

Themen

1 DIE ENERGIEWENDE, EINE AUFGABE FÜR POLITIK UND ZIVILGESELLSCHAFT	156
1.1 Her mit der Energiewende!	156
1.2 Subventionspolitik verhält sich konträr zum Klimaschutz	157
1.3 Die Kosten des Klimaschutzes	158
2 INTERNATIONALE KLIMAPOLITIK	159
2.1 Die Vereinten Nationen: Agenten des Klimaschutzes	159
2.2 Welche Mengen Treibhausgase dürfen noch emittiert werden?	162
2.3 Handel mit Verschmutzungsrechten: Wirksame Maßnahme oder Irrweg?	164
2.4 Klimapolitik in Europa: Ambitionierte Ziele des Energie- und Klimapakets der EU	164
2.5 Verlagerung der Verantwortung	166
2.6 Klimapolitik in Österreich	166
2.7 Höchste Zeit für das Verursacherprinzip: Klimaschutz als nationale Verantwortung	169
3 QUELLEN DER TREIBHAUSGASE: WO MUSS ANGESETZT WERDEN?	170
3.1 Die Rolle der Energiewende: Ausnutzung des Potenzials der Erneuerbaren	171
3.2 Die Rolle der Stromerzeugung	171
3.3 Die Rolle der Mobilität: Öffentlicher Verkehr, Herstellervorgaben und Biotreibstoffe	175
3.4 Die Rolle der Gebäude: Private Haushalte und Dienstleistungssektor	177
3.5 Die Rolle der Landnutzungsänderung	179
3.6 Die Rolle der Industrie: Langlebige Produkte aus nachhaltigen Rohstoffen	183
4 HANDLUNGSANWEISUNGEN: WAS KANN ICH TUN?	187
4.1 Das Modell ökologischer Fußabdruck	187
4.2 Das Modell ökologischer Rucksack	188
4.3 Energiesparen durch Transparenz: Die Klassifizierung von Produkten	188
4.4 Nachhaltiger Konsum: Zertifizierungssysteme als Hilfe zur Kaufentscheidung	190
5 QUELLENANGABEN UND LITERATUR	193

Lernziele

- Überblick über die Funktion internationaler, europäischer und österreichischer Energiepolitik
- Nachhaltigkeit als Instrument des Klimaschutzes; Industrie, Landwirtschaft, Dienstleistungssektor und private Haushalte als Handlungsspielräume mit Einsparpotenzial

Geförderte Kompetenzen

- Voraussicht, Nachhaltigkeitsstrategien, Kommunikations- und Kooperationsbereitschaft sowie Problemlösungs- und Handlungskompetenz
- Kreatives, kritisches und vorausschauendes Denken als Basis für verantwortliches und wertorientiertes Handeln



Der Begriff Energiepolitik fasst alle institutionellen Bedingungen, Kräfte und Bestrebungen zusammen, durch welche die Struktur, Entwicklung und Bereitstellung sowie die Verteilung und Verwendung von Energie geregelt werden. Unter Klimapolitik werden regulative Maßnahmen und Strategien verstanden, mit denen die globale Erwärmung eingedämmt werden soll. Sie ist Teil der Umweltpolitik und steht oft im Spannungsfeld mit der Energiepolitik. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung der menschlichen Gesellschaft besteht die Forderung nach einer Energiepolitik, die sich der Umwelt und Klimapolitik anstatt dem Mythos des unbeschränkten Wirtschaftswachstums unterordnet. Nur eine durch Umweltpolitik gesteuerte Energiepolitik kann die Bedingungen schaffen, in denen das Ökosystem Erde die menschliche Gesellschaft ertragen kann. In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die Politik diese Verantwortungen letztlich auf den Konsumenten abwälzt. Es werden Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt, durch die wir unsere individuelle Verantwortung wahrnehmen und politischen Einfluss ausüben können. Eine konsequent nachhaltige Energiepolitik ist der Schlüssel zu einer ökologischen und gerechten Welt für alle Menschen; ausgehen kann eine solche nur von der Basis unserer westlichen Gesellschaft.

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Die Energiewende, eine Aufgabe für Politik und Zivilgesellschaft

1 DIE ENERGIEWENDE, EINE AUFGABE FÜR POLITIK UND ZIVILGESELLSCHAFT



„Der harte Kern jeder Wirtschaft ist die Ressourcenbereitstellung und deren Umwandlung. Der harte Kern der Umweltschädigungen und des Klimawandels sind die Schadstoffe, die bei der Umwandlung schadstoffhaltiger Ressourcen anfallen. Die Lösung liegt auf der Hand: Wechsel zu erneuerbaren und schadstoffarmen oder sogar schadstofffreien Ressourcen. Das muss das Programm des 21. Jahrhunderts sein, das Überlebensprogramm menschlicher Zivilisation.“

” Hermann Scheer, deutscher Politiker (1944–2010) “

ABBILDUNG 293: Hermann Scheer – BILD: Land Salzburg

1.1 Her mit der Energiewende!

Die Erderwärmung ist nur noch durch einen massiven Umschwung der Klimapolitik einzudämmen. Internationale Bestrebungen sollten die Rahmenbedingungen für diesen Umschwung beschließen, doch statt einer massiven Reduktion sind die weltweiten Treibhausgasemissionen seit dem Jahr 2000 um etwa 20 % gestiegen. Die Treibhausgasemissionen zwischen 2000 und 2010 waren die höchsten in der Geschichte der Menschheit. Laut Klimaexperten der Vereinten Nationen wäre der angestrebte Rückgang der Emissionen mit der bestehenden Technologie durch die konsequente Umsetzung der Energiewende möglich. Die Abkehr von Öl, Gas und Kohle und der Wechsel zu Solarenergie, Wind- und Wasserkraft sowie Biomasse muss mit einer Reduzierung des Energieverbrauchs einhergehen.

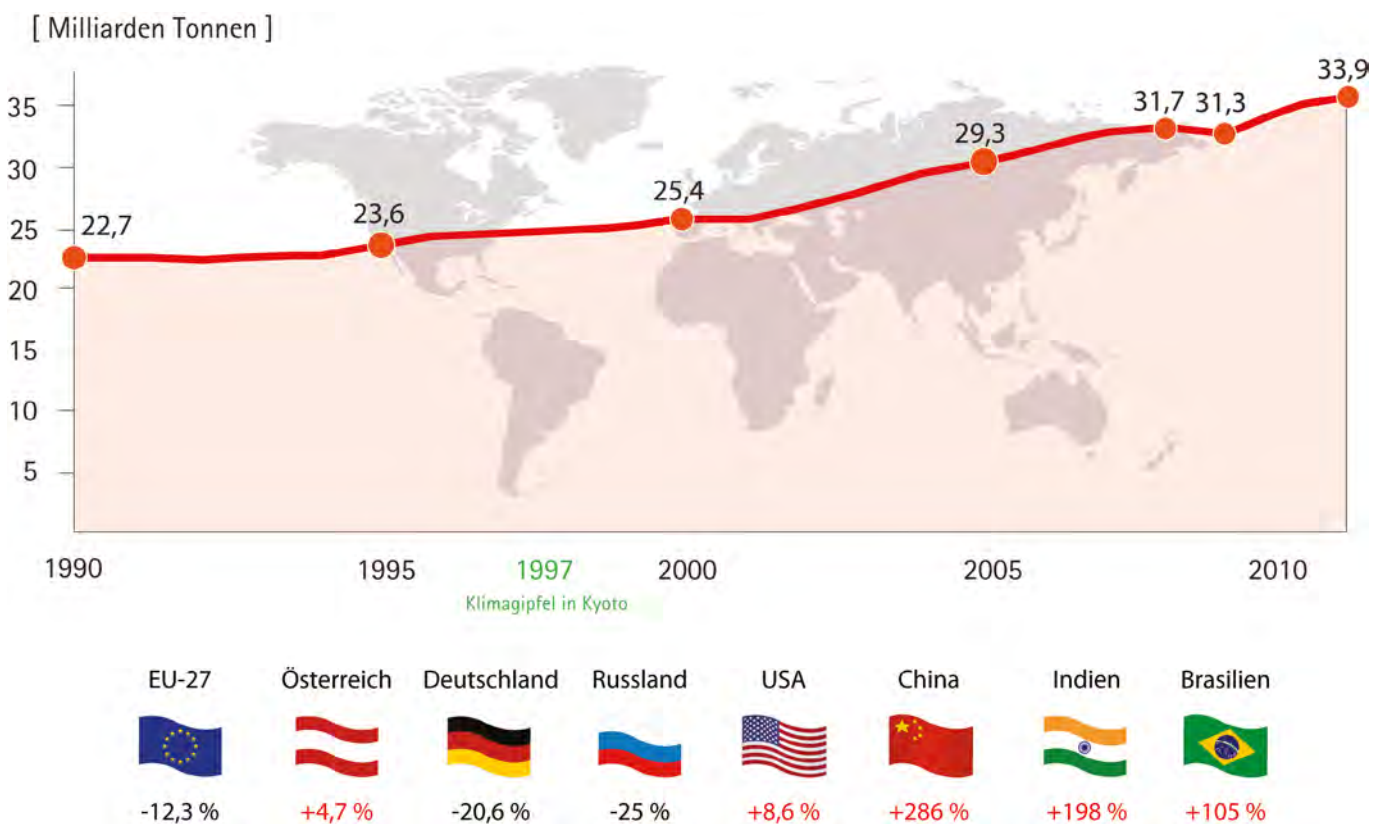


ABBILDUNG 294: Entwicklung der weltweiten CO₂-Emissionen seit 1990 - QUELLE: Austria Presse Agentur (APA), Weltbank

PRÄSENTATION 92: Her mit der Energiewende (6 Folien)

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Die Energiewende, eine Aufgabe für Politik und Zivilgesellschaft

1.2 Subventionspolitik verhält sich konträr zum Klimaschutz

Im World Energy Outlook 2013 vermeldete die Internationale Energieagentur IEA, dass im Jahr 2012 die fossilen Energien weltweit mit etwa 400 Milliarden Euro subventioniert wurden – verglichen mit 2009 ein Anstieg um rund 100 Milliarden Euro. Diese Subventionen wirken sich laut IEA negativ auf die ökonomische Leistungsfähigkeit der Staaten aus. Der Chefökonom der IEA, Fatih Birol, geht davon aus, dass mit einer Abschaffung dieser Subventionen bis 2015 pro Jahr die Emission von circa 750 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden könnte. Der „Guardian“ schreibt, dass bis 2035 möglicherweise bis zu 2,6 Mrd. Tonnen CO₂ vermieden werden könnten – die Hälfte der Einsparungen, die nötig wären, um das international vereinbarte 2-°C-Ziel zu erreichen. Auch in der österreichischen Energiepolitik haben Subventionen des fossilen Energiesystems Tradition. Die Ökostromnovelle von 2009 sah beispielsweise eine Einspeiseförderung von mit Erdgas erzeugtem Strom in KWK-Anlagen vor. Bis 2012 befanden sich dafür 65 Millionen Euro im Fördertopf. Dem gegenüber stand ein jährliches Budget von 21 Millionen Euro für die Subventionierung von Ökostrom. 2014 wurde wieder eine Subvention für mit

Erdgas betriebene KWK-Anlagen beschlossen. Während offiziell die Einhaltung der Kyotoziele als eine der wichtigsten Aufgaben des Landes anerkannt wird, erschwert die Politik in Wirklichkeit diese Aufgabe. Sie verstärkt stattdessen die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und verzögert den Ausbau der Erneuerbaren. Weitere Beispiele für Förderungen fossiler Energieträger sind: Steuerbefreiung für Flugbenzin, ein niedriger Steuersatz von Diesel im Vergleich zu Benzin, die niedrige Besteuerung fossiler Brennstoffe und die Pendlerpauschale. Um die menschlich verursachte Klimaerwärmung als unsinnig darzustellen und dadurch die Energiewende obsolet erscheinen zu lassen, werden Millionen investiert. Als Beispiel kann hier ExxonMobil dienen: Der Ölkonzern hat vermehrt Studien in Auftrag gegeben, die den menschlichen Einfluss auf den Klimawandel bestreiten. Auch der Wahlkampf von George W. Bush wurde durch diesen Konzern mitfinanziert; als Präsident der Vereinigten Staaten hat er 2001 den Ausstieg der USA aus dem Kyoto-Protokoll verkündet.

TEXT 10: Klimapolitik (2 Seiten)



ABBILDUNG 295: Von ExxonMobile unterstützte Think Tanks, die die Erderwärmung bestreiten - BILD: Le Monde Diplomatique

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Die Energiewende, eine Aufgabe für Politik und Zivilgesellschaft



Im Jahr 2012 wurden weltweit etwa 100 Milliarden US-\$ in den Ausbau der erneuerbaren Energien investiert; auf den ersten Blick eine löbliche Entwicklung. Würde man die weltweiten Subventionen für fossile Energiebereitstellung auch in den Ausbau der erneuerbaren Energie investieren, stünden für die Energiewende 650 Milliarden US-\$ zur Verfügung. Aus wirtschaftlicher Sicht ist die Energiewende nicht nur möglich, sondern auch notwendig: Werden die nötigen Emissionsziele bis 2020 nicht erreicht, verteuert sich die Energiewende, denn die volkswirt-

schaftlichen Schäden werden ebenso ansteigen wie die Kosten durch Umweltschäden. Bei einer Erderwärmung über 2 °C wird die Häufigkeit von Wetterextremen stark steigen. Allein die Schäden, die durch den Hurrikan Sandy im Oktober 2012 angerichtet wurden, belaufen sich auf mindestens 23 Milliarden Euro. Bei der Umstellung des Energiesystems zählen die bestehenden Energiekonzerne zu den Verlierern. Acht der zehn umsatzstärksten Unternehmen sind im Bereich der fossilen Energieversorgung tätig.

Weiter mit: „2.3 Abhängigkeit und Konfliktpotenzial“ K: 3, S: 55

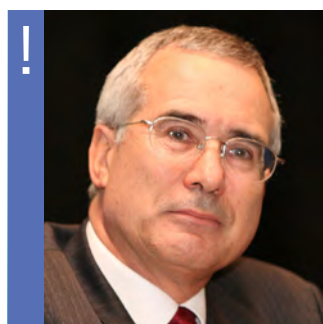
RANG	UNTERNEHMEN	LAND	UMSATZ Mrd. US-\$	GEWINN Mrd. US-\$	BRANCHE
1	Walmart	USA	476,294	16,000	Einzelhandel
2	Royal Dutch Shell	Niederlande	459,599	16,371	Öl und Gas
3	Sinopec	China	457,201	8,932	Öl und Gas
4	China National Petroleum	China	432,007	16,317	Öl und Gas
5	ExxonMobil	USA	407,666	32,580	Öl und Gas
6	BP	Großbritannien	396,217	23,451	Öl und Gas
7	State Grid	China	333,387	7,982	Energieversorger
8	Volkswagen	Deutschland	261,539	12,072	Automobile
9	Toyota Motor	Japan	256,454	18,198	Automobile
10	Total	Frankreich	227,882	11,204	Öl und Gas

ABBILDUNG 296: Die umsatzstärksten Unternehmen der Welt die im Geschäftsjahr 2013 keine Verluste erzielt haben - QUELLE: Fortune Global 500 aus 2014

1.3 Die Kosten des Klimaschutzes

Der Umgang mit dem Klimawandel ist vordergründig keine ökonomische, sondern eine moralische Frage. Eine reine Kostenrechnung darf nicht darüber entscheiden, ob die Erde, die Menschen und das Klima geschützt werden oder nicht. Glücklicherweise trifft beim Klimaschutz zu, dass das moralisch Richtige auch von wirtschaftlichem Vorteil ist. Im „Stern-Report“ versucht der Brit Sir Nicolas Stern, die Kosten für einen effektiven Klimaschutz und die für ein Nicht-Handeln zu benennen. Er kommt zum Schluss, dass die Kosten für einen effektiven Klimaschutz bei nur

1% Prozent der weltweiten Wirtschaftsleistung liegen. Dem gegenüber stehen die 5- bis 20-fachen Kosten bei Nicht-Handeln. Je länger gewartet wird, desto teurer wird uns der Klimawandel zu stehen kommen. Die Einschätzung der Kosten ist jedoch höchst schwierig, denn es müssen auch Dinge mit einem Geldwert versehen werden, die nicht zu bezahlen sind. Wie bewertet man ein funktionierendes Ökosystem, das Aussterben von Arten oder gar ein Menschenleben?



„Stern war von 2000 bis 2003 Chefökonom der Weltbank und gilt als ein renommierter und neutraler Wirtschaftswissenschaftler. Genau das macht die Brisanz seines Berichts aus. In seinem Buch „The Global Deal“ beschreibt er die Notwendigkeit gemeinsamer internationaler Anstrengungen, um die zwei größten Herausforderungen unserer Zeit zu bewältigen: „Die Bekämpfung der weltweiten Armut und die Eindämmung des Klimawandels.“

„ Nicolas Stern “

ABBILDUNG 297: Nicolas Stern - QUELLE: London School of Economics

2 INTERNATIONALE KLIMAPOLITIK

2.1 Die Vereinten Nationen: Agenten des Klimaschutzes



ABBILDUNG 298: UN-Umweltkonferenz 1972 in Stockholm, Schweden

BILD: UN Photos/Yutaka Nagata



ABBILDUNG 299: Weltklimakonferenz 1992 in Rio de Janeiro, Brasilien

BILD: UN Photos/Michos Tzavaras

Die WMO, das Weltinstitut für Meteorologie, das 1950 als Fachorganisation der UN gegründet wird, hielt die erste UN-Konferenz mit Fokus Klimawandel ab. Bereits 1965 warnten Berater des damaligen US-Präsidenten Lyndon B. Johnson vor den Folgen der Erderwärmung, es kam aber noch zu keinen politischen Maßnahmen. Erst sieben Jahre später geriet der Klimawandel in das Bewusstsein der Öffentlichkeit, als die Vereinten Nationen 1972 die erste UN-Umweltkonferenz in Stockholm abhielten.

Die Gründung des UN-Umweltprogramms UNEP gilt als Geburtsstunde der Internationalen Umweltpolitik. Im Zuge dieser Weltumweltkonferenz wurden die ersten internationalen Vereinbarungen zum Schutz der Umwelt und des Klimas getroffen. Das Programm System Wide Earthwatch wurde ins Leben gerufen mit dem Ziel, sämtliche durch die UN gewonnenen Umweltdaten zu sammeln und auszuwerten. Damit sollen Veränderungen der Umwelt möglichst frühzeitig erkannt und Entscheidungsgrundlagen für umweltpolitische Maßnahmen geliefert werden können. Im Zuge dieser ersten Weltklimakonferenz wurde 1979 in Genf das Weltklimaprogramm verabschiedet. Die UN-Vollversammlung erklärte den Klimawandel zum Anliegen aller

Menschen. 1988, im bis dahin wärmsten Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen, riefen die Vereinten Nationen und das WMO gemeinsam den UN-Weltklimarat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ins Leben. Diese Organisation hat die Aufgabe, den Stand der wissenschaftlichen Forschung zum Thema Klimawandel zusammenzufassen. Die Ergebnisse werden in regelmäßigen Abständen als UN-Klimareport publiziert. 1990 erschien der erste Bericht des Weltklimarates; die Conclusio: Die Erde scheint sich zu erwärmen, menschliches Handeln scheint dafür verantwortlich zu sein. 2013/14 wurde der fünfte Weltklimabericht des IPCC veröffentlicht. In diesem wird der Einfluss des Menschen auf den Klimawandel außer Zweifel gestellt.

Ein erster Höhepunkt im internationalen Klimaschutz war die Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro. Auf diesem Gipfeltreffen von Rio, an dem rund 10.000 Delegierte aus 178 Staaten teilnahmen, wurde unter anderem die Rahmenkonvention zum Klimawandel formuliert und verabschiedet. Die Stabilisierung der Treibhauskonzentration bis zum Jahr 2000 wurde vertraglich geregelt.

TEXT 23: Die Zeit: „Die Klimakrieger“ (3 Seiten)

!

UN-Klimarahmenkonvention von 1992, United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
„Das Endziel dieses Übereinkommens ist es, [...] die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraumes erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann.“

PRÄSENTATION 93: Geschichte der internationalen Klimapolitik (18 Folien)

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Internationale Klimapolitik

2.1.1 Von Rio nach Kyoto

Durch die Verabschiedung der Rahmenkonvention von Rio verpflichteten sich alle Vertragspartner zum Klimaschutz. Auf einer alljährlichen Vertragskonferenz, der Conference of the Parties (COP), wird die genaue Umsetzung dieser Vereinbarung ausgehandelt. 1995 wurde auf der ersten COP das Berliner Mandat verabschiedet; ein rechtlich verbindliches Protokoll sollte bis zur dritten Konferenz (1997) Reduktionsziele und -fristen für die Indus-



ABBILDUNG 300: 3. Conference of the Parties in Kyoto, Japan, im Jahr 1997
BILD: UN Photo/Frank Leather

2.1.2 1998 bis 2001: Internationales Abkommen oder nationaler Egoismus?

Das Kyoto-Protokoll ließ viele technische Fragen offen, wie etwa die Anrechnung von Kohlenstoffsenken (z.B. Wälder) auf nationale Emissionsbudgets. Auf der COP-4 wurde in Buenos Aires eine gemeinsame Vorgehensweise beschlossen. Auf der COP-5 in Bonn wurden keine Fortschritte zur Einigung gemacht; eine Einigung bezüglich der technischen Einzelheiten wurde für 2000 auf der COP-6 in Den Haag angepeilt. Dort wurde die Anrechnung besonderer Anstrengungen auf die nationalen Emissionsbudgets beschlossen. Zu diesen zählen Kohlenstoffsenken, die Tätigkeit von Technologietransfers, die Finanzierung des Klimaschutzes in Entwicklungsländern und die Überwachung der Reduktionsvereinbarungen. Dabei kam es zu Konflikten über die Ausnahmeregelungen; die COP-6 wurde unterbrochen, um 2001 in Bonn wieder aufgenommen zu werden. Durch die hohe Anrechnung der Kohlenstoffsenken wurde die Reduktionsverpflichtung vor allem der waldreichen Länder Russland, Kanada und Japan er-

heblich reduziert. Schwel- und Entwicklungsländer wurden von den Reduktionsverpflichtungen ausgenommen. Der 1995 erschienene zweite Bericht des Weltklimarates wurde zur wissenschaftlichen Grundlage der politischen Aktionen. Widerstand gegen das Berliner Mandat, vor allem seitens der USA, Kanada und Australien, konnten 1996 auf der COP-2 in Genf damit überwunden werden. 1997 wurde auf der COP-3 in Kyoto die Verringerung der Treibhausgasemissionen um 5 % bis 2012 festgelegt, der Emissionshandel wurde eingeführt. Das Kyoto-Protokoll wurde von 154 Nationen unterzeichnet. Die USA, die für 18% der Treibhausgasemissionen verantwortlich sind, unterzeichneten das Protokoll nicht, denn sie befürchteten eine wirtschaftliche Benachteiligung gegenüber Entwicklungsländern wie China und Indien, die keine Reduktionsverpflichtung eingehen müssen. China hat mit 23% den höchsten Anteil am weltweiten CO₂-Ausstoß, dicht gefolgt von den USA. Gemeinsam sind diese beiden Länder für über 40 % der weltweiten CO₂-Belastung verantwortlich. Die Europäische Union belegt mit 14% den dritten Platz der größten Treibhausgas-Emittenten, Indien liegt weit abgeschlagen mit fast 6% auf Platz 4.

Der dritte Bericht des Weltklimarates legte 2001 wissenschaftliche Beweise für die globale Erwärmung vor. Auf der COP-7 in Marrakesch wurde klar, dass mindestens 55 Nationen, die gemeinsam für mindestens 55% der Treibhausgasemissionen von 1990 verantwortlich sind, das Kyoto-Protokoll von 1997 ratifizieren mussten, um es in Kraft treten zu lassen.

Russland, das seine Treibhausgasemissionen gegenüber dem Niveau von 1990 um 40% reduziert hatte, wurde durch eine großzügige Vergabe von Emissionsrechten belohnt. Trotz dieses starken Anreizes blieb unklar, ob Russland das Kyoto-Protokoll ratifizieren würde; die Bemühungen für den Klimaschutz standen und fielen mit der Entscheidung von Russland. Aus wirtschaftlichen Gründen wurden nach 1990 in Russland viele alte Fabriken geschlossen, was zu der starken Reduktion der Treibhausgasemission geführt hatte.



ABBILDUNG 301: US-Präsident George W. Bush und UN-Generalsekretär Kofi Annan im Weißen Haus. - BILD: UN Photo/Sophia Paris



ABBILDUNG 302: US-Präsident George W. Bush über dem durch den Hurrikan Katrina verwüsteten New Orleans im Jahr 2005 - BILD: White House Photo/Paul Morse

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Internationale Klimapolitik

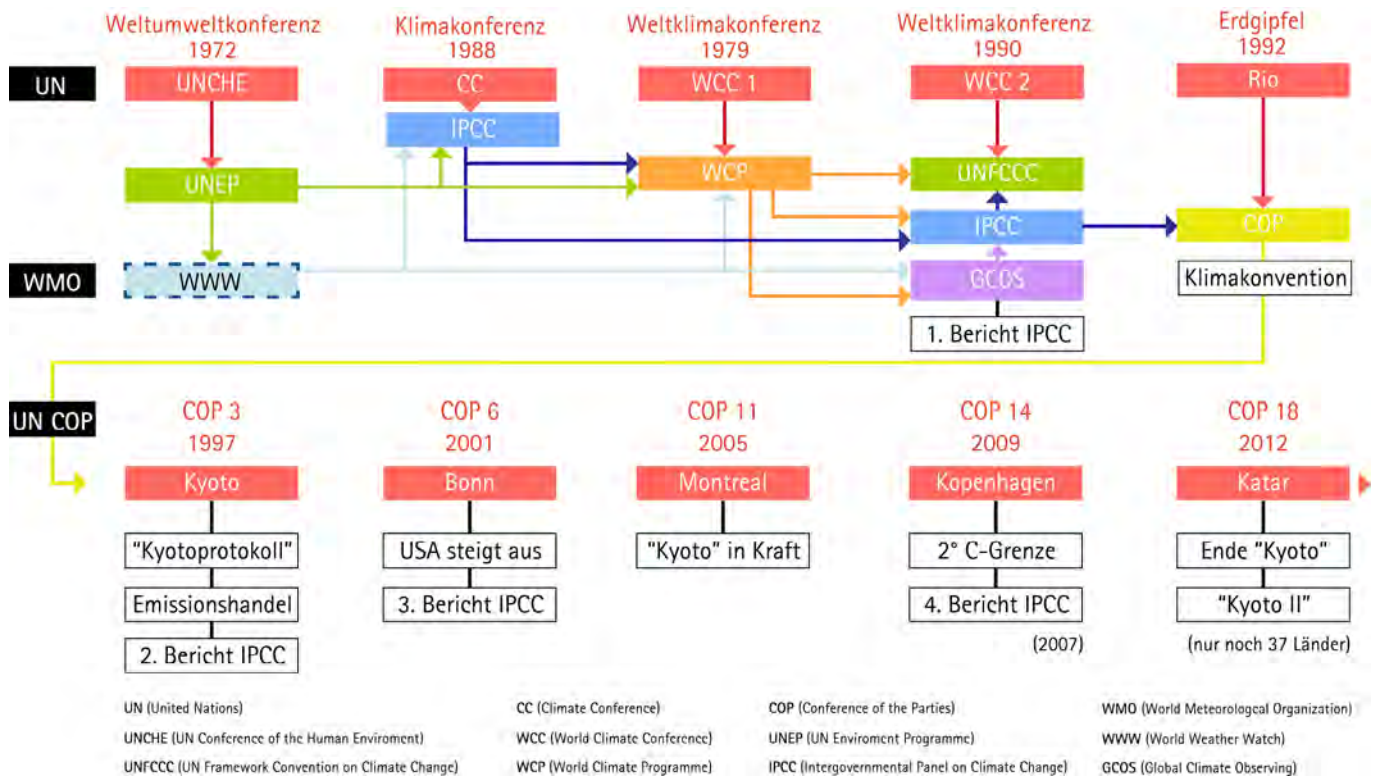


ABBILDUNG 303: Meilensteine der internationalen Klimapolitik - QUELLE: IPCC

2.1.3 Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls bis 2012

2002, fünf Jahre nach der Verabschiedung des Kyoto-Protokolls, wurde durch die Ratifizierung von Island die erste Bedingung erfüllt: Das Protokoll war von 55 Staaten verbindlich unterzeichnet worden. Erst 2004 konnte die zweite Bedingung durch die Ratifizierung von Russland erfüllt werden; 90 Tage später trat 2005 das Kyoto-Protokoll in Kraft. 2006 wurden in Nairobi erste Gespräche über ein Nachfolgeabkommen geführt.

2007 erschien der Abschlussbericht des Weltklimarates; die absehbaren Verfehlungen der Ziele vieler Industriestaaten wurden in den Medien thematisiert. Auf der 13. Vertragskonferenz in Bali 2007 wurde durch die Vertragspartner vereinbart, das Kyoto-Protokoll zu verlängern. Nach dem Auslaufen des Abkommens von Kyoto im Jahr 2012 sollte ein neues Klimaschutzprogramm nahtlos in Kraft treten können, 2009 sollte dieser Nachfolgevertrag in Kopenhagen beschlossen werden. Das Nachfolgeabkommen sollte alle Länder in den Klimaschutz miteinbeziehen und die weltweite Reduktion von Treibhausgasen festlegen.

2009 wurde in Kopenhagen das Ziel der Klimarahmenkonvention erstmals mit einer Zahl versehen: Die Temperaturerhöhung gegenüber dem Beginn der Industrialisierung sollte unter 2°C bleiben. Es kam jedoch zu keiner rechtlich bindenden Vereinbarung. Auf der COP 16 in Cancún 2010 wurde die 2-°C-Grenze anerkannt mit der Möglichkeit, diese auf 1,5 °C herabzusetzen. Mit der Kopenhagener Vereinbarung wurden keine verbindlichen Reduktionsziele verabschiedet. Mittlerweile haben 192 Staaten das Kyoto-Protokoll ratifiziert. 2011 gab Kanada seinen Ausstieg aus dem Kyoto-Abkommen bekannt. Die USA und Kanada sind die einzigen Industriestaaten, die das Abkommen nicht ratifiziert und sich damit ihrer Verantwortung für den Klimaschutz entzogen haben. Die Selbstverpflichtung der USA zu einer Treibhausgasreduktion von 5% wird von der EU als unzureichend bezeichnet. Mit dem Jahr 2012 lief das Kyoto-Protokoll aus, die Reduktionsverpflichtung für eine zweite Verpflichtungsperiode wurde nach langem Ringen auf der 18. UN-Klimakonferenz in Katar beschlossen.



Laut Weltklimarat IPCC ist eine Begrenzung der globalen Erwärmung bis 2020 auf unter 1,4 °C aufgrund des jetzigen CO₂-Gehalts der Atmosphäre unmöglich. Die Einhaltung der 2-°C-Grenze sei nur mit großen Anstrengungen zu erreichen. Bei einer Erhöhung von mehr als 2 °C dürften die Folgen des Klimawandels für den Menschen unbeherrschbar werden. Viele Klimaforscher, wie Hans Joachim Schellnhuber (Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung), gehen davon aus, dass bis 2060 mit einer Temperaturerhöhung von 4 °C gerechnet werden muss, sollte nicht umgehend gegengesteuert werden.

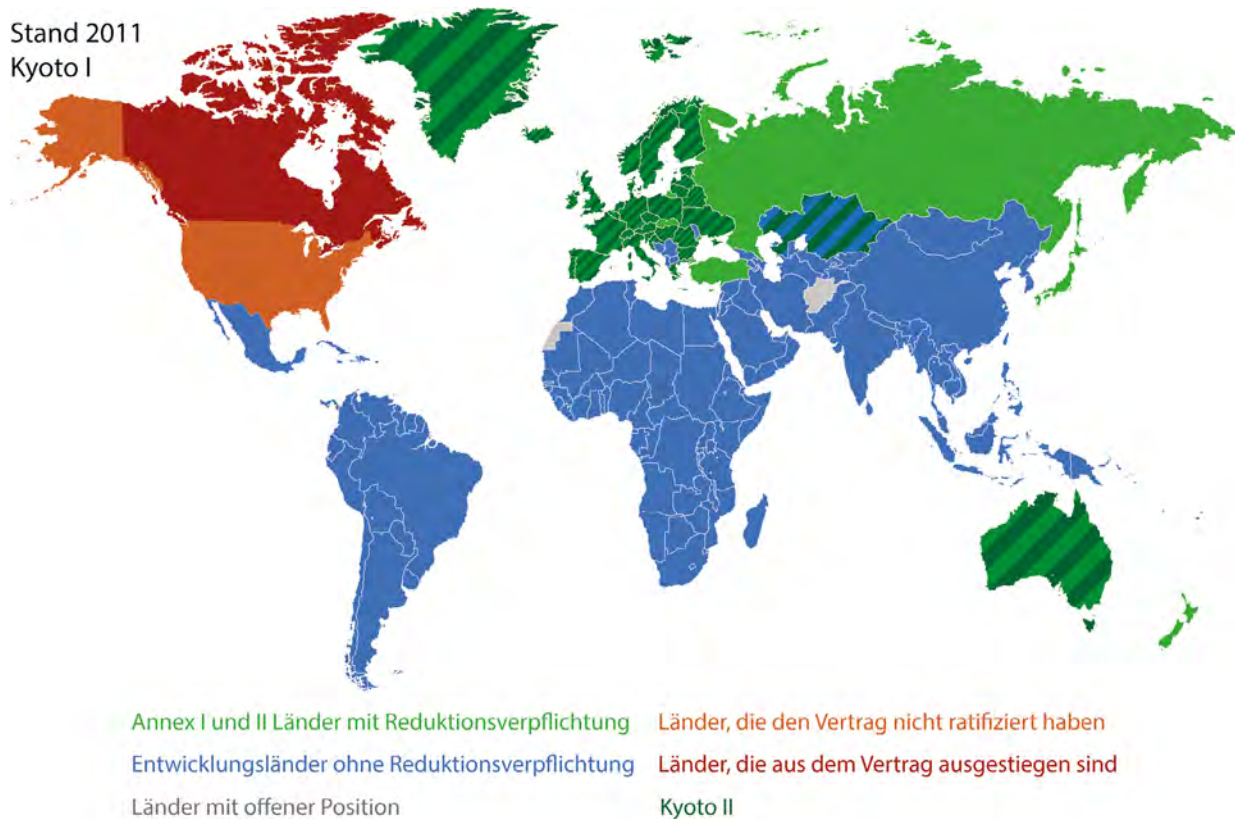


ABBILDUNG 304: Kyoto-I-Vertragspartner - QUELLE: IPCC

2.2 Welche Mengen Treibhausgase dürfen noch emittiert werden?

Um die kritische 2-°C-Marke nicht zu überschreiten, muss die Summe der globalen CO₂-Emissionen im Sinne eines Bilanzmodells bis 2050 auf 750 Milliarden Tonnen limitiert werden. Beim derzeitigen Ausstoß von weltweit rund 30,6 Milliarden Tonnen pro Jahr wäre diese Maximalmenge bereits im Jahr 2035 aufgebraucht. Ab dann müssten die Emissionen abrupt auf Null sinken. Der CO₂-Ausstoß muss also rasch und drastisch gesenkt werden. Ein weiteres Zuwarten wäre fatal. Im weltweiten Durchschnitt dürfen maximal 2,7 Tonnen CO₂ pro Einwohner und Jahr emittiert werden. Davon sind wir in den westlichen Industrienationen meilenweit entfernt. So emittieren die USA mit 18,1 Tonnen CO₂ pro Einwohner und Jahr das Siebenfache der zulässigen Menge. Aber auch jeder Österreicher emittiert mit 8,5 Tonnen noch fast das Dreifache der theoretischen Maximalmenge. Obwohl China insgesamt weltweit mittlerweile die größte Menge an CO₂-Emissionen verursacht, liegt die chinesische Bevölkerung beim Pro-Kopf-Ausstoß mit 6,3 Tonnen nur knapp über dem weltweiten Durchschnitt. Indien, hinter der EU Nummer Vier im Ranking der größten Treibhausgas-Emittenten, liegt mit 1,4 Tonnen pro Einwohner weit unter dem globalen Durchschnitt von 2011. Politische Bestrebungen aus dem Jahr 1992 haben letztlich dazu geführt, dass erst 2005 – 13 Jahre später – ein Gesetz in Kraft getreten ist, das die Emissionsreduktion in einer Periode von vier Jahren zwischen 2008 und 2012 festlegte. Für den Klimaschutz bleibt zu hoffen, dass die Nachfolgeabkommen des Kyoto-Proto-

kolls schneller und langfristiger zu einer Wirkung führen werden, und zwar auf allen Ebenen, sowohl national als auch international. Nach 15-tägigem Ringen einigten sich die Teilnehmer der 18. COP mit einem Tag Verspätung auf einen Arbeitsplan für ein neues Klimaabkommen, das ab 2020 in Kraft treten soll. Bis 2015 sollen die Einzelheiten für den Weltklimavertrag ausverhandelt werden, der alle Länder, einschließlich den Entwicklungsländern, in die Pflicht nehmen wird. Das Kyoto-Protokoll geht mit 2013 in eine zweite Phase, die bis 2020 dauern wird. Kyoto II sieht allerdings keine schärferen Verpflichtungen vor, und die beteiligten Länder sind gemeinsam nur noch für 15% der globalen Emissionen verantwortlich. Viele Großemittenten, darunter die USA, Kanada und Japan, entziehen sich ihrer Verantwortung.

Auf der COP 18 wurde lediglich ein Minimalziel erreicht: Neben Kyoto II wurden nur freiwillige Reduktionsziele zugesagt, der verbindliche Klimaschutz wurde wieder vertagt. Eine Regelung zur finanziellen Hilfe für Entwicklungsländer, um die Folgen des Klimawandels bewältigen zu können, wurde zwar beschlossen, verbindliche finanzielle Zusagen blieben aber aus. Außerdem ist die Auszahlung dieser Hilfszahlungen auf 2020 vertagt worden. Ab dann sollen jährlich 100 Milliarden US-Dollar dafür zur Verfügung stehen. Alleine die Schäden, die durch den Hurrikan Katrina im Jahr 2005 verursacht wurden, summieren sich auf diesen Betrag.

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Internationale Klimapolitik

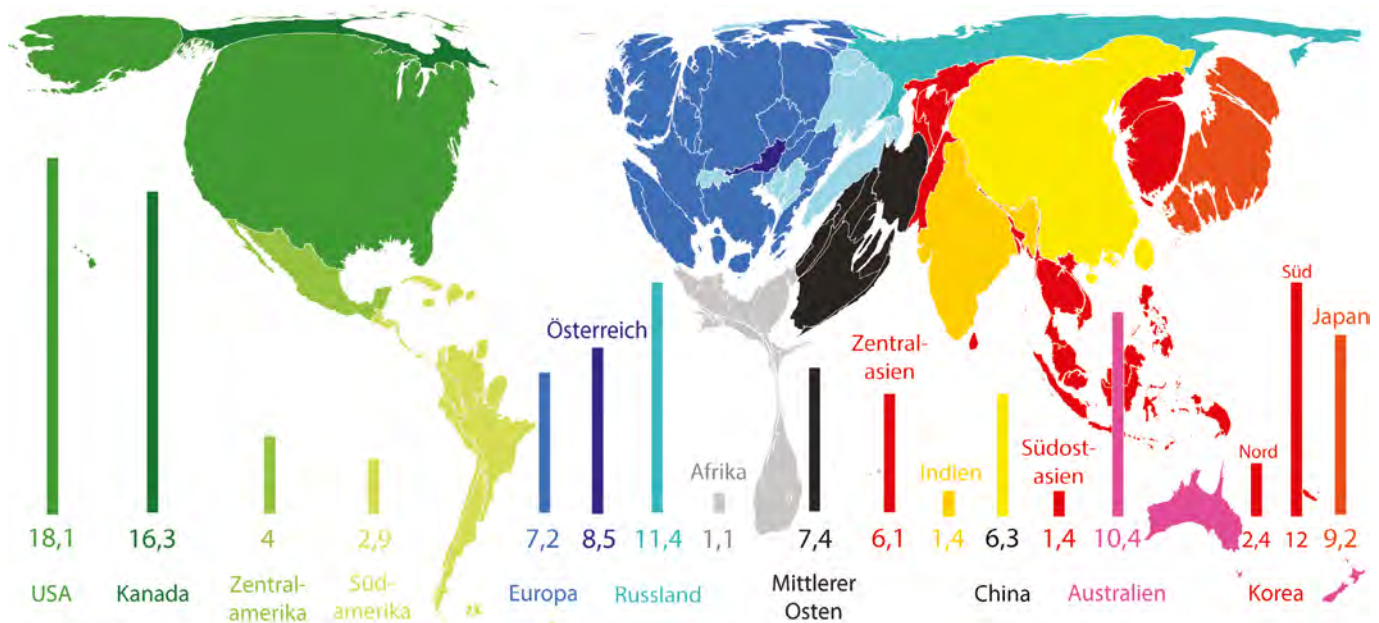


ABBILDUNG 305: Tonnen CO₂-Ausstoß pro Kopf pro Jahr - QUELLE: Worldmapper, Energy Information Administration (EIA)

Global gesehen wurde im ersten Jahrzehnt (2000 bis 2010) jedoch bereits ein Drittel des übrigen CO₂-Budgets „verbraucht“. Für die restlichen 40 Jahre verbleibt somit nur noch ein Budget von 565 Gt CO₂. Im Vergleich dazu beträgt das globale CO₂-Potential der sicheren fossilen Reserven 2.795 Gt CO₂, also rund das Fünffache des CO₂-Budgets für 2011 bis 2050. Zieht man die Projektionen der Internationalen Energieagentur heran, so wäre dieses Budget bis 2026 verbraucht. Dies hätte natürlich auch massiven Einfluss auf die finanzielle Performance der fossilen Energieunternehmen und deren Preisgestaltung. Allein die börsennotierten Top 100 dieser Unternehmen verfügen aufgrund

der von ihnen bekannt gegebenen sicheren Reserven über ein Potenzial von 745 Gt CO₂. Dieses Potenzial liegt deutlich über dem zur Einhaltung der 2-°C-Grenze zulässigen Budget an Treibhausgasen. Zu ergänzen ist, dass rund zwei Drittel der sicheren Reserven bei privaten oder staatlichen Energieunternehmen liegen, die somit zusätzliche CO₂-Emissionen „generieren“. Werden unkonventionelle fossile Ressourcen einbezogen, verschärft sich die Situation weiter: Die finanziellen Risiken für derartige Unternehmen scheinen beträchtlich, ebenso die Auswirkungen auf die globale Finanzlandschaft und auf die von fossilen Energieträgern abhängigen Volkswirtschaften.

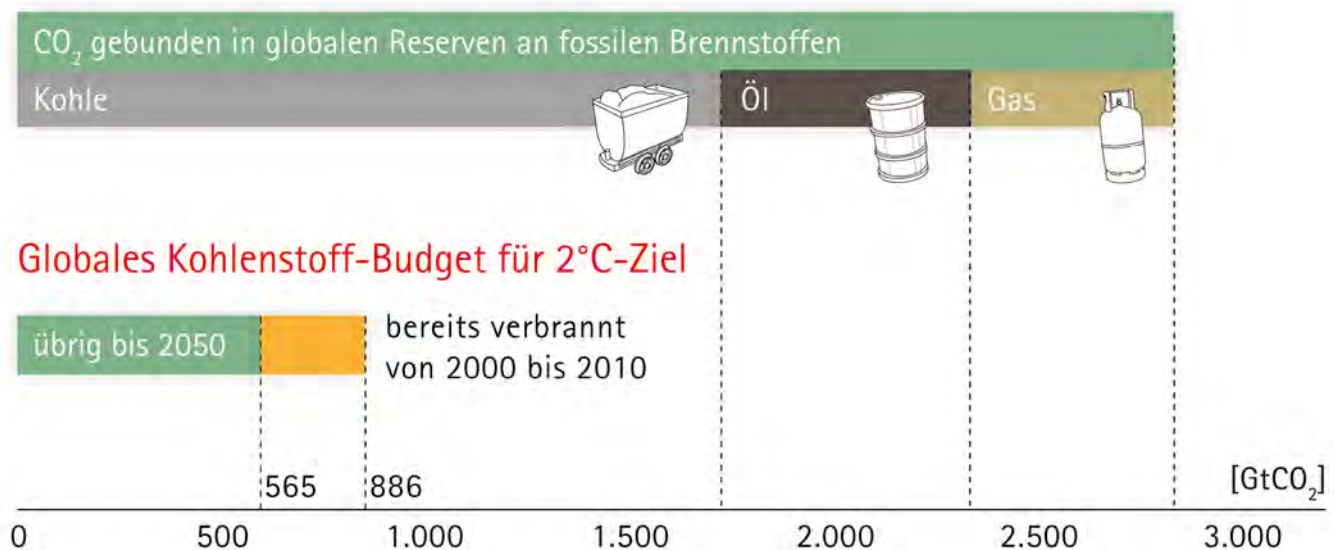


ABBILDUNG 306: Vergleich des globalen CO₂-Budgets für das 2 °C-Ziel mit dem CO₂-Potential der globalen sicheren fossilen Ressourcen - QUELLE: PIK

2.3 Handel mit Verschmutzungsrechten: Wirksame Maßnahme oder Irrweg?

Im European Union Emissions Trading System (EU-ETS) werden 46% der insgesamt zulässigen Emissionsmenge an Großemittenten aus der Energiewirtschaft und Industrie zugeteilt. Unternehmen, die mit den zugeteilten Emissionsrechten nicht auskommen, müssen in Klimaschutz investieren. Dies kann über den Zukauf von Emissionsrechten erfolgen oder durch die Finanzierung von Klimaschutzprojekten. Das ETS zielt darauf ab, dass die Investitionen in den Klimaschutz dort erfolgen, wo sie am wenigsten kosten: im eigenen Betrieb. Ähnlich wie der Wert von Unternehmen in Aktien gestückelt wird, werden die zulässigen Emissionen eines Landes in Zertifikate aufgeteilt. Die Länder teilen diese Zertifikate einzelnen Unternehmen entsprechend ihren bisherigen Emissionen zu. Unternehmen, die ihre Reduktionsverpflichtungen nicht erfüllen können, müssen Zertifikate von solchen Unternehmen kaufen, die bereits Emissionen reduziert haben. Wer Emissionen einspart, kann damit Geld verdienen. Marktwirtschaftliche Mittel sollen also dazu beitragen, die Schadstoffemissionen zu reduzieren und umweltfreundlichere Technologien zu unterstützen. Das auf die Industriestaaten beschränkte System erlaubt auch einen zwischenstaatlichen Emissionshandel. Finanziert ein Industriestaat eine Maßnahme zur Reduktion von Emissionen in einem anderen Land, hat er das Recht, sich diese Emissionsminderung als Einsparung anrechnen zu lassen und selbst entsprechend mehr zu emittieren. Diese Maßnahmen müssen aber die nachhaltige Entwicklung des betreffenden Landes fördern.

Der Emissionshandel gilt an sich als wichtiges Instrument im Kampf gegen den Klimawandel. Heute ist der Handel mit

CO₂-Zertifikaten allerdings zu einem bedeutenden Wirtschaftszweig der internationalen Finanzindustrie geworden und es regt sich berechtigte Kritik am geltenden System. So werden nur Teile der Emissionsquellen erfasst; im ETS sind es nur 50% der Emissionen. Die Emissionen aus der Bereitstellung von Raumwärme, kleinen Gewerben und Industrien, Land- und Abfallwirtschaft werden nicht miteinbezogen. Auch der Verkehrssektor, der in Europa eine der größten Emissionsquelle ist, wird nicht berücksichtigt.

Durch das bestehende System können Industrieländer und Unternehmen das Recht erkaufen, ihr Energie- und Produktionssystem beizubehalten. Der Zertifikatepreis bewegt sich seit einigen Jahren lediglich um fünf Euro pro Tonne CO₂. Umweltschützer kritisieren, dass das zu niedrig sei, um Unternehmen zu Investitionen in emissionsarme Technik zu bewegen. Mit dem Kohlenstoffhandel werden also nur die Symptome bekämpft und nicht die Ursachen, die im fossilen Energiesystem liegen. Ferner wird die Verantwortung der einzelnen Bürger durch dieses System auf die gesamte Gesellschaft übertragen. Das hat zur Folge, dass Klimasünden einzelner von der Allgemeinheit getragen werden müssen. Über eine CO₂-Steuer würden die Verursacher auch wirklich in die Pflicht genommen.

Das Emissionshandelssystem wurde ins Leben gerufen, um das 2-°C-Ziel zu erreichen. Betrachtet man das CO₂-Budget, das zur Einhaltung des 2-°C-Ziels eingehalten werden muss, wird deutlich, dass mehr Emissionsrechte gehandelt werden, als mit dem Ziel vereinbar ist.

TEXT 25: Die Zeit: Emissionshandel (2 Seiten)

2.4 Klimapolitik in Europa: Ambitionierte Ziele des Energie- und Klimapakets der EU

Die EU-Kommission hat längst erkannt, dass der Nutzen durch den Klimaschutz weit höher liegt als die damit verbunden Ausgaben. Die erforderlichen Maßnahmen sichern Arbeitsplätze, steigern die Wettbewerbsfähigkeit und sparen enorme Kosten, die ansonsten durch Umweltschäden entstehen. Klimaforschung, Technologieentwicklung und ein funktionierendes Emissionshandelssystem können Investitionen auslösen, die sich

rechnen, wenn der internationale Klimaschutz weiter ausgebaut wird. Europäisches Know-how und markttechnisch absetzbare Emissionszertifikate können dazu beitragen, dass die erneuerbaren Energien zu einem tragenden Element der europäischen Wirtschaft heranwachsen. Aus diesen Gründen haben sich die EU-Nationen auch so stark für die Durchsetzung des Kyoto-Protokolls eingesetzt und große Anstrengungen unter

! „Der Klimawandel ist eine Realität und es muss dringend gehandelt werden, um ihn auf ein beherrschbares Maß zu begrenzen. Die EU muss intern die erforderlichen Maßnahmen ergreifen und auf internationaler Ebene die Führung übernehmen, damit der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur das vorindustrielle Niveau um nicht mehr als 2 °C übersteigt. [...] Das ist technisch möglich und wirtschaftlich machbar, wenn die größten Emittenten rasch handeln. Dabei ist der Nutzen von Maßnahmen weitaus größer als die wirtschaftlichen Kosten. [...] Mit diesem Konzept kann die EU zeigen, dass sie auf internationaler Ebene in Klimafragen eine führende Rolle spielt, der Industrie signalisieren, dass das Emissionshandelssystem nach 2012 weitergeführt wird, und Investitionen in Technologien zur Emissionsreduktion und kohlenstoffarme Alternativen fördern. [...] Marktwirtschaftliche Instrumente wie das EU-Emissionshandelssystem werden entscheidend dazu beitragen, dass Europa und andere Länder ihre Ziele zu den geringstmöglichen Kosten erreichen.“

QUELLE: Mitteilung der Europäischen Kommission, Volltext, 2007

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Internationale Klimapolitik

nommen, um Russland zur Ratifizierung zu bewegen. Das Europäische Programm für den Klimaschutz (ECCP) wurde im Jahr 2000 von der Europäischen Kommission ins Leben gerufen, um die europäischen Verpflichtungen im Rahmen des Kyoto-Protokolls umsetzen zu können. Dieses Abkommen regelt auch den EU-Emissionshandel. Das EU-ETS ist das weltweit größte Emissionshandelssystem und könnte als Modell für ein globales derartiges System dienen.

Die EU hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 den Ausstoß von Treibhausgasen in ihren Mitgliedsstaaten im Vergleich zum Jahr 2005 um 20% zu reduzieren. Zugleich will sie den Anteil erneuerbarer Energien auf 20% erhöhen und die Energieeffizienz um 20% steigern. Diese 20-20-20-Ziele wurden verbindlich unter den Mitgliedsstaaten aufgeteilt. Österreich ist aufgrund dieser Vorgaben dazu verpflichtet, seine Treibhausgasemissionen in den Sektoren, die dem Emissionshandelssystem unterliegen, um mindestens 21% und in jenen Sektoren, die vom Emissionshandelssystem nicht erfasst sind, um mindestens 16% zu reduzieren. Seinen Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch muss Österreich auf mindestens 34% erhöhen. Der Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrssektor soll mindestens 10% betragen, der Energieverbrauch soll durch die Verbesserung der Energieeffizienz gegenüber dem prognostizierten Niveau von 2020 um 20% gesenkt werden. Darüber hinaus hat sich der Europäische Rat im Februar 2011 das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen in der EU bis zum Jahr 2050



ABBILDUNG 308: EU-Kommission stimmt ab – BILD: Pietro Naji-Oleari

im Vergleich zu 1990 um 80 bis 95% zu senken. Mit diesem Fahrplan soll bis 2050 die Umgestaltung der Europäischen Union zu einer wettbewerbsfähigen, CO₂-armen Wirtschaft gelingen. Nach den umfassenden ökonomischen Modellrechnungen, die dem Fahrplan zugrunde liegen, müssen die Emissionen gegenüber 1990 um etwa 40% bis 2030 und um etwa 60% bis 2040 verringert werden.

Eine bloße Weiterführung der derzeitigen Maßnahmen wird voraussichtlich nur zu EU-internen Emissionsminderungen um 30% bis 2030 sowie um 40% bis 2050 führen. Will man die Erderwärmung tatsächlich auf 2 °C beschränken, müssen sowohl die EU als auch Österreich rasch ambitionierte Ziele festlegen und umfassende Maßnahmen gegen den Klimawandel setzen.

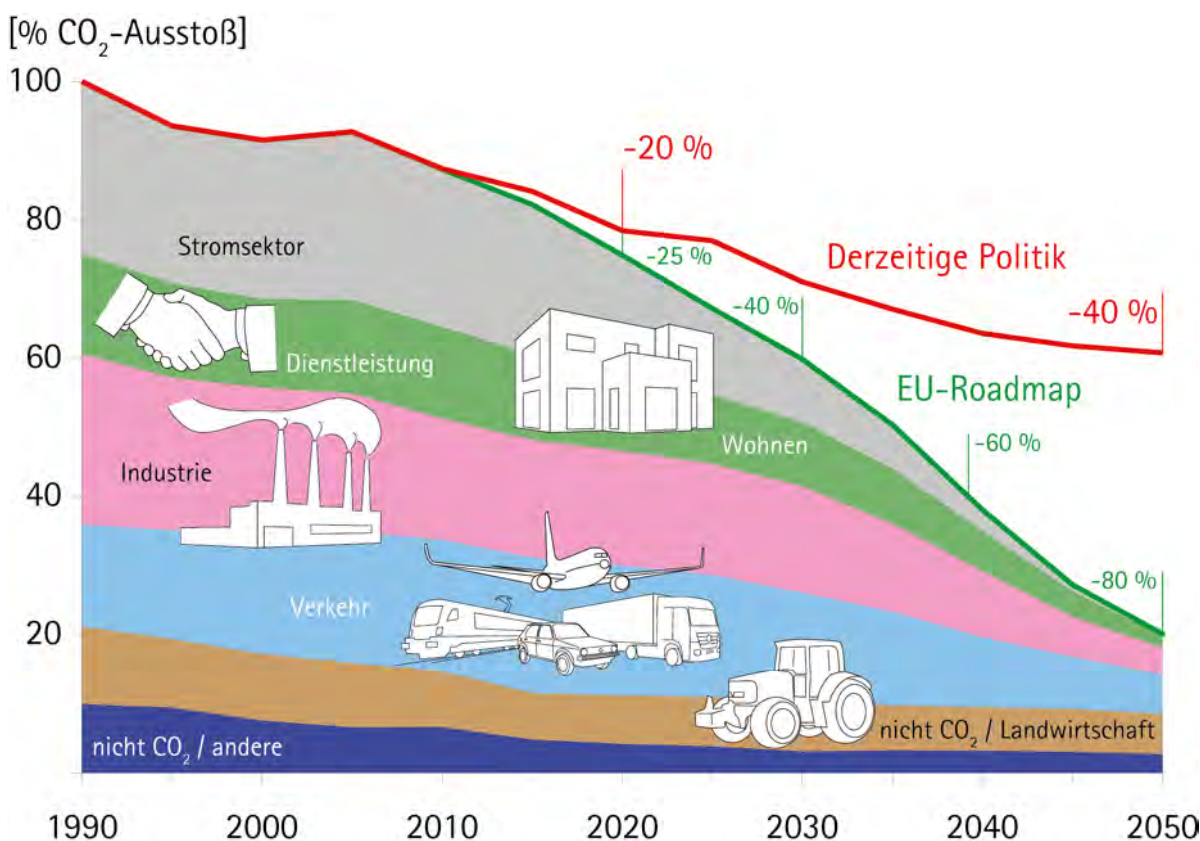


ABBILDUNG 307: EU-Roadmap 2050, CO₂-Reduktionsziele im Spannungsfeld der Emissionspolitik – QUELLE: Potsdam-Institut für Klimaforschung (PIK)

2.5 Verlagerung der Verantwortung

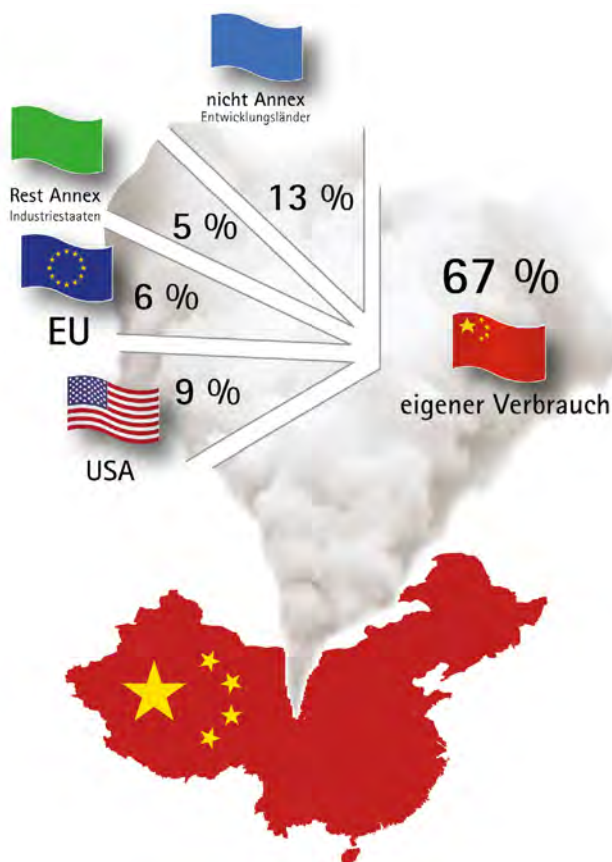


ABBILDUNG 309: Auslagerung von Treibhausgasemissionen am Beispiel China

QUELLE: Eurostat – BILD: Sparklemotion

Insgesamt wird die EU ihre Kyoto-Ziele erreichen können, obwohl einige Mitgliedsstaaten, darunter auch Österreich, ihre Zielvorgaben weit verfehlt haben. Ein nicht unwesentlicher Teil dieser Reduktion ist auf die Auslagerung der Industrie in Entwicklungsländer wie China zurückzuführen. China ist der größte Emittent von Treibhausgasen; in den letzten fünf Jahren haben sich Chinas Treibhausgasemissionen fast verdoppelt. Laut einer Studie der internationalen Input-Output-Organisation IIOA sind etwa 30% der chinesischen CO₂-Emissionen auf die Exportwirtschaft des Landes zurückzuführen. Die Exporte nach Europa machen einen Anteil von 6% der gesamten chinesischen Emissionen aus; die Ausfuhren in die USA sind für 9% der gesamten chinesischen Treibhausgasemission verantwortlich. Die CO₂-Emissionen Europas haben sich also von Osteuropa nach Fernost in die Entwicklungsländer verlagert, die keiner Reduktionsverpflichtung unterliegen, aber auch in die USA, die sich ihrer Verantwortung entzogen haben. Zusätzliche Belastungen durch die verlängerten Transportwege sind hier noch gar nicht eingerechnet. Nur etwa 25% der in die EU importierten Waren kommen aus Ländern, die sich durch die Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen verpflichtet haben. 11% der importierten Waren stammen aus den USA. 19% der Importe kommen aus China, 44% aus der restlichen Welt, vor allem aus Entwicklungsländern, die keiner Reduktionsverpflichtung unterliegen. Um die Erderwärmung in Grenzen zu halten, bedarf es einer weltweiten Klimapolitik, die durch ein international geltendes Regelwerk die Grundlagen und Anreize für einen globalen Klimaschutz festlegt.

2.6 Klimapolitik in Österreich

1990 wurde durch die damalige Regierung die Österreichische CO₂-Kommission (ACC) ins Leben gerufen. Ein Gremium aus Wissenschaftlern, Umweltsprechern aller Parteien, akademischen Vertretern der Sozialpartner sowie einem Vertreter von Greenpeace, wurde mit der Aufgabe betraut, die Bundesregierung in Fragen der Klimapolitik und der Verminderung von Treibhausgasemissionen zu beraten. Im Jahr 1995 wurde Österreich Mitglied der Europäischen Union und damit auch in die Klimapolitik der EU eingebunden. In den vorbereitenden Sitzungen zum COP-3 in Kyoto einigten sich die Vertreter der EU-Staaten darauf, für ein Reduktionsangebot von 20% bis 2010 gegenüber dem Basisjahr 1990 einzutreten. Österreich erklärte sich in diesem Rahmen dazu bereit, als Ziel eine Reduktion von 25% der Treibhausgasemissionen bis 2010 festzusetzen. In der Kyoto-Konferenz übernahm die EU ein gemeinschaftliches Reduktionsziel von 8% für den Zeitraum von 2008 bis 2012; im Zuge der internen Aufteilung fiel auf Österreich eine Reduktionsverpflichtung von 13%. Seit 1996 werden die Aufgaben des ACC dem Austrian Council on Climate Change (ACCC) übertragen, der Klimabeirat wird aber nicht mehr mit einem Budget für Forschungsarbeit ausgestattet. Nach fünf Jahren erfolgreicher Arbeit der CO₂-Kommission und

zwei Funktionsperioden des Klimabeirates kam der Themenkomplex der Klimaproblematik unter der ÖVP/FPÖ-Regierung zum Erliegen. Seit dem Auslaufen seiner zweiten Funktionsperiode 2001 ist der Klimabeirat nur noch ein Informationsportal der nationalen und internationalen Klimaforschung. 2002 wurde die erste Strategie zur Erreichung der Kyotoziele verabschiedet, aber es wurden kaum Maßnahmen durchgesetzt. Im Jahr 2006 zeigte sich, dass verstärkte Anstrengungen notwendig sein würden, um die Ziele zu erreichen. Die Klimastrategie wurde adaptiert und 2007 beschlossen. 2007 erschien der 4. Sachstandsbericht des UN-Weltklimarates: Die absehbare Verfehlung der Kyoto-Ziele in Österreich wurde medial aktuell, trat aber durch die Wirtschaftskrise wieder in den Hintergrund. 2008 und 2009 kam es in Österreich aufgrund der Wirtschaftskrise zu erheblichen Produktionsrückgängen und einer Reduktion der Emissionen um fast 8%. Die dabei eingesparten Energiezertifikate können nicht für die Erreichung der Kyoto-Ziele Österreichs verwendet werden. Sie müssen von der Industrie verkauft oder in die nächste Handelsperiode übertragen werden. Mit dem wirtschaftlichen Aufschwung wurden die ohnehin schon mangelhaften Umsetzungen der Klimastrategie überkompensiert.

