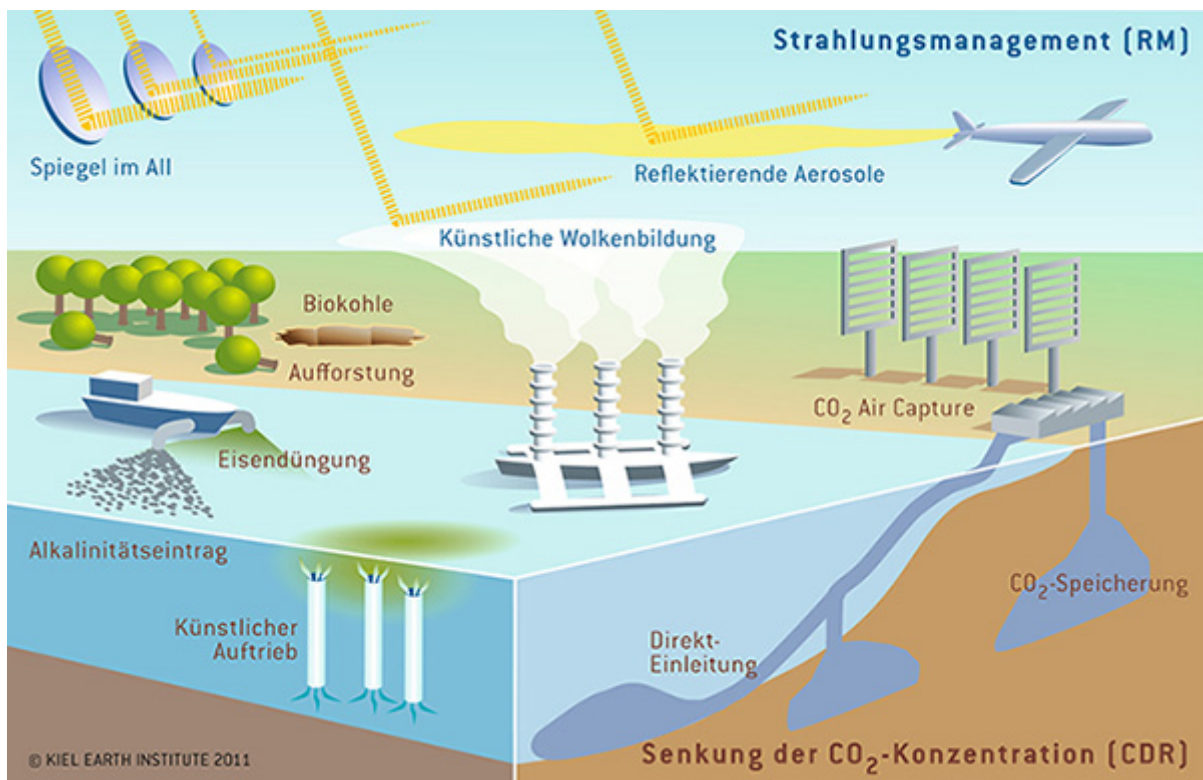


Seminararbeit

Klimawandel und Klimaforschung

Climate Engineering durch Speicherung von Kohlenstoffdioxid



Eine Seminararbeit von:

Michael Elbracht, Marlo Nickol, Bengt Ole Scheffler

S4 Gymnasium Grootmoor Physikprofil Frau Hatten

Abgabetermin: 5. Februar 2014

Gliederung

1) Was ist Climate Engineering?.....	3
2) Welche Möglichkeiten gibt es, CO ₂ zu speichern?.....	5
2.1) Speicherung durch gezieltes Anpflanzen von Bäumen.....	5
2.2) Unterirdische Speicherung.....	6
2.2.1) Erdöl- und Erdgasfelder	6
2.2.2) Gesteinsschichten.....	6
2.2.3) Bunker.....	7
3) Welche Auswirkung hat CO ₂ auf unser Klima?.....	8
3.1) Die Emissions-Szenarien (SRES) des IPCC-Sonderberichtes über SRES	9
3.2) Durchschnittstemperaturen in Europa.....	10
3.3) Heiße Tage in Europa	11
3.4) Eis-Tage in Europa.....	12
3.5) Schlussfolgerung.....	13
4) Kann CO ₂ Speicherung dem Klimawandel sinnvoll entgegenwirken?	14
4.1) CO ₂ Speicherung durch Anpflanzen von Bäumen.....	14
4.2) CO ₂ Speicherung in Gesteinsschichten.....	15
4.3) CO ₂ Speicherung in CO ₂ -Bunkern.....	15
5) Fazit.....	16
6) Quellen.....	18

1) Was ist Climate Engineering?

Unser Klima, das Klima auf der Erde, verändert sich. Inzwischen sind sich fast alle Wissenschaftler einig: Wir leben in einer Zeit, in der sich unser Heimatplanet erwärmt und starken Veränderungen unterworfen ist. Diese Veränderungen werden auch Auswirkungen auf das Leben des Menschen haben und wir müssen uns Gedanken machen, wie wir damit umgehen werden. Das Bewusstsein, dass wir etwas ändern müssen, wird immer stärker und immer mehr Menschen schlagen einen Weg ein, der vielleicht unsere Zukunft sichern wird.

Die Erderwärmung - oder der Klimawandel - wird verursacht durch den anthropogenen Treibhauseffekt. Bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe durch den Menschen wird Kohlenstoffdioxid (CO₂) freigesetzt, das in die Atmosphäre gelangt und dort die Wärmestrahlung der Erde reflektiert. Die Atmosphäre und die Erdoberfläche erwärmen sich und setzen weitere Rückkopplungsprozesse in Gang, die das Klima weiter aufheizen.

Untersuchungen haben gezeigt, dass es schon immer Schwankungen gegeben hat. Wärme- und Kälteperioden wechseln sich ca. alle 10 000 Jahre ab. Zurzeit befinden wir uns auf dem Weg in eine Wärmeperiode und dies legt nahe, zu sagen, der Mensch hat mit der Erwärmung nichts zu tun. Diese vorschnelle Annahme ist schon lange widerlegt. Aus den erhobenen Messdaten und den Ergebnissen von Klimamodellen geht hervor: Der Temperaturanstieg ist höher als jemals zuvor in der jüngsten Erdgeschichte.

