von den Schülern erworben werden sollen, und ebenso wichtig ist es auch, zwischen kulturellen und historischen Kontexten Zusammenhänge zu erkennen. Erst durch all diese Voraussetzungen können die Lernenden einen verantwortungsvollen Umgang mit den Medien pflegen, solange sie dies auch wollen. Selbst wenn ein um Aufklärung bemühter Unterricht unternommen wird, heißt dies nicht zwangsweise auch, dass die Schüler diese Dinge auch annehmen und anwenden.

¹⁶³ Kepser S. 6.

¹⁶⁴ Nickel-Bacon S. 172.

VII.1.6 Zeitungen im Unterricht

In diesem Kapitel soll auf das Thema Zeitungen eingegangen werden, wobei nicht alle Aspekte Beachtung finden können. Es wird jedoch versucht, eine überblicksmäßige Anregung für eine Unterrichtsgestaltung anzubieten.

Von all den möglichen Medien sollen in vorliegender Arbeit die Zeitungen in den Fokus der Betrachtung gerückt werden, da diese, neben dem Fernsehen und dem Internet, einen Hauptteil der Meinungsbildung ausmachen und für die es daher auch ein gutes Textverständnis geben muss. Abgesehen davon lässt sich die Zeitung gut in den Unterricht einbringen, da deren aktuelle Inhalte in verschiedenen Ebenen und Fächern Einzug finden kann. Zusätzlich sollen Jugendliche den Umgang mit einer Zeitung erlernen beziehungsweise eine geeignete Zeitung für sich kennenlernen, da sie dies meist tunlichst vermeiden. Es gibt zahlreiche, zum Teil sehr verschiedene Zeitungen, aus denen eine Auswahl getroffen werden muss oder die vorgestellt werden können, um dann die Schüler selbst entscheiden zu lassen, mit welchen sie sich näher auseinandersetzen wollen. Es sollte zu Beginn eine allgemeine Einführung gegeben werden, bevor die eigentliche Projektarbeit ablaufen kann. Grundsätzlich können folgende Inhalte und Kompetenzen, die zurzeit eine Omnipräsenz sowohl in den Medien als auch im Schulwesen genießen, besprochen und den Lernenden nähergebracht werden:

- „ - Sprech- und Leseerziehung: Pflege der richtigen Aussprache. Vorlesen von Sachprosa. Mündliche Wiedergabe von Gelesenem und Besprochenem. Kurze Redeübungen, Schülergespräch.
- Aufsatzkunde: längerer Bericht. Inhaltsangabe. Zusammenwirken sachlicher Beobachtung und gefühlsbetonter Schilderung. Begriffserklärung. Gliederungsübungen. Hinführen zu angemessenem Ausdruck, zu Knappheit, Genauigkeit, Deutlichkeit und Anschaulichkeit.
- Sprach- und Stilkunde: Satzbaupläne. Der Stilwert von Einzelsatz, Satzverbindung und Satzgefüge, von kurzen und langen Sätzen, von verblosen Sätzen. Die Ausdruckswerte der Grundwortarten. Textvergleiche.
- Lektüre und Literaturkunde: Fortsetzung der Medienerziehung.“¹⁶⁵

Dies sind wichtige Aspekte, die für das Arbeiten mit Texten nicht nur im Deutschunterricht, sondern auch im Biologieunterricht eine Rolle spielen. Lernende müssen ein Textverständnis

¹⁶⁵ Köbller S. 9.