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Internationale Klimapolitik



ABBILDUNG 310: Sitzungssaal des Österreichischen Parlaments in Wien
BILD: Parlamentsdirektion/Christian Hikade



ABBILDUNG 311: Außenansicht des Österreichischen Parlaments in Wien
BILD: Parlamentsdirektion/Christoph Haderer

PRÄSENTATION 94: Klimapolitik in Österreich (20 Folien)

Weiter mit: „1.1 Erneuerbare Energieträger – Bedeutung und Potenzial“ K: 4, S: 74

2.6.1 Umsetzung der Energiestrategie: Nationaler Aktionsplan für den Ausbau erneuerbarer Energie

Erst 2009 kam es zur Ausarbeitung der Österreichischen Energiestrategie. Ihr Ziel ist es, den Energiebedarf von 2005 zu stabilisieren und die Treibhausgasemissionen durch die Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energieträger einzudämmen. Erst im zweiten Verpflichtungsjahr des Kyoto-Protokolles kam es im Zuge der Energiestrategie zu einer offiziellen Potenzialanalyse der erneuerbaren Energieträger in Österreich. Die Wirtschaftskrise und die einbrechenden Ölpreise erschwerten die Umsetzung der Energiestrategie. EU-Vorgaben und -Ziele beinhalten die Reduktion von Treibhausgasemissionen, den Ausbau von erneuerbarer Energie und die Steigerung der Energieeffizienz. Dar-

über hinaus wurden die Rahmenbedingungen für die Umsetzung der Ziele festgelegt. Diese sind die Gewährleistung der Versorgungssicherheit, die Sozial- und Umweltverträglichkeit sowie die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und Kosteneffizienz. Österreich hat sich 2008 mit der Verabschiedung des Energie- und Klimapaktes der EU dazu verpflichtet, den Anteil der erneuerbaren Energie am Bruttoinlandsverbrauch bis 2020 auf 34% zu erhöhen und die Treibhausgasemissionen, die nicht dem Emissionshandel unterliegen, bezogen auf die Emissionen des Jahres 2005 um mindestens 16% zu reduzieren. Die Energieeffizienz soll bis 2020 um 20% erhöht werden.

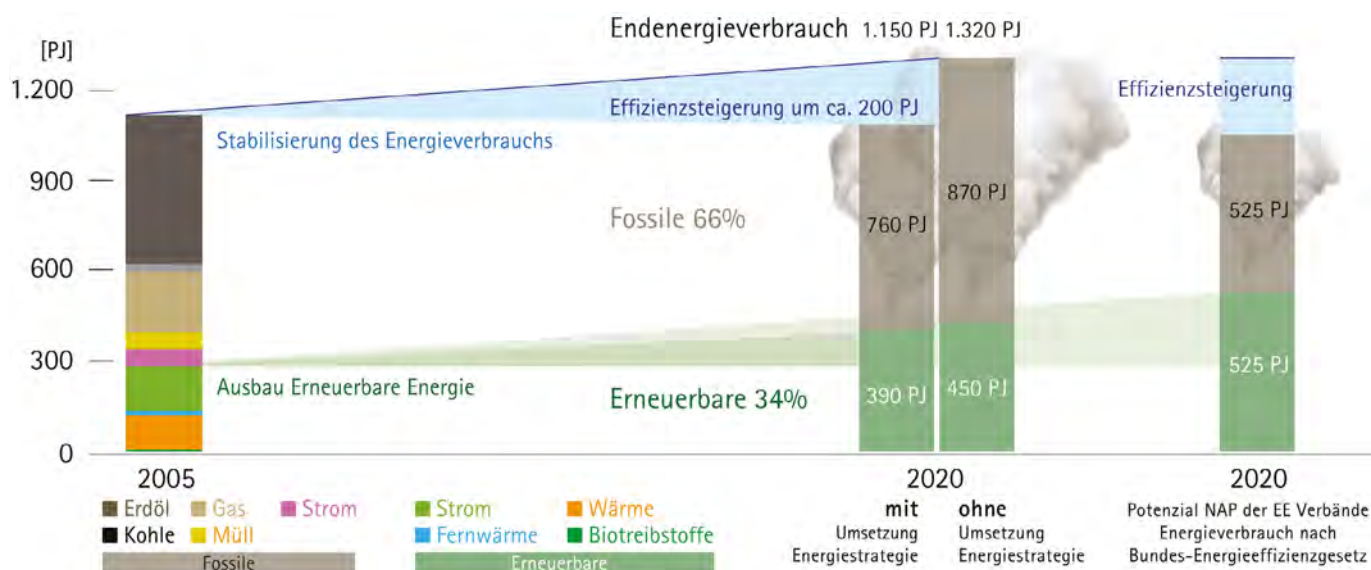


ABBILDUNG 312: Modell der Energiestrategie und Potenziale der erneuerbaren Energien - QUELLE: Österreichische Energieagentur

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Internationale Klimapolitik

Jedes EU-Mitgliedsland hat der Kommission einen Nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energien (NAP) vorgelegt, in dem es bekannt gab, wie die Ausbauziele für erneuerbare Energien erreicht werden können. Im EU-Vergleich belegt Österreich mit seinem 34-%-Ziel den vierten Platz. Betrachtet man jedoch allein den Ausbau, den Österreich bis 2020 plant, liegt das Land an fünftletzter Stelle. Damit diese Pläne vollständig und international vergleichbar im Sinne der Europäischen Richtlinie für erneuerbare Energien erstellt werden, wurde im Juni 2009 ein Musterplan veröffentlicht, der als verbindliche Vorlage für den NAP gilt.

Die Verbände für erneuerbare Energien in Österreich, bestehend aus dem Österreichischen Biomasse-Verband, der IG Windkraft, Kleinwasserkraft Österreich, Photovoltaik Austria, Austria Solar, ARGE Kompost & Biogas Österreich und proPellets Austria, haben einen eigenen NAP ausgearbeitet und gezeigt, dass Österreich bis 2020 nicht 34 %, sondern 50% des Energiebedarfs aus erneuerbaren Energiequellen decken könnte. Dies wäre möglich, wenn die Bundes- und Landesregierungen durch ein konsistentes Maßnahmenpaket den Energieverbrauch um etwa 9% senken und gleichzeitig die Potenziale der erneuerbaren Energien bis 2020 deutlich stärker nutzen würden als derzeit. Die größten prozentualen Zuwächse müssten dazu bei der Solarthermie, der Windenergie und der Photovoltaik erzielt werden; die größten absoluten Zuwächse bei der Nutzung der Biomasse.

2.6.2 „Zahltag“ für Österreichs Verfehlung der Kyoto-Ziele

Als Vertragspartei hat sich die EU verpflichtet, die Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2008 bis 2012 im Vergleich zum Kyoto-Basisjahr 1990 um 8 % zu verringern. Österreich muss seine Emissionen aufgrund der EU-internen Lastenaufteilung um 13 % reduzieren. Im Jahr 2011 betrugen die Treibhausgasemissionen Österreichs 82,8 Millionen Tonnen. Damit lagen die Emissionen um 14,1 Millionen Tonnen über dem jährlich zulässigen Durch-

Für die Umsetzung dieses NAP wären politische Maßnahmen, wie die Einführung einer CO₂-Steuer, eine fossile Ressourcenabgabe, eine Reform des Ökostromgesetzes, die Ausarbeitung eines entsprechenden Investitionsförderungsprogrammes sowie die rechtlichen Grundlagen zur Einspeisung von Biomethan in das Erdgasnetz, notwendig. Viele dieser Strategien und Maßnahmen sind nicht umgesetzt worden.

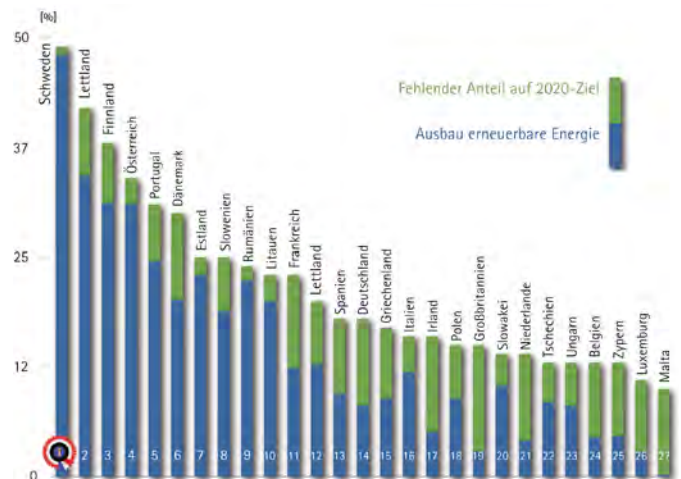


ABBILDUNG 313: EU-27 Ranking, Ausbau der Erneuerbaren und Zielsetzung bis zum Jahr 2020 - QUELLE: Eurostat

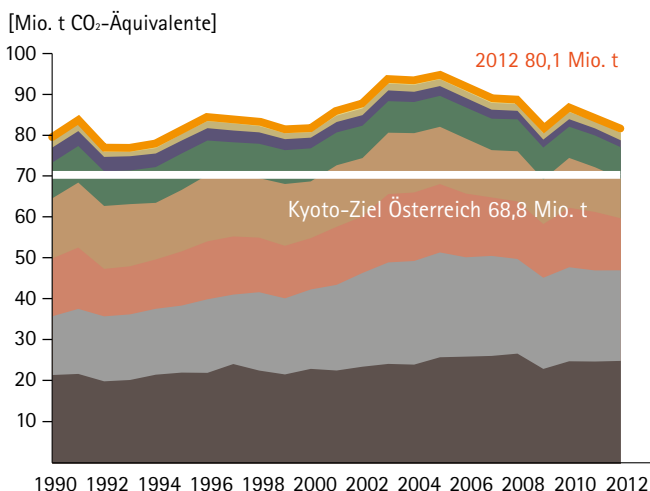
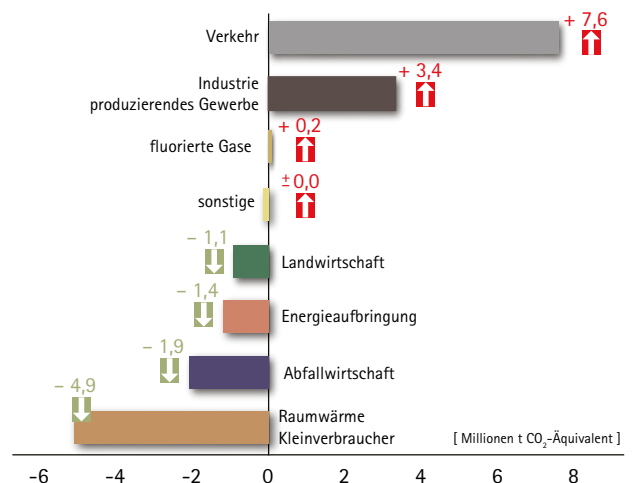


ABBILDUNG 314: Entwicklung Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2012, Änderungen in den Sektoren in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent
QUELLE: Umweltbundesamt

schnittswert des für 2008 bis 2012 festgelegten Kyoto-Ziels. Bei Berücksichtigung des Emissionshandels, der Projekte in Entwicklungsländern sowie der Bilanz aus Neubewaldung und Entwaldung ergibt sich eine Lücke zur Erreichung der Ziele. Diese Lücke wird mit dem Zukauf von CO₂-Zertifikaten geschlossen. Laut einer internationalen Vergleichsstudie der Institution Germanwatch belegte Österreich 2012 den Platz 34 der 58 Staaten



mit dem höchsten Ausstoß an Treibhausgasen. Seit 2011 ist Österreich in der Wertung sogar noch einen Platz zurückgefallen.

Kein gutes Zeugnis – wie konnte es dazu kommen? Es fehlt an einem effektiven Anreizsystem für alle Bereiche. Nur die Sektoren der Energieaufbringung und der Industrie unterliegen einer gesetzlich geregelten Verpflichtung zur Reduktion ihrer Emissionen. Geregelt wird diese durch das Instrument des Emissionshandels, das den größten Teil der Industrie und des Energiesektors erfasst. Als Anreizsystem können durch eine CO₂-arme Produktionsweise Gewinne erzielt und die Wettbewerbsfähigkeit erhöht

werden. Während im Bereich der Industrie und Energieaufbringung durch die Verpflichtung zum Emissionshandel Anreize zu effizienter und CO₂-armer Produktion geschaffen wurden, gibt es für alle anderen Bereiche keine Anreize oder Steuern. Keine gesetzliche Regelung zieht die Konsumenten zur Verantwortung, was wiederum zu einer Verzerrung der Marktverhältnisse führt. Die wahren Kosten des Konsums, beispielsweise von Wegwerfprodukten minderer Qualität sowie von übermotorisierten Fahrzeuge und des übermäßigen Ressourcenverbrauchs, werden auf die ganze Gesellschaft aufgeteilt und dadurch vom Verursacher entkoppelt.

2.7 Höchste Zeit für das Verursacherprinzip: Klimaschutz als nationale Verantwortung

Kohle, Gas, Erdöl und Atomenergie sind billiger als erneuerbare Energien, weil die Folgekosten ihrer Produktion und Nutzung nicht eingepreist werden. So wird beispielsweise die Ökostromzulage dem Strompreis zugerechnet und dem Konsumenten überantwortet. Genauso werden die Folgekosten von Fossilenergie und Atomstrom aus Steuermitteln finanziert, die letztendlich auch vom Konsumenten kommen. Diese Kosten sind aber für den Verbraucher nicht direkt sichtbar. Würden die Folgekosten der Atomstromproduktion in Deutschland direkt auf den Strompreis umgelegt, müsste diese Umlage etwa doppelt so hoch sein wie die der erneuerbaren Energie. Ein möglicher Ansatz besteht darin, Erneuerbare nicht zu fördern, sondern fossile Energieträger teurer zu machen und so die Umweltauswirkungen monetär zu bewerten.

CO₂-Emissionen. Die Steuer wird berechnet, indem man den Kohlenstoffgehalt der verschiedenen fossilen Brennstoffe ermittelt. Steinkohle sowie Braunkohle haben einen höheren Kohlenstoffgehalt als Heizöl und andere Ölzeugnisse, während Erdgas im Vergleich zu seinem Energiewert einen geringeren Kohlenstoffgehalt aufweist. Biogene Brennstoffe sind CO₂-neutral, da bei ihrer Verbrennung nur so viel Kohlenstoff frei wird, wie zuvor beim Pflanzenwachstum gespeichert wurde, und so im Unterschied zur Verbrennung fossiler Brennstoffe kein zusätzliches CO₂ in die Atmosphäre gelangt.

Die Einführung von Umweltsteuern als Anreiz zu Veränderungen, wie z. B. eine allgemeine Energiesteuer und eine CO₂-Steuer oder Steuern auf den Ausstoß anderer unerwünschter Substanzen, hat in einer Marktwirtschaft viele Vorteile. Die Steuer erhöht den Preis der unerwünschten Aktivität bzw. des Produkts und trifft jene Produkte am härtesten, die die meiste Energie verbrauchen oder die höchsten Emissionen verursachen. Der Steueranreiz nutzt die Dynamik der Marktwirtschaft. Die aus der CO₂-Steuer generierten Einnahmen sollen zum großen Teil wieder an die Wirtschaft und die Bevölkerung refundiert werden: durch eine Senkung der Lohnnebenkosten sowie der Pensionsbeiträge für Arbeitnehmer und Selbstständige und auf dem Wege sozialer Ausgleichsmaßnahmen. Nur ein kleiner Teil soll direkt der Verbesserung der Staatsfinanzen und der Förderung der erneuerbaren Energien dienen.

Eine Kohlenstoffsteuer wurde bisher in Schweden, Finnland, den Niederlanden, Norwegen, Australien und Kanada eingeführt. In Kanada wird das Modell einer „grünen Steuerverlagerung“ angewandt, wobei die Kohlenstoffsteuer schrittweise erhöht und andere Steuern gesenkt werden. Schweden hat mit etwa 15 US-Cent pro kg Kohlendioxid die höchste Kohlenstoffsteuer. Im September 2009 hat Frankreich eine Kohlenstoffsteuer von 17 Euro pro Tonne Kohlendioxid beschlossen, das entspricht 2,5 US-Cent pro kg CO₂.

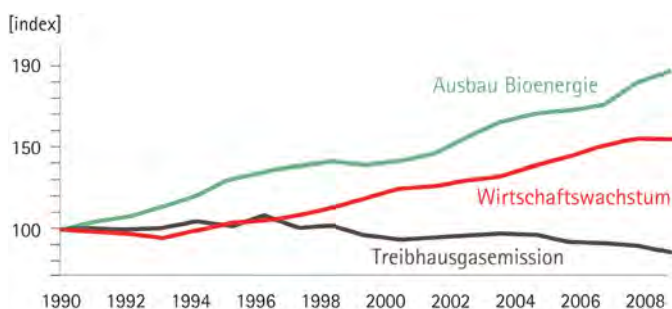


ABBILDUNG 315: Entwicklung von CO₂-Emissionen und Wirtschaftswachstum seit der Einführung der Kohlenstoffsteuer 1991 in Schweden
QUELLE: Österreichischer Biomasse-Verband

Schweden hat bereits 1991 eine CO₂-Steuer eingeführt. Mittlerweile liegt der Anteil von erneuerbarer Energie im Gesamtenergiesystem (Wärme, Strom und Treibstoffe) Schwedens bei etwa 50%. Seit Mitte der 1990er-Jahre ist es dem Land gelungen, die CO₂-Emissionen vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Bei steigendem Wirtschaftswachstum sinken in Schweden die

Weiter mit: „2 Biogene Energieträger“ K: 4, S: 86

Weiter mit: „2 Problematik der Nutzung fossiler Energieträger“ K: 3, S: 48

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

! Eine CO₂-Steuer ist leicht umsetzbar. In praktisch allen Ländern existiert bereits irgendeine Form der Energiebesteuerung, daher ist es verwaltungstechnisch einfach, die CO₂-Steuer auf niedrigem Niveau einzuführen. Die CO₂-Steuer ist aufkommensneutral: Umweltsteuern wie die CO₂-Steuer müssen nicht zu einer insgesamt höheren Steuerbelastung führen. Die CO₂-Steuer kann erhöht werden, sobald andere Steuern gesenkt werden. Dies wird als „Steuerverlagerung“ bezeichnet und in Schweden bereits seit einigen Jahren praktiziert. Als die CO₂-Steuer erhöht wurde, wurde die Einkommensteuer mehrmals gesenkt. In den Jahren 2007 bis 2010 betrug die Steuersenkung in Schweden sieben Milliarden Euro. Für Haushalte, die weniger fossile Brennstoffe verbrauchen als der Durchschnitt, bedeutet dies eine geringere Steuerbelastung; für Haushalte, deren fossiler Brennstoffverbrauch über dem Durchschnitt liegt, steigen die Steuern. Die CO₂-Steuer ist wirtschaftlich: Sie wird zu mehr Effizienz beim Einsatz fossiler Brennstoffe führen und es zudem rentabler machen, auf erneuerbare Energiequellen umzustellen oder vollkommen auf den Einsatz fossiler Energien zu verzichten. Die CO₂-Steuer ist effizient: Der Zweck der CO₂-Besteuerung besteht nicht darin, Menschen für ihren Lebensstil oder moderne technische Ausstattung zu bestrafen, sondern sie dabei zu unterstützen, die richtige Wahl zu treffen und in die Zukunft zu investieren.

3 QUELLEN DER TREIBHAUSGASE: WO MUSS ANGESETZT WERDEN?

Die Stromerzeugung durch fossile Energieträger hat weltweit mit etwa 41 % den größten Anteil am Ausstoß von Treibhausgasen bei der Nutzung fossiler Brennstoffe. Es folgen der Verkehrssektor mit 22 % und die Industrie mit 20 % der Treibhausgasemissionen. 9 % der vom Menschen verursachten Emissionen sind auf die Zerstörung von Wald, hauptsächlich durch Brandrodungen für Ackerbau, zurückzuführen. In Österreich ist die Industrie mit 28 % der hauptverantwortliche Emittent von Treibhausgasen und liegt fast gleichauf mit dem Verkehrssektor, der sich für 27 % der Emissionen verantwortlich zeigt. Aufgrund des hohen Biomasse- und Wasserkrafteinsatzes liegt die Stromaufbringung bei nur 16 %. 14 % sind auf den Energiebedarf unserer Gebäude und sonstige Kleinverbraucher zurückzuführen. Auch der hohe Prozentsatz an biologischer Landwirtschaft ist ein Grund, wes-

halb der Anteil der Landwirtschaft hierzulande mit etwa 10 % verhältnismäßig gering ausfällt.

Durch natürliche Prozesse in unserem Ökosystem befinden sich gewaltige Mengen an CO₂ im Kreislauf (1.130 Gt). Bereits kleine Änderungen haben große Auswirkung auf das ganze System. Die Menschheit bringt das heutige Ökosystem Erde mit der Nutzung fossiler Energieträger (30,3 Gt) aus dem Gleichgewicht, und das, obwohl das Ökosystem einen Teil dieser Emissionen (17 Gt) aufnehmen kann. Insgesamt bleibt eine vom Menschen verursachte Belastung von etwa 16,5 Gt erhalten. Die Unwucht in unserem System beträgt zwar nur 1,4 %, führt aber dennoch zur Klimaerwärmung und zu teilweise unabsehbaren Folgen für das Leben auf diesem Planeten.

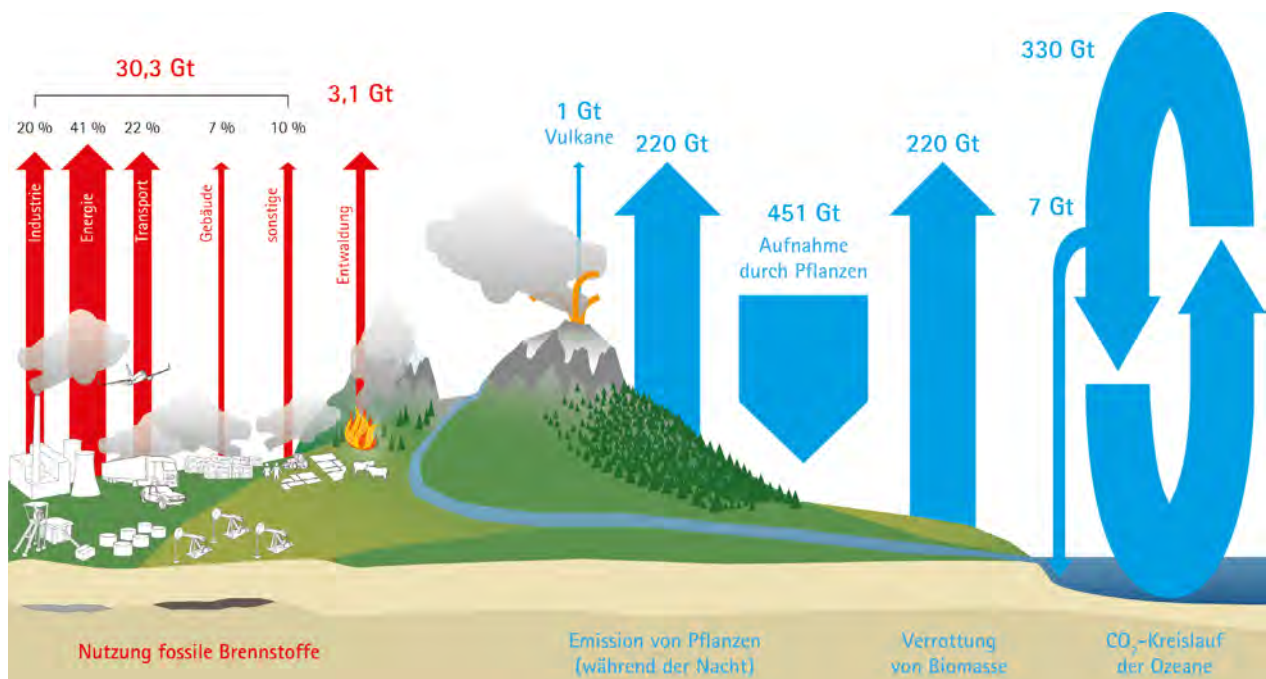


ABBILDUNG 316: CO₂-Kreislauf des Ökosystems Erde - QUELLE: Terra Mater

PRÄSENTATION 95: CO₂-Kreislauf des Ökosystems Erde (7 Folien)

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

3.1 Die Rolle der Energiewende: Ausnutzung des Potenzials der Erneuerbaren



„Uns drohen ein hunderte Millionen Menschen betreffender Anstieg des Meeresspiegels und Missernten, welche die globale Ernährungssicherheit gefährden. Der einzige Weg, dies zu vermeiden, ist ein Bruch mit den vom Zeitalter fossiler Brennstoffe geprägten Mustern von Produktion und Konsum.“

„Wenn wir uns wirklich anstrengen würden, dann würden wir glaubwürdig werden. Und genau dann hätten wir eine Chance, andere Länder zu überzeugen, dass man ein gutes Leben, dass man wirtschaftlichen Fortschritt auch erreichen kann, indem man weniger Treibhausgase ausstößt. Genau darum geht es. [...] Wenn Länder wie China und Indien nun einen genauso schmutzigen Entwicklungspfad nehmen, wie wir ihn vorgelebt und vorgemacht haben, dann werden wir alle mit dem Klimaboot untergehen [...]“

„ Hans Joachim Schellnhuber, Direktor des Potsdam-Instituts für Klimaforschung “

ABBILDUNG 317: Hans Joachim Schellnhuber – BILD: Hollin

Durch den Einsatz erneuerbarer Energien konnten in Österreich im Jahr 2009 30,26 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden, was 87% der gesamten eingesparten Emissionen ausmachte.

Weiter mit: „1.2 Kosten und Nutzen der erneuerbaren Energie“ K: 4, S: 77

Diese Einsparung kommt einem Betrag von etwa 43 Millionen Euro gleich, wenn man davon ausgeht, dass eine Tonne CO₂ 2012 um etwa 14 Euro gehandelt wurde. Im Jahr 2008 betrug der historische Höchstpreis für eine Tonne CO₂ um die 30 Euro; zu Beginn des Jahres 2014 lag der Preis für eine Tonne CO₂ bei etwa 7 Euro.

3.2 Die Rolle der Stromerzeugung

Das heutige Stromversorgungssystem entstammt einer Zeit, in der die Stromproduktion fast ausschließlich über zentrale Großkraftwerke erfolgte. Mit der Liberalisierung der Strommärkte gelang nach der Wasserkraft auch den übrigen erneuerbaren Energien der Durchbruch. Heute steht das Stromversorgungssystem vor neuen Herausforderungen, denn die Stromerzeugung erfolgt zu einem wachsenden Anteil durch viele kleine Produzenten an verschiedenen Orten und unterliegt somit natürlichen Schwankungen. Die Verteilung des Stroms über unser Versorgungsnetz erfolgt aber nach einem klassischen Einbahnsystem: Der Strom wird meist zentral, zum Großteil in Großkraftwerken, erzeugt.

Von dort wird er, oft über weite Distanzen, im Übertragungsnetz zu den Verbraucherschwerpunkten transportiert. Die nächstniedere Spannungsebene ist das Verteilnetz, über das die Grobverteilung des Stroms erfolgt. Auch Großabnehmer der Industrie

sowie die Eisenbahn werden direkt über das Verteilnetz versorgt. Die Stromeinspeisung durch mittlere Kraftwerke, von 10 bis 100 MW elektrischer Leistung, wird ebenso auf dieser Ebene durchgeführt. Industrielle Kraftwerke, wie Biomassekraftwerke der Papierindustrie oder Kläranlagen, versorgen die eigene Produktion mit Strom; Überschüsse werden ebenfalls auf der Verteilebene in das Netz eingespeist.

Die dritte Spannungsebene ist das Mittelspannungsnetz, aus dem größere Einrichtungen wie Krankenhäuser oder Fabriken mit Strom versorgt werden. Kleine kommunale oder private Kraftwerke speisen ihren produzierten Strom im Mittelspannungsnetz ein. Es erfolgt die Verteilung des Stroms an regionale Transformatorstationen, die dann wiederum Niederspanzungsnetze versorgen, aus denen die Kleinverbraucher wie private Haushalte, kleine Gewerbe oder Bürogebäude ihren Strom beziehen.

! Eine Steigerung der Effizienz technischer Systeme bedeutet bei gleicher Leistung immer eine Verringerung des Energieeinsatzes. Energiesparen ist die effektivste Form der CO₂-Reduktion und bei allen Formen von Endenergie gleichermaßen wirksam: Energieträger, die nicht benötigt werden, erzeugen keine Emissionen. Das Einsparen von Strom führt zu einer geringeren Nachfrage und dadurch zu einer geringeren Stromproduktion. Muss weniger Strom produziert werden, sinken auch die CO₂-Emissionen durch die Energieaufbringung.

Weiter mit: „1.1 Erneuerbare Energieträger – Bedeutung und Potenzial“ K: 4, S: 74

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

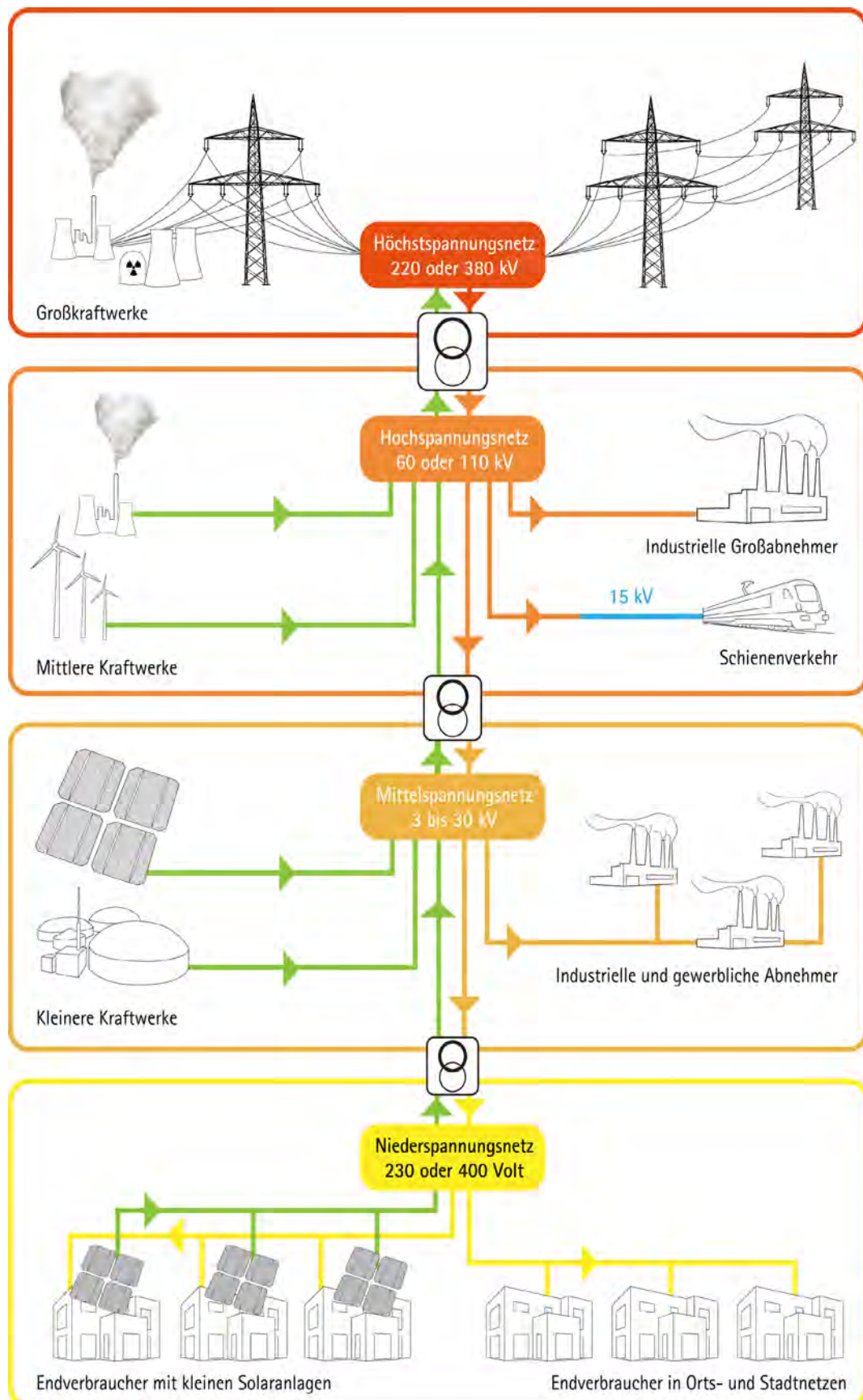


ABBILDUNG 318: Hierarchie des Stromnetzes - QUELLE: Agentur für erneuerbare Energie

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

3.2.1 Intelligente Kraftwerke und Stromnetze: Smart Grids

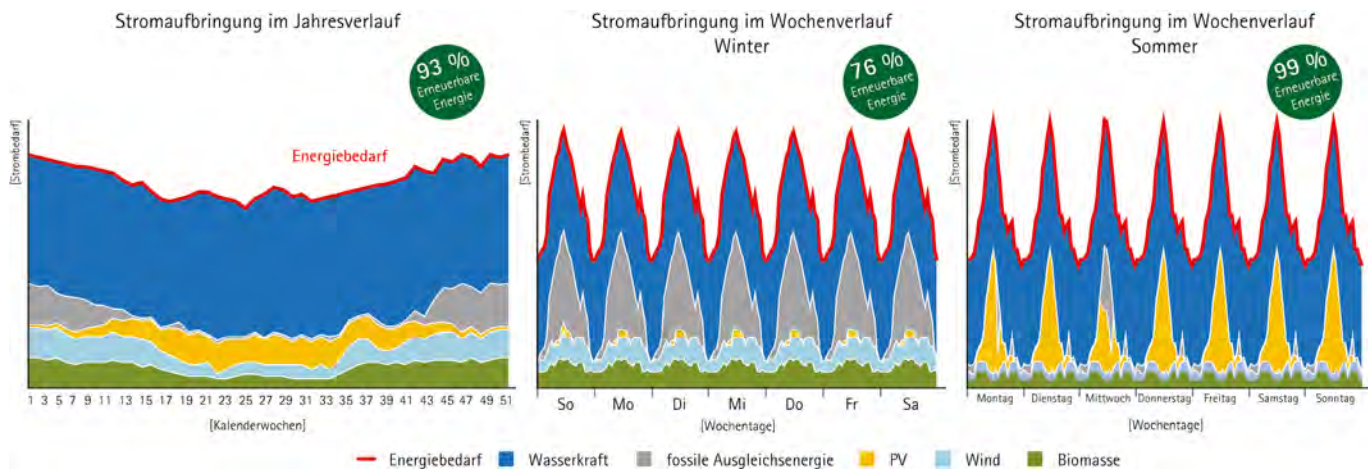


ABBILDUNG 319: Europas intelligentes Kraftwerk 2050 mit einem Anteil von 80% Erneuerbaren, Bedarfsdeckung im Verlauf einer sonnigen Woche KW 32 (Mitte, rechts) und im Verlauf eines Jahres (links) - QUELLE: European Climate Foundation

Um eine stabile Stromversorgung zu gewährleisten, muss immer soviel Strom produziert werden, wie benötigt wird. Aus der Stromnachfrage eines Systems ergibt sich eine Grundbelastung, die über einen ganzen Tag hinweg nicht unterschritten wird. Die normalen periodischen Bewegungen des Tagesbedarfs sowie der Absenkung im Nachtbedarf werden als Mittellast bezeichnet. Spitzenlasten bezeichnen Bedarfsspitzen, die morgens und abends auftreten. Die Grundlast wird meistens von Großkraftwerken (Kernkraftwerke, Braunkohlekraftwerke oder Laufkraftwerke an großen Flüssen) bereitgestellt, die so weit als möglich unter Vollast betrieben werden. Mittellastkraftwerke werden nach einem vorhersehbaren Strombedarf und einem festgelegten Tagesfahrplan betrieben. Spitzenlastkraftwerke müssen der Leistungsveränderung im Netz folgen können, um auf unvorhersehbare Bedarfsänderungen schnell reagieren zu können. Für die Deckung von Spitzenlasten werden daher Kraftwerke eingesetzt, die schnell regelbar sind, wie Pumpspeicher und Gasturbinenkraftwerke. Die Stromproduktion erfolgt zwar geplant, der Bedarf wird aber im Voraus abgeschätzt und nicht direkt durch den Markt geregelt.

Ein intelligentes Kraftwerk benutzt erneuerbare Technologien. Sie bilden gemeinsam ein funktionierendes Energiesystem, das an die Bedarfsschwankungen im europäischen Versorgungsnetz angepasst ist. Die Erträge von Photovoltaik, Solarthermie und Windkraft schwanken je nach Windangebot und Sonnenschein relativ stark im Tages- und Jahreszeitenverlauf. Wasserkraft ist schon viel besser planbar. Dennoch variieren die Wasserstände und damit die Energieerträge im Verlauf der Jahreszeiten sehr stark. Auch der regionale Aspekt spielt in einem intelligenten Kraftwerk eine große Rolle: So können Bedarfsspitzen in den Sommermonaten vermehrt durch Solarstrom aus den südlichen, sonnigeren Regionen abgedeckt werden. In den Wintermonaten

kann der Strombedarf vermehrt über größere Windstromerträge aus dem Norden gesichert werden. Strom aus biogenen Energieträgern kann ebenso präzise eingeplant und bereitgestellt werden wie Strom aus fossilen Energieträgern. Biogene Energieträger produzieren Strom, wenn Wind oder Sonne gerade Pause machen. Eine Studie der European Climate Foundation beziffert den Einsatz erneuerbarer Energieträger im intelligenten Kraftwerk Europa mit 80% im Jahr 2050.

Durch die Liberalisierung des Strommarktes und die Einführung des Ökostromgesetzes wurde der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in Österreich vorangetrieben. Seit 2001 unterliegt der österreichische Strommarkt den Regeln des freien Wettbewerbs. Das Monopol der Stromversorger wurde aufgehoben und der Markt für alle Teilnehmer geöffnet. Somit kann jeder Stromabnehmer seinen Lieferanten wählen, unter denen auch Produzenten von Strom aus erneuerbaren Energien zu finden sind. Das Ökostromgesetz schreibt vor, dass Strom aus erneuerbaren Energiequellen zu fixen Einspeisetarifen abgenommen werden muss. Durch dieses Anreizsystem wurden viele Verbraucher zu Produzenten, und das Versorgungssystem wurde vor neue Herausforderungen gestellt. Die Nutzung vieler erneuerbarer Energiequellen unterliegt natürlichen Schwankungen; die nicht planbaren Erzeuger werden auch als volatile Erzeuger bezeichnet. Die Erträge durch Photovoltaik werden neben dem Stand der Sonne auch durch Witterungen bedingt, wobei der Sonnenstand sowohl im Lauf des Tages als auch im Verlauf der Jahreszeiten variiert. Die Unterschiede der Erträge bei Windkraft sind geringer als die der Photovoltaik, weil die Schwankungen im Verlauf des Tages nicht so extrem ausfallen. Als stabiler gelten die Erträge der Wasserkraft; sie unterliegen aber dennoch der Witterung und jahreszeitlich bedingten Schwankungen.

Weiter mit: „3 Wasserkraft“ K: 4, S: 122

Weiter mit: „7.2 Power to Gas: Wasserstoff aus Erneuerbaren“ K: 4, S: 148

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?



ABBILDUNG 320: So könnte die Entwicklung eines Smart Grids für Europa aussehen: Es umfasst die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und -verteilungsnetzen der Elektrizitätsversorgung. - BILD: European Climate Foundation

PRÄSENTATION 96: Das Potenzial der Stromerzeugung für den Klimaschutz (30 Folien)

Ein intelligentes Stromnetz umfasst die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Verbrauchern und Speichersystemen. Im Gegensatz zur geplanten Stromproduktion kann die Erzeugung direkt nach Bedarf erfolgen. Bei guten Verhältnissen und hohen Erträgen erneuerbarer Stromerzeugung lässt sich die Produktion von fossilem Strom so weit

zurückfahren, wie zur Deckung des tatsächlichen Strombedarfs notwendig ist. Werden Überschüsse an erneuerbarem Strom produziert, können diese zum Füllen der Speicher benutzt werden. Speicher, die sich schon seit Langem bewährt haben, sind Pumpspeicherkraftwerke; neue Technologien verfolgen die Erzeugung von Wasserstoff als Energiespeicher.

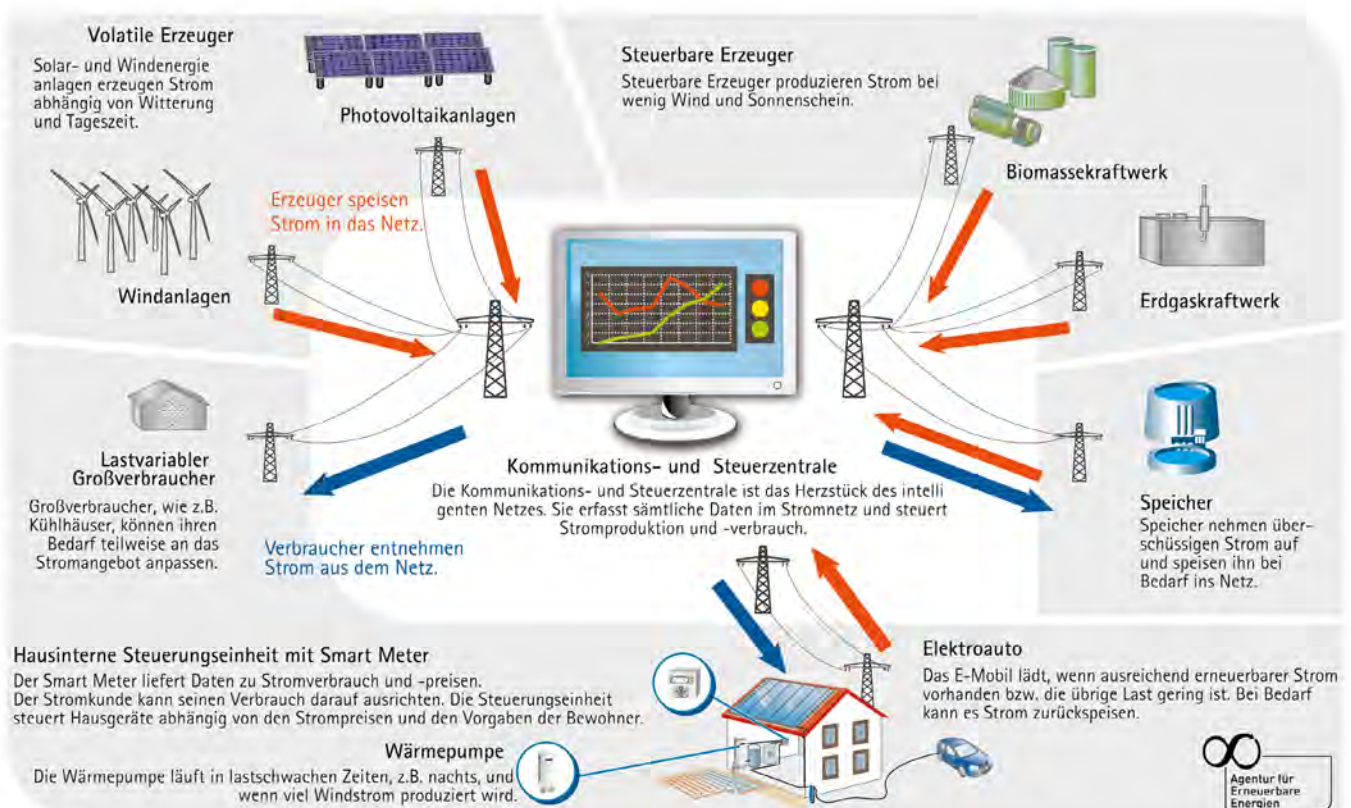


ABBILDUNG 321: Der Smart Grid - QUELLE: Agentur für erneuerbare Energie, www.unendlich-viel-energie.de

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

3.2.2 Strombörse

Früher wurde der produzierte Strom über langfristige Lieferverträge geregelt, in denen auch die Strompreise festgelegt waren. Seit der Liberalisierung des Strommarktes hat sich der Handel mit Strom geändert. Heute regeln Strombörsen die Preisentwicklung zwischen Angebot und Nachfrage. Auf dem Terminmarkt werden langfristige Geschäfte für die Deckung der Grundlasten getätigt, während auf dem Spotmarkt die mittel- und kurzfristigen Geschäfte erfolgen. Bei den kurzfristigen Geschäften wird von jedem Produzenten ein Gebot abgegeben, das sich aus der Menge von lieferbarem Strom und einem Preis, zu dem er geliefert werden kann, zusammensetzt. Die Gebote werden von der Börse nach aufsteigenden Preisen sortiert, bis der prognostizierte Bedarf gedeckt ist. Alle Stromangebote, die nötig sind, um diesen Bedarf zu decken, erhalten einen Zuschlag. Den Strompreis für alle Produzenten bestimmt das letzte An-

gebot, das noch einen Zuschlag erhält. Die Einsatzreihenfolge der Kraftwerke, die sich durch diesen Vorgang ergibt, wird Merit Order genannt.

Je höher der Anteil des Strombedarfs ist, der dabei durch erneuerbare Energieträger gedeckt werden kann, desto seltener müssen teure Kraftwerke wie Gas- und Pumpspeicherkraftwerke eingesetzt werden. Durch den Merit-Order-Effekt erzielt der Einsatz erneuerbarer Energie in Deutschland nachweislich eine Senkung der Großhandelspreise für Strom. Auch für Österreich kann dieser Effekt mit dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energienutzung verstärkt werden; das untermauert eine Studie der oberösterreichischen Landesregierung, wodurch der Mythos vom teuren Ökostrom widerlegt werden kann.

Weiter mit: „1.2 Kosten und Nutzen der erneuerbaren Energie“ K: 4, S: 77

3.3 Die Rolle der Mobilität: Öffentlicher Verkehr, Herstellervorgaben und Biotreibstoffe

! Die Kosten des Pkw-Verkehrs beliefen sich im Jahr 2005 auf 6 Milliarden, jene des Lkw-Verkehrs auf etwa 3,8 Milliarden Euro: Der Gesamtbetrag belastet die Steuerzahler mit 9,8 Milliarden Euro. Im Vergleich dazu weist das Sparpaket 2012 ein Gesamtvolumen von 26,5 Milliarden Euro auf; bis 2016 sollen so jährlich 5,3 Milliarden eingespart werden. Gespart wird dabei neben dem Bildungs- und Gesundheitssystem auch am Klimaschutz. So wurden zum Beispiel 920 Millionen im Infrastrukturausbau der ÖBB gestrichen. Vonseiten der Regierung gab es Lob für das neue Reformpaket, in dem keine Massenbesteuerungen, wie zum Beispiel eine Erhöhung der Mineralölsteuer, erfolgt. In Summe belasten die Mehrkosten des Verkehrs jeden Steuerzahler mit jährlich 1.200 Euro.

Laut einer Untersuchung des Verkehrsclub Österreichs (VCÖ) produziert der heimische Verkehr unter den 27 EU-Staaten die vierthöchsten CO₂-Emissionen. Der Pro-Kopf-Ausstoß des Verkehrssektors liegt in Österreich bei 2.525 Kilogramm CO₂ jährlich, der Durchschnitt der EU-27 dagegen bei 1.815 Kilogramm.

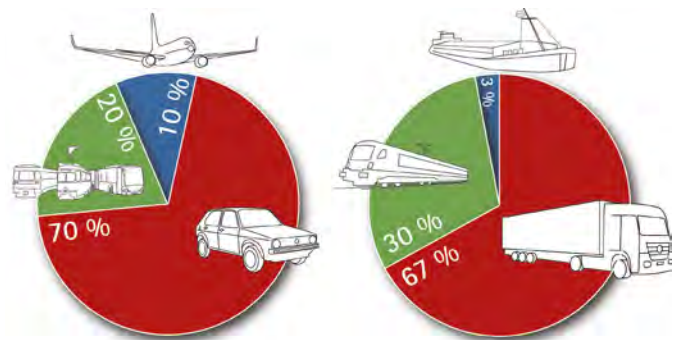


ABBILDUNG 322: Anteile der Verkehrsmittel in Österreich

QUELLE: Umweltbundesamt

Der Verkehrssektor ist mit 33% des Gesamtenergiebedarfes einer der größten Energieverbraucher in Österreich; fast drei Viertel davon sind dem Straßenverkehr zuzuschreiben. Alle Wirtschaftssektoren haben ihren Anteil am Energiebedarf und den Emissionen, die durch den Verkehrssektor verursacht werden. Im Güterverkehr erfolgen 67% des gesamten Transportaufkommens per Lkw. Die dabei entstehenden Emissionen sind dem Industrie- und Dienstleistungssektor zuzurechnen. Im Bereich des Personenverkehrs gehen 70% der Emissionen auf das Konto von Pkw. Dieser Schadstoffausstoß kann zum überwiegenden Anteil den Haushalten, zu kleineren Teilen auch dem Industrie- und Dienstleistungssektor angerechnet werden. Der Energiebedarf für den Straßen-, Schiff- und Flugverkehr wird zu 90% durch fossile Brennstoffe gedeckt.

Eine Untersuchung zeigt, dass die von Lkw- und Pkw-Verkehr verursachten Kosten die aus dem Sektor erzielten Einnahmen weit übertreffen. Die Wertschöpfung durch die Volkswirtschaft sowie Gewinne der Mineralölkonzerne und Automobilindustrie werden in dieser Rechnung ebenso wenig berücksichtigt wie die externen Kosten des CO₂-Ausstoßes. Das Defizit im Pkw-Verkehr ergibt sich aus den Ausgaben für Infrastruktur, wie Straßen und Tunnelbau, sowie den externen Unfall- und Gesundheitskosten gegenüber den Einnahmen durch Maut, Mineralölsteuern und alle sonstigen verkehrsbezogenen Steuern.

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

3.3.1 Bis zu 90 % CO₂-Einsparpotenzial durch Biotreibstoffe gegenüber herkömmlichen Treibstoffen

Trotz der großen Fortschritte in der Motorentechnologie, die seit 1990 eine Senkung des durchschnittlichen Treibstoffverbrauches um etwa 35 % bewirkt haben, steigen die Emissionen aus dem Verkehrssektor stetig an. Gründe dafür sind unter anderem der wachsende Fahrzeugbestand und die steigende Kilometerleistung der Autobesitzer. Die Treibhausgasemissionen des Verkehrs haben in den letzten 20 Jahren um rund 61 % zugenommen, obwohl der durchschnittliche Ausstoß aller neu zugelassenen Pkw jährlich sinkt. Seit 2005 wurden Biotreibstoffe eingeführt, die gegenüber Benzin bis zu 90 % an Treibhausgasemission einsparen können. Würde als Treibstoff für dieselben Kleinwagen E85 (ein Gemisch aus 85 % Bioethanol und 15 % Benzin) verwendet, könnte mit der gleichen Menge an emittiertem CO₂ eine Kleinwagenflotte von 3,6 Millionen Fahrzeugen betrieben werden. Ende 2013 waren in Österreich 4,64 Millionen Pkw angemeldet.

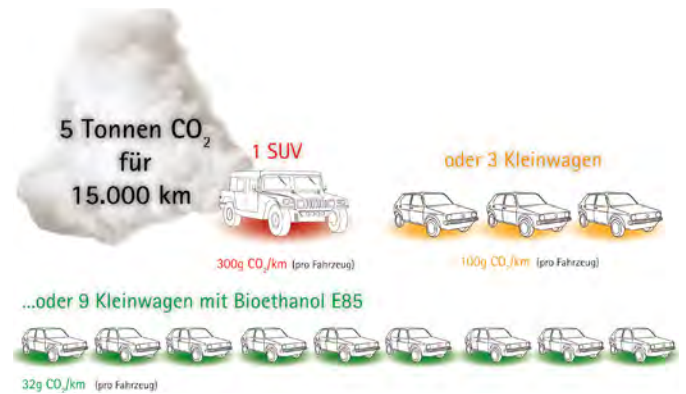


ABBILDUNG 323: 5 Tonnen CO₂-Emissionen für 15.000 Kilometer

QUELLE: VCÖ, eigene Berechnungen

EXKURS 5: Exkurs zum Energiebedarf von Österreichs Wirtschaftssektoren

3.3.2 Eco-Driving spart Geld und CO₂

Durch Vorgaben an die Autohersteller sowie durch Steuern oder Anreizsysteme kann die Politik ihrer Verantwortung im Verkehrssektor nachkommen. Die Europäische Union hat per Verordnung eine Obergrenze der durchschnittlichen CO₂-Emissionen von Pkw festgelegt. Bis 2020 soll die europäische Neuwagenflotte nur noch einen durchschnittlichen CO₂-Ausstoß von maximal 120 Gramm haben. Damit wird der Automobilindustrie eine Verbrauchsobergrenze vorgegeben, die durchschnittlich 4,8 Liter pro 100 Kilometer beträgt. Im Jahr 2011 verursachte die Neuwagenflotte Österreichs laut dem VCÖ im Durchschnitt 139 Gramm pro 100 Kilometer. Das entspricht einem Treibstoffbedarf von etwa 5,6 Litern.

Die politischen Maßnahmen zeigen also bereits eine deutliche Wirkung. Im Jahr 2007 lagen die Emissionswerte noch bei mehr als 160 Gramm, also einem Kraftstoffverbrauch von etwa 6,5 Litern. Dass ein Durchschnitt von 120 Gramm CO₂ pro Kilometer nicht unrealistisch ist, zeigt eine Vergleichsstudie der Wirtschaftskammer, die etwa 3.400 Modelle miteinander verglichen hat: 585 Fahrzeuge weisen einen CO₂-Ausstoß von maximal 120 Gramm pro Kilometer auf, bei 80 Fahrzeugen liegt dieser Ausstoß unter 100, bei 20 Fahrzeugen sogar unter 90 Gramm pro Kilometer. Für die einzelnen Hersteller stellt dies neben der Effizienz auch eine Motivation dar, Fahrzeuge mit alternativen Antrieben oder alternativem Kraftstoffbetrieb in die Produktpalette aufzunehmen, um den durchschnittlichen CO₂-Ausstoß zu senken.

Die Mobilität hat seit jeher eine hohe soziale und wirtschaftliche Bedeutung, aber auch erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt. Insgesamt ist der Energieeinsatz im Verkehrssektor in den letzten 20 Jahren um 70 % gestiegen; seit 1970 hat sich der Energieeinsatz mehr als verdreifacht.

Das größte Potenzial zur Eindämmung der Emissionen im Verkehrssektor liegt im Verhalten der Menschen. Nachhaltige Ansätze reichen von regionaler Produktion von Sachgütern und Lebensmitteln über die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und die Bildung von Fahrgemeinschaften bis hin zur Wahl des Fahrzeuges und einer Anpassung des Fahrstiles.

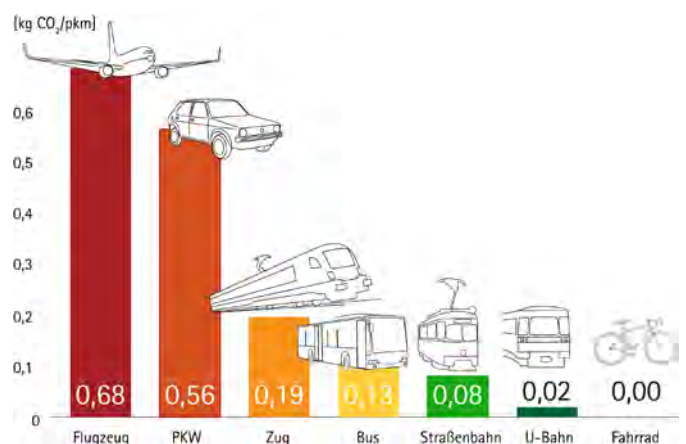


ABBILDUNG 324: CO₂-Emissionen je Personenkilometer bei der Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel in Österreich - QUELLE: Umweltbundesamt

MAGNETCHART 5: CO₂-Belastung durch unterschiedliche Verkehrsmittel pro Personenkilometer

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

3.4 Die Rolle der Gebäude: Private Haushalte und Dienstleistungssektor

Die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser macht in Österreich über 30 % des nationalen Endenergiebedarfs aus. Die Haushalte haben daran einen Anteil von 22 %, der Dienstleistungssektor 10 %.

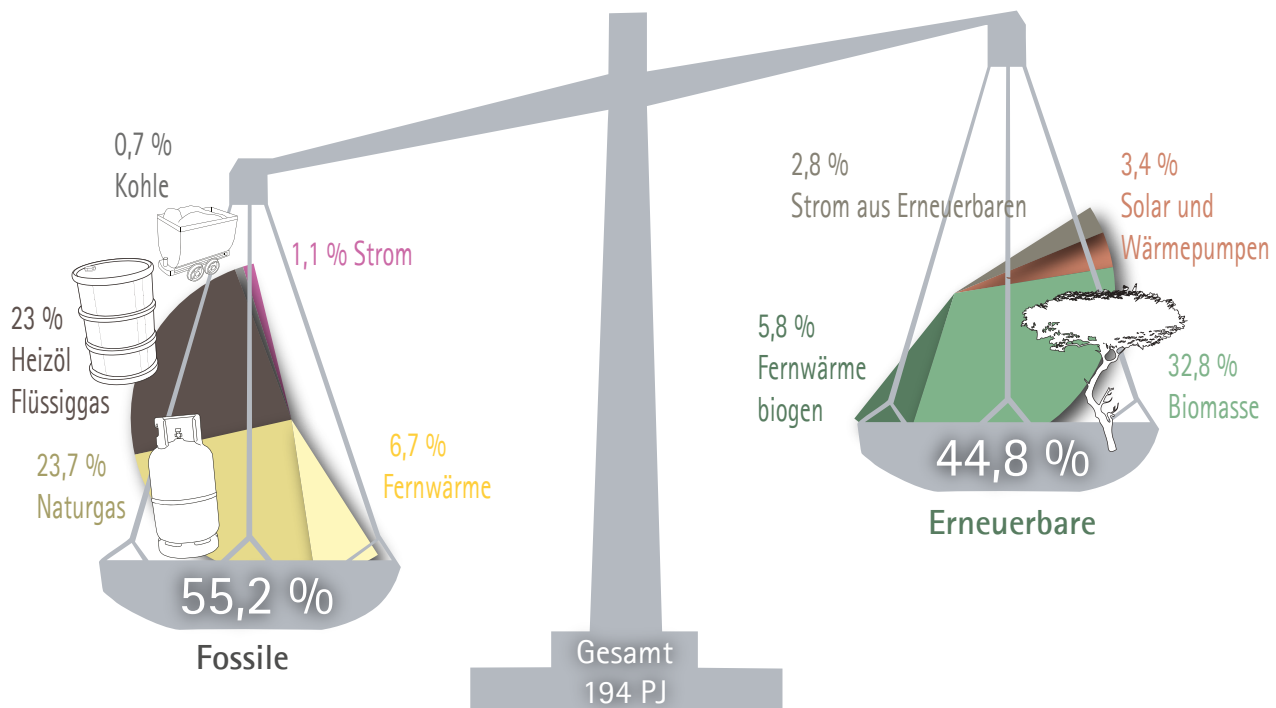


ABBILDUNG 325: Anteile der Energieträger an der Deckung des Raumwärmebedarfes in österreichischen Haushalten 2011/12 - QUELLE: Statistik Austria

3.4.1 Heizenergiebedarf der Gebäude

Mehr als die Hälfte der heimischen Wohngebäude wurde 2012 direkt mit fossilen Energieträgern beheizt: etwa 24 % mit Erdgas, 23 % mit Heizöl und 0,7 % mit Kohle. Etwa 25 % der österreichischen Haushalte sind an ein Nah- oder Fernwärmenetz angeschlossen; der energetische Anteil der Fernwärme beträgt 12,5 %. 4 % der Gebäude werden mit der hochwertigen Energieform Strom beheizt. Knapp 33 % des Heizenergiebedarfs wurden 2012 mit Bioenergie gedeckt, 2,2 % durch den Einsatz von Wärmepumpen und etwa 1,3 % durch thermische Solaranlagen. Der Anteil erneuerbarer Energieträger in der Fernwärmeproduktion erreichte im Jahr 2012 rund 45 %. Allein 42 % gingen auf das Konto der Bioenergie. 2,5 % der Fernwärme konnten aus Abfällen gewonnen werden, 0,7 % aus Geothermie. Die fossilen Energieträger halten damit noch immer einen Anteil von 55 % an der Fernwärmeproduktion; hauptsächlich handelt es sich um Erdgas.

