



## Quarks & Co Klimakampf in Kopenhagen

**Autoren:** Axel Bach, Florian Breier, Reinhart Brüning, Michael Fuhs, Daniel Münter, Frank Nischk, Mike Schaefer

**Redaktion:** Claudia Heiss

Am 8. Dezember 2009 blickt *Quarks & Co* ab 20.15 Uhr zur Klimakonferenz nach Kopenhagen. Vertreter von 192 Staaten verhandeln dort über die Zukunft unseres Planeten. Was sind die Ursachen und Folgen des Klimawandels? Wie kann ein gemeinsamer Rettungsplan aussehen?

*Quarks & Co* schaltet live zur Konferenz nach Kopenhagen und Ranga Yogeshwar empfängt Experten im Studio: den Gipfel-Insider Jürgen Trittin und die Klima-Experten Stefan Rahmstorf und Uwe Leprich. 90 Minuten Klima – mit fundierten Hintergrundinformationen und der Möglichkeit als Zuschauer live per Telefon oder Mail an der Sendung teil zu nehmen!

## Bringt Kopenhagen die Wende?

*Die Verhandlungen um den weltweiten Kohlendioxidausstoß*



Fossile Großkraftwerke sind  
Auslaufmodelle, wenn mit dem  
Klimaschutz ernst gemacht wird

Rechte: DPA

Mit der Veränderung des Klimas steht viel auf dem Spiel, es geht um die Lebensgrundlage der Menschheit. Doch auf den großen und kleinen Bühnen der Klimakonferenzen findet seit Jahren ein Geschacher um Verschmutzungsrechte, Prozente und Anteile statt. Die meisten Staaten hoffen offenbar, bei den Verhandlungen günstig davonzukommen. Doch je länger die Staaten den Umbau ihrer Energieversorgung hinauszögern, desto teurer wird es am Ende für sie werden – und zwar für jeden Einzelnen.

Die Frage ist nun: Wird es auf dem Klimagipfel in Kopenhagen zu einem konstruktiven und verbindlichen Ergebnis kommen?

### Die Grenze des Ausstoßes



Die Länder, dargestellt nach Zahl der  
Einwohner. Entsprechend könnte auch  
der weltweite Kohlendioxid-Ausstoß  
Budget verteilt werden

Rechte: SASI Group (University of  
Sheffield), 2009

192 Länder sind 2009 zur Klimakonferenz nach Kopenhagen gekommen. Dort geht es um den Verteilungskampf für die Verschmutzung unserer Welt. Der Lösungsvorschlag vieler Experten: Den weltweiten Kohlendioxidausstoß in Zukunft auf insgesamt 750 Milliarden Tonnen Kohlendioxid zu begrenzen. Sollte das gelingen, besteht die Hoffnung, dass sich das Klima der Erde nur in einem mäßigen Tempo verändern wird und große Katastrophen ausbleiben. Bei der Frage, wie viel Kohlendioxid und Treibhausgase die Länder weiter ausstoßen dürfen geht es um viel Geld. Das Recht, eine Tonne Kohlendioxid auszustoßen, lässt sich nämlich verkaufen – 2009 sind das etwa 15 Dollar. Aber der Preis wird in Zukunft deutlich steigen.

### Das Ringen um eine weltweite Verteilung



China ist beim Gipfel in Kopenhagen  
eine schwer kalkulierbare Größe. Das  
Wachstum Chinas ist schwer vorher-  
zusagen. Und das Land nennt keine  
konkreten Zahlen, was den künftigen  
Kohlendioxid-Ausstoß betrifft

Rechte: Evonik Steag

Während sich Industrieländer wie die USA für die Verteilung des Kohlendioxid-Ausstoßes eher am heutigen Status quo orientieren wollen, fordern die ärmeren Länder eine gerechte Verteilung, die sich nach der Zahl der Einwohner richtet. Nach dieser Rechnung würde jeder Mensch für die nächsten 40 Jahre über ein Budget von knapp 110 Tonnen an Kohlendioxid-Emissionen verfügen. Für die 14 Millionen Einwohner des extrem armen westafrikanischen Landes Burkina Faso bedeutet das zum Beispiel, dass ihr Budget von Kohlendioxid noch knapp 3.000 Jahre reichen würde. Doch auch die ärmsten Länder der Erde wollen sich weiterentwickeln. Für ein klimaverträgliches Wirtschaftswachstum benötigen sie finanzielle Unterstützung von den reichen Ländern. Das kann man als Schadensersatz sehen – für deren deutlich höheren Kohlendioxidausstoß der Vergangenheit.

### Industrienationen bald CO<sub>2</sub>-bankrott



Die Windräder sollen sich bald im großen Stil drehen. Bisher hinken die USA beim Umbau auf regenerative Energie noch weit hinterher

Das Kontingent Chinas würde bei einem Ausstoß wie bisher nur 24 Jahre reichen, und Chinas Energiehunger steigt Jahr für Jahr. China hat zwar mit einem großen Programm zur Einführung erneuerbarer Energien begonnen, aber es will sich auf keine Kohlendioxid-Quote festlegen.

Für Deutschland würde das Kontingent noch zehn Jahre reichen und die USA wären sogar schon in sechs Jahren bankrott, wenn weiter Kohlendioxid ausgestoßen wird, wie bisher. In den Industrieländern muss sich also in vergleichsweise kurzer Zeit viel ändern. Deshalb scheuen diese Staaten verbindliche Zusagen. Vergleicht man es mit dem Niveau von 1990, müssten die reichen Länder ihre Kohlendioxid-Emissionen bis 2020 um etwa 40 Prozent senken. Selbst die EU bietet nur 20 Prozent Reduktion an; wenn andere Länder mitziehen 30 Prozent. Nur Deutschland und Norwegen haben bisher 40 Prozent zugesagt.