Die Schlussfolgerung hört sich so einfach an, wie sie schwer ist: Der Mensch muss etwas ändern, sei es nun das eigene Verhalten oder etwas an der Erde. Letzteres nennt sich „Climate Engineering“ oder „Geo-Engineering“. Dabei handelt es sich um einen direkten Eingriff des Menschen in das System Erde. Dies kann das Herausfiltern von CO₂ (Carbon Dioxide Removal) aus der Atmosphäre mittels Neupflanzungen von Bäumen oder Einspeicherungen in der Erdkruste sein. Aber auch die Beeinflussung der Sonneneinstrahlung (Solar Radiation Management) zählt zu den Möglichkeiten, die diskutiert werden. Denkbar wäre hier die Einbringung von Aerosolen in die Atmosphäre, die schnell die Sonneneinstrahlung verringern könnten. Das Problem sind noch unkalkulierbare Risiken durch Schädigung der Ozonschicht oder gesundheitliche Schäden an Tieren und Pflanzen.

Die wichtigste Frage, die sich im Zusammenhang mit der Erderwärmung und dem Climate Engineering gestellt werden muss, ist: Was kann der Mensch tun, um den Planeten im jetzigen Zustand zu erhalten, ohne etwas anderes nachhaltig zu schädigen? Wenn diese Frage beantwortet ist, ist man dem Ziel schon sehr viel näher und dieses Ziel ist im Interesse von allen.

Im Folgenden wollen wir uns mit der Thematik des Speicherns von CO₂ befassen und eine umfassende Analyse der Möglichkeiten durchführen, um am Ende die Frage zu beantworten, was vom Menschen getan werden kann, um den Klimawandel zu minimieren.

2) Welche Möglichkeiten gibt es, CO₂ zu speichern?

2.1) Speicherung durch gezieltes Anpflanzen von Bäumen

Die wohl bekannteste Art, Kohlenstoffdioxid (CO₂) zu „speichern“ sind Bäume. Seit Jahren steht die weltweite Abholzung der Regenwälder in der Kritik, da diese eine wichtige Rolle in der CO₂-Bilanz unserer Erde spielen.

Pflanzen im Allgemeinen betreiben Fotosynthese, das heißt, dass CO₂ unter Zuhilfenahme von Licht, sprich solarer Energie, in Sauerstoff und Kohlenstoff aufgespalten wird. Den Sauerstoff gibt die Pflanze wieder an ihre Umgebung ab und verwendet den Kohlenstoff zur Herstellung von Traubenzucker, dem Energiespeicher der Pflanze. Die Bilanz einer Pflanze scheint klar: Der Anteil des CO₂ in der Atmosphäre wird verringert, dafür steigt der Sauerstoffgehalt. Eine Symbiose, die dem hohen CO₂-Gehalt der Atmosphäre durch industriellen Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und der damit verbundenen Klimaerwärmung entgegenwirkt. Doch ist dieses System wirklich so einfach?

Leider nicht, vielmehr ist es ein Schnellschuss, der wie unser „Bio“-Kraftstoff „E10“ oder die gigantischen Offshoreparks in der Nordsee nicht zu Ende gedacht wird. Kein Mensch redet darüber, wie viel CO₂ ausgestoßen wird, um eine Windkraftanlage zu bauen oder gar, wie viele Liter Diesel und Tonnen an CO₂ für die Produktion von einem Liter „E10“ benötigt werden. Ähnlich ist es mit Bäumen und Pflanzen, denn das CO₂, welches sie im Laufe ihres Daseins aufgenommen haben, geben sie zu großen Teilen wieder ab, wenn diese sterben und biologisch abgebaut werden. Ein Baum ist also über einen längeren Zeitraum ein Nullsummenspiel.

Und dies auch nur, wenn er natürlich wächst, nicht gepflanzt und auch nicht beschnitten wird, denn jede solche Handlung bedeutet wiederum einen Ausstoß von CO₂ durch Motorsägen, Land- bzw. Forstmaschinen und Ähnlichem.

Ernsthaft muss man also nicht über das großflächige Anpflanzen von Bäumen diskutieren, da das aufgewendete CO₂ und die aufgewendete Energie nicht im Verhältnis mit dem Resultat stehen. Es wird aber trotzdem in dieser Arbeit später noch berücksichtigt. Allerdings, um den Kritikern des Klimawandels nicht recht zu geben, wird jeder Quadratzentimeter des Regenwaldes gebraucht und darf nicht abgeholzt werden, da dieses System natürlich entstanden ist und somit wichtig ist für unser Klima. Denn bei der Abholzung geht potenzieller Speicher

verloren und ein Teil des CO₂, der im Baum gespeichert ist, wird freigesetzt, was wiederum dem Klima schadet.

2.2) Unterirdische Speicherung

Eine weitere Möglichkeit, CO₂ zu speichern, ist in den letzten Jahren ein sehr umstrittenes Thema in den Medien und der Politik gewesen. Das umgangssprachlich „CO₂-Verklappung“ genannte Verfahren bezeichnet den Vorgang, CO₂ unterirdisch zu speichern.

Dies kann in leergepumpten Erdöl- und Erdgasfeldern, in bestimmten Gesteinsschichten, oder in eigens dafür gebauten Bunkern geschehen. Allerdings sind diese Technologien noch nicht alle ausreichend erforscht.¹

2.2.1) Erdöl- und Erdgasfelder

Die Speicherung von CO₂ in alten Erdölfeldern wird schon seit den 1970-er Jahren praktiziert, wenn auch ursprünglich mit einem anderen Ziel. Erdölfelder können nur bis zu einem gewissen Punkt gefördert werden. Wenn dieser dann erreicht ist, muss nachgeholfen werden, das heißt, dass Gas in das Feld gepresst wird und durch den Überdruck das restliche Erdöl ans Tageslicht kommt. Hierbei wird häufig CO₂ verwendet, sodass weltweit pro Tag schon ca. 32 Millionen Tonnen CO₂ unter der Erde gespeichert werden. Allerdings wird das CO₂ vermutlich nur wenige zig Jahre unter der Erde bleiben und die weltweite Speicherkapazität ist mit 20 bis 65 Gt sehr gering.² Allerdings ist auch diese Methode umstritten, da zum Beispiel in Kanada 2011 vermehrt Anomalien bezüglich CO₂-Austritt aus dem Boden auftraten.³ So bildeten sich ungewöhnlich viele Algen und ungewöhnlich viele Tiere starben einfach.