Während der Wintermonate steht im österreichischen Stromnetz tendenziell weniger erneuerbarer Strom zur Verfügung (geringerer Anteil an Strom aus Wasserkraft und PV-Strom im Netz) und zusätzlich benötigte Strommengen müssen durch fossile Kapazitäten (Öl, Kohle und Gas) erzeugt oder importiert

werden. Das führt im Vergleich zum Jahresdurchschnitt (291 Gramm CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde Strom) zu höheren CO₂-Emissionen für Heizstrom. In Österreich liegen die Werte für Heizstrom bei 327 Gramm CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde Strom. Diese Werte ändern sich jährlich, da auch die Stromaufbringung je nach Angebot der Erneuerbaren jedes Jahr unterschiedlich bewerkstelligt wird. Im Vergleich dazu werden durch die Verbrennung von Heizöl etwa 269 Gramm CO₂ je Kilowattstunde Energie freigesetzt.

So wie die gewachsenen Strukturen dem Klimaschutz im Transportsektor Grenzen setzen, sind auch die Treibhausgasemissionen unserer Gebäude ein hausgemachtes Problem. In Österreich stehen genug Dach- und Fassadenflächen zur Verfügung, um einen großen Teil dieses Energiebedarfs durch den Einsatz thermischer Solaranlagen zu decken. Der Nachteil dieser Technologie liegt in der Abhängigkeit von Sonnenstand und Witterung. Durch die gute Planbarkeit der Bioenergie könnte er ausgeglichen werden. Solarenergie kann auch direkt zur Kühlung von Gebäuden eingesetzt werden. Dabei gibt es keine Probleme mit Angebot und Nachfrage: Je mehr Sonnenenergie auf das Gebäude einwirkt, desto höher ist sein Kühlbedarf.

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

Gebäudeklasse	Energiekennzahl (kWh/m²a)	Ölverbrauch (Liter/m²a)	Pellets Zentral Pelletswohnraum +Solarthermie	Stückholz Zentral +Solarthermie	Kachelofen +Solaranlage	Wärmepumpe Erdkollektor +Solaranlage	Wärmepumpe Erdsonde +Solaranlage	Wärmepumpe Grundwasser +Solaranlage	Luftwärmepumpe +Solaranlage
A++	(≤ 10)	(≤ 1,0)	sehr gut	nicht geeignet	nicht geeignet	sehr gut	gut	gut	sehr gut
A+	(≤ 15)	(≤ 1,5)	sehr gut	nicht geeignet	nicht geeignet	sehr gut	gut	gut	sehr gut
A	(≤ 25)	(≤ 2,5)	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut
B	(≤ 50)	(≤ 5,0)	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
C	(≤ 100)	(≤ 10)	sehr gut	gut	nicht geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet
D	(≤ 150)	(≤ 15)	sehr gut	gut	nicht geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	nicht geeignet
E	(≤ 200)	(≤ 20)	Ab Gebäudeklasse E ist eine thermische Sanierung dringend erforderlich!						
F	(≤ 250)	(≤ 25)							
G	(> 250)	(> 25)							

sehr gut gut weniger gut wenig geeignet nicht geeignet

ABBILDUNG 326: Heizenergiebedarf und Heizsystem - QUELLE: Klima:aktiv, Österreichischer Biomasse-Verband

Der Heizwärmebedarf (HWB) beschreibt jene Energiemenge, die für die Raumheizung eines Wohnobjekts benötigt wird. Der HWB ist am Titelblatt der Energieausweise ersichtlich oder kann mithilfe einer Energieberatung ermittelt werden. Die Bandbreite der Einstufung reicht von „A++“ entsprechend Passivhausstandard bis „G“ für einen sehr hohen Verbrauch, wie er bei alten, unsanierten Gebäuden vorliegen kann. Die Werte liegen zwischen zehn und 250 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/m²/J). Diese Bandbreite macht deutlich, dass zunächst zu klären ist, inwieweit eine Verringerung des Wärmebedarfes durch Verbesserung des Wärmeschutzes möglich ist. Zu beachten ist, dass Einsparungen nur dann wie berechnet eintreten,

wenn das Nutzerverhalten der normgemäßen Berechnung entspricht. In den Berechnungen wird von einer Raumtemperatur von 20°C ausgegangen. Eigentlich könnte der Raumwärmebedarf in Zukunft bald zur Nebensache werden, denn „A++“ bedeutet für eine 100 m² große Wohneinheit nur mehr 1.000 kWh Heizwärmebedarf.

Der Wärmebedarf ist allerdings nicht mit dem Energiebedarf gleichzusetzen. Im Heizungsbetrieb gibt es Verluste, die nicht zur Raumheizung beitragen (z.B. Abgas, Abstrahlung des Kessels, Verteilung). Auch die Warmwasserbereitung ist im HWB nicht enthalten.

Weiter mit: „5.2 Solarthermie: Techniken zur Bereitstellung von solarer Wärme“ K: 4, S: 133

Weiter mit: „2.5 Wärme aus Biomasse“ K: 4, S: 106

3.4.2 Effizienz der Gebäude: Baustandards und Energieausweis

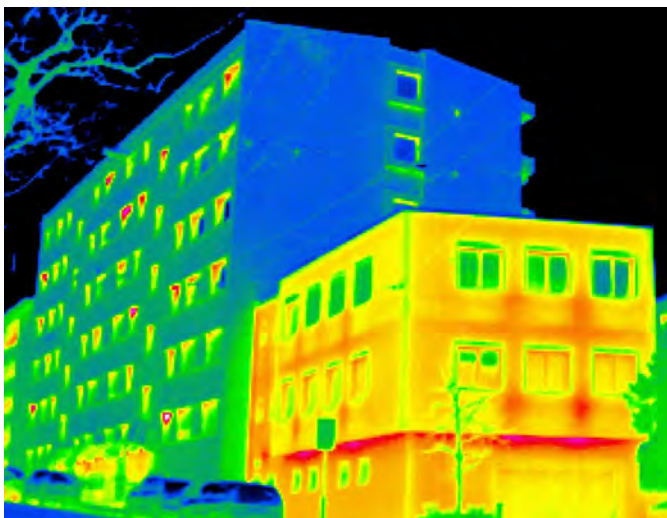


ABBILDUNG 327: Wärmebilder, links ein Haus mit effektiver Wärmedämmung
BILD: AFC Air Flow Consulting

Der Baustandard eines Gebäudes ist maßgebend für seinen Heizenergiebedarf. Eine adäquate Dämmung der Außenwände und Dachflächen sorgt für eine gute Wärmebilanz. Die Bereitstellung von Raumwärme macht fast 80% des Energiebedarfs der privaten Haushalte aus; diesen Energiebedarf gilt es durch neues Bauen bzw. Sanieren zu senken. Neue Baumaßnahmen zielen auf die Verminderung des Heizenergiebedarfs und der damit verbundenen Treibhausgasemissionen ab – ohne Einschränkung des Komforts. Die Wärmedämmung der Außenhülle und der Fenster ist für den Heizwärmebedarf entscheidend: Je dicker die Schicht und je geringer die Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials, desto effizienter wird der Wärmestrom vom Innenraum ins Freie verringert. Seit der Einführung des Energieausweises dient der Heizwärmebedarf zur Beurteilung des Wärmeenergiebedarfs eines Gebäudes. Damit werden zwar keine Vorgaben für die Bauindustrie gegeben, es richten sich aber alle Förderungen und Anreizsysteme an den erreichten Werten eines Gebäudes aus.

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

Außerdem dient der Energieausweis der Beschreibung des Baustandards eines Gebäudes. Bei Kauf oder Miete kann sich der Baustandard auf den Preis auswirken. Die Vorlage des Energieausweises ist seit 2006 gesetzlich verpflichtend. Ist kein Energieausweis vorhanden, gilt die Annahme, dass die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes seinem Alter und seiner Art entspricht. Kann das zu einem späteren Zeitpunkt nicht nachgewiesen werden, so sind Käufer oder Mieter berechtigt, Gewährleistungsansprüche zu stellen. Ähnlich den Klasseneinteilungen von Elektrogeräten erfolgt durch die Berechnung des Energieausweises eine Einteilung in Gebäudeklassen.

Die Unterschiede der Gebäudeklassen in ihren Verbrauchswerten und ihren damit verbundenen Treibhausgasemissionen sind beträchtlich. So gilt per Definition ein Gebäude als Altbau, das einen Energiebedarf von über 200 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr aufweist, während Passivhäuser per Definition mit nur 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr auskommen müssen. Bei Nutzung von Heizöl als Energiequelle bedeutet das im Vergleich einen Verbrauch von über 3.000 Litern Heizöl bei einer CO₂-Emission von etwa 9 Tonnen gegenüber einem Heizölbedarf von lediglich 200 Litern Heizöl und einer

CO₂-Emission von etwa 0,6 Tonnen. Mit dem Heizenergiebedarf eines Altbauhauses lassen sich 15 Passivhäuser mit meist höherem Wohnkomfort betreiben.

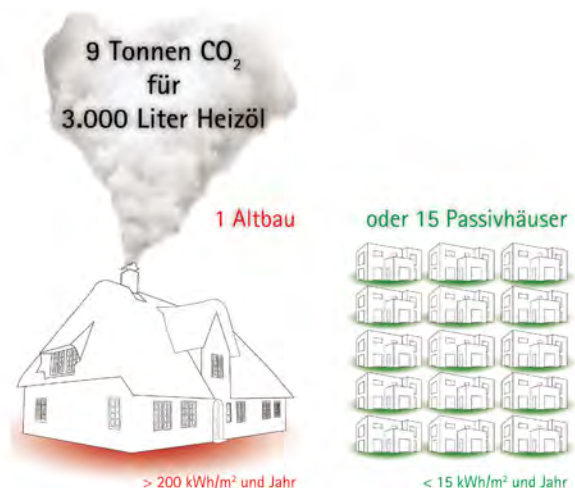


ABBILDUNG 329: Heizenergiebedarf verschiedener Gebäudetypen

QUELLE: OIB, eigene Berechnung

Weiter mit: „5.2.4 Passive Nutzung von Solarenergie und Wärmerückgewinnung: Das Konzept Passivhaus“ K: 4, S: 136

3.5 Die Rolle der Landnutzungsänderung

3.5.1 Wald: Ein nachhaltiger Rohstofflieferant

Etwa 4 Milliarden Hektar, ein Drittel der gesamten Landfläche unseres Planeten, sind mit Wald bedeckt. Unsere Wälder sind für einen beträchtlichen Anteil des CO₂-Kreislaufes zwischen Atmosphäre und Land verantwortlich. Viele Milliarden Tonnen CO₂

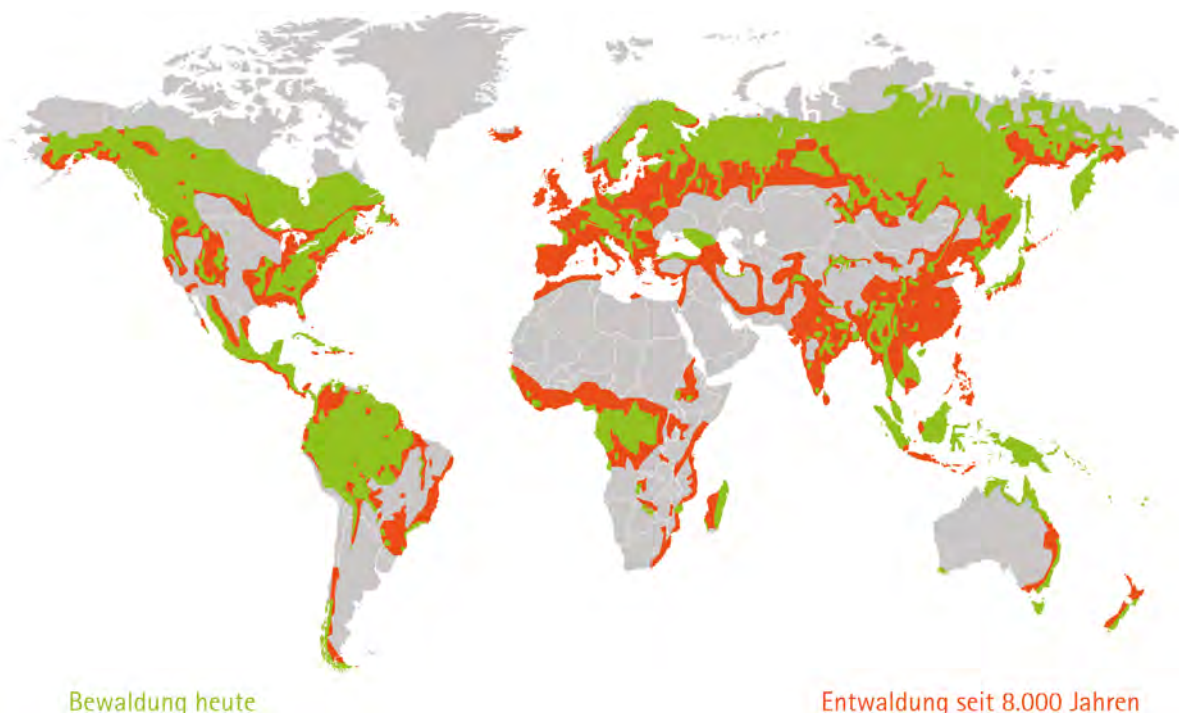


ABBILDUNG 328: Rückgang der globalen Waldflächen über den Zeitraum menschlicher Kulturgeschichte - QUELLE: Forestry Commission UK Global Forest Watch

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

sind in diesen Ökosystemen gespeichert (allein in den deutschen Wäldern 4,4 Milliarden Tonnen CO_2): fast die doppelte Menge, die in den noch bekannten Ölvorkommen gespeichert ist und mehr als bis jetzt in der Atmosphäre vorhanden ist. In den Ölsenken befinden sich etwa 2,4, in der Atmosphäre 3 Milliarden Tonnen CO_2 . Unsere Wälder können einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Durch die Photosynthese binden sie CO_2 aus der Atmosphäre in Biomasse. Bäume können das aufgenommene CO_2 für lange Zeiträume speichern.

In jungen Wäldern werden große Mengen CO_2 sehr rasch gebunden. Mit steigendem Alter der Wälder erreicht die Bindung des Kohlendioxids ein stabiles Niveau; der Wald wird zu einem Kohlenstoffreservat, das auch als Kohlenstoffsenke bezeichnet wird. Leider wird seit tausenden Jahren ein schändlicher Raubbau an den Wäldern begangen. Vor 8.000 Jahren waren noch 50% der Landfläche unseres Planeten mit Wald bedeckt. Seit 1850 sind durch die Entwaldung 120 Milliarden Tonnen CO_2 freigesetzt worden, und jedes Jahr schrumpft der globale Waldbestand weiter. Jährlich gehen weltweit etwa 13 Millionen Hektar Wald verloren. Der Waldbestand in Österreich sowie in ganz Europa nimmt aufgrund der nachhaltigen Bewirtschaftung stetig zu – in Europa um etwa 600.000 Hektar jährlich. Das entspricht einer Zunahme von drei Fußballfeldern pro Stunde. Etwa 90% des in Europa benötigten Holzes kommen aus diesen Wäldern. Das Potenzial dieser Wälder ist bei weitem nicht ausgeschöpft, wobei Waldzuwachs und Waldnutzung durch nachhaltige Bewirtschaftung keine Gegensätze darstellen. In der EU werden nur rund 60% des jährlichen Zuwachses genutzt. Daher ist der Holzvorrat in der EU zwischen 1990 und 2010 von 19 Milliarden Festmeter auf 24 Milliarden Festmeter angestiegen. Dies ist nicht zuletzt auf das aktive Forstmanagement zurückzuführen.

Die Wälder unserer Erde sind aber durch den Klimawandel bedroht, der wiederum durch weltweite Waldverwüstungen be-

schleunigt wird. Aufgrund der globalen Erwärmung werden in manchen Gebieten der Erde Niederschläge und in anderen eine zunehmende Trockenheit begünstigt – eine klare Herausforderung für die internationale Klimapolitik. Die Einführung eines nachhaltigen Waldmanagements, der Schutz bestehender Ökosysteme sowie die Aufforstung bereits zerstörter Waldflächen würde für viele globale Probleme eine Lösung darstellen.

Besondere Aufmerksamkeit gilt aber auch dem Rohstoff Holz als Baumaterial und seinem Einsatz in der Industrie, denn alle bei der Holzernte und Holzverarbeitung anfallenden Abfälle können als wertvolle, CO_2 -neutrale Energieträger eingesetzt werden. Holzprodukte sind nicht nur unter weniger Energieverbrauch und damit weniger CO_2 -Emissionen herstellbar, als andere Materialien, sondern fungieren auch als zusätzliche CO_2 -Speicher. Während der gesamten Lebensdauer des Gebäudes oder Produkts bleibt das gespeicherte CO_2 darin gebunden, bis es letztlich noch als Energieträger eingesetzt werden kann.

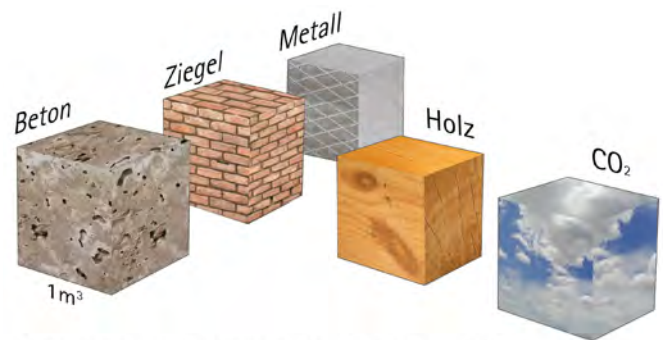


ABBILDUNG 331: 1 m³ Holz spart gegenüber anderen Baumaterialien 0,7 bis 1,1 Tonnen CO_2 – QUELLE: Edinburgh Centre of Carbon Management

Nicht nur der Betrieb eines Hauses ist mit CO_2 -Emissionen verbunden, sondern auch die Herstellung der verwendeten Baumaterialien. In Europa wird die Menge an CO_2 , die in Produkten und Gebäuden gespeichert ist, auf 220 Millionen Tonnen geschätzt. Der jährliche CO_2 -Ausstoß Österreichs liegt bei 83 Millionen Tonnen, etwa 14 Millionen Tonnen über dem Kyoto-Ziel. Bis zu 86% des CO_2 -Footprints beim Bau eines modernen Einfamilienhauses können durch den Einsatz von Holz eingespart werden. Aufgrund der guten Isolationswirkung von Holz können sogar Dämmstoffe eingespart werden. Der vermehrte Einsatz von Holz bringt also viele Vorteile mit sich.

VIDEO 14: Wald und Klimaschutz (5 min)

TEXT 13: Das kann Holz (4 min)

TEXT 50: Kaskadische Holznutzung (3 Seiten)

TEXT 52: CO_2 -Kreislauf und Substitution (4 Seiten)

LINK: www.proholz.at/shop/publikation-detail/kategorie/sonstige/produkt/wald-holz/

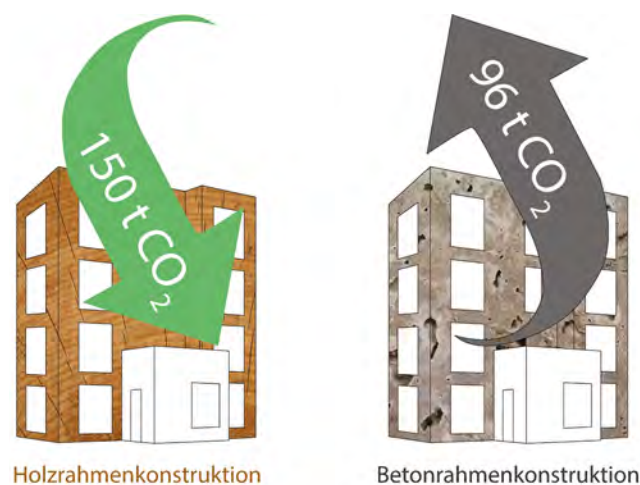


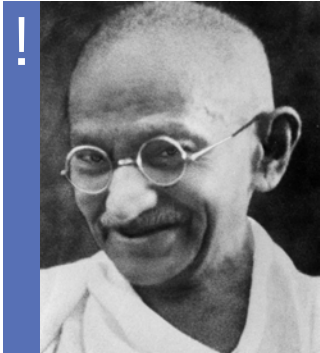
ABBILDUNG 330: CO_2 -Footprint, Vergleich eines vierstöckigen Wohnhauses im Bau – QUELLE: Edinburgh Centre of Carbon Management

PRÄSENTATION 99: Das Potenzial der Landnutzungsänderung für den Klimaschutz (11 Folien)

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

3.5.2 Die Rolle einer nachhaltigen Ernährung



„Die Erde hat genug für die Bedürfnisse eines jeden Menschen, aber nicht für seine Gier.“

” Mahatma Gandhi (1869–1948) “

ABBILDUNG 332: Mahatma Gandhi – BILD: Unbekannter Fotograf

14% der globalen treibhaussschädlichen Emissionen werden durch die Landwirtschaft verursacht. In Österreich liegt der Anteil der Landwirtschaft bei 10 %, wobei der größte Teil der Emissionen dieses Sektors auf die Tierhaltung und die Produktion von Fleisch und Milchprodukten zurückgeht. Der Ackerbau zur Produktion von Nahrungsmitteln und die Forstwirtschaft machen dabei nur 25 % dieser Klimabelastungen aus. Die Hauptverursacher sind die Emissionen aus tierischer Verdauung mit 41 %, sie können direkt der Herstellung von Fleisch und Milchprodukten angerechnet werden. Die Bewirtschaftung der Ackerflächen macht 37% der Emissionen aus. Sie resultieren aus dem Einsatz fossiler Energieträger als Treibstoffe und der Verwendung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln. Fast 60% der europäischen Getreideernte dienen als Futtermittel, demzufolge lassen sich wieder 22% der gesamten landwirtschaftlichen Emissionen der Erzeugung von Fleisch und Milchprodukten zuschreiben. Die Emissionen, die durch das Stall- und Futtermanagement entstehen, belaufen sich auf 22%, auch sie werden direkt durch die Erzeugung tierischer Produkte verursacht. Insgesamt ist die Produktion tierischer Nahrungsmittel zu 85% für die Emissionen aus dem gesamten Sektor Landwirtschaft verantwortlich.

Dabei hat Österreich mit etwa 14 Kilogramm CO₂-Äquivalenten pro erzeugtem Kilogramm Rindfleisch den geringsten Ausstoß von Treibhausgasen in der ganzen EU. Der EU-Durchschnitt liegt bei 22 Kilogramm. In Brasilien liegt dieser Wert sogar bei 80 Kilogramm CO₂-Äquivalent pro erzeugtem Kilogramm Rindfleisch. Gründe für die niedrigen Werte in Österreich sind vor allem die hohe Eigenproduktion an Futtermitteln und der hohe Grünfuttermittelanteil. Der Anbau von Feldfuttermitteln ist in Österreich auf etwa 18% der gesamten Ackerfläche beschränkt. Daher ist es eine Herausforderung für die Landwirtschaft, die Versorgung des regionalen Marktes mit tierischen Produkten zu garantieren, denn Importe können die Emissionsbilanz nur verschlechtern. Das bedeutet, dass der Import von Futtermitteln für eine gute Emissionsbilanz zu vermeiden ist. In den letzten 50 Jahren hat sich der weltweite Fleischbedarf vervierfacht. 2010 standen pro Person etwa 42 kg Fleisch zur Verfügung, wobei ein Verbrauch von etwa 30 Kilogramm pro Kopf in den Entwicklungsländern einem Verbrauch von etwa 80 Kilogramm in den Industrieländern

Schau hin...

was Du isst!



ABBILDUNG 333: Schau hin, was du isst! – BILD: Oro Verde

gegenüberstand. Etwa 42 Millionen Tonnen Fleisch werden in Europa jedes Jahr produziert. Der Konsum von Fleisch ist in den letzten Jahrzehnten stark gestiegen und bleibt mittlerweile auf hohem Niveau konstant. Pro Kopf werden in der EU jährlich 65 Kilogramm Fleisch konsumiert, in Österreich liegt der Verbrauch bei etwa 100 Kilogramm. Während die Fleischmärkte in den Industrieländern als gesättigt gelten, befinden sie sich in den Entwicklungsländern im Wachstum. In Asien ist der durchschnittliche Verbrauch seit 1980 von etwa 14 auf fast 60 Kilogramm gestiegen, das entspricht der vierfachen Menge.

Fleisch ist gesund. Zu viel davon aber nicht; das gilt vor allem für Rindfleisch. Dies geht aus der EPIC-Studie der Weltgesundheitsorganisation hervor. Diese Studie untersucht die Zusammenhänge zwischen Ernährung und Krebserkrankungen in Europa. Ab dem Verzehr von 300 Gramm pro Woche gehört man zur Risikogruppe. Pro 100 Gramm, die täglich konsumiert werden, erhöht sich vor allem das Darmkrebsrisiko um 50 %, bei gleichen Mengen an Wurstware sogar um 70 %. Laut einer Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) sollen „nur etwa 5% des Bedarfes an Kalorien in Form von Fleisch und Wurst gedeckt werden. In Österreich sind es aber 12% des menschlichen

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

Nahrungsenergiebedarfs, der durch Fleisch und Wurst gesättigt wird. Würden wir mehr Getreide, Obst und Gemüse konsumieren, würde das nicht nur unserer Gesundheit förderlich sein, sondern auch unseren Bedarf an Ackerfläche um 30 % senken", sagt Matthias Zessner, Professor an der Technischen Universität Wien. Diese Flächen könnten zur Produktion von Bioenergie und damit zum Klimaschutz und zur Energieunabhängigkeit Österreichs einen wesentlichen Beitrag leisten.

Lebensmittel	Konventionell [CO ₂ / kg]	BIO EU [CO ₂ / kg]	Einsparung [%]
Milchprodukte			Schnitt 17,7 %
Joghurt natur 3,6 % Fett	1,369	1,142	16,6
Fruchtojoghurt 1,8 % Fett	1,186	1,035	12,7
Sauerrahm 15 % Fett	5,257	4,190	20,3
Süßrahmbutter	24,661	19,066	22,7
Bergkäse	9,923	8,137	18,0
Schlagsahne	10,869	8,798	19,0
Camembert	7,898	6,603	16,5
Buttermilch 0,8 % Fett	0,650	0,576	11,4
Frischkäse 70 % Fett	8,647	6,736	22,1
Gemüse			Schnitt 15,1 %
Kohlrabi	0,165	0,138	16,5
Kopfsalat	0,124	0,109	12,2
Karotte	0,097	0,081	16,7
Brotwaren			Schnitt 19,0 %
Semmel (Weizen)	0,840	0,138	18,6
Kornspitz (Roggen)	0,799	0,109	18,1
Dinkelvollkornbrot	0,732	0,081	21,1
Roggenbrot	0,680	0,684	15,2
Weizenbrot	0,579	0,654	22,1

ABBILDUNG 336: Treibhausgaseinsparung durch Bio-Landwirtschaft

QUELLE: Lindenthal BOKU



Wie tief der Fleischkonsum in unserer Kultur verankert ist, zeigt sich unter anderem darin, dass die französische Küche durch die UNESCO zum Weltkulturerbe ernannt wurde; eine Küche, die großteils auf die Verarbeitung von Rindfleisch ausgerichtet ist. Für eine menschliche Kultur, zu der auch die Erhaltung der Ökosysteme, das Streben nach sozialer Gerechtigkeit und die eigene Gesundheit zählen, müsste eher gelten: Zurück zum Sonntagsbraten.

3.5.3 Biolandbau spart nicht nur Emissionen ein

Produkte aus biologischer Landwirtschaft verfügen über eine bessere CO₂-Bilanz als konventionell hergestellte Lebensmittel, das zieht sich durch die gesamte Palette landwirtschaftlicher Produktion. Was genau „Bio“ ist, wird sowohl durch nationale als auch internationale Verordnungen geregelt; dadurch ergibt sich ein Gefälle zwischen Produkten, die laut Verordnung gerade noch „Bio“ sind und solchen, die mit noch höheren Standards produziert wurden.

Generell erhebt die Biolandwirtschaft den Anspruch, ohne den Einsatz von konventionellen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie ohne Gentechnik zu produzieren. Dadurch trägt sie nicht nur zur Reduktion von Treibhausgasemissionen bei, sondern auch zur Verminderung von Bodenerosion und zur Erhaltung der Biodiversität. Außerdem gelten Nahrungsmittel, die unter den

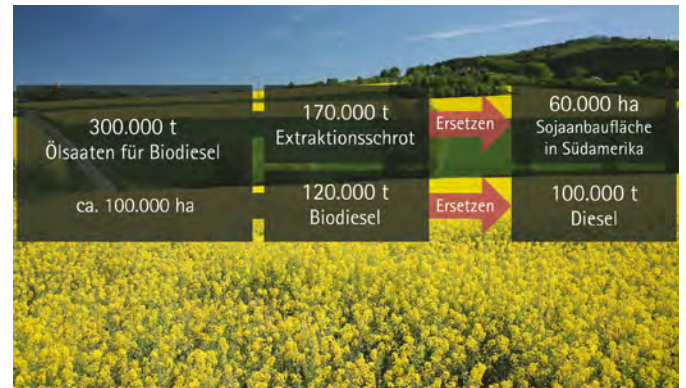


ABBILDUNG 335: Regionale Produktion von Biodiesel schützt den Regenwald.

QUELLE: Landwirtschaftskammer Österreich – BILD: Daniel Schwen



ABBILDUNG 334: Regionale Produktion von Bioethanol schützt den Regenwald.

QUELLE: Landwirtschaftskammer Österreich – BILD: Minna 1608

Kriterien der biologischen Landwirtschaft hergestellt werden, auch als qualitativ hochwertiger als konventionelle Produkte. Ein Vergleich von über 40 veröffentlichten Studien zum Nährstoffgehalt von Biolebensmittel durch die US-amerikanische Ernährungswissenschaftlerin Virginia Worthington besagt, dass diese durchschnittlich über 27 % mehr Vitamin C, 21 % mehr Eisen, 29 % mehr Magnesium und 14 % mehr Phosphor verfügen; nebenbei enthalten sie 15 % weniger Nitate.

Somit sind biologisch hergestellte Lebensmittel gut für den Menschen und das Ökosystem, Klimaschutz mit inbegriffen. Österreich hat in Sachen Biolandbau eine Vorreiterrolle eingenommen: Der Anteil an biologisch bewirtschafteter Landwirtschaftsfläche liegt bei etwa 20 %, der Anteil an Biobetrieben bei 16 %. Im Vergleich mit anderen EU-Ländern belegt Österreich

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

mit Abstand den ersten Platz. Rang Zwei geht an Dänemark mit 6% Biobetrieben. Beim Ranking des größten Anteils biologisch bewirtschafteter Fläche hält Schweden den zweiten Platz mit etwa 10 %. Der Durchschnitt der EU-27 lag 2007 bei 4,1 % biologisch bewirtschafteter Fläche.

Im Jahr 2010 betrug das Agrarbudget der EU 60 Milliarden Euro, mehr als 40% des EU-Haushaltes. Mit diesem Geld wird die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Landwirtschaft gestärkt. Diese flächenbezogenen Subventionen sind für die Aufrechterhaltung der Lebensmittelproduktion in der EU essenziell. Nur so kann die Lebensmittelversorgung auch in Krisenzeiten (Umweltkatastrophe, regionale Ernteaufälle) aufrechterhalten werden.

Der falsche Einsatz von Überschussmengen kann jedoch zu Verzerrungen führen. Am deutlichsten wird dieser Effekt am Beispiel des Exportes von europäischem Fleisch nach Afrika. Infolge der Subventionen und der Effizienz der europäischen Fleischindustrie werden die Produkte so günstig, dass sie sogar in Afrika vermarktet werden können. Die Fleischproduktion afrikanischer Kleinbauern kann nicht mit diesen Preisen mithalten und wird dadurch vom afrikanischen Markt verdrängt. Diese Vermarktung von europäischem Fleisch – meist Teile des Tieres, die in Europa keinen Absatz finden – führt zu enormen Schäden der afrikanischen Volkswirtschaften und trägt dazu bei, dass sich die globalen sozialen Spannungen weiter verschärfen.

Lebensmittel werden von allen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette aus verschiedenen Gründen entsorgt. Lebensmittel sind sehr anspruchsvolle Produkte, und nicht immer gelingt eine Distribution auf optimale Weise. Daneben ergeben sich im Zusammenspiel mit marktpolitischen oder gesellschaftlichen Faktoren immer wieder Gründe, weshalb Lebensmittel nicht dem menschlichen Verzehr, sondern der Abfallentsorgung zugeführt werden.

Laut Berichten des Nachrichtensenders n-tv (RTL Group) gehen in Entwicklungsländern aufgrund mangelhaften Transports sowie unzureichender Verpackung oder Verarbeitung etwa 40% des Getreides auf dem Weg vom Hersteller zum Verbraucher verloren. Nach Aussage der FAO (Food and Agriculture Organization der United Nations) handelt es sich dabei um jährlich 150 Millionen Tonnen Getreide. Diese Menge ist das Sechsfache dessen, was nötig wäre, um den globalen Nahrungsmittelbedarf zu decken. In den Industrieländern entstehen diese Lebensmittelverluste oftmals bei noch völlig genießbaren Produkten. Ursachen für die Entsorgung von Lebensmitteln sind hier beispielsweise Überproduktion, Lagerüberschüsse, Fehletikettierungen, Transportbeschädigungen, Sortimentswechsel oder Verpackungsgestaltungen.

EXKURS 5: Exkurs zum Energiebedarf von Österreichs Wirtschaftssektoren



Eine Studie der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) hat ergeben, dass die jährlich von oberösterreichischen Haushalten in den Restmüll geworfenen Lebensmittel und Speisereste einen ökonomischen Wert von rund 116 Euro pro Person bzw. 277 Euro pro Haushalt darstellen. Für das ganze Bundesland ergibt sich so in etwa ein Gegenwert von 163 Millionen Euro, der in Form von Lebensmitteln und Speiseresten in den Restmüll entsorgt wird. Auf ganz Österreich hochgerechnet, landet auf diese Weise ungefähr eine Milliarde Euro im Müll.

3.6 Die Rolle der Industrie: Langlebige Produkte aus nachhaltigen Rohstoffen

Die Industrie und das produzierende Gewerbe emittieren 14% der weltweiten Treibhausgase. Der Anteil der Industrie an der Treibhausgasbelastung auf dem Energiesektor wird hier jedoch ebenso wenig dargestellt wie ihr Anteil am Transportsektor aufgrund des globalen Warenverkehrs. Chinas Industrie hat einen Anteil von etwa 70% an den Emissionen des chinesischen Energiesektors, der sich zum größten Teil auf den Einsatz von Kohle stützt. Auch in anderen produzierenden Entwicklungsländern zeichnet sich ein hoher Anteil der Industrie am Energiebedarf ab. In vielen westlichen Industrienationen ist der Anteil der Industrie mit etwa 30% zwar weitaus geringer, der Energiebedarf dieser Nationen ist aber wesentlich größer. Somit nimmt die globale Industrie letztlich einen Anteil an den Emissionen des weltweiten Energiesektors von über 30% ein.

Nur eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Industrie kann einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Das verlangt eine möglichst regional angesiedelte Produktion zur Minimierung der Transportwege und den Einsatz hochwertiger Materialien zur Herstellung

langlebiger Produkte. Die vermehrte Verwendung hochwertiger, nachwachsender oder wiederverwertbarer Rohstoffe, hohe Verarbeitungsqualität und intelligentes Design können die nächste „Industrielle Revolution“ bringen.

Der Verfahrenstechniker und Chemiker Michael Braungart und der US-amerikanische Architekt William McDonough haben dazu das System Cradle to Cradle entwickelt. „Von der Wiege zur Wiege“ beschreibt ein Industriesystem, das keine Abfälle kennt, sondern nur Rohstoffe, die sich in Kreisläufen befinden. Schon bei der Materialauswahl und beim Design eines Produktes wird dessen Wiederverwertung einbezogen.

Cradle to Cradle verbindet ökologische und soziale Nachhaltigkeit mit kommerzieller Relevanz. Aufgrund der Wiederverwendung der Rohstoffe sinken die Produktionskosten, durch die Reduktion der Schadstoffe in der Produktion sind diese unbedenklich in der Verwendung. Außerdem werden durch das Wegfallen der Entsorgung weitere Kosten gespart. Durch dieses



5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

5

Volkswirtschaft, Politische Bildung und Geographie

Konzept können Ressourcen, die zum Beispiel aus dem zu Neige gehenden Rohstoff Öl gewonnen werden, immer wieder zum Einsatz kommen, sie bleiben der Industrie als technische Rohstoffe erhalten. Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen können am Ende ihrer Lebensdauer als biologische Nährstoffe dem Ökosystem zurückgeführt werden. Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe ermöglicht die Speicherung von CO₂ in Produkten über ihre Lebensdauer und vermindert die CO₂-Belastung, wenn die Rohstoffe wiederverwendet werden.

EXKURS 5: Exkurs zum Energiebedarf von Österreichs Wirtschaftssektoren

!

Nach den Feiertagen werden vielerorts die Weihnachtsbäume entsorgt. Die vorher prachtvoll geschmückten Nadelbäume haben aber auch nach ihrer eigentlichen Bestimmung noch einen erheblichen Nutzen, wenn die in Holz und Nadeln gespeicherte Energie zur Strom- und Wärmeproduktion genutzt wird. Ein durchschnittlicher Weihnachtsbaum kann etwa genug Strom für den Betrieb der zuvor auf seinen Ästen genutzten Lichterkette produzieren. 500 Weihnachtsbäume können in Form von Hackschnitzeln sogar einen Durchschnittshaushalt ganzjährig elektrisch versorgen oder in der Wärmenutzung knapp 1.000 Liter Heizöl sparen.



„Wer jetzt sparen, verzichten und vermeiden predigt, der sorgt dafür, dass sich das bestehende falsche System nicht ändert. Wir brauchen wirklich alles noch einmal neu. Wenn wir so weitermachen und Produkte herstellen, um sie danach zu entsorgen, dann wird die ganze Erde früher oder später zu einer großen Müllkippe. Die Zukunft ist, dass Firmen zu Rohstoffbanken werden, das bedeutet, dass sie nur noch die Nutzung der Rohstoffe vermarkten, aber das Material behalten. Auf Dauer wird dadurch viel billiger produziert werden, weil nicht mehr die billigsten, sondern die besten Materialien zum Einsatz kommen.“

” Michael Braungart “

ABBILDUNG 337: Michael Braungart - BILD: Michael Braungart

3.6.1 Recycling – Produktion im Kreislauf

!

Kann man von Recycling sprechen, wenn aus Plastikflaschen Verpackungsmaterial wird, das nur noch energetisch verwendet oder in Deponien gelagert werden kann? Genaugenommen erfahren die Materialien in diesem Fall ein Downcycling. Bei der energetischen Verwertung werden klimaschädliche Gase frei, Filter und Verbrennungsrückstände sind hochgradiger Sondermüll. Viele Kunststoffe haben hohe Halbwertszeiten: ein Problem für uns und künftige Generationen.

Die Natur hat ihr System auf Kreisläufe ausgerichtet. Wenn sich das technische Design ebenso daran orientiert, kann von Nachhaltigkeit gesprochen werden. Wir können durch unser Konsumverhalten die Entwicklungen in der Wirtschaft beeinflussen; dafür ein Bewusstsein zu schaffen, ist eine Herausforderung für die Pädagogik. Wenn unsere Erde in Zukunft zehn Milliarden Menschen ernähren soll, wird der nachhaltige Rohstoffeinsatz ein Muss werden.

Alleine in der EU landen jedes Jahr etwa 3 Milliarden Tonnen hochwertiger Materialien in den Müllverbrennungsanlagen. Dadurch gehen sie nicht nur für immer verloren, sondern verursachen durch die Förderung und Bereitstellung neuer Ressourcen zusätzlich einen erheblichen Energieaufwand und eine dementsprechende Treibhausgasbelastung. Durch die Wiederverwertung von Altstoffen konnten in Österreich im Jahr 2011 615.000 Tonnen CO₂ eingespart werden, was knapp 2% der gesamten Einsparungen entspricht. Der nicht-biologische Anteil des Abfalls, der in Österreich energetisch verwertet wurde, betrug 2% des Bruttoinlandsbedarfes an Energie.

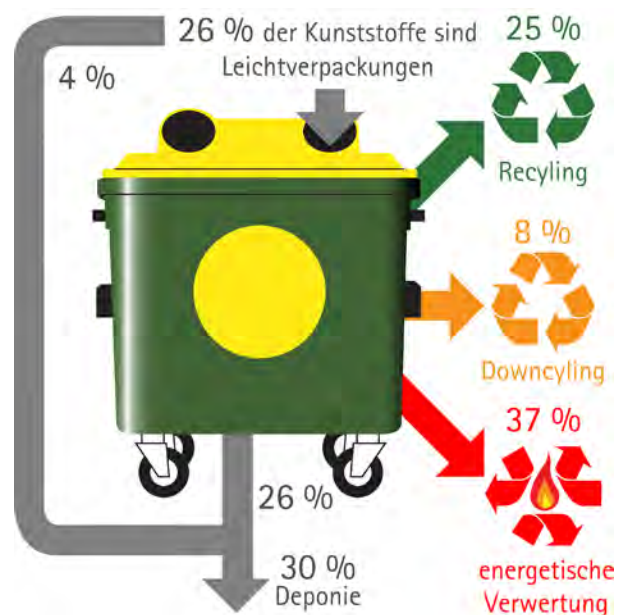


ABBILDUNG 338: Wege von Kunststoffverpackungen in Österreich

QUELLE: Eurostat, ARA, Applied Market Information

28

TEXT 28: Die Zeit: Handy im Müll (2 Seiten)

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

3.6.2 Kunststoffe aus Biomasse

Laut BP (für: „British Petroleum“, heute „beyond petroleum“) werden fast 90 % der Chemieprodukte aus Erdöl gewonnen, allen voran Kunststoffe. In der Europäischen Union werden nur 20 % der eingesetzten Kunststoffe technisch wiederverwertet, 30 % werden in Müllverbrennungsanlagen verbrannt. Der Rest, also 50 % werden in Deponien gelagert. In Österreich werden durch die Sammlungen der ARA (Altstoff Recycling Austria) ausschließlich Kunststoffverpackungen verwertet, das betrifft etwa drei Viertel der in Umlauf gebrachten Weichverpackungen. Etwa 37 % der Weichverpackungen werden thermisch verwertet, d. h. in Müllverbrennungsanlagen verbrannt. Etwa 33 % der Kunststoffverpackungen werden stofflich genutzt; 25 % dieser Materialien werden sortenrein gesammelt oder getrennt und können dadurch ohne Qualitätsverlust verarbeitet werden. Nur 8 % der gesammelten Materialien werden als Kunststoffe minderer Qualität neu verwertet.

Da Leichtverpackungen nur etwa 26 % aller Kunststoffe ausmachen, die in Österreich in Umlauf kommen, beträgt der Anteil der stofflich wiederverwerteten Kunststoffe nur 11 %. Damit bewegt sich Österreich im EU-Feld weit unter dem Durchschnitt, der bei 18 % liegt. Recycling ist nur dann ein sinnvoller Weg, wenn Materialien zum Einsatz kommen, die zu 100 % wiederverwertbar oder biologisch abbaubar sind. Dieses Problem wird sowohl durch die Erzeuger von Kunststoffprodukten als auch die Konsumenten verstärkt. Während viele Kunden durch ihre Kaufentscheidung nicht recycelbaren Produkten den Vorzug geben, wird von den Produzenten eine Vielzahl von Kunst- und Verbundstoffen eingesetzt, die sowohl Konsumenten als auch den wiederverwertenden Betrieben eine hohe Recyclingrate unmöglich machen.

Fast 40 % der Kunststoffe werden in Europa als Verpackungsmaterial eingesetzt. Die deutsche Stiftung Warentest hat 2005

Lebensmittel geprüft, die in Kunststoffe verpackt waren; das Ergebnis war eindeutig: 17 von 26 in Folie verpackte Käsestücke wiesen Rückstände von Weichmachern auf, acht davon waren deutlich und zwei sehr stark belastet. Belastungen durch Weichmacher treten aber fast überall auf, wo Kunststoffe als Verpackungsmaterial eingesetzt werden. Auch bei Nahrungsmitteln, die in Gläsern verpackt sind, kommt es durch die Dichtungen der Verschlüsse zu Belastungen.

Die Universität Heidelberg hat mehr als 200 verschiedene Trinkflaschen von über 100 Unternehmen untersucht: Bei nur 2 bis 3 % der Flaschen war der Inhalt nicht mit Antimon belastet. Antimon ist ein Schwermetall und kommt als Katalysator in der PET-Produktion zum Einsatz. Schon weniger als ein Gramm Antimon wirkt dabei für den Menschen als tödliches Gift. Der Antimongehalt aller getesteten Getränke liegt zwar deutlich unter den Grenzwerten, je länger sich die Flüssigkeiten aber in den Trinkflaschen befinden, desto höher ist die Konzentration des giftigen Schwermetalls.

Es gibt viele Gründe, die für den verstärkten Einsatz von Biokunststoffen sprechen, und die Idee ist nicht neu. Bereits 1941 stellte Henry Ford ein Auto vor, dessen Karosserie aus Soja-Kunststoff gefertigt war. Aber durch den Ausbruch des Zweiten Weltkrieges kam es nicht zu einer Realisierung. 2003 präsentiert die Firma Ford das Konzept Model U, ein Fahrzeug, das ausschließlich aus vollständig recycelbaren und biologisch abbaubaren Rohstoffen besteht.

Jedes Jahr werden weltweit etwa 260 Millionen Tonnen Kunststoff hergestellt, laut der US-Wetter- und Ozeanografiebehörde NOAA landen davon etwa 10 % im Meer. Dieses Plastik macht 90 % der festen Abfälle aus, die unsere Meere verschmutzen. Welch riesige Mengen Plastikmüll im Meer schwimmen, wurde

PRÄSENTATION 100: Das Potenzial nachhaltiger und recycelfähiger Rohstoffe (9 Folien)



ABBILDUNG 339: Ford „Soybean Car“ 1941 aus Soja-Kunststoff

BILD: Ford Werke AG



ABBILDUNG 340: Ford Model U 2003 aus vollständig recycelbaren Rohstoffen

BILD: Ford Werke AG

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?

auf der Suche nach dem im März 2014 auf rätselhafte Weise verschollenen Flug MH 370 deutlich, als sich vermeintliche Wrackteile des Flugzeuges immer wieder als Abfall herausstellten.

Plastik hat im Meer eine durchschnittliche Haltbarkeit von 450 Jahren. Der Anteil an UV-Strahlung aus dem Sonnenlicht und das Salz des Meerwassers sorgen dafür, dass die Kunststoffe langsam zerfallen. Kleine Stücke von im Meer treibenden Kunststoffen werden von Meerestieren oft fälschlicherweise für Nahrung gehalten. Das für die Tiere unverdauliche Material kann ihren Verdauungstrakt verstopfen und zum Tod führen. Plastik hat die Eigenschaft, im Wasser gelöste Umweltgifte auf der Oberfläche zu speichern. Meerestiere fressen Plastikpartikel und auf diese Weise gelangen diese Gifte in die Nahrungsmittel.



ABBILDUNG 341: Plastik als Trägermedium, Umweltgifte in der Nahrungskette
BILD: Marcus Eriksen, Algalita Marine Research Institute



Biokunststoffe können einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, weil durch ihren Einsatz fossile Rohstoffe eingespart werden. Viele Biokunststoffe sind vollständig biologisch abbaubar und schadstofffrei oder vollständig recycelfähig. Sie können so wie Kunststoffe auf fossiler Basis nach dem Ablauf der Produktlebensdauer energetisch genutzt werden. Nahezu alle Biokunststoffe, die in Form von Müll in unsere Ökosysteme gelangen, stellen keine Gefahr für diese dar.

FILMTIPP: Plastic Planet: <http://www.plastic-planet.de/schule.html>

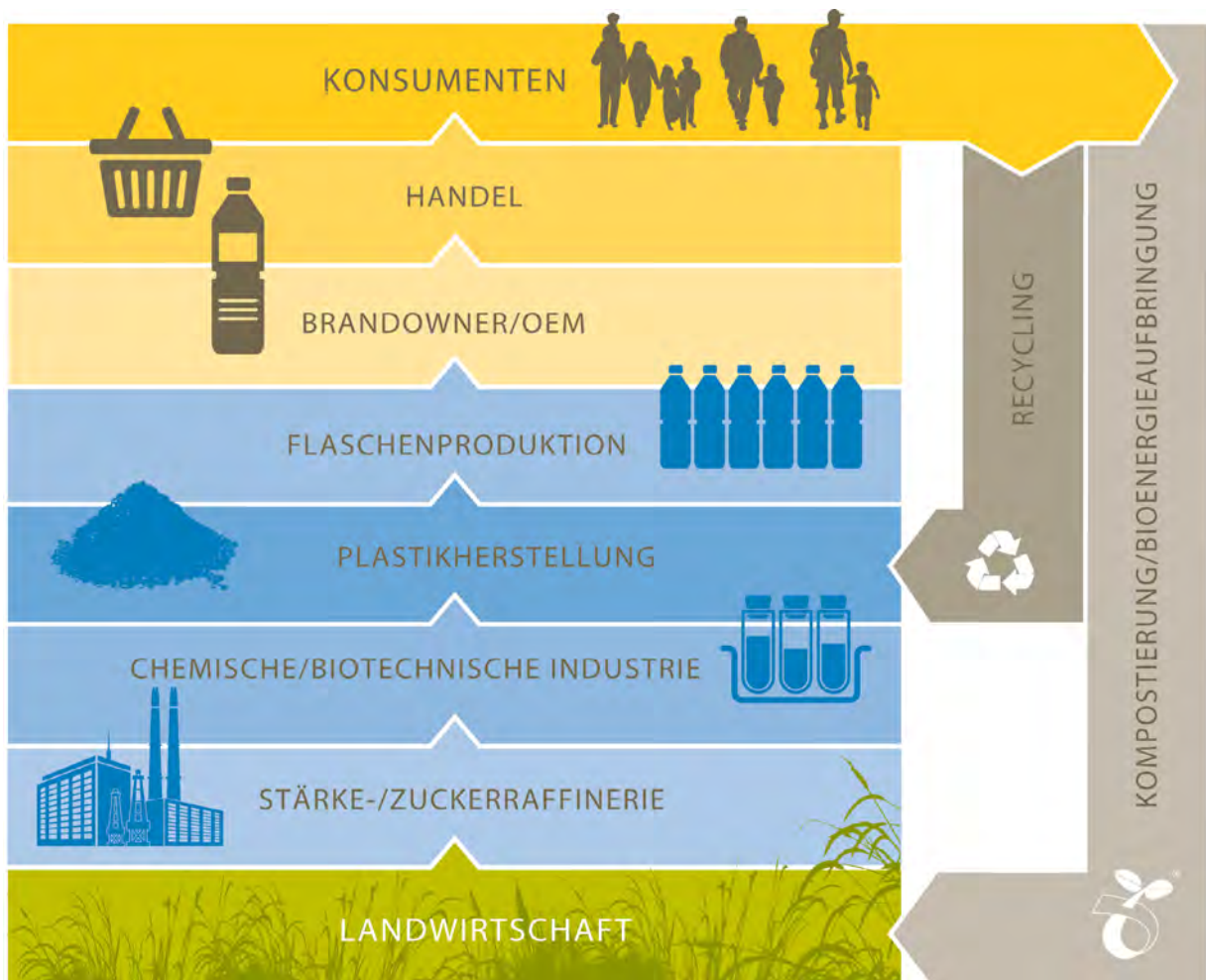


ABBILDUNG 342: Kreisläufe von Biokunststoffen - QUELLE: European Bioplastics

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Handlungsanweisungen: Was kann ich tun?

4 HANDLUNGSANWEISUNGEN: WAS KANN ICH TUN?



Dieser Abschnitt stellt Modelle vor, die für eine Sensibilisierung in Bezug auf den eigenen Ressourcenverbrauch und Energiebedarf sowie den damit verbundenen Anteil an den Emissionen hilfreich sind. Konsum- und Verhaltensweisen haben großen Einfluss auf diesen persönlichen Anteil. Die Modelle zeigen die Verantwortung des Einzelnen auf und bieten Handlungsmöglichkeiten. Es geht dabei nicht um die Zuweisung von Schuld, sondern um eine aktive und eigenständige Wahrnehmung dieser Verantwortung. Die aktive Übernahme dieser Verantwortung verleiht uns Macht und führt so zu einer Steigerung der Selbstwahrnehmung. Jugendliche können an dieser Verantwortung wachsen und ihre Selbstbestimmung festigen.

4.1 Das Modell ökologischer Fußabdruck

Der ökologische Fußabdruck bemisst alle Ressourcen, die eine Person zur Bewältigung ihres Alltags in Anspruch nimmt, und legt sie auf eine gedachte Fläche um: die Fläche, die notwendig ist, um die Aufrechterhaltung dieses Lebensstils unter den bestehenden Produktionsbedingungen dauerhaft zu ermöglichen.

Für die Berechnung werden die Anteile der Erdoberfläche, die von der Menschheit genutzt werden, modellhaft in einen Hektar gebracht. Die realen Anteile, die diese Flächen dabei an der Erdoberfläche einnehmen, spiegeln sich in diesem sogenannten globalen Hektar wider. Ausgenommen sind nur Wüsten, Gletscher und offene Meeresoberflächen, auf denen kein Fischfang betrieben wird. Ein solcher globaler Hektar verfügt beispielsweise über die Produktionskapazität von Nahrungsmitteln, die dem Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche und den Fischereiflächen entspricht, plus der Energiefläche, abhängig von den Energieträgern zur Nahrungsmittelproduktion. Für die Deckung des jeweiligen CO₂-Ausstoßes werden der Waldanteil und dessen Kapazität zur Bindung von CO₂ herangezogen.

Das Modell des ökologischen Fußabdruckes ermöglicht die Darstellung der Biokapazität unseres Planeten. Wird der Flächenbedarf der Menschheit mit den realen Flächen verglichen, ergibt sich daraus eine Differenz – ein Defizit oder eine Reserve zur Deckung unserer Lebensweise. Für 2008 lag der durchschnittliche Fußabdruck bei 2,7 globalen Hektar, zur Verfügung stehen aber lediglich 1,8 ha. Daraus ergibt sich ein Defizit von 0,7 Hektar pro Person. Das Ökosystem unseres Planeten würde bei dieser

Lebensweise fast 1,5 Jahre zur Wiederherstellung der verbrauchten Ressourcen benötigen. Bildlich gesprochen bräuchten wir 1,5 Planeten für die Deckung unseres Lebensstandards. Regional variiert der ökologische Fußabdruck sehr stark. Das Emirat Katar, Gastgeber der COP-18 (Conference of the Parties) 2012, ist mit 11,7 Hektar pro Kopf der absolute Spitzenreiter, der besetzte Teil Palästinas hat mit 0,46 Hektar pro Kopf den geringsten Ressourcenverbrauch.

Dänemark hinterlässt mit 8,3 Hektar pro Kopf den größten ökologischen Fußabdruck Europas und damit sogar einen höheren Ressourcenverbrauch als die USA mit 7,2 Hektar pro Person. Hätten alle Erdenbürger einen so großen Ressourcenbedarf wie der durchschnittliche Däne, so bräuchten wir fast fünf Planeten. Würden alle Menschen dieser Erde leben wie ein durchschnittlicher Österreicher (4,9 Hektar), müssten uns etwa 2,5 Planeten zur Verfügung stehen.

Aus der Biokapazität des Planeten lässt sich auch der Tag errechnen, an dem das Potenzial der Natur ausgeschöpft ist. Dieser Tag wird Welterschöpfungstag oder Earth Overshoot Day genannt. Der Welterschöpfungstag fiel im Jahr 2012 auf den 22. August, die Gesamtleistung der Natur wurde damit in weniger als neun Monaten verbraucht. Der Ressourcenbedarf bis zum Ende des Jahres 2012 führt uns weiter in die ökologische Verschuldung und in eine Verschuldung gegenüber kommenden Generationen. In den USA war der Erschöpfungstag bereits am 28. März, der von Österreich fiel auf den 3. Mai.

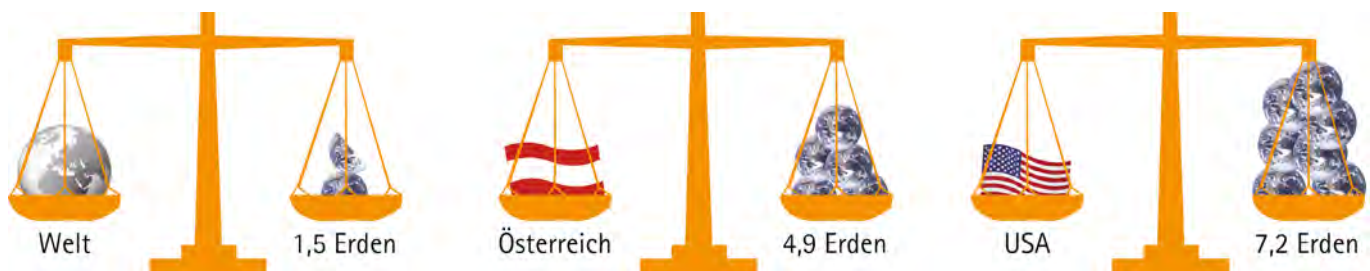


ABBILDUNG 343: Wir leben über unsere Verhältnisse. Unser Rohstoffbedarf überschreitet die Kapazität des Planeten; die Menschheit bräuchte 1,5 Erden, um ihren Lebensstil zu sichern. – QUELLE: WWF

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Handlungsanweisungen: Was kann ich tun?

4.2 Das Modell ökologischer Rucksack

Bei diesem Modell wird die Menge an Ressourcen, die zur Bereitstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung benötigt wird, aufgezeigt. Wie auch bei der Darstellung des ökologischen Fußabdruckes werden alle Schritte entlang der Lebensdauer eines Produktes oder einer Dienstleistung dargestellt. Angegeben wird für diesen Rucksack das Verhältnis von investierten Ressourcen zum gewonnenen Produkt. Ein typischer Wert ist der Faktor 5 für die Erzeugung von Kunststoffen: Für ein Kilogramm Kunststoff werden also 5 Kilogramm an Ressourcen benötigt. Bei Papier beträgt der Faktor 15, bei Aluminium 85, 500 bei Kupfer und 550.000 bei Gold.

ARBEITSAUFTRAG 8: Energiesparvertrag

ARBEITSAUFTRAG 10: Was kann ich mit der Energie in 1 kWh alles tun?

EXKURS 19: Der CO₂-Rucksack von Lebensmitteln

Die Modelle von Fußabdruck und Rucksack können auch in vereinfachter Form für die Darstellung eines bestimmten Rohstoffes verwendet werden. Das Modell des CO₂-Rucksackes für Lebensmittel oder Kleidungsstücke verdeutlicht den Ressourcenbedarf eines Produktes. Laut der Institution Agrarmarkt Austria (AMA) ist der ökologische Rucksack eines importierten Lebensmittelkorbes im Durchschnitt 32-mal so schwer wie der des heimischen Lebensmittelkorbes.

4.3 Energiesparen durch Transparenz: Die Klassifizierung von Produkten

! Die Hersteller von Elektrogeräten sind dazu verpflichtet, diese gemäß dem EU-Energielabel zu klassifizieren. Seit der Einführung des Labels ist der durchschnittliche Energiebedarf von Kühlschränken um 80 % gesunken.

Die effizienteste Schonung von Ressourcen besteht darin, diese gar nicht erst zu verbrauchen. Die Effizienzsteigerung unseres Energiesystems ist Teil des europäischen Energiefahrplans. „20-20-20 bis 2020“ heißt es vonseiten der Europäischen Kommission: Bis 2020 sollen 20% der CO₂-Emissionen eingespart werden, der Anteil der Erneuerbaren soll europaweit mindestens 20% betragen und unser Energiesystem soll effizienter werden. Eine Einsparung von 20% Energie ist als Ziel festgelegt worden.

Die Vermeidung von Verlusten in der Energieversorgung, wie etwa die Erneuerung ineffizienter Systeme, stellt dabei nur einen Ansatz dar. Dem Einsparungspotenzial auf privater Ebene wird von Experten besonders große Bedeutung beigemessen. Sogenannte wirtschaftlich realisierbare Maßnahmen – Maßnahmen, die keine zusätzlichen Kosten verursachen oder sogar Gewinne bringen – bewirken im Durchschnitt Einsparungen von 20% bis 30%.

Wir benötigen Energie in Form von Wärme, Treibstoffen und Strom, es gibt daher viele Möglichkeiten, wie Energie eingespart werden kann. Sie reichen von der thermischen Sanierung eines Gebäudes über die Verwendung öffentlicher Verkehrsmittel bis zum Tausch von Elektrogeräten. Vor allem beim Kauf von Neugeräten sollte der Aspekt des Energiebedarfes in die Kaufentscheidung hineinspielen. Um den Konsumenten bei Kaufentscheidungen zu unterstützen, wurde in der EU etwa die verpflichtende Kennzeichnung von Elektrogeräten umgesetzt. Die Klassifizierungsverpflichtung wird in den nächsten Jahren auch auf Heizsysteme ausgeweitet werden.

Energiesparlabel Waschmaschine

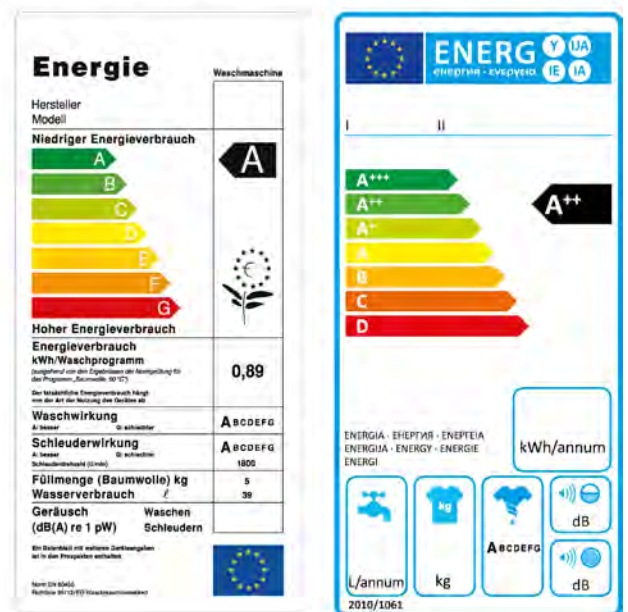


ABBILDUNG 344: EU-Energieverbrauchskennzeichnung

QUELLE: Europäische Kommission

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Handlungsanweisungen: Was kann ich tun?

