

# Schoellerbank Analysebrief

## Ausgabe Nr. 224, März 2013

Presseinformation

Wien/Salzburg, 11. März 2013

Wir behandeln folgendes Thema:

**Warum Fracking und andere Technologien das Potenzial haben, die Welt zu verändern**

### **Die technische Vorgehensweise bei dieser Analyse**

*Wir wollen das Thema Fracking nicht nur auf die Finanzmärkte beschränken, sondern mehrere, in diesem Zusammenhang aus unserer Sicht wichtige Aspekte betrachten. Für gewöhnlich halten wir unsere Analysebriefe leserfreundlich kurz. Das ist bei diesem umfangreichen Thema nicht sinnvoll. Deshalb haben wir die einzelnen Kapitel so ausgeführt, dass Sie diese unabhängig voneinander – je nach Ihrer Interessenslage – lesen können. Bei diesem Thema müssen wir zwangsläufig u. a. auch technische Fragestellungen erörtern. Wir sind aber keine Ingenieure, sondern Finanzanalysten. Das heißt, wir sind hier auf Darstellungen von Experten anderer Fachgebiete angewiesen. Deshalb ist es uns wichtig, Ihnen genau die Quellen zu nennen, auf die diese Analyse aufbaut. Um den Lesefluss dabei nicht zu stören, arbeiten wir diesbezüglich mit Fußnoten und einem Quellenverzeichnis. Auf der letzten Seite finden Sie bei den einzelnen Zahlen die Nennung der konkreten Quelle. Dennoch handelt es sich hierbei ausdrücklich um keine wissenschaftliche Arbeit. Wir verzichten auf eine Beweisführung mit mathematischen Mitteln, auch verwenden wir, soweit das möglich ist, keine Fachwörter. Wenn es angebracht erscheint, erläutern wir diese Fachbegriffe. Zunächst können Sie sich in einer Kurzzusammenfassung einen groben Überblick über diese Analyse verschaffen. Es folgt eine Gliederung mit Angabe der Seitenzahl, die es Ihnen ermöglicht, schnell jenes Kapitel zu finden, das Sie interessiert, wenn Sie nicht die gesamte Analyse durcharbeiten möchten. Am Schluss finden Sie, wie bereits angegeben, die Quellennachweise, auch sind die Kontaktdaten des Autors sowie unserer Presseabteilung angegeben. Daten zur Schoellerbank und rechtliche Hinweise finden Sie am Ende der Analyse. Das Thema ist unserer Einschätzung nach spannender als ein Wirtschaftskrimi. Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen und bedanken uns für die Aufmerksamkeit, die Sie dieser Schoellerbank Analyse entgegenbringen.*

## Inhalt

Warum Fracking und andere Technologien das Potenzial haben, die Welt zu verändern .....	1
<i>Die technische Vorgehensweise bei dieser Analyse</i> .....	1
Zusammenfassung / Abstract .....	3
Fracking – die Verheißung .....	6
■ Was ist Fracking? Eine technische Betrachtung .....	6
■ Geopolitisch ist Fracking zu einem Thema mit Top-Priorität geworden .....	7
■ Wirtschaft oder Umwelt? .....	9
Energie und Klimawandel .....	11
■ Klimawandel und der historische Umgang der Wissenschaft mit diesem Thema .....	12
■ Klimawandel und Wissenschaft jetzt, hier, heute .....	14
■ Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ) .....	16
■ Temperatur, Meereis und Meeresspiegel .....	17
■ Die Szenarien für die Zukunft .....	20
■ Skepsis gegenüber den Datenreihen und Klima-Forschern .....	21
■ Was sagen die Eliten zum Klimawandel? .....	22
Investments und Technologie im Energiesektor .....	23
■ US-Dollar .....	23
■ Russland und OPEC-Staaten .....	23
Neue Technologien – Chance für die Menschheit und gleichzeitig Gefahr für Investoren .....	23
■ Kann Erdgas Diesel und Benzin verdrängen? .....	23
■ Elektroautos .....	24
■ Wärme .....	25
■ LENR (Kalte Fusion) .....	25
■ Strom und die „Nukleare Fusion“ .....	25
■ Energie von Pflanzen, gewonnen aus Proteinen .....	26
■ Solar- und Windenergie .....	27
■ CO <sub>2</sub> -Zertifikatehandel .....	28
Impressum – rechtliche Hinweise .....	30
Quellenverzeichnis .....	31

## Zusammenfassung / Abstract

- Unter Fracking wird eine **spezielle Fördertechnik** zur Gewinnung von fossilen Energieträgern wie Erdgas verstanden. Bei konventionellen Gasfeldern bohrt man, vereinfacht ausgedrückt, ein Loch vertikal in den Boden und zapft eine unterirdische Lagerstätte an, die eine höhlenähnliche, meist ballonartige Form besitzt. Der Druck durch die Wärme sorgt dafür, dass dieses Gas von selbst an die Oberfläche strömt. Weltweit sind bereits viele fossile Lagerstätten ausgebeutet oder leiden unter einem Druckverlust, der dann auftritt, wenn etwa die Hälfte der Lagerstädte bereits entleert/abgebaut wurde. Durch den geringeren Druck sinkt die Fördermenge. Auf diesen technischen Umstand stützt sich auch die sog. Peak-Oil-Theorie, die gedanklich alle Förderstätten weltweit zusammenfasst und die Frage stellt, ob wir bereits 50% der vorhandenen Menge ausgeschöpft haben bzw. wann das der Fall sein könnte. Fracking ist deutlich komplizierter. Dort hat man es nicht mit einer unterirdischen Höhle zu tun, sondern mit Tongestein, in dem das Gas wie in einem Schwamm in dessen Poren eingeschlossen ist. Diese Felder erstrecken sich oft über Quadratkilometer. Weltweit ist ungleich mehr Gas in Mineralien eingeschlossen, als in unterirdischen Höhlen, die relativ einfach auszubeuten sind, vorhanden ist. Mittlerweile gibt es aber eine Technologie, mit der auch dieses eingeschlossene, quasi versteckte Gas gewonnen werden kann: das Fracking. Dabei bohrt man das Gestein zunächst wie üblich vertikal z. B. tausend Meter tief an, schwenkt den Bohrkopf und bohrt dann horizontal weiter. Nur dadurch strömt aber das Gas noch nicht aus dem Gestein heraus. Man muss es schon mit Sprengungen bzw. mit hohem Wasserdruck und Chemikalien „herauslocken“. Man benötigt daher Unmengen an Wasser, Chemikalien und Sand, der die Haarrisse offen hält, um das Gas an die Oberfläche zu befördern. Die Technik ist aufwendig, aber, weil es so viel Gas gibt, ist es dort, wo dieser Abbau stattfindet, unglaublich billig geworden. Gas tritt damit verstärkt in Konkurrenz zu anderen Energieträgern wie Öl, das allerdings auch mit dieser Technik gewonnen werden kann.
- **Investments in Energie** sind teuer und im Augenblick besonders risikoreich. Zunächst einmal muss dabei die Wirtschaftlichkeit beachtet werden. Wie ist eine Energieeinheit billiger zu gewinnen? Solaranlagen und Strom aus Biogas sowie Windstrom gehören zumindest in Mitteleuropa derzeit zu den teuersten Energieformen. Das gilt zumindest dann, wenn man Folgekosten anderer Energieträger nicht mit einrechnet. Erdgas, Kohle, Atomstrom und Rohöl gehören **ohne diese Folgekosten** und Wasserkraft mit den Folgekosten zu den günstigsten Energieformen. Wasserkraft ist, alle Faktoren berücksichtigt, derzeit sicherlich die beste Quelle, allerdings nicht überall verfügbar. Investoren müssen gerade in diesem Bereich aber auch beachten – und gleichzeitig die künftige Entwicklung abschätzen können – wie stark die einzelnen Energieformen staatlich gefördert, oder im Gegenteil, blockiert werden. Gas ist eine Energieform, die in den USA sehr stark gefördert wird. Auch Russland hat Interesse an hohen Gasverbräuchen. In Europa gibt es keinen einheitlichen Kurs. Frankreich setzt auf Atomstrom, die Deutschen setzen mehr auf alternative Energieformen und die Polen beispielsweise auf Erdgas. Die Franzosen bieten der Industrie Atomstrom für 6 Cent je kWh an, die deutsche Industrie zahlt doppelt so viel. Die Abschreibungsperioden für Investitionen in den Energiesektor sind häufig lang. Die Rendite des Investors ist durch politische Veränderungen, etwa angeregt durch Starkwetterereignisse im Zusammenhang mit dem Klimawandel und durch technische Neuheiten – in diesem Sektor wird derzeit besonders viel in die Forschung investiert – gefährdet. Inwieweit die Geschäftsmodelle der Versorger (zentrale Stromerzeugung, Verteilung über Netze), der Rohölfirmen (Up- und Downstream) und Erdgasfirmen sowie von Firmen in der Solar- oder Windbranche, als auch der Er-

bauer von Atomkraftwerken dadurch gefährdet sind, kann derzeit noch nicht sicher abgeschätzt werden. Der Energiesektor ist aus Anlegersicht jedenfalls besonders hohen Risiken ausgesetzt. Auch ist das wirtschaftliche Risiko für jene Länder enorm, die Energie exportieren und deren Wirtschaftsleistung hauptsächlich vom Energiesektor abhängt. Dazu gehört neben vielen OPEC-Ländern vor allem auch Russland. Das sollten Sie bedenken, bevor Sie langfristige Investments in diese Länder tätigen.

- Weltweit experimentieren Wissenschaftsteams an ganz **neuen Formen der Energiegewinnung**. Dazu gehören unter vielen anderen auch die „kalte Fusion“ und die nukleare Fusion. Es ist nicht seriös abschätzbar, ob diese Art der Energiegewinnung in absehbarer Zeit die Marktreife erlangen kann oder nicht. Ein Risiko für Anleger im Energiesegment stellt dies aber dar, unserer Einschätzung nach ist das Risiko noch relativ gering, aber nicht homöopathisch gering. Unsere Hoffnungen für die Gesellschaft – und gleichzeitig unsere Sorgen für den Energieinvestments – liegen in neuen Ansätzen zur nuklearen Fusion. Ähnlich wie im Technologiesektor kann damit im Energiesektor keine sichere Abschätzung getroffen werden, welche Energieformen sich durchsetzen werden bzw. wie rentierlich diese Energieinvestments sein werden, die immer auch davon abhängen, wie konkurrenzfähig sie wirtschaftlich sind. Der einst relativ sicher abschätzbare Sektor wird damit immer mehr zu einem Investment mit hohem spekulativem Anteil. Die betroffenen Technologien sind in ihrer Erforschung freilich noch nicht in der Praxis angekommen. Dazu gehört u. a. die sog. „kalte Fusion“ (LENR). Deren Fortschritte sind allerdings noch gering. Angeblich wollen einige Arbeitsgruppen weltweit hier Geräte entwickelt haben, die aus einem Strominput von 1 Einheit 6 bis 10 Wärmeeinheiten gewinnen, und das bei sehr geringen Anschaffungskosten im Bereich für Privathaushalte von ca. EUR 1.000. Das wäre revolutionär. Hier forschen vor allem Start-ups – ein Erfolg ist äußerst ungewiss. Dagegen entwickelt derzeit die Großindustrie (konkret z. B. die US-Rüstungsfirma Lockheed Martin) Geräte zur nuklearen Fusion. Hier ist die Vorstellung, mit einem Gerät, das die Größe einer Flugzeugturbine hat und auf einen LKW passt, 100 MW Strom zu heute kaum vorstellbar günstigen Preisen zu gewinnen. Sollte Lockheed tatsächlich ein marktreifes Produkt auf die Beine stellen können, würde dies bedeuten, dass wir künftig praktisch unbegrenzt Energie beinahe zum Nulltarif zur Verfügung hätten. Eine atemberaubende Vision. Dadurch würden praktisch alle anderen Energieformen auf einen Schlag vergleichsweise unrentabel werden. Entsprechend hoch ist das Investitionsrisiko.
- **Geopolitisch** ändert sich durch Fracking und mögliche andere Technologien jedenfalls die Weltkarte. Länder, die Gas/Öl über Fracking fördern, brauchen die bisherigen Förderländer – vor allem in Nahost und Russland – nicht mehr zwangsläufig, um ihren Energiebedarf zu decken. In der Politik spielt die Energieversorgung eine entscheidende Rolle. Beispielsweise zeigen die militärischen Aktivitäten der USA in Nahost, welche herausragende Bedeutung die Amerikaner diesem Teil der Erde beimessen, in dem wirtschaftlich nur ein geringes BIP pro Kopf erwirtschaftet wird. Zumindest gilt das, wenn man den Energiesektor von der sonstigen Wirtschaftsleistung abzieht. Diese Aufmerksamkeit könnte sich schon bald deutlich verlagern.
- Das Thema Energie kann nicht behandelt werden, ohne auch **Umweltaspekte** intensiv zu beleuchten. Fracking steht bei Umweltschutzverbänden im Ruf, das Grundwasser zu gefährden, indem dieses durch die Verseuchung mit Chemikalien unbrauchbar wird. Das sind schwerwiegende Einwände, weil hier die Lebensgrundlagen der Menschen ins Spiel kommen. Auftragsstudien der Industrie bestreiten das vehement. Sicher ist dagegen, dass fossile Energieträger, wenn sie gefördert werden, auch Abnehmer finden – wenn der Preis stimmt. Ökonomen gehen immer mehr dazu über, die Klimawandel-

problematik nicht nachfrageseitig zu behandeln, sondern sich mehr auf die Angebotsseite zu konzentrieren. Die Verbrennung fossiler Energieträger wie Gas erhöht die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre. Durch die Erhöhung dieser Konzentration ist die globale Durchschnittstemperatur post-industriell (sprich seit etwa 1850) bereits um 0,8°C bis 0,9°C angestiegen. Die Wetterextreme haben sich gegenüber einer stationären Verteilung – wenn also die Temperatur nicht angestiegen wäre – bereits heute verfünffacht! Das ist also keine reine Zukunftsvision, keine Science Fiction. Bei einer nicht mehr zu verhindernden Temperaturerhöhung auf 1,6 °C befürchten einige Forscher, dass wir zeitweise Schwierigkeiten bekommen werden, alle Menschen weltweit mit ausreichend Nahrung zu versorgen. Das trifft besonders auf die Entwicklungsländer zu. Ab 3°C könnte das zu einem chronischen Zustand werden. Ab 5°C dürfte, nach Überzeugung einiger namhafter Forscher, der Überlebenskampf der Menschheit beginnen. Die Frage, wie viele fossile Energieträger wir in Zukunft verbrauchen werden, ist aus diesem Grund möglicherweise existenziell und geht weit über Fragen, die wir im Zusammenhang mit den Finanzmärkten erörtern, hinaus. Die einzige realistische Chance, dieses Problem in den Griff zu bekommen, sehen wir nicht in der Politik – vor allem nicht in den entscheidenden Ländern China, USA und Indien – sondern in neuen Technologien.