2.2.2) Gesteinsschichten

Salinare Aquifere sind poröse Gesteinsschichten, die Salzwasser führen. In diesen kann CO₂ gespeichert werden. Im Rahmen eines Pilotprojekts des Energiekonzerns „Vattenfall“ wird in Brandenburg seit 2008 CO₂ in diesen Gesteinsschichten gespeichert. Dieses „CO₂SINK-Projekt“ erforscht den Prozess des Speicherns und der Lagerung.⁴ Die Idee dahinter ist, dass diese Gesteinsschichten durch ihre Porosität die Fähigkeit besitzen, Gase oder Flüssigkeiten zu beherbergen. Durch sogenannte Barrieregesteine werden diese Speichervolumen begrenzt,

¹ (2008, unbekannt); Zeit online: Neue Kohlekraftwerke - CO₂-Speicherung kostet Milliarden

² (2004, Nadja Podbregar); Scinexx.de: Öl raus, Gas rein – Ölfelder als CO₂-Speicher?

³ (2011, Hanno Böck); Klimaretter.info: Kohlendioxid-Speicher in Kanada leckt

⁴ (Verantwortlich: Dr. Hans-Dieter Vosteen); Niedersachsen.de: CO₂-Speicherung

sodass das gespeicherte CO₂ nicht entweichen kann. Allerdings ergeben sich hierbei etliche Faktoren, die beachtet werden müssen.

Um eine unkontrollierte Ausbreitung des Gases zu verhindern, müssen natürliche, vertikale Sperren vorhanden sein. Um dies zu gewährleisten, muss das Terrain vorher genauestens untersucht werden. Außerdem muss das speichernde Gestein ausreichend Volumen bieten, um die Speicherung attraktiv zu machen. Darüber hinaus muss gewährleistet sein, dass sich in diesen Gesteinsschichten kein Süßwasser mehr befindet, da dieses zu wertvoll ist, um es zu vergeuden. Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Speicherung von CO₂ ist die Tiefe, da erst ab 800m unter der Erdoberfläche die physikalischen Umstände gegeben sind, dass das CO₂ in hoher Verdichtung gespeichert bleibt.⁵

2.2.3) Bunker

Bunker sind eine weitere Möglichkeit der CO₂ Speicherung. Entgegen den Gesteinsschichten und Erdölfeldern bilden sie eine Sicherheit, ohne viel forschen zu müssen. Auch Tiefen und Gesteinsschichten sind egal, wenn man die Bunker aus Stahlbeton auf oder unter die Erde baut. Solche Bunker, wie aus dem zweiten Weltkrieg könnten dicht an Kraftwerke gebaut werden und mit der optimalen Technik ausgestattet werden, ohne großen Aufwand zu betreiben, da diese ja sowieso komplett neu gebaut werden. Ein Problem allerdings besteht in der Produktion des Stahls und des Betons. Beide Baustoffe werden unter sehr hohem Energieverbrauch erzeugt und somit müssten genaueste Berechnungen und Untersuchungen angestellt werden, um die Rentabilität zu gewährleisten, denn schließlich wäre es sinnlos, Bunker zu bauen, in denen nur oder nicht mal die Menge des CO₂ gespeichert werden könnte, die beim Bau dieser Bunker ausgestoßen würde. Insgesamt ist also auch dieses Gebiet noch sehr unerforscht.

Alle drei Techniken ermöglichen die Speicherung von CO₂. Wie effizient die einzelnen Methoden sind, muss jedoch noch genauestens untersucht werden, bevor diese im großen Stil angewendet werden können. Trotzdem werden wir sie, in dem Forschungszustand in dem sie sich jetzt befinden, für weitere Überlegungen verwenden und beurteilen.

⁵ (2009, div. Autoren); CO₂-Geo-Net: Geologische CO₂-Speicherung – Was ist das eigentlich?

3) Welche Auswirkung hat CO₂ auf unser Klima?

Das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) hat mögliche Klimaszenarien entwickelt, welche versuchen, das Klima in den nächsten Jahrzehnten vorherzusagen. Die Datensätze zeigen, dass sich das Klima in Klimaszenarien je mehr erwärmt, desto höher die CO₂-Emissionen in den Klimaszenarien sind. In Abbildung 1 ist dargestellt, welche Szenarien zu welchen globalen Kohlenstoffdioxid Emissionen führen.

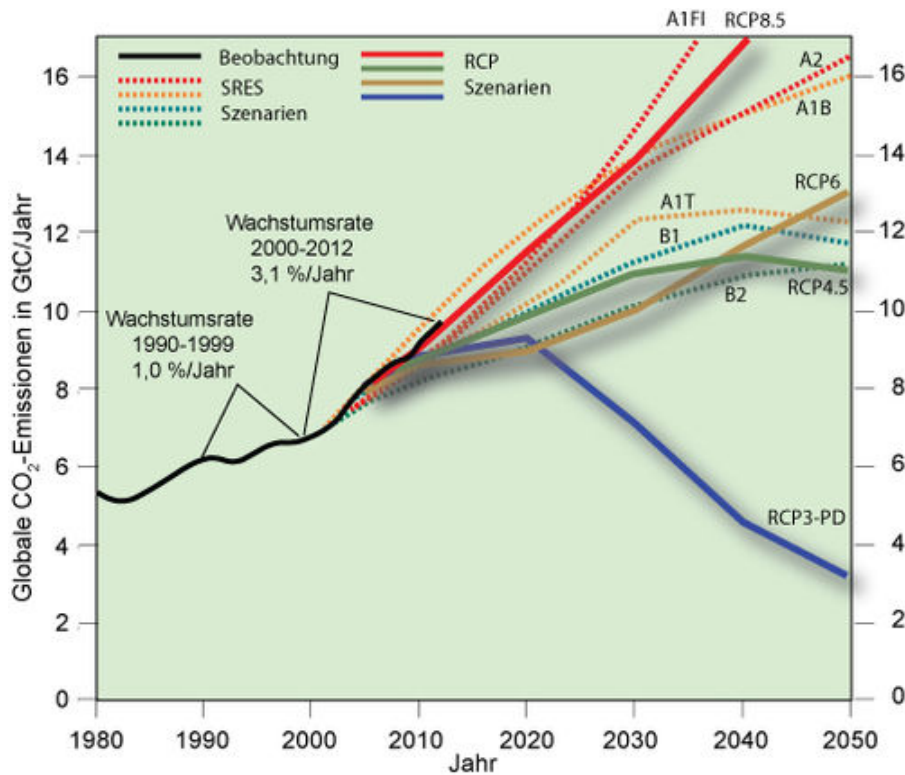


Abbildung 1: Die Klimaszenarien im Überblick⁶

Bei diesen Datenwerten muss man beachten, dass der Ausstoß in Kohlenstoff (C) angegeben ist. Um auf die Menge vom ausgestoßenen Kohlenstoffdioxid (CO₂) zu kommen, muss man die Werte mit ca. 3,7 multiplizieren. Im Folgenden werden die Szenarien A1B und B1 berücksichtigt, um den Einfluss unterschiedlicher Mengen CO₂ beurteilen zu können. Es ist erkennbar, dass die C-Emissionen im A1B-Szenario im Jahre 2050 bei rund 16Gt/Jahr liegen, wohingegen die C-Emissionen im B1-Szenario bei nur rund 11,8Gt/Jahr liegen, was einen Unterschied von mehr als 4Gt/Jahr ausmacht.