4.3.1 Energieeffizienzlabel für Fahrzeuge: Ein Negativbeispiel aus Deutschland

In Österreich gibt es kein verbindliches Energielabel für Fahrzeuge. In Deutschland ist eine Klassifizierung für Automobile seit 2011 für Hersteller verpflichtend. Die Kriterien dieses Labels sind jedoch unter scharfe Kritik geraten. Der Grund dafür ist, dass die Klassifizierung nicht nach den absoluten Werten des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen erfolgt, sondern aus deren Verhältnis zum Gesamtgewicht des Fahrzeuges. Das Argument für diese Bewertung ist, dass schweren Fahrzeugen ein höherer Verbrauch zugestanden wird als leichteren. Die Klassifizierung gibt also Auskunft darüber, wie effizient ein Fahrzeug in seiner Klasse ist. Ein hochmotorisiertes und schweres Oberklassenfahrzeug (z.B. Porsche Cayenne) kann durch dieses System als umweltfreundlich klassifiziert werden. Die Anforderung, Verbraucher zum Kauf von CO₂-sparsameren Fahrzeugen anzuregen, ist durch diese Klassifizierung nicht gegeben. Wie absurd eine Einteilung nach diesen Kriterien ist, zeigt die Abbildung. Deutsche Umweltorganisationen sowie der Verkehrsclub Deutschland (VCD) sehen in diesem Label eine erfolgreiche Lobbyarbeit der Automobilindustrie.

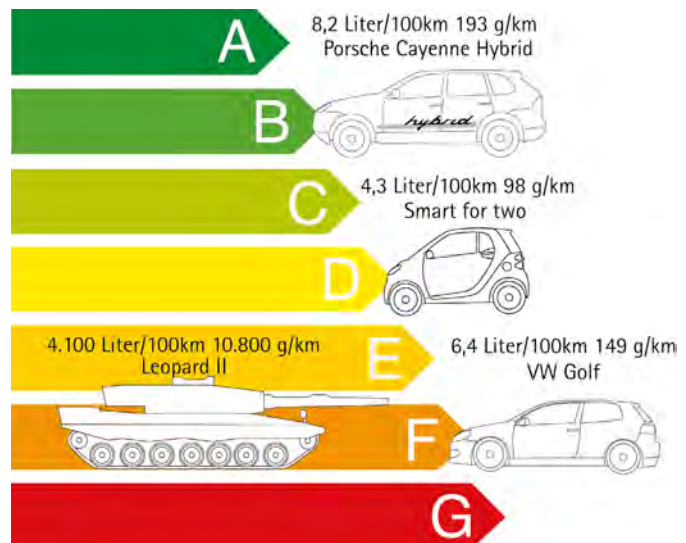


ABBILDUNG 346: Pkw-Energielabel für Deutschland, Stand 2011

QUELLE: ARD

PRÄSENTATION 102: Energieeffizienzlabels: Transparenz für den Konsumenten (4 Folien)

4.3.2 Energieeffizienzlabel für Gebäude: Der Energieausweis

Das österreichische Institut für Bautechnik, das mit der Ausarbeitung der nationalen Umsetzungsrichtlinien im Gebäudebereich betraut ist, hat in seiner „Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz“ zusätzlich zum spezifischen Heizwärmebedarf weitere Kenngrößen definiert, die Aufschluss über die Gesamteffizienz von Gebäuden geben: Der Primärenergiebedarf gibt die gesamte Energiemenge an, die nötig ist, um den Bedarf des Gebäudes abzudecken, einschließlich aller Verluste und Vorketten. Er ist ein Maß für die Effizienz der Energieumwandlung und weist einen erneuerbaren und einen nicht erneuerbaren Anteil auf. Berechnet werden die Gesamtemissionen an CO₂ für die Energieversorgung des Gebäudes, einschließlich Transport und Bereitstellung der Energieträger sowie aller Verluste. Die Kenngröße gibt direkt Aufschluss über die Klimarelevanz der Energieversorgung des Gebäudes. Nur erneuerbare Energieträger wie Biomasse können hier gute Werte erreichen. Der Gesamteffizienzfaktor stellt den Endenergiebedarf eines Gebäudes ins Verhältnis zu einem Referenz-Endenergiebedarf für ein Gebäude am Stand der Technik des Jahres 2007. Der Faktors soll die Verbesserung der Gesamteffizienz des Gebäudes inklusive der gesamten Haustechnik im Bezug auf ein Referenzjahr veranschaulichen. Diese neuen Bewertungsgrößen werden künftig auch im Energieausweis von Gebäuden angegeben. Die Abbildung rechts zeigt den Vergleich der Energieskalen des „alten“ Energieausweises mit der Angabe des HWB und des „neuen“ Energieausweises mit der zusätzlichen Angabe von Primärenergiebedarf (PEB), Kohlendioxidemissionen (CO₂) und Gesamteffizienzfaktor (fGEE). Durch die Einführung dieser Bewertungsgrößen liegt der Fokus nicht mehr ausschließlich auf der thermischen Qualität der Gebäudehülle.

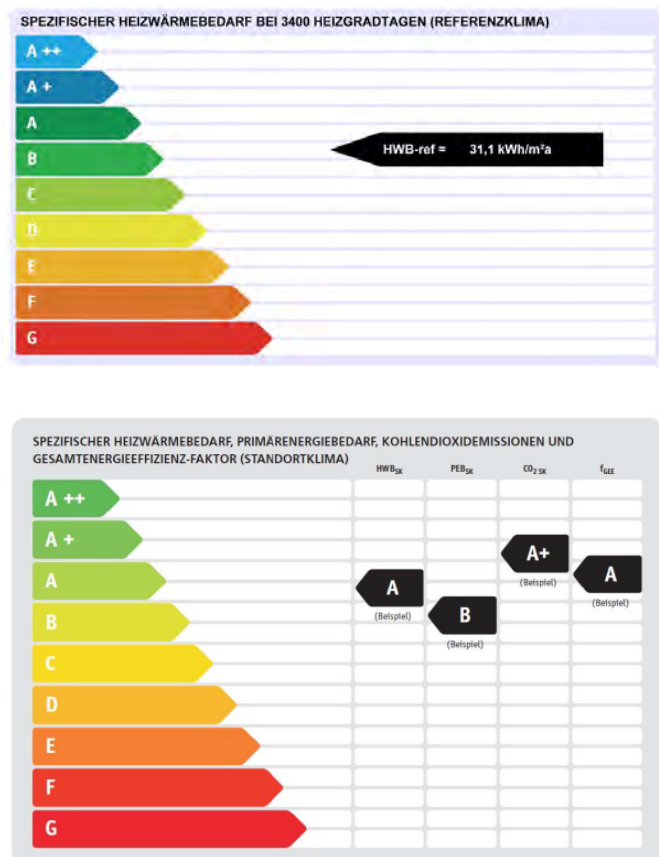


ABBILDUNG 345: Energieausweis alt (oben), Energieausweis neu (unten)

QUELLE: Bioenergie 2020+

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Handlungsanweisungen: Was kann ich tun?

4.4 Nachhaltiger Konsum: Zertifizierungssysteme als Hilfe zur Kaufentscheidung

! Auf der UN-Umweltkonferenz in Rio wurde 1992 die Agenda 21 verabschiedet. Aus dieser Vereinbarung ging der Begriff des nachhaltigen Konsums hervor. Unter anderem wurde die „Veränderung von Konsumgewohnheiten“ gefordert. Die unterzeichnenden Nationen einigten sich auf die Entwicklung von Maßnahmen zur gezielten Auseinandersetzung mit nachhaltigen Produktionsweisen und Konsumgewohnheiten, um eine Veränderung derselben zu entwickeln.

Der Blaue Engel (umgangssprachlich auch Blauer Umweltengel) ist ein seit 1978 in Deutschland vergebenes Umweltzeichen für besonders umweltschonende Produkte und Dienstleistungen. Dieses Zertifikat hat seinen Ursprung im Umweltprogramm der Vereinten Nationen, UNEP (United Nations Environment Programme). Im Jahr 2013 trugen rund 11.700 Produkte und Dienstleistungen in etwa 125 Produktkategorien den Blauen Engel.

Das EU-Ecolabel dient als grenzüberschreitendes Umweltgütesiegel, das im gemeinsamen europäischen Markt als einheitliche Kennzeichnung für umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen dient. Es wurde 1992 von der Europäischen Kommission ins Leben gerufen. Die Erarbeitung der Richtlinien zur Vergabe des Ecolabels erfolgt in Zusammenarbeit mit den EU-Mitgliedsstaaten.

In Österreich ist die zuständige Stelle das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Heute ist bereits eine Vielzahl von Produkten und Dienstleistungen mit dem Europäischen Umweltzeichen zertifiziert. Die Anzahl an ausgezeichneten Produkten und Dienstleistungen wächst ständig. Um für den Umweltschutz vorbildliche Produkte zu kennzeichnen, hat das Österreichische Umweltministerium 1990 das Umweltzeichen ins Leben gerufen. Im Jahr 2013 waren bereits über 2.500 Produkte mit diesem Gütesiegel ausgezeichnet. Sie alle sind garantiert umweltverträglich und vorwiegend regionaler Herkunft.



ABBILDUNG 348: Fair-Trade-Gütesiegel - BILD: www.fairtrade.at

Das Angebot umfasst Produkte aus den Bereichen Bauen und Wohnen, Haushalt und Reinigung, Garten, Büro, Papier und Druck, grüne Energie sowie nachhaltige Finanzprodukte. In der Kategorie Grüne Energie waren 2013 bereits weit über 400 Heiz-

kessel vertreten. Doch auch für Tourismusbetriebe ist das Umweltzeichen von starker Bedeutung. Derzeit gibt es in Österreich rund 240 Betriebe (über 24.000 Betten), die dieses österreichische Gütesiegel tragen.



ABBILDUNG 347: EU-Ecolabel, UN-Umweltsiegel, Umweltzeichen Österreich
QUELLE: Europäische Kommission, UN, BMLFUW

Umwelt- und sozialverträglich hergestellte Produkte zu kaufen, kann politischen Einfluss ausüben. Ein bekanntes Beispiel für die globale Dimension von Kaufentscheidungen sind die Bemühungen zum fairen Handel. Verbraucher unterstützen mit ihrem Kauf kleinere Erzeuger aus Entwicklungsländern. Durch die etwas höheren Preise für fair gehandelte Güter werden angemessene Löhne und gerechtere Arbeitsbedingungen möglich gemacht. Produkte, die alle Kriterien des fairen Handels erfüllen, werden mit einem Gütesiegel gekennzeichnet. Anfangs befanden sich nur Kaffee und Kakao im Fair-Trade-Programm, das Angebot weitete sich aber schnell auf Obst und andere Lebensmittel aus. Heute werden auch andere Produkte, wie zum Beispiel Kleidung, mit dem Fair-Trade-Label gekennzeichnet, sofern entlang der Produktkette die Kriterien von angemessenen Löhnen und gerechten Arbeitsbedingungen erfüllt werden. In Österreich tragen heute mehr als 800 Produkte das Fair-Trade-Gütesiegel; 70% dieser Produkte stammen zusätzlich aus einem biologischen Anbau.

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Handlungsanweisungen: Was kann ich tun?

4.4.1 Labels für biologisch erzeugte Lebensmittel

Die Begriffe „Bio“, „Biologische Landwirtschaft“, „aus kontrolliert biologischem Anbau“ und „Öko“ sind durch EU-Recht international geschützt. Produkte, die mit diesen Begriffen versehen werden, müssen daher zwingend bestimmte Kriterien erfüllen. Produkte aus biologischer Landwirtschaft dürfen nicht gentechnisch verändert sein und werden ohne Einsatz konventioneller Pestizide, Kunstdünger oder Abwasserschlämme angebaut. Tierische Bio-Produkte stammen von Tieren, die artgerecht gehalten werden. Die Produkte dürfen nicht ionisierend bestrahlt und müssen weniger Lebensmittelzusatzstoffe als konventionelle Lebensmittel enthalten. Sie dürfen aber auch bis zu 30% nicht ökologisch erzeugte Zutaten enthalten.

Die Beschreibung Bio sowie das europäische Biosiegel kennzeichnen Produkte, die mindestens den Anforderungen der EU-Öko-Verordnung genügen. Darüber hinaus gibt es private Labels; die erweiterte, teilweise strengere Anforderungen stellen. Für Lebensmittel gibt es nicht nur europaweit eine Vielzahl von Labels – neben etlichen nationalen Zertifizierungssystemen besitzt in Österreich fast jede Supermarktkette ihr eigenes Zertifizierungssystem. Verbraucherschützer fordern daher eine Vereinheitlichung der Systeme, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Das staatliche österreichische Biosiegel wird von der Agrarmarkt Austria (AMA) verwaltet und kontrolliert. Dabei gibt es ein rot-weiß-rotes Siegel, das auch die Herkunft aus Österreich sicherstellt, sowie ein schwarz-weißes Biosiegel ohne Ursprungsgarantie. Neben den Basisanforderungen der EU-Bioverordnung müssen Produkte, die diese Siegel tragen, zusätzliche Anforderungen des Österreichischen Lebensmittelbuches erfüllen. Ein weiteres wichtiges nationales Biosiegel ist das der BIO Austria, die etwa 70% der rund 20.000 Biobauern Österreichs und zahlreiche heimische Bio-Verbände vertritt.

4.4.2 Nachhaltigkeitszertifizierungen für Kleidung und Textilien

Auch im Non-Food-Bereich gibt es zahlreiche Zertifizierungssysteme, die nachhaltige Produkte kennzeichnen. Dabei werden dem Produkt, je nach Zertifizierungssystem, sowohl ökologische als auch soziale Anforderungen abverlangt. Ein weitverbreitetes Zertifizierungssystem ist das Textilsiegel Global Organic Textile Standard (GOTS). Die Anforderungen richten sich nach Standards internationaler Arbeiterorganisationen. Textilien, die dieses Label tragen, müssen zu 90% aus Naturfasern bestehen, die zu 70% aus Bio-Landwirtschaft kommen. Kinderarbeit, Diskriminierung und Zwangsarbeit sind nicht erlaubt, während gerechte Löhne, Arbeitsschutz und Versammlungsfreiheit gegeben sein müssen. Noch strengere Auflagen werden an das Gütesiegel BEST des internationalen Verbands der Naturtextilwirtschaft (ivN) gestellt. Spezielles Augenmerk wird bei diesem Zertifizierungssystem auch auf die Produktion gelegt; Die Verwendung von Umweltgiften oder gefährlichen Substanzen in der Herstel-



ABBILDUNG 350: Internationale Biosiegel: EU-Biosiegel, Deutschland, Schweiz, und Holland - QUELLE: Europäische Kommission, Bundesanstalt für Landwirtschaft, Biosuisse, Stichting EKO-Keurmerk



ABBILDUNG 351: Österreichische Bio-Siegel, AMA mit und ohne Ursprungsgarantie, BIO Austria - QUELLE: AMA, BIO Austria

lung von Textilien ist verboten oder nur sehr eingeschränkt zugelassen.



ABBILDUNG 349: Nachhaltigkeitsgütesiegel für Textilien, GOTS und BEST
QUELLE: GOTS, ivN

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Handlungsanweisungen: Was kann ich tun?

4.4.3 Nachweis für biobasierte Kunststoffe

Als Biokunststoff werden Kunststoffe bezeichnet, die auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen erzeugt werden. In Europa werden dafür zwei Zertifizierungssysteme gelistet, die sich beide nach der europäischen Norm richten. In Deutschland ist DIN CERTCO, in Belgien VINCOTTE für die Prüfung, Zertifizierung und Labelvergabe zuständig.



ABBILDUNG 352: Label biobasierte Kunststoffe DIN CERTCO (Deutschland) und VINCOTTE (Belgien) - QUELLE: DIN CERTCO, VINCOTTE

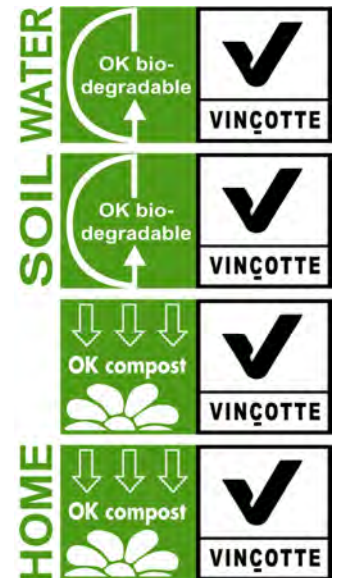


ABBILDUNG 353: Label kompostierbare Kunststoffe Seeding European Bioplastics und VINCOTTE - QUELLE: European Bioplastics, VINCOTTE

Nach einer alternativen Definition sind Biokunststoffe alle biologisch abbaubaren Kunststoffe, die unabhängig von ihrer Rohstoffbasis alle Kriterien zum Nachweis der biologischen Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit von Kunststoffprodukten erfüllen. Während die erste Definition nicht oder nur schwer abbaubare Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe einschließt, werden diese nach der zweiten Definition ausgeschlossen und biologisch abbaubare Kunststoffe auf Mineralölbasis mit eingeschlossen.

4.4.4 Holz aus nachhaltiger Holzwirtschaft

Die Wald- und Holzzertifizierung geht vor allem auf die Abholzung der Urwälder in Nord- und Südamerika zurück. Auf globaler Ebene haben sich in der Folge vor allem zwei Systeme zur Zertifizierung von Holz und Holzprodukten am Markt etabliert. Durch die Kennzeichnung der Holzprodukte mit dem jeweiligen Logo soll dem Konsumenten versichert werden, dass das darin verarbeitete Holz aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung stammt.

Wesentlicher Inhalt einer Walzzertifizierung ist es, die Nachhaltigkeit der Waldnutzung nach vorgegebenen Prinzipien, Kriterien und Indikatoren von unabhängigen Organisationen prüfen und bestätigen zu lassen. Ein System zur Walzzertifizierung wurde vom WWF mit dem Ziel entwickelt, die Vernichtung der Urwälder zu stoppen und damit die indigenen Völker zu retten. Dazu wurde der sogenannte Weltforstwirtschaftsrat (Forest Stewardship Council, FSC) mit dem gleichnamigen Zertifizierungssystem FSC gegründet.

Die Ziele für eine Zertifizierung der europäischen Wälder unterscheiden sich grundsätzlich vom Zertifizierungssystem, das für den Schutz der Regenwälder entwickelt wurde. Europäische Wälder müssen im herkömmlichen Sinn nicht „gerettet“ werden. Österreich und Europa weisen seit Jahrzehnten eine wachsende Waldfläche und steigende Holzvorräte auf. Nach den Forstgesetzen in den europäischen Staaten besteht zudem eine Wiederbewaldungspflicht. Um den gewachsenen Strukturen und der Situation der europäischen Waldbewirtschaftung gerecht zu werden, wurde ein weiteres Zertifizierungssystem entwickelt.

Die ursprüngliche Pan European Forest Certification (PEFC) wurde nach dem Beitritt nicht europäischer Länder auf Programme for the Endorsement of Forest Certification geändert. Mittlerweile hat sich PEFC zum weltweit größten Zertifizierungssystem entwickelt, in 35 Ländern erfolgt eine Umsetzung nach nationalen PEFC-Systemen. Im öffentlichen Beschaffungswesen wer-

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellenangaben und Literatur

den heute grundsätzlich beide Zertifizierungssysteme gelistet. Die beiden Labels beziehen sich nicht nur auf die Zertifizierung der Wälder, sondern auch auf Holzprodukte. Der Weg des Holzes wird dabei lückenlos vom Wald bis hin zum Endprodukt quer über die gesamte Verarbeitungskette nachverfolgt.

TEXT 11: Gutes Leben im post-fossilen Zeitalter (5 Seiten)

PRÄSENTATION 103: Verschiedene Labels für nachhaltige Produkte (19 Folien)



ABBILDUNG 354: Nachhaltigkeitsgütesiegel für Waldbewirtschaftung,
QUELLE: FSC, PEFC

5 QUELLENANGABEN UND LITERATUR

Agentur für Erneuerbare Energien Renewables Spezial (2012): Smart Grids für die Stromversorgung der Zukunft.
http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/58_Renews_Spezial_Smart_Grids_jun12online.pdf

ARA (2011) Leistungsreport.
http://www.ara.at/uploads/tx_wxfilelist/ARA_Leistungsreport_2011_A4.pdf

Bmwfj, Ludwar G. (2011): Energieverbrauchskennzeichnung.
http://www.wirtschaftsagentur.at/uploads/media/01_Ludwar_Energieverbrauchskennzeichnung_V3.pdf

Bmwfj, (2012): Energiestatus Österreich 2012.
<http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/Energiestatus%202012.pdf>

Bundesgremium des Fahrzeughandels (2011), Online-Leitfaden 2 zum Autoverbrauch.
<http://www.autoverbrauch.at/>

European Bioplastics (2012): Policies For Bioplastics.
http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2012/publications/Policies_bioplastics2012.pdf

Eurostat Jahrbuch (2012): Europa in Zahlen.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Europe_in_figures_-_Eurostat_yearbook/de

FAO (2012): The State of Food Insecurity in the World.
<http://www.fao.org/docrep/016/i3027e/i3027e.pdf>

GLS Treuhand Zukunftsstiftung Landwirtschaft (2009): Weltagrarbericht, Wege aus der Hungerkrise.
http://www.weltagrarbericht.de/downloads/Wege_aus_der_Hungerkrise_2.4MB.pdf

Landesmedieninfo Land Oberösterreich, Pressemitteilung (2012): Märchen vom teuren Solarstrom widerlegt.
https://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xbcr/ooe/PK_LR_Anschober_26.6.2012_Internet.pdf

NABU, Bundesverband (2010): Müllkippe Meer.
http://www.nabu.de/meeresschutz/NABU-Broschuere_Muellkippe_Meer.pdf

OECD (2012): Umweltausblick bis 2050. Zusammenfassung.
<http://www.oecd.org/berlin/publikationen/oecdumweltausblickbis2050.htm>

5. KAPITEL: ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

Quellenangaben und Literatur

Österreichisches Institut für Bautechnik (2011): Richtlinie 6.

http://www.oib.or.at/RL6_061011.pdf

Plastics Europe (2008): Daten und Fakten zu Kunststoff.

http://www.plasticseurope.de/Documents/Document/20100701154947-Final_WEB_FactsFiguresBrochure_DE_oct2008-20090112-008-DE-v1.pdf

REN21 (2011): Renewables 2011 Global Status Report.

http://www.map.ren21.net/GSR/GSR2012_low.pdf

Stern report (2006): Stern Review: Der wirtschaftliche Aspekt des Klimawandels.

http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_translations.cfm

Stiftung Warentest (2005): Rückstände aus Verpackungen: Da geht was rein.

<http://www.test.de/Rueckstaende-aus-Verpackungen-Da-geht-was-rein-1240626-0/>

UNEP (2011): Bridging the Emission Gap.

http://www.unep.org/pdf/unep_bridging_gap.pdf

University of Seville, Weber C. (2008): The Contribution of Chinese Export to Climate Change.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508002905>

WWF (2012): Living Planet Report 2012.

http://www.wwf.at/de/view/files/download/forceDownload/?tool=12&feld=download&sprach_connect=2065

Themen

1 LEBEN AUF DER ERDE: KLIMA IM WANDEL	196
1.1 Faktoren für den Klimawandel	196
2 EINFLÜSSE DER BIOSPHÄRE: MENSCH UND KLIMA	198
2.1 Ein Kreislauf mit Unwucht: Wie der Mensch den Klimawandel beeinflusst	198
2.2 Nutzung fossiler Brennstoffe	200
2.3 Kohlenstoffkreisläufe in unserem Ökosystem	201
2.4 Photosynthese: Die wichtigste Reaktion für das Leben in unserem Ökosystem	202
2.5 Bildung von Kohlenstoffsinken – fossile Energieträger im Kohlenstoffkreislauf	203
2.6 CO ₂ -neutraler Kreislauf versus fossile Einbahnstraße	205
3 EINFLÜSSE DER GEOSPHERE AUF DEN KLIMAWANDEL	206
3.1 Verwitterung: Der Silikat-Karbonat-Kreislauf	206
3.2 Plattentektonik	207
3.3 Gebirgsbildung	208
3.4 Die Kontinentaldrift	209
3.5 Vulkanismus	209
3.6 Wechselspiel mit der Hydrosphäre	211
4 DER MENSCHGEMACHTE KLIMAWANDEL	212
4.1 Die Auswirkungen des Klimawandels	212
4.2 Mathematische Klimamodelle als Grundlage der Projektion	214
4.3 Folgen der Klimaerwärmung bis 2100	215
4.4 Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte	217
5 QUELLENANGABEN UND LITERATURVERZEICHNIS	223

Lernziele

- Vermittlung von Faktenwissen über die Entstehung des Erdenklimas, wie wir es heute kennen
- Rekonstruktion der Bedeutung des Klimas und dessen komplexer Einflüsse auf das Leben auf unserem Planeten
- Faktoren, die für den Klimawandel seit Anbeginn der Zeit verantwortlich sind
- Das komplexe Zusammenspiel der Einflussfaktoren erkennen lernen, im Speziellen den Einflussfaktor Mensch
- Entstehung fossiler Energieträger und deren Bedeutung für den Klimawandel

Geförderte Kompetenzen

- Entwicklung einer mehrdimensionalen Perspektive auf den Klimawandel
- Erkennen des Zusammenhangs zwischen den Mechanismen der Erdgeschichte und dem damit verbundenen ständigen Klimawandel
- Verstehen der für den Klimawandel ausschlaggebenden physikalischen Prozesse
- Argumentationen mithilfe von selbst erarbeitetem Hintergrundwissen untermauern
- Diskussionsbereitschaft



In welchem Zusammenhang steht das Klima mit der Entwicklung des Lebens? Dieser Abschnitt geht auf die wechselseitige Auseinandersetzung zwischen dem Klima im Wandel und dem Leben auf der Erde ein. Der Frage nach dem Einfluss der Menschheit auf das Ökosystem Erde wird besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Das Kapitel „Die Klimamaschine Erde“ widmet sich den Bedingungen, die für das Zustandekommen des Klimas verantwortlich sind.

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Leben auf der Erde: Klima im Wandel

1 LEBEN AUF DER ERDE: KLIMA IM WANDEL



Dieses Kapitel behandelt die Phänomene und Wechselwirkungen der Biosphäre (des Lebens auf der Erde) auf die Mechanismen des Systems Erde und das globale Klima. Diese Mechanismen unterliegen einer gewissen Trägheit, was die Sensibilität des Systems verdeckt, dennoch befinden sie sich weit innerhalb des menschlichen Handlungsspielraums und Zeithorizonts. Phänomene, die weiter außerhalb des menschlichen Horizontes liegen, werden im Kapitel „Die Klimamaschine Erde“ behandelt. Der Fokus liegt dort auf der unbelebten Materie und ihren Mechanismen in Verbindung mit der Konstellation unseres Sonnensystems und der Beschaffenheit des Planeten Erde.

1.1 Faktoren für den Klimawandel

Das Globalklima der Erde ist ein hoch komplexes System mit zahlreichen Wechselwirkungen. Es wird dabei durch unterschiedliche Klimafaktoren bestimmt: durch systemische Faktoren (die Konstellation unseres Sonnensystems), durch globale Faktoren (die Beschaffenheit des Planeten Erde) und durch biologische Faktoren (der Einfluss der Lebewesen auf unserem Planeten).

Zu den systemischen Einflüssen der Heliosphäre (interplanetarer Bereich um die Sonne) zählen Faktoren wie die Schwankungen der Erdumlaufbahn oder Störungen in der Neigung der Erdachse. Sie beeinflussen die Rezeption der Sonnenstrahlung durch das System Erde und die damit verbundenen Mechanismen der atmosphärischen und hydrosphärischen Zirkulation.



ABBILDUNG 355: Die Erde in unserem Sonnensystem - BILD: NASA

Auch globale Faktoren beeinflussen die Zirkulationssysteme: Dazu zählen unter anderem die Bewegungen der Erdkruste, die für die Verteilung von Land und Wasser verantwortlich ist. Der Grad der tektonischen Aktivität der Erdkruste beeinflusst das Klima ebenso wie die Aktivität im Erdinneren. So hält der Dynamoeffekt des Erdkerns die Magnetosphäre (Bereich um einen Himmelskörper, der von seinem Magnetfeld dominiert wird) aufrecht und schützt damit die Erdatmosphäre. Diese wird in ihrer Zusammensetzung unter anderem durch die Aktivität des Erdmantels in Form von Vulkanismus geprägt.



ABBILDUNG 357: Ausbruch des Vulkans Sarychev, Russland 2009 - BILD: NASA

Zuletzt kommt noch der biologische Faktor – die Biosphäre – zum Tragen, der durch eine Reihe von Wechselwirkungen aller anderen Faktoren erst begründet wird und sich je nach den Bedingungen in unterschiedlicher Weise ausdifferenziert. Der Faktor Leben hat einen enormen Einfluss auf die Zusammensetzung der Erdatmosphäre. Seit der frühen Erdgeschichte bis heute prägt die Vegetation in großem Ausmaß die biologischen Einflüsse auf den Klimawandel. In den vergangenen Jahrtausenden wuchs der Einfluss der Menschen ständig – in den letzten beiden Jahrhunderten in beängstigendem Maße.



ABBILDUNG 356: Eiswand in der Antarktis - BILD: NSF

Weiter mit: „2.5.2 Das Innere der Erde und die Rolle der Magnetosphäre“ K: 7, S: 233

Weiter mit: „2.5 Die Beschaffenheit der Erde“ K: 7, S: 231

Weiter mit: „3 Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde“ K: 7, S: 235



7/233
7/231
7/235



ABBILDUNG 358: Entwaldung in Brasilien, rote Flächen sind Waldreste
BILD: NASA



ABBILDUNG 359: Ölbohrplattform vor der Küste von Brasilien
BILD: Agência Brasil



Alle Systeme und Klimafaktoren sind dynamisch miteinander verbunden. Eine kleine Änderung in einem Untersystem kann große Auswirkungen auf ein anderes oder das Gesamtsystem haben, wie auch ein Blick zurück in die Klimageschichte zeigt.

PRÄSENTATION 21: Faktoren des Klimawandels (16 Folien)

1.1.1 Klimawandel: Ein Wechselspiel der Sphären

Ohne die Auswirkungen der Atmosphäre und Hydrosphäre hätte sich kein Leben auf der Erde bilden können, es gäbe also keine Biosphäre. Im Verlauf der Erdgeschichte hat die Biosphäre immer wieder die Atmosphäre (Lufthülle der Erde) und Hydrosphäre (Gesamtheit des Wassers der Erde) geprägt und dabei noch mehr Raum für Leben geschaffen. Ein sehr bedeutender Faktor für das Klima ist die Zusammensetzung der Atmosphäre und die damit verbundene Intensität des Treibhauseffektes. Deshalb spielt der globale Kohlenstoffkreislauf eine so bedeutende Rolle. Geprägt wird dieser Kreislauf durch die Bindung von Kohlenstoff durch Lebewesen, die Verwitterung der Erdkruste und durch die geosphärische Aktivität, Tektonik und Vulkanismus.

1.1.2 Die Rolle der Atmosphäre

Die Atmosphäre ist das Erste, auf das die Sonnenstrahlen treffen. Ihre Beschaffenheit bestimmt den Grad ihres Abstrahleffektes (Albedoeffekt = Maß für das Rückstrahlvermögen) und ihres Dämpfungseffektes. Sie ist einer der Hauptfaktoren dafür, dass auf diesem Planeten Leben entstehen konnte. Die Erdatmosphäre erscheint aus dem Weltraum betrachtet wie ein schmaler blauer Streifen.



ABBILDUNG 360: Atmosphäre - BILD: NASA

EXPERIMENT 1: Experiment Atmosphäre: Spiel der Farben



6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

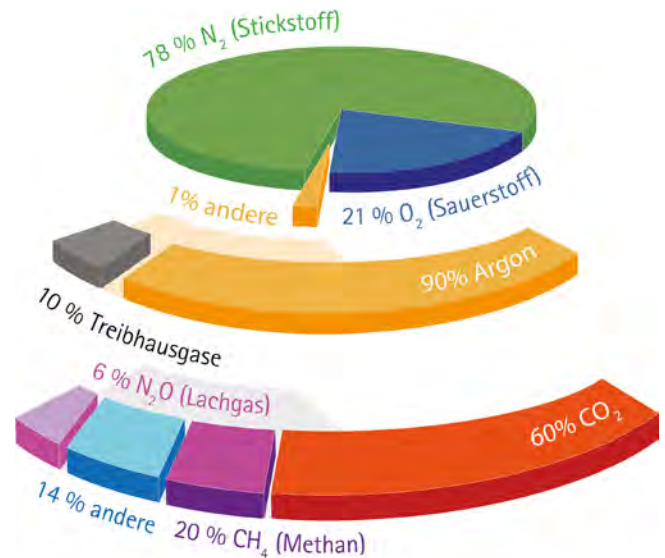
Einflüsse der Biosphäre: Mensch und Klima

2 EINFLÜSSE DER BIOSPHÄRE: MENSCH UND KLIMA

2.1 Ein Kreislauf mit Unwucht: Wie der Mensch den Klimawandel beeinflusst

Im Lauf der Erdgeschichte hat sich die Zusammensetzung der Erdatmosphäre immer wieder verändert. Heute enthält sie etwa 78 % Stickstoff, 21 % Sauerstoff, 1 % Argon sowie zahlreiche Spurengase. Obwohl die Spurengase in sehr geringen Mengen vorkommen, haben sie großen Einfluss auf das Klima. Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) und Ozon (O_3) haben eine ähnliche Wirkung wie eine Glasscheibe in einem Gewächshaus. Daher werden sie auch als Treibhausgase bezeichnet. Diese Gase lassen die kurzwellige Sonnenstrahlung passieren, halten aber die langwellige Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche zurück, was zu einer Erwärmung des Glashauses bzw. der Erdatmosphäre führt. Generell werden etwa 30% der Sonneneinstrahlung durch die Erdatmosphäre reflektiert. Da jedes der Gase andere Wellenlängen absorbiert, addieren sich ihre Wirkungen. Der winzigen Menge an Spurengasen verdanken wir es, dass die mittlere Temperatur auf der Erde rund 15 °C und nicht lebensfeindliche 2 °C beträgt. Würde man noch den Wasserdampf aus der Atmosphäre nehmen, würde die Temperatur sogar auf -18 °C sinken. Es wäre um durchschnittlich 33 °C kälter. Aerosole sind kleine, in der Luft schwebende Staubpartikel. Sie wirken im Wesentlichen abkühlend, da sie die Sonnenstrahlen reflektieren. Dieser Effekt ist durch den Vulkanismus gut erklärbar.

Für ihr Vorhandensein in der Atmosphäre ist allein der Menschen verantwortlich. Lachgas und die FCKW gelten als bedeutendste Quelle ozonschädlicher Emissionen. Der Löwenanteil des Treibhauseffektes geht jedoch auf das CO_2 zurück.



Weiter mit: „3.5 Vulkanismus“ K: 6, S: 209

Seit 1750 zeigt sich eine deutliche Zunahme der Konzentration klimawirksamer Gase. Der CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre ist um über 35% gestiegen und damit so hoch wie seit mindestens 650.000 Jahren nicht mehr. Die Methankonzentration ist seither um 150%, die Lachgaskonzentration um etwa 20% gestiegen. Weitere Treibhausgase, wie beispielsweise die als FCKW bekannten Fluorchlorkohlenwasserstoffe, sind bis zu 15.000-fach stärker klimawirksam als CO_2 und kommen in der Natur nicht vor.

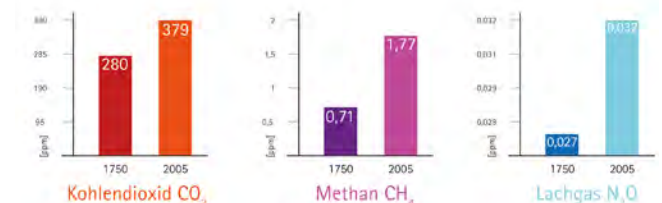


ABBILDUNG 362: Bestandteile der Atmosphäre und Konzentration klimawirksamer Gase - QUELLE: IPCC

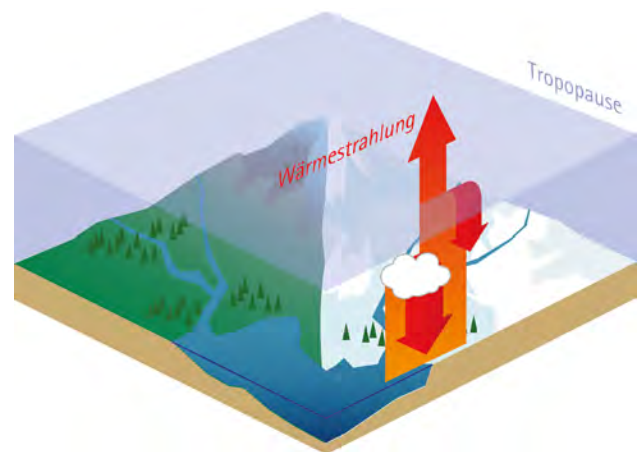
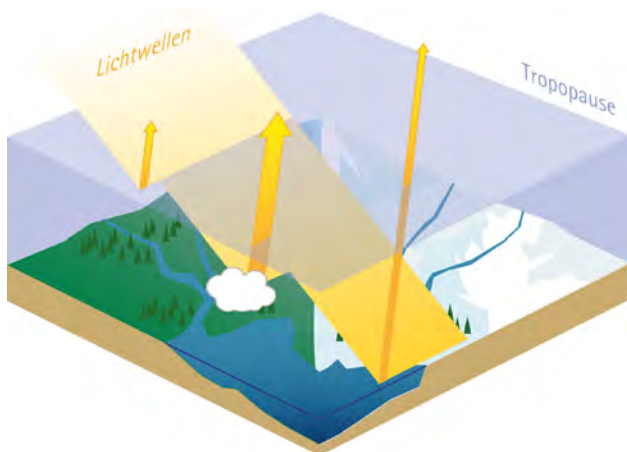


ABBILDUNG 361: Natürlicher Treibhauseffekt und Anteile der Gase am Treibhauseffekt - QUELLE: IPCC

PRÄSENTATION 22: Der Treibhauseffekt (43 Folien)

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Biosphäre: Mensch und Klima

Der Anteil der Treibhausgase in der Erdatmosphäre wirkt sich auf die Strahlungsbilanz des Systems Erde und damit auch auf die globale Jahresmitteltemperatur aus. Wasserdampf wird zu 60% für den Treibhauseffekt verantwortlich gemacht, seine Konzentration wirkt aber eher als verstärkender Effekt. Je mehr die Temperaturen ansteigen, umso mehr Wasser verdunstet, was zu einer weiteren Verstärkung des Treibhauseffektes und somit wieder zu Temperaturanstiegen führt. Es kommt zu einem Rückkopplungseffekt. Das Reflexionsverhalten von Eisflächen, also ihre Albedo (Rückstrahlvermögen), ist ein weiterer klimarelevanter Rückkopplungseffekt. Je mehr Eis durch die globale Erwärmung schmilzt, desto weniger Sonnenenergie wird reflektiert, was eine weitere Erwärmung und einen weiteren Verlust von Eisflächen zur Folge hat. Nur ein Rückgang der globalen Temperatur könnte diese Rückkopplungseffekte eindämmen. Kohlendioxid ist das mengenmäßig bedeutendste Treibhausgas, das durch Menschen emittiert wird. Der Energiebedarf und die Nutzung fossiler Energieträger nehmen seit dem Beginn der Industrialisierung kontinuierlich zu. Damit steigt auch der durch Menschen verursachte Ausstoß treibhauswirksamer Gase, der sich wiederum auf die Zusammensetzung der Atmosphäre auswirkt.

2.1.1 Klimawirksamkeit: Das CO₂-Äquivalent

Die Klimawirksamkeit (Global Warming Potenzial, GWP), auch CO₂-Äquivalent (CO₂e) genannt, ist eingeführt worden, um verschiedene Treibhausgase untereinander vergleichen zu können. Diese verfügen über unterschiedliche Klimawirksamkeit, sie unterscheiden sich aber auch in ihrer Verweildauer in der Atmosphäre. Die Klimawirksamkeit eines Treibhausgases beschreibt die Störung des Gleichgewichts zwischen einstrahlender Solarenergie und der an den Weltraum abgegebenen langwelligen Strahlung, die durch dieses Treibhausgas verursacht wird. Die Auswirkungen werden auf einen gewissen Zeitraum hochgerechnet; in den Berichten des IPCC (Weltklimarat der UN) beträgt dieser Zeitraum 100 Jahre. Als Vergleichswert dient die Klimawirksamkeit von Kohlenstoffdioxid (CO₂). Dieses Treibhauspotenzial ist aber nicht mit dem tatsächlichen Anteil an der globalen Erwärmung gleichzusetzen, da sich die Emissionsmengen der verschiedenen Gase stark unterscheiden. Mit diesem Konzept können jedoch bei bekannten Emissionsmengen die unterschiedlichen Beiträge einzelner Treibhausgase verglichen werden.

Der Effekt eines Treibhausgases beruht auf seiner Fähigkeit, die von der Erdoberfläche reflektierte Wärmestrahlung im Infrarotbereich zu absorbieren und so die Atmosphäre durch die Verstärkung des Treibhauseffekts zu erwärmen. Kohlenstoffdioxid (CO₂) entsteht bei der Verbrennung fossiler Energieträger sowie auch bei der Verbrennung von Biomasse. Die Nutzung fossiler Energieträger und die Rodung von Waldflächen gehen mit einer unwiederbringlichen Vernichtung von Kohlenstoffsäcken einher. Nachhaltig erzeugte Biomasse ist CO₂-neutral, weil bei ihrer Verbrennung die gleiche Menge an Kohlendioxid freigesetzt wird, wie zuvor beim Wachstum aufgenommen wurde. Größere Mengen CO₂ fallen auch bei der Zementproduktion

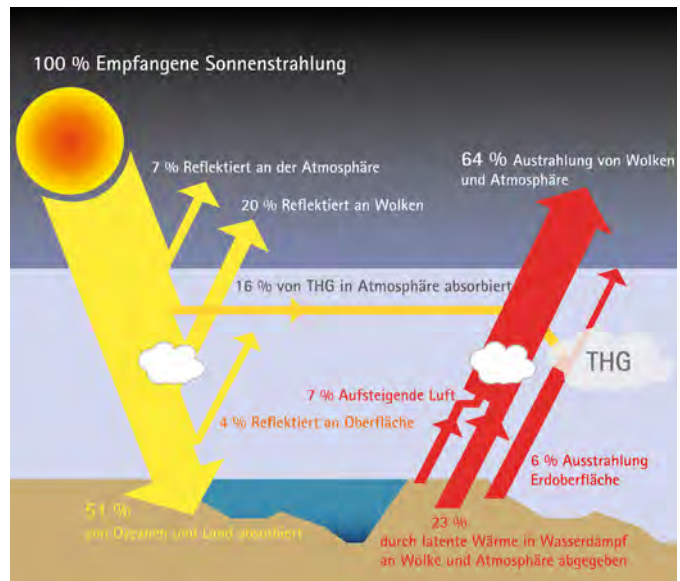


ABBILDUNG 363: Strahlungsenergiebilanz des Planeten Erde - QUELLE: IPCC

Treibhausgas	Summenformel	GWP nach IPCC (bezogen auf 20 Jahre)	GWP nach IPCC (bezogen auf 100 Jahre)	Verweildauer [Jahre]
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	1	1	30-95
Methan	CH ₄	72	25	12
Lachgas	N ₂ O	289	289	114
Tetrafluorethan	CH ₂ FC ₂ F ₃	3.830	1.430	14
FCKW Fluorchlorkohlenwasserstoffe	z.B. CClF ₃	10.800	14.400	640
FKW/HFKW Fluorkohlenwasserstoffe	z.B. CHF ₃	12.000	14.000	270
Stickstofftrifluorid	NF ₃	17.200	17.200	270
Schwefelhexafluorid	SF ₆	22.800	22.800	3.200

ABBILDUNG 364: CO₂-Äquivalent, Klimawirksamkeit von Treibhausgasen
QUELLE: IPCC

an. Methan (CH₄) entsteht beim Reisanbau und der Viehzucht sowie in Kläranlagen und Mülldeponien. Auch im Steinkohlebergbau fällt Methan in Form von Grubengas an. Ebenso kann beim Abbau von Erdgas und Erdöl Methan in die Atmosphäre gelangen. Es wird vermutet, dass große Mengen von Methan in den Eisschilden unseres Planeten gebunden sind. Durch die globale Erwärmung schmelzen diese Eisschilde und das Methan gelangt in die Atmosphäre. Distickstoffoxid (N₂O), auch Lachgas genannt, entsteht durch die Nutzung von Stickstoffdünger in der Landwirtschaft sowie bei der Verbrennung oder Verrottung von Biomasse. Tetrafluorethan (C₂H₂S₄) kommt als Kältemittel in Kühlanlagen sowie als Treibgas in Sprühdosen, als Narkosemittel oder als Füllgas in Schaumstoffen zum Einsatz. Im Laufe der 1970er-Jahre stellte sich heraus, dass die Freisetzung von Fluorchlor-Kohlenwasserstoffen in erheblichem Maße für den Abbau der Ozonschicht in der Stratosphäre und die Entstehung des Ozonlochs verantwortlich ist. Der Einsatz von FCKW ist heute in

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Biosphäre: Mensch und Klima

vielen Anwendungsbereichen verboten; die Ozonschicht konnte sich in den vergangenen Jahrzehnten nachweislich regenerieren. Ersatzstoffe wie Fluorkohlenwasserstoff (FKW) oder Halogenfluorkohlenwasserstoff (HFKW) wirken sich aber fast ebenso klimawirksam aus. Stickstofftrifluorid (NF_3) ist in ebenfalls in erhöhtem Maße klimawirksam und wird durch die Herstellung von Halbleitern, Solarzellen und Flüssigkristall-Bildschirmen freigesetzt. Schwefelhexafluorid (SF_6) ist nicht nur in höchstem Maße klimawirksam, sondern kann sich auch mehrere tausend Jahre lang in der Atmosphäre aufhalten. Es dient als Schutzgas bei der technischen Erzeugung von Magnesium und kommt zum Beispiel als Isoliergas in Hochspannungs-Schaltanlagen zum Einsatz.

2.2 Nutzung fossiler Brennstoffe

Ein wichtiger Faktor, der die natürlichen Prozesse der Biosphäre beeinflusst, ist der Mensch. Durch unser Verhalten können wir dafür sorgen, dass mehr CO_2 gebunden wird, z.B. durch nachhaltige Forstwirtschaft oder Aufforstungen. Unser Verhalten kann den CO_2 -Kreislauf auch negativ beeinflussen, wie bei der Verbrennung fossiler Energieträger oder beim Raubbau an der

Natur, etwa in Form von Brandrodungen. Wahrscheinlich hat der Mensch das Klima schon in früheren Zeiten beeinflusst. Ein Beispiel ist die Abholzung ganzer Landstriche des Mittelmeerraumes durch Griechen, Phönizier und Römer. Der Einfluss auf das Klima blieb aber regional begrenzt, globale Auswirkungen lassen sich daraus nicht ableiten. Im Zuge der industriellen Revolution wurden durch die Nutzung fossiler Energieträger völlig neue Möglichkeiten eröffnet. Seit Beginn des 19. Jahrhunderts ist der Energiebedarf stetig angestiegen. Zunächst war Kohle der wichtigste Energieträger, später folgten Erdöl und Erdgas.

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts haben die technische und wirtschaftliche Entwicklung sowie die zunehmende Bevölkerung den weltweiten Energieverbrauch immer stärker ansteigen lassen. Dieser Energieverbrauch wird bis heute zu einem Großteil aus fossilen Energieträgern gedeckt. Dadurch gelangt Kohlenstoff, der einst der Atmosphäre durch Pflanzen entzogen und in der Lithosphäre (Erdkruste, feste Gesteinshülle) gespeichert wurde, in die Atmosphäre zurück und führt zum entscheidenden Faktor für den Klimawandel, dem anthropogenen Treibhauseffekt.

Weiter mit: „1.3 Das Industriezeitalter: Der Einsatz fossiler Brennstoffe wächst ins Unermessliche“ K: 2, S: 21

Weiter mit: „2.6 CO_2 -neutraler Kreislauf versus fossile Einbahnstraße“ K: 6, S: 205

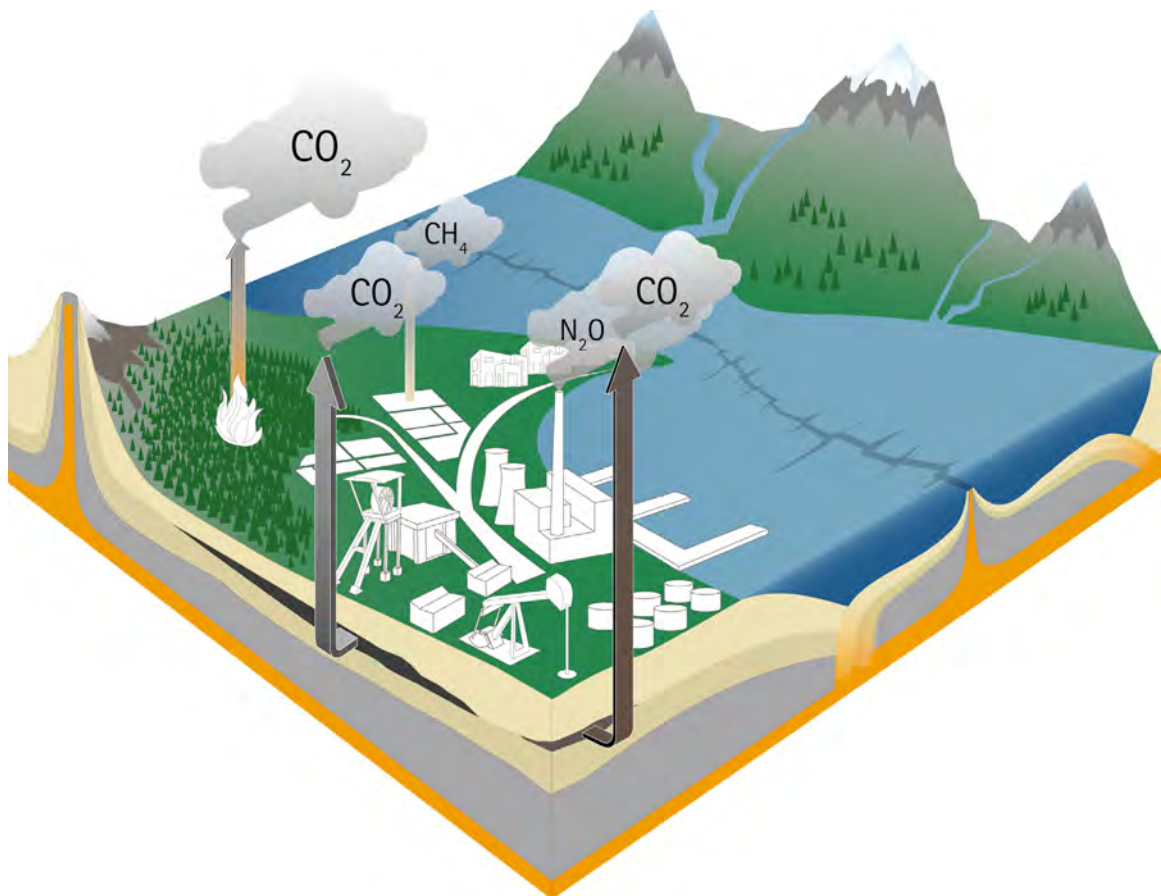


ABBILDUNG 365: CO_2 -Kreislauf, Kreislauf der Biosphäre Mensch - QUELLE: IPCC

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Biosphäre: Mensch und Klima

2.3 Kohlenstoffkreisläufe in unserem Ökosystem

Pflanzen binden durch Photosynthese CO_2 aus der Luft in Form von Biomasse. Nach ihrem Absterben werden sie unter dem Einfluss von Luftsaurestoff von anderen Organismen wie Pilzen und Bakterien abgebaut. Sie dienen diesen als Nahrung und das zuvor gebundene CO_2 wird beim Abbauprozess wieder freigesetzt. Innerhalb der Biosphäre ist dieser CO_2 -Kreislauf geschlossen, weshalb er auch als kurzfristiger CO_2 -Kreislauf bezeichnet wird. Gerät Biomasse

nach ihrem Absterben durch geologische Aktivitäten unter Luftabschluss, so wird das Verrotten unterbunden, was zu einer langfristigen Speicherung von CO_2 aus der Atmosphäre führt. Durch chemische Prozesse entstehen Öl, Kohle und Erdgas. Vereinfacht kann gesagt werden: Biomasse besteht aus Sonnenenergie und Kohlenstoff. Pflanzen und Tiere nutzen die gespeicherte Energie durch Abbau der Produkte.

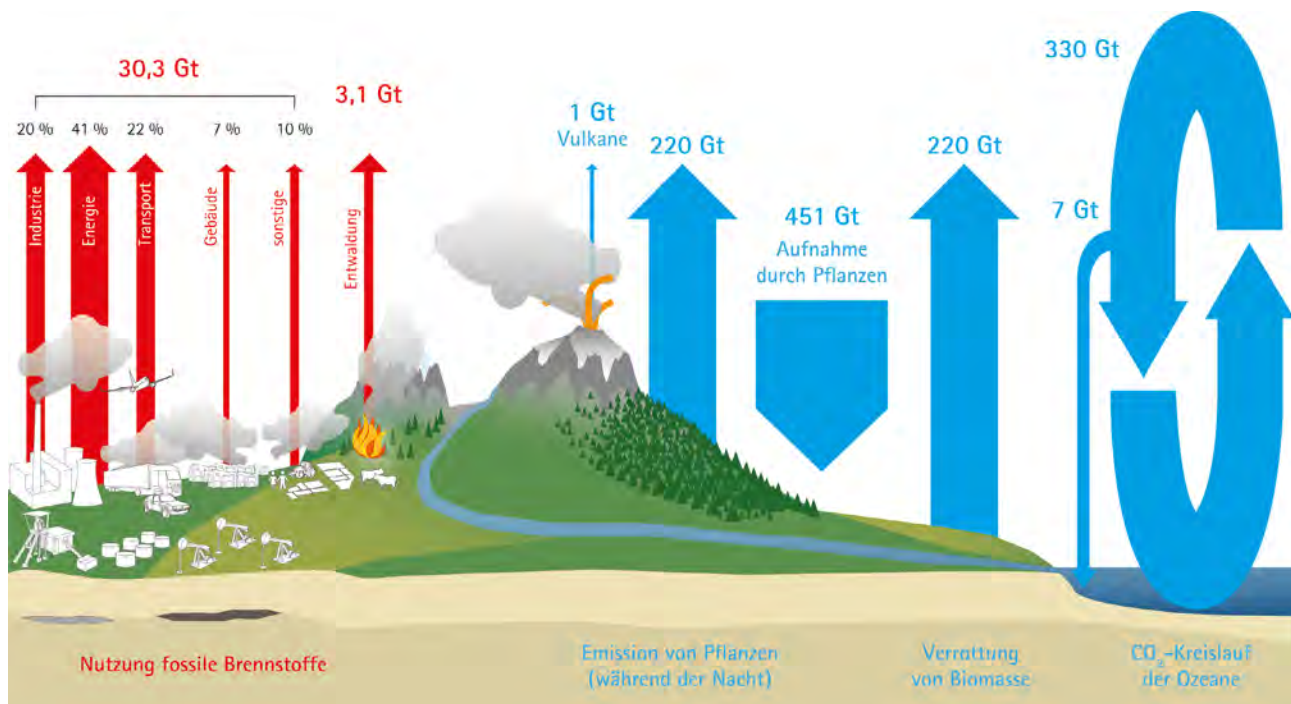


ABBILDUNG 366: CO_2 -Kreislauf des Ökosystems Erde - QUELLE: Terra Mater

Überall auf der Erde, wo es Wasser, Nährstoffe und eine Energiequelle gibt, kann Leben existieren. Mikroben, Bakterien und Archaeen (Urbakterien) kommen fast überall vor, wo diese Bedingungen bestehen. Bleiben die klimatischen Bedingungen konstant, erweitert sich das Leben um Einzeller und wirbellose Tiere, die sich von den Mikroben und ihren eigenen Artgenossen ernähren. Werden die klimatischen Bedingungen milder, steigt die Intensität der Sonneneinstrahlung und steht genügend Platz zur Verfügung, so entwickeln sich immer größere Tiere und die Artenvielfalt steigt. Die größte Vielfalt, fast 90 % der bekannten Arten, findet sich in den Tropen, denn dort herrschen die wirtlichsten Bedingungen.

EXKURS 2: Grenzen der Biosphäre

Der Einfluss der Biosphäre erstreckt sich auf alle Bereiche zwischen Erdkruste und Atmosphäre. Sie steht in ständiger Wechselwirkung mit Atmosphäre und Hydrosphäre und formt diese in demselben Maß, wie sie von ihnen geformt wird.

PRÄSENTATION 24: Die Grenzen der Biosphäre (8 Folien)

Am Anfang jeder Nahrungskette stehen Organismen wie Bakterien, Algen und Pflanzen. Durch ihre Fähigkeit, aus den vorhandenen Stoffen und der in ihnen enthaltenen Energie Nahrung herzustellen, bilden sie die Grundlage des höheren Lebens. In der Geschichte des Lebens waren es Mikroorganismen wie Bakterien, Viren und Archaeen, die für die Grundlage des höheren Lebens und dessen Evolution verantwortlich waren.

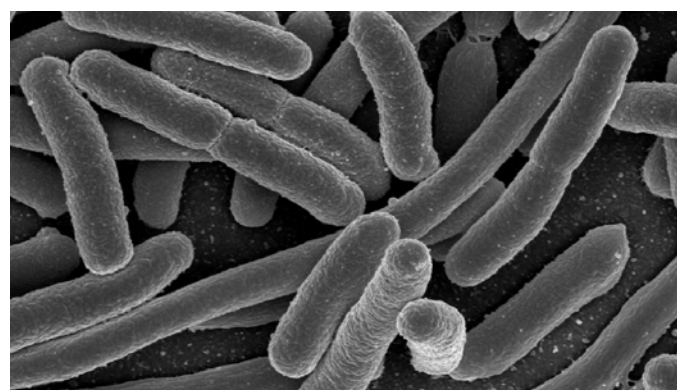


ABBILDUNG 367: Bakterium Escherichia Coli - BILD: NIAID

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Biosphäre: Mensch und Klima

2.4 Photosynthese: Die wichtigste Reaktion für das Leben in unserem Ökosystem

Die ersten 1,5 Milliarden Jahre nach der Entstehung des Lebens auf der Erde gab es nur Bakterien, Viren und Archaeen. Diese sollten das Leben noch mehr als eine weitere Milliarde Jahre dominieren. Nach der Evolutionstheorie entwickelte sich aus den ersten Mikroorganismen, Bakterien und Viren, das höhere Leben, für das diese Organismen die Bedingungen mitkreiert haben. Die ersten Bakterien gewannen Energie aus organischen Stoffen oder einfachen chemischen Verbindungen. Heute steckt hinter dem Leben auf der Erde vor allem die Energie des Sonnenlichts.

! *Nach Schätzungen machen Bakterien und Mikroorganismen mehr als die Hälfte aller Biomasse auf der Erde aus und sind für die Erzeugung von etwa der Hälfte des Luftsauerstoffes verantwortlich. Auch in vielen Lebensvorgängen von Pflanzen, Tieren und Menschen spielen sie eine zentrale Rolle. Die Photosynthese ist die Reaktion, die nicht nur vollständig die Energieversorgung des höheren Lebens auf der Erde sicherstellt, sie hat auch die Erde zu dem blau-grünen Planeten gemacht, den wir heute kennen. Ohne sie wäre das Leben auf einfache Einzeller, die von geochemischer Energie leben, beschränkt geblieben. Auch die fossilen Brennstoffe, deren Nutzung der Beginn der modernen Industriegesellschaft darstellt, wären nicht ohne die Photosynthese entstanden.*

Durch die Photosynthese erfolgt die Umwandlung des Sonnenlichts in nutzbare chemische Energie und zugleich die Umwandlung anorganischen Kohlendioxids in organische Kohlenstoffverbindungen. Aus Wasser und dem Gas Kohlendioxid entstehen

bei diesem Vorgang Energie, Zucker und Sauerstoff. Sie bilden die Ausgangsstoffe für alle weiteren Reaktionen des Lebens. Das benötigte Kohlendioxid ist in der Luft und im Meerwasser enthalten. Wasserstoff muss erst aus Wasser hergestellt werden. Er kann auch aus chemischen Verbindungen wie Schwefelwasserstoff oder Methan gewonnen werden. Organismen in Schwefelquellen oder an schwarzen Rauchern (hydrothermale Quellen am Grund der Tiefsee) machen sich diese chemischen Reaktionen an den Grenzen der Biosphäre zunutze. Viele Bakterien wie die Cyanobakterien, Landpflanzen und die meisten Algen verwenden aber die Energie des Sonnenlichts, um Wassermoleküle zu spalten. Das ist der Kern der primären Reaktion der Photosynthese; er findet bei Landpflanzen in den Chloroplasten statt, die ihre grüne Färbung dem Chlorophyll (Blattgrün) verdanken.

Photosynthese läuft in zwei Reaktionen ab, der Lichtreaktion und der Dunkelreaktion. In der Lichtreaktion (Primärreaktion) wird durch die Energie des Sonnenlichtes Wasser in seine Bestandteile aufgespalten. Dadurch werden Sauerstoff (O_2), Wasserstoff (H) und Elektronen frei. Die Bindeenergie der Wassermoleküle wird als freier Elektronenfluss genutzt. Durch den Elektronenfluss wird Energie chemisch gespeichert, indem Enzyme energetisch aufgewertet werden.

Die gespeicherte Energie und der freie Wasserstoff werden in der Dunkelreaktion (Sekundärreaktion) verwendet, um das CO_2 und den Wasserstoff aneinander zu binden; so entsteht Zucker. Der Sauerstoff der Primärreaktion wird als Abfallprodukt ausgeschieden. Der gewonnene Zucker wird von der Pflanze zum Zellaufbau verwendet und dient in dieser Form als Nahrungsmittel für höheres Leben.