Die USA haben sich in der Vergangenheit wenig um erneuerbare Energien geschert, und liegen in ihrer Entwicklung weit zurück. Auch Präsident Barack Obama wird mit seinem ehrgeizigen Energieprogramm die Uhren nicht zurückdrehen können. Gerade mal vier Prozent Reduktion könnte er mit seinem Programm erreichen, wenn der Kongress das Klima-Paket absegnet.

Autor: Reinhart Brüning

## Die Weltklimakonferenzen

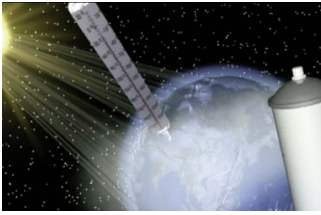
*Seit 1992 fanden bislang 17 Weltklimakonferenzen statt. Die folgende Tabelle bietet einen Überblick über deren Inhalte und Ergebnisse.*

Datum	Ort	Inhalte / Ergebnisse
03.06. - 14.06.1992	Rio de Janeiro (Brasilien)	Verabschiedung der Klima-Rahmenkonvention – völkerrechtliche Vertragsgrundlage für den internationalen Klimaschutz
28.03. - 07.04.1995	Berlin (Deutschland)	„Berliner Mandat“ – Fahrplan zu einem verbindlichen Abkommen 1997 in Kyoto
08.07. - 19.07.1996	Genf (Schweiz)	keine nennenswerten Fortschritte
01.12. - 10.12.1997	Kyoto (Japan)	Verabschiedung des Kyoto-Protokolls. Die wichtigsten Reduktionsziele gegenüber 1990: EU 8% (Deutschland 21%), USA 7%, Japan 6%, Kanada 6%
02.11. - 13.11.1998	Buenos Aires (Argentinien)	Arbeitsplan zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls
22.10. - 05.11.1999	Bonn (Deutschland)	Verhandlung über die Ausformulierung der Vertragstexte
13.11. - 24.11.2000	Den Haag (Niederlande)	Die Konferenz scheitert.
16.07. - 27.07.2001	Bonn (Deutschland)	Die USA verhandeln nicht mehr mit. Die wichtigsten Regeln zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls werden verabschiedet: Emissionshandel, Mechanismen für umweltverträgliche Entwicklung („Clean Development Mechanism“ – CDM), Gemeinschaftsreduktion („Joint Implementation“: JI)
29.10. - 09.11.2001	Marrakesch (Marokko)	Der politische Kompromiss von Bonn wird in eine formelle Entscheidung über Vertragstexte umgesetzt.
23.10. - 01.11.2002	Neu-Delhi, Indien	keine nennenswerten Fortschritte
01.12. - 12.12.2003	Mailand (Italien)	Detailregelungen zum Kyoto-Protokoll (Kohlenstoffsenken, Aufforstung)
06.12. - 17.12.2004	Buenos Aires (Argentinien)	keine nennenswerten Fortschritte
28.11. - 09.12.2005	Montreal (Kanada)	erste Konferenz nach Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls keine nennenswerten Fortschritte
06.11. - 17.11.2006	Nairobi (Kenia)	keine nennenswerten Fortschritte
03.12. - 14.12.2007	Bali (Indonesien)	Verabschiedung eines Verhandlungszeitplans für ein Abkommen nach dem Auslaufen des Kyoto-Protokolls (2012). Das neue Abkommen soll 2009 in Kopenhagen verabschiedet werden.
01.12. - 12.12.2008	Posen (Polen)	keine nennenswerten Fortschritte
07.12. - 18.12.2009	Kopenhagen (Dänemark)	Verhandlungen über einen Vertrag, der ab 2013 die internationale Klimaschutzpolitik regeln soll

Autor: Übersicht Weltklimakonferenzen: Daniel Münter

## Der Treibhauseffekt

### *Was die Erde warm macht*



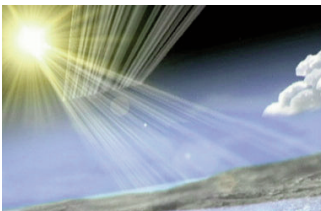
Temperatur der Erde ohne  
Atmosphäre: -3 °C

15 Grad Celsius: Das ist eine angenehme Temperatur. Nicht zu kalt und nicht zu warm. 15 Grad Celsius ist außerdem die „globale Mitteltemperatur“. Das ist die Durchschnittstemperatur der Erde – berechnet aus den Temperaturdaten mehrerer Tausend von mehr als 5000 Messstationen überall auf der ganzen Welt. Dass dabei genau 15 Grad Celsius herauskommen, liegt vor allen Dingen am Zusammenspiel dreier Faktoren: der eingestrahnten Sonnenenergie, der Atmosphäre der Erde sowie der darin enthaltenen Treibhausgase.

Würde man eine neue Erde basteln, könnte man dabei die folgenden Temperaturen messen: Ohne Sonne wäre es auf der Erde extrem kalt: minus 270 Grad. Das ist nahe am absoluten Nullpunkt: Viel kälter kann es nicht werden. Leben ist unter solchen Bedingungen undenkbar. Erst die Sonne liefert die nötige Energie, so dass es auf der Erde wärmer wird. (Die Wärme, die aus dem Erdinneren aufsteigt, ist vernachlässigbar gering und beträgt nur 0,06 Prozent der eingestrahnten Sonnenenergie.) Solange unsere neue Erde noch keine Atmosphäre hat, gelangt die gesamte Strahlung der Sonne auf die Erdoberfläche. Die Sonne heizt die Oberfläche auf. Genau wie ein heißes Bügeleisen strahlt die Erde einen Teil der Wärme wieder ab und es stellt sich eine deutlich wärmere Temperatur von etwa minus drei Grad Celsius ein.