## Fracking – die Verheißung

### ■ Was ist Fracking? Eine technische Betrachtung

Die normale (konventionelle) Ausbeutung eines Gasfeldes ist schnell erklärt. Es braucht dazu nicht viel: Man bohrt mit einem Bohrgestänge, vereinfacht ausgedrückt, ein Loch vertikal tief in den Boden und zapft eine unterirdische Lagerstätte an, die eine höhlenähnliche, meist ballonartige Struktur besitzt. Der Druck, dem das Gas wegen der hohen Temperaturen in diesen tiefen Erdschichten ausgesetzt ist, sorgt dafür, dass es ohne weiteres Zutun, durch den Bohrkanal, den man zuvor gemacht hat, an die Oberfläche strömt. Weltweit sind bereits viele dieser Lagerstätten ausgebeutet oder leiden bereits unter einem Druckverlust, der dann auftritt, wenn etwa die Hälfte der Lagerstätten bereits ausgebeutet wurde. Ab dann steigt der Druck nicht mehr, sondern sinkt und die Fördermenge ebenfalls. Auf diesen technischen Umstand stützt sich auch die sog. Peak-Oil-Theorie, die gedanklich alle Förderstätten weltweit zusammenfasst und die Frage stellt, ob wir bereits 50% der vorhandenen Menge ausgeschöpft haben oder nicht bzw. wann das der Fall sein wird. Allerdings ist Erdgas in diesen konventionellen Lagerstätten noch reichlich vorhanden. Von 1970 bis 2007 haben sich die bestätigten Erdgasreserven auf 175 Billionen Kubikmeter fast vervierfacht. Die rechnerische Reichweite der Erdgasreserven beträgt nun 60 Jahre<sup>1</sup>. Unter Reichweite versteht man, wie lange die Menschheit noch damit rechnen kann, den Energieträger verwenden zu können. Der Begriff „bestätigte Reserve“ beruht dabei auf einer Definition, die nicht aus der technischen Welt stammt, sondern aus unserer, der Börsenwelt. Der Begriff umschreibt den Wert von Energieunternehmen unter dem Aspekt des Gläubigerschutzes. Dabei geht es nicht so sehr darum, wie viel Gas technisch vorhanden ist, sondern darum, wie viel Erdgas mit vorhandenen technischen und wirtschaftlichen (!) Mitteln mit Sicherheit gefördert werden kann. Real ist natürlich ungleich mehr Erdgas vorhanden, als dies die zuvor angegebenen Reservezahlen<sup>2</sup> angeben. Entsprechend höher dürfte auch die tatsächliche Reichweite sein. Alleine im US-Bundesstaat Utah wurde ein Ölvorkommen entdeckt, welches möglicherweise durch Fracking erschließbar ist und das ein Volumen von ca. 1,5 Billionen Barrel hat<sup>3</sup>. Das alleine ist so viel wie die gesamten bislang nachgewiesenen Ölreserven der Welt. Allerdings ist dieses Feld derzeit wirtschaftlich nicht erschließbar. Es fehlt die nötige Technik, mit der dies bei den derzeitigen Preisen wirtschaftlich möglich wäre. Das heißt, dieses große Feld fehlt z. B. in den Angaben zu den „bestätigten Ölreserven“.

Beim Fracking wird zunächst um den Bohrturm herum eine große Fläche ausbetoniert – und nicht zu knapp, wir sprechen hier von 1 Hektar Fläche. Dann bohrt man das Gestein zunächst wie üblich vertikal meist zwischen 1.000 und 3.500 Meter tief an. So ein unterirdischer Schiefergesteinsschwamm erstreckt sich über viele Quadratkilometer. Man kann nun nicht überall neue Bohrlöcher an der Oberfläche bohren, um an das Gas heranzukommen, das wäre unrentabel. Halliburton hatte die Idee zwei lang erprobte Verfahren aus dem Bereich der konventionellen Förderung zu kombinieren, nämlich die hydraulische Frakturierung (daher kommt der Fracking-Begriff ursprünglich) und das Horizontalbohren. Beim Fracking werden riesige Mengen an Wasser mit bestimmten chemischen Zusätzen – die von den meisten Firmen streng geheim gehalten werden – unter Druck (mit ungefähr 400 bar) in das Gestein hineingepresst. Das Wasser dringt in Haarrisse ein, die mit verschiedenen Techniken erzeugt werden, dazu gehört z. B. auch das Sprengen. Wie schon erwähnt, kann nun nicht alle paar Meter ein Bohrloch gebohrt werden, deshalb greift man auf die sog. Horizontalbohrtechnik zurück: In rund 1.000 Metern Tiefe wird der Bohrkopf gedreht und bohrt in waagerechter Richtung weiter, um das in der Schicht eingeschlossene Gas oder Öl über das gesamte Ausmaß des Schwamms freizusetzen.<sup>4</sup> Die schönen Risse würden sich alle wieder schnell verschließen, wenn man sie nicht irgendwie offenhielte. Das passiert mit Sand – mit viel Sand – der in diese Risse hineingedrückt wird. Alleine in den

USA wurden im Jahr 2011 ca. 29 Millionen (nicht Kilo) sondern Tonnen Sand für das Fracking verwendet. Sand und Wasser müssen meist mit endlos-LKW-Kolonnen zu den Bohrtürmen transportiert werden. Pipelines (also Rohrleitungen in denen Gas oder Flüssigkeiten transportiert werden) lohnen sich nicht, da die Bohrtürme wandern. Der Transport von Hilfsmitteln sowie der Abtransport des Gases erfolgen daher mit LKWs. Die benötigten Mengen sind atemberaubend: Für jeden Vorgang, dieser wird je nach Größe des Vorkommens zwischen 6- bis 15-mal wiederholt – benötigt man 7.500 bis 15.000 m<sup>3</sup> Wasser<sup>5</sup>; pro Quadratmeter rechnet man mit drei bis vier Bohrungen. Wasser und Sand alleine kann man leider nicht verwenden. Die Rohre würden schnell verrostet, Bakterien würden sich in den Rissen ansiedeln und diese verschließen. Auch die Oberflächenspannung des Wassers ist neben anderen Wirkungen ebenfalls unerwünscht. Dafür haben die Techniker natürlich längst recht unterschiedliche chemische Lösungen entwickelt. Viele Firmen verwenden einen Chemiecocktail aus rund 100 diversen Chemikalien<sup>6</sup>. Konkret verwendet werden Gleitmittel, Biozide, Frostschutzmittel (Tenside) und Lösungsmittel. Über die möglichen Auswirkungen auf die Umwelt können Sie im entsprechenden Kapitel nachlesen.

### ■ Geopolitisch ist Fracking zu einem Thema mit Top-Priorität geworden

Fracking hat die Energieversorgung weltweit bereits ziemlich durcheinander gerüttelt. In Europa dominierte die Erdgasversorgung bis ins Jahr 2000 Russland, die Versorgung mit Öl wurde und wird noch immer hauptsächlich von den OPEC-Ländern gewährleistet. Noch 2009 finanzierten die Chinesen den Bau einer Öl- und Gaspipeline von Sibirien an deren Ostküste. Techniker sprachen bei diesem Espo-Projekt von einem „pharaonischen“ Vorhaben. Allerdings gehen die Investoren bei Pipelines enorme finanzielle Risiken ein. Zum einen könnten dort, wohin das Gas oder Öl geliefert wird, alsbald selbst Gasvorkommen durch die neue Fracking-Technik erschlossen werden, und zum anderen könnten natürlich die Preise der fossilen Energieträger selbst unter Druck geraten. Das gilt dann, wenn technologische Alternativen auftauchen, die Strom bezahlbar und in ausreichender Dichte transportabel machen (Batterietechnik) bzw. wenn die Stromerzeugung selbst billiger werden sollte, als dies heute mit den günstigsten Verfahren (Erdgas – ohne Folgekosten zu berücksichtigen – und Wasserkraft) möglich ist. Für diesen Fall könnten die langen Abschreibungsperioden für z. B. Kohlekraftwerke nicht mehr ausreichen, um die Investments in diesen fossilen Sektor generell profitabel zu halten.

Ohne teure Pipelines kann Erdgas kaum transportiert werden. Die Lösung ist, dass man es bei Niedrigtemperaturen verflüssigt. Dieses verflüssigte Erdgas (sog. LNG) kann in Spezialtanks an Land oder auf dem Wasser transportiert werden. Weltweit werden immer mehr Flüssiggas-Hafen-Terminals mit Milliardenaufwand in Betrieb genommen. Vergangenes Jahr wurde in London der größte LNG-Terminal Europas eröffnet. In das Großprojekt hatte der Emir von Katar GBP 1 Mrd. investiert. Die USA sind beim Thema Fracking führend und pushen diese Technik mit allen Mitteln. Das könnte dazu beitragen, dass wir schon bald sehr viel mehr Erdgasautos, die vor allem mit Flüssiggas betrieben werden, auf unseren Straßen vorfinden werden. Die Amerikaner können ihr Gas in Europa nur in flüssiger Form anbieten. Das führt zu einem Preisdruck auch für CNG (normales, komprimiertes Gas). Auch Russland (u. a. Gazprom) versucht natürlich, sein Produkt (Energie) zu verkaufen.

Rohöl ist mittlerweile teuer geworden. Das liegt auch daran, dass die Förderung neuer konventioneller Abbaugelände kostenintensiv geworden ist. Die letzten großen Projekte, die Erdöl aus der Tiefsee gewinnen, haben mit Förderkosten von USD 75 je Fass zu kämpfen. Die notwendigen Milliardeninvestitionen erfordern mutige Investoren, da bei einem geringen Ölpreisverfall das Investment bereits unprofitabel werden kann.

Dagegen kann Saudi-Arabien das Öl nach wie vor zu etwa USD 3-10 je Fass aus dem Boden pumpen. Während die Gewinnung von „unkonventionellem“ Erdgas (also durch Fracking gewonnene Bestände) 2004 – das liegt also noch nicht sehr lange zurück – noch gegen null strebte, machte Schiefergas letztes Jahr bereits 35% der gesamten US-Erdgasförderung aus. Vor allem durch die enormen Mengen Gas, die nun in den USA gefördert werden, ist der US-Gaspreis gefallen. Bis vor Kurzem war die Gesellschaft daran gewöhnt, dass es mit den Energiepreisen zumindest tendenziell nur in eine Richtung geht: nach oben. Seit Fracking hat sich das für die USA massiv verändert. Auch die Gaspreise in Europa sollten dadurch zunehmend von den Hubpreisen (so bezeichnen Fachleute den US-Gaspreis) statt durch an den Ölpreis gebundene Gaspreise beeinflusst werden.

In der folgenden Grafik sehen Sie die Entwicklung des US-Gaspreises in US-Dollar einschließlich der Regression, an der Sie den Trendverlauf besser erkennen können (gestrichelte Linie):



Quellen: AMI-Schoellerbank, Reuters

Das hat erhebliche Folgen. Laut einer vertraulichen Studie des deutschen Bundesnachrichtendienstes (BND), die allerdings an die Presse (Reuters) gelangte, würden die USA durch die riesigen Schiefergas- und Ölfunde bis 2020 vom größten Energieimporteur der Welt zu einem Exporteur (!) von Öl und Gas. Dadurch ändere sich auch das Machtgefüge zwischen der Supermacht und dem aufstrebenden China. Die Vorkommen von unkonventionellem Öl und Gas in den USA sind nicht nur laut dem BND enorm, auch laut der Internationalen Energieagentur (IEA) sind diese so groß, dass die USA Russland und selbst Saudi-Arabien als größte Ölproduzenten bis 2020 einholen könnten. In der BND-Studie analysieren die Autoren auch die gravierenden wirtschaftlichen, finanziellen und geostrategischen Folgen. Die USA hätten sich demnach bisher politisch und militärisch angeblich deshalb so massiv im Nahen und Mittleren Osten engagiert, weil sie von den dortigen Energielieferungen abhängig gewesen seien. Bald könnten die Vereinigten Staaten aber komplett auf Lieferungen aus der Region verzichten, sagt die BND-Studie voraus. Großer Verlierer der Entwicklung könnte dagegen China sein. Denn das Land werde mit seinem ungebremsten, wachsenden Rohstoffbedarf künftig die Hälfte des arabischen Öls abnehmen. Damit aber nehme die Abhängigkeit von der Golfregion in einer Zeit zu, in der China noch nicht über genügend militärische Mittel verfüge, die für sie wichtigen Transportwege auch zu schützen. Bisher, so schreiben die Autoren, sicherten vor allem die Milliarden-Investitionen der USA in ihre weltweit agierende Flotte die Sicherheit und Freiheit der Handelswege. Davon profitiere vor allem auch China. Nach Ansicht der Autoren gehören aber auch die OPEC-Länder und vor allem Russland zu den großen Verlierern. Bei den OPEC-Ländern sinke die Marktmacht, weil die USA

bis 2020 weltweit größter Ölförderer werden könnten. Russland wiederum muss als einer der Hauptlieferanten für Europa mit neuer Konkurrenz rechnen, weil etwa Deutschland seinen Bedarf an fossilen Rohstoffen zunehmend aus Ländern decken könnte, die bisher die USA belieferten, wie Nigeria. Hinzu kommt, dass Russland besonders anfällig für Verschiebungen auf den Energiemärkten ist, weil dort die Produktionskosten für Öl und Gas in schwer zugänglichen nördlichen Gebieten sehr viel höher sind als in vielen anderen Teilen der Welt. Das durch den sinkenden US-Import steigende Überangebot von Gas auf den Weltmärkten führt bereits jetzt zu einem erheblichen Preisverfall. Deutschland dagegen zählt laut den Autoren, das dürfte auch für Österreich zutreffen, zu den Gewinnern und dürfte seine Energieversorgungssicherheit deutlich erhöhen können, heißt es gleichzeitig. Profitieren könnten nach Ansicht der Autoren der Irak, Kanada und Brasilien, in denen neue große Vorkommen an fossilen Rohstoffen entdeckt wurden. Der BND erwartet aber auch, dass sich als Folge der Eigenproduktion von Öl und Gas die Wettbewerbsfähigkeit der zuletzt angeschlagenen US-Wirtschaft wieder massiv verbessern wird. Bis zum Jahr 2020 wird in den Vereinigten Staaten mit rund drei Millionen neuen Arbeitsplätzen allein deshalb gerechnet, weil die Stromkosten für die Industrie schon heute **nur noch knapp 60% des deutschen Niveaus** betragen und deshalb besonders energieintensive Unternehmen in den USA einen attraktiven Standort sehen. Der Gaspreis ist noch stärker gesunken. Erstmals haben die USA wegen der drastisch sinkenden Importe und der steigenden Exporte von fossilen Rohstoffen sogar eine Chance, ihr riesiges Handels- und Leistungsbilanzdefizit wieder in den Griff zu bekommen. Bis 2020 dürfte sich das Defizit halbieren, was die Rolle des Dollar als weltweite Leitwährung festigen werde, schreiben die Autoren der Studie.

In Europa arbeiten die petrochemischen Anlagen zumeist mit dem Erdöl als Ausgangsprodukt, das dann in wichtige Kunststoff-Vorprodukte wie Ethylen aufgespaltet wird. In den USA werden solche Großanlagen überwiegend mit Erdgas gespeist und können deshalb ungleich günstiger produzieren als in Europa. Kunststoffe wiederum sind für viele Industriebereiche ein wichtiges Ausgangsmaterial. Die Sache geht folglich über die alleinigen Stromkosten weit hinaus. Das Problem wird sich noch deutlich verschärfen, falls sich die USA und Europa tatsächlich auf eine Freihandelszone einigen sollten. Dann hätten die USA diesbezüglich einen enormen Wettbewerbsvorteil. Es bleibt abzuwarten, wie die Gesellschaften in Europa und anderen Regionen der Welt – die ebenfalls auf hohen Gasvorkommen sitzen, diese aber wegen Umweltbedenken nicht ausbeuten – reagieren werden.

### ■ **Wirtschaft oder Umwelt?**

Eines der Hauptargumente der Befürworter des Frackings ist die angeblich recht günstige Klimabilanz dieser Energieförderungsmethode. Der Grund für diese These ist, dass Erdgas im Vergleich zu seiner Energiedichte relativ wenig CO<sub>2</sub> an die Luft abgibt. Erdgas besteht vor allem aus einem Kohlenstoffatom und 4 Wasserstoffatomen (CH<sub>4</sub>), etwa die Hälfte der Energie des Erdgases bei der Verbrennung kommt vom Wasserstoff, dadurch diese relativ günstige Bilanz. In der nachstehenden Tabelle sehen Sie u. a. die Energiedichte einer derzeit handelsüblichen Lithiumbatterie (die eine Reichweite für einen Kleinwagen von 150 km erlaubt) sowie den damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Verbrauch im Vergleich mit anderen Energieträgern wie Gas und Benzin.