ABBILDUNG 368: Laubblatt – BILD: Jon Sullivan

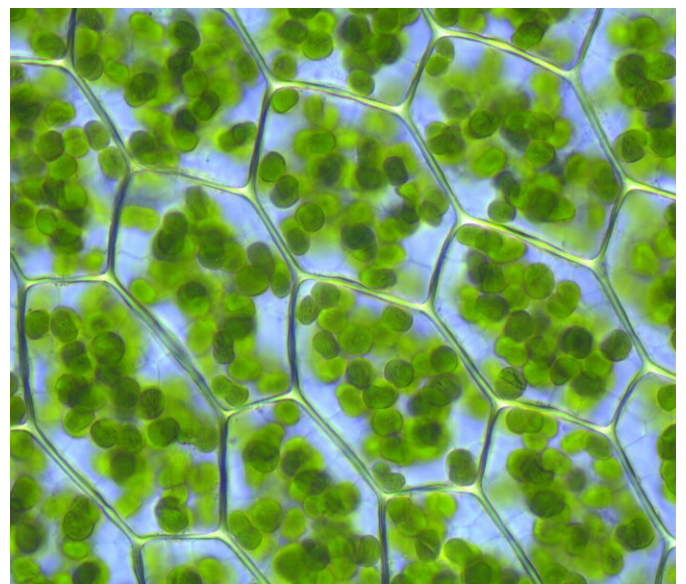


ABBILDUNG 369: Chloroplasten – BILD: Kristian Peters

EXKURS 4: Die Photosynthese: Die wichtigste Reaktion der Welt

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Biosphäre: Mensch und Klima

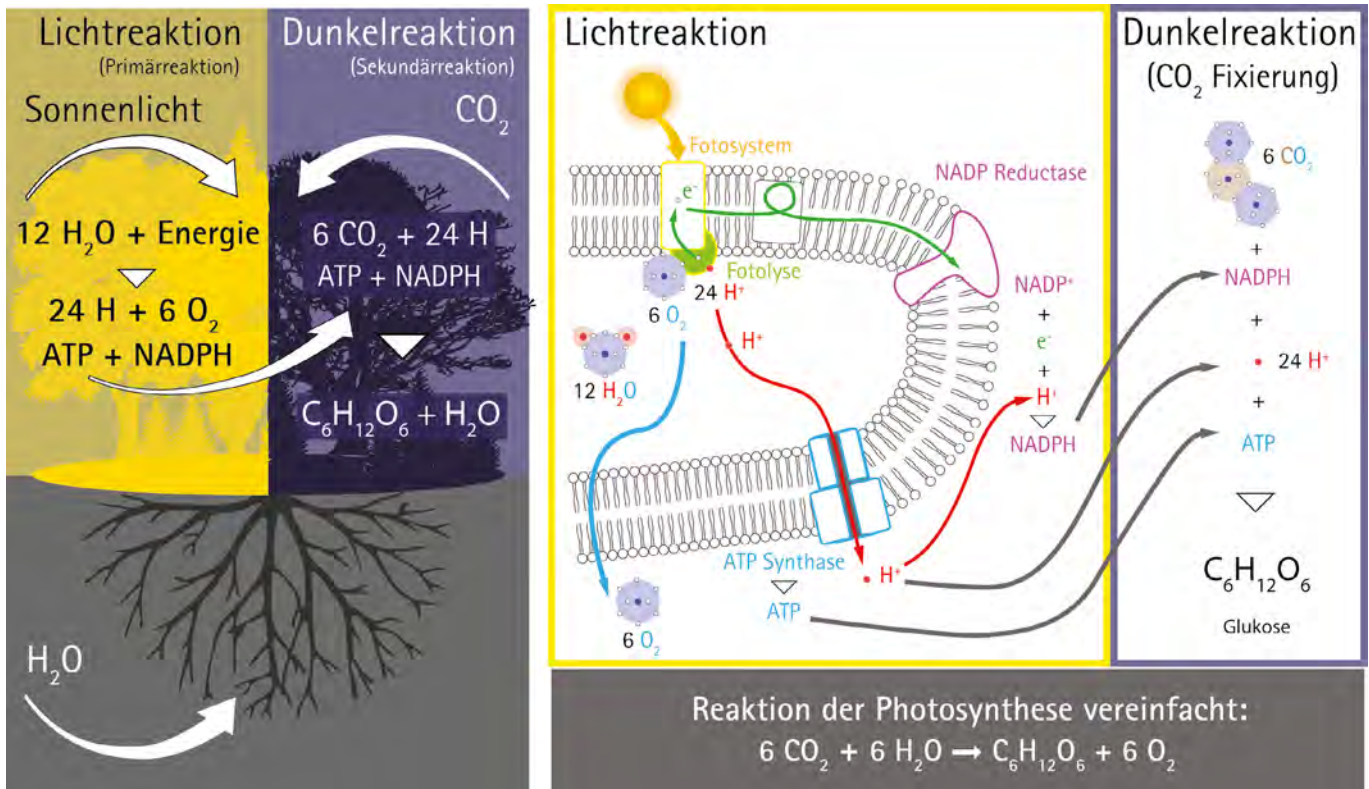


ABBILDUNG 370: Reaktionen der Photosynthese - QUELLE: Ökosystem Erde

PRÄSENTATION 25: Die Photosynthese (26 Folien)
 EXPERIMENT 4: Nachweis der Photosynthese-Reaktion

2.5 Bildung von Kohlenstoffsenken – fossile Energieträger im Kohlenstoffkreislauf

2.5.1 Entstehung von Kohle

Vor etwa 400 Millionen Jahren markierte das Erdzeitalter Devon den Beginn der weltweiten Eroberung des Festlandes durch Pflanzen. Die ersten großen Wälder breiteten sich aus, pflanzenfressende Lebewesen gab es noch nicht. Gegen Ende des Devon traten die ersten amphibischen Lebewesen auf, die sich zeitweise auch an Land aufhielten. Der Gehalt des Luftsauerstoffes stieg durch die Verbreitung der Landpflanzen und ihre Photosyn-

these-Aktivität an. Im Karbon erreichte die Konzentration des Luftsauerstoffes etwa 100 Millionen Jahre später mit 35% ihren Höhepunkt. Der hohe Anteil des Luftsauerstoffes ermöglichte das Wachstum riesenhafter Insekten und Gliedertiere. Es wurden Fossilien von Riesenlibellen mit einer Flügelspannweite von über 70 cm gefunden.



ABBILDUNG 371: Fossil der Riesenlibelle Meganeurade - BILD: Hcrepin



ABBILDUNG 372: Diorama einer Karbonlandschaft - BILD: Sculptorscoop

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Biosphäre: Mensch und Klima

Das warme und feuchte Klima begünstigte den üppigen Pflanzenwuchs, ausgedehnte Sumpflandschaften bedeckten die Erde. Absterbende Pflanzen versanken im Sumpf und gelangten dadurch unter Luftabschluss. Durch das Fehlen von Sauerstoff wurde die natürliche Verrottung unterbunden und es entstand Torf. Infolge tektonischer Prozesse wurden die Sümpfe im Laufe der Zeit von Gesteinssedimenten bedeckt. Unter wachsendem Druck und mit steigender Temperatur begann der Prozess der Inkohlung. Wasser und flüchtige Bestandteile wurden durch die Einwirkung des hohen Drucks aus dem Torf gepresst und es ent-

stand Braunkohle. Aufgrund weiterer Ablagerungen von Gestein erhöhten sich der Druck und die Temperatur. Der Prozess der Inkohlung setzte sich unter Abgabe von Kohlendioxid und Methan immer weiter fort, bis die Kohle zu Steinkohle oder in seltenen Fällen zu Grafit wurde. Der Anteil an Kohlenstoff nimmt mit steigendem Grad der Inkohlung immer weiter zu. Mit zunehmender Tiefe und zunehmendem Alter der Lagerstätte steigt die Qualität der Kohle. Der Entstehung der mächtigen Steinkohlelager verdankt dieses Zeitalter seinen Namen Karbon, der sich aus dem lateinischen Wort carbo für Kohle herleitet.

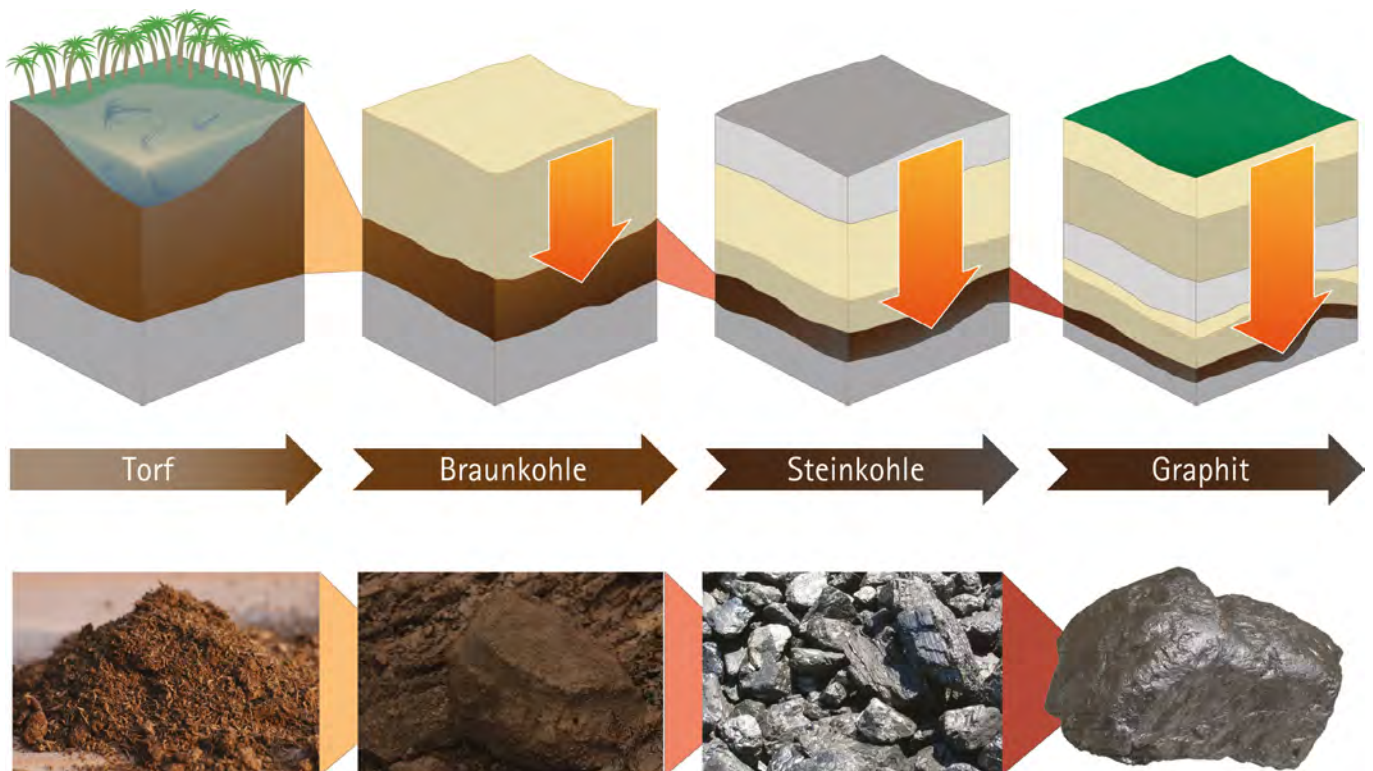


ABBILDUNG 373: Entstehung von Kohle - QUELLE: Murck

.ppt

26



3/62

PRÄSENTATION 26: Inkohlung: Entstehung von Kohle (18 Folien)
Weiter mit: „3.2 Kohle“ K: 3, S: 62

2.5.2 Entstehung von Erdöl und Erdgas

Erdöl und Erdgas sind aus abgestorbenen Meeresorganismen entstanden, die sich vor mehreren Hunderttausend bis mehreren Millionen Jahren auf dem Grund der Meere abgelagert haben. Ab einer Meerestiefe von 200 Metern gelangte nur noch wenig Sauerstoff an die tote Biomasse und es bildete sich Faulschlamm. Dieser Faulschlamm vermischte sich mit Sedimenten wie Sand und Ton: es entstand das Erdölmuttergestein. Im Laufe der Zeit wurde dieses immer wieder von neuen Gesteinsschichten überdeckt. In Tiefen zwischen 2.000 und 4.000 Metern konnten sich als Folge der hohen Temperatur und des hohen Drucks gasförmige und flüssige Kohlenwasserstoffketten aufspalten. In der Industrie ist dieser Prozess der Aufspaltung als „Cracken“ bekannt. Für die Bildung einer Lagerstätte müssen aber zusätzliche geologische Bedingungen erfüllt werden. Zur Loslösung aus

dem Erdölmuttergestein muss eine poröse Gesteinsschicht über diesem liegen. Bei einer undurchlässigen Gesteinsschicht über dem Muttergestein können Erdöl und Erdgas nicht austreten. Die Wanderung aus dem Muttergestein wird Migration genannt.

Eine weitere Bedingung für die Entstehung von Erdöl und Erdgas ist das Vorhandensein einer „Falle“, einer undurchlässigen geologischen Struktur, unter der sich das aufsteigende Erdöl und Erdgas sammeln kann. Oberflächennahe, erdölhaltige Sedimente werden als Ölsande bezeichnet. Mit der Entwicklung der Vegetation steigt und fällt die Menge an gespeichertem CO_2 . Auch andere Lebensformen speichern CO_2 in ihren Skeletten, Knochen und Schalen und sorgen so dafür, dass ein Teil des Kohlenstoffes in Bewegung bleibt.

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Biosphäre: Mensch und Klima

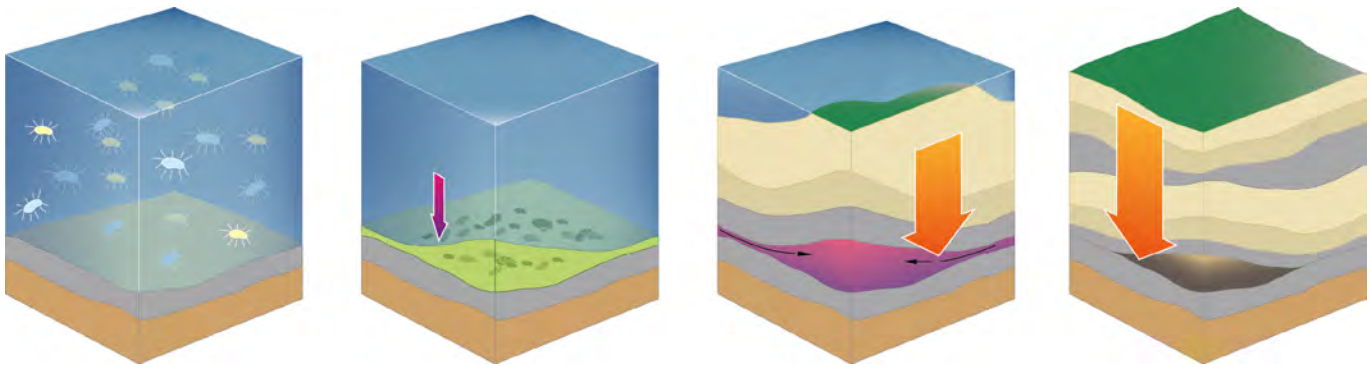


ABBILDUNG 374: Entstehung von Erdöl - QUELLE: Murck

PRÄSENTATION 27: Entstehung von Erdöl und Erdgas (10 Folien)

Weiter mit: „3.1 Erdöl“ K: 3, S: 59 oder Weiter mit: „3.3 Erdgas“ K: 3, S: 64

2.6 CO₂-neutraler Kreislauf versus fossile Einbahnstraße

Holz braucht zum Wachsen Sonnenenergie und CO₂. Die Energie und der Kohlenstoff werden im Holz gespeichert. Bei der Verbrennung wird die Sonnenenergie in Form von Wärme wieder frei. Der gebundene Kohlenstoff wird ebenfalls wieder in die Atmosphäre abgegeben. Wird das Holz nicht verbrannt, sondern verrottet es, wird der Kohlenstoff ebenfalls wieder in CO₂ umgewandelt. Die gespeicherte Energie bleibt aber ungenutzt.

Gelingt es, großflächig Wälder aufzuforsten und diese nachhaltig zu bewirtschaften, können große Mengen an Kohlenstoff in der Pflanzenmasse und im Boden gespeichert werden. Kohlenstoff, der durch die Nutzung fossiler Ressourcen in die Atmosphäre gelangt, kann nicht mehr (oder nur unter sehr hohem technischen

Aufwand) wieder in die Erdkruste verfrachtet werden und bleibt somit für Jahrtausende im oberirdischen Kreislauf.

Mehr als 90% der globalen CO₂-Emissionen des Jahres 2010 stammen aus der Nutzung fossiler Rohstoffe; für etwa 10% sind Landnutzungsänderungen, wie Rodungen von Wäldern oder der Umbau von Grün- in Ackerland, verantwortlich. Weltweit gesehen beträgt der anthropogen bedingte Anstieg des Kohlenstoffvorrates in der Atmosphäre geschätzte 3,2 Milliarden Tonnen CO₂ pro Jahr. Die Wälder der Erde binden jährlich etwa 0,9 Milliarden Tonnen CO₂. Ohne Biomassewachstum wäre die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre um etwa 30% höher als gegenwärtig.

Weiter mit: „2.2 Der Wald: Quelle für nachhaltigen Rohstoff und Energie“ K: 4, S: 90

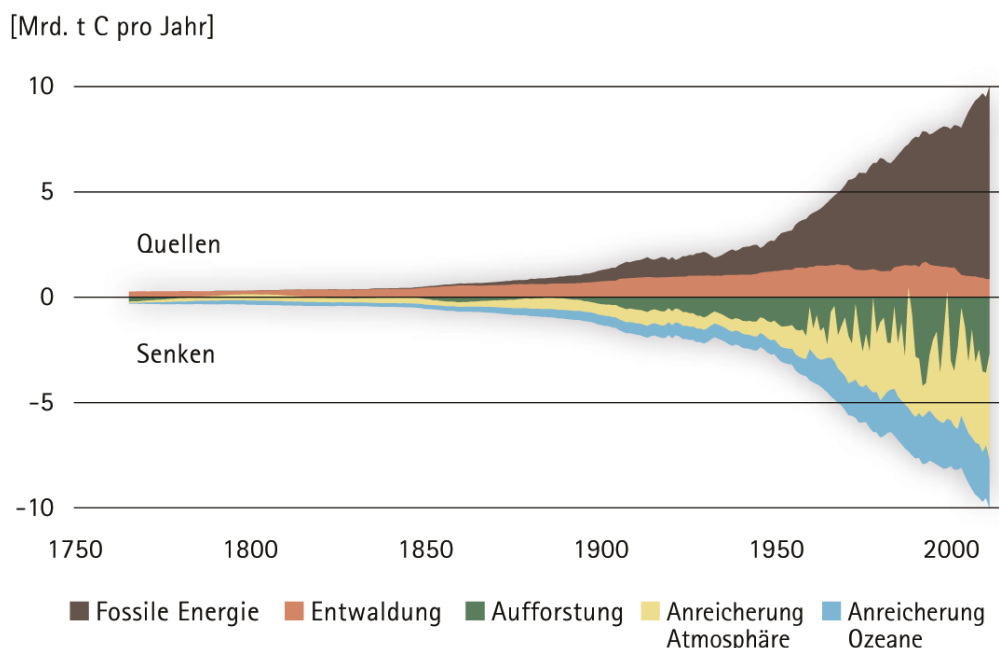


ABBILDUNG 375: Das globale CO₂-Budget 1750 bis 2010 - QUELLE: Global Carbon Project 2011

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Geosphäre auf den Klimawandel

3 EINFLÜSSE DER GEOSPHERE AUF DEN KLIMAWANDEL

3.1 Verwitterung: Der Silikat-Karbonat-Kreislauf

Kalk- und Silikatgestein verwittert unter dem Einfluss des Wasserkreislaufes. Das Wasser löst in einer mehrstufigen chemischen Reaktion Kalk und Silizium aus dem Gestein. Bei diesem Vorgang wird der Atmosphäre CO_2 entzogen. Das aus dieser Reaktion entstehende Hydrogenkarbonat gelangt über Grundwasser und Flüsse in das Meer, wo es bis zu einem gewissen Grad gespeichert werden kann. Kaltes Wasser kann mehr CO_2 speichern, weshalb auch die globale Zirkulation in den Meeren einen Einfluss auf den Kohlenstoffkreislauf hat. Die absinkenden Wassermassen vor der Küste von Grönland nehmen CO_2 aus der Atmosphäre für viele Jahre mit in die Tiefe. Je höher die Wassertemperatur ist, desto mehr CO_2 gelangt direkt aus dem Meer wieder in die Atmosphäre.

Durch die Biosphäre der Ozeane kann CO_2 in Form von Kalkschalen und Skeletten noch länger gespeichert werden. Meeresorganismen verwenden dieses Hydrogenkarbonat zur Bildung von Kalkschalen und Skeletten, die nach dem Absterben der Organismen auf den Meeresgrund sinken, wo sie sich in Form von Gesteinsschichten ablagern. Durch die Prozesse der Plattentektonik gelangen diese Gesteinsschichten nach langer Zeit wieder unter die Erdkruste. Bei großer Hitze wird das CO_2 aus dem Gestein gelöst und durch den Schlot eines Vulkans wieder in die Atmosphäre geblasen, wodurch sich der Kreislauf schließt.

PRÄSENTATION 28: Verwitterung (9 Folien)

EXKURS 3: Verwitterung: Der Silikat-Karbonat-Kreislauf

Weiter mit: „3 Quellen der Treibhausgase: Wo muss angesetzt werden?“ K: 5, S: 170

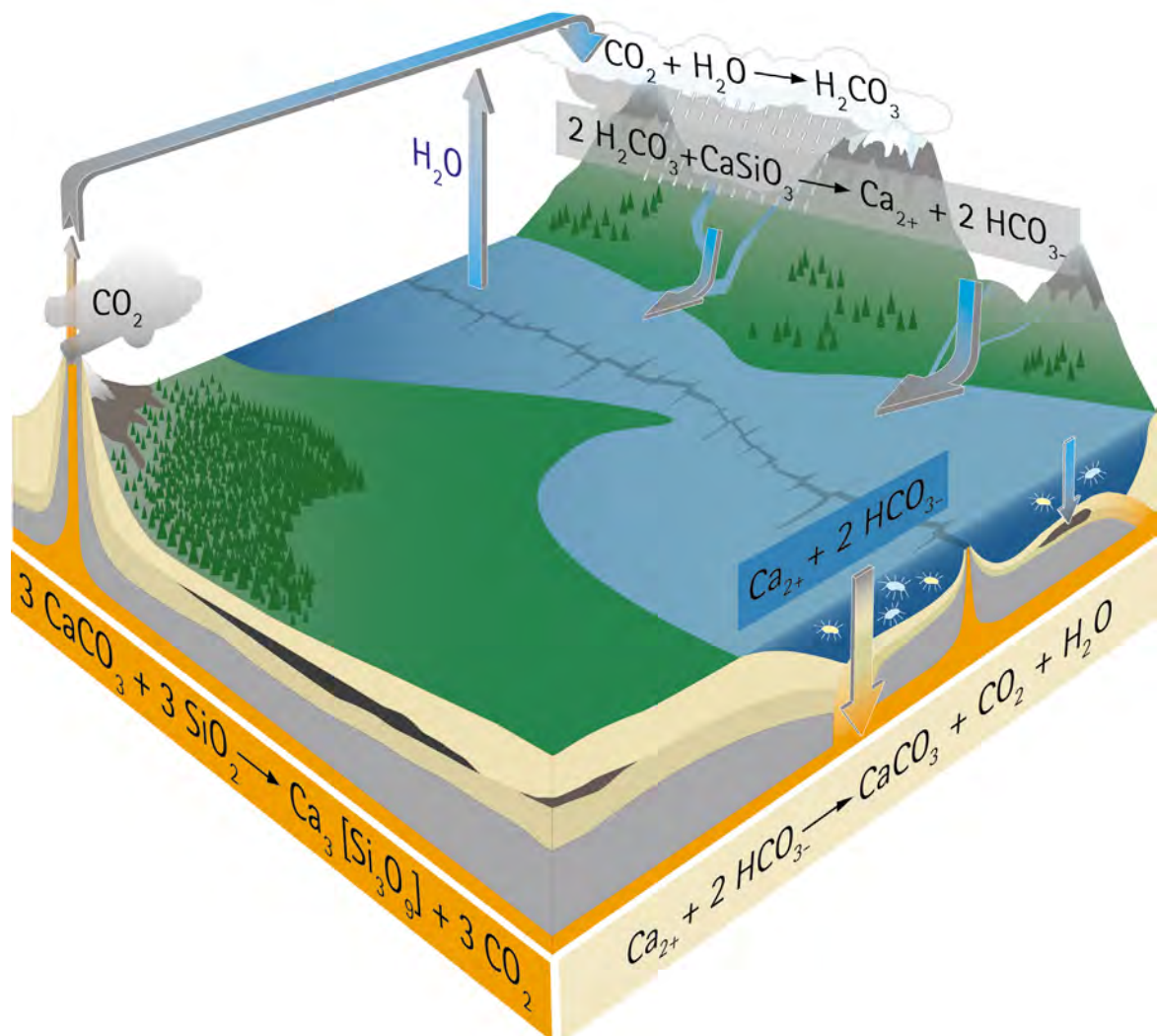


ABBILDUNG 376: CO₂-Kreislauf, Silikat-Karbonat-Kreislauf, Verwitterung - QUELLE: IPCC

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Geosphäre auf den Klimawandel

3.2 Plattentektonik

Der Erdkern besteht aus einer Eisen-Nickelverbindung, die sich nur wegen des hohen Druckes im Kern bei über 5.000 °C noch im festen Zustand befindet. Er wird umgeben von einer flüssigen Schicht, die ebenfalls metallisch ist. Im darüber liegenden Erdmantel werden thermische Zirkulationsströme ausgelöst. Der letzte Abschnitt des Erdmantels wird Asthenosphäre genannt. Diese Schicht verhält sich wie eine zähe Masse. Die Erdkruste und der oberste Teil des Erdmantels bis zu einer Tiefe von 100 Kilometern bilden zusammen die Lithosphäre. Diese gliedert sich in verschieden große Einheiten, die tektonischen Platten.

Vom heißen Erdkern nach außen besteht eine thermische Zirkulation, die ziemlich stabil ist; sie bewegt nur einige Zentimeter pro Jahr. Ähnlich wie bei der atmosphärischen Zirkulation warme Luft zirkuliert, steigt bei der geosphärischen Zirkulation heißes Magma (Gesteinsschmelze) aus den unteren Mantelzonen auf, kühlt sich dabei ab und sinkt an einer anderen Stelle wieder Richtung Erdkern ab. Dort, wo die heißen Strömungen auf die Erdkruste stoßen, treten Dehnungsspannungen auf, die zu Rissen in der Erdkruste führen. Diese Zonen werden Grabenrücken genannt. Durch das aufsteigende Magma wird neue Erdkruste erzeugt, die die ozeanischen Platten auseinanderdrückt. Diese Zonen werden mittelozeanische Rücken oder Riftzonen genannt. Die an Rücken und Riftzonen grenzenden Platten bewegen sich dadurch von diesen Zonen weg. Hier spricht man von divergenten oder auseinanderstrebenden Plattengrenzen.

Weiter mit: „2.5 Die Beschaffenheit der Erde“ K: 7, S: 231

PRÄSENTATION 29: Die Rolle der Geosphäre (40 Folien)



ABBILDUNG 377: Geosphärische Zirkulation - QUELLE: USGS

Das spezifische Gewicht der ozeanischen Platten ist höher als jenes der kontinentalen. Dort, wo sie aufeinandertreffen, schiebt sich deshalb die schwerere ozeanische Platte unter die leichtere kontinentale Platte. An diesen Plattengrenzen wird Erdkruste zerstört; die ozeanischen Platten werden in die Tiefe abgeleitet, wo sie im Erdmantel wieder „recycelt“ werden. Diese Zonen werden konvergente oder zusammenlaufende Plattengrenzen bzw. Subduktionszonen genannt. Es gibt auch Plattengrenzen, an denen Erdkruste weder aufgebaut noch vernichtet wird. An den sogenannten Transformstörungen bewegen sich die tektonischen Platten nicht aufeinander zu oder voneinander weg, sondern gleiten aneinander vorbei. Ein Beispiel ist die San-Andreas-Verwerfung, die Grenze zwischen pazifischer und nordamerikanischer Platte.

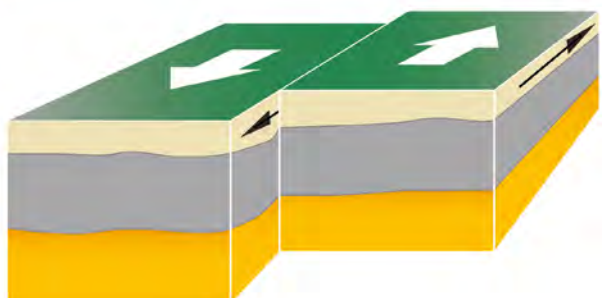
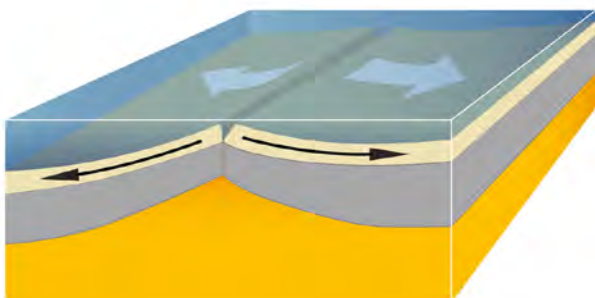
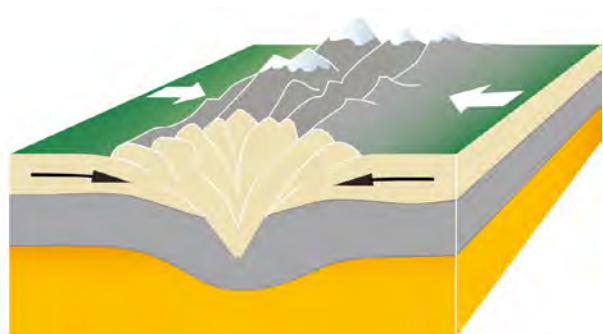
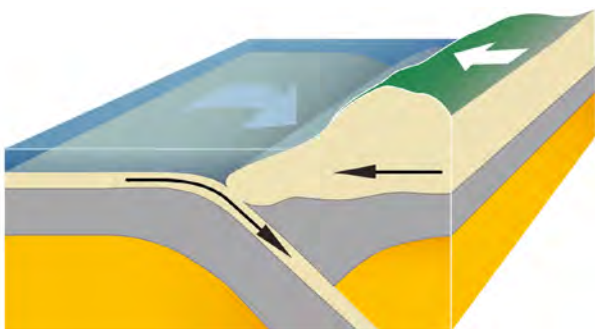


ABBILDUNG 378: Verschiedene Plattengrenzen - QUELLE: USGS

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Geosphäre auf den Klimawandel

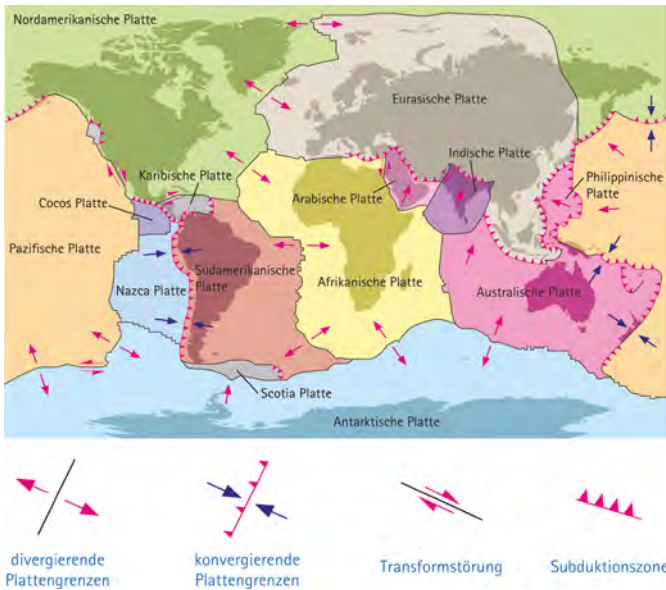


ABBILDUNG 379: Tektonische Platten mit Plattengrenzen und Bewegungen
QUELLE: USGS

3.3 Gebirgsbildung

Die Lithosphärenplatten werden durch plattentektonische Vorgänge pro Jahr einige Zentimeter gegeneinander verschoben. Treffen ozeanische auf kontinentale Platten, so tauchen sie in einem Winkel, der bis zu 90° betragen kann, in den Erdmantel ab. Es entsteht an dieser Stelle eine Tiefseerinne. Die Ozeanböden werden aber nicht vollständig subduziert, Teile des Gesteins werden „abgeschabt“ und zusammen mit dem Gestein an den Grenzen der Kontinentalplatte zu Gebirgen aufgefaltet. Die Anden sind eine Folge des Aufeinandertreffens der Nazca-Platte mit der südamerikanischen Platte. Treffen zwei kontinentale Platten aufeinander, wird das Gestein der Erdkruste aufgestapelt und aufgefaltet. Der Himalaya entstand so durch das Auftreffen der indischen Platte auf die asiatische Platte. Die Alpen haben sich durch die Kollision der eurasischen mit der afrikanischen Platte erhoben.

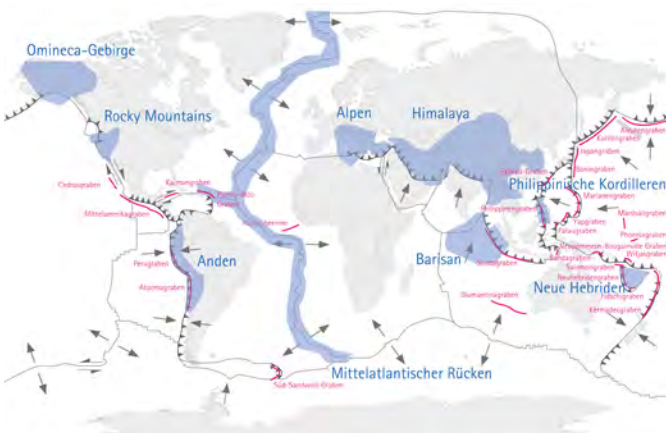


ABBILDUNG 380: Tiefseegräben und aufgeworfene Gebirge - QUELLE: Diercke

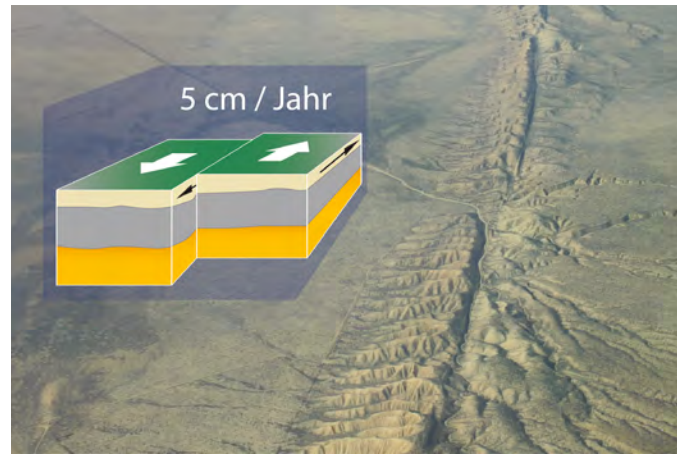


ABBILDUNG 381: San-Andreas-Verwerfung in Kalifornien - BILD: Ikluft



ABBILDUNG 382: Vasquez Rocks - BILD: Geographer

(Weiter mit: 3.3.4 Gebirgsklima K.01/S.22)

Seit dem Eozän vor etwa 55 Millionen Jahren bewegt sich Afrika direkt nach Norden und schiebt sich dabei in das südliche Ende von Europa hinein. Dadurch wurden die Alpen zum höchsten Gebirge Europas aufgefaltet. Der höchste Berg der Alpen ist der Mont Blanc mit etwa 4.800 Metern Seehöhe. Die höchste Erhebung in Österreich ist der Großglockner mit etwa 3.800 Metern. Die Kontinentalplatten bewegen sich heute noch circa 5 cm pro Jahr aufeinander zu; dadurch werden die Alpen noch immer in die Höhe geschoben. Die Erosion – d. h. die Abtragung der Oberfläche durch Wasser und Wind – kompensiert aber diese Erhebung weitgehend. Die Seehöhe eines Standortes hat maßgebliche Auswirkungen auf die dort herrschenden klimatischen Bedingungen. Die Bildung von Gletschern führte zu einer starken Bindung von Wasser aus dem Wasserkreislauf, was eine Senkung der Meeresspiegel bewirkt hat: Somit haben die Gebirge auch auf die Entwicklung des Gesamtklimas einen nicht zu unterschätzenden Einfluss.

PRÄSENTATION 30: Gebirge und Tiefseegräben (23 Folien)

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Geosphäre auf den Klimawandel

3.4 Die Kontinentaldrift

Die Gestalt der Erdoberfläche hat sich im Laufe der Erdgeschichte ständig verändert. Nach der Theorie der Kontinentaldrift befanden sich Teile der heutigen Kontinente in bestimmten Phasen der Erdgeschichte in Polnähe oder am Äquator mit entsprechenden klimatischen Bedingungen. Auch die Verteilung von Land und Wasser veränderte sich dadurch immer wieder. Vor circa

300 bis 250 Millionen Jahren gab es auf der Erde nur eine einzige große Landmasse: den Megakontinent Pangaea. Die dadurch stark vereinfachten Meeres- und Luftströmungen führten zusammen mit der großen Landfläche zu einem sehr warmen und feuchten Klima.

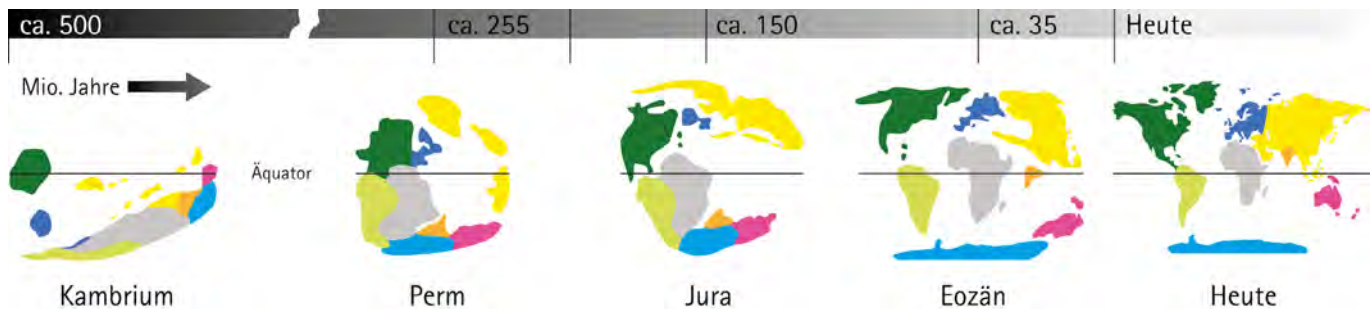


ABBILDUNG 383: Kontinentaldrift - QUELLE: Allianz Umweltstiftung

PRÄSENTATION 31: Die Kontinentaldrift (34 Folien)

3.5 Vulkanismus

In den Zonen der Plattengrenzen herrscht viel Vulkanismus, der sich je nach geologischen Bedingungen grundlegend unterscheidet. Als Vulkanismus werden alle Begleiterscheinungen zusammengefasst, die mit dem Aufstieg und Austritt von Magma, glutflüssigem Gestein aus dem Inneren der Erde, zusammenhängen. Tritt das Magma an die Erdoberfläche, wird es Lava genannt. Weltweit ereignen sich jedes Jahr etwa 70 Vulkanausbrüche an der Erdoberfläche. Auf dem Meeresgrund gibt es hunderte Vulkane, die ständig aktiv sind. Man findet sie vor allem an den Grenzen von tektonischen Platten; dort treten sie in Vulkangürteln rund um den Globus auf. Neben hoher vulkanischer Aktivität sind die tektonischen Grenzen auch durch starke seismische Aktivitäten (Erdbeben) geprägt. Vulkane an den sogenannten Hotspots sind hingegen nicht an Plattenränder gebunden. Sie werden aus Mantel-Plumes gespeist, einem Aufstrom heißen Gesteins-

materials aus dem tieferen Erdmantel. Mantel-Plumes weisen in der Tiefe eine schlanke, schlauchartige Form auf und verbreitern sich bei Erreichen der starren Lithosphäre helmbuschartig bzw. pilzförmig. Bei Orten, an denen sich das aufsteigende Gesteinsmaterial einen Weg an die Oberfläche bahnen kann, führt dies zu einer besonderen Form des Vulkanismus.

Etwa 45 Gebiete werden als „Hotspots“ definiert. Neben dem Yellowstone-Nationalpark sind die hawaiianischen Inseln (alle vulkanischen Ursprungs) der bekannteste Vertreter des Hotspot-Vulkanismus. Aufgrund der Lage der einzelnen hawaiianischen Inseln lässt sich die Bewegung der Lithosphärenplatte rekonstruieren, denn das aufsteigende Material hielt den Prozess der Aufschichtung so lange in Gang, wie die einzelnen Inseln oberhalb der Plumes lagen.



ABBILDUNG 384: Hawaiianische Inseln - BILD: NASA

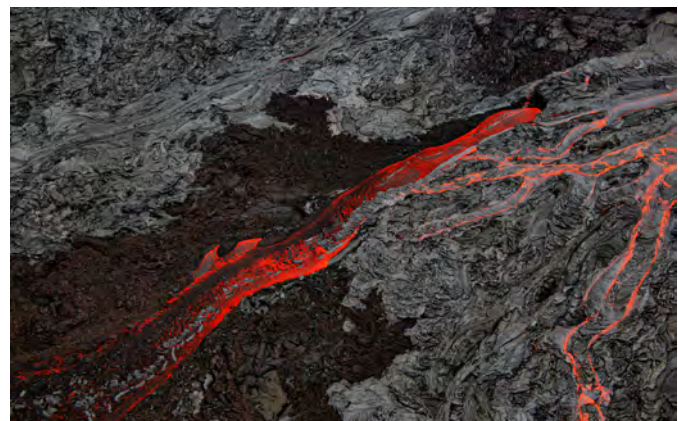


ABBILDUNG 385: Lavastrom auf Hawaii - BILD: Brocken Inaglory

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Geosphäre auf den Klimawandel

! Die tektonischen Platten sind stets in Bewegung: An ihren Grenzen drücken sie aufeinander, ziehen oder reiben aneinander. Verhaken sich Teile der Lithosphäre bei diesen Bewegungen, so treten Spannungen auf, die sich plötzlich ruckartig lösen können. Dann kommt es zu schweren Erdbeben, die verheerende Schäden anrichten.

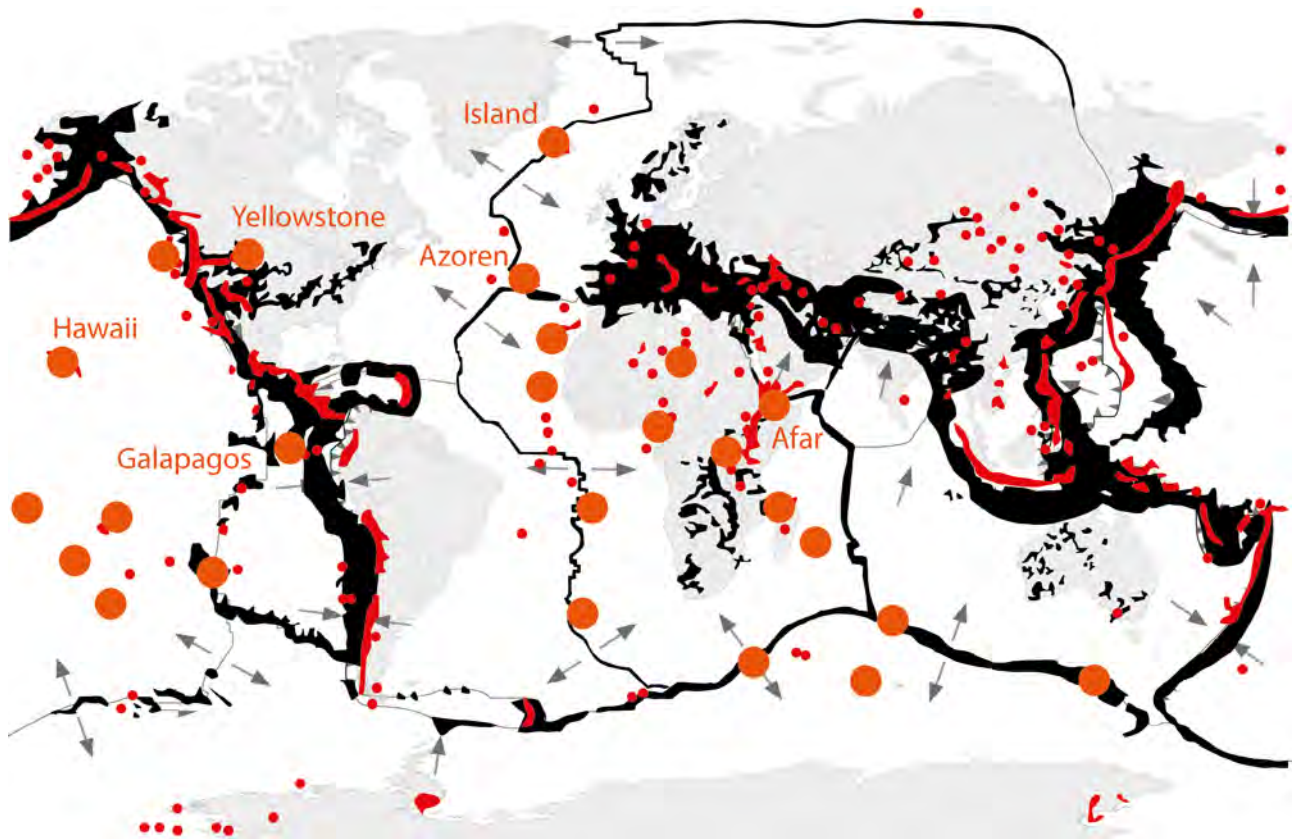


ABBILDUNG 386: Plattengrenzen, vulkanische Aktivität, seismische Aktivität - QUELLE: NASA DTAM, Smithsonian Institute

Dort, wo die ozeanische Kruste in das Erdinnere abgeleitet wird, schmelzen die Gesteine der Kruste zu zähflüssigem Magma, das sich über aufsteigende Tröpfchen in Magmaherden sammelt. Wird der Druck zu groß, steigt das Magma durch Vulkanschloten an die Oberfläche. Je nach geografischer Lage und Beschaffenheit des Vulkans ergeben sich unterschiedliche Formen des Ausbruches. Es gibt explosive Ausbrüche, bei denen schlagartig riesige Gesteinsmassen in die Luft geschleudert werden. Glut und Aschewolken können sich dabei wie Lawinen talwärts

bewegen und alles mitreißen. Solche Vulkane sind typisch für Plattengrenzen, an denen Subduktion (Abtauchen einer Platte) stattfindet. Es gibt aber auch Vulkane, deren Ausbrüche viele Jahre andauern. Heiße Lava sammelt sich dabei in Lavaseen und gelangt in Lavaströmen talwärts, wo sie langsam erstarrt: Dies nennt man effusive Eruptionen.

PRÄSENTATION 32: Vulkanismus (38 Folien)



ABBILDUNG 387: Explosiver Ausbruch des Pinatubo 1991 - BILD: Richard P. Hoblitt



ABBILDUNG 388: Effusiver Ausbruch des Nyiragongo
BILD: Cai Tjeenk Willink



ABBILDUNG 389: Ausbruch submariner Vulkan
BILD: NOAA

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Einflüsse der Geosphäre auf den Klimawandel

Durch Vulkanausbrüche gelangen CO_2 , Methan und Wasserdampf in die Atmosphäre, was zu einer Intensivierung des Treibhauseffektes und der Klimaerwärmung führt. Durch explosive Ausbrüche kommt es zu einer Freisetzung von Asche und Gasen wie Schwefeldioxid. Geraten diese Aerosole in gewisse Höhen, wirken sie kurzfristig abkühlend auf das Klima.

!

Beim Ausbruch des Pinatubo 1991 auf den Philippinen wurden Asche und Gase bis in eine Höhe von 24 Kilometern geschleudert. Durch diesen Vulkanausbruch sank für etwa zwei Jahre die globale Durchschnittstemperatur um $0,5^\circ\text{C}$.

Geographie

3.6 Wechselspiel mit der Hydrosphäre

Änderungen der Meeresströmungen haben oft massive Auswirkungen auf das Klimageschehen, wie etwa die Abschwächung des Nordatlantikstroms nach der letzten Eiszeit. Ein weiteres Beispiel, wie sich die verschiedenen Effekte in der komplexen Klimamaschine Erde gegenseitig bedingen und verstärken, ist die Entstehung des antarktischen Zirkumpolarstromes. Durch die Ablösung von Australien und Südamerika war die Antarktis vermutlich vor etwa 30 Millionen Jahren vollständig vom Südpolarmeer umschlossen. Angetrieben von den vorherrschenden Westwinden, entstand darin der Zirkumpolarstrom, der die Antarktis seitdem im Uhrzeigersinn umströmt und den Austausch mit wärmeren Gebieten unterbindet, was auch das große marine Förderband beeinflusst. Die thermische Isolation der Antarktis führte zunächst zur Vereisung des gesamten Kontinents. Die großen Schnee- und Eisflächen reflektierten in der Folge das einfallende Sonnenlicht fast vollständig. Dadurch sank die von der Erde insgesamt aufgenommene Strahlungsenergie, was eine weltweite Abkühlung zur Folge hatte. Diese wiederum zog in Kombination mit dem wachsenden Eispanzer eine Temperaturabnahme im Südpolarmeer nach sich. Da kaltes Wasser aber mehr CO_2 aufnehmen kann als warmes, reduzierte sich der CO_2 -Gehalt der Atmosphäre, wodurch die Abkühlung ebenfalls unterstützt wurde.



ABBILDUNG 390: Großes marines Förderband mit Fokus auf dem Zirkumpolarstrom – BILD: Avsa

VIDEO 4: Globale Meeresströmungen (8 min)



4

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel

4 DER MENSCHGEMACHTE KLIMAWANDEL

Um herauszufinden, welchen Einfluss der Mensch auf die Zusammensetzung der Atmosphäre hat, wird in der Messstation Mauna Loa auf dem gleichnamigen Vulkan auf Hawaii seit 1958 der Gehalt des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid in der Luft gemessen. Die Lage der Messstation ist besonders geeignet, da die Luft in der Umgebung kaum durch lokale Einflüsse der Vegetation oder Menschen beeinträchtigt wird. Die Messungen dokumentieren den steigenden CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre aufgrund der Verbrennung fossiler Kohlenwasserstoffe. Die Messreihe, die nach dem maßgeblich beteiligten Forscher Charles David Keeling benannte Keeling-Kurve, ist die längste kontinuierliche Aufzeichnung der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre. Die typischen

VIDEO 6: Klimawandel bis heute (engl. 4 min)

PRÄSENTATION 33: Die globale Mitteltemperatur (11 Folien)

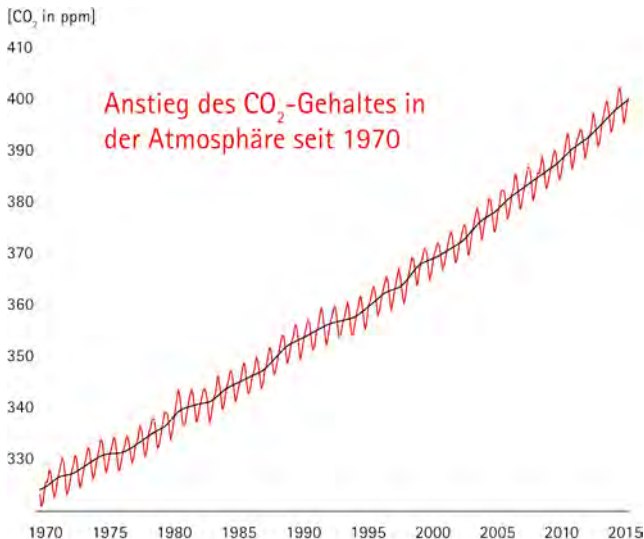


ABBILDUNG 393: Die Keeling-Kurve zeigt auf Basis der Messungen am Mauna Loa den Anstieg des atmosphärischen CO_2 -Gehaltes - QUELLE: MLO

jahreszeitlichen Schwankungen der Kurve sind auf die großen Waldgürtel der Nordhalbkugel zurückzuführen, die in der Vegetationsperiode viel CO_2 aus der Luft binden. Parallel zum Anstieg der Konzentration treibhauswirksamer Gase ist eine deutliche Erhöhung der globalen Jahresmitteltemperatur zu verzeichnen. Laut Goddard Institute for Space Studies (GISS), einem Institut der NASA, fallen neun der zehn wärmsten Jahre seit Beginn der flächendeckenden Temperaturaufzeichnungen ins 21. Jahrhundert. Seit 1880 ist die globale Jahresmitteltemperatur um $0,85^\circ\text{C}$ angestiegen. In Österreich hat sich die Jahresmitteltemperatur laut Österreichischen Sachstandsbericht zum Klimawandel 2014 (APCC) bereits um fast 2°C erhöht; die Hälfte dieser Erwärmung ist seit 1980 eingetreten. Die Veränderungen gehen gemäß APCC überwiegend auf menschliche Aktivitäten, welche die Strahlungsbilanz der Erde beeinflussen, zurück.

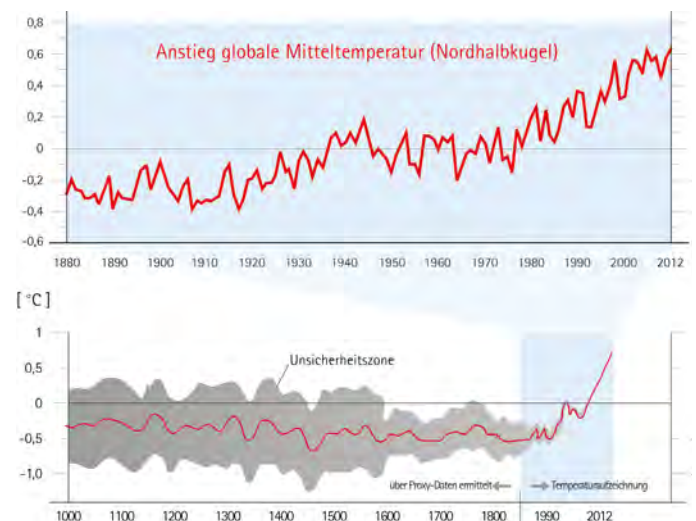


ABBILDUNG 391: Temperaturanstieg relativ zur Mitteltemperatur 1880 bis 1999 (Nullwert) - QUELLE: GISS NASA

4.1 Die Auswirkungen des Klimawandels

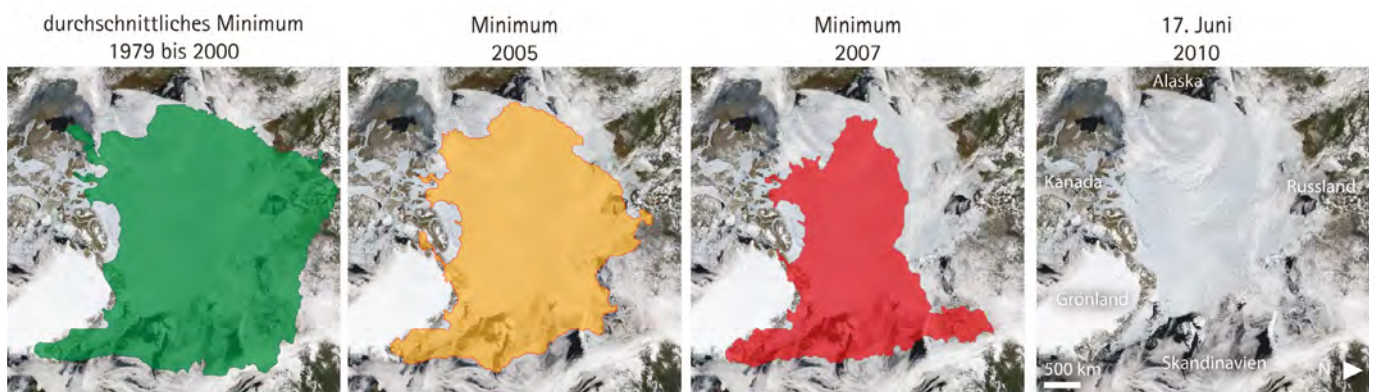


ABBILDUNG 392: Rückgang des arktischen Eises - QUELLE und BILD: NASA

PRÄSENTATION 34: Globale Eisrückgänge (21 Folien)

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel



ABBILDUNG 394: Rückzug der Pasterze, im Sommer 1968 - BILD: Nikater



ABBILDUNG 395: Rückzug der Pasterze, im Sommer 2005 - BILD: Otberg

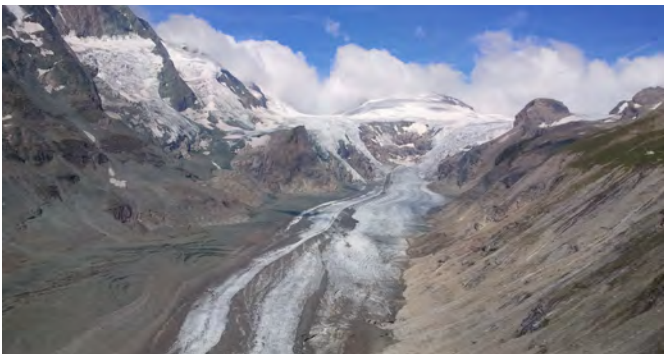


ABBILDUNG 396: Rückzug der Pasterze, im Sommer 2012 - BILD: Manuel Wutte

Seit 1961 zeichnet sich eine deutliche Temperaturzunahme der Ozeane bis in eine Tiefe von 3.000 Metern ab. Es wird vermutet, dass die Ozeane 80% der zusätzlichen Wärmemenge absorbiert haben. In der arktischen Region ist der Temperaturanstieg besonders stark. Seit 1980 verzeichnet die Arktis einen Rückgang der Eisschilde von fast 10%, in den Sommermonaten liegt der Rückgang sogar bei über 20%. Der Meeresspiegel hat sich im 20. Jahrhundert um 17 cm erhöht, Tendenz steigend. Etwa die Hälfte des Anstieges ist auf die thermische Ausdehnung des Meerwassers zurückzuführen, ein Viertel geht auf abschmelzende Gebirgsgletscher zurück, etwa 15% entfallen auf das Schmelzen der Eisschilde und Polkappen. Die restlichen 10% wurden durch den Rückgang der Permafrostböden verursacht. In den vergangenen 150 Jahren hat sich das Eis der Alpen halbiert. Durch die globale Erwärmung sind seit 1850 bereits 100 Gletscher verschwunden. Die Pasterze ist mit etwa neun Kilometern



ABBILDUNG 397: Überflutungen in New Orleans 2005 - BILD: US NAVY

Länge der größte Gletscher Österreichs. Seit 1860 hat sie sich um etwa 50% verkleinert. Der Rückgang von Permafrostböden z. B. in Grönland oder Alaska führt zum vermehrten Abfluss von Wasser: Dadurch sinkt der Grundwasserspiegel, weshalb sowohl arktische als auch sibirische Seen langsam verschwinden. Als Folge werden die hochsensiblen Ökosysteme der subpolaren Seen zerstört. Durch das Abtauen der Permafrostböden werden auch große Mengen von im Boden gebundenem CO_2 und Methan freigesetzt, was den Treibhauseffekt verstärkt.

Durch die Temperaturzunahme kommt es zu einer stärkeren Verdunstung von Wasser und so zu einer Intensivierung des Wasserkreislaufes und der atmosphärischen Zirkulation. Das führt zur Häufung von Wetterextremen wie tropischen Wirbelstürmen, Starkregen mit Überflutungen und Murenabgängen oder langen Trockenzeiten. Das Jahr 2005 wurde in der Karibik zu einem Rekordjahr für Wirbelstürme, darunter fiel auch der Hurrikan Katrina, der zu den verheerendsten Naturkatastrophen in der Geschichte der USA gezählt wird.

Bei einer Fortsetzung der bisherigen Politik und des „Business as usual“ wird die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre weiter steigen und somit die Klimaerwärmung weiter fortschreiten. Aufgrund der Trägheit des Klimasystems würde die Erhöhung der globalen Jahresmitteltemperatur auch bei einer konstant bleibenden oder sogar sinkenden CO_2 -Konzentration weiter voranschreiten. Bis sich die Temperatur wieder stabilisiert hätte, würden Jahrhunderte vergehen. Beim Rückgang der Eisschilde und dem damit verbundenen Anstieg des Meeresspiegels zeigt sich diese Trägheit noch intensiver, da sich durch Rückkopplungen die Albedo von Eisflächen weiter verringert. Es wird erwartet, dass sich der Effekt des Abschmelzens sogar erst nach einigen Jahrtausenden wieder stabilisieren könnte. Deshalb geht man davon aus, dass sich die Folgen der Klimaerwärmung weit aus drastischer abzeichnen werden als bisher geschehen.

Die Menge der zukünftigen CO_2 -Emissionen und die Temperaturzunahme hängen von verschiedenen Faktoren ab: von der Entwicklung der Weltbevölkerung, des Lebensstandards und der Weltwirtschaft, von den Auswirkungen auf den Energiebedarf der Menschheit und davon, wie der Energiebedarf gedeckt werden wird. Ein weiterer Faktor ist der technologische Fortschritt und dessen Einfluss auf die anderen genannten Faktoren.