Gibt man auf die nackte Erdkugel eine Atmosphäre aus Stickstoff und Sauerstoff hinzu, dann fällt die Temperatur auf etwa minus 18 Grad Celsius. Stickstoff und Sauerstoff lassen es also erstmal kälter werden – obwohl die Sonne genauso intensiv scheint wie vorher: Die Atmosphäre reflektiert einen Teil der Sonnenstrahlen. Es kommen weniger Sonnenstrahlen auf der Erde an, so dass sie sich die Erde nicht mehr so stark erwärmt.

### **Aus Licht wird Wärme**

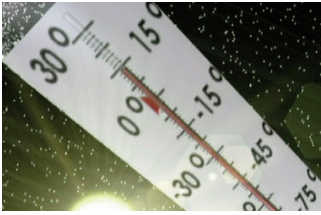


Temperatur der Erde mit Atmosphäre  
aus Stickstoff und Sauerstoff sowie  
Treibhausgasen: 15 °C

Damit auf der Erde im Mittel eine Temperatur von über null Grad herrscht, kommt der „natürliche Treibhauseffekt“ ins Spiel: Die Sonne lässt Wasser aus den Meeren und Seen verdampfen. Und der Wasserdampf in der Atmosphäre lässt die Temperatur ansteigen: von minus 18 auf zweieinhalb Grad plus. Und schließlich wirken auch noch die sogenannten Treibhausgase Methan, Lachgas, Ozon und Kohlendioxid. Sie kommen in der Atmosphäre zwar nur in einer sehr geringen Konzentration vor – insgesamt sind es weniger als 0,038 Prozent! Aber zusammen mit dem Wasserdampf steigt die Temperatur damit um 33 Grad: auf ziemlich exakt 15 Grad Celsius. Wie kommt es dazu?

Lediglich die Hälfte 51 Prozent der Sonnenstrahlung erreicht überhaupt den Erdboden, während die andere Hälfte von der Atmosphäre reflektiert oder absorbiert wird. Knapp 10 Prozent davon werden von hellen Flächen wie Eis und Schnee reflektiert und ins Weltall zurückgestrahlt, ohne dabei die Erde zu erwärmen. Nur der Rest wird von Boden, Wasser und Pflanzen aufgenommen und erwärmt die Erde. Je dunkler die Oberfläche, desto wärmer wird sie. Geht man im Sommer barfuß über eine schwarze, asphaltierte Straße, merkt man den Unterschied sehr deutlich: Der Straßenbelag ist viel heißer als zum Beispiel der Boden einer Terrasse aus hellem Marmor. Diese Wärme muss die Erde aber irgendwie wieder loswerden und strahlt Wärmestrahlung ab: Das sichtbare Licht wird also in Wärme umgewandelt.

### Der natürliche Treibhauseffekt

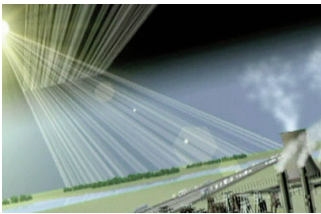


Globale Mitteltemperatur der Erde: 15 °C

Während das sichtbare Licht der Sonne noch relativ ungehindert auf die Erde gelangt, kann diese Wärmestrahlung nun aber nicht mehr ungehindert in den Weltraum zurückstrahlen: Wasserdampf und Treibhausgase nehmen die Wärmestrahlung auf und erwärmen sich dadurch selber. Die erwärmten Treibhausgase strahlen ihrerseits wieder Wärmestrahlen ab – in alle Richtungen. Ein Teil davon verschwindet ins Weltall, ein anderer Teil wird zurück auf die Erde reflektiert: Das ist der Treibhauseffekt: Wasserdampf und Treibhausgase halten die Wärme in der Nähe der Erdoberfläche fest – wie eine Bettdecke. Damit sorgen sie auch dafür, dass die Erde bei Nacht nicht so extrem abkühlt wie beispielsweise der Mond, der keine Atmosphäre hat.

Über die Jahre kommen auf diese Weise im Durchschnitt immer 15 Grad Celsius zustande. Diese Temperatur bleibt relativ konstant: Die Sonne heizt die Erde auf – und die Erde strahlt Wärme ab, da sie wärmer als die Umgebung ist.

### Mehr Treibhausgase = höhere Temperatur



Der Mensch erhöht den CO<sub>2</sub>-Anteil in der Atmosphäre

Seit der Mensch die fossilen Energieträger Kohle, Öl und Gas verbrennt, steigt der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre an: von geschätzten 0,028 Prozent im Jahr 1750 auf 0,0385 Prozent heute im Jahr 2008. Wenn die Menschen den Kohlendioxid-Anteil in der Atmosphäre erhöhen, hat das denselben Effekt wie eine dickere Bettdecke: Auf der Erde wird es wärmer. Zwar bleibt die eingestrahlte Sonnenenergie gleich. Doch es kann immer weniger Wärme in den Weltraum abgestrahlt werden: Die Treibhausgase reflektieren mehr Wärmestrahlung zurück zur Erde. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts ist die globale Mitteltemperatur auf der Erde um 0,7 Grad Celsius gestiegen; das ist schneller als jemals zuvor in den letzten 10.000 Jahren.

Die Temperatur auf der Erde reagiert sehr empfindlich auf die eigentlich segensreichen Treibhausgase. Das wusste bereits der spätere Nobelpreisträger Svante Arrhenius, der schon 1896 ein Buch mit dem Titel „Über den Einfluss des atmosphärischen Kohlensäuregehalts auf die Temperatur der Erdoberfläche“ veröffentlichte. Mehr als hundert Jahre später wird es Zeit, dass die Menschen daraus ihre Lehren ziehen und den Ausstoß an Treibhausgasen drastisch reduzieren. Denn 15 Grad Celsius sind warm genug!