Stoff/System	Energiedichte in MJ/kg	CO <sub>2</sub> - Verbrauch in kg je Liter/Kilo
Lithiumbatterie (150 km)	0,9	0
Lithium-Luft-Batterie (800 km)	3,6	0
Braunkohle (Brikett)	20–28	3,25
Erdgas (Brennwert)	36–50	2,74
Benzin	43	2,38
Dieselmotortreibstoff	45,4	2,65
Flüssiggas (Brennwert)	46	1,78

Allerdings ist das speziell beim Fracking eine Milchmädchenrechnung. Weil man – wie bei jeder anderen Energiefördermethode auch – immer die Gesamtbilanz beachten sollte. Beim Fracking besteht das Problem darin, dass viele Bohrtürme errichtet werden müssen. Pipelines lohnen sich daher nicht. Also schafft man sämtliche Fördermittel, das sind vor allem Unmengen an Wasser, Sand und viele Chemikalien mit LKWs zur Förderung. Auch der Abtransport des Gases erfolgt mit LKWs. Das ist ein enormer energetischer Aufwand. Das noch wesentlich größere Problem ist aber, dass Fracking-Anlagen mit Abscheidern – in diesen wird das Rückflusswasser vom Gas getrennt – Gase wie CO<sub>2</sub>, Schwefeldioxid und Methan neben anderen in die freie Umgebung entlassen. Anschließend fließt das Abwasser in Verdunstungsbecken, aus denen die Dämpfe der chemischen Fracking-Zusätze entweichen. Techniker sagen, dass etwa 3,6% bis 9% (je nach örtlichen Gegebenheiten) des gesamten Methangases entweicht. Wenn man diese Faktoren mit einberechnet, ist die Klimabilanz des aus Fracking gewonnenen Gases nicht besser als die von Kohle. Anders sieht die Sache aus, wenn das Gas nicht aus dem Fracking, sondern aus konventioneller Förderung kommt. Dort sind die Verhältnisse besser, sodass Erdgas für diesen Fall tatsächlich klimaschonender als etwa Öl ist. Die spannende Frage dabei ist, ob die Gesellschaft (z. B. hier in Europa) dennoch Erdgas (auch aus Fracking) weiter steuerlich fördern wird oder nicht. Tatsache ist, dass an der Tankstelle das Äquivalent zu einem Liter Benzin/Diesel in Österreich nicht etwa rund EUR 1,50 kostet, sondern für etwa EUR 1,0 zu haben ist. Daher hat die Technik hier große Chancen sich immer mehr Marktanteile von Benzinern und Dieselfahrzeugen zu sichern.

Ein ganz anderer Aspekt des Frackings ist, dass möglicherweise die Reinerhaltung des Grundwassers durch die Förderung gefährdet wird. Das Deutsche Umweltbundesamt hat dazu eine Studie<sup>7</sup> veröffentlicht. Die Autoren stellen darin zusammenfassend fest, dass zu einer fundierten Beurteilung dieser Risiken und zu deren technischen Beherrschbarkeit bislang viele grundlegende Informationen fehlen (z. B. der Aufbau und die Eigenschaften der tiefen Geosysteme, Verhalten und Wirkung der eingesetzten Frack-Additive). Wer sich mit Studien von Ministerien schon des Öfteren beschäftigt hat, wird dies zu interpretieren wissen. Die Aussage ist ungewöhnlich offen. Zur Beurteilung der mit Fracking verbundenen Risiken sind wir angewiesen auf die mittlerweile recht umfangreiche internationale Literatur<sup>8</sup> zu dem Thema. Aber auch persönliche Erfahrungsberichte können zumindest anekdotische Eindrücke dazu vermitteln. So hat der Journalist Kowalski, der sich bereits seit Langem mit diesem Thema kritisch auseinandersetzt, vergangenes Jahr einen Dokumentarfilm mit dem Titel „Gas-Fieber“<sup>9</sup> (gesendet u. a. auf Arte) gedreht. In Pennsylvania bot sich dem Filmemacher ein – wir zitieren – „kriegsähnliches“ Bild. „Für diesen Eindruck ist die trostlose Landschaft ebenso verantwortlich wie die seelische und körperliche Erschöpfung der Bevölkerung, die unter den vielen Bohrtürmen in ihrer

Region leidet“ so der Regisseur. Er zeigt Menschen, die mit Frischwasser versorgt werden müssen, weil ihre Brunnen vergiftet sind. Er interviewte einen Techniker, der meinte, dass die radioaktiv belasteten und mit Chemikalien versetzten Fracking-Flüssigkeiten nach ungefähr 25 bis 50 Jahren wieder an die Oberfläche kämen und dort ein zerstörerisches Werk verrichten könnten. Das Wasser ist übrigens deswegen radioaktiv, da es die ungefähr 50-mal höhere Radioaktivität in den tiefen Erdschichten wie an der Erdoberfläche aufnimmt. Der Film ist erschütternd. Allerdings ist die Studienlage wie zu vielen anderen Themen auch sehr kontrovers. Eine Risikostudie von Exxon Mobil<sup>10</sup> kommt z. B. zu dem Ergebnis, dass Fracking, wenn man es verantwortungsvoll betreibt, keine wesentlichen Risiken mit sich bringt. Letztlich können wir diesen Aspekt nicht abschließend beurteilen. Fest steht nur und dies wird auch von den Befürwortern der Technik nicht bestritten, dass Fracking egal ob von Öl oder von Gas, letztlich dazu führt, dass die Kohlendioxid-Emissionen zunehmen, es ist damit aufgrund der Problematik des Klimawandels jedenfalls keine nachhaltige Technologie.

In Europa ist die Umweltbewegung ungleich stärker als in anderen Ländern, in denen große unkonventionelle Gasvorkommen liegen (vor allem in den USA und China). Europas Politiker haben auf das Fracking bereits reagiert. In der Öffentlichkeit wird der Standpunkt oft als hart gegen das Fracking wahrgenommen und der Politik entsprechend applaudiert. So gibt es hier in Österreich, nur um drei Beispiele zu nennen, die Verpflichtung zu einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). In Frankreich wurde das Fracking überhaupt verboten. In Deutschland gibt es „strenge“ Umweltauflagen. Allerdings ist das natürlich nur die halbe Wahrheit. Richtig ist vielmehr, dass sich die Politik alle Optionen offenhält und die Industrie ihre Interessen durchzusetzen versucht. In Österreich ist die erwähnte UVP erst bei einer Förderung von 5.000 m<sup>3</sup> pro Tag (!) vorgesehen. In Österreich gibt es sicherlich kein Feld, in dem das auch nur annähernd erreicht werden würde. Das ist so, als würden die Behörden vorschreiben, eine UVP bei Autobahnen nur für 6-spurige Trassen machen zu müssen. Ernsthaft einschränken will man Fracking damit sicherlich nicht. In Frankreich gibt es sogar überhaupt das Verbot des „Fracking“. Es wurde allerdings so formuliert, dass man nur das Herausholen des Gases aus dem Tongestein anders bezeichnen muss (z. B. als unkonventionelle Förderung von Schiefergasvorkommen – das ist wieder erlaubt). Eine andere Bezeichnung als das Wort „Fracking“ zu finden, dürfte den Betreibern nicht besonders schwerfallen. In Deutschland warf der Spitzenkandidat der Grünen für die Bundestagswahl, Jürgen Trittin, der Bundesregierung vor, mit ihrem Entwurf Fracking auf 86% der Flächen zu ermöglichen, unter denen Gasvorkommen vermutet werden. Die Umweltverträglichkeitsprüfungen seien reine Kosmetik. Ihm sei kein Fall bekannt, bei dem eine dieser Prüfungen nach dem Bergrecht zu einem Stopp geführt hätte. Das Erdgasförderpotenzial aus derartigen Lagerstätten in Deutschland wird laut Bundesregierung auf bis zu 2,3 Billionen Kubikmeter geschätzt. Der jährliche Gasverbrauch beträgt rund 86 Milliarden Kubikmeter. Die Vorkommen würden ohne sonstige Effekte folglich für ca. 27 Jahre reichen.

Ernster dürften die Investoren den Widerstand der Bürger nehmen. Heute sind diese so gut informiert, dass die Bürgerbewegungen die Zustände in Pennsylvania natürlich genau kennen. Da hilft es auch nicht, wenn die Behörden in diesem Bundesstaat ein Gesetz erlassen haben, das es den dortigen Ärzten per Strafanordnung verbietet, einen Zusammenhang zwischen Fracking in dem betreffenden Land und jeglichen Gesundheitsbeschwerden von Patienten herzustellen.

## **Energie und Klimawandel**

Wir widmen dem Klimawandel in dieser Analyse breiten Raum weil wir davon ausgehen, dass die Gesellschaft dieses Problem mit jedem Jahr noch stärker adressieren wird, als sie dies bereits tut. Die Forschungsanstrengungen und Investments in nichtfossile Energieträger dürften sich mit jedem Jahr, in dem

Extremwetterereignisse zunehmen, nochmals verstärken. Das gefährdet die Renditeaussichten von Investments in fossile Energieträger. Bitte beachten Sie dabei, dass z. B. ein Kohlekraftwerk heute auf 50 Jahre abgeschrieben wird. Wir Analysten bezeichnen dies als „pfadabhängige“ Investitionen. Das heißt, wenn heute ein Kohlekraftwerk gebaut wird (derzeit sind konkret weltweit 1.200 solcher Kraftwerke in Planung) ist für Jahrzehnte vorgezeichnet, dass diese Kraftwerke auch in Betrieb sind. Falls nicht, sind die Verluste enorm. Die Gewinne in diesem Sektor sind schon eng genug, selbst wenn die Anlagen auf die volle Abschreibungsperiode betrieben werden. Bitte beachten Sie, dass die Gesellschaft auf den Klimawandel reagiert und immer stärker reagieren wird. Beispielsweise hat die Politik mit dem Handel von Emissionsrechten für CO<sub>2</sub> ein wichtiges Instrumentarium in der Hand, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zwangsweise massiv zu senken, wenn sie dies will – was allerdings derzeit noch nicht der Fall ist. Die Politik legt die Spielregeln fest. Um beurteilen zu können, wie stark die Fesseln werden, ist es unerlässlich, sich mit dem Thema Klimawandel zu beschäftigen. Es ist derzeit sicherlich eines der wichtigsten Themen überhaupt für die Menschheit.

Die Diskussion um den Klimawandel ist nicht gerade neu. “The Discovery of Global Warming” von Spencer Weart (American Institute of Physics) gibt einen guten Überblick über den Klimawandel und wie die Menschen bis dato damit umgegangen sind. Hier einige Highlights aus seinem Bericht:

### ■ **Klimawandel und der historische Umgang der Wissenschaft mit diesem Thema**

Es verhält sich nicht so, dass Forscher festgestellt haben, dass sich zwei Kurven, nämlich die des Verlaufes der Durchschnittstemperatur auf der Erde und die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre ziemlich ähneln und deshalb wohl etwas miteinander zu tun haben müssten. Nein, es ist umgekehrt.

1824 hat der Wissenschaftler Fourier berechnet, dass die Erde ohne eine sie umgebende Atmosphäre wesentlich kälter (tatsächlich unbewohnbar) wäre. 1859 entdeckte Tyndall, dass bestimmte Gase wie das CO<sub>2</sub> (heute nennen wir diese Treibhausgase) die Abstrahlung der Sonnenstrahlen von der Erde weg im Infrarotbereich behindern. Er wies aufgrund von Laborexperimenten, in denen das CO<sub>2</sub> eine Temperaturerhöhung in abgeschlossenen Glasbehältern bewirkte, darauf hin, dass eine Konzentrationsänderung dieser Gase in der Atmosphäre einen Klimawandel bewirken könnte. Freilich konnten seine Zeitgenossen damit nicht viel anfangen. Schließlich lag vorindustriell (also vor 1800-1870) die Konzentration des Kohlendioxids in der Atmosphäre bei 280 ppm (das sind Parts per Million also 0,028%) – es gab auch noch keinen Klimawandel. Die globale Mitteltemperatur lag zu jener Zeit bei etwa 13,6°C. Dann kam es zu einem ersten Anstieg der Treibhausgase durch die industrielle Revolution. Arrhenius veröffentlicht 1896 erste Berechnungen der globalen Erwärmung aufgrund der vom Menschen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Im Jahr darauf erstellte Chamberlin ein Modell für den globalen Kohlenstoffaustausch, welches auch Feedbackmechanismen enthält.

In den 1930er-Jahren wird erstmals über einen Trend zur globalen Erwärmung seit dem späten 19. Jahrhundert berichtet. Milankovitch zog in den 1930er-Jahren Änderungen in der Erdumlaufbahn als Ursache für die Eiszeiten heran. 1938 argumentiert Callendar, dass die Erderwärmung aufgrund des Treibhauseffektes von CO<sub>2</sub> bereits begonnen hat. 1956 berechnet Plass, dass die Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Atmosphäre einen signifikanten Effekt auf die Strahlungsbilanz haben wird. Ein Jahr später findet Revelle heraus, dass das menschengemachte CO<sub>2</sub> nicht einfach durch die Ozeane aufgenommen wird. Mitchell berichtet 1960 über einen Abfall der globalen Temperaturen seit den frühen 1940er-Jahren. Keeling misst den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Erdatmosphäre genau und stellt einen jährlichen Zuwachs fest. Der Gehalt an CO<sub>2</sub> lag damals bei 315 ppm (heute bei 395 ppm). Die globale Mitteltemperatur lag seinen Messungen zufolge bei bereits 13,9°C (5-Jahresmittel). 1965 findet eine erste große Konferenz über die Ursachen des Klimawandels in den USA

statt. Die Wissenschaftler Lorenz und andere weisen darauf hin, dass das Klimasystem einen chaotischen Charakter hat und dass plötzliche Veränderungen durchaus möglich sind. Seit 1969 liefert der Nimbus III Satellit flächendeckende globale atmosphärische Temperaturmessungen. Es wird ein beschleunigter Anstieg der menschengemachten Aerosole nachgewiesen. Bryson behauptet, dass diese der Erderwärmung entgegenwirken.

1972 zeigten Eisbohrkerne und andere Quellen, dass in der Vergangenheit große klimatische Veränderungen zwischen relativ stabilen Phasen vorkamen, die in der Größenordnung von etwa 1.000 Jahren liegen. 1974 verstärken ausgedehnte Trockenperioden die Sorgen um das Klima. Der Abkühlungseffekt der Aerosole wird jedoch als genauso wahrscheinlich angesehen wie die Erwärmung. Klimaforscher zweifeln die von Journalisten angekündigte „neue Eiszeit“ an. 1976 zeigen Studien den starken Einfluss des 100.000-jährigen Milankovitch-Zyklus, der die Änderungen in der Erdumlaufbahn beschreibt. Abholzung der Wälder und andere Eingriffe in das Ökosystem werden als wichtige Faktoren des Klimawandels identifiziert. 1979 schätzt der Report der „US National Academy of Sciences“ es als absolut glaubwürdig ein, dass eine Verdopplung des CO<sub>2</sub>-Gehalts (die sog. Klimasensitivität) eine globale Erwärmung um 1.5°C bis 4.5°C mit sich bringt. Heute können Klimaforscher das enger eingrenzen. Bei einem Anstieg der CO<sub>2</sub> Konzentration auf 560 ppm von heute knapp 400 ppm (vorindustriell 280 ppm) wird in Szenarien mit +3°C (+/- 1°C) gerechnet.

1981 erhält die Klimaforschung durch die Wahl von Reagan einen Rückschlag. Reagan ist gegenüber dem Klimawandel skeptisch eingestellt. Einige Forscher sagten voraus, dass man das Klimaerwärmungssignal um das Jahr 2000 bereits beobachten wird können. Bei der Villach Konferenz 1985 wird unter den Experten Übereinstimmung darüber erzielt, dass eine gewisse globale Erwärmung nicht mehr zu verhindern ist. Es erfolgt ein Aufruf an die Regierungen, internationale Abmachungen zu treffen, um die Emissionen zu reduzieren. Antarktische Eisbohrkerne belegen, dass in den vergangenen Eiszeiten die Temperatur und der CO<sub>2</sub>-Gehalt im Gleichklang variierten. Dies deutet auf mächtige biologische und geochemische Rückkopplungsmechanismen hin. 1988 wird der zwischenstaatliche Ausschuss Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) gegründet. 1989 schließen sich die US-amerikanische fossile Brennstoffindustrie und andere Industriezweige zur „Global Climate Coalition“ zusammen, mit dem Zweck den Politikern und der Öffentlichkeit zu erklären, dass die Ergebnisse der Klimaforschung bisher zu unsicher sind, um konkrete Klimaschutzmaßnahmen zu rechtfertigen.

1990 kommt der erste IPCC Bericht zu dem Schluss, dass sich die Erde bereits erwärmt hat und dass eine weitere Erwärmung in der Zukunft wahrscheinlich ist. 1991 bricht der große Vulkan Pinatubo aus. Hansen sagt aufgrund des Aerosoleffekts eine Abkühlung voraus. Dies wird 1995 mit Hilfe von Computermodellen nachgewiesen. Klimaskeptiker behaupteten 1992, dass die Temperaturänderungen im 20. Jahrhundert auf solare Einflüsse zurückzuführen seien (sie meinten damit die Korrelation zwischen Sonnenintensität und Klimaänderung, diese trat jedoch bis heute nicht mehr auf und gilt als widerlegt). Auf der Konferenz in Rio de Janeiro wird die UN-Rahmenkonvention zum Klimawandel verabschiedet. Die USA blocken jedoch die Aufrufe zu konkretem Handeln. Beobachtungen des Klimas in der Vergangenheit legen dar, dass die Klimasensitivität in der Vergangenheit in der gleichen Größenordnung liegt, wie sie von unabhängigen Modellen simuliert wird.

1995 stellt der zweite IPCC Bericht eine „Signatur“ des menschengemachten Treibhauseffektes und der Erderwärmung fest. Für das kommende Jahrhundert wird eine starke Erwärmung als wahrscheinlich angesehen. 1997 verabschiedet die internationale Konferenz das Kyoto Protokoll. Dies setzt Ziele zur Reduktion

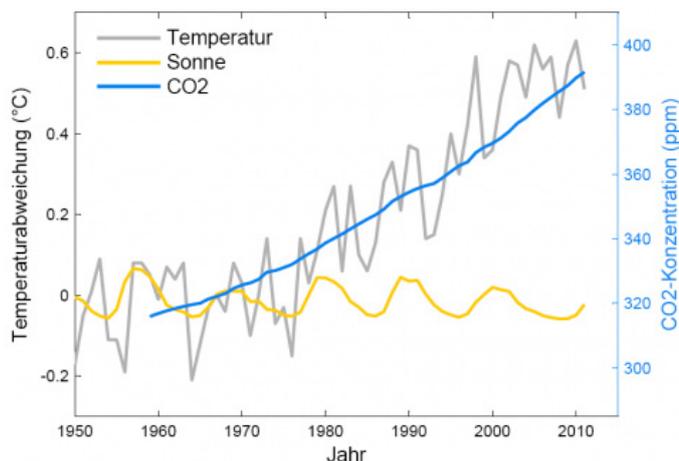
der Treibhausgasemissionen fest – unter der Bedingung, dass ausreichend viele Nationen die Verträge unterschreiben. 1998 verursacht der „Super El Niño“ Wetterkatastrophen und das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen (was in den Jahren 2005 und 2007 etwa wieder erreicht wird). Daten aus Bohrkernen aus diesem Jahr bestätigen einen außergewöhnlichen Erwärmungstrend.

2002 zeigen Studien einen Effekt der Abdunkelung aufgrund der Luftverschmutzung. Dies soll den Treibhauseffekt verzögert haben, die Verschmutzung geht aber inzwischen zurück. Zahlreiche Beobachtungen lassen 2003 die Befürchtung aufkommen, dass das Abschmelzen der Eisdecken (West Antarktis und Grönland) den Meeresspiegel schneller ansteigen lässt als viele Forscher (IPCC) zuvor gedacht hatten. Die sommerliche Hitzewelle mit vielen Toten in Europa verstärkt das Auseinanderdriften der Wahrnehmung des Klimawandels in der europäischen und US-amerikanischen öffentlichen Meinung. 2005 regen die Hurrikane Katrina und andere schwere tropische Stürme die Diskussion darüber an, ob die globale Erwärmung einen Einfluss auf die Intensität der Stürme hat. 2007 warnt der 4. IPCC Bericht davor, dass schwerwiegende Folgen der Erderwärmung bereits sichtbar sind. Die Kosten, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, seien deutlich geringer als der Schaden, den sie anrichten. Grönländische und antarktische Eisschilde sowie das Meereis des arktischen Ozeans schmelzen viel schneller als erwartet. 2009 warnten viele Experten davor, dass die globale Erwärmung schneller und gefährlicher ist als man noch vor wenigen Jahren dachte. Die globale Mitteltemperatur (5-Jahres-Mittel) liegt bei 14.5°C.

### ■ Klimawandel und Wissenschaft jetzt, hier, heute

In der nächsten Grafik sehen Sie eine der wohl wichtigsten Grafiken (die Messungen sind von mehreren unabhängig voneinander bestehenden Messreihen bestätigt), die den Klimawandel gut erläutern kann. Sie sehen den Temperaturverlauf (graue Linie) im Vergleich mit der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre (blaue Linie). Die Temperatur schwankt relativ stark, weist aber einen eindeutigen Trend nach oben auf. So hat der bereits erwähnte Ausbruch des mächtigen Vulkans Pinatubo im Jahr 1991 eine deutliche Abkühlung der Temperatur zur Folge gehabt. Das Gegenteil war durch den „Super El Niño“ 1998 der Fall, damals wurden warme Wasserschichten im tropischen Pazifik an die Oberfläche befördert und sorgten für eine merkliche Temperaturerhöhung auf einen neuen Rekordwert, dieser wurde freilich längst wieder eingestellt. 2012 war global das 9. wärmste Jahr seit Aufzeichnung der Wetterdaten.

CO<sub>2</sub>-Konzentration und Temperaturverlauf nebst Einfluss der Sonne seit 1950



Quelle: Prof. Stefan Rahmstorf — PIK Research Portal

Der US-Klimaforscher Schmidt (NASA) hat das in einer bekannten Aussage gut zusammengefasst: „One more year of numbers isn't in itself significant. What matters is this decade is warmer than the last decade, and that decade was warmer than the decade before. The planet is warming. The reason it's warming is because we are pumping increasing amounts of carbon dioxide into the atmosphere.“ (*ein Jahr mehr ist an sich nicht entscheidend. Was zählt ist, dass die Dekade wärmer war als die letzte, und diese wärmer war als jene davor. Die Erde erwärmt sich. Der Grund für die Erwärmung ist, dass wir große Mengen an CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre pumpen*).

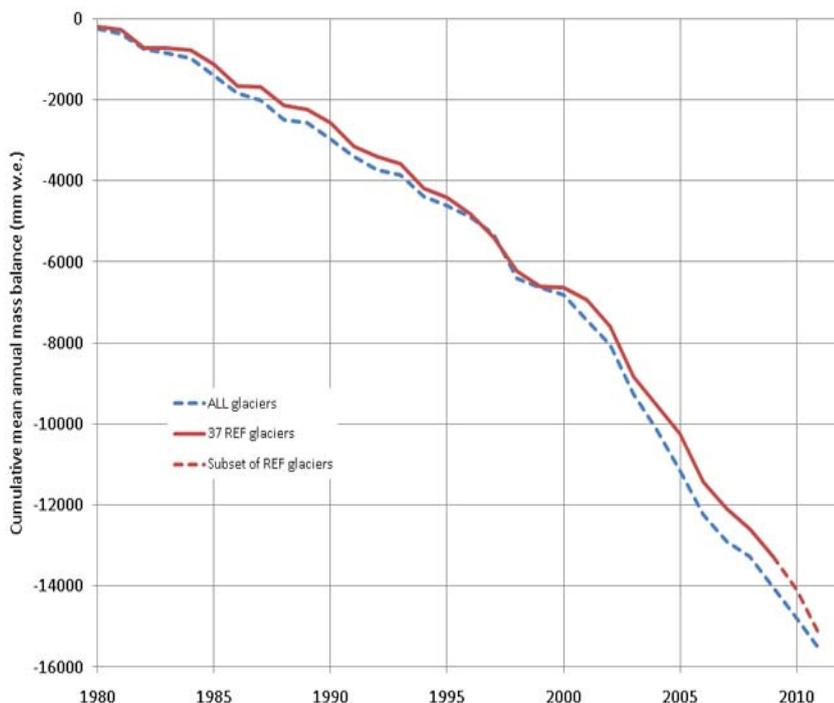
Wie Sie an der Geschichte sehen, waren die zunächst nur theoretischen Überlegungen der Wissenschaftler, auf deren Schultern wir heute stehen, richtig. Es besteht tatsächlich eine sehr enge Verbindung zwischen Temperaturverlauf und Treibhausgasen. Das ist nicht nur auf der Erde so, sondern kann auch auf anderen Planeten mittlerweile nachgewiesen werden. In der Grafik ist auch die Temperaturveränderung, ausgelöst durch die Sonnenzyklen (etwa 11 Jahre, also von vielen Sonnenflecken bis hin zu wenigen Flecken) dargestellt. Wie Sie sehen, geht der Einfluss der Sonne gegen null, was den Klimatrend angeht. Anders sieht es bei der Stellung der Erdachse aus. Diese hat einen wesentlich höheren Einfluss auf die Temperatur als die CO<sub>2</sub>-Konzentration (die hat die Eiszeitzyklen nur verstärkt, aber nicht ursächlich ausgelöst). Das hat aber für uns keine Relevanz, da dies Prozesse sind, die in geologischen Zeiträumen ablaufen (mehrere zehntausend Jahre). Das mag Klimaforscher interessieren, der Investmenthorizont wird hier aber selbst für uns als längerfristig orientierte Investoren mehr als überschritten. Die Erdbahnzyklen sind viel zu stabil, um hier eine Temperaturänderung bzw. Einfluss innerhalb von z. B. „nur“ 1.000 Jahren erwarten zu können.

CO<sub>2</sub> ist aus mehreren Gründen besonders entscheidend. Zum einen können wir den Ausstoß dieses Gases im Gegensatz zu Wasserdampf (dem wichtigsten „Treibhausgas“ – bei Sättigung regnet Wasserdampf ab) selbst kontrollieren, der Einfluss des CO<sub>2</sub> auf die Temperatur ist signifikant und es bleibt zwischen 100 und 200 Jahren in der Atmosphäre. Damit belasten unsere Emissionen auch noch unsere Kindeskinde. Durch diesen Effekt ist eine bestimmte Temperaturerhöhung auch jetzt schon ziemlich sicher, unabhängig davon, wie viel neues CO<sub>2</sub> noch hinzukommt. Methan (Erdgas) ist ein sehr viel stärkeres Treibhausgas als CO<sub>2</sub> (etwa um den Faktor 30). Deshalb fackelt man es bei Ölfeldern, auf denen es nur ein Abfallprodukt darstellt und wirtschaftlich nicht gesammelt werden kann, ab. Dadurch wird aus CH<sub>4</sub> (Erdgas) in der Hauptsache CO<sub>2</sub> – also Kohlendioxid. Es ist folglich sinnvoller, das Gas einfach abzufackeln, als es in die Atmosphäre zu entlassen. Erdgas bleibt allerdings nur für ca. 15 Jahre in der Atmosphäre und wird dann in der Hauptsache in CO<sub>2</sub> umgewandelt. Durch diese geringe Laufzeit ist Methan (15% Anteil am Klimawandel, verursacht durch Landwirtschaft (Tierhaltung) und unkontrollierten Austritt von Erdgas aus dem Boden) deutlich ungefährlicher für die weitere Entwicklung der Menschheit. Bei Methan können wir aufgrund der geringen Verweildauer reagieren, bei CO<sub>2</sub> oder bei anderen Treibhausgasen wie den Fluorkohlenwasserstoffen (FCKW; 11% Anteil; 100 Jahre Verweildauer) nicht. Dazu kommen noch Lachgase (aus der landwirtschaftlichen Düngung), die ebenfalls einen kleineren Einfluss haben.

Die Temperaturschwankungen dürften wie auch in den vergangenen Jahrzehnten weiter bestehen bleiben, aber der Trendverlauf wird mit hoher Wahrscheinlichkeit dafür sorgen, dass wir immer mehr Jahre haben werden, in denen neue Temperaturrekorde mit den verbundenen Extremwetterereignissen auftreten werden. Statistisch dürften wir global künftig in etwa 2-3 Rekordjahre pro Jahrzehnt erleben. Die globalen Temperatur-Rekordjahre laut den Daten der NASA waren zuletzt 2010, 2005 und 1998.

Wir wüssten auch ganz ohne Klimaforscher, dass etwas Fundamentales in unserem Klima vorgeht. Viele Bewohner der Alpen kennen Gletscher aus persönlicher Anschauung. Es ist beeindruckend, wie stark sich diese Gletscher innerhalb von nur 100 Jahren bereits zurückgebildet haben. Auch berichten die Einwohner der Arktis, die Inuit, dass sie uralte Jägerpfade nicht mehr benutzen können, weil es immer mehr Todesfälle von Jägern gibt, die im Eis einbrechen.

Die Sache mit den Gletschern beruht natürlich nicht nur auf den persönlichen Erfahrungen vieler Menschen, sondern ist natürlich auch von der Wissenschaft gut untersucht, die die weltweiten Gletscher genau beobachtet. In der nächsten Grafik können Sie den Masseverlust der Gletscher seit 1980 erkennen. Die durchschnittliche kumulative Masse-Balance aller beobachteten Gletscher sehen Sie anhand der blauen Linie und der Referenzgletscher der Studie in Rot.



Quelle: IPCC

## ■ Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

Wir wissen ziemlich genau, wie viel CO<sub>2</sub> von der Menschheit jeden Tag freigesetzt wird. Eine wichtige CO<sub>2</sub>-Quelle ist Öl. Wir fördern und verbrauchen derzeit täglich ca. 90 Millionen Fass (das sind 14,3 Milliarden Liter) Öl. Zum Glück bleibt nicht das ganze CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre, sondern wird von der Biosphäre (also den Pflanzen und den Ozeanen) teilweise aufgenommen. Die Ozeane versauern dadurch messbar, dass sie ca. ¼ des CO<sub>2</sub> aufnehmen. Das bedeutet mittelfristig nichts Gutes vor allem für das Plankton, das die Lebensgrundlage als erste Quelle der Nahrungskette für die Fauna des Ozeans darstellt. Schon 2050 könnte das Plankton als Nahrungsgrundlage ausfallen. Mit allen Konsequenzen für die Eiweißversorgung durch Meerestiere für die Menschheit. Die Kohlensäure (CO<sub>2</sub> in Wasser gelöst) greift nämlich die Kalkpanzer mancher Tierarten in den Ozeanen an. Dennoch ist es gut, dass wir hier einen Puffer zur Verfügung haben. Die Pufferwirkung des Atlantiks lässt allerdings seit einigen Jahren messbar nach: Das Meerwasser nimmt weniger Kohlendioxid aus der Luft auf als zuvor. Jetzt hat ein spanisch-französisches Forscherteam den Grund dafür

herausgefunden<sup>11</sup>: Weil sich die atlantische Umwälzströmung verlangsamt hat, gelangt weniger CO<sub>2</sub>-gesättigtes Wasser in den Norden und damit letztlich in die Tiefsee. Als Folge bleibt der CO<sub>2</sub>-Gehalt des Oberflächenwassers höher und dieses kann weniger neues Treibhausgas aufnehmen.

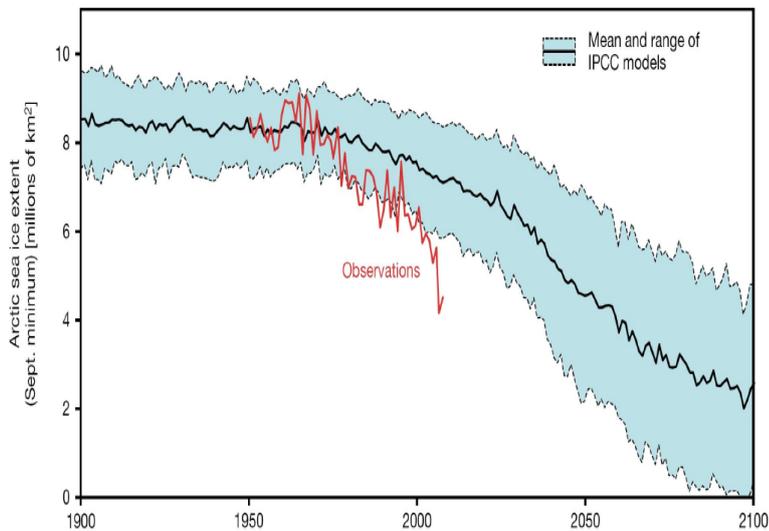
Ein Rest unserer Emissionen, den die Wissenschaft ziemlich genau beziffern kann, bleibt freilich in der Atmosphäre, deshalb steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt genau so stark an, wie es unter den gegebenen Emissionen auch zu erwarten war und ist. Die mittlere jährliche Wachstumsrate für die vergangenen 20 Jahre betrug 1,5 ppm. Die aktuelle CO<sub>2</sub>-Konzentration liegt rund 40% über dem geschätzten Wert von ca. 280 ppm zu Beginn der industriellen Revolution. Dem „Global Carbon Project“ zufolge ist die gegenwärtige CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre die höchste der letzten zwei Millionen Jahre<sup>12</sup>.

Dabei ist es nicht die durchschnittliche globale Temperaturentwicklung selbst, die uns Sorgen bereitet, sondern die Temperaturerhöhung an dem Platz, an dem wir konkret leben. Die Schwankungen über den Ozeanen fallen nämlich gering aus und ziehen die Entwicklung der globalen Durchschnittstemperatur statistisch nach unten.

### ■ Temperatur, Meereis und Meeresspiegel

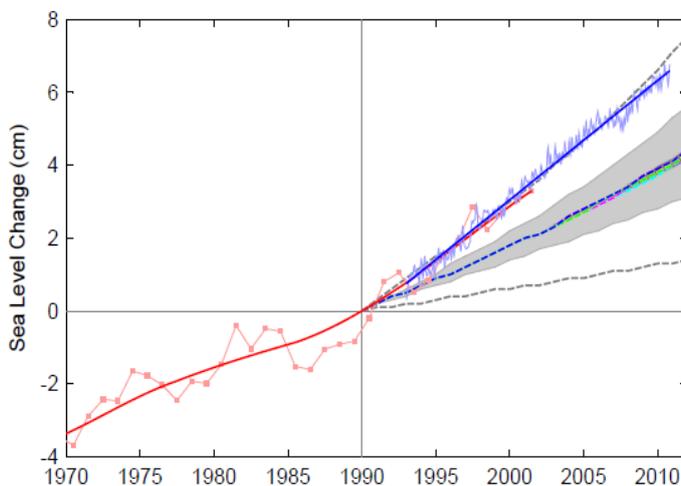
Die Modelle der Vergangenheit haben uns die Temperaturentwicklung in Abhängigkeit von der CO<sub>2</sub>-Konzentration mit erstaunlicher Präzision vorhergesagt. Dagegen hat sich das IPCC mit ihren Modellen zur Vorhersage der Ausdehnung des arktischen Meereises (Nordpol) bzw. des Anstieges des Meeresspiegels nicht gerade mit Ruhm bekleckert. Die Nordpolar-Meereis-Ausdehnung spielt für das Winterwetter in Europa eine große Rolle. Zudem wird der stärkste Rückstrahler von Sonnenenergie (Eis strahlt Sonne in den Welt- raum mit einer Rate von gut 80% zurück) in den stärksten Aufnehmer von Sonnenenergie (die freie Meer- oberfläche nimmt die Sonnenstrahlen mit sehr geringer Abstrahlung von nur ca. 20% auf) verwandelt. Fach- leute sprechen auf von der Albedo. Als Folge steigt der Gesamtenergieeintrag durch die Sonne auf die Erde messbar an – mit allen Folgen. Eine im Oktober veröffentlichte Studie<sup>13</sup> kam zu dem Ergebnis, dass die Eisdicke in den letzten Jahrzehnten viermal (!) so schnell abgenommen hat, wie es die Modellrechnungen im Durchschnitt ergeben hatten. Das Verhalten von Eis ist physikalisch offensichtlich so komplex, dass es die Wissenschaftler noch immer nicht zuverlässig vorhersagen können. In der nächsten Grafik sehen Sie die IPCC Modelle mit dem Durchschnittsannahmewert und der Schwankungsbreite. Selbst der Worst Case ist weit von der Wirklichkeit (rote Linie; Echt- daten von Satellitenmessungen) entfernt. Das ist alarmierend. Neu- ere Modelle sagen voraus, dass die Eisdecke schon in den 2020er-Jahren auf null zurückgehen könnte. Wie Sie in der Grafik erkennen können, haben uns die alten Modelle selbst im Worst Case einen Rückgang auf null frühestens in den 2080er-Jahren prognostiziert. Letztes Jahr erreichte die Ausdehnung der Eisdecke (die Daten aus der Grafik sind schon etwas älter) übrigens erneut einen neuen Negativrekord. Das ist im fol- genden Chart noch nicht mit abgebildet.

Eisdecke im Nordpolarmeer, IPCC-Schätzungen mit Median versus tatsächliche Entwicklung



Quelle: IPCC

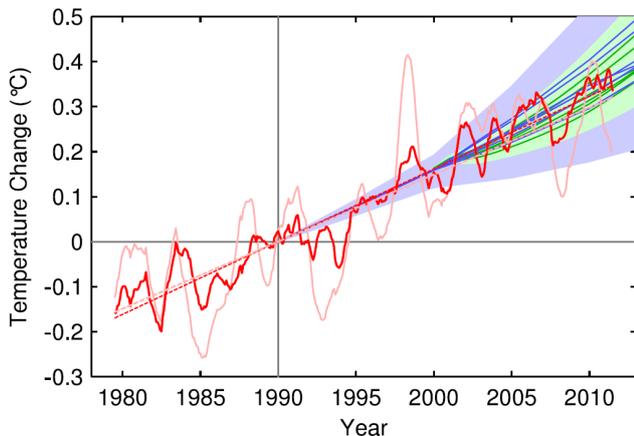
Aber auch der Anstieg des Meeresspiegels wurde vom IPCC völlig unterschätzt: Die Modellannahmen (seit 1990) sind im grauen Bereich abgedeckt, der wirkliche Anstieg (blaue Linie – Satellitenmessung) des Meeresspiegels liegt weit über diesen Annahmen.



Quelle: IPCC

Dagegen kann bzw. konnte die Wissenschaft, wie erwähnt, die Temperatur (in Abhängigkeit von der CO<sub>2</sub>-Konzentration) mit erstaunlicher Genauigkeit prognostizieren. Darin sind die Forscher (bzw. die Modelle) wirklich gut. Das können Sie in der nachfolgenden Grafik schön erkennen. Angegeben sind Mittelwerte über fünf globale Datenreihen (blasse rote Linie) und die Daten nach Entfernen des Effekts von Vulkanen, El Niño und Sonnenzyklen (dunkle rote Linie), jeweils mit linearen Trendlinien.

## Temperatur-Modellschätzungen und tatsächlicher Verlauf



Quelle: Prof. Stefan Rahmstorf - PIK Research Portal

Die neuesten GRACE-Satellitendaten über die Eisschmelze in Grönland und vor allem in der Antarktis (also des Südpols) haben in der Fachwelt für enormes Aufsehen gesorgt<sup>14</sup>. Die beiden großen Festland-Eisschilde der Erde verlieren demnach immer schneller an Masse. Das hatte besonders von der Antarktis bis dato kaum jemand für möglich gehalten. Wenn das Eis der Polargebiete schmilzt, trifft es Teile des äquatorialen Pazifiks am härtesten: Dort wird der Meeresspiegel deutlich stärker ansteigen als im globalen Mittel. Das haben britische und italienische Forscher mit Modellrechnungen festgestellt. Für Europa dagegen könnte es demnach glimpflich ablaufen: Denn hier steigen die Pegel vermutlich sogar weniger als im weltweiten Durchschnitt<sup>15</sup>.

Monatliche Temperaturextreme haben sich durch den Klimawandel, der derzeit eine Temperaturerhöhung von  $0,8^{\circ}\text{C}$  über dem vorindustriellen Level aufweist, nicht etwa nur um 10% oder 50% – wie man das als Laie vermuten würde – erhöht, sondern verfünffacht! Das ist das Ergebnis einer in „nature“ publizierten Studie<sup>16</sup>. 80% der monatlichen Hitzerekorde wären demnach ohne die globale Erwärmung nicht zustande gekommen. Nachdem seit 2000 jedes Jahr unter den 14 wärmsten seit Beginn der Wetteraufzeichnungen lag, liegt es auf der Hand, dass die Häufigkeit von Hitzeextremen und auch neuen Hitzerekorden zunimmt. Das wurde von der erwähnten Studie wenig überraschend bestätigt, dabei wurden weltweit 150.000 Datenreihen analysiert. Monatliche Hitzerekorde sind in den letzten zehn Jahren etwa fünfmal so häufig aufgetreten, als es bei einem stationären (das heißt einem fiktiv unveränderlichen Klima – ohne Temperaturerhöhung) zu erwarten gewesen wäre. Dass es zu mehr Hitzerekorden kommt, war nun auch ohne diese Studie klar, aber die Dimension ist doch erstaunlich. Australien ist besonders betroffen: Rekorde in 2012 und 2009. Die USA hatten 2012 den wärmsten Sommer seit Beginn der Aufzeichnungen – mit verheerenden Dürren für die Landwirtschaft. In Europa hatten wir den Jahrhundertsommer 2003 im westlichen Teil Europas, und eher in der Osthälfte um Russland hatten wir diesen absoluten Rekord im Juli 2010.

Im Winter haben wir in Europa nur einen schwach ausgeprägten Trend zur Erwärmung. In den letzten zehn Jahren war der kälteste Winter nicht so kalt wie die kältesten Winter jeweils früherer Jahrzehnte. Vorübergehende Kaltlufteinbrüche werden – vor allem im östlichen Teil Europas – mit Hochdruckgebieten über der Arktis in Verbindung gebracht. Diese sind dann wetterbestimmend. Der Rückgang der Eiskecke auf dem arktischen Ozean führt zu größeren Mäandern (Umwegen) des Strahlstroms. Ausgerechnet dadurch, dass es in der Arktis deutlich wärmer geworden ist, kommt im Winter zu bestimmten Zeiten arktische Kaltluft zu uns, die dann das Wetter bestimmt. Das ist eine gewisse Ironie der Geschichte.

## ■ Die Szenarien für die Zukunft

Die Politik wird sich wahrscheinlich nicht auf wesentliche Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung einigen. Das würde den wirtschaftlichen Interessen von Ländern wie den USA und Russland widersprechen. Wir sehen uns das weniger von der Nachfrageseite her an, sondern vielmehr von der Angebotsseite. Die Rückschlüsse sind dort einfacher:

Zunächst zu den größten Emittenten (Weltweite Emissionen: 34 Gigatonnen CO<sub>2</sub> 2011):

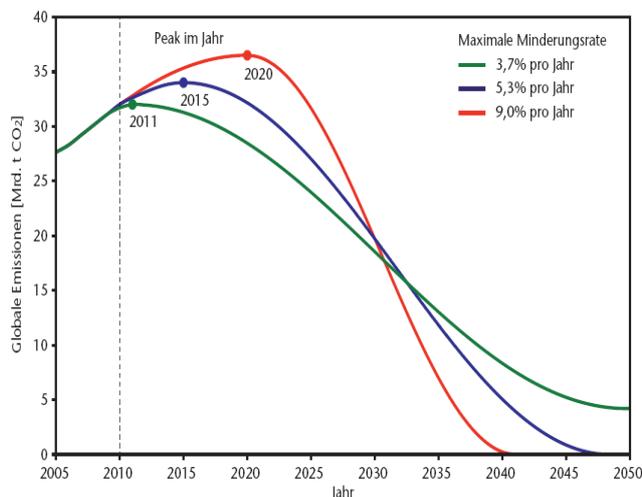
1. **China** (ca. 9 Gigatonnen CO<sub>2</sub>): Das Land hat traditionell zuerst Wirtschaftsinteressen im Blick, um den Heerscharen von immer noch vielen armen Menschen einen höheren Lebensstandard ermöglichen zu können. China dürfte erst dann verstärkt auf nicht fossile Energieträger setzen, wenn diese nicht mehr die Wirtschaft (Preis und Verfügbarkeit) behindern.
2. Der zweitgrößte Emittent sind die **USA** (ca. 6 Gigatonnen CO<sub>2</sub>) – die Regierung hat sich dafür entschieden, Fracking massiv zu fördern. Die Amerikaner wollen damit ein Geschäft machen und das Erdgas bzw. Öl auch verkaufen. Wir reden hier von einer echten Reichweite des Erdgases von sicherlich über 100 Jahren. Allerdings könnten die USA im Zuge einer neuen politischen Strömung noch umdenken. Das schließen wir nicht aus, da die USA dann zwar enorme wirtschaftliche Nachteile in Kauf nehmen würden, aber dafür einen wichtigen Beitrag zum Schutz des Klimas leisten könnten. Wirtschaftlich könnten sich die USA einen Verzicht auf den Verkauf ihrer fossilen Bodenschätze leisten. Ökonomen wie Stern schätzen übrigens die Schäden durch den Klimawandel um viele Größenordnungen höher ein als etwaige Einnahmen aus dem Verkauf von fossiler Energie. Laut Stern werden Klimaschäden 5% des Welt-BIP kosten. Maßnahmen um den Klimawandel einzudämmen, fallen dagegen laut dem Ökonomen „nur“ mit 1% des Welt-BIP an.
3. Drittgrößter Emittent ist **Indien**: ähnliche Interessenslage wie China.
4. **Russland**: Das Land ist auf den Verkauf seiner fossilen Energieträger wirtschaftlich angewiesen. Falls sich die Weltgemeinschaft dazu entschließen sollte, ihren Verbrauch an fossilen Energieträgern erheblich zu drosseln – z. B. um dem Klimawandel einigermaßen Einhalt zu gebieten oder weil es billigere Alternativen gibt, würde das Russland wirtschaftlich ruinieren. Die Russen werden daher wohl alles unternehmen, dass genau das nicht passiert. Ähnliches gilt auch für die OPEC-Förderländer.
5. **Japan** – hohes Interesse an einer Lösung
6. **Deutschland** (ca. 0,8 Gigatonnen CO<sub>2</sub>): detto wie Japan

Selbst wenn sich Europa dazu entschließen sollte, das Thema noch ernster als in der Vergangenheit zu nehmen, würde dies global so gut wie gar nichts ändern. Deutschland folgt als größter europäischer Emittent weltweit erst auf Platz 6 der Skala. Bezüglich einer politischen Lösung sind wir sehr skeptisch eingestellt, sie ist aufgrund der wirtschaftlichen Interessen der großen Emittenten nicht realistisch. Die einzige wirkliche Chance, und hier liegt unsere ganze Hoffnung, ist in der technologischen Entwicklung zu suchen. Darüber können Sie sich im entsprechenden Kapitel informieren.

Es gibt vergleichsweise (zu extrem komplexen Klimamodellen) „einfache“ Modelle, die beschreiben, wie sich Starkwetterereignisse – auf die es bei der Bewertung der negativen Folgen des Klimawandels ankommt – möglicherweise weiterentwickeln werden. Dabei verwenden die Forscher „einfache“ statistische Modelle. Diese haben die vergangene Zunahme der Rekorde überraschend gut erklärt. Was sagen uns diese Modelle im Augenblick über die Zukunft? Diese prognostizieren, bei unveränderten Trends, dass wir im Jahr 2040

bereits zwölfmal (!) so viele Rekorde erleben werden als in einem unveränderlichen Klima. Bitte beachten Sie dabei, dass wir dann wieder neue Rekorde sehen, die nicht nur wärmer sind als alles, was wir bis heute erlebt haben, sondern die auch die noch kommenden Rekorde der 2020er und 2030er dann noch mal wieder überbieten müssen, um wieder als neuer Rekord gezählt zu werden.

In den folgenden Modellannahmen können Sie die Wahrscheinlichkeit ablesen, ob wir den Temperaturanstieg bei 2°C stoppen können. Demnach können wir noch **bis etwa 2018** im jetzigen Trend die Emissionen fortsetzen und haben dann immer noch eine 50%-Chance, die Erwärmung auf 2°C zu begrenzen. Die Zeit läuft uns aber, wie Sie in der Grafik erkennen können, rasch davon. Insgesamt (gemeint sind die nächsten 100 Jahre) können wir noch max. 700 Gigatonnen in die Luft emittieren, dann haben wir eine 75%ige Chance, die Erwärmung auf 2°C zu begrenzen. Derzeit emittieren wir knapp 35 Gigatonnen (pro Jahr).



Quelle: Quelle: Prof. Stefan Rahmstorf — PIK Research Portal

Wir wissen, was der Anstieg von 0,8°C bewirkt hat – das ist der Status Quo. Wir können nur erahnen, was ein Temperaturanstieg (immer im Vergleich zur vorindustriellen Zeit) um 2°C oder gar um 3°C oder mehr bewirken würde. Ein 2°C-Anstieg wird mächtige Schäden verursachen, gilt aber als noch bewerkstelligbar. Bei 3°C wären die Auswirkungen katastrophal, bei 5°C würde nach Überzeugung vieler Wissenschaftler der Überlebenskampf für die Menschheit beginnen. Die Gesellschaft sollte nicht das Experiment eingehen, was auf einer Erde, die dann mit 9 Milliarden Menschen bevölkert sein wird, bei einem Temperaturanstieg in dieser Höhe passieren würde. Soweit wird es aber nicht kommen. Die Menschheit wird Lösungen im technologischen Bereich finden. Wir haben schon gute Ansätze dafür und sind diesbezüglich optimistisch.

## ■ Skepsis gegenüber den Datenreihen und Klima-Forschern

In Europa ist der Klimawandel in der Öffentlichkeit allgemein akzeptiert. Allerdings haben wir bei einer Kundenveranstaltung z. B. konkret einen Kunden erlebt, der den Datenreihen und den Klimaforschern mit erheblicher Skepsis gegenübergetreten ist. Dabei handelt es sich um einen sehr belesenen, intelligenten Menschen. Wir nehmen das daher sehr ernst. In den USA trägt die Auseinandersetzung dagegen beinahe schon religiöse Züge, ganz ähnlich der Auseinandersetzung zwischen z. B. Anhängern der Tea-Party-Bewegung, die teilweise die Bibel wörtlich nehmen, ein Erdalter von 6.000 Jahren annehmen und der direkten Erschaffung des Menschen durch Gott (Adam und Eva) das Wort reden, und den Wissenschaftlern, die die Evolutionstheorie vertreten und ein Erdalter von ca. 4,6 Mrd. Jahren annehmen. Wir haben Arbeiten von

Klimaforschern des Potsdamer Institutes für Klimaforschung (PIK) und amerikanischer Forscher ausgewertet und den Eindruck gewonnen, dass die Forscher es leid sind, immer wieder auf dieselben Einwände eingehen zu müssen. Allerdings ist das kaum der richtige Weg. Vielmehr muss man sich dieser Diskussion stellen. Das würde allerdings den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Wir möchten Sie diesbezüglich auf eine interessante Seite eines Klimaforschers, Prof. Rahmstorf, der in vorderster Front agiert und schon selbst viele häufig zitierte wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht hat, aufmerksam machen. Der Klimatologe hat einen allgemein verständlichen Artikel über die Argumente der Klimaskeptiker und die Gegenargumente der aktuellen Wissenschaft zu dem Thema verfasst. Den Link zu dieser Seite finden Sie im Quellenverzeichnis auf der letzten Seite<sup>17</sup>.

Auch wurde von einem Journalisten der Zeitung „Die Zeit“ die Verhältnisse in den USA zu diesem Themengebiet umfangreich recherchiert. Was er in diesem Zusammenhang schreibt, dürfte von Interesse für Sie sein, wenn Sie sich für das Thema Klimawandel und das dahinter stehende politische Marketing interessieren. Den Link zu dieser Seite finden Sie ebenfalls im Quellenverzeichnis auf der letzten Seite<sup>18</sup>.

Was meinen wir überhaupt damit, wenn wir davon sprechen, dass sich die „Wissenschaft“ bei diesem Thema einig ist? Eine Analyse von immerhin 1.372 Klimaforschern hat gezeigt, dass 97-98% der Forscher, die sich beruflich mit dem Thema beschäftigen, von der Evidenz für die anthropogene globale Erwärmung überzeugt sind<sup>19</sup>. Oft wird uns von Medien suggeriert, dass die Klimatologen in dieser Frage zerstritten seien. Das trifft aber, wie Sie an diesen Zahlen erkennen können, in keiner Weise zu. Bei anderen Wissenschaftsthemen gibt es nicht einmal annähernd eine derart hohe Übereinstimmungsrate.

### ■ Was sagen die Eliten zum Klimawandel?

Die wachsende Kluft zwischen Arm und Reich und das extreme Wetter bereiten den führenden Köpfen der Weltwirtschaft zunehmend Sorgen. Dieses Fazit zieht die Stiftung Weltwirtschaftsforum, die alljährlich im Schweizer Skort Davos Spitzenvertreter aus Wirtschaft und Politik versammelt, aus einer veröffentlichten Umfrage. Die rund 1.000 Befragten fürchten, dass das soziale Gefälle zunimmt und die Politik nicht die Kraft für eine Trendwende aufbringen wird – trotz ihrer Bemühungen in Europa und den USA, die Finanzen in Ordnung zu bringen. In Kombination mit dem Klimawandel warnen sie vor einem brisanten Cocktail. Das Weltwirtschaftsforum Ende Januar zählt zu den weltweit renommiertesten Konferenzen von Entscheidungsträgern in Ökonomie und Politik. Die Umfrage spiegelt einen Vertrauensverlust in die Führungsfähigkeit der Regierungen wider, sagte der für die Studie verantwortliche Geschäftsführer des Forums, Lee Howell. Wie im Vorjahr würden das Reichtumsgefälle und die Lage der öffentlichen Finanzen als größte wirtschaftliche Risiken für die Welt genannt, hinzu komme die Sorge vor extremem Wetter. Deutlich gewachsen seien in den vergangenen zwölf Monaten die Sorgen wegen des Klimawandels, heißt es in dem Bericht weiter. Ein Grund dafür sei der Hurrikan „Sandy“ gewesen, der im Oktober die US-Ostküste verwüstet hat. Zugleich sei das Jahr 2012 aber auch von Dürre, Überschwemmungen und einer Rekord-Eisschmelze im Nordpolarmeer geprägt gewesen. Wenn die Kräfte nicht gebündelt würden, um die Folgen des Klimawandels in den Griff zu bekommen, würden künftige Generationen dies mit Wohlstandsverlusten bezahlen.

## Investments und Technologie im Energiesektor

In den letzten Kapiteln mussten wir uns zu einem erheblichen Teil auf Studien von Forschern und Technikern verlassen, endlich kommen wir in diesem Kapitel zu unserem eigenen Fachgebiet, der Investmentseite der Energiewirtschaft:

### ■ US-Dollar

Bitte beachten Sie, dass der US-Dollar in den letzten Jahrzehnten auch deshalb tendenziell unter Verkaufsdruck stand, da die Amerikaner wesentlich mehr Waren und Dienstleistungen importierten als exportierten. Das Leistungsbilanzdefizit kann nur durch einen entsprechend hohen Kapitalbilanzüberschuss – wir Analysten verwenden diese Wörter deshalb auch als Synonym, es sind nur zwei verschiedene Seiten der gleichen Medaille – ausgeglichen werden. Das heißt, es werden in diesem Fall Dollars verkauft. Dieser wesentliche Umstand hat damit zu tun, dass die Amerikaner große Nettoimporteure von Energie waren. Das ändert sich durch das Fracking diametral. Die USA könnten bald über einen Leistungsbilanzüberschuss verfügen. Das wäre langfristig ausgesprochen positiv für den Dollar zu bewerten. Allerdings beschreiben wir hier sehr langfristige Zusammenhänge. Tagesaktuell hat das noch keine Relevanz für den Devisenmarkt. Dafür hat sich die Nettoenergiebilanz der USA noch zu wenig verändert. Chemiefirmen haben sich in jüngster Zeit schon für den Standort USA statt für Europa oder Asien entschieden, weil die wichtigen Energie-Input-Kosten sowie wichtige Ausgangsrohstoffe (Flüssiggas) dort um vieles billiger geworden sind als etwa in Europa. Das hat auch zu einem kleinen Revival der US-Industrie beigetragen. Bedenken Sie, dass in einem Automobil mittlerweile ca. 120 kg Plastik verbaut werden. Auch die dadurch ausgelöste Renaissance des US-Industriesektors ist mittel- bis langfristig positiv für den US-Dollar zu bewerten.

### ■ Russland und OPEC-Staaten

Die Hauptleidtragenden – egal ob wir über Fracking oder andere neue Technologien sprechen – dürften (und sind teilweise bereits) die OPEC-Staaten und Russland sein. Die russische Wirtschaft ist stark von ihren Energieexporten abhängig. Für das Land gibt es in Bezug auf den Klimawandel bzw. Kostenüberlegungen durch neue Technologien nur zwei Möglichkeiten, entweder es kann seine Energieexporte weiter steigern und wachsen, das ist eine Funktion des Volumens und des Preises, oder die Exporte fallen mehr oder weniger stark. Nur für diesen letzteren Fall wird der Klimawandel beherrschbar bleiben. Wenn die Export-Einnahmen aber zu Lasten der Wirtschaft und zu Gunsten des Klimas deutlich nachgeben, würde das die Wirtschaft und damit auch die russische Gesellschaft in große Schwierigkeiten bringen. **Die Risiken für Investments in Russland sind deshalb besonders hoch**, weil die angesprochenen Probleme nicht nur auf den Energiesektor, sondern auf alle Wirtschaftsebenen abstrahlen. Das gleiche gilt sinngemäß auch für Investitionen in die OPEC-Staaten.

## Neue Technologien – Chance für die Menschheit und gleichzeitig Gefahr für Investoren

### ■ Kann Erdgas Diesel und Benzin verdrängen?

Wir gehen davon aus, dass in den nächsten 5 Jahren wesentlich mehr Autofahrer auf Gas wechseln werden wie zuletzt. Ab dann wird die Unsicherheit aber schon relativ hoch in Bezug auf strombetriebene Fahrzeuge (siehe nächstes Kapitel). Unsere Gründe: Gas ist um ca. 40% effizienter als Benzin. Der Preisunterschied ist atemberaubend hoch. Das liegt vor allem daran, dass für Gas in vielen Ländern, zu denen auch Österreich gehört, keine Mineralölsteuer anfällt. Für ein Kilogramm Gas bezahlt man konkret EUR 1, ein Liter Benzin

kostet dagegen etwa EUR 1,50. Bei den Anschaffungskosten unterscheiden sich bei allen Herstellern die bivalent angetriebenen Autos entweder gar nicht oder nur unwesentlich von vergleichbaren Dieselmotoren. Benziner sind allerdings günstiger. Wegen der hohen Investments in Flüssiggas (Förderung und Infrastruktur) werden die dahinterstehenden Investoren sicherlich versuchen, den Gasabsatz zu erhöhen. Wir gehen davon aus, dass dieser Mix aus einer etwas höheren Umweltfreundlichkeit als Benzin/Diesel und dem geringeren Preis sowie den Kapitalinteressen der Investoren in Fracking bzw. andere Gasanbieter (z. B. Gazprom) der Absatz von Erdgasautos zunehmen wird. Auf diese Antriebsart sind einige Zulieferer spezialisiert. Das heißt aber nicht zwangsläufig, dass diese nun besonders interessant wären, denn dafür ist die Einschätzung entscheidend, wie lange dieser Trend zum Erdgas anhalten könnte. Das hängt wesentlich von der Batterietechnologie ab.

## ■ Elektroautos

Diese Fahrzeugart führt derzeit nur ein Nischendasein. Die Batterie ist wesentlich zu teuer (derzeit etwa EUR 9.000 für einen Kleinwagen). Die geringe Energiedichte (Reichweite ca. 150 km für ein Fahrzeug), die kurze Lebenszeit der Batterie (sprich zu wenige Ladezyklen) und schließlich eine zu lange Dauer für die Aufladung (das funktioniert nur bei speziellen Ladestationen schnell, die aber noch kaum zu finden sind) machen reine Elektroautos derzeit unattraktiv. Wenn man diese Probleme in den Griff bekommt, sind die Vorteile allerdings derart schlagend, dass mit einer sehr schnellen Transformation weg von den Verbrennungsmotoren hin zu den Elektromotoren zu rechnen ist. Das liegt zum einen an der Effizienz (Verbrennungsmotor ca. 40%, Elektromotor ca. 90%). Zum anderen sind die Betriebskosten sehr gering. Mit heutigen Strompreisen können Sie einen Elektro-Golf 100 km für ca. EUR 2,5 bewegen (mit einem eigenen Solardach wird es noch billiger). Das geht sich selbst mit dem billigen Erdgas bei Weitem nicht aus. Der Kernvorteil liegt aber in den äußerst geringen Wartungskosten (kaum Verschleißteile). Sobald die Industrie folglich eine Batterie für ca. EUR 3.000 mit einer Reichweite für einen Golf von etwa 500 km, einer Lebensdauer für ca. 150.000 km und einer Ladedauer von max. 15 Minuten anbieten kann, wird das eine mittlere Revolution auslösen und alle Investments in den Erdöl- und Erdgassektor empfindlich treffen. Die nächsten 5 Jahre wird das vermutlich eher nicht der Fall sein. Ein Forschungskandidat, der die vorgenannten Bedingungen erfüllen könnte, wäre die Lithium-Luft-Batterie. Daran arbeiten viele Wissenschaftler und Firmen, darunter u. a. IBM. 5 Jahre in relativer Sicherheit reichen aber als Investmenthorizont nicht aus. Selbst 10 Jahre sind eher eine kurze Zeit. Darüber hinaus kann man noch nicht seriös abschätzen, wie sich die Forschung weiterentwickelt. Stand der Technik bildet derzeit sicherlich Tesla. Die 700 kg schweren Batterien des neuen Autos Tesla S kann man innerhalb von 30 Minuten zu einem Großteil aufladen. Nachdem Solarenergie wenig kostet, bietet Tesla kostenlosen Strom auf diversen Strecken in den USA für seine Kunden an. Das Auto soll eine Reichweite von 480 km haben (allerdings wohl nur unter optimalen Bedingungen). Die Technik ist derzeit aber noch viel zu teuer, das Auto kostet EUR 100.000. In Europa bildet Volkswagen mit dem XL1 (Elektro- + Dieselmotor), der in diesem Jahr in Serie geht, wohl die Speerspitze der alternativen Technologien. Das extrem leichte Auto (viel Karbon aus österreichischer Produktion wird hier für die Karosserie eingesetzt) soll ca. EUR 40.000 kosten und nur 0,83 Liter Normverbrauch auf 100 km aufweisen. Auch BMW wird dieses Jahr mit dem i3 ein neues Zeitalter in Sachen Spritspartechiken einläuten. Noch sind diese Technologien keine Gefahr für den Absatz fossiler Energieträger. Einer Breitenanwendung stehen die viel zu hohen Kosten entgegen. Aber das dürfte sich ändern.

Für die Energieversorgung unserer Häuser sind zwei Dinge relevant: Wärme und Strom. International kommt noch in den Ländern, die nicht so weit vom Äquator entfernt sind wie wir, die Kühlung dazu.

## ■ Wärme

Interessant ist diesbezüglich die Passivhaus-Technologie. Die Preise bewegen sich mittlerweile in einem konkurrenzfähigen Bereich. Passivhäuser haben kaum mehr einen Energiebedarf, der nur für die Warmhaltung des Gebäudes aufgewendet werden muss. Allerdings können Passivhäuser nur gebaut werden, wo auch die Sonne ausreichend hinkommt. Zudem ist das nicht jedermanns Sache. Allerdings gibt es eine EU-Richtlinie, wonach ab 2020 nur mehr im Passivhausstandard gebaut werden darf. Insofern dürfte der Energiebedarf für die Warmhaltung der Gebäude in den nächsten 30 Jahren alleine schon aus diesem Grund erheblich abnehmen. Zumindest gilt das für Europa. Europa spielt aber für die CO<sub>2</sub>-Emissionen global ohnehin kaum eine nennenswerte Rolle.

## ■ LENR (Kalte Fusion)

Das ist ein interessanter Forschungsansatz, der zu schön ist, um wahr zu sein. Als „kalte Fusion“ bezeichnet man Verfahren, die eine Art kontrollierter Kernfusion von Wasserstoff-Isotopen herbeiführen sollen, ohne dass ein Plasma mit hoher Temperatur hergestellt werden muss (wie bei einem Kernfusionsreaktor). Ein häufig gebrauchtes Synonym für die kalte Fusion ist LENR (low energy nuclear reactions), also Kernreaktionen bei niedriger Energie. Ob es sich dabei überhaupt um eine Kernreaktion handelt, ist unklar. Denkbar wäre auch ein ganz anderer Vorgang auf Nanoebene. Anfang 2011 behauptete der italienische Unternehmer Rossi zusammen mit dem Physiker Focardi jedenfalls, dass er Nickel und Wasserstoff zu Kupfer verschmelzen und damit eine sich über längere Zeit selbst aufrechterhaltende Reaktion in einem Gerät erzeugen könne, welches unter dem Namen „E-Cat“ bekannt ist. Die bei solchen Reaktionen eigentlich zu erwartende Gammastrahlung wurde nicht beobachtet. Das deutet darauf hin, dass es sich nicht um eine Kernfusion handelt. Die für den Herbst 2011 angekündigte Präsentation eines funktionsfähigen Gerätes wurde abgesagt. Eigentlich sollte dieses Gerät im Haushalt verwendet werden können und um die EUR 1.000 kosten. Dabei sollte mit einem Strom-Input von 1 ein Wärme-Output von 6 bis sogar 10 (!) erreichbar sein. Derzeit ist das Heizen mit Strom extrem teuer (Heizstrom kostet ca. 16 Cent je kWh – mit Gas bekommt man die Kilowattstunde um etwa 4 – 6 Cent). So ein Gerät würde die Heizwelt revolutionieren, da das Heizen mit Strom dann plötzlich um den Faktor 6 bis 10 billiger werden würde. Aber: Unabhängige Bestätigungen des Experiments liegen bisher nicht vor. Eine gründliche Untersuchung des Gerätes erlaubt Rossi nicht. Auch andere Forschergruppen arbeiten an ähnlichen Geräten wie dem „E-Cat“. Wir sind skeptisch, ob so ein Gerät vor der Marktreife steht oder ob es überhaupt einmal zur Marktreife kommen kann.

## ■ Strom und die „Nukleare Fusion“

Ein ganz anderes Kaliber als die vielen zuvor zitierten Start-ups ist ein Konzept von Lockheed Martin, einem großen US-Rüstungsproduzenten. Lockheed Forscher arbeiten an einem Kleinstfusionsreaktor. Dieser passt auf einen LKW und soll ebenso in Massenfertigung hergestellt werden können wie eine Flugzeugturbine. Ein einziger solcher Kleinstreaktor soll 100 MW (!) – damit können Sie eine Kleinstadt versorgen – Energie erzeugen. Die Kosten für eine Kilowattstunde wären mit den heutigen Kosten in keiner Weise vergleichbar. Das Gerät würde uns de facto grenzenlose Energie zu Minikosten zur Verfügung stellen. Die Auswirkungen auf die anderen Energiesektoren: Öl, Gas, Kohle, Solarenergie, Windenergie u. a. wären kaum vorstellbar. Auch könnte dies einen Wachstumsschub in der Größenordnung der Einführung der Elektrizität, des Automobils oder des Internets auslösen. Schließlich könnte man selbst in Entwicklungsländern eine flächendeckende elektrische Versorgung gewährleisten. Die Industrie könnte einen ihrer wichtigsten Kostenfaktoren, Energie, auf ein Minimum herunterfahren. Die Leidtragenden wären freilich Versorger, Rohöl- und Gasunternehmen, Hersteller alternativer Energien etc. Die Länder, die einen gewichtigen Teil ihrer Wirt-

schaft durch Energieexporte Erlösen, wären auf dieser Ebene die Leidtragenden, hier würden sicherlich die für die anderen Länder so positiven Faktoren überstrahlt werden. Start-ups neigen häufig zu Übertreibungen bei ihren Entwicklungen, wohl auch, um an das Geld von Investoren heranzukommen. Anders bei Firmen wie Lockheed.

Aus den billigen Materialien Tritium und Deuterium entstehen in dem Lockheed-Gerät bei einer physikalischen Reaktion Helium, ein Neutron und Energie (sehr viel Energie). Die Energiedichte liegt dabei bei  $10^6$  (!), der von Rohöl. Wichtig dabei ist: Es gibt **kein** Problem mit radioaktiven Abfallstoffen, der Prozess stoppt von selbst, wenn er durch irgendetwas unterbrochen wird – es kann keine Kernschmelze stattfinden. Die Zeitachse, die Lockheed Martin für seinen Kleinstfusionsreaktor hat, liegt bei Einsatzfähigkeit eines Prototyps schon im Jahr 2017! In Serie will man ab 2022 gehen. Hauptproblem der Wissenschaftler ist die Abschirmung der enormen Hitze des Plasmas durch sehr starke Magneten. 2017 ist nicht in all zu weiter Entfernung und Lockheed ist nicht für Sprücheklopferi bekannt. Bis dato haben sie die Märkte bei Ankündigungen neuer Technologien jedenfalls nicht in die Irre geführt. Als in den Irak Kriegen die Lockheed F-117 Nighthawk (Stealth Technologie) zum Einsatz kam und die irakische Flugabwehr praktisch in einer Nacht außer Gefecht gesetzt wurde, war klar, was Hochtechnologie bedeutet. Vor dieser Technologie, Militärjets für Radaranlagen unsichtbar zu machen, konnte sich kaum jemand vorstellen, dass das überhaupt funktionieren könnte. In dieser Technologie liegen – neben anderen vielversprechenden Ansätzen – unsere Hoffnungen die Erwärmung im globalen Mittel auf  $2^{\circ}\text{C}$  begrenzen zu können.

Großtechnisch versucht man die nukleare Fusion am ITER zu nutzen. Dort rechnen die Forscher aber trotz Milliardenaufwandes – der dortige Reaktor verschlingt Kosten in der Größenordnung von USD 20 Mrd. und ist schon aus dieser Sicht in keiner Weise mit dem Forschungsansatz von Lockheed zu vergleichen – mit einer ersten echten Anlage frühestens in den 2040er Jahren.

### ■ Energie von Pflanzen, gewonnen aus Proteinen

Eine Präsentation von US-Wissenschaftlern ist uns zu diesem Thema aufgefallen, die von einer möglichen Revolution im Biotechnologiebereich sprechen. Dabei geht es stark vereinfacht ausgedrückt um Folgendes: Sie können heute mit einem 3D-Drucker bestimmte am Computer entworfene Skulpturen (auch sehr komplexe Strukturen) ausdrucken, indem man einen Block aus einem Spezialmaterial in den Drucker stellt und beispielsweise durch Laser der Block so bearbeitet wird (das gewünschte Stück wird heraus gefräst), dass daraus genau die gewünschte Struktur entsteht. Jetzt haben Forscher einen Weg gefunden, auch lebende Organismen „auszudrucken“. Das ist deshalb revolutionär, da man damit bestimmte Proteine am Computer genau so entwerfen kann, wie man sie braucht, um z. B. gegen personalisierte Krebszellen vorzugehen oder um aus pflanzlichen Stoffen Alkohol oder sonstige Kraftstoffe billig direkt zu produzieren etc. Das war bis dato auch schon möglich, nur waren die Kosten dafür astronomisch hoch, da man viele tausende Versuche benötigte, bis man das richtige Protein gefunden hatte. Wo bereits eine Revolution eingeleitet wurde, ist im Lesen der DNA. Die Wissenschaftler können heute schon für nur einen Dollar Kosten 3 Millionen Buchstaben (A, C, G oder T) der DNA auslesen, aber für einen Dollar nur einen Buchstaben (synthetisch) konstruieren. Das ist natürlich viel zu teuer. Diese Leute können jetzt aber dem Vernehmen nach 100 dieser „Strands“, die für den Proteinaufbau notwendig sind, nicht am Tag, sondern pro Sekunde (!) erzeugen. Damit wird es 10.000fach billiger, DNA zu synthetisieren. Der Weg bezüglich der Kosten könnte damit ähnlich verlaufen wie beim Lesen der DNA. Die Folgen für die Realwirtschaft (vor allem die Energiewirtschaft) sind noch kaum absehbar – falls die Angaben zutreffen.

## Die aktuellen "Druck"-Kosten in Euro

einfaches Protein	400
Plasmid	4.000
Bakterien-Genom	1.000.000
Hefepilz-Genom	3.000.000
Menschliches Genom	1.700.000.000

Falls Sie sich für diese interessanten Forschungen interessieren, können Sie im Quellenverweis<sup>20</sup> auf der letzten Seite mehr Informationen darüber abrufen.

### ■ Solar- und Windenergie

Bei Solaranlagen fallen ca. 95% der Kosten am Beginn des Investments an. Deshalb ist die Kostenbelastung wichtiger als bei einem Gaskraftwerk, wo die Investmentkosten nur ca. 5% bis 10% an den Start fallen und Betriebskosten, die dann zum Gesamtkostenblock führen, den Rest über eine Laufzeit von 25 bis 50 Jahren ausmachen. Derzeit haben Öl, Gas und Kohlekraftwerke ca. 400 – 600 Euro Investmentkosten für 1 KWh. Bei Atomstrom liegen die Kosten bei ca. EUR 5.000 (Beispiel neues Kraftwerk in Finnland mit neuester Sicherheitstechnologie, in China liegen die Kosten weit darunter). Ein Vorteil von Atomstrom ist, dass er Strom rund um die Uhr liefert. Solaranlagen kosten derzeit ca. EUR 2.000 (Sonnenstand Wien bei ca. 1.000 Stunden pro Jahr; in den Tropen sind es ca. 1.800 Stunden) je KWh, diese sind damit ohne Subventionen zumindest in unseren Breiten noch (!) unwirtschaftlich. Allerdings fallen die Preise in diesem Sektor dramatisch, während in den anderen Sektoren eher leichte Preisauftriebe zu verzeichnen sind. Es gibt allerdings auch hier Ausnahmen wie das Erdgas. Noch vor wenigen Jahren lag der Preis für Solarenergie bei EUR 5.000 je KWh.

Wind kostet neben der Verschandelung der Landschaft, zumindest gilt das wenn die Windräder ungünstig platziert werden, ca. EUR 900 je KWh. Dazu kommen noch recht unterschiedliche Netzanschlusskosten. Off-Shore-Windanlagen im Meer sind von der Kostenseite her völlig unwirtschaftlich. Der Kostenblock liegt derzeit bei ca. EUR 3.500 je KWh. Allerdings weht auf hoher See auch oft der Wind. Wir verzeichnen dort ca. 3.500 Volllaststunden. On-Shore kommen gute Standorte bei einer Turbinenhöhe von 100 Metern ca. auf 2.000 Stunden. Allerdings steigt die Windausbeute – sprich die Anzahl der Volllaststunden – mit zunehmender Höhe der Windräder dramatisch (zum Quadrat) an. Die ganz neue Generation von Windrädern, die um die 8 MW schafft, kommt so in günstigen On-Shore-Lagen ebenfalls an die Ausbeute der Anlagen auf hoher See heran. Kleinwindkraftanlagen kosten derzeit noch zu viel (ca. EUR 5.000 je KWh). Man sieht diese deshalb kaum. Diese sind meist nur ca. 10 Meter hoch und weisen auch deshalb nur eine geringe Stromausbeute auf.

Der Vorteil ist, dass Wind und Solar beide sehr umweltfreundliche Methoden sind, um Strom zu produzieren, es gibt keine Folgekosten für die Umweltzerstörung durch fossile Energieträger oder den Abbau und die Entsorgung der radioaktiven Abfallstoffe bei Atomkraftwerken. Die Gefahr für die Renditen aus Investments in den fossilen Sektor lauert aus dieser Sicht darin, dass die Anschaffungskosten für Solaranlagen in wenigen Jahren auf unter EUR 1.000 je KWh fallen könnten. Gleichzeitig ist darin die Chance für den Durchbruch der Solarenergie zu sehen. Dadurch würden diese selbst in unseren Breitengraden wirtschaftlich rentabel arbeiten und damit zwangsläufig Druck auf die Preise anderer Energieträger ausüben. In Sachen Umweltschutz wären dies freilich – gesamtgesellschaftlich – sehr gute Nachrichten.

## ■ CO<sub>2</sub>-Zertifikatehandel

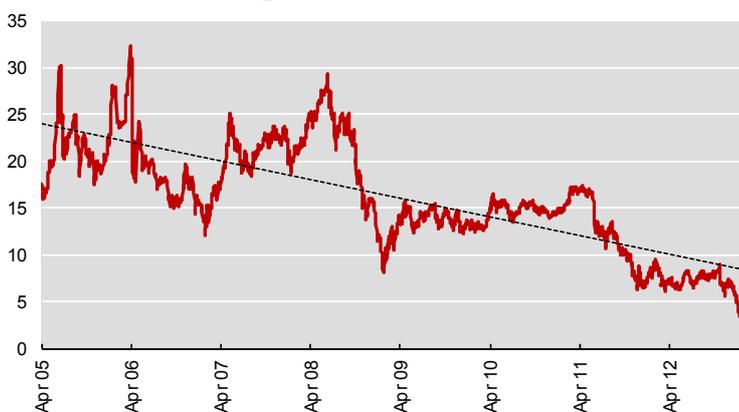
Die EU-Länder haben seit 2005 (und die Welt über die UN im Rahmen des Kyoto-Protokolls seit 2008) ein formelles System des Zertifikatehandels für CO<sub>2</sub>-Verschmutzungen. Alle Energieversorger sind mittlerweile eingebunden. Ein Land kann seinen CO<sub>2</sub>-Ausstoß soweit senken wie es will, das ändert gar nichts, da diese Verschmutzungsrechte dann andere Länder zur Verfügung haben und diese auch nutzen. Richtig angewendet, ist dieser Handel mit Abstand das ökonomisch beste Mittel, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu begrenzen. Leider missbrauchen Politiker die Sache, indem sie Zertifikate in ihren jeweiligen Ländern viel zu großzügig verschenkt haben, um die eigene Industrie zu schützen. Das sieht man am Preis für diese Zertifikate. Wenn man eigenes Geld verwendet, geschieht dies stets mit größtem Augenmerk auf Effizienz. Wenn Politiker und Bürokraten das Geld der Bürger ausgeben und Vorschriften erlassen, ist das in aller Regel sehr ineffizient. Beim Thema CO<sub>2</sub>-Ausstoß ist das nicht anders. Wir könnten deutlich weniger CO<sub>2</sub> ausstoßen und dies zu deutlich geringeren Kosten, wenn die Politik statt auf Subventionen, Gesetzen und Verordnungen den Menschen selbst die Sache überlassen würden, indem freilich der Verschmutzung ein Preis gegeben werden muss, sodass es billiger wird, CO<sub>2</sub> zu reduzieren, als es zu emittieren. Es handelt sich um eine marktwirtschaftliche Lösung. Derzeit versucht die Politik auf Kosten der Bürger, das Problem mit diversen Verordnungen (Beimischung von „Biosprit“, der alles andere, aber sicher nicht „bio“ ist), Subventionen (z. B. für Solarzellen in Deutschland) und vielen anderen Maßnahmen in den Griff zu bekommen. Das ist extrem ineffizient. Es setzen sich nicht unbedingt die wirtschaftlich besten Möglichkeiten zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung durch, sondern jene, die die beste Lobbyarbeit in der Politik verrichten. Neue Technologien haben es so schwer, sich durchzusetzen. Vernünftiger ist es, dem Markt die Arbeit zu überlassen. Man kann problemlos den CO<sub>2</sub>-Emissionen einen Preis geben, indem man Verschmutzungsrechte dafür erwerben muss. Dann setzen sich schnell die besten (sprich CO<sub>2</sub>-ärmsten) Lösungen durch. Wirklich Sinn würde das aber nur machen, wenn das global eingeführt werden würde (besonders in den Ländern mit den höchsten Emissionen: China, USA, Indien und Russland). Warum wir Analysten und viele Ökonomen uns teilweise so über die Politik wundern, hat in diesem Zusammenhang der angesehene deutsche Ökonom Prof. Sinn sehr schön dargelegt. Wir dürfen ihn hier zitieren: *„Diese Zusammenhänge (Anmerkung: jene, die wir zuvor dargestellt haben) scheinen auch unter Politikern und in der Energiewirtschaft nicht durchgängig bekannt zu sein, denn immer wieder wird bei Standortentscheidungen für Kohlekraftwerke mit dem Weltklima argumentiert. Besonders absurd mutet der Streit um das Kohlekraftwerk Moorburg in Hamburg an. Die Grünen waren gegen den CDU-Bürgermeister-Kandidaten mit Wahlkampfplakaten angetreten, die die Aufschrift „Kohle von Beust“ trugen, und weigerten sich nun in der Koalitionsregierung mit dem im Amt bestätigten Bürgermeister Beust, das Kraftwerk zu bauen, weil sie sich um das Klima sorgen. Unterstützung erhielten sie von Greenpeace, die ebenfalls den Klimawandel anführt und warnend darauf hinweist, dass Hamburg mit diesem Kraftwerk seinen CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 70% steigern würde. Auf der anderen Seite argumentiert Vattenfall, durch die Errichtung des Kraftwerkes würde es möglich, an anderer Stelle veraltete Kraftwerke mit einem niedrigeren Wirkungsgrad vom Netz zu nehmen, sodass sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß per Saldo sogar verringere. Beide Seiten haben unrecht. Wie auch immer sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Hamburg ändert und wie auch immer er sich im Einflussbereich von Vattenfall ändert: Die Änderungen werden durch den europäischen Zertifikatehandel exakt neutralisiert. Die zusätzlichen Zertifikate, die für Moorburg gebraucht werden, müssen erworben werden und zwingen damit andere europäische Versorger, weniger zu emittieren. Und wenn Vattenfall Moorburg wirklich benutzt, um ein altes, ineffizientes Kohlekraftwerk abzuschalten, und insofern seinen eigenen CO<sub>2</sub>-Ausstoß vermindert, dann werden im exakt gleichen Umfang Zertifikate frei, die anderswo in Europa die Emissionen in gleicher Höhe erhöhen. Das ist so klar, wie eins und eins zwei ist. Ein Politiker hat mir, nachdem ich ihn auf diese Zusammenhänge hinwies, gesagt, in der Politik sei eins und eins eben nicht zwei sondern drei, wenn die Wähler dieser Meinung seien. Die politische Wahrheit steht über der mathematischen Wahrheit. Diese Reaktion fand ich erschütternd.....“<sup>21</sup>*. Wir auch. Auf die Politik können wir nicht vertrauen.

Deutschland ist aufgrund seiner Größe jenes Land in der EU mit dem höchsten CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Die Hinwendung zu den alternativen Energieträgern nutzt dem Klima allerdings nichts. Während Deutschland ein Minus von 40% bis 2020 anstrebt, will die EU insgesamt nur 20% Treibhausgase einsparen. Insgesamt hat Deutschland seine Verpflichtung zur Kappung des Treibhausgasausstoßes aus dem Vertrag von Kyoto mehr als erfüllt. Die Emissionen gingen bis Ende 2012, dem Auslaufen des Vertrages, um mehr als ein Viertel im Vergleich zu 1990 zurück. Zugesagt hatte Deutschland ein Minus von 21%. Der Emissionshandel ist das europäische Kerninstrument zur Reduzierung der Gase. Österreich gewinnt heute rund 70% des Stromes aus erneuerbarer Energie, hat seine Klimaziele bis dato aber dennoch deutlich verfehlt. Die Rechte zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß für Kraftwerke und Industriebetriebe werden von den Staaten teils verkauft oder auch gratis zugeteilt, aber allmählich verknappt. Wer zunehmend umweltfreundlich produziert kann überschüssige Rechte an der Börse verkaufen. Dort ist der Preis für die Zertifikate jedoch eingebrochen, weil auch im Zuge der Wirtschaftskrise in Südeuropa weniger Rechte benötigt werden und die Gratiszuteilung zum Schutz der eigenen Industrie sehr großzügig erfolgte. Die EU will daher Zertifikate zeitweise einziehen. Deutschlands Position dazu ist unklar, das Wirtschaftsministerium streitet diesbezüglich mit dem Umweltministerium. Auch Polen wehrt sich dagegen.

In der nächsten Grafik sehen Sie die Entwicklung des Preises, den bestimmte CO<sub>2</sub>-Verschmutzer – erfasst sind dabei bei Weitem nicht alle Emittenten – für jede Tonne CO<sub>2</sub> bezahlen müssen, die sie emittieren. Um eine Wirkung zu erzielen, müsste der Preis über EUR 30 je Tonne liegen. Darunter lohnen sich Einsparmaßnahmen für die Industrie im Regelfall nicht. Tatsächlich ist der Preis auf knapp EUR 5 gefallen. Mit den Einnahmen werden Energieeinsparungsmaßnahmen wie z. B. Förderungen für die Dämmung von Gebäuden finanziert. Die Ausgabe von Zertifikaten ist übrigens sicherlich die mit Abstand beste Methode, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Griff zu bekommen.

In Europa setzt Deutschland sehr vehement auf erneuerbare Energien. Damit werden viele CO<sub>2</sub>-Verschmutzungsrechte in Deutschland frei, die dann andere in Europa gerne verwenden, um die Luft weiter belasten zu können. Das bringt für den Klimawandel insgesamt gleich null. Die deutsche Politik hat aber zweifelsfrei dazu beigetragen, die Bürger haben dafür große Opfer gebracht (das hätten sie wahrscheinlich viel billiger haben können), dass der hohe Absatz von Solaranlagen die Forschung in dem Bereich befeuert hat und zum Preisabsturz beigetragen hat. Insofern hat das natürlich einen Nutzen.

Preis für 1 Tonne CO<sub>2</sub>-Emission in Euro mit Durchschnitt



Quelle: Schoellerbank AMI Grafik, Reuters

## Impressum – rechtliche Hinweise

Autor:  
Christian Fegg  
Direktor  
Leiter Asset Management Informationsservice/Research  
Schoellerbank AG  
Tel. +43/662/86 84-2670

Rückfragen bitte auch an:  
Mag. Rolf Reisinger, Direktor  
Kommunikation und Public Relations  
Schoellerbank AG  
Tel: +43/662/86 84-2950  
5024 Salzburg, Schwarzstraße 32  
[rolf.reisinger@schoellerbank.at](mailto:rolf.reisinger@schoellerbank.at)

Diesen Text sowie weitere Presseinformationen finden Sie im Internet auf unserer [Presseseite](#).

Die Schoellerbank, gegründet 1833, ist eine der führenden Privatbanken Österreichs, die als Spezialist für anspruchsvolle Vermögensanlage gilt. Sie konzentriert sich auf die Kernkompetenzen Vermögensanlageberatung, Vermögensverwaltung und Vorsorgemanagement. Ihre Anlagephilosophie definiert sich über das Motto „Investieren statt Spekulieren“. Die Schoellerbank ist mit 13 Standorten und 313 Mitarbeitern die einzige österreichweit vertretene Privatbank. Sie verwaltet für rund 22.700 private und institutionelle Anleger ein Vermögen von rund 8,5 Milliarden Euro. Die Schoellerbank ist eine 100%ige Tochter der UniCredit Bank Austria. Mehr Informationen unter: [www.schoellerbank.at](http://www.schoellerbank.at)

### Rechtlicher Hinweis:

Diese Information ist eine **Marketingmitteilung**, keine Finanzanalyse, keine Anlageempfehlung und keine Anlageberatung. Sie enthält weder ein Angebot zum Abschluss eines Vertrages über eine Wertpapierdienstleistung oder eine Nebendienstleistung, noch eine Aufforderung, ein Angebot zum Abschluss eines Vertrages über eine Wertpapierdienstleistung oder eine Nebendienstleistung abzugeben. Diese Marketingmitteilung wurde nicht unter Einhaltung der Rechtsvorschriften zur Förderung der Unabhängigkeit von Finanzanalysen erstellt und unterliegt auch nicht dem Verbot des Handels im Anschluss an die Verbreitung von Finanzanalysen. Marketingmitteilungen können eine Anlageberatung nicht ersetzen. Ausschließlich bei Anlageberatungen kann die Schoellerbank die persönlichen Verhältnisse des Kunden (Anlageziele, Erfahrungen und Kenntnisse, Risikoneigung und finanzielle Verhältnisse) berücksichtigen, sowie eine umfassende und kundenspezifische Eignungsprüfung durchführen. Die Quellen werden von uns als verlässlich eingeschätzt; wir übernehmen für die Vollständigkeit und inhaltliche Richtigkeit dieser Quellen aber keine Haftung. Weder die Schoellerbank AG, noch eines ihrer Geschäftsführungs-, Vorstand- oder Aufsichtsratsmitglieder, ihrer Angestellten oder sonstigen Personen übernehmen ausdrücklich oder stillschweigend die Haftung für Schäden, die im Zusammenhang mit der Verwendung der vorliegenden Informationen entstehen. Sämtliche in der vorliegenden Information enthaltenen Schätzungen oder Werturteile sind das Resultat einer unabhängigen Einschätzung unserer Finanzanalysten. Sie geben unsere Überzeugung zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses wieder und können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Erklärung der Analysten: Die Entlohnung der Verfasser hängt weder in der Vergangenheit, der Gegenwart noch in der Zukunft direkt oder indirekt mit den Einschätzungen oder Sichtweisen, die in den vorliegenden Informationen geäußert werden, zusammen. Diese Unterlage darf nicht an „US-Persons“ ausgehändigt werden.

## Quellenverzeichnis

---

- <sup>1</sup> <http://www.erdoel-erdgas.de/article/articleview/116/1/152/>
- <sup>2</sup> Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung RESERVEN UND RESSOURCEN Potenziale für die zukünftige Erdgas- und Erdölversorgung
- <sup>3</sup> Der Spiegel Ausgabe 5 2013 Seite 66
- <sup>4</sup> <http://www.arte.tv/de/schiefergas-und-hydraulische-frakturierung/7258938,CmC=7264280.html>
- <sup>5</sup> <http://www.arte.tv/de/schiefergas-und-hydraulische-frakturierung/7258938,CmC=7264280.html>
- <sup>6</sup> <http://www.arte.tv/de/schiefergas-und-hydraulische-frakturierung/7258938,CmC=7264280.html>
- <sup>7</sup> <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/4346.html>
- <sup>8</sup> US EPA 2004, US EPA 2011, Tyndall Centre 2011
- <sup>9</sup> <http://www.arte.tv/de/programm/244,broadcastingNum=1499878,day=5,week=7,year=2013.html>
- <sup>10</sup> <http://dialog-erdgasundfrac.de/risikostudie-fracking>
- <sup>11</sup> Nature Geoscience - <http://www.nature.com/ngeo/journal/v6/n2/full/ngeo1680.html>
- <sup>12</sup> Nature Geoscience <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm>
- <sup>13</sup> <http://www.agu.org/pubs/crossref/2011/2011JC007110.shtml>
- <sup>14</sup> <http://www.agu.org/pubs/crossref/2011/2011GL046583.shtml>
- <sup>15</sup> Geophysical Research Letters [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1944-8007](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1944-8007)
- <sup>16</sup> <http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n7/full/nclimate1452.html>
- <sup>17</sup> PIK Prof. Stefan Rahmstorf <http://www.scilogs.de/wblogs/blog/klimalounge/klimadaten/2012-09-27/die-populaerstrickgrafik-der-klimaskeptiker-vahrenholt>
- <sup>18</sup> <http://www.zeit.de/2012/48/Klimawandel-Marc-Morano-Lobby-Klimaskeptiker>
- <sup>19</sup> Doran, P. & Kendall Zimmerman, M.: Examining the Scientific Consensus on Climate Change. Eos Transactions of the AGU 90 (2009). Oreskes, N.: The scientific consensus on climate change (vol 306, pg 1686, 2004). Science 307, 355-355 (2005).
- <sup>20</sup> <http://nextbigfuture.com/2013/02/synthesizing-dna-10000-times-cheaper.html>
- <sup>21</sup> Prof. Sinn „Das grüne Paradoxon“ Seite 197 ISBN 978-3-548-37396-6