Weiter mit: „2.5.3 Die Erdoberfläche und ihre Auswirkungen“ K: 7, S: 233

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel

4.2 Mathematische Klimamodelle als Grundlage der Projektion

Um den Klimawandel zu erforschen, wurde von den Vereinten Nationen der UN-Weltklimarat Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ins Leben gerufen. Er hat sich zur Aufgabe gemacht, alle wissenschaftlichen Arbeiten zum Thema Klimawandel zu sammeln und zu bewerten. In regelmäßigen Abständen werden die Ergebnisse im UN-Klimareport veröffentlicht, der die maßgebliche Grundlage der UN-Klimakonventionen bildet. Der 5. und bislang letzte Weltklimabericht des IPCC stammt aus den Jahren 2013/14.

Weiter mit: „2.1 Die Vereinten Nationen: Agenten des Klimaschutzes“ K: 5, S: 159

Kern der Arbeit des IPCC ist es, Forschungsergebnisse zum Klimawandel zu sammeln, um den Einfluss der menschlichen Einwirkungen darauf abzuschätzen zu können. Von Klimaforschern werden Klimamodelle entwickelt, aufgrund derer eine Projektion erstellt werden kann. Diese Rechenmodelle versuchen, alle relevanten Wechselwirkungen und Rückkoppelungen möglichst genau abzubilden. Dafür werden mathematische Modelle aller relevanten Sphären miteinander verbunden. Die Modelle und deren Richtigkeit werden getestet, indem Daten aus der Vergangenheit eingegeben werden, deren Ergebnisse dann mit den Auswirkungen des Klimawandels übereinstimmen müssen. Die Genauigkeit der Modelle steigt mit der Detailliertheit der Eingabe und ist damit abhängig von der Rechenleistung der beauftragten Computersysteme. Um unterschiedliche Entwicklungsmöglichkeiten zu beschreiben, wurden vom IPCC verschiedene Szenarien entwickelt. Sie werden nach dem 2. UN-Klimareport „Special Report of Emissions Scenarios“ oder SRES-Szenarien genannt. Anhand dieser Szenarien wurden die zu erwartenden Treibhausgasemissionen berechnet, die wiederum als Grundlage für die Klima- und Projektionsmodelle herangezogen wurden. Bis 2030 bleiben die Projektionen der unterschiedlichen Szenarien annähernd gleich, erst danach zeichnen sich in den Prognosen die Wirkungen der unterschiedlich verlaufenden Entwicklungen auf die Zusammensetzung der Atmosphäre ab.

TEXT 23: Die Zeit: „Die Klimakrieger“ (3 Seiten)



ABBILDUNG 398: Street-Art in London - BILD: Paul Nine-O

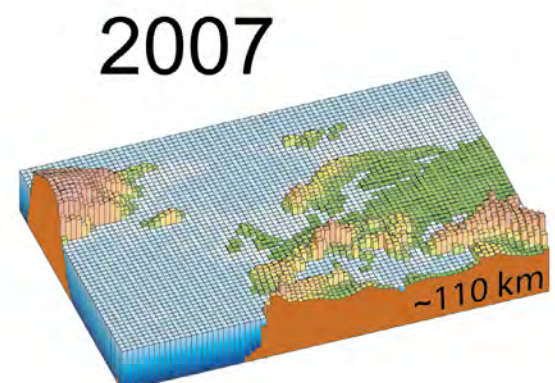
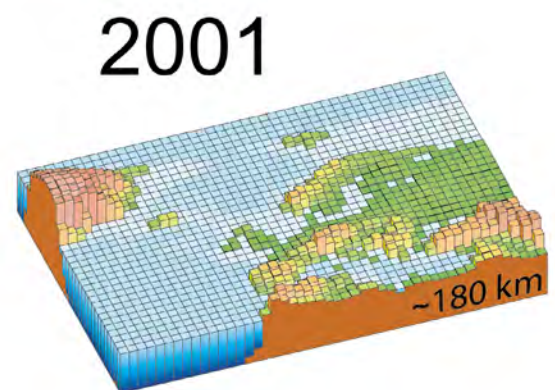
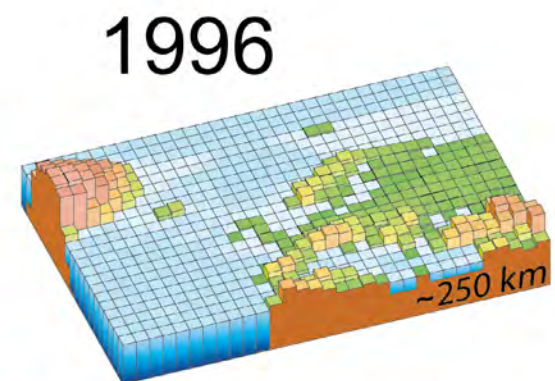
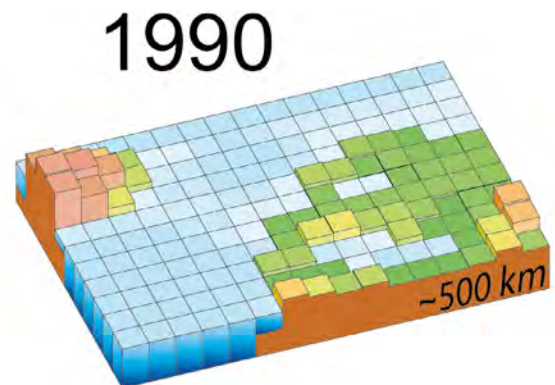


ABBILDUNG 399: Die Raster von Klimamodellen werden immer enger - BILD: IPCC

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel

Die SRES-Szenarien

A1-Szenarien beschreiben eine Welt mit schnellem Wirtschaftswachstum und einer Weltbevölkerung, die 2050 ihr Maximum erreicht haben wird. Die schnelle Einführung neuer und effizienter Technologien und der Ausgleich der regionalen Unterschiede zwischen Arm und Reich spielen ebenfalls eine Rolle. Die A1-Gruppe wird durch unterschiedliche Energieschwerpunkte differenziert:

A1FI legt den Schwerpunkt auf fossile Energieträger.

A1T legt den Schwerpunkt auf die Nutzung erneuerbarer Energieträger.

A1B beschreibt einen Mix aus A1T und A1FI.

A2 betrachtet die Welt sehr heterogen und betont regionale Unterschiede. Die Weltbevölkerung nimmt dabei kontinuierlich zu, der technische Wandel erfolgt nur langsam.

B1 berechnet die Weltbevölkerung wie bei A1. Der technische Wandel ist noch viel mehr auf saubere und effizientere Technologien ausgelegt, mit nachhaltigen Lösungen im ökonomischen, sozialen und ökologischen Bereich.

Bei B2 wird die Weltbevölkerung wie bei A2 berechnet, auf lokaler Ebene werden Lösungen für ökonomische, soziale und ökologische Probleme gefunden.

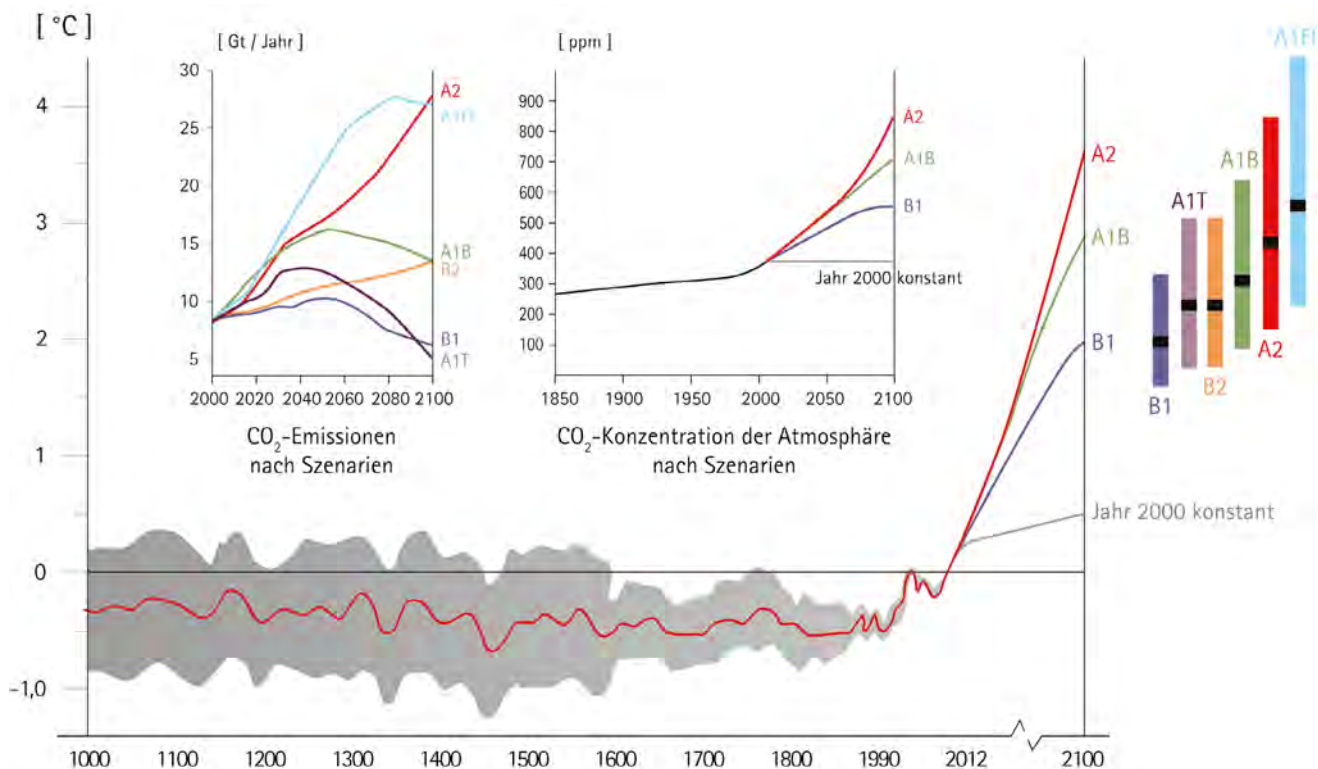


ABBILDUNG 400: Anstieg der Treibhausgaskonzentration und Durchschnittstemperatur relativ zur Mitteltemperatur 1880 bis 1999 (Nullwert)

QUELLE: IPCC, Allianz Umweltstiftung

4.3 Folgen der Klimaerwärmung bis 2100

Künftig ist weltweit ein weiterer Temperaturanstieg zu erwarten. Bis 2100 soll die Temperaturerhöhung bezogen auf den Mittelwert zwischen 1880 und 1999 im globalen Mittel je nach Szenario 1,8 bis 4°C betragen. Die Wissenschaftler sehen in ihren Szenarien keine Möglichkeit, die Erderwärmung auf 1,8°C zu begrenzen. Um die 1,8-°C-Grenze dennoch einzuhalten, wären fundamentale Änderungen unseres Lebensstils und unserer Energieversorgung notwendig. Führende Klimawissenschaftler des IPCC rechnen mit schwerwiegenden Auswirkungen auf das

Ökosystem Erde durch den Klimawandel. Aufgrund der Temperaturzunahme wird mit einer Intensivierung des Wasserkreislaufes gerechnet. Auswirken könnte sich diese Intensivierung durch vermehrte Niederschläge in höheren Breiten und eine Abnahme der Niederschläge in den Tropen und Subtropen. Auch die Dauer und Intensität der Niederschläge könnte stärkeren Schwankungen unterliegen. Daraus könnte folgen, dass Hitzewellen mit Trockenperioden sich mit Starkregen und Überschwemmungen abwechseln. Die weltweite Wasserverteilung würde sich bei 4°C

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel

Erderwärmung drastisch verschieben. Ohnehin trockene Regionen würden noch trockener; besonders dürrgefährdet sind das südliche Afrika, der Südwesten der USA und die Mittelmeer-Region. Infolge Trockenheit und starker Niederschläge würden sich in einigen Gebieten Ernteauffälle einstellen, in anderen Gegenden könnte es zu Rekorderten kommen. Die Ackerbaugrenze würde sich weiter in die Richtung der Pole ausbreiten. Bei einer starken Erderwärmung überwiegen die negativen Folgen des Klimawandels für die Landwirtschaft etwaige positive Folgen bei Weitem. Der Anteil der weltweiten Ackerflächen, die hierdurch stark von Dürren bedroht wären, würde von heute 15% auf etwa 44% im Jahr 2100 steigen – Hungersnöte drohen drastisch zuzunehmen.

Österreichs Volkswirtschaft wird bis 2050 aufgrund des Klimawandels jährlich Schäden in Höhe von bis zu 8,8 Milliarden Euro zu verkraften haben, besagt eine 2015 präsentierte Studie im Auftrag des Umweltministeriums. Dabei wurden die Szenarien unter der Annahme berechnet, dass die globale Erwärmung bis 2050 die 2°C-Grenze nicht überschreitet.

Die Erwärmung der Ozeane führt zu einer Vergrößerung des Gebietes, in dem Wirbelstürme entstehen können. Stürme können außerdem in ihrer Intensität und Stärke zunehmen. Im Oktober 2012 überschwemmte Hurrikan Sandy New York und verursachte Schäden von 50 Mrd. US-\$. Die Wucht, mit der Sandy zuschlug, wird auf die ungewöhnlich warme Temperatur des Atlantiks zurückgeführt. Haiyan, der stärkste Taifun, der je auf Land traf, hat im November 2013 auf den Philippinen mindestens 5.700 Menschenleben gefordert. Vier Millionen Menschen ver-

loren ihre Bleibe. Auch Haiyan hatte durch warme Meerestemperaturen ideale Bedingungen, um sich zu einem „Super-Taifun“ zu entwickeln.

Mit einem weiteren Rückgang der polaren Eiskappen und Gletscher muss gerechnet werden. Nach den SRES ist im ungünstigsten Fall – im Szenario A1FI – ein Anstieg des Meeresspiegels um 26 cm bis 59 cm zu erwarten. Im 5. Weltklimabericht 2013 hat der IPCC seine Warnungen verschärft und geht im schlimmsten Fall sogar von einer Erhöhung des Meeresspiegels um 82 cm bis zum Jahr 2100 aus. Selbst bei einer Stabilisierung der Treibhausgase in der Atmosphäre wird aufgrund der Trägheit des Klimasystems und der Rückkoppelung durch den Albedo-Effekt ein weiteres Abschmelzen des globalen Eises erwartet. Dieser Prozess ist ab einem gewissen Schwellenwert nicht mehr aufzuhalten und unumkehrbar. Alleine das Abschmelzen des Grönland-eises würde einen Anstieg der Meeresspiegel um sieben Meter bewirken; sollten alle Gletscher der Erde schmelzen, würde sich der Meeresspiegel um ganze 70 Meter erhöhen. Für viele küstennahe Regionen der Erde hätte dies katastrophale Folgen.

Der Klimawandel hat auch Auswirkungen auf die großräumigen Umwälzströmungen im Atlantik, zu denen der Golfstrom gehört, der Nordeuropa mit Wärme versorgt. In den vergangenen Jahren ist der Golfstrom aufgrund der höheren Wassertemperatur bereits um ein Drittel schwächer geworden. Der Klimawandel erhöht indirekt das Risiko gewaltsamer Konflikte, weil er deren Auslöser (z. B. Armut, Ressourcenknappheit, ungleiche Verteilung) verstärkt, stellt der IPCC fest. In einer um 4°C wärmeren Welt würde es zudem mehr Klimaflüchtlinge geben – vor allem aber hätten zahlreiche Menschen nicht mehr (wie beispielsweise noch bei zwei Grad Erwärmung) die Wahl zwischen Anpassung an das veränderte Klima oder einer Flucht aus den nicht mehr bewohnbaren Gebieten.

Bei einer Erwärmung um vier 4°C ist das Risiko hoch, etliche weltweit einmalige Ökosysteme zu verlieren. Damit würden auch die Dienstleistungen verschwinden, die solche Ökosyste-

! Die holländische Hafenstadt Rotterdam liegt im Mittel 2 Meter unter dem Meeresspiegel; sie ist durch Deiche geschützt. Der tiefste Punkt der Stadt liegt dabei fast 7 Meter unter Meeresniveau. Sie wird beständig durch Pumpen entwässert, da der natürliche Grundwasserspiegel sonst oberhalb des Straßenniveaus liegen würde.



ABBILDUNG 401: Rotterdam: mittlere Seehöhe 2 m – BILD: Massimo Catarinella



ABBILDUNG 402: Shanghai: mittlere Seehöhe 4 m – BILD: Patrick Fischer

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel



ABBILDUNG 403: Vom Klimawandel betroffen: der Blauwal – BILD: Ansgar Walk



ABBILDUNG 404: Der Lebensraum des Eisbären ist bedroht. – BILD: Pacific Environment

me erbringen, z. B. die Bereitstellung von Nahrungsmitteln, von sauberem Wasser und sauberer Luft, aber auch die Nutzbarkeit für den Tourismus. Klimaexperten nehmen an, dass durch den Klimawandel bis zu einem Viertel aller Arten aussterben könnten. Entscheidend dafür ist, in welcher Geschwindigkeit der Klimawandel ablaufen wird, denn die Tiere können sich womöglich nicht rasch genug an die veränderten Bedingungen anpassen. Schäden an einzelnen Gliedern der Nahrungskette können fatale Folgen für das ganze Ökosystem haben. Durch den Klimawandel

kommt es zu einer Versauerung der oberflächennahen Wasserschichten der Ozeane, in denen ein Großteil des Planktons lebt. Eine Schädigung dieses Gliedes in der Nahrungskette hätte weitreichende Auswirkungen auf das gesamte Leben im Meer.

Höhere Temperaturen begünstigen die Ausbreitung von Krankheitserregern. Damit wird auch in Europa die Ausbreitung von Krankheiten, wie zum Beispiel Malaria, erwartet, die bislang nur in südlichen Ländern oder tropischen Regionen vorkamen.

PRÄSENTATION 36: Blaualgen und Plankton (6 Folien)

4.4 Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte

Genaue und zuverlässige Datenaufzeichnungen zur Klimaveränderung gibt es nur aus den letzten 150 Jahren. Die Zuverlässigkeit sinkt allerdings mit dem Alter der Messergebnisse. Heute sammeln moderne Messgeräte Daten in weltweiten Netzwerken; diese werden durch Computersysteme ausgewertet. Zur Rekonstruktion von Klimaverhältnissen aus der Zeit vor den Aufzeichnungen der Menschen werden natürliche Klimaarchive analysiert und ausgewertet. Klimaarchive können unter anderem Sedimentgesteine oder Fossilienfunde sein. Sie können durch Kernbohrungen an die Oberfläche befördert werden; auch Eisbohrkerne liefern wertvolle Informationen. Die Klimawissenschaften sind ein interdisziplinäres Feld.

Vor mehr als 4 Milliarden Jahren, in der frühen Geschichte der Erde, haben Prozesse der Geosphäre den Aufbau des Planeten

geformt. Im Laufe der Zeit verdichteten sich die schweren Elemente im Kern. Um diesen herum sammelten sich die mittelschweren Elemente und bildeten Erdmantel und Erdkruste.

Die leichten und flüchtigen Elemente formierten sich auf der Erdoberfläche, geschützt vom Magnetfeld, einem Phänomen der Geosphäre. Zunächst gab es weder freies Wasser noch Sauerstoff in der Atmosphäre. Erst als der Planet nach und nach abkühlte, konnte das Wasser kondensieren und schied sich aus der Atmosphäre ab. Es fiel als Regen auf die Erde und sammelte sich in Becken. Die frühe Atmosphäre bestand vor allem aus CO_2 , Methan und Ammoniak. Durch diese Bedingungen herrschte vermutlich ein Supertreibhausklima mit Temperaturen über 50°C . Vor etwa 3,8 Milliarden Jahren begann sich erstes Leben auf der Erde zu entwickeln.



Die ältesten fossilen Funde, die von Leben zeugen, sind Fossile von Blaualgenbakterien, die 2,7 Milliarden Jahre alten Cyanobakterien. Außerdem wurden Ausscheidungen primitiver Einzeller gefunden, die denen von Blaualgenbakterien ähnlich sind. Diese liegen in Form von mehrschichtigem Sedimentgestein vor und werden Stromatolithen genannt. In Felsen wurden Spuren entdeckt, die auf biologische Prozesse wie Photosynthese hindeuten: Ihr Alter liegt bei 3,9 Milliarden Jahren.

PRÄSENTATION 37: 4 Milliarden Jahre Klimageschichte (34 Folien)

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel

4.4.1 Erdaltertum: Die Bildung unserer jetzigen Atmosphäre

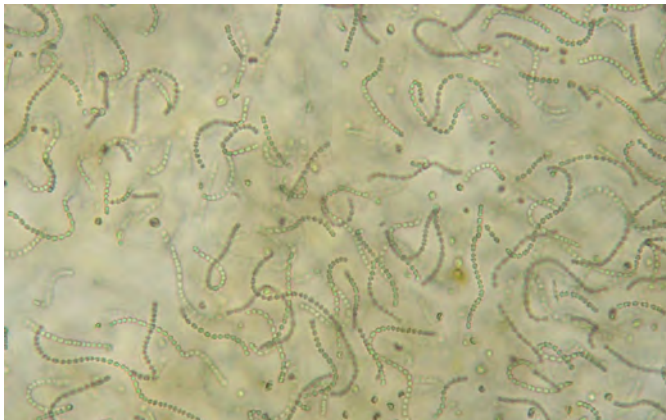


ABBILDUNG 405: Nostoc-Cyanobakterien – BILD: Svicikova

Blualgen sind zur oxygenen Photosynthese fähig; vermutlich haben riesige Blualgen-Kolonien durch die Einstrahlung der Sonne enorme Mengen an Kohlendioxid aus der Atmosphäre in Form von Biomasse gebunden, die sich in Schichten auf dem Meeresgrund abgelagert hat. Durch diese Prozesse in der Biosphäre kam es zu einer Anreicherung der Atmosphäre mit Sauerstoff, was den Treibhauseffekt eingedämmt und zu einer Abkühlung in der Atmosphäre geführt hat. Vieles deutet darauf hin, dass die Abkühlung auch durch die Bindung von CO_2 durch Verwitterung begünstigt worden sein könnte. Die frühe Hydrosphäre reagierte mit den Gasen aus der Atmosphäre und formte Säuren, durch die es zu starken Verwitterungsprozessen kam. Die Temperaturen sanken so weit, bis sich in vielen Regionen Eis bildete.

Vor etwa 2,5 Milliarden Jahren war das Klima auf der Erde zum ersten Mal kälter als heute. Infolge der Vereisung des Planeten kamen die Effekte der Biosphäre zum Erliegen. Durch den Vulkanismus gelangte fortlaufend CO_2 zurück in die Atmosphäre – die Erde taute wieder auf. Wahrscheinlich gab es vor 2,3 bis 2,5 Milliarden Jahren sowie zwischen 900 und 600 Millionen Jahren zwei weitere große Vereisungsphasen. Durch den Vulkanismus und den damit verbundenen Klimawandel stiegen die Tempera-



ABBILDUNG 406: Tintenstriche fossilisierte Blualgen in den Alpen – BILD: Svicikova

turen jedoch immer wieder, und die Gletscher tauten wieder auf. Der Mensch hat das „normale“ Klima unserer Erde nie kennengelernt. Während des größten Teils seiner über 4 Milliarden andauernden Existenz war unser Planet unwirtlich heiß, trocken und völlig eisfrei. Nur sieben Mal brachten Eiszeitalter, die durchschnittlich 50 Millionen Jahre dauerten, niedrigere Temperaturen mit sich. Das Aufkommen der Menschheit fiel in das jüngste dieser Eiszeitalter.

4.4.2 Erdmittelalter: Überwiegend warm

Vor etwa 500 Millionen Jahren, im Erdzeitalter des Kambrium, war es bei einem hohen CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre deutlich wärmer als heute. Durch die Wechselwirkungen zwischen Kontinentaldrift, Atmosphäre und Hydrosphäre herrschte ein ständig wechselndes Klima. Vor etwa 450 Millionen Jahren kam es dann zu einer Vereisung, die womöglich mit dem Aufkommen der ersten Landpflanzen zu tun hatte.

Die Photosynthese reduzierte den CO_2 -Gehalt der Atmosphäre, was zu einem Temperaturrückgang und der Bildung einer dicken Polareisdecke führte. Durch das im Eis gebundene Wasser sank der Meeresspiegel um bis zu 100 Meter.

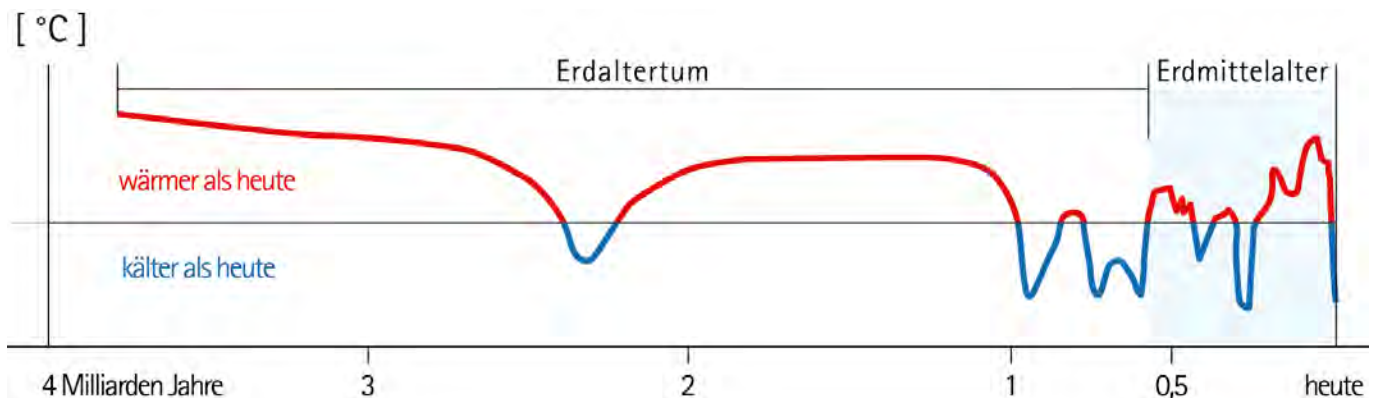


ABBILDUNG 407: Klimawandel in 4 Milliarden Jahren – QUELLE: Allianz Umweltstiftung

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel

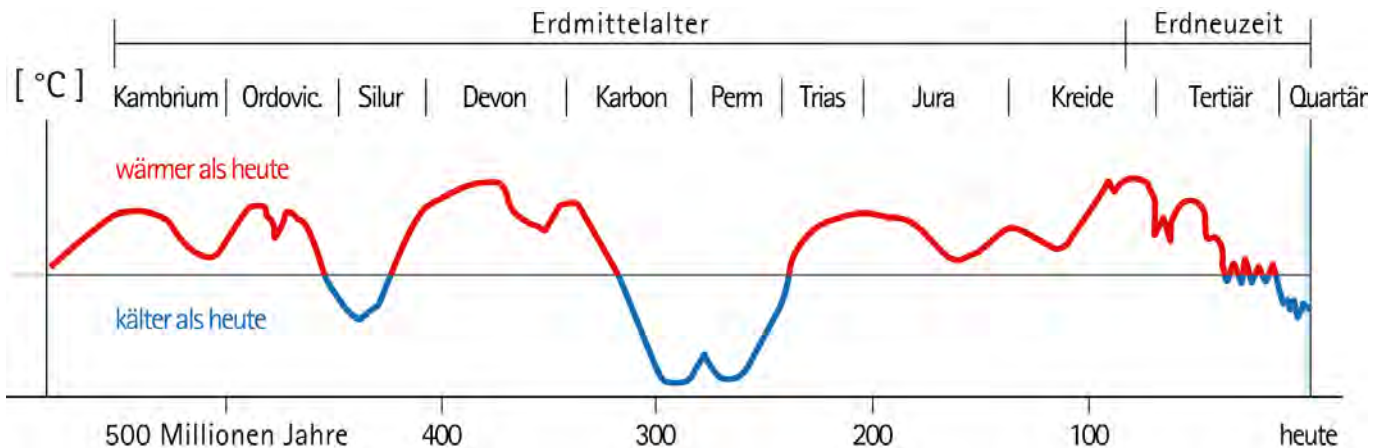


ABBILDUNG 408: Klimawandel in 500 Millionen Jahren; Erdmittelalter - QUELLE: Allianz Umweltstiftung

Durch Vulkanismus erhöhte sich anschließend wieder der CO_2 -Gehalt und mit ihm die Temperaturen auf der Erde, bis vor etwa 330 Millionen Jahren, im Karbon, große Landflächen von tropischen Wäldern bedeckt waren. Der Kohlenstoff, den diese Vegetation der Atmosphäre während ihres Wachstums kontinuierlich entzog, wurde nach deren Absterben in großen Steinkohlelagern gebunden. Der CO_2 -Gehalt der Atmosphäre sank daraufhin nachhaltig. Diese Phase mit geringem Vulkanismus führte dazu, dass eine länger anhaltende Kältephase von etwa 80 Millionen Jahren eintrat.

Im Verlauf von mehreren Millionen Jahren verschmolzen dann sämtliche Kontinente zu einer einzigen Landmasse, dem Megakontinent Pangaea. Vor etwa 250 Millionen Jahren, im Perm, führte dies zur Ausprägung eines extremen Kontinentalklimas. Der Meeresspiegel stieg und erreichte ein Niveau, das um etwa 80 Meter höher war als heute. Im Schnitt war es damals um 6 bis 8°C wärmer. Ausgedehnte tropische Wälder, in denen die Dinosaurier herrschten, bedeckten den Riesenkontinent.

Vor 200 Millionen Jahren, im Jura, begann der Urkontinent Pangaea auseinanderzubrechen. Der Atlantik entstand und Meeresströmungen sowie die atmosphärische Zirkulation änderten sich grundlegend. Das extreme Kontinentalklima wurde von einem warmfeuchten, tropischen Klima abgelöst, wobei die Wärmeperiode in der Kreidezeit vor etwa 100 Millionen Jahren ihren Höhepunkt erreichte.

Vor rund 65 Mio. Jahren, in der Kreidezeit, kam es zu einem plötzlichen Klimawandel mit einer deutlichen Abkühlung von Atmosphäre und Ozeanen sowie einem Absinken des Meeresspiegels. Diesem Einschnitt fielen über 70% aller damaligen Arten, vor allem aber die Dinosaurier, zum Opfer. Über die Ursache dieser Klimakatastrophe sind sich Wissenschaftler uneins. Die gängigsten Erklärungen gehen heute vom Einschlag eines riesigen Meteoriten aus. Durch seinen Aufprall sollen große Mengen Ruß, Asche und Gase in die Atmosphäre gelangt sein, welche die Erde monate- oder sogar jahrelang verdunkelten. Mit diesem Ereignis endete das Erdmittelalter (Mesozoikum).



ABBILDUNG 409: Tyrannosaurus Rex - BILD: David Monniaux

PRÄSENTATION 38: Das Ende der Dinosaurier? (5 Folien)

4.4.3 Die Erdneuzeit: Tendenz abkühlend

Die Erdneuzeit, von 65 Millionen Jahren vor unserer Zeit bis heute, ist nach einer erneuten wärmeren Phase durch einen langfristigen Abkühlungstrend gekennzeichnet. Daher sind die einst eisfreien Pole heute mit Eiskappen bedeckt. Das Eis reichte zwischenzeitlich insbesondere auf der Nordhalbkugel weit nach Süden. Für diese Entwicklung werden verschiedene Faktoren verantwortlich gemacht: vom niedrigeren CO_2 -Gehalt der Atmosphäre über Plattentektonik und Vulkanismus bis hin zu Schwankungen der Erdumlaufbahn.

Vor etwa 55 Millionen Jahren, im Tertiär, ereignete sich erneut ein abrupter Klimawechsel. Innerhalb relativ kurzer Zeit kam es zu einer Temperaturerhöhung um 5 bis 6°C. Als Auslöser werden heute unter anderem die Freisetzung von Methan aus dem Meeresgrund sowie eine erhöhte vulkanische Aktivität diskutiert. Die Hitzewelle hielt nur erdgeschichtlich relativ kurze 200.000 Jahre an. In dieser Zeit herrschten allerdings bis in hohe Breitengrade tropische Temperaturen. In der kanadischen Arktis lebten Alliga-

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel

toren, auf der Halbinsel Kamtschatka wuchsen Palmen und die Wassertemperatur am Nordpol betrug etwa 20 °C.

Eine hohe tektonische Aktivität führte anschließend zu verstärktem Vulkanismus und so herrschte auch danach noch ein relativ warmes Klima. Folge dieser tektonischen Unruhe war allerdings auch die Loslösung und Isolierung der Antarktis vor etwa 35 Millionen Jahren. Der daraufhin einsetzende antarktische Zirkumpolarstrom führte zur Vereisung des Südpols und zu einem weltweiten Temperatursturz.

Vor etwa 25 Millionen Jahren stieg die Temperatur in einer Phase mit sehr starker Tektonik und starkem Vulkanismus noch einmal kurzfristig an. Für die Fortsetzung des Abkühlungstrends in der Zeit danach ist vor allem die langfristig wirkende Silikatverwitterung ausschlaggebend. Die größten Vergletscherungen fanden vermutlich vor 480.000 bis 385.000 Jahren statt. Während ihres Verlaufes waren Nordamerika, Asien und Europa großflächig von bis zu drei Kilometer mächtigen Gletschern bedeckt.

Vor ungefähr 100.000 Jahren begann eine weitere Kaltzeit, die vor etwa 10.000 Jahren wieder endete. Große Teile Europas und Nordamerikas waren damals vergletschert. Da gewaltige Wassermengen im Gletschereis gebunden waren, lag der Meeresspiegel etwa 130 Meter tiefer als heute. Gebiete wie der Ärmelkanal und die Beringstraße waren trockenes Land. Das Klima der vergangenen 100.000 Jahre war regional zum Teil durch sehr schnelle Temperaturwechsel gekennzeichnet. Analysen von Eisbohrkernen in Grönland dokumentieren zahlreiche Temperatursprünge von mehreren Grad Celsius innerhalb von wenigen Jahrzehnte oder sogar von wenigen Jahren. Es wird vermutet, dass dafür in erster Linie Änderungen der Meeresströmungen verantwortlich waren.

Bis vor etwa 2 Millionen Jahren hatten die Kontinente, Gebirge und Ozeane im Wesentlichen ihre heutige Gestalt angenommen, das große marine Förderband war entstanden. Seitdem ist das Klima von zyklisch wiederkehrenden Eiszeiten geprägt. Der rekonstruierte Temperaturverlauf der letzten 400.000 Jahre zeigt einen Wechsel von ausgeprägten Kaltzeiten mit starker Vereisung und wärmeren Phasen.

Augenblicklich befinden wir uns in einer Warmzeit, die nach neueren Berechnungen wahrscheinlich in 30.000 bis 50.000 Jahren wieder in einer Eiszeit enden wird.

4.4.4 Die aktuelle Warmzeit: Das Holozän

Die mittlere Temperatur der Erde beträgt heute etwa 15°C. Vor rund 18.000 Jahren hatte die mittlere Temperatur der Erde mit circa 11 °C einen sehr niedrigen Wert erreicht. Danach begann allmählich der Übergang in die jetzige Warmzeit, das Holozän.

Dieser Übergang wurde vor 12.700 bis 10.500 Jahren abrupt durch einen Kälteeinbruch unterbrochen. Auslöser war, der gängigen Hypothese zufolge, ein Aussetzen oder eine erhebliche Schwächung des Nordatlantikstromes, der Warmwasserheizung Europas. Verursacht wurde diese Unterbrechung vermutlich durch das Abschmelzen der nordamerikanischen Eismassen. Der Zufluss von Süßwasser verringerte dabei Salzgehalt und Dichte des Oberflächenwassers im Nordatlantik und stoppte oder schwächte dadurch den Nordatlantikstrom. Erst nach dem kompletten Abschmelzen des nordamerikanischen Eisschildes setzte diese Zirkulation wieder ein. Auch heute warnen Wissenschaftler vor einem Versiegen des Golfstroms infolge der vom Menschen verursachten Klimaerwärmung aufgrund des Abschmelzens des Arktiseises und des Grönland-Eisschildes.

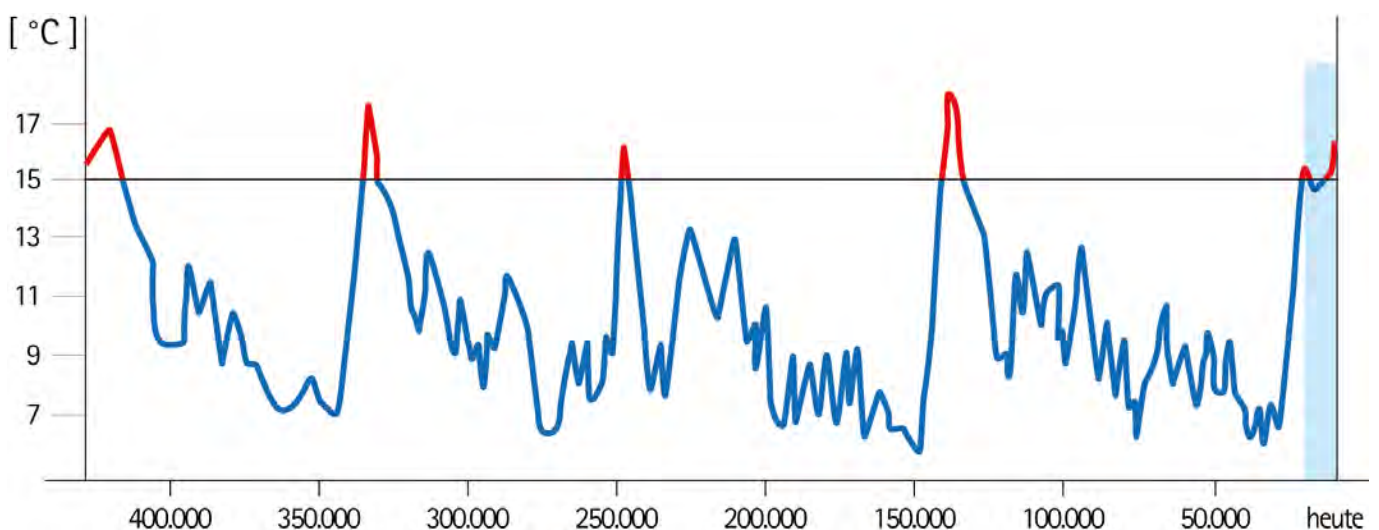


ABBILDUNG 410: Verlauf der mittleren Temperaturen auf der Erde von vor 400.000 Jahren bis heute - QUELLE: Allianz Umweltstiftung

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel

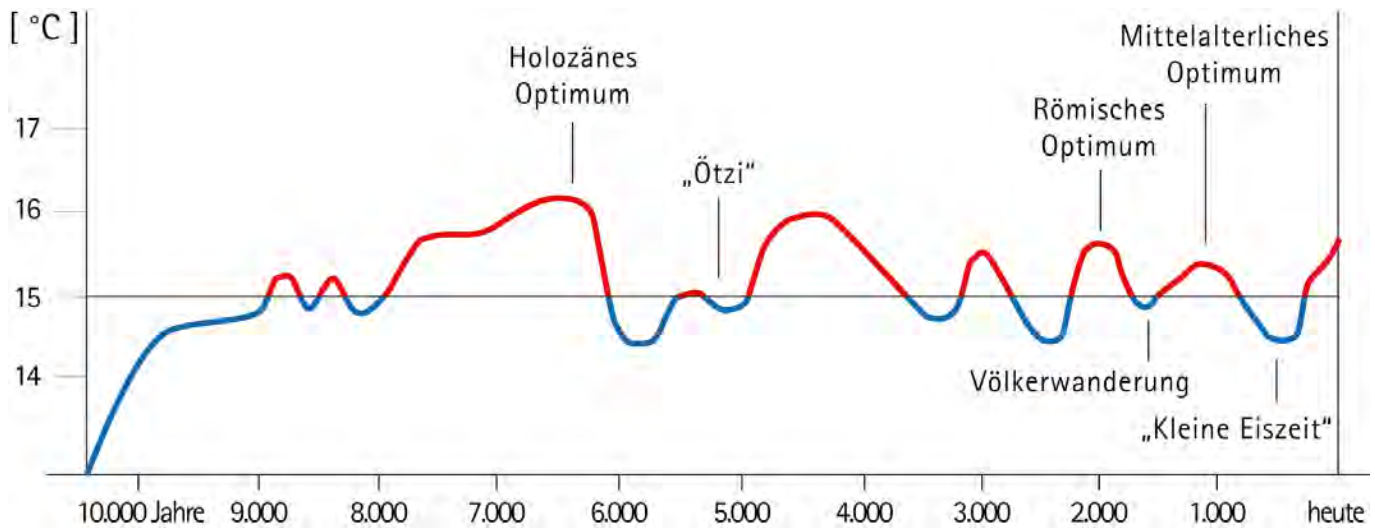


ABBILDUNG 411: Klima- bzw. Temperaturentwicklung vom Ende der letzten Eiszeit bis heute - QUELLE: Allianz Umweltstiftung

4.4.5 Das holozäne Optimum

Mit dem Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf Werte, die 2 bis 3 °C über den heutigen lagen, erreichte unsere jetzige Warmzeit vor etwa 8000 bis 6000 Jahren ihren Höhepunkt. Diese bisher wärmste Klimaperiode seit der jüngsten Eiszeit, das holozäne Optimum, brachte weitreichende Verschiebungen der Klima- und Vegetationszonen mit sich. So ließ das feuchtere Klima die Wüstengebiete in Afrika, auf der Arabischen Halbinsel und in Asien schrumpfen. Teile der Sahara wurden zur Savanne. Die Waldgrenze verschob sich um bis zu 400 Kilometer nach Norden. Die Alpen waren nahezu gletscherfrei. Das Abschmelzen von Gletschern der Polarregionen ließ den Meeresspiegel ansteigen, bis er sich mehr als einen Meter über dem heutigen Stand befand. Die ersten Hochkulturen in Mesopotamien und Ägypten sind vermutlich in der Zeit des holozänen Optimums entstanden.



ABBILDUNG 412: Pyramiden von Gizeh - BILD: Ricardo Liberato



ABBILDUNG 413: Sphinx von Gizeh - BILD: Ricardo Liberato



ABBILDUNG 414: Eismumie Ötzi - BILD: Südtiroler Archäologiemuseum

Vor etwa 5500 Jahren setzte zwischenzeitlich eine deutliche Abkühlung ein. Zeugnis für diese Klimaveränderung ist der Gletschermann Ötzi, der 1991 in den Ötztaler Alpen gefunden wurde und zwischen 3350 und 3100 vor unserer Zeitrechnung gelebt haben muss. Der Körper des vermutlich an den Folgen eines Pfeilschusses gestorbenen Mannes blieb nur deshalb vor der Verwesung bewahrt, weil er schon bald nach seinem Tod von Schnee und Eis bedeckt wurde.

6. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL

Der menschengemachte Klimawandel

Seit dem Ende des holozänen Optimums vor rund 5.000 Jahren lassen sich in Europa und im Raum des Nordatlantiks verschiedene Phasen erkennen, in denen es wärmer oder kälter war als heute. Diese Klimaphasen hatten auch Auswirkungen auf die Geschichte von Völkern und Kulturen. Ende des Jahres 218 v. Chr. zog Hannibal mit 37 afrikanischen Kriegselefanten über die Alpen. Dies war nur möglich, weil die Alpenpässe während des römischen Optimums auch im Winter passierbar blieben.

Durch lang anhaltende Dürre oder Regenperioden verursachte Missernten und der Verlust von Weideflächen brachten wiederholt Wanderungsbewegungen ganzer Völker in Gang. Ein Beispiel ist die Austrocknung der mongolischen Steppe, die Anfang des 4. Jahrhunderts einsetzte und Auslöser für die Eroberungszüge nomadischer Völker war. Der Sturm der Schwarzen Hunnen durch Südrussland in die Donauenebene und weiter über Ungarn bis nach Frankreich drängte die germanischen Völker, deren Wanderungen bereits im frühen 2. Jahrhundert eingesetzt hatten, nach Südwesten. Dies führte schließlich zum Untergang des weströmischen Reiches.

Bereits um 875, in der Anfangsphase des mittelalterlichen Optimums, erreichten die Wikinger Grönland, wo sie zwischen 982 und 1500 siedelten. Der Name Grönland bedeutet Grünland. Aus der Zeit des mittelalterlichen Optimums stammen auch viele deutsche und englische Ortsnamen, die auf Weinbau hinweisen, der dort heute längst nicht mehr betrieben wird. In der Kleinen Eiszeit im 16. und 17. Jahrhundert kam es zu einer Abkühlung mit feuchten, kühlen Sommern und langen, schneereichen Wintern. Gemälde holländischer Maler aus dieser Zeit zeigen Eislandschaften mit Schlittschuhläufern. In den Alpen breiteten sich die Gletscher wieder aus. In Mitteleuropa und England gab es wiederholt Missernten und Hungersnöte, was zu Auswanderungswellen in die Neue Welt führte. Während der kleinen Eiszeit war es im Mittel zwischen 1 und 3 °C kälter als heute, während die globale Durchschnittstemperatur in jüngeren Kaltzeiten um 4 bis 6 °C tiefer lag. In Warmzeiten wie dem holozänen Optimum

war es im Mittel um etwa 2 bis 3 °C wärmer als heute. Temperaturunterschiede von 3 bis 6 °C im Jahresmittel beeinflussen die Ausprägung des Klimas sehr stark. Damit haben sie enorme Auswirkungen auf Ökosysteme und auf die Entwicklung der Menschheit.



ABBILDUNG 415: Kolosseum Rom – BILD: Dilliff



ABBILDUNG 416: Die Kleine Eiszeit in der niederländischen Malerei
BILD: Pieter Bruegel

5 QUELLENANGABEN UND LITERATURVERZEICHNIS

Allianz Umweltstiftung, Informationen zum Thema Klimaschutz und Informationen zum Thema Klima.
<https://umweltstiftung.allianz.de/downloads/lehrmaterialien/index.html>

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2009): Ozonschicht und Ozonloch.
http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_48_ozonschicht_ozonloch.pdf

IPCC Fourth Assessment Report (2007): Climate Change.
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml

Jürgen Paeger Consulting, Nachhaltigkeit Managementsysteme.
<http://www.oekosystem-erde.de/>

Murck, B. (2005): *Environmental Science, A Self Teaching Guide*. New York: Wiley Verlag.

Ponting, C. (2007): *A New Green History of the World - The Environment and the Collapse of Great Civilizations*.
Überarbeitete Neuauflage des Klassikers von 1991: *Eine Umweltgeschichte der Erde*. Vintage Books.

Smil, V. (2006): *Energy. A Beginner's Guide*. Oxford: Oneworld Publications.

USGS, U.S Geological Survey.
<http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/baseball.html>

<http://www.biomasseverband.at/BIOEE/>

ÖSTERREICHISCHER BIOMASSE-VERBAND
AUSTRIAN BIOMASS ASSOCIATION

HOME ÜBER UNS BIOENERGIE PUBLIKATIONEN VERANSTALTUNGEN SERVICE PRESSE ANMELDUNG

BIOEE Interaktives Lehrmittezentrum

In unserem interaktiven Lehrmittezentrum können sie sich Materialien für ihren Unterricht zusammenstellen. Schränken sie dazu bitte die Suchergebnisse ein indem sie ihre Zielgruppen festlegen. Sie können des weiteren die Ausgabe der Suchergebnisse anzeigen im verbleibenden Bereich. Nutzen sie auch die Funktion des Suchbegriffs oder die den Schlagwortsuche. Haben sie gefunden wonach sie suchen? Lassen sie sich bequem eine Archiv zum Download bereitstellen.

Vom Wetter zum Klima

Schule	Alter	Unterrichtsfach	Thema
AHS	5. Klasse	Geographie	Vom Wetter zum Klima

Material

Material	Details
Hintergrundinformation Skriptum	
Stundenbild Wetterextreme	30 min
Material für Handout	
Präsentation	30 Folien

Lehrplanbezug

Die soziale, ökonomisch und ökologisch begrenzte Welt
Gliederungsprinzipien der Erde nach unterschiedlichen Sichtweisen

Vorschau	download	zu Packet hinzufügen
		☐
		☐
		☐

Download Packet

7,8 mb

Passend dazu für ihren Kollegen aus anderen Fachrichtungen:

Themen

1 DIE SONNE, QUELLE ALLEN LEBENS	226
1.1 Zur Entstehung unseres Sonnensystems	226
1.2 Aufbau der Sonne	227
2 BEZIEHUNG ZWISCHEN SONNE UND ERDE	228
2.1 Erdumlaufbahn	228
2.2 Erdrotation und Neigung der Erdachse	229
2.3 Störungen der Umlaufbahn und Erdrotation: Die Milankovic-Zyklen	230
2.4 Sonnenverlauf an verschiedenen Standorten	230
2.5 Die Beschaffenheit der Erde	231
3 FUNKTIONSBEDINGUNGEN DER KLIMAMASCHINE ERDE	235
3.1 Vom Wetter zum Klima	235
3.2 Atmosphäre und Hydrosphäre	237
3.3 Ausprägung der Klimazonen	241
4 DYNAMIK DES WETTERS UND KLIMAPHÄNOMENE	246
4.1 Die Entstehung des Wetters	246
4.2 Vom Wind zum Sturm	247
4.3 Klimaphänomene	249
5 QUELLENANGABEN UND LITERATURVERZEICHNIS	251

Lernziele

- Verständnis für die Entstehungsgeschichte des Sonnensystems und der Erde sowie deren Aufbau und Beschaffenheit
- Erkennen und Nachvollziehen von Größenverhältnissen, Dimensionen und Relationen auf und um die Erde
- Verstehen des Klimageschehens auf der Erde und dessen Folgen für das Leben auf unserem Planeten
- Das Leben auf der Erde als Konsequenz eines komplexen Zusammenspiels von Mechanismen und Funktionen, die alle direkt oder indirekt durch die Kraft der Sonne in Bewegung gehalten werden, erkennen lernen.

Geförderte Kompetenzen

- Durch neue Kenntnisse werden Phänomene des Alltags (Tag/ Nacht, Jahreszeiten, Wetter) für die Lebenswelt des Jugendlichen zugänglich gemacht.
- Eigenständig oder in der Gruppe soll Bewusstsein für klimatische Zusammenhänge erworben werden.
- Die Fähigkeit, Wetterkarten und anderes Anschauungsmaterial zu interpretieren, wird geschult.



Die Frage danach, was die Welt im Innersten zusammenhält, ist das Leitmotiv dieses Kapitels. Astronomische Zusammenhänge, wie auch die Entstehung des Sonnensystems, werden in den Geowissenschaften behandelt. Obwohl diese Frage nicht restlos geklärt werden kann, liefert die Forschung doch Material für die Erkenntnis der „letzten“ Zusammenhänge. Wie sich die Wechselwirkung unseres Sonnensystems auf das Wetter und die Ausprägung von Klimazonen auswirkt, dient als Grundlage für ein Verständnis der Entwicklung des Lebens.

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Die Sonne, Quelle allen Lebens

1 DIE SONNE, QUELLE ALLEN LEBENS

1.1 Zur Entstehung unseres Sonnensystems



Die ungewisse Unendlichkeit des Universums übte schon immer Faszination auf die Menschen aus. Diese Faszination der gewaltigen und geheimnisvollen Phänomene können wir als Einstieg nutzen, um sie dann gemeinsam mit den Schülern zu ergründen. Auch alltägliche Erscheinungen, wie der Wind, die Jahreszeiten und das ständige Nachwachsen der Vegetation, sind solche Phänomene. Sie sind Teil unserer Lebensrealität; eine Begeisterung für die Erkundung dieser Phänomene lässt sich dadurch leicht wecken.

Lange Zeit war über die Entstehung des Universums nichts Näheres bekannt. In Mythen und Religionen versuchten sich die Menschen ein Bild davon zu machen, was zur Entstehung unserer Welt geführt haben könnte und wie dies geschah. Naturwissenschaften und Technik lieferten immer präzisere Möglichkeiten und Methoden zur Erforschung unserer Welt. Heute können wir Messungen anstellen und interpretieren, was wir sehen. Über die großen Zusammenhänge können wir allerdings nur Mutmaßungen anstellen.

Für viele Geheimnisse unseres Universums konnten bereits Erklärungen gefunden werden, trotzdem wirft es nach wie vor viele Fragen auf. Vor etwa 13,7 Milliarden Jahren soll sich der Urknall ereignet haben. Der Urknall beschreibt keine Explosion, sondern das Entstehen von Materie, Zeit und Raum aus einer ursprünglichen Einheit. Durch den Urknall sollen nur die leichtesten Elemente, wie Wasserstoff und Helium, entstanden sein, die sogenannte Urwolke. Das Universum dehnt sich seit diesem Ereignis aus, weshalb die Urwolke in viele Teile zerrissen wurde. Die Zentren der neuen Wolken hatten eine höhere Dichte als ihre Umgebung, weshalb sich durch die wirkenden Gravitationskräfte (gegenseitige Anziehung von Massen; auch Schwerkraft) die Materie an diesen Stellen verdichtete. Sobald ein gewisses Niveau erreicht war, startete in den Zentren der Wolken die Kernfusion: So entstanden die ersten Sterne. Durch diese Kernfusionen (das Verschmelzen atomarer Teilchen) sind in diesen Sternen auch die schweren Elemente entstanden. Ist der Brennstoff im Kern verbraucht, kommt es zum Kollabieren des Sterns. Das Sterben eines Sterns wird Supernova genannt. Seine Leuchtkraft kann für kurze Zeit stark ansteigen und so hell wie eine ganze Galaxie sein. Die schweren Elemente sollen beim Sterben von Sternen in den Kosmos gelangt sein und zur Bildung unseres Sonnensystems beigetragen haben.

Heute glauben wir zu wissen, dass unser Sonnensystem vor etwa 4,6 Milliarden Jahren entstanden ist. Nach der am weitesten verbreiteten These befand sich an dessen heutiger Stelle eine ausgedehnte Materiewolke aus Gas und Staub. Die Druckwellen einer relativ nahen Supernova sollen der Auslöser dafür gewesen sein, dass schwere Elemente und Verbindungen aus dem Kern des gestorbenen Sterns in unsere Wolke gelangten. Es entstanden viele tausende Gravitationszentren, in denen sich die Ma-



ABBILDUNG 417: Supernova (heller Punkt links unten) - BILD: NASA/ESA

terie verdichtete. Eines davon war der Sonnennebel. Durch die Gravitation verdichtete sich die Materiewolke und begann, um ein gemeinsames Zentrum zu rotieren. Die Zentrifugalkraft des Systems flachte den Sonnennebel ab, wobei sich alle Materie dieses Systems in das Zentrum stürzte und zur Protosonne verdichtete. Im Inneren dieses Gaskörpers stiegen Temperatur und Druck immer mehr an, bis es vermehrt zu Kernfusionen kam; das Wasserstoffbrennen (die Kernfusion von Wasserstoff zu Helium im Inneren von Sternen) in der Sonne wurde gezündet. Die dabei freigesetzte Energie wirkte als Strahlungsdruck der Gravitation entgegen und führte dadurch zu einer Stabilisierung der Materie. Ein stabiler Stern entstand. Die Abbildung unten zeigt den Adlernebel, etwa 7.000 Lichtjahre von der Sonne entfernt: In ihm wurden Staubsäulen beobachtet, an deren Spitzen sich relativ



ABBILDUNG 418: Adlernebel - BILD: NASA, ESA

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Die Sonne, Quelle allen Lebens

junge Sterne befinden. Aufgenommen wurden die Bilder vom Hubble-Weltraumteleskop. Abbildung rechts zeigt die Illustration einer protoplanetaren Scheibe. So könnte unser Sonnensystem in sehr jungen Jahren ausgesehen haben.

Die Planeten entstanden etwa zur selben Zeit. Staubeilchen verklumpten, zogen sich gegenseitig an und bildeten größere Massen, die Protoplaneten. Durch den Strahlungsdruck des jungen Sterns kondensierten die schwerflüchtigen Gase in Sonnennähe, während die leichtflüchtigen vom Sonnenwind (einem Strom geladener Teilchen, der von der Sonne ins All strömt) weggeblasen wurden. Durch dieses Modell wird auch erklärt, warum die inneren Planeten über feste Oberflächen verfügen, während die Oberflächen der äußeren Planeten vermehrt aus flüchtigen Elementen und Gasen bestehen: Mit steigender Entfernung zur Sonne nimmt auch die Intensität des Sonnenwindes ab, die Oberflächen der Planeten sind dem Sonnenwind deshalb weniger stark ausgesetzt.

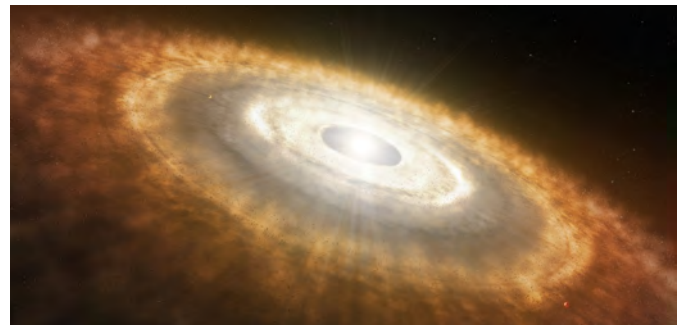


ABBILDUNG 419: Illustration Protoscheibe – BILD: ESO/L. Calçada

Die Erde ist der dritte von acht Planeten in unserem Sonnensystem. Lange zählte auch Pluto dazu, seit 2006 gelten allerdings nur solche Himmelskörper als Planeten, die über eine eigene Umlaufbahn verfügen. Pluto ist einer von fünf Himmelskörpern, die derzeit die Definition des Zwergplaneten erfüllen und wird deshalb nicht in den folgenden Modellen abgebildet.

ARBEITSAUFTRAG 1: Darstellungsmodelle des Sonnensystems

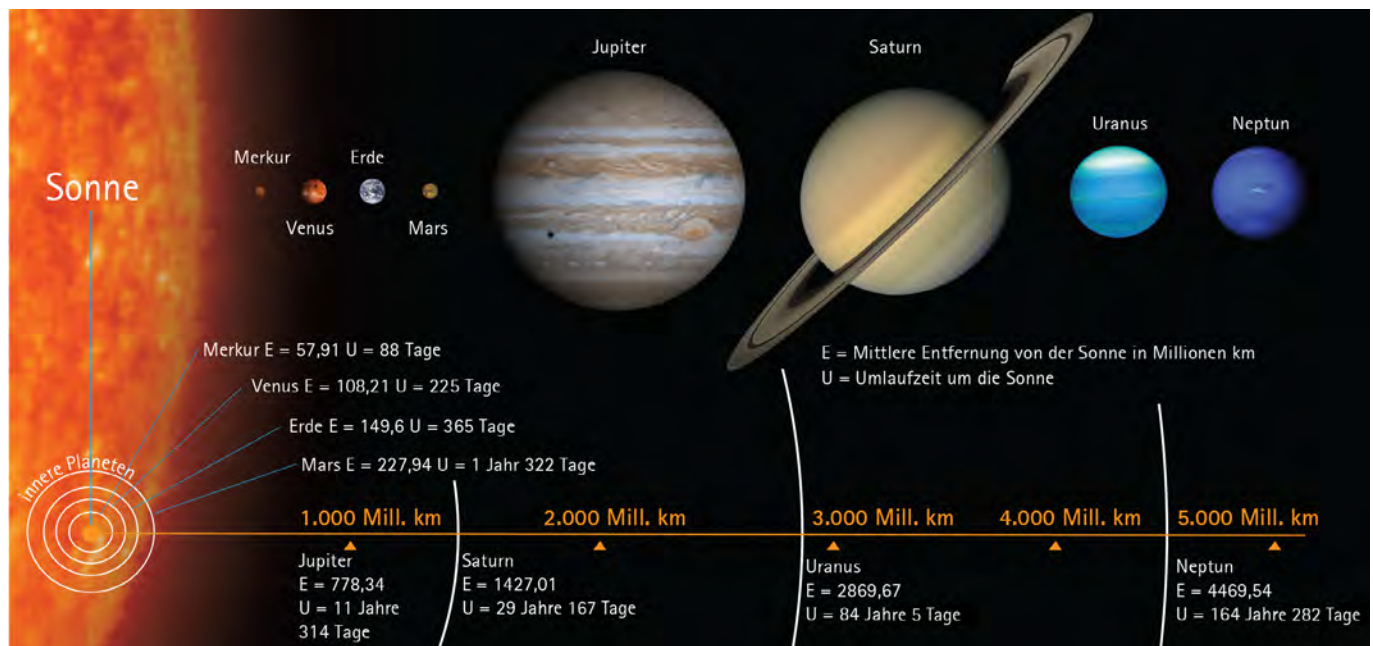


ABBILDUNG 420: Unsere acht Planeten – QUELLE und BILD: NASA

1.2 Aufbau der Sonne



Über 1.300-mal größer als die Erde, produziert die Sonne jede Sekunde eine Menge an Energie, die ausreichen würde, um ganz Europa für 4 Millionen Jahre zu versorgen. Seit 4,7 Milliarden Jahren ist dieser Prozess bereits im Gang und wird noch mehr als 5 Milliarden Jahre andauern, ehe der gesamte Brennstoff der Sonne verbraucht sein wird.

Die Sonnenmasse ist etwa 330.000-mal größer als die Masse der Erde. Die Hälfte dieser Masse konzentriert sich im Kern der Sonne. Dort herrscht ein Druck von 200 Milliarden Bar bei über 15 Millionen Grad Celsius. Dieser Druck ist vergleichbar mit einem Stecknadelkopf, auf dem das gesamte Gewicht der Cheops-Py-

ramide lastet. Die Temperatur beträgt etwa die 750.000-fache Raumtemperatur. Nach außen, in Richtung Sonnenoberfläche, nehmen Temperatur und Druck zunächst deutlich ab, bis dann am Übergang zum Weltall in der Korona die Temperaturen wieder heftig ansteigen. Die Sonne ist wie alle Sterne eine Plas-



7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Beziehung zwischen Sonne und Erde

.ppt

2

makugel; sie besteht aus leuchtendem Gas. Das Magnetfeld der Sonne verhindert weitgehend, dass das Plasma in den freien Weltraum austritt. Dennoch entweichen Teile des Plasmas entlang der Magnetfeldlinien als Sonnenwind. Pro Sekunde verliert die Sonne auf diese Weise etwa eine Million Tonnen ihrer Masse. 2 % der Energie des Sonnenkerns werden durch Neutrinos (elektrisch neutrale Elementarteilchen mit sehr geringer Masse) abtransportiert. Sie erreichen die Oberfläche der Sonne in wenigen Sekunden und treten von dort mit Lichtgeschwindigkeit ihre Reise in das Weltall an. Die Dichte der Materie im Sonnenkern ist etwa 1.000-mal dichter als die von Wasser; die Teilchenkonzentration ist so enorm, dass ständig Kernfusionen stattfinden. In jeder Sekunde verschmelzen 564 Millionen Tonnen Wasserstoff zu 560 Millionen Tonnen Helium. Die Massedifferenz von 4 Millionen Tonnen ist die Energie, die durch die Sonne jede Sekunde freigesetzt wird.