Autor: Axel Bach

## Zeitbombe Permafrost

*Wie eine Erwärmung der Arktis das Weltklima kippen lassen könnte*



Permafrostböden in Sibirien und am Meeresgrund vor der sibirischen Küste

Zehntausende Jahre lang war der Boden in weiten Teilen Sibiriens steinhart gefroren. Nur im arktischen Sommer taute er für kurze Zeit oberflächlich auf, darunter blieben die Temperaturen rund ums Jahr weit unter null Grad Celsius. Doch seit einigen Jahren wird immer deutlicher, dass sich der Permafrost im Zuge des Klimawandels erwärmt und in weiten Gebieten sogar vollständig auftauen könnte. Eine gefährliche Entwicklung. Neueste Schätzungen gehen davon aus, dass in den gefrorenen Böden mindestens eine Billion Tonnen Biomasse gebunden ist. Bislang waren diese Pflanzenreste dem natürlichen Zersetzungsprozess durch Mikroorganismen weitgehend entzogen. Nur einige an die Kälte angepasste Mikrobenarten zersetzen Teile des organischen Materials und schieden vergleichsweise geringe Mengen Methan aus, ein Gas, dessen Treibhaus-Effekt 23-mal stärker ist als der von Kohlendioxid – dem bekanntesten Treibhausgas. Neueste Untersuchungen an Sedimentproben vom Meeresgrund zeigen, dass sich diese Organismen problemlos an höhere Temperaturen anpassen können und dann sogar mehr Methan produzieren. Nun vermuten Forscher, dass der Permafrost an Land gar nicht erst auftauen muss, um die Erderwärmung weiter anzuheizen.

### Permafrost am Meeresgrund



Die Küstenlinie Nordsibiriens vor 20.000 Jahren (gestrichelt). Permafrost bildet sich selbst auf Flächen, die heute auf dem Meeresgrund liegen (schraffiert)

Bis heute sind vor der Küste Nordsibiriens große Bereiche des Meeresbodens gefroren. Vor 20.000 Jahren – während der letzten Eiszeit – lag der Meeresspiegel dort 130 Meter tiefer, denn in der Arktis waren damals riesige Wassermengen in Eisschilden gebunden. In den eisfreien Bereichen bildete sich durch Kontakt mit extrem kalter Luft Permafrostboden.

Nur in den kurzen arktischen Sommern taute er in einer dünnen Schicht an der Oberfläche auf, und die Tundra ergrünte. Diese pflanzliche Biomasse starb im Winter ab und gelangte in den Untergrund. Über Tausende von Winter-Sommer-Wechseln entstand so ein gewaltiges Reservoir an tiefgefrorenem pflanzlichem Material.

Als der Meeresspiegel durch Abschmelzen der Eisschilde nach der Eiszeit wieder stieg, wurden Teile des Landes vor der sibirischen Küste überflutet. Die Temperatur des Permafrosts passte sich langsam der Temperatur des Meerwassers an, das minus 1,6 Grad kalt ist. Mit minus zwei Grad ist dieser submarine Permafrost heute rund zehn Grad wärmer als der an Land.

### Mikrobiologen entdecken klimaschädlichen Prozess im Verborgenen



Ein Mann untersucht Bodenproben vom Meeresgrund vor der nordsibirischen Küste

Nun hat eine Forschergruppe um den Mikrobiologen Doktor Dirk Wagner vom Alfred-Wegener-Institut entdeckt, dass die methanbildenden Mikroben im gefrorenen Meeresboden deutlich aktiver sind als die an Land. Die Organismen kommen mit den veränderten Lebensbedingungen hervorragend zurecht. Offenbar beschleunigt sich der Methan-Ausstoß der arktischen Permafrostböden schon massiv, bevor sie überhaupt auftauen – also bereits bei Temperaturen im Minusbereich. Die Experten gehen davon aus, dass dieser Prozess Modellcharakter für zukünftige Entwicklungen an Land hat, denn nirgendwo steigen die Temperaturen schneller als in der Arktis.



## Permafrostüberwachung an Land



Geomorphologin Hanne Christiansen kontrolliert die Temperatur in einem Bohrloch im Permafrostboden der arktischen Insel Spitzbergen  
Rechte: WDR / Bilderfest

Um Veränderungen im Untergrund rechtzeitig zu erkennen, wird der Dauerfrostboden mittlerweile auch auf der arktischen Insel Spitzbergen überwacht. In zahlreichen Bohrlöchern messen Sensoren rund um die Uhr die Temperatur; ein Langzeitprojekt, das Auskunft darüber geben soll, wie schnell steigende Lufttemperaturen den Boden beeinflussen. Denn bislang ist wenig bekannt darüber, wie schnell Wärme in den gefrorenen Untergrund transportiert wird. Permafrost ist ein weitgehend unerforschtes Mischmedium aus Gestein, Eis und Biomasse, in dem andere Gesetzmäßigkeiten die Energieflüsse regeln als an der Luft.

Die dänische Geomorphologin Hanne Christiansen leitet das Projekt, das Teil eines weltweiten Überwachungsnetzes (Global Terrestrial Network for Permafrost – GTN-P) ist. Nur mit einem Motorschlitten kann die Forscherin mehrere Messpunkte fernab des Hauptortes Longyearbyen erreichen, um ihre Instrumente zu kontrollieren. Erst in einigen Jahren wird es möglich sein, auf Grundlage der erhobenen Daten einzuschätzen, wie schnell sich der Permafrost in der Arktis erwärmt. Doch schon heute sind sich viele Polarforscher sicher, dass die dauergefrorenen Böden in zukünftigen Klimaprognosen stärker berücksichtigt werden müssen. Letztlich könnte sich der Permafrost sogar als der entscheidende Kippfaktor im Klimasystem erweisen; nämlich dann, wenn Mikroorganismen in den arktischen Böden Millionen Tonnen Biomasse abbauen und dadurch riesige Mengen Methan in die Atmosphäre abgeben, die den Treibhauseffekt eskalieren lassen.

Autor: Florian Breier

### **Zusatzinfos:**

#### **Eisschild**

Eisschilde sind riesige flächenhafte Vergletscherungen an Land. Sie bedecken große Gebiete und begraben nahezu die gesamte Topographie unter sich. Heute gibt es noch den antarktischen und grönländischen Eisschild. Während der letzten Eiszeit existierten mindestens vier weitere Eisschilde weltweit, darunter einer in Nordamerika und einer in Sibirien.

#### **Geomorphologie**

Geomorphologen beschäftigen sich mit den Oberflächenformen der Erde. Dabei untersuchen sie, wie im Zusammenspiel von Klima, Boden, Gesteinsuntergrund, Vegetation und tektonischen Kräften verschiedene Landschaften entstehen und sich im Laufe der Zeit verändern.



## Sind saubere Kohlekraftwerke möglich?

*CO<sub>2</sub>-Wäsche im Braunkohlekraftwerk Niederaußem*

### Lösung CCS?



Johannes Heithoff, Leiter Forschung und Entwicklung, RWE

Eine vermeintliche Lösung präsentierte RWE im August 2009. Im Kraftwerk Niederaußem setzten NRW-Ministerpräsident Rüttgers und der damalige Bundeswirtschaftsminister Karl-Theodor zu Guttenberg symbolisch eine Pilotanlage in Gang, mit deren Hilfe Kohlendioxid aus den Kraftwerksabgasen herausgewaschen werden soll. Diese sogenannte CO<sub>2</sub>-Wäsche ist Teil einer Strategie, Kohlekraftwerke in Zukunft CO<sub>2</sub>-arm zu betreiben: Kohlendioxid soll zunächst aufgefangen und dann sicher gespeichert werden, so dass es nicht mehr in die Atmosphäre gelangt. Das Verfahren nennt sich „Carbon Capture and Storage“ (CCS; Kohlenstoff-Abscheidung und -Speicherung). RWE setzt große Hoffnungen auf die Technologie: „Die Entwicklung der CCS-Technik hat natürlich eine sehr große ökologische Komponente“, so RWE-Forschungsleiter Johannes Heithoff, „sonst würden wir uns ihr nicht widmen.“. Doch kann dieses Konzept aufgehen?

### Das Prinzip der CO<sub>2</sub>-Wäsche



Kohlendioxid bindet in der Pilotanlage an Aminmoleküle

Bisher gibt es nur eine kleine Pilotanlage, mit der RWE die Technik der CO<sub>2</sub>-Wäsche testet. 300 Kilogramm Kohlendioxid pro Stunde können mit der von der Firma Linde entwickelten Anlage aus den Rauchgasen des Kraftwerks ausgewaschen werden. Bevor die Abgase in die CO<sub>2</sub>-Wäsche gelangen, müssen sie zunächst gekühlt werden. In einem sogenannten Absorber, einer Art Waschkolonne, treffen die Rauchgase dann auf eine Waschlösung. Die enthält Aminmoleküle, an die Kohlendioxid bei Temperaturen von unter 30 Grad bindet. Das Kohlendioxid wird so aus den Rauchgasen abgetrennt. In einem zweiten Schritt muss das Kohlendioxid von den Aminmolekülen wieder abgespalten werden. Das geschieht in einer zweiten Kolonne, dem sogenannten Desorber. Die Verbindung zwischen Kohlendioxid und Aminmolekül wird bei Temperaturen von 150 Grad Celsius instabil: Das Kohlendioxid wird frei und in Zukunft könnte es dann unterirdisch gespeichert werden. Doch zurzeit wird das mühsam aus den Rauchgasen abgeschiedene Kohlendioxid in Niederaußem doch in die Atmosphäre geblasen.

### Viele ungeklärte Fragen

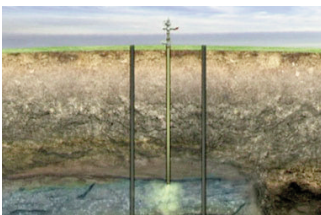


CCS-Kritiker Peter Viebahn vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Im Rahmen der kleinen Pilotanlage funktioniert die Technik bereits. Dennoch sind Kritiker angesichts vieler ungeklärter Fragen skeptisch, ob CCS eine Option für den Klimaschutz sein kann. „Zurzeit ist die Technologie relativ neu“, gibt der Energieexperte Peter Viebahn vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie zu bedenken, „so dass wir noch nicht sagen können, welche Potenziale wir an Speichern haben, ob und zu welchen Kosten die Technik im großen Maßstab funktionieren wird. Und vor allem auch, wann sie funktionieren wird.“ Denn die Anlage in Niederaußem ist bisher ein reines Pilot- und Forschungsprojekt. Nur 0,05 Prozent der Kraftwerksabgase strömen in die CO<sub>2</sub>-Wäsche. Eine Anlage für das gesamte Kraftwerk wäre wesentlich größer, denn sie müsste die 200-fache Kapazität haben. Eine CO<sub>2</sub>-Wäsche in diesem

Maßstab wurde so noch nie gebaut. RWE rechnet nicht damit, dass eine solche Anlage vor dem Jahr 2023 bis 2025 marktreif sein könnte. Ziel des Energiekonzerns ist, neunzig Prozent des Kohlendioxids aus den Abgasen zu waschen. Doch das benötigt viel Energie: Beides, das notwendige Abkühlen der Rauchgase vor der CO<sub>2</sub>-Wäsche und das Erhitzen der Amin-Kohlendioxid-Verbindung, mindert den Wirkungsgrad eines Kohlekraftwerks mit CCS-Technik um etwa zehn Prozent. Die höhere Effizienz neuer Kraftwerke würde so komplett wieder aufgefressen. Die Investitionen in CCS würden Kohlestrom um etwa 50 Prozent verteuern, schätzen Wissenschaftler wie Peter Viebahn. Ob CCS jemals marktreif wird, ist deshalb noch nicht sicher.

### Fehlende Lagerstätten



Geplant ist, das Kohlendioxid in Norddeutschland tief im Untergrund zu speichern

Ein weiteres Problem der CCS-Strategie ist die ungeklärte Frage, wo die riesigen Mengen Kohlendioxid gelagert werden sollen, die man in Zukunft aus den Kraftwerksabgasen abtrennen will. Geplant ist, das Kohlendioxid per Pipeline nach Norddeutschland zu transportieren. Dort will man das Gas tief in den Untergrund pressen, in Gesteinsschichten, die es wie ein Schwamm festhalten. Doch unsicher ist, wie viele geeignete Lagerstätten es in Deutschland überhaupt gibt. Ein Problem sind sicher die Kapazitäten,, so Peter Viebahn. „Die Schätzungen werden von den Geologen in den letzten Jahren immer weiter herabgesetzt. Das Wuppertal Institut hat selber Abschätzungen gemacht. Danach könnten wir die Emissionen aus den Kraftwerken für zehn Jahre komplett speichern.,, Zu wenig angesichts von 40 Jahren, die ein Kohlekraftwerk mindestens am Netz ist. Zudem ist heute noch keine einzige Kohlendioxid-Lagerstätte in Deutschland genehmigt.

Fazit: Wenn überhaupt, wird CCS erst in 15 Jahren marktreif. Aber nur, wenn die ungeklärte Frage der Lagerstätten gelöst werden kann. Und auch dann ist noch längst nicht sicher, ob sich CCS für die Energiekonzerne rechnet. Heute dient die Technik vor allem als Argumentationshilfe, neue Kohlekraftwerke zu bauen. Angesichts des Klimawandels ist es aber nötig, die CO<sub>2</sub>-Emissionen rasch zu reduzieren. Anstatt auf neue Kohlekraftwerke zu setzen, die vielleicht in 15 Jahren CO<sub>2</sub>-arm betrieben werden könnten. Klimaschutz ist das nicht. Die Forschung zu CO<sub>2</sub>-Wäsche und CCS erscheint so eher als eine Verzögerungstaktik der Energiewirtschaft.

Autor: Frank Nischk

## CO<sub>2</sub>-freie (Groß-)Städte?

*Wildpoldsried und München zeigen, wie Klimaschutz geht*

### Ein Dorf setzt voll auf erneuerbare Energien



Biogasanlage in Wildpoldsried

Rechte: Bayerischer Rundfunk

Angefangen hat in der oberallgäuer Gemeinde Wildpoldsried alles mit einem ersten Windrad. Inzwischen sind es fünf, und zusammen mit fünf dazugekommenen Biogaskraftwerken, 100 großen Photovoltaik-Dächern und drei Wasserkraftwerken produziert die Gemeinde inzwischen rund dreimal soviel Strom aus erneuerbaren Energieträgern, wie sie selbst verbraucht. Anfänglich gab es im Dorf auch Widerstände gegen die großen Windräder. Inzwischen sind aber 160 Wildpoldsrieder als Mitbetreiber der Windkraftwerke eingestiegen und verdienen damit Geld. Dabei profitiert die ganze Gemeinde, die „wegen der Gewerbesteuerzahlungen der Betreiber sicher nicht böse ist“, wie Bürgermeister Anton Zengerle verschmitzt zugibt. Die Gemeinde selbst unterhält zudem eine große Holzpellet-Heizung, die Dutzende öffentlicher Gebäude und privater Wohnungen mit Nahwärme versorgt. Ziel bis 2020 ist, rechnerisch auch den gesamten Wärmebedarf des Ortes aus regenerativen Quellen zu decken.

### Prima leben und 65 Prozent CO<sub>2</sub> einsparen!



München investiert in Solarkraftwerke

Inzwischen organisiert die Gemeinde auch Einkaufsgemeinschaften von Photovoltaik-Anlagen, kollektive Austauschaktionen von überalterten Heizungspumpen, unterstützt Wärmebildaufnahmen von Wohnhäusern für Dämm-Maßnahmen und vermittelt Energiespar-Beratungen. Wo es geht, werden dabei Handwerker aus der Gemeinde beschäftigt, und das Geld, das durch den Umbau erwirtschaftet, oder zum Beispiel dank geringerer Heizkosten gespart werden kann, „bleibt eine Runde länger im Ort und das nennt man regionale Wertschöpfung“, so Bürgermeister Anton Zengerle. Die Gemeinde Wildpoldsried ist schuldenfrei, wurde mehrfach mit Klima- und Umweltpreisen ausgezeichnet und dabei auch attraktiv für Umwelt-Unternehmen, die sich nun im Ort angesiedelt haben. Bis heute haben die Wildpoldsrieder ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen schon um 65 Prozent reduziert.

### Münchens Klima-Offensive



Beim Einkauf Geld und CO<sub>2</sub> einsparen – mit dem „Klimasparbuch“

Weit komplexer ist es, in Großstädten den Energieumbau zu organisieren. Münchens Stadtrat hat sich dennoch ehrgeizige Ziele gesetzt: Die Stadtwerke München sollen in eigenen Kraftwerken bis 2015 soviel Strom aus erneuerbaren Energieträgern produzieren, dass der Strombedarf aller privaten Haushalte, bis 2025 sogar der von ganz München gedeckt werden könnte. Die Stadtwerke werden dazu nicht nur in der Region Wasserkraft- und Geothermie-Kraftwerke bauen, sondern sich auch an Off-Shore-Windparks in der Nordsee und Solarkraftwerken zum Beispiel in Südspanien beteiligen. Außerdem soll München seine CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 um 50 Prozent reduzieren und baut dazu unter anderem sein klimafreundliches Fernwärmenetz aus.

### **Bündnis für Klimaschutz**

Doch vor allem gilt es, die Münchner Bürger und Unternehmen für den „Klima-Umbau“ zu gewinnen und zu beteiligen. Dazu hat sich „das Münchner Bündnis für Klimaschutz“ gegründet, ein Zusammenschluss von Stadtverwaltung, Stadtwerken, Wohnungsbaugesellschaften, Medien, der Industrie- und Handelskammer, Unternehmen, Institutionen und Vereinen. Gemeinsam haben sie den „Münchner Qualitätsstandard“ vereinbart: Bei Bau- und Sanierungsmaßnahmen sollen die gesetzlichen Energie-Sparnormen möglichst unterschritten werden, dafür kann es sogar von der Stadt Extra-Zuschüsse geben. Im „Bauzentrum München“, einem städtischen Energiespar-Beratungszentrum, können sich Münchner kostenlos von Fachleuten über Heiztechnik, Wärmedämmung und Solaranlagen informieren lassen. Münchner Haushalte mit geringem Einkommen können sogar kostenlos den Besuch eines Energieberaters in Anspruch nehmen. Der überreicht dabei nicht nur ein Gratis-Energiesparpaket mit Energiesparlampen, Stromspar-Steckerleiste und Beratungsfibel, sondern tauscht bei Bedarf sogar kostenfrei alte stromfressende Haushaltsgeräte gegen neue!

### **München 2050 sogar CO<sub>2</sub> frei?**

Zum Energiesparen soll auch das Münchner „Klimasparbuch“, motivieren: Es enthält eine Menge Gutscheine, mit denen Konsumenten Rabatte beim Einkauf klimafreundlicher Produkte bekommen können. Die Stadt München setzt auch auf das Elektroauto und prüft Konzepte für klimafreundliche Ladestationen. Oberbürgermeister Christian Ude ist sicher, dass der hohe Münchner Lebensstandard nicht unter der städtischen Klimaoffensive leiden wird: „Ökologische Vorbildlichkeit ist ein ganz wichtiger Standortfaktor der Zukunft, Umweltkompetenz festigt auch die ökonomischen Vorteile Münchens.“ Schützenhilfe bekommt Christian Ude nun auch von der Firma Siemens. Siemens hat eine umfangreiche wissenschaftliche Studie veröffentlicht, die untersuchen sollte, wie München bis zum Jahr 2050 sogar CO<sub>2</sub> frei wirtschaften kann. Das Fazit auch dort: Rechnen würde sich das allemal.

Autor: Mike Schaefer

### ***Zusatzinfos:***

#### ***Offshore-Windpark***

Ein Offshore-Windpark ist ein Windpark, der auf offener See vor der Küste (engl.: off shore) gebaut wird.

## Lesetipps

### **Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz**

Autor: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung  
Globale Umweltveränderungen (WBGU)  
Verlagsangaben: Berlin 2009  
ISBN: 978-3-936191-26-4  
Sonstiges: 58 Seiten, kostenlos  
Auch per download: [http://www.wbgu.de/wbgu\\_sn2009.html](http://www.wbgu.de/wbgu_sn2009.html)

Neueste wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, dass nur noch eine begrenzte Menge an Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangen darf, um einen gefährlichen Klimawandel zu vermeiden. Der WBGU schlägt eine globale Obergrenze für Kohlendioxid aus fossilen Quellen vor („Globalbudget“), die bis Mitte des Jahrhunderts noch ausgestoßen werden darf. Außerdem entwickelt er ein Konzept für die weltweite Verteilung der fossilen Brennstoffe. Der Text ist aufgrund des Themas empfehlenswert, darüber hinaus sachkundig und verständlich geschrieben.

### **Welt im Wandel: Sicherheitsrisiko Klimawandel**

Autor: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung  
Globale Umweltveränderungen (WBGU)  
Verlagsangaben: Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin, 2008  
ISBN: 978-3-540-73247-1  
Sonstiges: 268 Seiten, 79,95 Euro;  
kostenfreier Download (21 MB) unter [http://www.wbgu.de/wbgu\\_jg2007.pdf](http://www.wbgu.de/wbgu_jg2007.pdf)

Das Buch bietet eine umfassende und sehr genaue Darstellung der Folgen des Klimawandels, veranschaulicht durch viele Tabellen und Abbildungen. Eine 20-seitige Kurzfassung ist verfügbar unter [http://www.wbgu.de/wbgu\\_jg2007\\_kurz.pdf](http://www.wbgu.de/wbgu_jg2007_kurz.pdf), 1,8 MB.

### **Der Arktis-Klima-Report – Die Auswirkungen der Erwärmung**

Herausgeber: Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung  
Verlagsangaben: Convent-Verlag GmbH Hamburg 2005  
ISBN: 3-934613-86-1  
Sonstiges: 140 Seiten, 16,90 Euro

Ein sehr guter Überblick zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Arktis und ihre Bewohner. Leicht verständlich, informativ, fundiert und hervorragend illustriert.

## Linktipps

### **Germanwatch**

<http://www.germanwatch.org/>

Viele Informationen rund um Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel

### **Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz (Download)**

[http://www.wbgu.de/wbgu\\_sn2009.html](http://www.wbgu.de/wbgu_sn2009.html)

Neueste wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, dass nur noch eine begrenzte Menge an Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangen darf, um einen gefährlichen Klimawandel zu vermeiden. Der WBGU schlägt eine globale Obergrenze für Kohlendioxid aus fossilen Quellen vor („Globalbudget“), die bis Mitte des Jahrhunderts noch ausgestoßen werden darf. Außerdem entwickelt er ein Konzept für die weltweite Verteilung der fossilen Brennstoffe. Der Text ist aufgrund des Themas empfehlenswert, darüber hinaus sachkundig und verständlich geschrieben.

### **Umfassende Sonderveröffentlichung zu Klimawandel und Wasser**

<http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>

Sehr umfassende Sonderveröffentlichung des „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) zu Klimawandel und Wasser. Teilweise etwas technisch, mit vielen Tabellen. (214 Seiten, in Englisch)

### **Homepage des Global Terrestrial Network for Permafrost**

[http://www.gtnp.org/index\\_e.html](http://www.gtnp.org/index_e.html)

Die Seite gibt einen guten Überblick über verschiedene Projekte zur Überwachung des terrestrischen Permafrosts in Russland, Kanada, den USA und Europa. Auf Karten sind die Messpunkte verzeichnet, und online lassen sich aktuelle Temperaturen einiger Bohrlöcher abrufen. (Englisch)

### **Homepage der Universität Spitzbergen**

<http://www.unis.no/>

Eine spannende Überblicksseite zu verschiedenen Bereichen der Polarforschung auf Spitzbergen. Viele Informationen zu Forschungsprojekten an der nördlichsten Universität der Welt.

### **Reduktion um 80 Prozent möglich**

[http://www.bmu.de/erneuerbare\\_energien/downloads/doc/45026.php](http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/45026.php)

Im Auftrag des Bundesumweltministeriums hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt berechnet, wie Deutschland bis 2050 die Kohlendioxidemissionen um 80 Prozent senken kann. Die Wissenschaftler entwickeln ein Szenario, wie der Strom erzeugt werden muss, was mit den Altbauten geschehen sollte und was die Reduktion für die Mobilität bedeutet.

### **Reduktion um 95 Prozent möglich**

<http://www.wwf.de/themen/klima-energie/modell-deutschland-klimaschutz-2050/modell-deutschland-klimaschutz-2050-zentrale-ergebnisse/>

Der WWF hat in einer sehr detaillierten Studie analysieren lassen, wie Deutschland sich verändern muss, wenn es den Klimaschutz ernst nimmt. Die Studie zeigt ein Szenario, in dem Deutschland bis 2050 fast kein Kohlendioxid und auch kaum noch andere Treibhausgase mehr ausstößt. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass die Emissionen um 95 Prozent reduziert werden könnten, wenn die Politik nur die richtigen Maßnahmen durchsetzen würde.

### **Klimaschutz in Wildpoldsried**

<http://www.wildpoldsried.de/index.shtml?wir>

### **Münchner Bündnis für Klimaschutz**

<http://www.muenchenfuerklimaschutz.de/cms/>

Ziel des „Münchner Bündnis für Klimaschutz“ ist es, den „Klima-Umbau“ Münchens zu unterstützen und umsetzen zu helfen. Die Seite erläutert die Ziele, berichtet über Münchner Klimaschutz-Projekte und gibt Tipps wie man CO<sub>2</sub> einsparen kann.

### **Klimaschutz in München**

[http://www.muenchen.de/Rathaus/rgu/wohnen\\_bauen/energie/39004/](http://www.muenchen.de/Rathaus/rgu/wohnen_bauen/energie/39004/)

und:

<http://www.swm.de/de/unternehmen/verantwortung/umwelt/klimaschutz.html>

Die Seiten des Münchner Referats für Umwelt- und Gesundheit, sowie der Stadtwerke München beschreiben ausführlich die Münchner Ziele und Maßnahmen zum Klimaschutz: Bis 2025 will München soviel Strom aus erneuerbaren Energieträgern produzieren, wie die Stadt insgesamt verbraucht. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sollen bis 2030 um 50 Prozent reduziert werden.

### **CO<sub>2</sub>-freies München im Jahr 2050?**

[http://w1.siemens.com/innovation/de/publikationen/6099\\_pof\\_fruehjahr\\_2009/muenchen.htm](http://w1.siemens.com/innovation/de/publikationen/6099_pof_fruehjahr_2009/muenchen.htm)

Die Firma Siemens hat beim Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie eine umfangreiche wissenschaftliche Studie erstellen lassen: Könnte München bis 2050 CO<sub>2</sub>-frei wirtschaften? Die Studie bejaht dies: Der Klima-Umbau würde sich auch wirtschaftlich rechnen. Die Studie kann als PDF heruntergeladen werden.

### **Klimaschutz-Kommunen in Deutschland**

<http://www.kommunal-erneuerbar.de/>

Die Agentur für Erneuerbare Energien bietet hier ausführliche Informationen über Gemeinden, die sich bereits aktiv für Klimaschutz engagieren. Viele anschauliche Beispiele finden sich in der Rubrik „Kommune des Monats“.

### **Klimaschutz-Kommunen in NRW**

[http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/klimakommune\\_nrw/](http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/klimakommune_nrw/)

Seite des NRW-Umweltministeriums mit einigen Beispiel-Gemeinden



Impressum:

Herausgegeben  
vom Westdeutschen Rundfunk Köln

Verantwortlich:  
*Quarks & Co*  
Claudia Heiss

Redaktion:  
Claudia Heiss

Gestaltung:  
Designbureau Kremer & Mahler

Bildrechte:  
Alle: © WDR

© WDR 2009