⁶ Abbildung 1: (Unbekannt, Klimawiki); SRES und RCP Szenarien.

http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Datei:SRES_RCP_Szenarien.jpg , gesichtet am 23.06.2014.

3.1) Die Emissions-Szenarien (SRES) des IPCC-Sonderberichtes über SRES ⁷

A1. Die A1-Modellgeschichte bzw. -Szenarien-Familie beschreibt eine zukünftige Welt mit sehr raschem Wirtschaftswachstum, einer Mitte des 21. Jahrhunderts kulminierenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung, und rascher Einführung neuer und effizienterer Technologien. Wichtige grundlegende Themen sind Annäherung von Regionen, Entwicklung von Handlungskompetenz sowie zunehmende kulturelle und soziale Interaktion bei gleichzeitiger substantieller Verringerung regionaler Unterschiede der Pro-Kopf-Einkommen. Die A1-Szenarien-Familie teilt sich in drei Gruppen auf, die unterschiedliche Ausrichtungen technologischer Änderungen im Energiesystem beschreiben.

Die drei A1-Gruppen unterscheiden sich in ihrer technologischen Hauptstossrichtung: fossilintensiv (A1FI), nichtfossile Energiequellen (AIT) oder eine ausgewogene Nutzung aller Quellen (A1B) (wobei ausgewogene Nutzung definiert ist als eine nicht allzu große Abhängigkeit von einer bestimmten Energiequelle und durch die Annahme eines ähnlichen Verbesserungspotentials für alle Energieversorgungs- und -verbrauchstechnologien).

B1. Die B1-Modellgeschichte bzw. -Szenarien-Familie beschreibt eine sich näher kommende Welt, mit der gleichen, Mitte des 21. Jahrhunderts kulminierenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung wie in der A1-Modellgeschichte, jedoch mit raschen Änderungen der wirtschaftlichen Strukturen in Richtung einer Dienstleistungs- und Informationswirtschaft, bei gleichzeitigem Rückgang des Materialverbrauchs und Einführung von sauberen und ressourcen-effizienten Technologien. Das Schwergewicht liegt auf globalen Lösungen für eine wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit, einschließlich erhöhter sozialer Gerechtigkeit, aber ohne zusätzliche Klimainitiativen.

Da CO₂ die Temperatur unseres Klimas beeinflusst, haben wir auf den Klimaszenarien basierende Modellrechnungen herausgesucht, die die zukünftigen Änderungen der Durchschnittstemperatur, Anzahl der heißen Tage und die Menge an Eistagen in Europa darstellen. Die Abbildungen 2-5 stellen diese durch die Differenz zwischen dem prognostizierten Durchschnittswert von 2071 bis 2100 minus den Durchschnittswert von 1961 bis 1990 dar.

⁷ (2007, Dieter Kasang); Text nach: IPCC Fourth Assessment Report (AR4), Climate Change 2007

3.2) Durchschnittstemperaturen in Europa

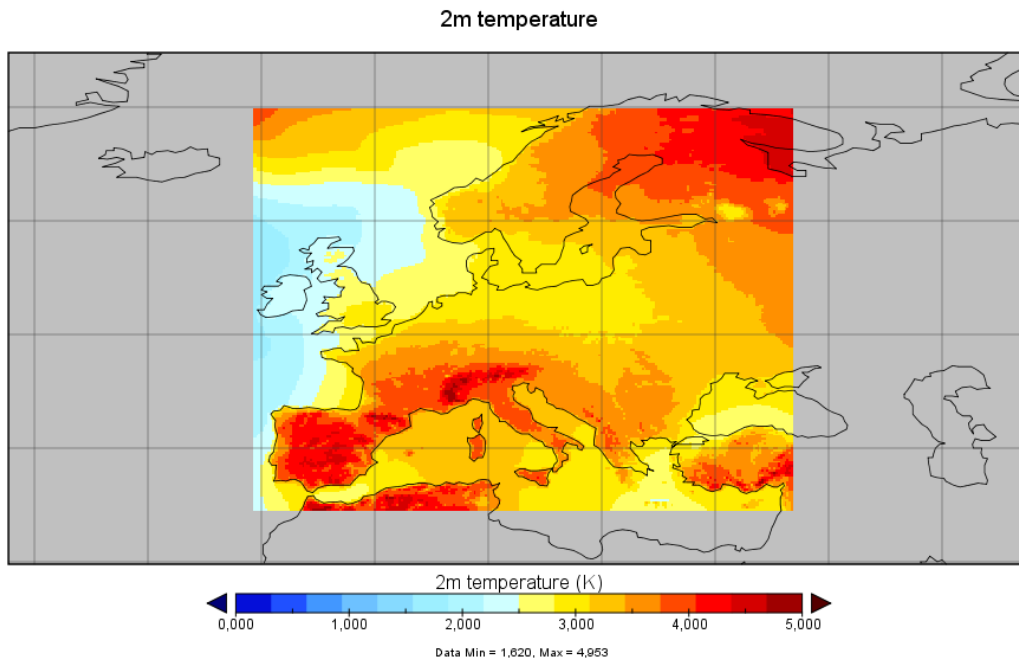


Abbildung 2: Änderung der mittleren 2m Temperatur gemäß A1B-Szenario (ca. 16GT C/Jahr)

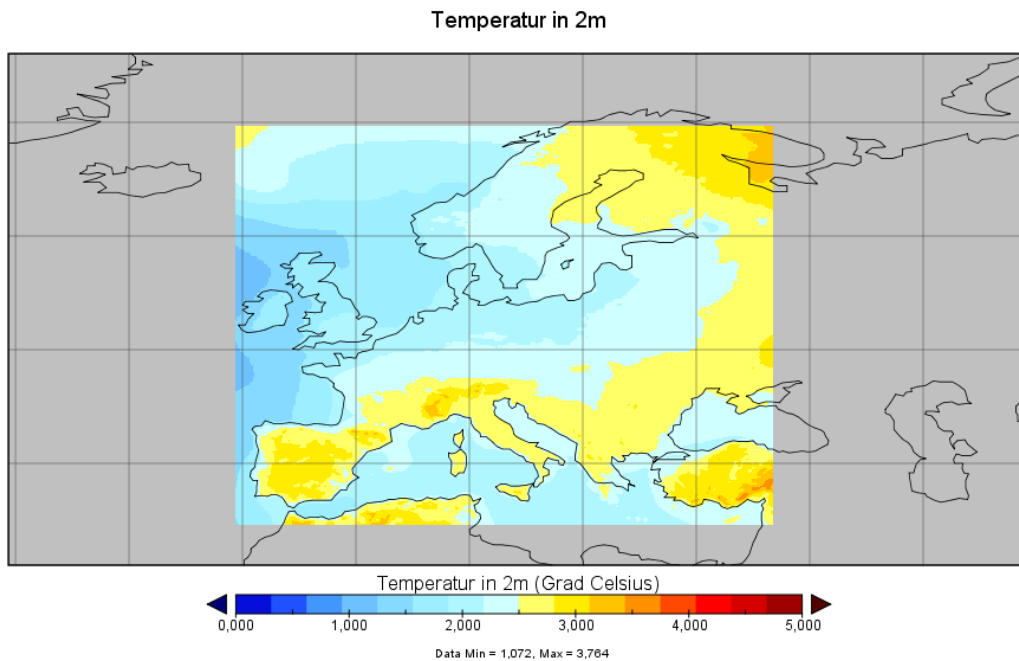


Abbildung 3: Änderung der mittleren 2m Temperatur gemäß B1-Szenario (ca. 11,8GT C/Jahr)

Die Temperaturerhöhung in Europa zum Ende des Jahrhunderts ist im A1B-Szenario gegenüber dem B1-Szenario (vgl. Abb. 3 und Abb.2) stärker. Dies ist auf die höheren Kohlenstoffdioxid Emissionen zurückzuführen.

3.3) Heiße Tage in Europa

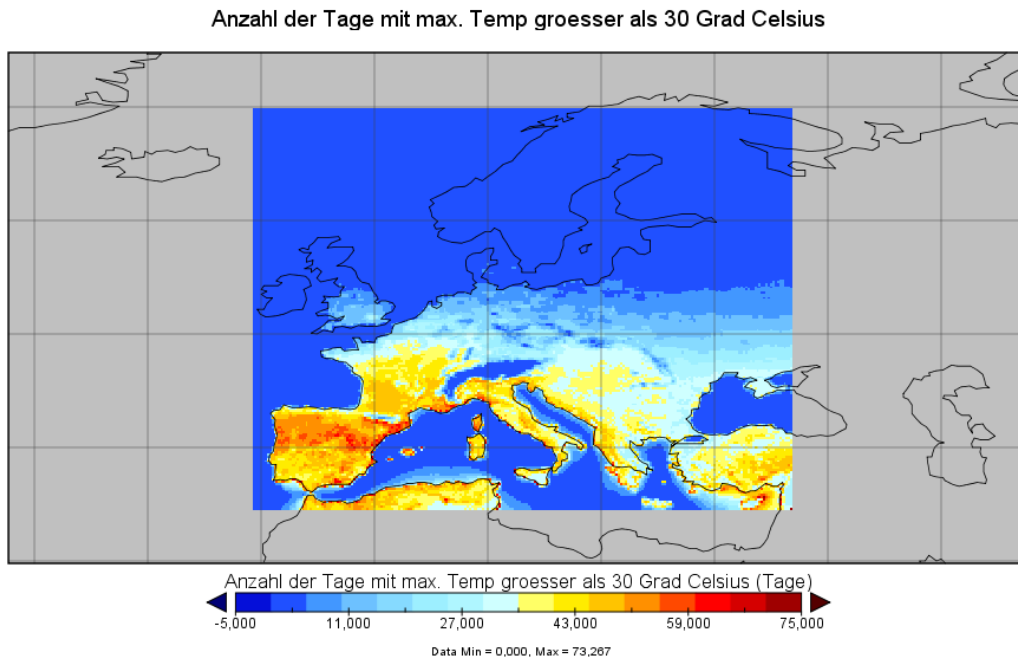


Abbildung 4: Durchschnittliche Änderung der Anzahl an heißen Tage gemäß A1B-Szenario (ca. 16GT C/Jahr)

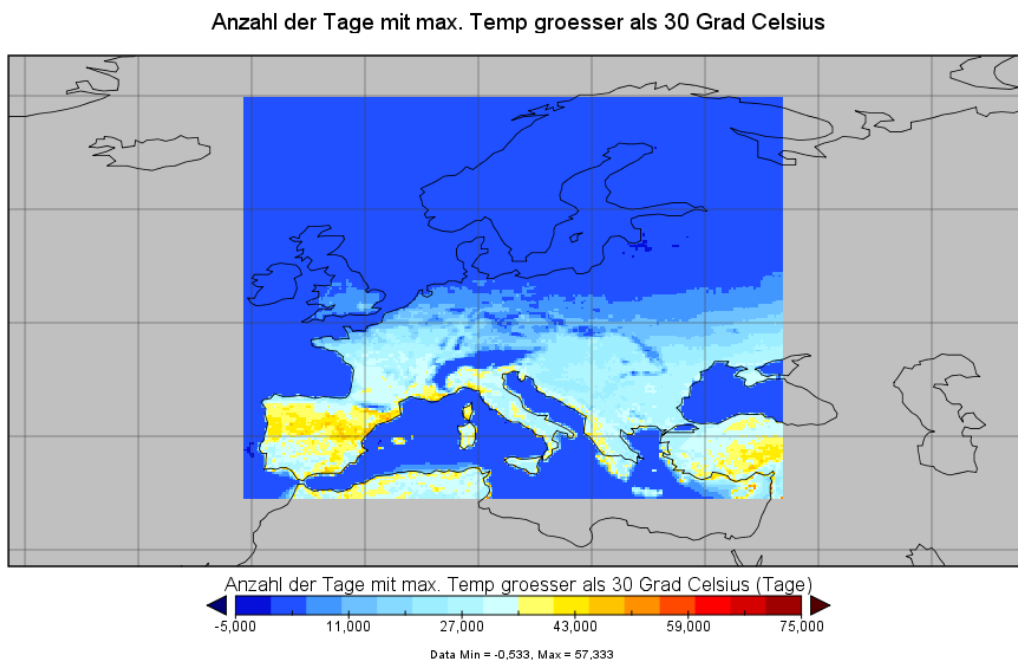


Abbildung 5: Durchschnittliche Änderung der Anzahl an heißen Tage pro Jahr gemäß B1-Szenario(ca. 11,8GT C/Jahr)

Wie man an diesen Daten erkennen kann, ist auch die Änderung der durchschnittlichen Anzahl an heißen Tagen pro Jahr überall in Europa im A1B-Szenario signifikant höher als im B1 Szenario. Im A1B-Szenario wird es in manchen Teilen Europas zukünftig durchschnittlich 70 heiße Tage pro Jahr zusätzlich zu der in der Referenzzeit zwischen 1961 und 1990 aufgetretenen Anzahl geben. Im Szenario B1 sind es maximal 57 Tage mehr.

3.4) Eis-Tage in Europa

Anzahl der Tage mit max. Temp kleiner als 0 Grad Celsius

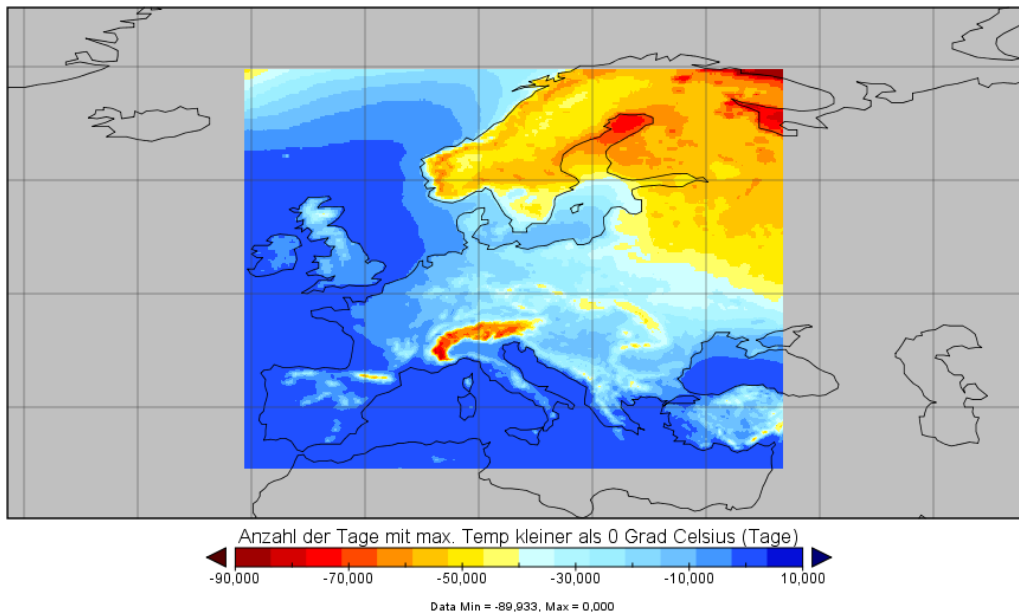


Abbildung 6: Durchschnittliche Änderung der Anzahl an Eis-Tagen gemäß A1B-Szenario (ca. 16GT C/Jahr)

Anzahl der Tage mit max. Temp kleiner als 0 Grad Celsius

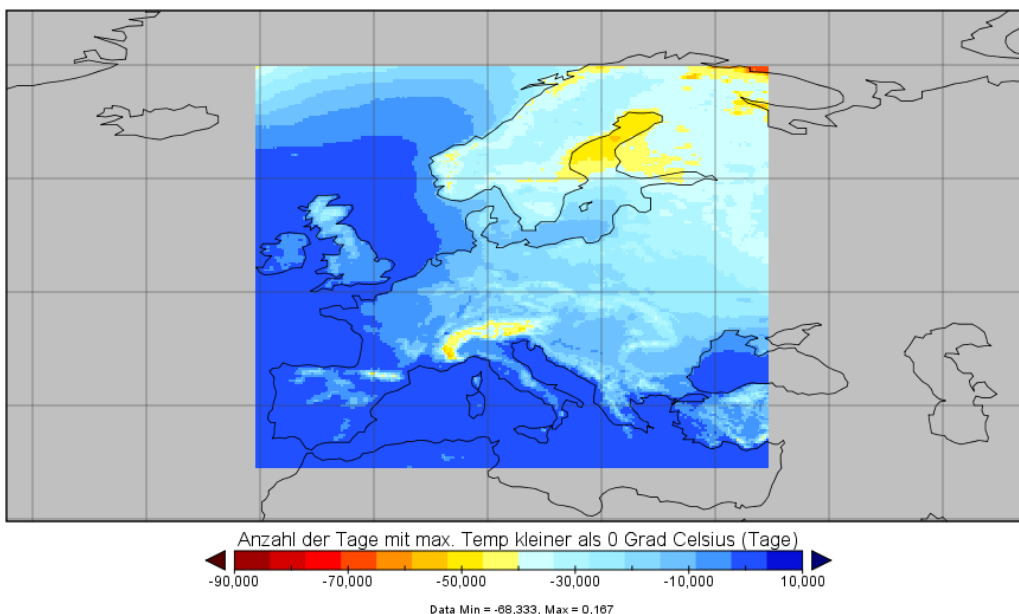


Abbildung 7: Durchschnittliche Änderung der Anzahl an Eis-Tagen gemäß B1-Szenario (ca. 11,8GT C/Jahr)

Bei der Änderung der Anzahl der Eis-Tage verhält es sich entsprechend umgekehrt. Es wird weniger Eistage geben - im A1B Szenario wiederum noch weniger als im B1 Szenario. Vor allem in Skandinavien und in den Alpen werden es nach dem B1 Szenario bis zu 80 weniger sein als in der Referenzperiode 1961-1990, was fast ein Viertel der Eistage eines Jahres ausmacht. Im B1-Szenario wird es hingegen maximal 50 Eis-Tage weniger im Jahr geben, was nur ein Siebtel der Eistage eines Jahres ausmacht.

3.5) Schlussfolgerung

Aus den Daten kann man nun erkennen, dass der Temperaturanstieg im Szenario A1B viel höher ist als der im Szenario B1. Daraus kann man schließen, dass je mehr CO₂ ausgestoßen wird, die Temperatur stärker ansteigt und es so mehr warme Tage und weniger kalte Tage geben wird.

Wenn man also die CO₂ Emission verringern könnte, so könnte man auch der Klimaerwärmung entgegen wirken. So kann es eine sinnvolle Idee sein, CO₂ gezielt durch Climate Engineering zu speichern, z.B. durch unterirdische CO₂-Lager oder durch gezieltes Pflanzen neuer Bäume.

4) Kann CO₂ Speicherung dem Klimawandel sinnvoll entgegenwirken?

Der Unterschied der CO₂ Emissionen in den oben vorliegenden Messwerten zwischen Szenario A1B und B1 liegt bei ca. 4GtC/Jahr im Jahr 2050. Um nun beurteilen zu können, ob die Methoden der CO₂ Speicherung sinnvoll sind, wird im folgenden Text der Aufwand begutachtet, den man betreiben müsste, um die CO₂ Emissionen um diese 4Gt/Jahr zu senken, damit man das Verhältnis von Aufwand zu Erfolg vergleichen kann und es wird erst einmal davon ausgegangen, dass die Menschheit sich wie im Szenario A1B verhält.

4.1) CO₂ Speicherung durch Anpflanzen von Bäumen

Ein Hektar Wald speichert 10t CO₂ pro Jahr^{8,9}. Wenn man dies hochrechnen würde auf die 4Gt C, die pro Jahr gespeichert werden müssen, so müsste eine bisher unbewaldete Fläche von ca. 14,7Mio.km² neu bewaldet werden. Das wäre ungefähr das 42-fache der Fläche von Deutschland bzw. ca. 9,9% der gesamten Landfläche der Erde. Wenn man also 9,9% der Landfläche der Erde neu bewalden würde, würden 4GtC/Jahr in Bäumen gespeichert werden. Das Problem daran ist, dass es wahrscheinlich ziemlich schwer sein wird, eine so große Fläche zu finden. Alle Länder der Welt müssten miteinander kooperieren, um diese Fläche bereitstellen zu können und jedes Land der Welt müsste ca. ein Zehntel seiner Fläche neu bewalden. Ein solches Unternehmen würde in vielen Ländern die Wirtschaft ausbremsen. Ein anderes Problem wäre, dass die Bäume einige Jahre brauchen, bis sie ausgewachsen sind, um genügend CO₂ zu speichern.

Insgesamt muss man aber bedenken, dass lediglich 4GtC/Jahr dadurch gespeichert werden. Wenn also die Menschheit nun wie im Szenario A1B handeln würde und dabei lediglich 9,9% der Landfläche der Erde neu bewalden würde, so würde sich das Klima immer noch wie im Szenario B1 verändern, d.h. die Temperatur würde in Europa um 2°C-3°C ansteigen und es würde viel mehr heiße Tage und viel weniger Eistage geben. Um der Klimaerwärmung ganz entgegen zu wirken, müsste wahrscheinlich eine weitere gleich große Fläche neu bewaldet werden, was die oben genannten Probleme nochmal verstärkt. Der große Vorteil an dieser Art der Speicherung wäre aber, dass man keine neuen Speicher mehr bauen müsste, da der CO₂ Speicher sozusagen mitwächst. Wenn Bäume nun aber aus irgendeinem Grund verbrennen

⁸ (2009, Prof. Dr. H. Röhle); Prima-Klima-weltweit.de:

Kommentar zum Gutachten zur CO₂-Absorption von Bäumen

⁹ (unbekannt); Wissen.de: Wie viel CO₂ filtern Bäume aus der Luft?

oder verrotten (z.B. durch einen Waldbrand), würde das gesamte gespeicherte CO₂ wieder in die Luft geraten.

4.2) CO₂ Speicherung in Gesteinsschichten

Die Möglichkeiten von unterirdischen CO₂-Lagern sind noch relativ unbekannt, da diese bisher kaum bzw. noch nie eingesetzt wurden. Man kann also schlecht einschätzen, wie viel solche unterirdischen Lager kosten und wie gut sie funktionieren werden. Die Kosten die pro Tonne CO₂ anfallen, sind deswegen nicht bekannt, aber Prognosen gehen von 54€Tonne(GESTCO¹⁰) über anfängliche 60€90€(Zeit¹¹) bis hin zu 75€150€ pro Tonne(WBGU¹²). Wenn man nun im Schnitt von ca. 80€Tonne CO₂ ausgeht, um wie zuvor angenommen 4Gt C pro Jahr zu speichern, so wären dies Kosten von 1,173 Bio. Euro im Jahr. Auf die ganze Welt verteilt, wären dies sicherlich tragbare Kosten. Die Probleme bestehen darin, dass jedes Jahr neue CO₂ Speicher gefunden und angeschlossen werden müssen und dass die ganze Welt kooperieren müsste. Denn es würde nichts nützen, wenn lediglich ein einziges Land CO₂ Speicher bauen würde, da dieses ja auch nicht die Kapazitäten hat 4 Gt C pro Jahr zu speichern. Selbst die ganze Welt hat laut aktuellen Berechnungen nur Platz für ca. 1800 Gt CO₂ (WBGU¹³). Wenn man also pro Jahr 4 Gt C speichern möchte, so würde der weltweite Speicher für ca. 123 Jahre halten, bevor es keinen Platz mehr gibt. Wenn man mehr CO₂ pro Jahr speichern möchte, verkürzt sich diese Zeit. Eine dauerhafte Lösung wäre dies nicht, höchstens eine Übergangslösung, bis man eine Versorgung aus erneuerbaren Energien aufgebaut hat. Dabei müssten aber wieder alle Länder zusammen arbeiten.

4.3) CO₂ Speicherung in CO₂-Bunkern

Da diese Art der Lagerung ähnlich wie die Lagerung in Gesteinsschichten funktioniert und man bloß vorher noch einen großen unterirdischen Bunker bauen muss, werden die Kosten durch diese Art der Lagerung weitaus höher sein als die Kosten, die man hat, wenn man CO₂ in Gesteinsschichten lagert. Außerdem tritt hierbei ebenfalls das Problem auf, dass zum Bau dieser Bunker große Mengen an CO₂ emittiert werden und so die Rentabilität noch weiter, wenn nicht sogar ins Negative sinkt.

¹⁰ (2009, Heinz Ziegeldorf); Agenda21-treffpunkt.de: CO₂-Sequestrierung

¹¹ (2008, unbekannt); Zeit online: Neue Kohlekraftwerke - CO₂-Speicherung kostet Milliarden

¹² (2009, Heinz Ziegeldorf); Agenda21-treffpunkt.de: CO₂-Sequestrierung

¹³ (2009, Heinz Ziegeldorf); Agenda21-treffpunkt.de: CO₂-Sequestrierung

5) Fazit

Ist die Einspeicherung von CO₂ nun sinnvoll und kann man damit effektiv dem Klimawandel entgegenwirken? Ganz eindeutig lässt sich diese Frage nicht beantworten, denn, wie bereits dargelegt, sind die Speichermöglichkeiten noch nicht weit genug erforscht und ausgereift, um dies zu entscheiden.

Das Anpflanzen von Bäumen fällt hier etwas aus dem Rahmen, auch unabhängig vom Klimawandel ist das Nachpflanzen sehr wichtig und wird von fast allen Nationen sträflich vernachlässigt. Holz ist nicht nur ein nachwachsender Rohstoff, sondern besitzt wie bereits erwähnt eine Nullbilanz und kann noch immer sinnvoll als Energieträger und Baustoff verwendet werden. Hierbei sei die generelle Funktion für das Klima der Erde und die Funktion als Lebensraum noch außer Acht gelassen. Das große Problem an dieser Speicherart ist der enorme Flächenbedarf.

Die unterirdische Speicherung oder „Verklappung“ von CO₂ kann auch nur als bedingt sinnvoll angesehen werden. In alten Rohstofffeldern zu speichern ist alleine deswegen nicht ausreichend, weil das Volumen für die Speicherung von CO₂ größer als das des geförderten Rohöls und Erdgases ist, das aus diesem entsteht. Betrachtet man die Bilanz aus der Speicherung in Gesteinsschichten, ist diese zwar noch besser als die von Bunkern, aber eine zukunfts-sichere Methode ist sie nicht, abgesehen davon, dass hier ebenfalls keine unlimitierten Mengen aufgenommen werden können. Außerdem müssten alle Länder dieser Welt miteinander kooperieren, da kein Land allein genügend Speicherkapazität besitzt und die Kosten für ein Land alleine sicherlich auch zu hoch sind. Bunker sind bis jetzt keine Alternative, da der Aufwand noch sehr hoch ist. Dies gilt auch generell: das Climate-Engineering ist noch ein neues Gebiet, das erst nach und nach beleuchtet wird.

Die Sicht auf die Zukunft kann sehr pessimistisch ausfallen, was den Erhalt des jetzigen Zustands der Erde angeht, aber es ist nicht gesagt, dass der Mensch nichts tun kann. Eines der vorrangigsten Ziele muss es sein, den Treibhausgasausstoß zu verringern, auf regenerative Energien umzustellen und so auf langfristige Sicht das Problem zu bekämpfen. Die bereits genannte Option der Bewaldung ist auf keinen Fall zu missachten. Am zuverlässigsten wird es sein, die Umwelt zu schützen und durch hohe Umweltauflagen ein Maximum an Schadensbegrenzung zu erreichen.

Ein Blick auf einen anderen Zweig des Geo-Engineering, dem Solar Radiation Management, kann sich lohnen, muss aber mit Vorsicht genossen werden, man befindet sich genauso auf neuem Terrain und die Möglichkeiten, Optionen auszutesten, sind stark limitiert.

Die Situation ist durchaus problematisch, aber eine Kombination aus allen Maßnahmen und einem Fokus auf dem menschlichen Verhalten kann auch die bisher größte Krise der Menschen überwinden.

6) Quellen

- 1, 11: (2008, unbekannt) Zeit online: Neue Kohlekraftwerke - CO₂-Speicherung kostet Milliarden
Ausgabe 39/2008 (verantwortlich: Jochen Wegner), gesichtet am 31.01.14 10:05
<http://www.zeit.de/ccsanlage>
- 2: (2004, Nadja Podbregar) Scinexx.de: Öl raus, Gas rein – Ölfelder als CO₂-Speicher?
vom 14.05.2004, gesichtet am 31.01.14 10:29
<http://www.scinexx.de/dossier-detail-147-5.html>
- 3: (2011, Hanno Böck) Klimaretter.info: Kohlendioxid-Speicher in Kanada leckt
vom 15.01.2011, gesichtet am 31.01.14 10:46
<http://www.klimaretter.info/umwelt/hintergrund/7715-kohlendioxid-speicher-in-kanada-leckt>
- 4: (Verantwortlich: Dr. Hans-Dieter Vosteen) Niedersachsen.de: CO₂-Speicherung
Veröffentlichungsdatum unbekannt, gesichtet am 31.01.14 10:58
http://www.lbeg.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=573&article_id=935&psmand=4
- 5: (2009, div. Autoren) CO₂-Geo-Net: Geologische CO₂-Speicherung – Was ist das eigentlich?
Ausgabe 12/2009 (Autoren s. Seite 2 der Broschüre), gesichtet am 31.01.14 11:26
<http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/CO2Speicherung/Downloads/CO2Geonet-broschuere.pdf?blob=publicationFile&v=2>
- 6: Abbildung 1: (2012, Klimawiki); SRES und RCP Szenarien
Vom 04.12.2012, gesichtet am 23.06.2014 10:58
http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Datei:SRES_RCP_Szenarien.jpg
- 7: (2013, Klimawiki); Klimaszenarien - 2.Die IPCC-Emissionszenarien, gesichtet am 19.01.2014 19:27
http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Klimaszenarien#Die_IPCC-Emissionszenarien
- 8: (2009, Prof. Dr. H. Röhle) Prima-Klima-weltweit.de: Kommentar zum Gutachten zur
CO₂-Absorbion von Bäumen
von Januar 2009, gesichtet am 06.01.2014 14:15
http://www.prima-klima-weltweit.de/grafiken/pdf/gutachten_kommentar.pdf
- 9: (unbekannt) Wissen.de: Wie viel CO₂ filtern Bäume aus der Luft?
(Verantwortlich: Harald Frater; gesichtet am 10.01.2014 16:38
<http://www.wissen.de/wie-viel-co2-filtern-baeume-aus-der-luft>
- 10, 12, 13: (2009, Heinz Ziegeldorf) Agenda21-treffpunkt.de: CO₂-Sequestrierung
gesichtet am 13.01.2014 17:45
<http://www.agenda21-treffpunkt.de/lexikon/CO2-Sequestrierung.htm>
- Titelbild: (2011, Kiel-Earth-Institute); CE Verfahren.
2011, gesichtet am 23.06.2014 11:00
http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Datei:CE_Verfahren.jpg
- Abb. 2-7: selbsterstellte Panoply-Auswertungen mittels folgender Quellen, die zuletzt am 23.06.2014
aufgerufen wurden:
Panoply: <http://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/>
Datensätze: <http://bildungsserver.hamburg.de/europa-daten/2722278/europa-temperatur.html>
<http://bildungsserver.hamburg.de/europa-daten/2731008/temperatur-heisse-tage.html>
<http://bildungsserver.hamburg.de/europa-daten/2718864/temperatur-eistage.html>