PRÄSENTATION 2: Vier Millionen Tonnen Energie (5 Folien)

Die Energie, die im Kern der Sonne entsteht, bewegt sich in Form von Photonen mit Lichtgeschwindigkeit nach außen. Aufgrund der hohen Dichte im Inneren der Sonne werden die Teilchen immer wieder abgelenkt, sodass es bis zu 10 Millionen Jahre dauern kann, bis sie die Oberfläche der Sonne erreichen. Von dort können sie ungehindert in den Weltraum entweichen. Für den Abstand von etwa 150 Millionen Kilometern bis zur Erde benötigen sie (mit Lichtgeschwindigkeit, also 300.000 Meter pro Sekunde) nur acht Minuten. Zu Fuß wären wir auf dieser Strecke über 4.500 Jahre unterwegs. Apollo 11 (der erste bemannte Flug zum Mond) hat für 350.000 km, den Weg von der Erde zum Mond, drei Tage benötigt. Ein Raumfahrzeug wie Apollo 11 würde mit einer konstanten Reisegeschwindigkeit von 39.000 km/h für den Weg zur Sonne (auf geradlinigem Weg) etwa 160 Tage benötigen.

.ppt

3

PRÄSENTATION 3: Die Sonne: Stern, von dem wir leben (17 Folien)

VIDEO 1: Protuberanzen: Stürme auf der Sonne (3 min)

1

2 BEZIEHUNG ZWISCHEN SONNE UND ERDE

2.1 Erdumlaufbahn

Die Erde benötigt für eine Umrundung der Sonne 365,2 Tage. Im gregorianischen Kalender hat ein Jahr 365 Tage. Die Differenz von 0,2 Tagen wurde durch die Einführung der Schaltjahre kompensiert. Alle vier Jahre, außer dreimal in 400 Jahren, gibt es ein Schaltjahr, also ein Jahr, das über einen zusätzlichen Tag verfügt, den 29. Februar. Die Umlaufbahn der Erde ist leicht elliptisch. Anfang Jänner steht sie der Sonne mit einer Entfernung von etwa 147 Millionen Kilometer am nächsten, Anfang Juli erreicht die Entfernung zwischen Erde und Sonne mit etwa 152 Millionen Kilometer ihr Maximum. Die Jahreszeiten entstehen nicht durch den unterschiedlichen Abstand der Erde zur Sonne,

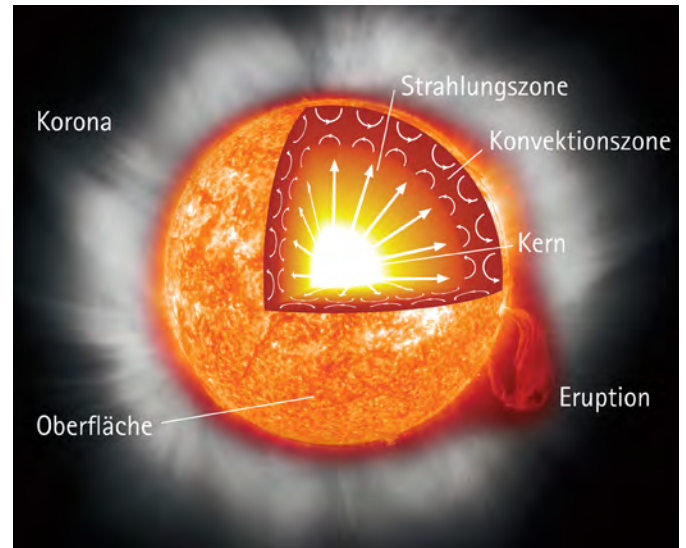


ABBILDUNG 421: Aufbau der Sonne - QUELLE: NASA - BILD: NASA, Luc Viatour



ABBILDUNG 422: Erde und Sonne im natürlichen Größenverhältnis (Abstand nicht korrekt dargestellt) - QUELLE: NASA - BILD: NASA, Luc Viatour

sondern durch die Neigung der Erdachse, um die sich die Erde um sich selber dreht. Die Neigung bestimmt, welche Teile der Erde zu welchem Zeitpunkt der Sonne zu- oder abgewandt sind.

!

In einem Jahr legt die Erde auf ihrem Weg um die Sonne etwa 940 Millionen Kilometer zurück, jeden Tag etwa 2,5 Millionen Kilometer. Ihre Geschwindigkeit beträgt über 100.000 km/h. Steht man am Äquator, dreht man sich mit einer Geschwindigkeit von 1.666 km/h um die Erdachse. Je weiter man zu den Polen kommt, desto geringer wird diese Geschwindigkeit; an den Polen beträgt sie 0 km/h.

Weiter mit: „1 Leben auf der Erde: Klima im Wandel“ K: 6, S: 196

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Beziehung zwischen Sonne und Erde

2.2 Erdrotation und Neigung der Erdachse

!

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Erde um die eigene Achse dreht, hat sich im Laufe der Erdgeschichte immer wieder verändert. Für prähistorische Zeiten lassen sich aus den Wachstumsringen von Fossilien Tageszeiten von etwa 20 Stunden ablesen. Mathematische Modelle für die Erde während ihrer Entstehungszeit gehen von einer Rotationsdauer von 6 bis 14 Stunden aus.

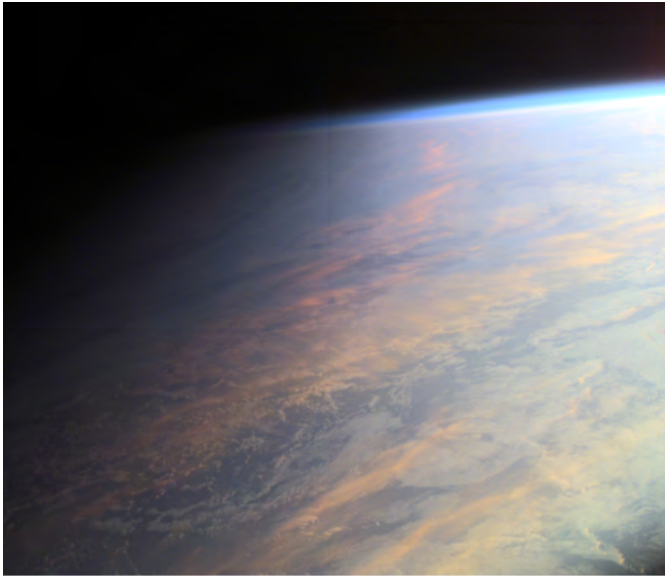


ABBILDUNG 423: Sonnenaufgang über dem Pazifik von der ISS aus gesehen - BILD: NASA



ABBILDUNG 424: Sonnenaufgang über Europa, Fotomontage BILD: The Living Earth

VIDEO 2: Die Erde bei Nacht (3 min)

VIDEO 3: Die Erde aus dem Weltraum: Bilder aus der ISS (3 min)

Die Erde dreht sich rechtsläufig in Richtung Osten um die eigene Achse. Für eine solche Umdrehung benötigt sie etwa 23 Stunden und 56 Minuten. Diese Zeitspanne wird als Sterntag bezeichnet. Aufgrund ihrer Bewegung auf der Umlaufbahn entsteht nach jeder Umdrehung eine leicht unterschiedliche Position zur Sonne. Ein Sonnentag definiert die Zeitspanne zwischen den Höchstständen zweier Tage und dauert genau 24 Stunden. Durch die Erddrehung geht die Sonne ständig an einem Punkt entlang eines Längengrades unter und an einem anderen auf, es gibt also, bezogen auf den Verlauf des hellen Tages, unterschiedliche Zeitzonen im Verlauf zwischen Osten und Westen. Die politischen Zeitzonen sind staatlich geregelte, einheitliche Uhrzeiten und weichen von den realen Zeitzonen zum Teil stark ab.

Der Grund für die Neigung der Erdachse ist noch unklar. Es könnten Einschläge anderer Himmelskörper mitverantwortlich für die heutige Neigung sein. Die Erdachse ist die Rotationsachse der Erde und ist eine gedachte Linie durch die beiden geografischen Pole. Gegenüber der Ebene der Erdumlaufbahn ist die Ebene des Äquators um etwa 23° geneigt. Die Neigung der Erdachse bleibt auf jedem Punkt der Umlaufbahn gleich, weshalb im Verlauf ei-

nes Jahres einmal die Nord- und einmal die Südhalbkugel der Sonne zugeneigt ist. Folglich sind die Jahreszeiten der Südhalbkugel immer um ein halbes Jahr gegenüber der Nordhalbkugel verschoben.

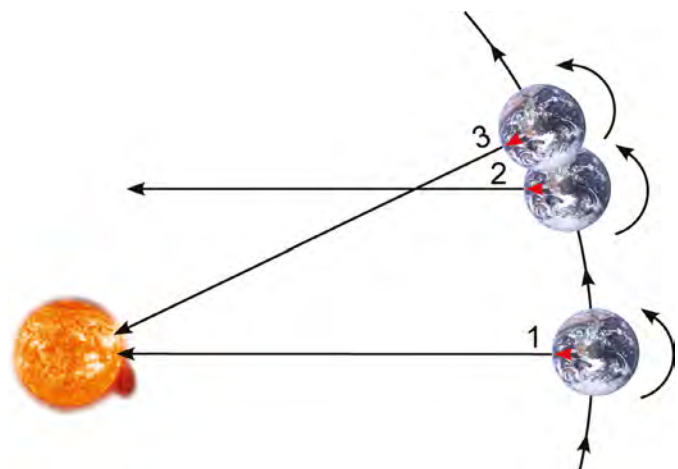


ABBILDUNG 425: Sterntag und Sonnentag - QUELLE: NASA - BILD: NASA, Lucatour

PRÄSENTATION 4: Erdrotation: Verlauf von Tag und Nacht (10 Folien)

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Beziehung zwischen Sonne und Erde

2.3 Störungen der Umlaufbahn und Erdrotation: Die Milankovic-Zyklen

Die Gravitationskräfte von Sonne und Mond verursachen in der Erdrotation eine Kreiselbewegung, durch die sich die Erdachse in einer Periode von etwa 41.000 Jahren verändert. Auch die Gravitationskräfte anderer Himmelskörper wirken sich auf die Erde aus: So wirken vor allem Jupiter und Saturn störend auf den Verlauf der Erdumlaufbahn. Sie schwankt alle 100.000 Jahre zwischen einem annähernden Kreis und einer Ellipsenform. Diese Schwankungen in den Zyklen gelten als Auslöser der jüngeren Eiszeiten.

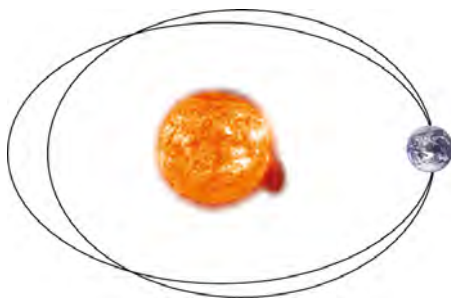


ABBILDUNG 426: (links) Exzentrizität in der Umlaufbahn, schematische Darstellung, (rechts) Kreiselbewegung der Erdrotation - QUELLE: NASA

2.4 Sonnenverlauf an verschiedenen Standorten

Die Intensität der Sonneneinstrahlung an jedem beliebigen Standort auf der Erde ist vom Verlauf der Sonnenbahn an demselben abhängig. Ausschlaggebend für diese ist immer die Lage der Erde zur Sonne. Sowohl die Neigung der Erdachse als auch die Umlaufbahn der Erde bestimmen die Lage eines Standortes zur Sonne zu einem bestimmten Zeitpunkt. Auch die Dauer von Nacht und hellem Tag wird von der Sonnenbahn bestimmt.

Überall, außer auf den Polen, ist der helle Tag gleich lang wie die Nacht, es herrscht Tagundnachtgleiche. Am 21. Juni ist die Nordhalbkugel der Sonne maximal zugeneigt, die Sonne geht früh auf und spät unter, auf ihrem höchsten Stand steht sie hoch am Himmel. Der Weg durch die Atmosphäre ist kurz, die Strahlung wird auf eine kleine Fläche aufgeteilt. Es ist Sommer. Auf der Südhalbkugel steht die Sonne sehr tief am Himmel, dort ist es Winter. Auf dem Südpol herrscht Polarnacht, die Sonne geht nicht auf.

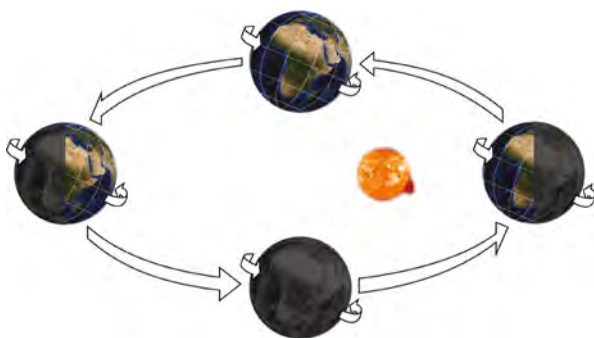


ABBILDUNG 427: Umlaufbahn der Erde; die 4 Jahreszeiten - QUELLE: NASA

Am 21. Dezember steht die Sonne an ihrem höchsten Stand in Europa sehr tief am Himmel. Aufgrund des flachen Winkels geht sie spät auf und früh unter, es ist Winter. Am Nordpol herrscht Polarnacht, die Sonne geht nicht auf. Am südlichen Wendekreis steht die Sonne hoch am Himmel, es ist Sommer. Auf dem Südpol herrscht Polartag, die Sonne geht ein halbes Jahr lang den ganzen Tag nicht unter. Am 21. März und 23. September steht die Sonne auf Nord- und Südhalbkugel gleich hoch am Himmel.

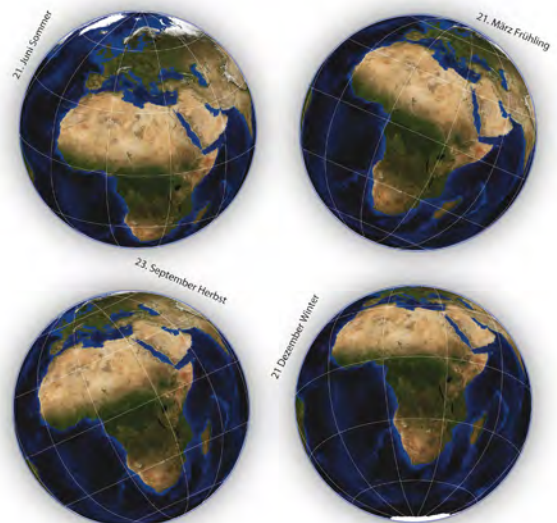


ABBILDUNG 428: Vier Jahreszeiten in Europa, von der Sonne aus betrachtet
QUELLE: NASA

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Beziehung zwischen Sonne und Erde

2.5 Die Beschaffenheit der Erde

Die Erde soll vor etwa 4,6 Milliarden Jahren gemeinsam mit unserem Sonnensystem entstanden sein. Durch die Verklumpung von Staubeilchen entstanden immer größere Körper. Durch die Gravitationskräfte prallten diese aufeinander, bis sich schließlich der Großteil der Masse zu den Planeten geformt hatte. Die Energie der Zusammenstöße mit großen Körpern führte zur Erwärmung, bis sich die Erde schließlich auf etwa 2.000 °C erwärmt hatte. Unter diesen Temperaturen sind die schweren metallischen Elemente geschmolzen und haben im Zentrum einen Eisenkern gebildet. Durch diesen Vorgang wurden die leichteren Elemente nach außen gedrängt, bis sie sich zum Erdmantel und zur Erdkruste entwickelt haben. So entstanden im Verlauf von vielen Millionen Jahren über dem Eisenkern ein Mantel aus mittelschwerem Gestein und eine Kruste aus leichteren Elementen, wie sauerstoffhaltige Minerale. Das leichtere Wasser sammelte sich und bildete Ozeane, die noch leichteren Elemente sammelten sich ganz außen und erzeugten die Atmosphäre.

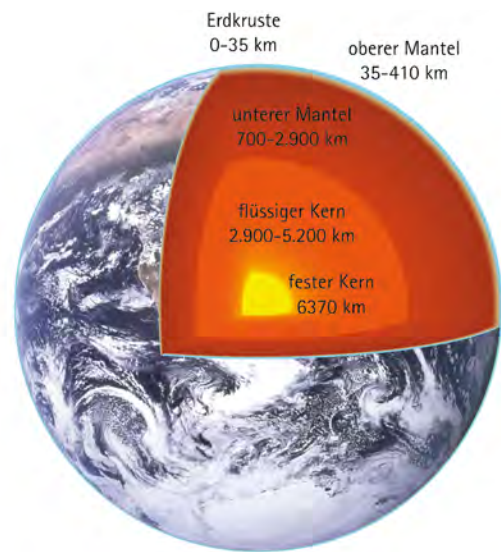


ABBILDUNG 429: Aufbau der Erde - QUELLE: USGS - BILD: NASA

PRÄSENTATION 6: Unser Heimatplanet, die Erde (19 Folien)

2.5.1 Die Rolle der Atmosphäre

Die Atmosphäre ist der Gasmantel der Erde und spielt für das Erdklima eine zentrale Rolle. Sie schützt uns vor der energiereichen UV-Strahlung der Sonne, sorgt für eine ausgeglichene Temperatur auf der Erdoberfläche, enthält die Luft, die wir atmen, und ermöglicht so das Leben auf der Erde. In der Nähe der Erdoberfläche ist die Atmosphäre aufgrund der Schwerkraft am dichtesten, mit zunehmender Höhe wird sie dünner. Die Atmosphäre gliedert sich vertikal in mehrere deutlich unterscheidbare Schichten. Für das Wetter und das Klimageschehen ist vor allem die Troposphäre von Bedeutung. Sie enthält fast 90 % der gesamten Luft und des Wasserdampfes. In der Troposphäre nimmt die Temperatur mit steigender Höhe ab. In der Stratosphäre bleibt sie konstant, ehe sie dann Richtung Weltall wieder zunimmt. Die sogenannte Ozonschicht befindet sich in der Stratosphäre, sie absorbiert die für lebende Zellen schädliche UV-Strahlung des Sonnenlichts.

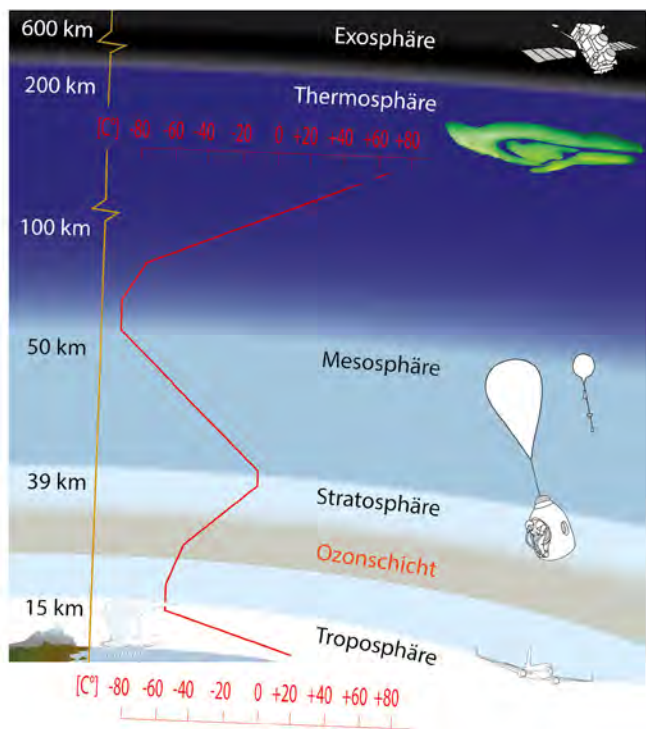


ABBILDUNG 430: Schichtungen der Atmosphäre - QUELLE: Murck - BILD: NASA

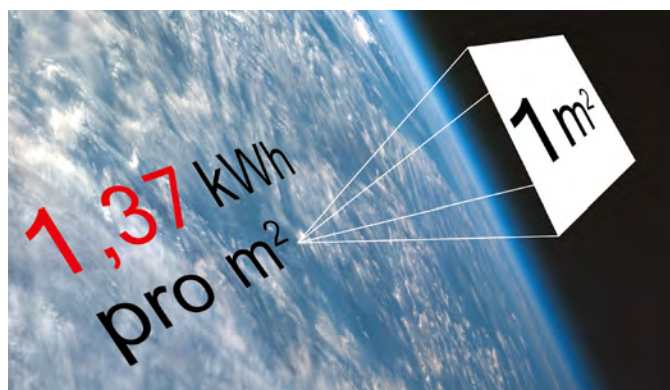


ABBILDUNG 431: Solarkonstante - QUELLE: Murck - BILD: NASA

Im Weltraum, kurz oberhalb der Erdatmosphäre, beträgt die gesamte elektromagnetische Strahlungsleistung der Sonne im Jahresdurchschnitt 1,367 Kilowatt pro Quadratmeter. Schwankungen von bis zu 7 % entstehen durch die elliptische Umlaufbahn der Erde.

EXPERIMENT 1: Experiment Atmosphäre: Spiel der Farben

PRÄSENTATION 7: Das elektromagnetische Spektrum des Sonnenlichtes (17 Folien)

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Beziehung zwischen Sonne und Erde

Geographie

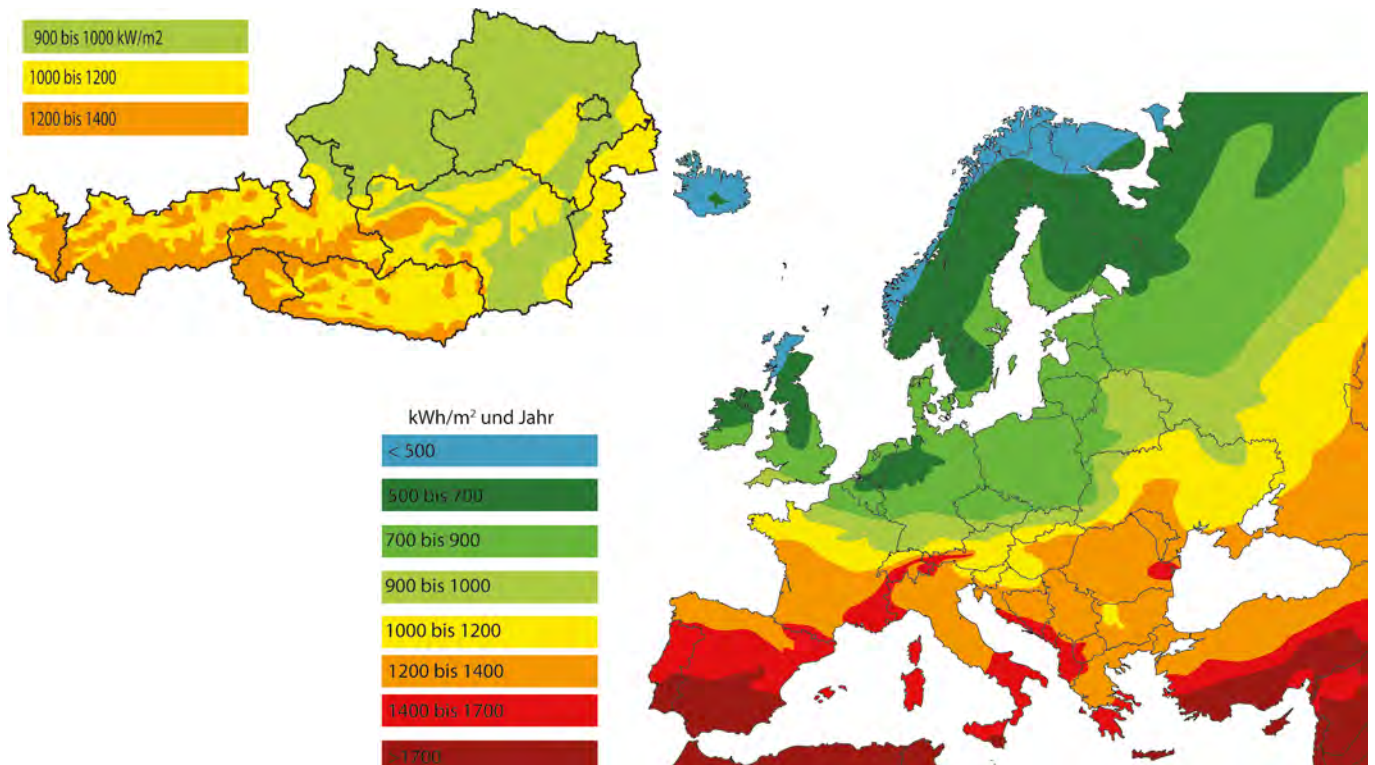


ABBILDUNG 432: Sonneneinstrahlung in Europa und Österreich - QUELLE: PVGIS European Union

.ppt

PRÄSENTATION 8: Sonnenangebot in Österreich und Europa (13 Folien)

Die Intensität der Sonneneinstrahlung auf der Erdoberfläche ist von verschiedenen Einflüssen abhängig. Grund dafür ist die Lage der Erdachse zur Sonne. Am Äquator treffen die Strahlen der Sonne auf kürzestem Weg durch die Atmosphäre fast senkrecht auf die Erde auf, die Verteilung der Strahlung erfolgt über ein kleines Gebiet. Strahlen, die an den Polen auf die Atmosphäre treffen, müssen einen längeren Weg durch die Atmosphäre zurücklegen, ihre Verteilung erfolgt über ein großes Gebiet. Auch die Seehöhe hat einen Einfluss auf die Intensität der Sonneneinstrahlung: Je höher sich ein Standort befindet, desto geringer ist der Weg der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre.

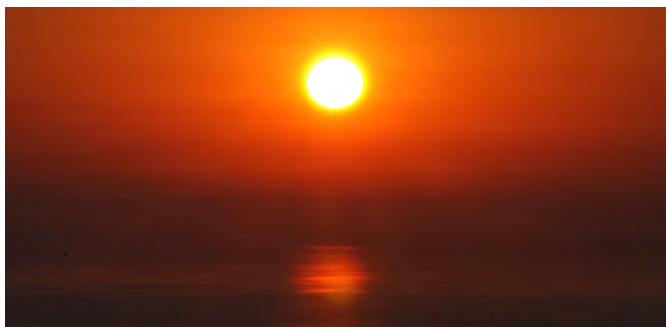


ABBILDUNG 433: Sonnenuntergang auf Sizilien; die Sonne steht tief, die Strahlung wird gedämpft - BILD: Vraneon

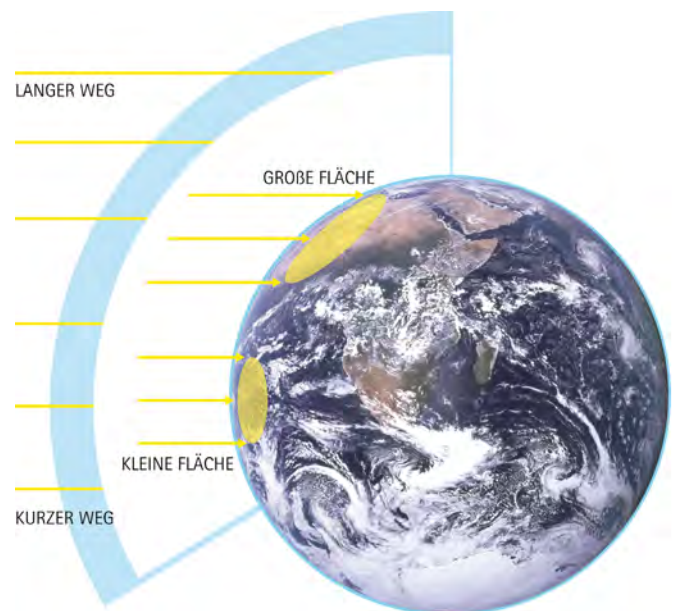


ABBILDUNG 434: Strahlungsdämpfung durch die Erdatmosphäre
QUELLE: Murck - BILD: NASA

.ppt

PRÄSENTATION 9: Sonneneinstrahlung auf der Erde (10 Folien)

EXPERIMENT 2: Ein elektromagnetisches Wellenschlagen mit Störeffekten

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Beziehung zwischen Sonne und Erde



2.5.2 Das Innere der Erde und die Rolle der Magnetosphäre

Als Geosphäre wird der Bereich der Erdoberfläche bezeichnet, in dem sich alle fünf Sphären berühren und gegenseitig durchdringen. Die fünf Sphären sind: Atmosphäre (Gashölle), Biosphäre (Pflanzen- und Tierwelt), Lithosphäre (Gesteinsschicht), Pedosphäre (Bodenhölle), Hydrosphäre (Wasserhölle). Die Geosphäre wirkt sich auf das Klima aus, auch in Wechselwirkung mit der Entstehung des Lebens, der Biosphäre. Teil der Geosphäre ist auch das Innere des Planeten Erde.

Der innere Erdkern besteht vermutlich aus einer festen Eisen-Nickel-Legierung. Bei einer Temperatur von weit über 5.000 °C kann dies nur aufgrund des hohen Druckes von über 3,5 Millionen Bar der Fall sein. Da der Druck nach außen hin immer geringer wird, ist der Eisenkern flüssig und wird als Grund für das Magnetfeld gesehen. Durch Wärmeströmungen in diesem

Kern, die unter anderem durch die Erdrotation verursacht werden könnten, wird wie in einem Dynamo ein elektrisches Feld erzeugt. Das Magnetfeld der Erde schützt den Planeten vor den Sonnenwinden, elektrisch geladenen Teilchen, die durch Sonneneruptionen in den Weltraum geschleudert werden. Die Teilchen des Sonnenwindes werden entlang der Feldlinien des Erdmagnetfeldes abgelenkt. Zeuge dieses Phänomens auf der Erde sind Polarlichter. Teilchen des Sonnenwindes können an den Polen, wo die Feldlinien senkrecht zur Erdoberfläche stehen, in die Atmosphäre gelangen und dort die Moleküle der Luft zum Leuchten bringen. Nach letzten Erkenntnissen verfügte der Planet Mars einst über ein Magnetfeld, das heute nicht mehr vorhanden ist. Der Verlust dieses Magnetfeldes könnte dazu geführt haben, dass Wasser und Atmosphäre durch die Jahrtausende lange Einwirkung von Sonnenwinden in das Weltall geschleudert wurden.

Weiter mit: „2 Einflüsse der Biosphäre: Mensch und Klima“ K: 6, S: 198

Weiter mit: „3.2 Plattentektonik“ K: 6, S: 207 oder Weiter mit: „3.5 Vulkanismus“ K: 6, S: 209

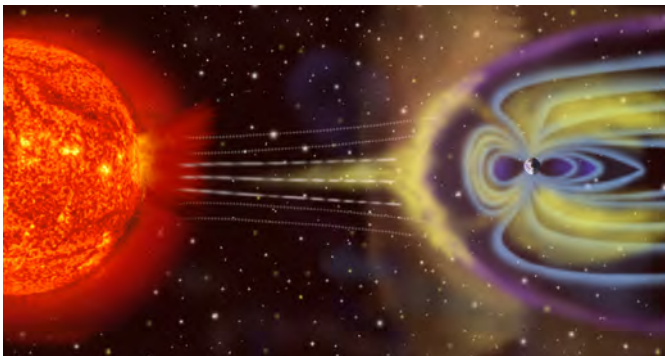


ABBILDUNG 435: Magnetfeld der Erde – BILD: NASA



ABBILDUNG 436: Polarlichter von der ISS aus gesehen – BILD: NASA

Über dem flüssigen Teil des Eisenkerns beginnt der Erdmantel. Er nimmt etwa zwei Drittel der Erdmasse ein und ist ebenfalls flüssig. Der letzte Abschnitt des Erdmantels wird Asthenosphäre genannt. Diese Schicht verhält sich wie eine zähe Masse. Die Erdkruste und der oberste Teil des Erdmantels bis zu einer Tiefe von 100 Kilometern bilden zusammen die Lithosphäre. Sie gliedert sich in verschiedenen großen Einheiten, die tektonischen Platten. Diese Platten treiben wie Eisschollen auf der zähen

Asthenosphäre. Durch aufsteigendes Magma an den Platten Grenzen werden die Platten bewegt; dieser Mechanismus wird als Plattentektonik bezeichnet. Sie gestaltet das Bild der Erdoberfläche und hat dadurch großen Einfluss auf das Klima. Auch der Vulkanismus, der zum größten Teil aus der Asthenosphäre gespeist wird, wirkt sich indirekt auf das Klima aus, indem die Zusammensetzung der Atmosphäre verändert wird.

2.5.3 Die Erdoberfläche und ihre Auswirkungen

Durch plattentektonische Vorgänge wurden im Lauf der Erdgeschichte die Gebirge hervorgebracht, die durch das Aufeinanderdrücken der tektonischen Platten aufgetürmt wurden. Seit dem Eozän führte Afrika eine direkt nördlich gerichtete Bewegung durch und schob sich dabei in das südliche Ende von Europa hinein. Dadurch wurden die Alpen aufgefaltet, das höchste Gebirge Europas. Die höchste Erhebung der Alpen ist der Mont Blanc mit etwa 4.800 Metern Seehöhe. Ihre höchste Erhebung in Österreich ist der Großglockner mit etwa 3.800 Metern. Die Kontinentalplatten bewegen sich heute noch ca. 5 cm pro Jahr

aufeinander zu, auch die Alpen werden dadurch noch immer in die Höhe geschoben. Die Erosion, die Abtragung der Oberfläche durch Umwelteinflüsse, vor allem durch Wasser und Wind, kompensiert aber diese Erhebung weitgehend. Die Seehöhe eines Standortes hat maßgebliche Auswirkungen auf die dort herrschenden klimatischen Bedingungen. Durch die Bildung von Gletschern kam es zu einer starken Bindung von Wasser aus dem Wasserkreislauf, was eine Senkung der Meeresspiegel bewirkte. Somit haben auch die Gebirge einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Entwicklung des Gesamtklimas.

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Beziehung zwischen Sonne und Erde



ABBILDUNG 437: Die Alpen von oben - BILD: NASA



ABBILDUNG 438: Großglockner, höchster Alpengipfel in Österreich - BILD: Magnus

Etwa 70 % der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt. Über 97 % des gesamten Wassers befinden sich in Form von Salzwasser in den Meeren, nur 3 % sind in Form von Süßwasser vorhanden. Etwa 69 % des gesamten Süßwassers bildet die Eiskappen der Pole und Gletscher, während das Grundwasser etwa 30 % des Süßwassers ausmacht. Süßwasser auf der Oberfläche des Plane-

ten in Form von Seen, Sümpfen und Flüssen macht nur 1 % des gesamten Süßwasservorkommens aus. Durch die einstrahlende Sonnenenergie befindet sich das Wasser auf unserem Planeten in einem endlosen Kreislauf. Der Kreislauf wird durch die Strahlungsenergie der Sonne angetrieben und hat großen Einfluss auf die Ausprägung der Klimazonen.

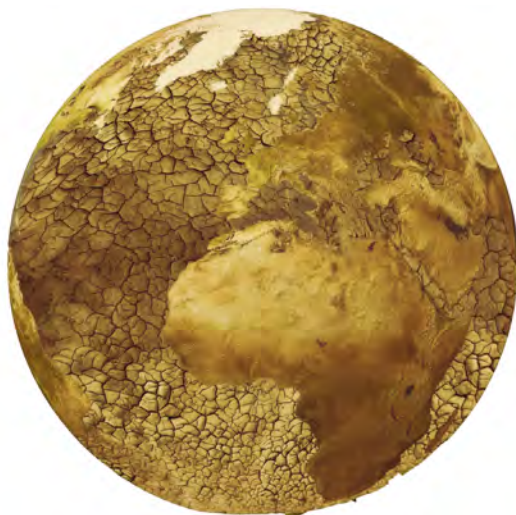


ABBILDUNG 439: Wasserverteilung auf der Erde, Modell-Größenvergleich, links das Volumen der Erde im Verhältnis zu den Volumina des vorhandenen Wassers
QUELLE: Murck, USGS - BILD: Mariosilva

Mit dem Begriff Albedo wird das Reflexionsvermögen einer Oberfläche bezeichnet. Das Gesamtsystem Erde hat eine Albedo von etwa 0,3, was einer Rückstrahlung der Sonnenstrahlung von etwa 30 % entspricht. Die Albedo hängt vor allem von der Oberflächenbeschaffenheit eines Gebietes ab. Während frischer Schnee und Eis fast 90 % der Strahlung reflektieren, ist es bei Wäldern genau umgekehrt, sie absorbieren bis zu 90 % der eintreffenden Strahlung. Wasseroberflächen absorbieren je nach Einfallswinkel 80 bis 95 % der Sonnenstrahlen. Der Grund für die relativ niedrige gesamte Albedo des Planeten Erde ist die hohe Albedo von Wolken, die sich immer irgendwo in der Atmosphäre befinden und 60 bis 90 % der Sonnenstrahlung reflektieren.

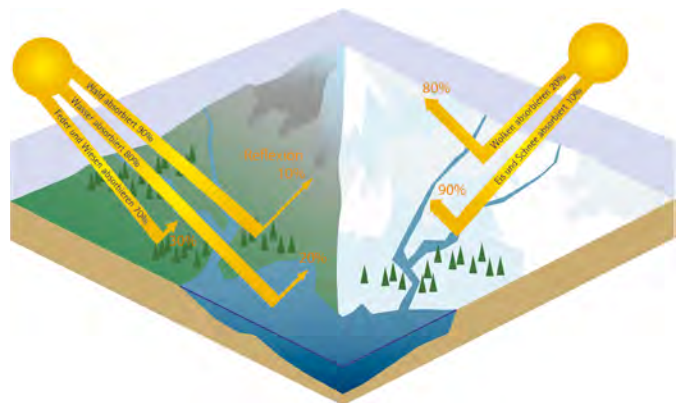


ABBILDUNG 440: Albedowerte verschiedener Erdoberflächen - QUELLE: IPCC

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde



3 FUNKTIONSBEDINGUNGEN DER KLIMAMASCHINE ERDE

Die Erde ist eine riesige Klimamaschine, die durch die Energie der Sonneneinstrahlung angetrieben wird. Dadurch werden viele Mechanismen in Gang gesetzt, die letztendlich alle versuchen, die Unterschiede der eintreffenden Strahlungsenergie im System Erde auszugleichen. Dadurch schaffen diese Mechanismen ein konstantes Klima, in dem Leben möglich ist. Dennoch sind die klimatischen Bedingungen auf unserem Planeten lokal sehr

unterschiedlich und nicht an jedem Ort der Erde gleich. Die Erde lässt sich in verschiedene Klimazonen einteilen, die eine charakteristische Abfolge von den Polen zum Äquator aufweisen. Die Grenzen der Klimazonen verlaufen dabei nicht parallel zu den geografischen Breiten, sondern werden durch eine Reihe von Faktoren bestimmt.

Weiter mit: „3.3 Ausprägung der Klimazonen“ K: 7, S: 241 oder
Weiter mit: „2 Beziehung zwischen Sonne und Erde“ K: 7, S: 228

3.1 Vom Wetter zum Klima



Wenn in einer Spätfrostnacht die Obstblüte erfriert, ist das eine Folge des Wetters. Wenn aber an einem bestimmten Ort zur Zeit der Obstblüte regelmäßig Spätfröste auftreten, ist dort das Klima für den Obstanbau nicht geeignet. So wie das Klima eine Statistik des Wetters ist, ist der Klimawandel eine Statistik des Klimas und damit auch eine Statistik des Wetters; der Fokus liegt auf der Häufigkeit von Extremen in Verbindung mit den vorliegenden Trends. Für die Beurteilung des weltweiten Klimas und der Klimaänderung ist vor allem die globale Jahresmitteltemperatur von Bedeutung. Sie wird in einem komplizierten mathematischen Verfahren aus den Werten des weltweiten Netzes von Messstationen ermittelt.

Wetter ist der kurzfristige und stets wechselnde Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort, wie wir ihn tagtäglich erfahren. Das aktuelle Wetter ist das Ergebnis von schnell entstehenden und wieder vergehenden Wetterlagen. Wettererscheinungen sind Regen, Sonnenschein, Sturm oder auch ein Gewitter. Großwetterlagen sind Wetterlagen über Großräumen wie Europa oder Ostasien. Als Klima bezeichnet man dagegen den charakteristischen Verlauf des Wetters an einem Ort oder in einem bestimmten Raum über einen längeren Zeitraum hinweg. Das Klima wird durch eine Statistik des Wetters beschrieben, bei der kurzfristige Schwankungen kaum Gewicht haben. Klima berücksichtigt auch die Häufigkeit extremer Wetterereignisse.

Mauna-Loa-Observatorium auf der größten hawaiianischen Insel ist international wohl die bedeutendste CO₂-Messstation. Seit 1956 werden hier Daten über die CO₂-Konzentration der Atmosphäre gesammelt.

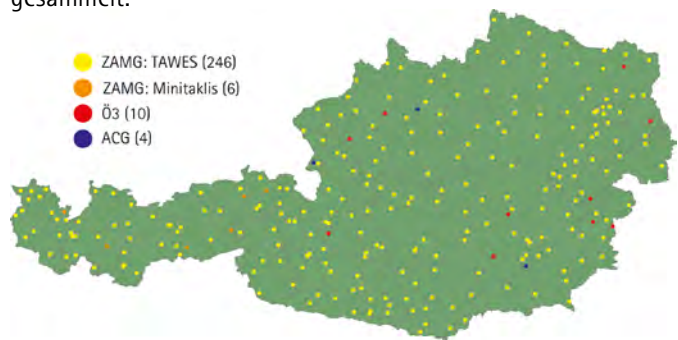


ABBILDUNG 441: Messstationen Wettermessnetz Österreich - QUELLE: ZAMG

Die ZAMG, die österreichische Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, verfügt mit über 266 Messstationen über eines der weltweit dichtesten Wettermessnetze. Das Mau-

Weiter mit: „4 Dynamik des Wetters und Klimaphänomene“ K: 7, S: 246

Weiter mit: „4.3 Klimaphänomene“ K: 7, S: 249

Weiter mit: „4 Der menschgemachte Klimawandel“ K: 6, S: 212



ABBILDUNG 442: ZAMG hohe Warte in Wien - BILD: Mathias Stampfl



ABBILDUNG 443: Mauna-Loa-Observatorium auf Hawaii - BILD: Alan L



7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde

Das Mikroklima beschreibt das Klima kleinster Flächen. Betrachtet werden häufig verschiedener Vegetationstypen wie Wälder oder Sümpfe, in denen oft charakteristische Bedingungen vorherrschen, auch in Abhängigkeit zum Mesoklima, in dem sie in Erscheinung treten. Das Mesoklima betrachtet das Klima von Landschaftszügen und Geländeformen. Das Makro- oder Globalklima erfasst kontinentale und globale Zusammenhänge. Vergleicht man das Klima vieler über die ganze Erde verteilter Orte, stellt man fest, dass es in relativ großen Gebieten ähnliche Züge trägt. Diese Gebiete werden zu Klimazonen zusammengefasst.

Das Globalklima der Erde ist ein hochkomplexes System mit zahlreichen Wechselwirkungen. Es wird dabei durch unterschiedliche Klimafaktoren bestimmt: durch systemische Faktoren (die Konstellation des Sonnensystems), durch globale Faktoren (die Beschaffenheit des Planeten Erde) und durch biologische Faktoren (den Einfluss der Lebewesen auf unserem Planeten).

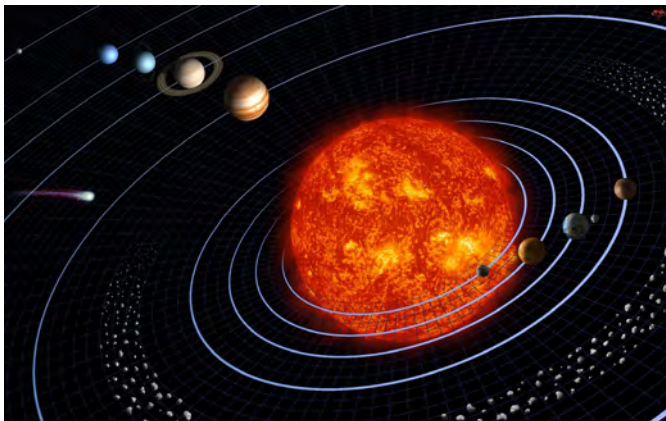


ABBILDUNG 444: Die Erde in unserem Sonnensystem - BILD: NASA

Zu den systemischen Einflüssen der Heliosphäre zählen Faktoren wie die Schwankungen der Erdumlaufbahn oder Störungen in der Neigung der Erdachse. Sie beeinflussen die Aufnahme an Sonnenstrahlung durch das System Erde und die damit verbundenen Mechanismen der atmosphärischen und hydrosphärischen Zirkulation.



ABBILDUNG 445: Wellenreiter in Kalifornien - BILD: Shalom Jacobovitz



ABBILDUNG 446: Nachmittägliche Gewitterwolken über Amazonas - BILD: NASA

Auch globale Faktoren beeinflussen die Zirkulationssysteme; zu ihnen zählen die Bewegungen der Erdkruste, die für die Verteilung von Land und Wasser verantwortlich sind. Der Grad der tektonischen Aktivität der Erdkruste beeinflusst das Klima ebenso wie die Aktivität des Erdinneren. So hält der Dynamoeffekt des Erdkerns die Magnetosphäre aufrecht und schützt damit die Erdatmosphäre; diese wird in ihrer Zusammensetzung unter anderem durch die Aktivität des Erdmantels in Form von Vulkanismus geprägt.



ABBILDUNG 447: Eruption des Rinjani 1994 - BILD: Oliver Spalt

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde



ABBILDUNG 448: Perito Moreno, Argentinien – BILD: Luca Galluzi

Zuletzt kommt noch der biologische Faktor zum Tragen, der durch eine Reihe von Wechselwirkungen aller anderen Faktoren erst hervorgerufen wird und sich je nach den Bedingungen in unterschiedlicher Weise ausdifferenziert. Der Faktor Leben hat einen enormen Einfluss auf die Zusammensetzung der Erdatmosphäre, die letztlich der zentrale Punkt für das Klima im Wandel ist. Von der frühen Erdgeschichte bis heute prägt die Vegetation in großem Ausmaß die biologischen Einflüsse auf den Klimawandel. Seit ein paar Jahrtausenden wächst der Einfluss des Menschen in beängstigendem Maß.

Weiter mit: „2 Einflüsse der Biosphäre: Mensch und Klima“ K: 6, S: 198



ABBILDUNG 449: Zerstörung des Amazonas in Brasilien – BILD: NASA



ABBILDUNG 450: Industriegebiet Linz – BILD: Stadt Linz



Alle Systeme und Klimafaktoren sind dynamisch miteinander verbunden, eine kleine Änderung in einem Untersystem kann große Auswirkungen auf ein anderes oder auf das Gesamtsystem haben. Das zeigt auch ein Blick zurück in die Klimaschichte.

3.2 Atmosphäre und Hydrosphäre

3.2.1 Die globale Zirkulation

Um die Ausprägung der Klimazonen zu verstehen, müssen wir die Mechanismen der Klimamaschine Erde betrachten. Neben der Sonneneinstrahlung spielen Wind und Wasser, Atmosphäre und Hydrosphäre eine wichtige Rolle. Die relevanteste Zone für den Antrieb der Klimamaschine ist der Äquator, da hier die meiste Energie auf die Erde auftrifft.

PRÄSENTATION 12: Die globale Zirkulation (14 Folien)

EXPERIMENT 3: Experimente zur Demonstration des Luftdruckes

Ohne die Erdrotation würden sich der Mechanismus der globalen Zirkulation viel einfacher ausprägen. Die intensive Sonnenstrahlung am Äquator würde ein Aufsteigen der Luft bewirken, die dann in großen Höhen nord- und südwärts zu den kalten Polen ziehen würde. Dort würde sie abkühlen, absinken und in Form von Winden als Ausgleich wieder zum Äquator wehen.

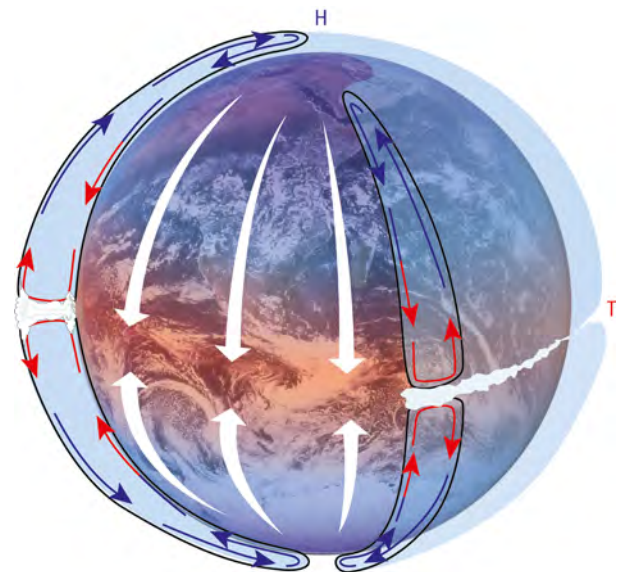


ABBILDUNG 451: Globale Zirkulation der Luftmasse ohne Erdrotation
BILD: NASA

Weiter mit: „2.2 Erdrotation und Neigung der Erdachse“ K: 7, S: 229

Weiter mit: „4.2 Vom Wind zum Sturm“ K: 7, S: 247

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde

3.2.2 Corioliskraft

Die Corioliskraft entsteht durch die Erdrotation und prägt die Bewegungen der globalen Luftmassen sowie die Meeresströmungen. Durch die annähernde Kugelform der Erde bewegen sich Orte an verschiedenen Breitengraden unterschiedlich schnell. Wenn nun Luftmassen ihre geografische Breite verlassen, behalten sie ihre Geschwindigkeit bei und eilen der Erdrotation um die Differenz der zurückgelegten Wege voraus. Dadurch entsteht eine Ablenkung in die Richtung der Erdrotation. Luftmassen, die vom Äquator zu den Polen strömen, erfahren eine Ablenkung nach Osten. Luftmassen, die von den Polen zum Äquator strömen, werden nach Westen abgelenkt.

PRÄSENTATION 13: Die Corioliskraft (17 Folien)

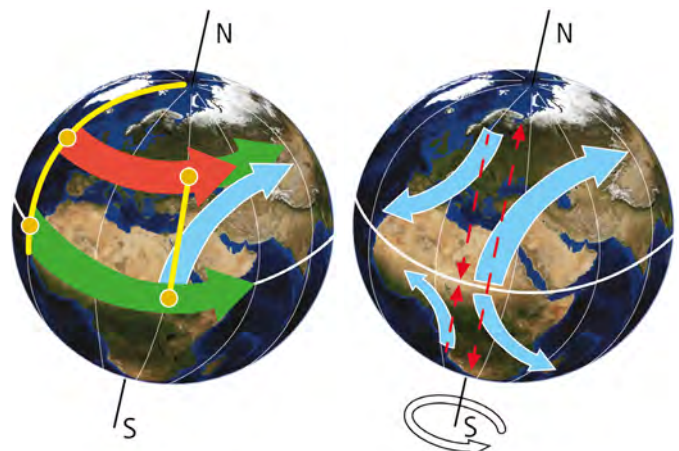


ABBILDUNG 452: Ablenkung durch die Corioliskraft - QUELLE: SWR/WDR

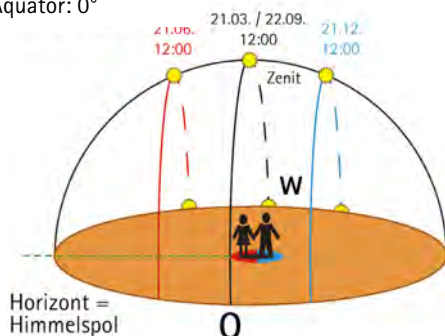
3.2.3 Auswirkungen am Äquator und an den Wendekreisen

Am Äquator steht die Sonne fast das gesamte Jahr sehr steil am Himmel. Aufgrund des steilen Winkels geht die Sonne früh auf und spät unter. Der Weg der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre ist sehr kurz und die Strahlung verteilt sich auf eine kleine Fläche. Es ist das ganze Jahr über sommerlich heiß. Die Temperaturunterschiede von Tag und Nacht sind viel größer als die jährlichen Schwankungen.

Das Gebiet rund um den Äquator, in dem jeweils die Sonne mit-tags im Zenit steht, ist der Ausgangspunkt eines riesigen Wär-

mekreislaufes rund um den Globus. Durch die intensive Sonneneinstrahlung erhitzt sich die Luft und steigt ständig empor. Der Luftdruck am Boden nimmt dadurch stark ab und es bildet sich die innertropische Tiefdruckrinne. Durch den entstehenden Unterdruck strömt aus dem Norden und Süden ständig Luft in diese Zone nach, was außerhalb dieser Zone zu kräftigen und konstanten Nordwest- und Südwestwinden, den Passatwinden, führt. Durch die Ablenkung der Corioliskraft weht auf der Nordhalbkugel der Nordwestpassat, während auf der Südhalbkugel der Südwestpassat weht.

am Äquator: 0°



in Mitteleuropa: 45° N

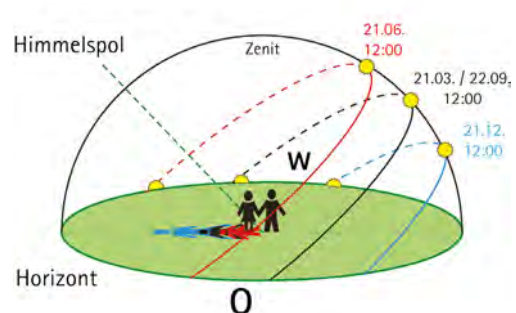


ABBILDUNG 453: Sonnenverlauf am Äquator und in gemäßigten Breiten, Himmelspol = Nordpol - QUELLE: Michael Pidwirny



Druckausgleichende Luftmassenströme werden in der Meteorologie Konvergenz genannt, woraus sich auch der Begriff der innertropischen Konvergenzzone ITC ableitet. Ohne die Konvergenz durch Wind wäre es an den Polen um durchschnittlich 25 °C kälter und am Äquator um 14 °C wärmer.

Die heiße Luft, die bei Sonneneinstrahlung aufsteigt, gelangt bis zur Tropopause in etwa 15 km Höhe und strömt dann als Antipassat in die Richtung der Pole. Durch die Ablenkung der Erdrotation werden die Luftmassen daran gehindert, zu den Polen zu ziehen, und sinken nach etwa 2.500 Kilometern wieder ab,

wodurch sie einen Hochdruckgürtel erzeugen. Von dort wehen sie wieder als Passat zurück zur innertropischen Konvergenzzone. Teile der absinkenden Luftmassen, die am subtropischen Hochdruckgürtel absinken, strömen auch in Richtung des Tiefdruckgürtels an der Polarfront.

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde

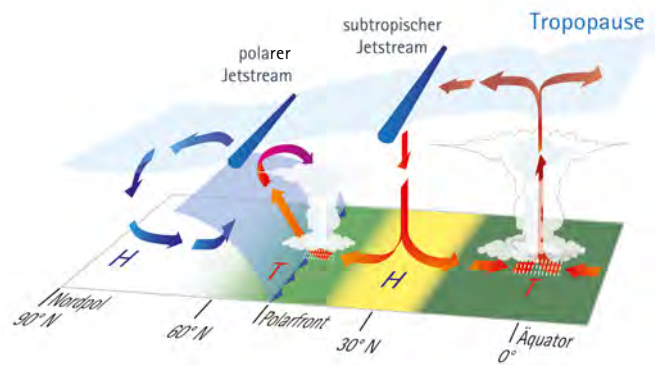
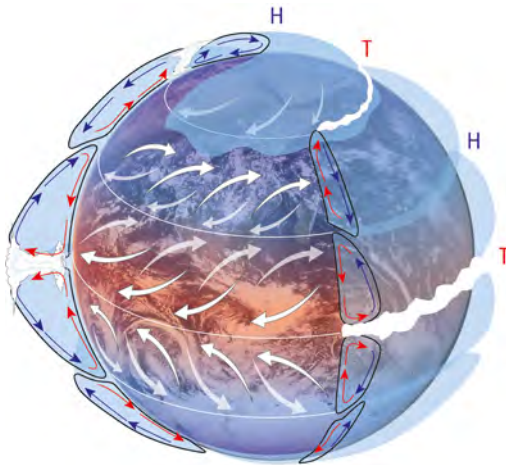


ABBILDUNG 454: Atmosphärische Zirkulation - QUELLE: Murck, Thomson - BILD: NASA

Global lassen sich jeweils weitere großräumige Drucksysteme erkennen, die sich sowohl nördlich als auch südlich an den subtropischen Hochdruckgürtel anschließen. An den Polen entsteht jeweils noch ein großräumiges Drucksystem, die Polarzellen. An den Grenzen dieser Drucksysteme treten durch die Ablenkung der Corioliskraft in großen Höhen kräftige Starkwindbänder auf, die auch Jetstream genannt werden. Sie wehen von Westen nach Osten. Der Jetstream über der Polarfront bildet sich kräftiger aus; er kann die kälteren Luftmassen aus dem Norden nicht durchdringen, weshalb er von ihnen auch stärker abgelenkt wird.

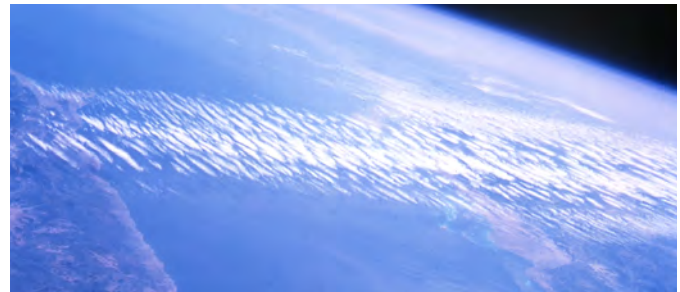


ABBILDUNG 455: Jetstream über Nordamerika - BILD: NASA



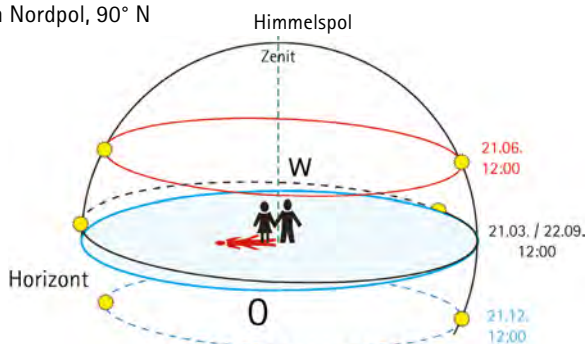
In seinem Zentrum erreicht der polare Jetstream Geschwindigkeiten von 200 bis 500 km/h. Über Japan wurden schon 650 km/h gemessen. Diese Jetstreams werden in der Luftfahrt genutzt. Bei einem Flug von New York nach Frankfurt wird zuerst nach Norden bis in den Jetstream geflogen; trotz dieses Umweges verkürzt sich die Flugzeit für die gesamte Strecke um eine Stunde.

3.2.4 Auswirkungen an den Polen und Polarkreisen

An den beiden Polen gibt es nur Sommer und Winter. Während des Sommers gibt es keine richtigen Nächte, weil die Sonne nie ganz hinter dem Horizont verschwindet. Der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen bleibt dennoch niedrig, denn ihr Weg durch die Atmosphäre ist lang und die Strahlung verteilt sich auf einer großen Fläche. Auch im Sommer ist es auf den Polen verhältnismäßig kalt, weshalb die Pole über das ganze Jahr vereist sind.

Durch die hohe Albedo von Eisflächen bleibt die Temperatur über dem Eis das ganze Jahr niedrig. Auch 1.500 km von den Polen entfernt herrscht noch eisige Kälte. Die Luft über den Polen ist kalt und somit dicht und schwer, sie sinkt ab und erzeugt ein Hochdruckgebiet. In Bodennähe wandert sie in Richtung der relativ wärmeren Breiten ab, bis sie an die Polarfront gelangt. Dort trifft sie auf warme Luft, die von den Subtropen in Richtung der

am Nordpol, 90° N



am nördlichen Polarkreis, 66,5° N

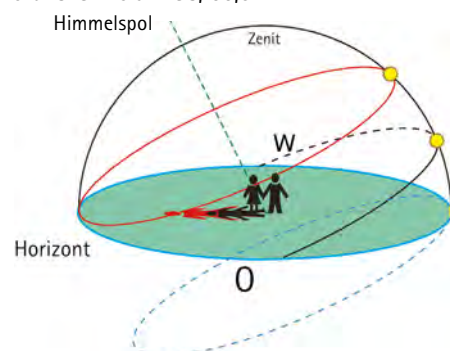


ABBILDUNG 456: Sonnenverlauf an den Polen und den Polarkreisen - QUELLE: Michael Pidwirny

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde

Pole strömt. Die Luft von den Polen ist kälter und somit dichter und schwerer; wie ein Keil schiebt sie sich unter die wärmere Luft und leitet diese nach oben ab. Die aufsteigende warme Luft dehnt sich wegen des sinkenden Luftdrucks mit steigender Höhe aus. Durch den Druckabfall in der Höhe kommt es zu einer Saugwirkung, die weitere Luft nach oben saugt; es entsteht ein Tiefdruckgebiet. Die Ablenkungen der Luftmassen durch die Corioliskraft bewirkt bei den kalten Luftströmen von den Polen

3.2.5 Die Rolle der Ozeane

Nicht nur die globalen Windsysteme sorgen für die Verteilung von Energie, auch die Ozeane sind für den großräumigen Wärmeaustausch von großer Bedeutung. Dieser Austausch erfolgt über eine Meeresströmung mit globalem Ausmaß, dem großen marinen Förderband. Es verbindet die drei Weltmeere, den Atlantik, den Pazifik und den Indischen Ozean, und ist 110.000 km lang. Es wird durch viele Mechanismen in Gang gehalten, der wichtigste Antrieb erfolgt aber durch Unterschiede in der Dichte des Wassers. Diese Unterschiede beruhen auf der kombinierten Wirkung von Temperatur und Salzgehalt, weshalb man auch in diesem Zusammenhang von der thermohalinen Zirkulation spricht. Kühlt Wasser ab, nimmt seine Dichte zu und es wird schwerer. Die Dichte nimmt außerdem mit dem Salzgehalt von Wasser zu, was zum Antrieb des großen marinen Förderbandes beiträgt.