entwickeln, um relevante Informationen von weniger relevanten unterscheiden zu können und um auch mit dem Inhalt umgehen zu können. Denn es geht ja darum, was Schüler mit einem Text in weiterer Folge anfangen. Jeder der oben angeführten Punkte ist für sich von Bedeutung und sollte seinen angemessenen Platz im Unterricht finden und geübt werden. Unter „www.zis.at“ lassen sich hilfreiche Materialien, Workshops und Arbeitsanregungen finden, die im Unterricht Einzug halten können. Auch kann man als Lehrkraft beispielsweise das Angebot nutzen und Zeitungen im Rahmen eines Zeitungsvergleichs abonnieren. Dieser Zeitungsvergleich beinhaltet unter anderem eine Stilanalyse, einen Vergleich von Themen und andere zusätzliche Aspekte, die auch individuell ausgeweitet werden. Auch von den oben angeführten Punkten sollten bestimmte ausgewählt und integriert werden. Hier ist es besonders wichtig, den kritischen Umgang der Lernenden mit Zeitungen zu fokussieren und ein Bewusstsein für die qualitativen und quantitativen Unterschiede der zahlreichen Zeitungs-Angebote zu schaffen.

Es besteht ebenfalls die Möglichkeit, einen Workshop zu buchen, wo die Lernenden das Handwerk des Journalismus unter professioneller Leitung selbst versuchen können.

Diese praxisnahe Methode führt zu einem besseren und vor allem anschaulicheren Umgang mit Zeitungen. Dadurch soll den Lernenden bewusst gemacht werden, wie Journalisten arbeiten und wie das System Zeitung an sich funktioniert. Dies stellt auch eine willkommene und sinnvolle Abwechslung zum Schulalltag dar, weswegen solch ein Projekt auch nachhaltiger ist als ein bloßes Abarbeiten des Stoffes im Regelunterricht. Vertiefend zu diesen beiden Projekten kann parallel auch eines in Biologie stattfinden, in welchem der Fokus auf den Klimawandel gerichtet wird. Es können die Grundlagen zum Verständnis des aktuellen Klimawandel gelegt werden, indem besprochen wird, seit wann es eine Erhöhung der Temperatur gibt, wodurch Klimawandel bewirkt wird und wie dies festgestellt werden kann (Messmethoden). Hinzu kann eine Vertiefung dahingehend stattfinden, dass der klimahistorische Aspekt miteinbezogen wird. Auch sollte das Zusammenspiel von Ursache und Wirkung deutlich hervorgehoben und erarbeitet werden, damit die Lernenden auch die komplexeren Zusammenhänge von Ökosystemen und ihre Anfälligkeit gegenüber exogenen Faktoren verstehen lernen. Abschließend sollten Ideen gesammelt werden, wie dem Klimawandel entgegengewirkt werden kann.

Für diesen fächerkoordinierenden Unterricht kann eine große Methodenvielfalt angewendet werden. Geeignet hierfür wäre unter anderem eine Förderung der Lesekompetenz, im Detail eine Fokussierung auf sinnerfassendes und selektives Lesen, in Kombination mit naturwissenschaftlichen Texten und Tabellen, wo deren Interpretation erforderlich ist. Des

Weiteren sollen zur Selbstreflexion auch eine Mindmap und ein Lesetagebuch erstellt und die Textarbeit an sich intensiviert werden.

Eine Auswertung kann im Anschluss durch einen Test, eine Schularbeit, ein Portfolio und einen Fragebogen erfolgen. Somit lässt sich feststellen, wie effizient diese Art des Unterrichtes war und inwiefern die Lernenden Fortschritte und eine persönliche Weiterentwicklung durchgemacht haben. Abgesehen davon bietet dieser Unterricht ein sehr gutes Training in Hinblick auf verschiedene Methoden, was den Lernenden zusätzlich zu Gute kommt.

Nach diesem Projekt sollten die Schüler nicht nur ein spezifisch erweitertes Fachwissen erworben haben, sondern auch ihre Kompetenz intensiviert haben, Texte, im besonderen journalistische, kritisch und analytisch zu betrachten und vermeintlich als Fakten dargebotene Inhalte zu hinterfragen. Daneben sollten sie sich auch eine philologische Herangehensweise an naturwissenschaftliches Arbeiten aneignen.

VIII. Conclusio

Ziel dieser Arbeit war es aufzuzeigen, dass Klimawandel in der Erdgeschichte immer schon stattgefunden hat, in der jüngeren Zeit anthropogene Ursachen hinzukamen und dass der jetzige angeblich von größerer Relevanz ist, da er die Zivilisation und das Dasein der Menschheit gefährdet; nebensächlicher ist das Aussterben der anderen Arten, obzwar diese einen bedeutend wichtigeren Beitrag zum Weltökosystem leisten.

Weiters wurden verschiedene Messverfahren aufgezeigt, die Daten liefern, anhand derer die Klimaerwärmung belegt werden kann. Diese Techniken wurden zwar im Laufe der Jahre weiterentwickelt und verfeinert, dennoch müssen sie analysiert, korrekt abgelesen und interpretiert werden.

Ferner wurde in Bezugnahme auf den Schulunterricht aufgewiesen, dass es unablässig ist, den Lernenden einen kritischen Umgang mit Daten, Texten und vermeintlichen Fakten nahezubringen. Dafür gibt es verschiedene Methoden und es sollte vonseiten der Lehrenden keine falsche Scheu bestehen, sich mit diesen und mit der Thematik des Klimawandels auseinanderzusetzen.

IX. Abbildungsverzeichnis

„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 sein, ersuche ich um Meldung bei mir.“

Abb. 1: Stratigrafische Gliederung des Tertiärs. Faupl S. 191.

Abb. 2: Klimabedingungen im Paläozen

http://geology.about.com/gi/o.htm?zi=1/XJ&zTi=1&sdn=geology&cdn=education&tm=103&gps=115_220_1420_685&f=11&tt=14&bt=0&bts=0&st=10&zu=http%3A//www.scotese.com/earth.htm (20. Nov. 2010)

Abb. 3: Legende zu Abbildung 2

http://geology.about.com/gi/o.htm?zi=1/XJ&zTi=1&sdn=geology&cdn=education&tm=103&gps=115_220_1420_685&f=11&tt=14&bt=0&bts=0&st=10&zu=http%3A//www.scotese.com/earth.htm (20. November 2010)

Abb. 4: Stratigrafische Gliederung des Quartärs. Faupl S. 228.

Abb. 5: Ausdehnung der Vergletscherung in der letzten Eiszeit. Faupl S. 233.

Abb. 6: Ausmaß der Vergletscherung und Sonneneinstrahlung. Faupl S. 234.

Abb. 7: Hominidenausbreitung. Nentwig S. 4.

Abb. 8: Ausbreitungsgebiet der Maya. http://www.planet-wissen.de/politik_geschichte/voelker/maya/img/intro_maya_karte_g.jpg (05. August 2011)

Abb. 9: Intertropical Convergence Zone. Haug S. 1732.

Abb. 10: “Winterlandschaft mit Eisläufern und Vogelfalle” von Pieter Bruegel dem Älteren. <http://www.oel-bild.de/Winterlandschaft-mit-Eislaeufern-und-Vogelfalle.htm> (27. Aug. 2011)

Abb. 11: Rhône-gletscher. Lamb S. 237 (1989).

Abb. 12: Atlantikströmung. Rahmstorf. S. 8.

Abb. 13: Der Mensch und die Umwelt – eine gegenseitige Beeinflussung. Schimitschek S.11.

Abb. 14: Der allergene Organismus *Ambrosia artemisiifolia*.

http://www.uniklinikum-saarland.de/fileadmin/UKS/Einrichtungen/Kliniken_und_Institute/Medizinische_Kliniken/Innere_Medizin_V/Bilder_Pollenwarndienst/Bilder_Allergene_Pflanzen/Ambrosia_Int_end1.jpg (05. Januar 2012)

X. Bibliografie

Bärnthaler, Günther: Fächerübergreifender Unterricht. Zur Notwendigkeit vertiefender Ergänzung gefächerten Unterrichts. In: Bärnthaler, Günther. Tanzer, Ulrike (Hrsg.): Fächerübergreifender Literaturunterricht. Reflexionen und Perspektiven für die Praxis. StudienVerlag. DieExtra Bd. 5. Innsbruck, Wien. 1999. S. 14-26.

Bennet, Jeffrey et. al.: Astronomie. Die kosmische Perspektive. München. 5. aktualisierte Aufl. Pearson Studium. 2010.

Behringer, Wolfgang: Kulturgeschichte des Klimas: von der Eiszeit bis zur globalen Erwärmung. München. C.H. Beck. 4. Aufl. 2009.

Buchner, Norbert. Buchner, Elmar: Klima und Kulturen. Die Geschichte von Paradies und Sintflut. Remshalden. Greiner. 2005.

Dusini, Arno: Tagebuch. Möglichkeiten einer Gattung. München. Wilhelm Fink Verlag. 2005.

Faupl, Peter: Historische Geologie. Eine Einführung. 2. verbesserte Aufl. Wien. UTB. 2003.

Flannery, Tim: Wir Wettermacher. Frankfurt am Main. Fischer. 2006.

Glaser, Rüdiger: Klimageschichte Mitteleuropas. Darmstadt. Wissenschaftliche Buchgesellschaft. 2001.

Haug, Gerald H. et al.: Climate and the Collapse of Maya Civilization. In: Science 299. S. 1731-1735. 2003.

Heidel, Alexander: The Gilgamesh Epic and Old Testament Parallels. Second Edition. Chicago. The University of Chicago Press. 1946.

Kappas, Martin: Klimatologie: Klimaforschung im 21. Jahrhundert. Herausforderung für Natur- und Sozialwissenschaften. Spektrum. Heidelberg. 2009.

Kepser, Matthias: Medienkritik als kultureller Selbstverständigungsprozess. In: Kepser, Matthias. Nickel-Bacon, Irmgard (Hrsg.): Medienkritik im Deutschunterricht. Diskussionsforum Deutsch. Bd. 14. Schneider Verlag Hohengehren GmbH. 2004. S. 6.

Kößler, Wilfried: Analyse von Gebrauchstexten aus österreichischen Tageszeitungen im Deutschunterricht der 9. Schulstufe. In: Donnerberg, Josef (Hrsg.): Deutsche Sprache in Literatur und Unterricht. 3. Heft. Wien 1978. S. 9.

Kromp-Kolb, Helga. Formayer, Herbert: Schwarzbuch Klimawandel. Wie viel Zeit bleibt uns noch? ecowien Verlag der TopAkademie. 2005.

Kromp-Kolb, Helga: Weltethos, Klima und Umwelt“ In: Bader, Erwin (Hrsg.): Weltethos und Globalisierung. Lit-Verlag. Wien. 2008. S. 71-85.

Lamb, Hubert H.: Climate. Present, Past and Future. Vol. 2 Climatic history and the future. Methuen & Co. Ltd. London. 1977.

Lamb, Hubert H.: Klima und Kulturgeschichte. Der Einfluss des Wetters auf den Gang der Geschichte. rororo. 1989.

Lamb, Hubert H.: Climate, history and the modern world. 2. ed. London. Routledge. 1995.

Ludwig, Karl-Heinz: Eine kurze Geschichte des Klimas. Von der Entstehung der Erde bis heute. C. H. Beck. 2006.

Lutherbibel. Die Bibel nach der Übersetzung Martin Luthers mit Bildern von Marc Chagall. Deutsche Bibelgesellschaft. Stuttgart. 1997.

Maul, Stefan M.: Das Gilgamesch-Epos. C. H. Beck. München. 2005.

Maurer, Sabine: Sintflut und Paläontologie. Diplomarbeit. Universität Wien. Mai 1995.

Mortimer, Charles E.: Chemie. Das Basiswissen der Chemie. 10. überarbeitete Aufl. Stuttgart. Thieme. 2010.

Nabors, Murray W. Scheibe, Renate: Botanik. Pearson Studium. München. 2007.

Nentwig, Wolfgang: Humanökologie. Springer. Berlin. 2005.

Nickel-Bacon, Irmgard: Kritischer Medienunterricht und das Motivationsproblem. In: Kepser, Matthias. Nickel-Bacon, Irmgard (Hrsg.): Medienkritik im Deutschunterricht. Diskussionsforum Deutsch. Bd. 14. Baltmannsweiler. Schneider Verlag Hohengehren GmbH. 2004.

Ovid: Metamorphosen. Reclam. Stuttgart. 1993. Universal-Bibliothek Nr. 356

Parker, Cindy. Shapiro, Steven: Climate Chaos. Your health at risk. Westport, Conn., Praeger. 2008.

Parrot, André: Sintflut und Arche Noah. Zürich. Evangelischer Verlag AG. 1955.

Rahmstorf, Stefan: Treibhauseffekt und Klimawandel. Schriftenreihe der Ernst-Abbe-Stiftung. Heft 22. Jena. 2001.

Rahmstorf, Stefan: Ocean circulation and climate during the past 120,000 years. In: Nature. Vol. 419. 2002. S. 207-214.

Rahmstorf, Stefan. Schellnhuber, Hans Joachim: Der Klimawandel. Diagnose, Prognose, Therapie. München. Verlag C. H. Beck. 2006.

Riese, Berthold: Die Maya. Geschichte – Kultur – Religion. München. C. H. Beck. 6. Aufl. 2006.

Schacherreiter, Christian: Sache ist, was Sprache ist. In: Bärnthaler, Günther. Tanzer, Ulrike (Hrsg.): Fächerübergreifender Literaturunterricht. Reflexionen und Perspektiven für die Praxis. Innsbruck, Wien. StudienVerlag. DieExtra Bd. 5. 1999.

Schimitschek, Erwin. Werner, Günther: Malaria, Fleckfieber, Pest: Auswirkungen auf Kultur und Geschichte. Stuttgart. Hirzel Verlag. 1995.

Spektrum der Wissenschaft Dossier: Die Erde im Treibhaus. 2/2005. Heidelberg.

Stowasser, J.M., Petschnig, M. und Skutsch, F.: Stowasser. Lateinisch-deutsches Schulwörterbuch. Hölder –Pichler-Tempsky Verlag. Wien. 1994.

Strassburger, Eduard: Lehrbuch der Botanik. 36. Aufl. Heidelberg. Spektrum. 2008.

Strömmer, Elisabeth: Klima-Geschichte. Methoden der Rekonstruktion und historische Perspektive. Ostösterreich 1700 bis 1830. Franz Deuticke. Wien 2003.

Tollmann, Alexander und Edith: Und die Sintflut gab es doch. Vom Mythos zur historischen Wahrheit. München. Droemer Knauer. 1993.

Wermke, Jutta: Integrierte Medienerziehung im Fachunterricht. Schwerpunkt: Deutsch. KoPäd. München. 1997.

Wittmann, Karl (Hg.): Der Mensch in Umwelt, Familie und Gesellschaft. 4. aktualisierte Auflage. Wien. facultas. 2006.

Zachos, James et. al.: Trends, Rhythms and Abberations in Global Climate. 65 Ma to Present. In: Science 292. 2001. Seite 686-693.

Onlinequellen

<http://www.bmukk.gv.at/medienpool/18263/allglpbezahs.pdf> (9. Mai 2012)

<http://www.bmukk.gv.at/medienpool/5796/medienerziehung.pdf> (20. Mai 2012)

<http://www.geology.ethz.ch/people/Professors/ghaug> (6. August 2011)

http://geology.about.com/gi/o.htm?zi=1/XJ&zTi=1&sdn=geology&cdn=education&tm=103&gps=115_220_1420_685&f=11&tt=14&bt=0&bts=0&st=10&zu=http%3A//www.scotese.com/earth.htm (20. November 2010)

<http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/2001-wg1.pdf> (10. Dezember 2011)

<http://www.medizinpopulaer.at/tags/details/article/die-quaelgeister-kommen.html> (15. April 2012)

<http://www.oel-bild.de/Winterlandschaft-mit-Eislaeufern-und-Vogelfalle.htm> (27. August 2011)

http://www.planet-wissen.de/politik_geschichte/voelker/maya/img/intro_maya_karte_g.jpg (5. August 2011)

<http://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Dokumentnummer=NOR12118405> (3. Mai 2012)

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,182408,00.html> (3. September 2011)

<http://www.tropeninstitut.at/denguefieber.htm> (4. Januar 2012)

http://www.waldundklima.de/klima/eisbohrungen_01.php (28. August 2011)

http://de.wikipedia.org/wiki/Eduard_Suess (6. Mai 2012)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Milankovi%C4%87-Zyklen> (29. Mai 2012)

http://de.wikipedia.org/wiki/Christian_Gottlob_von_Voigt (30. Juni 2012)

<http://de.wikiquote.org/wiki/Genialit%C3%A4t> (28. August 2011)

<http://www.zis.at> (29. Mai 2012)

XI. Anhang

XI.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den verschiedenen Aspekten des Klimawandels. Zunächst wird anhand eines kurzen klimahistorischen Überblickes aufgezeigt, dass es im Verlaufe der Existenz der Erde immer wieder zu, manchmal auch sehr rasch verlaufenden, Klimaveränderungen gekommen ist. Anhand ausgewählter Beispiele wird veranschaulicht, dass diese Wechsel sowohl wärmere als auch kältere Perioden hervorrufen können. Allerdings waren dies natürlich auftretende, die im Gegensatz zum aktuell anthropogen hervorgerufenen Klimawandel stehen. Besonders seit durch die Nutzung der fossilen Energieträger die industrielle Revolution einen Aufschwung erlebt hat, stieg der Ausstoß des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid kontinuierlich an. Dadurch und durch andere Aerosole werden Sonnenstrahlen, die auf die Erde gelangen und normalerweise wieder zurück ins Weltall abgegeben werden, reflektiert und bleiben in der Atmosphäre wodurch auch ein Temperaturanstieg über all die Jahre bedingt wird. Die Folgen sind verschiedenartig und werden für einen langen Zeitraum bestehen bleiben.

So bringt die Erderwärmung gegebenenfalls ein Artensterben mit sich, birgt aber gleichzeitig auch das Potential, neue Arten entstehen zu lassen. Diejenige Art, die sich besser an die neuen Bedingungen angepasst hat beziehungsweise sich besser damit zurechtfinden konnte, überlebte diese kontroversen Klimabedingungen. Ein ausgewähltes Beispiel wird hierfür durch den Neandertaler und den modernen Menschen geboten, die eine gewisse Zeit nebeneinander in denselben Regionen ergo auch in denselben Klimaten lebten. Auch der Ausbreitung von Krankheiten wie dem Denguefieber oder der Malaria oder allergenen Organismen wird eine Förderung durch die wärmeren Verhältnisse zuteil. Dies sind nur einige mögliche Folgen die eine Klimaerwärmung für den Menschen mit sich bringt. Ebenfalls sind die komplexen und oft auch leicht anfälligen Ökosysteme der Erde davon betroffen und schlussendlich wieder der Mensch. Der Mensch ist nicht die Krönung der Schöpfung wie er es oft denkt, sondern lediglich ein Teil von ihr und genauso vergänglich wie all die Arten die vor ihm oder auch durch ihn ausgestorben sind.

Ein weiterer Bereich dieser Arbeit ist die Vorstellung von verschiedenen Messmethoden und Aufzeichnungsmöglichkeiten zum Nachweis klimatischer Veränderungen und ihrer jeweiligen Zuverlässigkeit und Genauigkeit. In diesem Rahmen werden auch die verschiedenen Arbeitsmöglichkeiten von Geistes- und Naturwissenschaften aufgezeigt, die allerdings durchaus ihre Gemeinsamkeiten besitzen.

Im letzten Kapitel wird ein Bezug zum Schulunterricht hergestellt, in dem gezeigt wird, dass es von essentieller Bedeutung ist, Lernenden die Relevanz von Ökosystemen nahezubringen, aber auch jedes Individuum in der Eigenverantwortung sich selbst und seiner Umwelt gegenüber zu sensibilisieren. Darüber hinaus wird erläutert, wie wichtig es ist, den Jugendlichen so früh wie möglich die differenten Arbeitsmethoden der Wissenschaft nahezubringen und gleichzeitig den kritischen Umgang mit den unterschiedlichen Medien in der Praxis zu üben. Nur dadurch kann auch ein verantwortungsvoller und kritisch denkender Mensch heranwachsen, der zu neuen Lösungen und wissenschaftlichen Fragen finden kann. Dies ist eine der Hauptaufgaben von guten und engagierten Lehrenden. Eine weitere Herausforderung im Lehrberuf besteht darin, das vernetzte Denken zu fördern, damit komplexe Zusammenhänge erkannt und verstanden werden. Gerade dazu eignet sich das Thema des anthropogenen Klimawandels in hervorragender Weise.

XI.2 Abstract

This thesis is concerned with different aspects of climatic change. First, a short climatologic survey shows that even drastic climatic changes have always happened throughout the history of Earth. Examples show that these changes have triggered periods of warmer as well as cooler climates. These changes, however, are natural phenomena as in opposition to current anthropogenic changes. Especially since the drastic rise in use of fossil sources in connection with the industrial revolution the emission of carbon dioxide has continuously increased. Therefore and through other aerosols, sunlight is no longer reflected into space but remains in the atmosphere, which causes an increase in temperature over the years.

Consequences are manifold and will have an impact for a long time.

Global Warming leads to extinction of species, on the other hand it bears the potential to create new variations. The species that can better adapt to new conditions will be able to survive controversial climatic conditions. A good example is the Neanderthal man who for a while lived side by side with modern man, thus in the same climate. The spread of diseases such as the Dengue Fever or Malaria or allergen organisms is also favoured by a warmer climate. These are only some possible consequences of global warming that will influence mankind. The complex and often fragile ecosystems of Earth will be concerned as well, which will again have an impact on humanity. Man is not the pride of creation as he often thinks, but simply part of it and as transient as other species which died out before or because of man. Furthermore this paper presents different methods of measurement and records as well as their reliability and accurateness. Alongside it shows different methods of humanities and science, which do, however, share common features.

The last chapter develops a relation to teaching. It is of essential importance that learners are made aware about the relevance of ecosystems and to sensitize each individual for their responsibility for their environment. Young people should as early as possible be confronted with the methodology of different arts and sciences, at the same time a critical approach to the media has to be trained in practice. Only in this way can a responsible and discerning human develop, who will be able to find new solutions and scientific questions. This is one of the main duties for good and committed teachers. Another one is to facilitate joined-up thinking to enable students to realize and understand complex correlations. The topic of anthropogenic climatic change is an excellent option to reach this goal.

XI.3 Curriculum vitae

- Geboren 1984 in Wien
- 1994 – 2001 Wirtschaftskundliches Realgymnasium BGXI
- 2003 Externistenmatura Wiedner Gymnasium
- 2003 – 2007 Studium der Medizinischen Universität Wien
- 2007 – 2012 Lehramtsstudium Germanistik und Biologie und Umweltkunde
Universität Wien
- 2009 – 2010 AHS Lehrerin BGXVIII und pGRG XIX Neulandschule
- 2010 – aktuell AHS Lehrerin GRG XXI