Ausgangspunkt für dieses globale Strömungssystem ist die starke Verdunstung durch Sonneneinstrahlung in der Karibik (1). Der dabei entstehende Wasserdampf wird vom Nordostpassat über die schmale mittelamerikanische Landbrücke westwärts zum Pazifik geweht. Dies führt dazu, dass der Salzgehalt und damit auch die Dichte des Wassers in der Karibik höher sind als in anderen Ozeanen. Der Nordatlantikstrom als 2. Abschnitt des Golfstroms vollzieht eine thermische Ausgleichsbewegung: Unterstützt durch die vorherrschenden Westwinde gelangt das salzreiche, warme Wasser aus der Karibik in das Gebiet zwischen Grönland und Norwegen. In der Grönlandsee wird es dann so kalt, dass es bis auf 3.000 Meter absinkt (2). In den Polargebieten gefriert Meerwasser zu Eis, dabei erhöht sich der Salzgehalt des Wassers, was den Effekt des Absinkens verstärkt. Es entsteht ein Sog, durch den weitere warme Wassermassen aus der Karibik nachströmen. Als nordatlantisches Tiefenwasser fließt der Strom dann nach Süden und wird vom antarktischen Zirkumpolarstrom nach Osten abgeleitet (3). Diese Meeresströmung umkreist, angetrieben durch den subpolaren Jetstream, die Antarktis und ist bis auf eine Tiefe von 4.000 Metern wirksam. Durch die Ablenkung werden die Wassermassen im Indischen und Pazifischen Ozean verteilt (4). Das Wasser erwärmt sich in der Folge am Äquator und fließt an Indonesien und der Südspitze Afrikas als warme Oberflächenströmung vorbei in die Golfregion Mittelamerikas. Und so schließt sich der Kreislauf (5). Die Klimawirksamkeit des globalen marinen Förderbandes ist beträchtlich. Der warme Nordatlantikstrom verschafft West- und Nordeuropa ein

eine Ablenkung nach Westen, während die warmen Luftströme aus den Subtropen eine Ablenkung nach Osten erfahren. Im Gegensatz zum Tiefdruckgürtel der ITC (Intertropical Convergence Zone) entsteht eine sehr dynamische und turbulente Zone. Die ITC wird auch Kalmengürtel und im Atlantik Doldrums genannt. Sie ist eine wenige hundert Kilometer breite Tiefdruckrinne in Äquaturnähe im Bereich der von Norden und Süden aufeinandertreffenden Passatwinde.

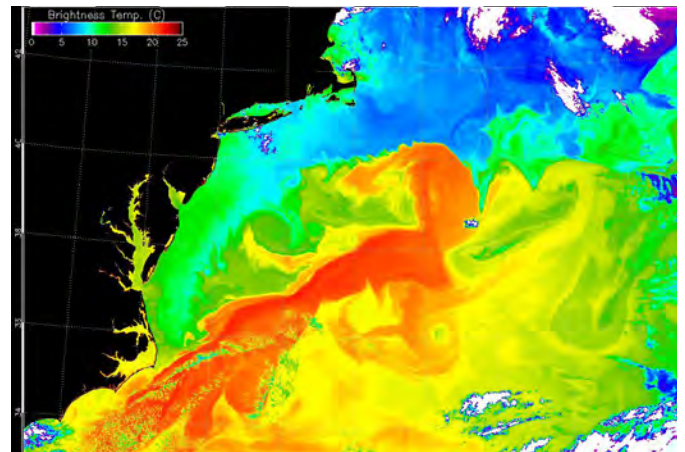


ABBILDUNG 457: Golfstrom, 1.000 Terrawatt Wärmeleistung - BILD: NASA

deutlich milderes Klima, als es die geografischen Breiten erwarten ließen. Im Mittel liegt die Temperatur von Nordwest-Europa um 9 °C höher als an anderen Orten dieser Welt mit vergleichbaren geografischen Breiten.

! *Gewaltige Wassermengen verschwinden in der Absinkzone des Nordatlantiks. Pro Sekunde sinken durchschnittlich 17 Millionen Kubikmeter Wasser in die Tiefe, was etwa dem Zwanzigfachen der Abflussmenge aller Flüsse der Welt entspricht. Man schätzt, dass der Golfstrom eine Wärmeleistung von 1.000 Terawatt hat, was einer Leistung von 100.000 Kernkraftwerken entspricht.*

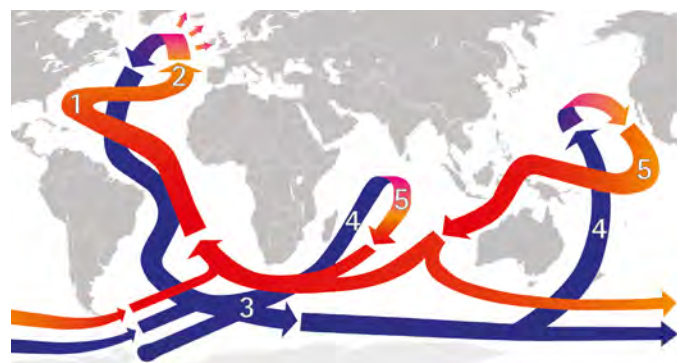


ABBILDUNG 458: Großes marines Förderband - QUELLE: Murck

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde

3.3 Ausprägung der Klimazonen

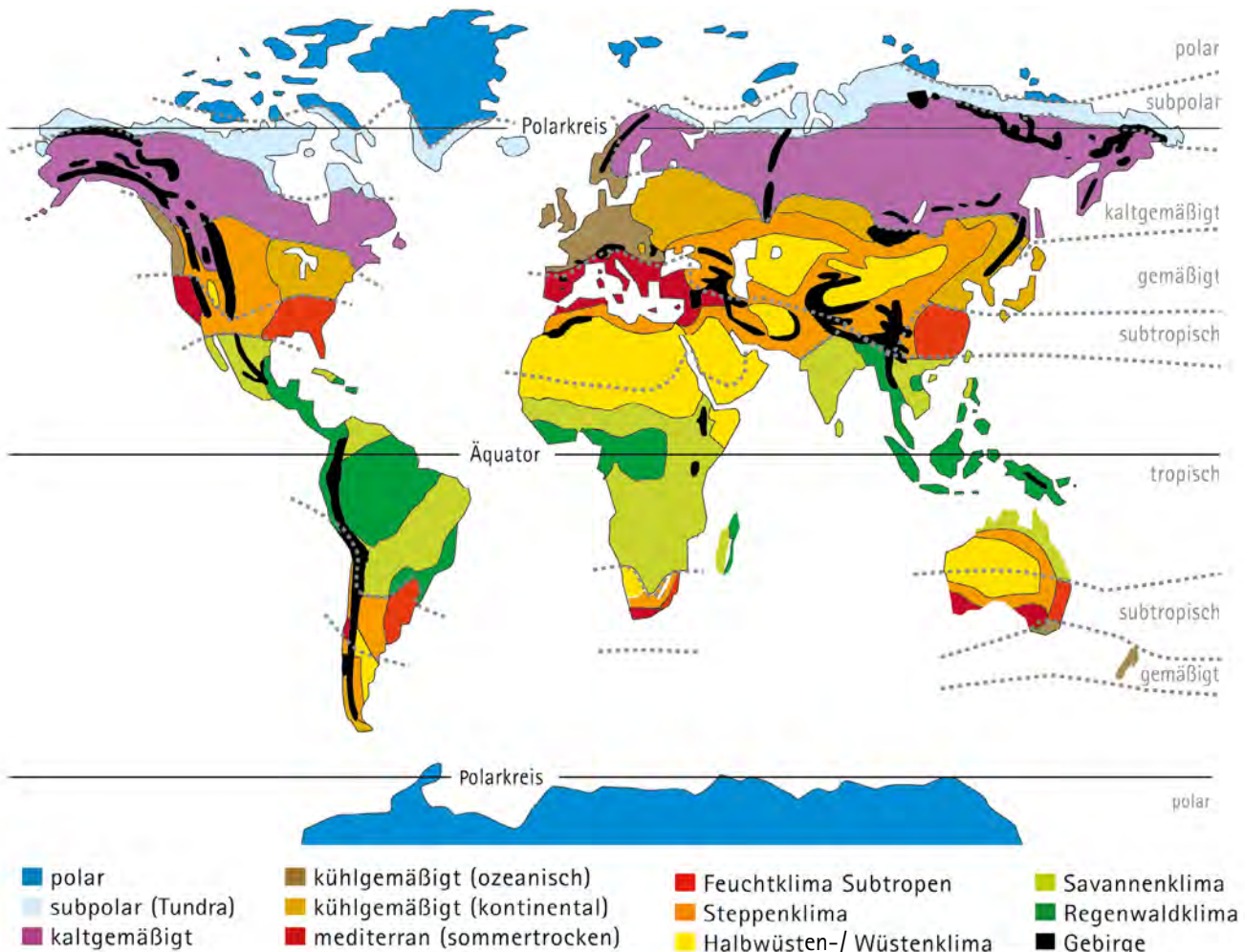


ABBILDUNG 459: Klimazonen - QUELLE: Allianz Umweltstiftung

PRÄSENTATION 16: Klimazonen der Erde (87 Folien)

3.3.1 Tropen und subtropische Zonen

Mit dem Aufsteigen der Luft vermindert sich der Luftdruck, die Luft dehnt sich aus und kühlt ab. Der in der Luft enthaltene Wasserdampf kondensiert, es bilden sich Tropfen und es kommt zu Niederschlägen. Die konstanten Niederschläge führen gemeinsam mit der intensiven Sonneneinstrahlung zur Ausprägung des Regenwaldklimas. Im an den Wendekreisen entstandenen Hochdruckgebiet kommt es zu großräumig absinkenden Luftmassen, die wenig Feuchtigkeit enthalten. Das Absinken der Luft führt zu einer Erhöhung des Luftdrucks, wodurch sich die Luft erwärmt. Die Kondensation bleibt aus; somit bleiben auch Niederschläge aus. Das Fehlen der Niederschläge führt zur Ausprägung des Wüsten- und Steppenklimas in den Gebieten, wo durch die Konvergenz die großen Hochdruckgebiete entstehen. Die inner-tropische Tiefdruckrinne bildet sich immer dort, wo die meiste Energie auf die Erdoberfläche trifft, dort, wo die Sonne im Zenit steht. Sie verschiebt sich, bedingt durch die Jahreszeiten, und

mit ihr verschieben sich auch die Hochdruckgebiete, die durch die atmosphärische Zirkulation entstehen.

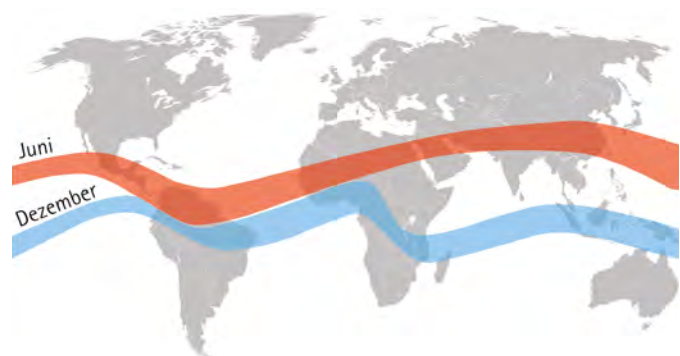


ABBILDUNG 460: Jahreszeitlich bedingte Verlagerung der innertropischen Tiefdruckrinne - QUELLE: NASA

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde

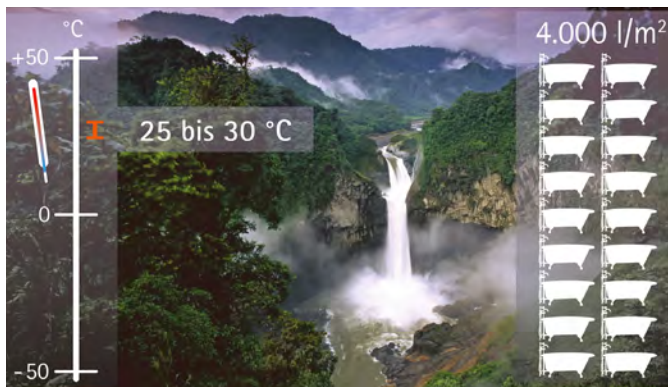


ABBILDUNG 461: Amazonas-Regenwald, Temperaturmittelwert für Nacht und Tag
QUELLE: Allianz Umweltstiftung – BILD: Imageunion

Mit 9 Millionen km², eine Fläche, fast so groß wie China, ist die Sahara die größte Wüste der Erde. Der Hitzerekord von +57,3 °C wurde im August 1923 in Libyen gemessen. Hier gibt es kaum Niederschläge, der Durchschnitt liegt bei etwa 50 Litern pro Quadratmeter und Jahr. Im Vergleich dazu können die Niederschlagsmengen im Amazonasgebiet 2.000 bis 4.000 Liter betragen. In Europa kommt es zu Niederschlagsmengen zwischen 400 und 800 Litern. An den Polen betragen die Niederschlagsmengen etwa 100 Liter pro Quadratmeter und Jahr. Die Niederschläge auf den Polen treten in Form von Schnee auf. Im Sommer verläuft die ITC durch die Sahara. Die dort aufsteigende Luft ist sehr trocken, was der Grund für das Ausbleiben der Niederschläge

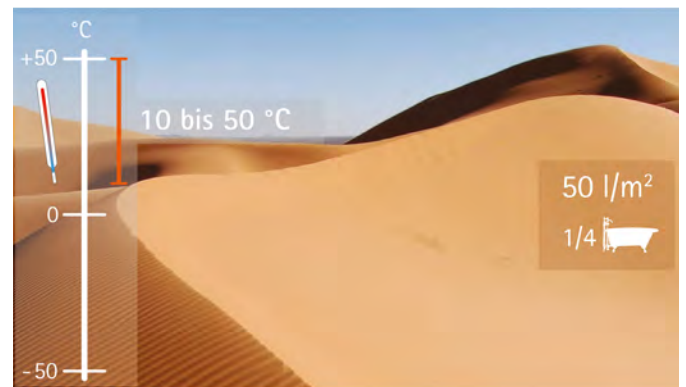


ABBILDUNG 462: Sahara, Temperaturmittelwert für Nacht und Tag
QUELLE: Allianz Umweltstiftung – BILD: Rosa Cabecinhas u. Alcino Cunha

in der Sahara ist. Der subtropische Hochdruckgürtel verlagert sich über den Mittelmeerraum, was dort zu trockenen Sommern und zur Ausprägung der mediterranen Klimazone führt. Gebiete mit mediterranem Klima gibt es aber auch außerhalb des Mittelmeerraumes; der Grund dafür ist die Ablenkung der Passatwinde. Passatwinde wehen immer Richtung Westen; zu Standorten an Westküsten kommt der Passat landseitig, trocken und aufgeheizt, was zur Ausprägung von mediterranem Klima führt. Bei Standorten, die an Ostküsten liegen, verhält sich die Situation genau umgekehrt, der Passat kommt meerseitig und ist dadurch reicher an Feuchtigkeit. Das führt zum feuchten subtropischen Ostseitenklima.



ABBILDUNG 463: Mediterrane Sommertrockenheit, Temperaturmittelwerte für Nord-Winter und Nord-Sommer – QUELLE: Allianz Umweltstiftung – BILD: Bjs



ABBILDUNG 464: Feuchtes Ostseitenklima, Temperaturmittelwerte für Nord-Winter und Nord-Sommer – QUELLE: Allianz Umweltstiftung – BILD: Harald Hespe

3.3.2 Gemäßigte Zonen

Die gemäßigten Zonen erstrecken sich vom Polarkreis bis zum 40. Breitengrad. Innerhalb der gemäßigten Klimazonen wird zwischen kalt, kühl und warm unterschieden. In dieser Zone verlaufen die Jahreszeiten sehr ausgeprägt und mit ihnen auch die Unterschiede zwischen Tag und Nacht. Diese Unterschiede nehmen in Richtung der Pole zu und in Richtung des Äquators immer mehr ab. Die Vegetation wird durch Wälder geprägt, wobei Nadelwälder in Richtung Äquator immer weniger werden. Nach den Tropen sind die gemäßigten Breiten die Zone mit den höchsten Niederschlagsmengen.

Das warmgemäßigte Klima, auch nemorales Klima genannt, ist der wärmere Klimatyp der gemäßigten Zone. Er grenzt sich vom kaltgemäßigten Klima dadurch ab, dass das Temperaturmittel des wärmsten Monats 20 °C übersteigt, und von den Subtropen dadurch, dass das Jahrestemperaturmittel unter 20 °C liegt. Die typische Vegetation der warmgemäßigten Zone besteht in humiden Gebieten aus Laubmischwäldern und in kontinentalen, regenärmeren Gebieten aus Nadelwäldern. In sehr niederschlagsarmen Gebieten wie etwa großen Teilen Zentralasiens finden sich auch Grassteppen und Wüsten.

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde

Die kaltgemäßigte Klimazone, auch als boreales Nadelwaldklima oder Schneewaldklima bekannt, ist der kälteste der Klimatypen der gemäßigten Zone und entspricht weitgehend der borealen Vegetationszone. Dieser Klimatyp kommt hauptsächlich auf der Nordhalbkugel und dort vor allem in Nordasien und Nordameri-



ABBILDUNG 465: Kaltgemäßigt: Finnland, Temperaturmittelwerte für Nord-Winter und Nord-Sommer – QUELLE: Allianz Umweltstiftung – BILD: Guillaume Baviere

ka vor. Die einzige größere kaltgemäßigte Landfläche der Südhalbkugel liegt im Süden Südamerikas in der Region Patagonien. In kaltgemäßigten Klimazonen liegt das Temperaturmittel im wärmsten Monat über 10 °C, im kältesten Monat bei 0 bis -3 °C.



ABBILDUNG 466: Warmgemäßigt: Weißensee, Kärnten, Temperaturmittelwerte für Nord-Winter und Nord-Sommer – QUELLE: Allianz Umweltstiftung – BILD: Multi_Panel

3.3.3 Polare und subpolare Zonen

Polares Klima erstreckt sich von den Polen bis zu den Polarkreisen; es herrscht eisige Kälte. In den langen polaren Wintern herrscht über lange Zeiträume hinweg Nacht bei Temperaturen von etwa -50 °C. Die kurzen polaren Sommer sind von ständigem Tageslicht geprägt. Auch in den Sommermonaten kann die Sonne die Polregionen nicht erwärmen, sie steht dafür zu tief am Himmel. Die durchschnittlichen Temperaturen bleiben knapp über dem Gefrierpunkt. Im Zentrum der Polregionen macht das extreme Eisklima das Aufkommen jeglicher Vegetation unmög-

lich, der Boden ist durchgehend tiefgefroren. Im Gegensatz zur südlichen Antarktis, die ein eisbedeckter Kontinent ist, besteht das Nordpolargebiet, die Arktis, zum größten Teil aus einem großen Meer, das an die Kontinente Asien, Europa und Nordamerika grenzt. Die Eisschicht des Nordpols ist nur wenige Meter, die des Südpols hingegen bis zu 4.500 Meter dick. Der Kälterekord von -89,2 °C wurde dort in Wostock auf einer Seehöhe von 3.400 Metern im Juli 1983 gemessen.

! Im Eisschild der Antarktis sind etwa 90 % des gesamten Eises und nahezu 70 % des Süßwasserbestandes der Erdoberfläche gebunden. Wissenschaftler haben im Rahmen des IPCC-Berichtes (Intergovernmental Panel on Climate Change) errechnet, dass ein vollständiges Abschmelzen dieses Eisschildes einen Anstieg des Meeresspiegels um etwa 61 Meter bewirken würde. Durch den Druck des Eises auf die Landmassen hat sich im Laufe der Jahrmillionen ein Tal gebildet, sodass sich Teile des Untergrunds bis zu 2.500 Meter unter dem Meeresniveau befinden. Ohne die Anwesenheit des Eises wäre hier Meeresgrund.



ABBILDUNG 467: Gefrorener Gletschersee, Antarktis, Temperaturmittelwerte für Nord-Winter und Nord-Sommer – QUELLE: Allianz Umweltstiftung – BILD: Mastroianni



ABBILDUNG 468: Eisberg Arktis, Temperaturmittelwerte für Nord-Winter und Nord-Sommer – QUELLE: Allianz Umweltstiftung – BILD: Michael Haferkamp

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde

Subpolare Klimazonen herrschen an den Übergängen von den polaren Eiswüsten zur gemäßigten Zone. Sie sind von langen Wintern und kurzen Sommern geprägt. Es kommt kaum zu Niederschlägen, die Niederschlagsmengen sind allerdings trotzdem höher als die Verdunstung und der Abfluss von Grundwasser. Der Grund dafür ist die permanente Vereisung der Böden in den langen Wintern, was das Abfließen von Wasser verhindert. Die Energie der Sonne in den kurzen Sommermonaten reicht nicht



ABBILDUNG 469: Norwegische Tundra, Svalbard, Temperaturmittelwerte für Nord-Winter und Nord-Sommer – QUELLE: Allianz Umweltstiftung – BILD: Lindblom

aus, um das Wasser zu verdunsten. Die Tundra ist die baumlose Vegetationsform der subpolaren Zonen. Trotz der extremen Bedingungen leben hier Pflanzen, Tiere und Menschen. Die vom Golfstrom beeinträchtigten Regionen Nordeuropas wie Island und Grönland bilden eine Ausnahme. Hier wird das Klima durch weniger kalte Winter und sehr hohe Niederschlagsmengen von bis zu 1.000 Liter pro Jahr geprägt.



ABBILDUNG 470: Nationalpark Island, Temperaturmittelwerte für Nord-Winter und Nord-Sommer – QUELLE: Allianz Umweltstiftung – BILD: Andreas Tille

3.3.4 Gebirgsklima und Gebiete im Regenschatten von Gebirgen

Die Lage eines Gebirges beeinflusst oft das Klima großer Gebiete. Wenn der Wind feuchte Luft vom Meer oder Flachland gegen ein Gebirge weht, steigt die Luft auf und kühlt aufgrund der sinkenden Temperaturen in der Höhe ab. Die Luftfeuchtigkeit kondensiert, es kommt zu Wolkenbildung und Niederschlägen. Eine

niederschlagsarme und eine niederschlagsreiche Wetterseite entstehen. Im Regenschatten großer Gebirgszüge liegen deshalb oft Wüsten. Das Hochland von Tibet liegt beispielsweise im Regenschatten des Himalayagebirges. Die Atacama, die trockenste Wüste der Erde, liegt im Regenschatten der Anden.

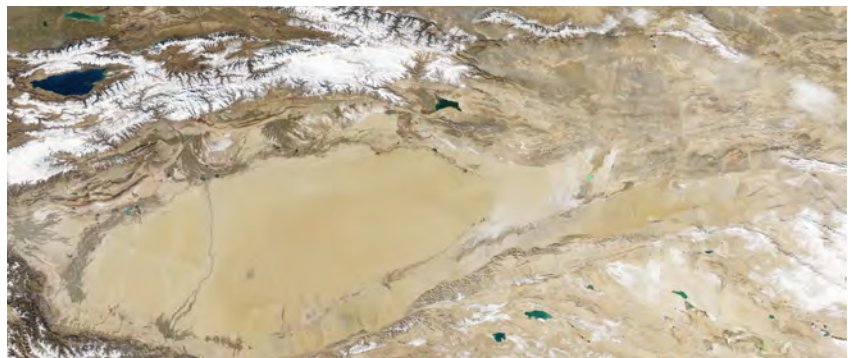
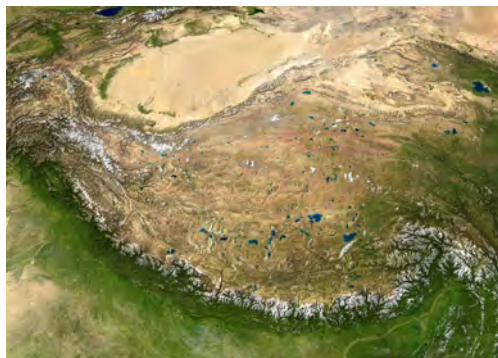


ABBILDUNG 471: Himalayagebirge vor tibetischem Hochland – BILD: NASA

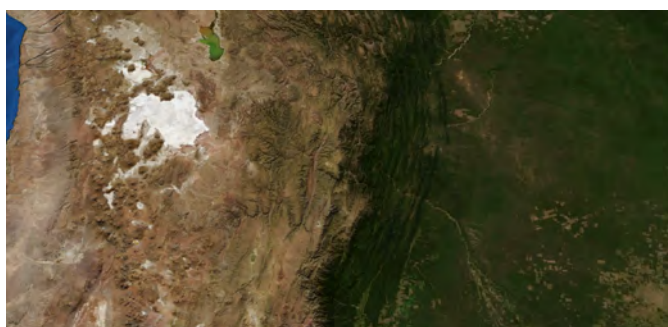


ABBILDUNG 472: Anden vor Atacama-Salzwüste – BILD: NASA

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Funktionsbedingungen der Klimamaschine Erde



ABBILDUNG 473: Kilimandscharo, tropisch; Ankogel, warmgemäßigt; Grönland, subpolar – QUELLE: Allianz Umweltstiftung

BILD: Muhammad Mahdi Karim, Florian Fuchs, Ville Mietinen

Gebirgsregionen prägen ihr eigenes lokales Klima aus. Mit steigender Höhe sinken die durchschnittlichen Temperaturen, alle 1.000 Höhenmeter um etwa 6 °C. Um die unterschiedlichen Klimazonen einzelner Gebirge zu charakterisieren und die klimatischen Höhenzonen zu beschreiben, sind die Vegetation und die Schneegrenze gute Indikatoren. In tropischen oder subtropischen Hochgebirgen kann die Baumgrenze bis zu 4.000 Meter hoch liegen. In kaltgemäßigten Klimazonen liegt die Baumgrenze schon bei wenigen hundert Metern, in subpolaren Regionen

wachsen keine Bäume. In polaren Regionen gibt es gar keine Vegetation, es herrscht schon auf Meeresniveau ewiges Eis. In subpolaren Regionen, wie Island und Grönland, beginnt die Vergletscherung schon nach wenigen hundert Höhenmetern. In den Alpen liegt die Baumgrenze zwischen 1.800 und 2.200 Metern Seehöhe, Gletscher bilden sich ab 2.800 Metern, wobei sich auch hier die Bedingungen am süd- und nordseitigen Gipfel unterscheiden.

3.3.5 Das Klima in Österreich

Das Klima in Österreich lässt sich der warmgemäßigten Zone zuordnen. Im Westen und Norden Österreichs herrscht ozeanisches beeinflusstes, oft von feuchten Westwinden geprägtes Klima, während im Osten kontinentaleres, niederschlagsarmes Klima mit heißen Sommern und kalten Wintern überwiegt. Besonders in den Südalpen ist der Einfluss niederschlagsreicher Tiefdruckgebiete aus dem Mittelmeerraum spürbar.

Tatsächlich ist das regionale Klima Österreichs von der alpinen Topografie stark überprägt. Häufig bestehen innerhalb kurzer Entfernungen und geringer Seehöhenunterschiede beträchtliche klimatische Unterschiede. Mit zunehmender Seehöhe sind zunächst boreales und Tundrenklima, in den Gipfelbereichen sogar polares Klima anzutreffen.

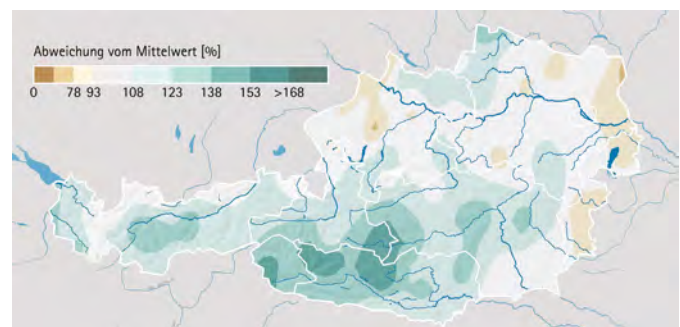
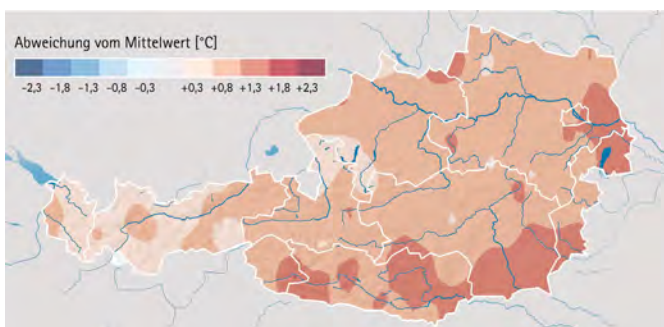


ABBILDUNG 474: 2012 Das Klima in Österreich 2012, (links) Temperaturabweichungen vom Jahresmittel in °C, (rechts) Abweichungen von den durchschnittlichen Niederschlagsmengen in % – BILD: ZAMG



Die tiefste Temperatur, die in den österreichischen Niederungen je gemessen wurde, war –36,6 °C in Stift Zwettl (505 m Seehöhe) im Jahr 1929. Die österreichische Höchsttemperatur wurde in Dellach im Drautal (Kärnten) mit 39,9 °C im Jahr 2013 verzeichnet. Die heißesten Tage im Jahr werden meistens im Wiener Becken, Marchfeld, Tullnerfeld oder Burgenland gemessen. Der mittlere Niederschlag in Österreich beträgt etwa 1100 mm pro Jahr. Während der Sommermonate (April bis September) fallen etwas mehr als 60 % des gesamten Niederschlages, während in den Wintermonaten (Oktober bis März) dementsprechend etwas weniger als 40 % fallen, zu großen Teilen in Form von Schnee.

4 DYNAMIK DES WETTERS UND KLIMAPHÄNOMENE

4.1 Die Entstehung des Wetters

Wetter ist der kurzfristige und stets wechselnde Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit. Der Luftdruck hat mit den Effekten der globalen Zirkulation große Auswirkungen auf das Wetter.

Tiefdruckgebiete entstehen, wenn die Dichte der Luft durch die Erwärmung der Sonneneinstrahlung abnimmt. Aufgrund der geringeren Dichte steigt die Luft in einem Tiefdruckgebiet auf. Durch den Temperaturabfall mit steigender Höhe kondensiert die Feuchtigkeit und fällt als Niederschlag zu Boden. Bodennahe Luftmassen geraten aufgrund ihres Bestrebens, Druckunterschiede auszugleichen, in Bewegung. Durch die Erdrotation und die Corioliskraft fließen die Luftmassen nicht linear auf das Zen-

trum des Tiefdruckgebiets zu, sondern umströmen dieses. Durch die Kondensation der Feuchtigkeit und die damit verbundene Wolkenbildung lassen sich die Bewegungen der Tiefdruckgebiete mit Satelliten beobachten; diese Beobachtungen sind ein Teil der Wettervorhersage. Hochdruckgebiete entstehen, wenn Luftmassen aus großen Höhen absinken und sich dabei erwärmen, weil die Temperatur mit sinkender Höhe steigt. Darum kommt es zu keiner Kondensation und keiner Wolkenbildung. In Bodennähe strömen die Luftmassen dann wieder zu Tiefdruckgebieten, im Bestreben, den Druck auszugleichen. Durch die Erdrotation erfahren die Luftmassen in Hochdruckgebieten auf der Nordhalbkugel eine Drehung im Uhrzeigersinn, auf der Südhalbkugel eine Drehung gegen den Uhrzeigersinn.

ARBEITSAUFTRAG 2: Das Lesen und Interpretieren von Wetterkarten

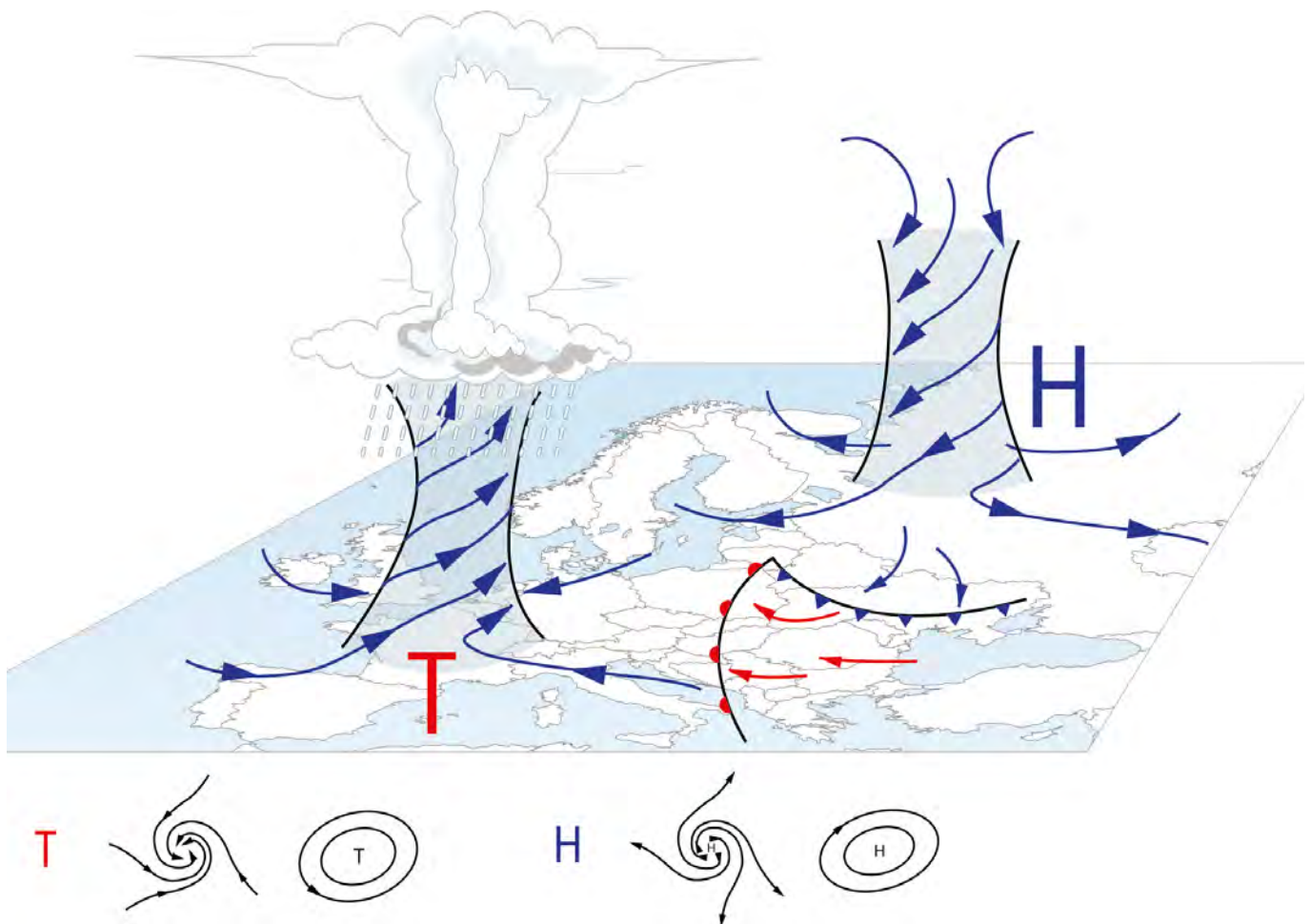


ABBILDUNG 475: Zyklonische Systeme auf der Nordhalbkugel - QUELLE: Murck

EXKURS 1: Okklusion

PRÄSENTATION 17: Dynamik des Wetters (31 Folien)

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Dynamik des Wetters und Klimaphänomene

Dort, wo kalte und warme Luftmassen aus unterschiedlichen Hochdruckgebieten in Tiefdruckwirbel strömen, entstehen die Wetterfronten. Bei sogenannten Warmfronten gleiten die warmen und daher leichteren Luftmassen in Zugrichtung über die sich vor ihnen befindenden kalten und schwereren Luftmassen; die Feuchtigkeit kondensiert langsam und es bilden sich Regenwolken. Diese Wetterereignisse sind in der Regel ruhiger als

Kaltfronten. Im Bereich der aufsteigenden warmen Luftmassen bilden sich Cirruswolken, aus denen sich Cirrostratuswolken und letztlich Nimbostratuswolken bilden können. In der Regel kommt es zu gleichmäßigem und lang anhaltendem Regen. Warmfronten werden auf Wetterkarten durch rote Halbkreise gekennzeichnet, die in die Zugrichtung weisen.

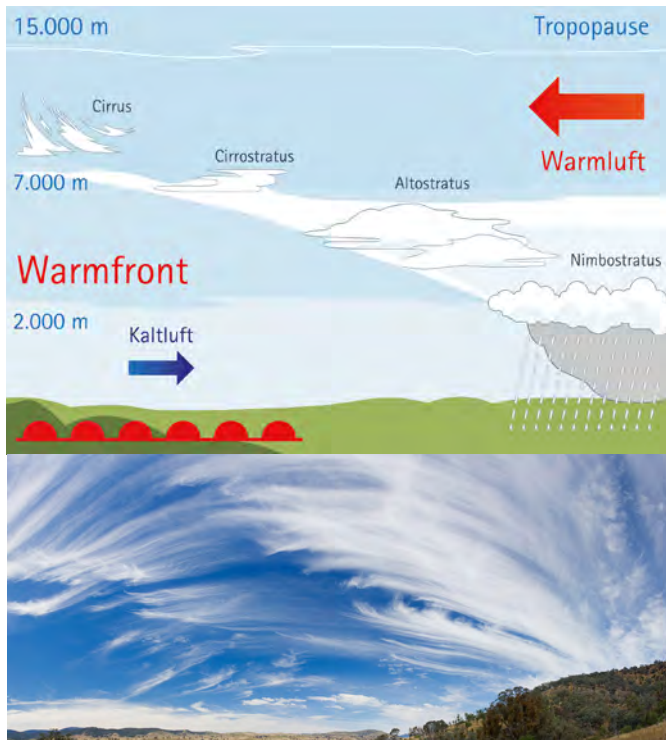


ABBILDUNG 476: Warmfront und Cirruswolken – BILD: fir0002 flagstaffphotos.com

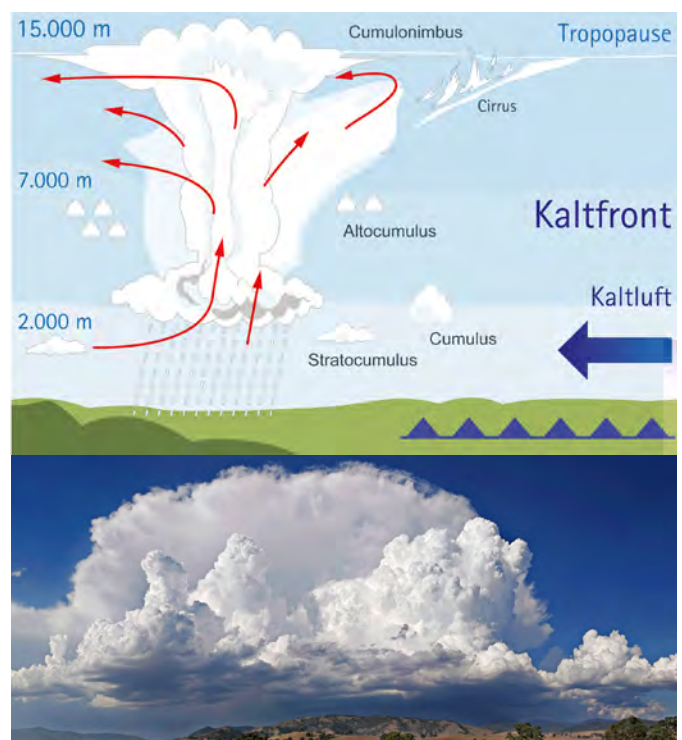


ABBILDUNG 477: Kaltfront und Cumuluswolken – BILD: fir0002 flagstaffphotos.com

Man spricht von einer Kaltfront, wenn sich kalte Luftmassen auf warme zubewegen. Die kalte und schwere Luft schiebt sich wie ein Keil unter die warmen Luftmassen und hebt diese schnell an; im Normalfall kommt es zu einer raschen Abkühlung der Luft in allen Höhenschichten. Deshalb kommt es zu verstärkten verti-

kalen Luftbewegungen und schneller Kondensation, es türmen sich Cumuluswolken auf und es kommt zu starken Regenfällen, die mit Gewittern einhergehen können. In Wetterkarten werden Kaltfronten durch blaue Dreiecke symbolisiert, die in die Zugrichtung weisen.

4.2 Vom Wind zum Sturm

Sind die Druckunterschiede zwischen Tief- und Hochdruckgebieten entsprechend groß, wachsen die ausgleichenden Windbewegungen zu Stürmen heran. In Europa werden diese als Orkane bezeichnet; sie können teilweise erhebliche Schäden anrichten. Orkane können in ihrer Stärke und Intensität allerdings nicht mit tropischen Wirbelstürmen verglichen werden, die für ihre Entwicklung warme Meeresoberflächen benötigen. Erst ab einer Temperatur von 26 °C verdunstet genügend Wasser und steigt

anschließend so schnell in große Höhen auf, dass ein spiralförmiger Wirbel, ein Zyklon, entsteht. Durch die Kondensation des Wassers wird Wärmeenergie frei, die diesen Effekt verstärkt. Diese Bedingungen treten regelmäßig im Spätsommer über dem Pazifik, dem Westatlantik und dem Indischen Ozean auf und leiten die Wirbelsturmsaison ein. Die Drehbewegung der Zyklone verstärkt sich in Richtung der Pole aufgrund der Corioliskraft.



Im Atlantik wird ein tropischer Wirbelsturm Hurrikan, im Pazifik Taifun genannt. Bei Wassertemperaturen von 34 °C können diese Stürme Windgeschwindigkeiten bis zu 380 km/h erreichen. Ziehen sie ihre Bahn über das Festland, so verursachen sie dabei verheerende Verwüstungen. Mit starken Regenfällen lösen sich die Wirbelstürme über dem Festland nach und nach auf. Durch die enormen Regenfälle können Überschwemmungen und Erdrutsche ausgelöst werden.

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Dynamik des Wetters und Klimaphänomene

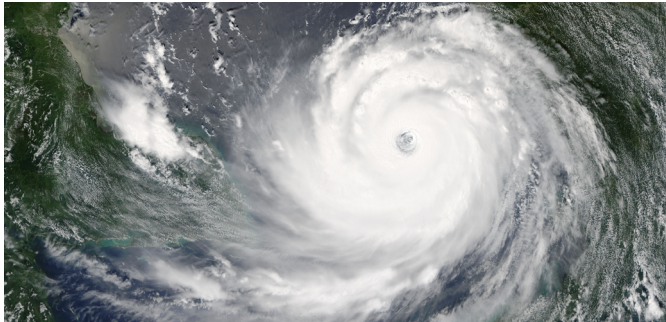


ABBILDUNG 478: Hurrikan Katrina, 2005 - BILD: NASA

Besondere Wettererscheinungen mit verheerenden Auswirkungen sind Windhosen oder Wasserhosen, auch Tornados genannt. Tornados entstehen, wenn extrem feuchte, labil geschichtete Warmluft von kalter, trockener Luft überstrichen wird. Die im Wasserdampf der feuchten Luftmassen gespeicherte Energie wird durch die Kondensation freigesetzt, was die Luftmassen nochmalig erwärmt und zu einem schnellen Aufsteigen bewegt. Dadurch entsteht eine starke Sogwirkung, die sich in einem Wirbel kanalisiert. Erstreckt sich dieser Luftwirbel durchgehend von der Wolkendecke bis zum Boden, wird er durch den aufgesaugten Staub sichtbar und kann je nach Stärke eine Schneise



ABBILDUNG 480: Tornado in Colorado - BILD: Zachary Caron

Bestimmte geologische Besonderheiten lassen regionale Winde entstehen; sind die Unterschiede in den Luftdrücken groß, können die Winde zu Stürmen anwachsen. In den Alpen entstehen warme Fallwinde wie der Föhn, im Norden kalte Fallwinde wie der Mistral, der Spitzen bis zu 135km/h erreichen kann. Der Scirocco ist ein Wind, bei dem heiße Luft von der Sahara in Rich-

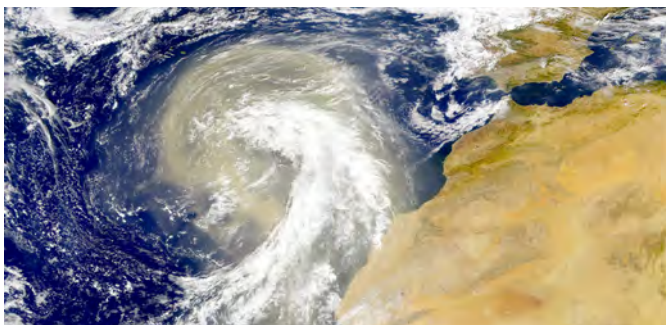


ABBILDUNG 482: Sandsturm über der Sahara - BILD: NASA



ABBILDUNG 479: überschwemmtes New Orleans 2005 - BILD: Jeremy Grisham

der Verwüstung anrichten. Tritt diese Wettererscheinung über dem Meer auf, wird Wasser aufgewirbelt und man spricht von einer Wasserhose. Aufgrund der topografischen Bedingungen sind sie Tornados vor allem in Nordamerika häufig. Im Schnitt werden in den USA pro Jahr etwa 700 solcher Stürme gemeldet; sie können Windgeschwindigkeiten bis zu 500 km/h erreichen. Tornados können jedoch prinzipiell überall auf der Erde auftreten. Ende März 2006 richtete ein Tornado in Hamburg schwere Schäden an, im Juli 2004 warf ein Tornado im Duisburger Hafen Ladekräne um.



ABBILDUNG 481: Verwüstung in Kansas nach einem Tornado - BILD: Greg Henshall

tung Mittelmeer weht. Entwickeln sich aus diesen Winden Stürme, tragen sie großen Mengen aufgewirbelten Wüstensand mit sich, der oft tausende Kilometer weit getragen wird. So gelangt regelmäßig Sand aus der Sahara in die Karibik, und auch in Europa kommt es zur Ablagerung von afrikanischem Wüstensand.

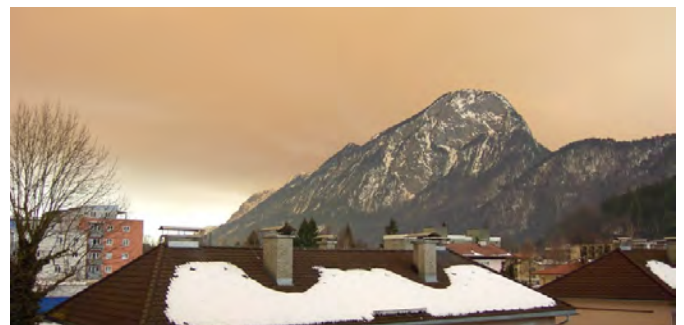


ABBILDUNG 483: Wüstensand über Kufstein - BILD: Henryart

4.3 Klimaphänomene

4.3.1 El Niño und La Niña

Diese Klimaphänomene ereignen sich im Pazifikraum zwischen der Westküste Südamerikas und dem südostasiatischen Raum. In zwei- bis siebenjährigen Abständen kommt es zur Umkehrung der normalen Wettersituation. In normalen Jahren, die nicht von El Niño geprägt sind, treibt der Südostpassat, der von den subtropischen Hochdruckgebieten zur innertropischen Tiefdruckrinne strömt, kühles Oberflächenwasser von der südamerikanischen Küste nach Westen. Durch die einstrahlende Sonne wird das kühle Oberflächenwasser auf seinem Weg nach Westen erwärmt. Dadurch bewegt sich kaltes und aufgrund seiner höheren Dichte schwereres Wasser von Westen nach Osten. Es wird eine

hydrosphärische Zirkulation in Gang gesetzt, durch die das kalte Wasser vor der Westküste Südamerikas aufsteigt, um anschließend wieder durch den Südostpassat in Richtung Südostasien getrieben zu werden. In den Tiefdruckgebieten im ostasiatischen Raum steigt die warme, feuchte Luft auf und es kommt zu ausgedehnten Niederschlägen. In großen Höhen strömt die Luft wieder zurück zu den Hochdruckgebieten im Osten und verursacht beim Absinken über der südamerikanischen Westküste ein sehr trockenes Klima. Neueste Untersuchungen legen auch einen Zusammenhang mit diesem Klimaphänomen und der Intensität der Hurrikansaison nahe.

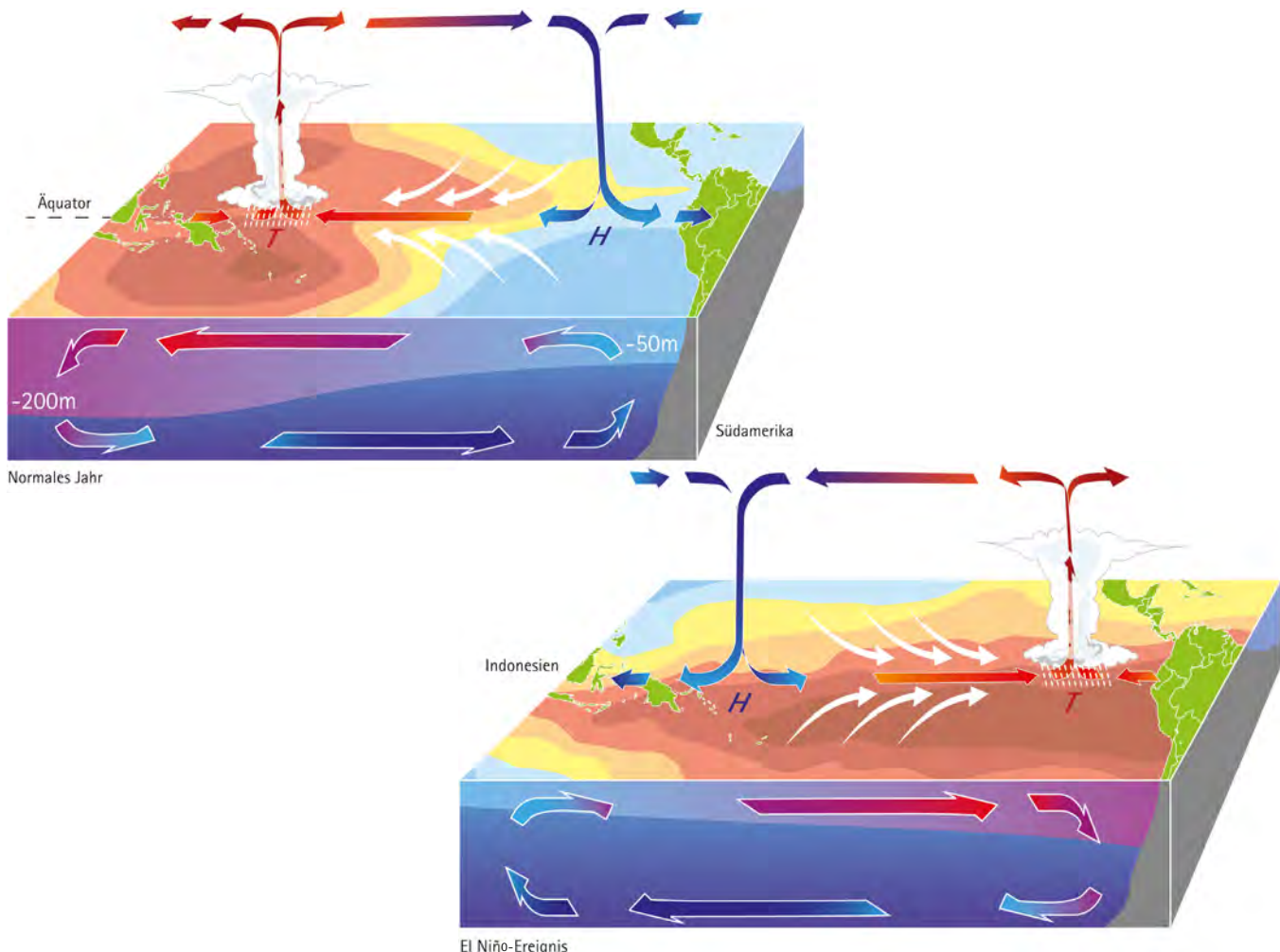


ABBILDUNG 484: Klimaphänomen El Niño - QUELLE: USGS - BILD: NASA

La-Niña-Phasen treten meist nach einem El-Niño-Ereignis auf und sind eigentlich eine verstärkte Phase des normalen Zustandes, mit ungewöhnlich kühlen Temperaturen im Ost- und Zentralpazifik und erhöhten Niederschlägen über dem Westpazifik.

Diese Klimaphänomene strahlen weit über die genannten Regionen aus. Sie treffen die vom Fischfang abhängigen Küstenbewohner Perus, führen aber auch zu Missernten oder zur Ausbreitung von Tropenkrankheiten bis hinein ins südliche Afrika.

VIDEO 5: La Niña 2011 (1 min)

PRÄSENTATION 19: Das Klimaphänomen El Niño (13 Folien)

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Dynamik des Wetters und Klimaphänomene

4.3.2 Nordatlantische Oszillation (NAO)

Das Wettergeschehen in Mitteleuropa wird hauptsächlich von den großen Wassermassen des Nordatlantiks, dem warmen Golfstrom und den kalten arktischen Luftmassen geprägt. Über dem Nordatlantik entstehen zwei charakteristische Druckgebiete, ein Tiefdruckgebiet über Island und ein Hochdruckgebiet über den Azoren. Luftmassen, die mit dem Bestreben nach Druckausgleich zum Tiefdruckgebiet über Island strömen, formen dabei Zykclone, die sich entgegen dem Uhrzeigersinn drehen. Die Luftmassen, die aus dem Azorenhoch kommen, drehen sich dementsprechend im Uhrzeigersinn. Die beiden Drucksysteme „schaufeln“ dadurch Luftmassen in östlicher Richtung über den Atlantik. Über dem warmen Golfstrom werden diese erwärmt und mit Feuchtigkeit angereichert. Für den Winter in Mitteleuropa ergeben sich dadurch milde Temperaturen und hohe Niederschlagsmengen; über dem Nordatlantik ist es sehr stürmisch.

Sind die Druckunterschiede weniger ausgeprägt, verliert die Westströmung über dem Atlantik an Intensität und es bildet sich ein Tiefdruckgebiet über dem Mittelmeerraum. Die arktischen Luftmassen können viel weiter nach Westen vordringen und begünstigen an den Wetterfronten die Bildung von Niederschlägen in Form von Schneefall. Für die mitteleuropäischen Schigebiete ergibt sich aus dieser Auswirkung der NAO eine gewisse Schneesicherheit, die sich auf den Tourismus auswirkt. Die NAO beeinflusst außerdem die landwirtschaftlichen Erträge, die Fischerei sowie die Wasser- und damit auch die Energieversorgung.



ABBILDUNG 485: NAO, Islandtief - BILD: NASA



ABBILDUNG 486: Atlantischer Jetstream - BILD: NASA

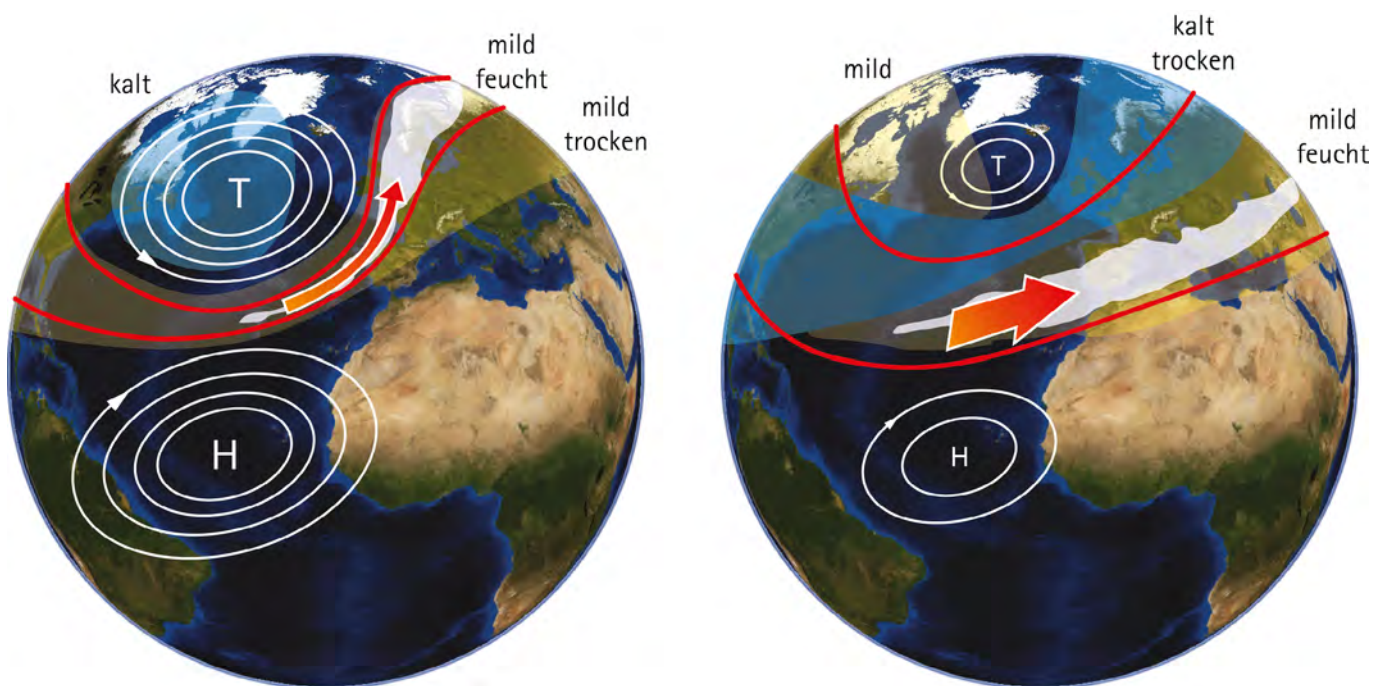


ABBILDUNG 487: Nordatlantische Oszillation (NAO) - QUELLE: Allianz Umweltstiftung - BILD: NASA

PRÄSENTATION 20: Die Nordatlantische Oszillation (14 Folien)
VIDEO 4: Globale Meeresströmungen (8 min)

7. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE

Quellenangaben und Literaturverzeichnis

5 QUELLENANGABEN UND LITERATURVERZEICHNIS

Allianz Umweltstiftung, Informationen zum Thema Klimaschutz und Informationen zum Thema Klima.
<https://umweltstiftung.allianz.de/downloads/lehrmaterialien/index.html>

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2009): Ozonschicht und Ozonloch.
http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_48_ozonschicht_ozonloch.pdf

Blüthgen, J.; Weischet, W. (1980): Allgemeine Klimageographie. 3. Auflage. Berlin; New York: Walter de Gruyter.

Earth-Sun Geometry Michael Pidwirny.
<http://www.physicalgeography.net/>

IPCC Fourth Assessment Report (2007): Climate Change.
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml

Jürgen Paeger Consulting, Nachhaltigkeit Managementsysteme.
<http://www.oekosystem-erde.de/>

Kippenhahn, R. (1990): Der Stern, von dem wir leben. München: dva.

Ludwig, K.-H. (2006): Eine kurze Geschichte des Klimas. Verlag C. H. Beck, München.

Max-Planck-Institut für Meteorologie (2006): Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert. Hamburg.
<http://www.mpimet.mpg.de/fileadmin/grafik/presse/Klimaprojektionen2006.pdf>

Murck, B. (2005): Environmental Science, A Self Teaching Guide. New York Wiley Verlag.

Okrusch, M.; Matthes, S. (2009): Mineralogie: Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde. 8. Auflage. Berlin; Heidelberg; New York Springer Verlag.

Ponting, C. (2007): A New Green History of the World – The Environment and the Collapse of Great Civilisations. Überarbeitete Neuauflage des Klassikers von 1991: Eine Umweltgeschichte der Erde. Vintage Books.

Smil, V. (2006): Energy. A Beginner's Guide. Oxford: OneWorld Publications.

Thwaites, W.; Awbrey, F. (1982): As the World Turns. Can Creationists Keep Time?

Warnecke, G. (1997): Meteorologie und Umwelt: Eine Einführung. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag.

Williams, D. R. (2012): Earth fact sheet.
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>

Williams, D. R. (2012): Sun fact sheet.
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html>

<http://www.biomasseverband.at/BIOEE/>

ÖSTERREICHISCHER BIOMASSE-VERBAND
AUSTRIAN BIOMASS ASSOCIATION

HOME ÜBER UNS BIOENERGIE PUBLIKATIONEN VERANSTALTUNGEN SERVICE PRESSE ANMELDUNG

BIOEE Interaktives Lehrmittezentrum

In unserem interaktiven Lehrmittezentrum können sie sich Materialien für ihren Unterricht zusammenstellen. Schränken sie dazu bitte die Suchergebnisse ein indem sie ihre Zielgruppen festlegen. Sie können des weiteren die Ausgabe der Suchergebnisse anzeigen im verbleibenden Bereich. Nutzen sie auch die Funktion des Suchbalkens oder die den Schlagwortsuche. Haben sie gefunden wonach sie suchen? Lassen sie sich bequem eine Archiv zum Download bereitstellen.

Vom Wetter zum Klima

Schule	Alter	Unterrichtsfach	Thema
AHS	5. Klasse	Geographie	Vom Wetter zum Klima

Material

Material	Details
Hintergrundinformation Skriptum	
Stundenbild Wetterextreme	30 min
Material für Handout	
Präsentation	30 Folien

Lehrplanbezug

Die soziale, ökonomisch und ökologisch begrenzte Welt
Gliederungsprinzipien der Erde nach unterschiedlichen Sichtweisen

Vorschau	download	zu Packet hinzufügen
		☐
		☐
		☐

Download Packet

7,8 mb

Passend dazu für ihren Kollegen aus anderen Fachrichtungen: