

IM FOKUS

# BLAUER PLANET MIT ZUKUNFT. DISRUPTION DER FOSSILEN ENERGIEN.



DREES &  
SOMMER



Der massenhafte Ausstoß von CO<sub>2</sub> infolge der Verbrennung fossiler Energieträger ist eine globale Umweltverschmutzung, die schnellstmöglich aufhören muss. Zumal die Alternative immense Chancen bietet: Eine weltweite Kooperation möglichst vieler Wirtschaftsakteure kann mit den erneuerbaren Energien einen gewaltigen Schub erzeugen.

Hans Sommer



Die negativen Konsequenzen eines „Weiter so“ beim Ausstoß von Treibhausgasen sind allgemein bekannt – allen voran eine katastrophale Erwärmung der Erde. Wir dürfen nicht zulassen, dass sich unsere Nachkommen mit den Auswirkungen unserer Borniertheit und unseren Versäumnissen konfrontiert sehen.

Noch können wir das Schlimmste verhindern. Aber allein durch Vorschriften und Verbote, ja selbst durch gezielte Förderungen, wird uns das nicht gelingen. Wir sollten vielmehr in Aktion treten, um die Welt ab sofort mit jährlich massiv zunehmenden Mengen an erneuerbarer Energie aus Wind und Solarstrom und ihren Folgeprodukten wie Wasserstoff zu versorgen. Dieser Schritt verlangt globales Denken und Handeln. Entscheidend ist, so viele Marktteilnehmer wie möglich mitzunehmen – auch diejenigen, die bislang die fossilen Energien gefördert oder geliefert haben.

Neben CO<sub>2</sub> kreist auch viel Kapital um den Globus und sucht dringend Anlagen. Es sollte gelingen, möglichst viele Unternehmen aus der Energie-Branche – aber auch neue Player – davon zu überzeugen, dass sie mit viel Pioniergeist ein neues Geschäftsfeld erschließen und damit die Energieversorgung des 21. Jahrhunderts mit erneuerbaren Energien sicherstellen können. Die Politik wäre gut beraten, den zügigen Ausbau der erneuerbaren Energien durch eine schnelle und entschlossene Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu flankieren. In Kombination mit Technologieoffenheit fördert dies den Transformationsprozess weitaus schneller als jedweder Grenzwert. Denn ein großes Angebot an erneuerbaren Energien lässt fossile Brennstoffe schnell unwirtschaftlich werden.

Wenn wir die Rettung unseres Planeten auf diese Weise angehen, wird die Weltwirtschaft einen gewaltigen Aufschwung erleben. Geografen und Ingenieure werden geeignete Standorte für erneuerbare Energien erkunden und erschließen – auch in Entwicklungsländern. Treiber des Aufschwungs werden viele unterschiedliche Branchen sein wie die Solar- und Windkraftbranche, die Chemie-Branche mit Produktionsanlagen für Wasserstoff, Methangas oder E-Fuels, die Stromversorger mit Großprojekten für neue Trassen und einer neuen Infrastruktur für die boomende Elektrifizierung. Und wir könnten unseren Nachkommen im Jahr 2050 einen blauen Planeten mit einer global florierenden und mit grüner Energie arbeitenden Weltwirtschaft übergeben.

Lasst uns also die Erde nach den Ansätzen des „*blue way*“ in unseren Zukunftsplaneten umwandeln, anstatt diesen irgendwo im Weltall zu suchen.

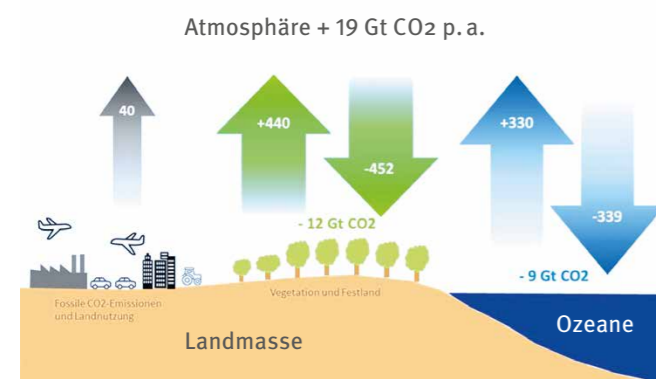
## Wie entsteht CO<sub>2</sub> und warum wird es zum Problem?

Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) ist ein natürliches Nebenprodukt der Zellatmung von Pflanzen. Es entsteht beim Zerfall toter Organismen oder durch natürliche Quellen wie Vulkangase. Ohne CO<sub>2</sub> gäbe es kein Pflanzenwachstum: Die Pflanzen nehmen CO<sub>2</sub> auf und produzieren daraus mittels Fotosynthese Sauerstoff. CO<sub>2</sub> ist somit nicht nur ein natürlicher Bestandteil der Atmosphäre, sondern auch wichtig für alles Leben auf der Erde.

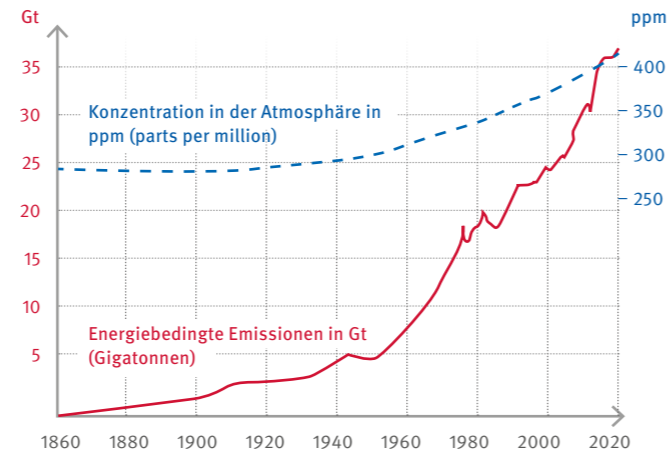
Mit der Industriellen Revolution trat vor rund 250 Jahren ein weiterer Emittent von CO<sub>2</sub> auf den Plan: der Mensch. Tausende von Jahren lang war der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre relativ stabil. Natürliches CO<sub>2</sub> ist jedoch nicht statisch, sondern durch ständig ablaufende Prozesse permanent in Bewegung. An der einen Stelle wird es freigesetzt, an einer anderen wieder aufgenommen. Die Grafik zum globalen Kohlenstoffkreislauf zeigt, dass der Kohlenstoff vom Festland und von den Ozeanen ungefähr im Gleichgewicht ist – so funktionierte lange Zeit der Kohlenstoffzyklus mit seinem Austausch von CO<sub>2</sub> zwischen Kohlenstoffsenken und Kohlenstoffquellen. Dank ihm stellte sich im Lauf der Erdentwicklung ein recht stabiles Fließgleichgewicht ein – bis der Mensch eingriff.

**////// Wir stören das Gleichgewicht im Kohlenstoffkreislauf in einem nicht mehr tolerierbaren Ausmaß.**

Wir sind verantwortlich dafür, dass seit Beginn der Industrialisierung zunehmend zusätzliches CO<sub>2</sub> in zu großen Mengen in der Atmosphäre landet. Weil wir unter anderem für die Energiegewinnung, die Industrie, den Transport und die Klimatisierung von Gebäuden fossile Energie verbrennen.



Schematische Darstellung des globalen CO<sub>2</sub>-Kreislaufs aus Emissions- und Reduktionsprozessen (Angaben per annum).



Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (nach Prof. Quaschnig)

Der Anteil von derzeit 40 Gigatonnen (Gt) CO<sub>2</sub> erscheint zwar klein im Vergleich zu den gesamten Gigatonnen, die im Laufe eines Jahres durch den Kohlenstoffkreislauf fließen. Sie summieren sich jedoch auf, weil das Land und die Ozeane das zusätzliche CO<sub>2</sub> nicht absorbieren können. Und CO<sub>2</sub> ist ein langlebiges Treibhausgas – einmal in die Atmosphäre entlassen, verschwindet es nicht so einfach. In der Grafik zur CO<sub>2</sub>-Entwicklung ist zu sehen, wie sich die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Konzentration in der Atmosphäre seit 1860 entwickelt haben.

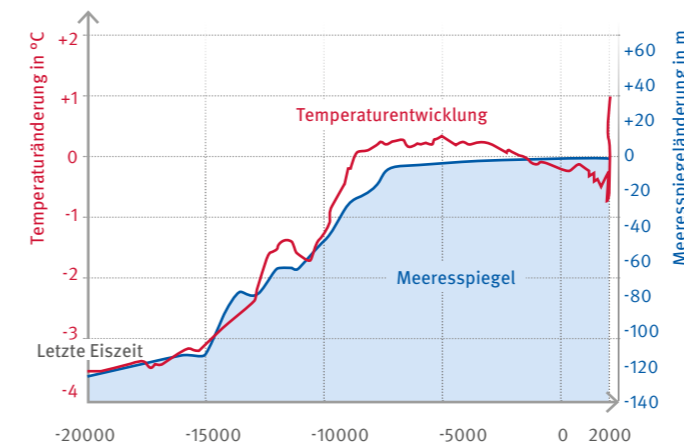
Die von Menschen verursachten Emissionen haben dazu geführt, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre heute um mehr als 40 Prozent höher ist als vor Beginn der Industrialisierung um 1750. Das führt zu einer laufenden Erderwärmung. Wir produzieren praktisch gasförmigen Abfall und sollten ihn schnellstens reduzieren und künftig komplett vermeiden.

Fakt ist auch, dass 3 sogenannte Klima-Kippschalter schon umgelegt sind: Die Zerstörung von von vielen Korallenriffen, der Kollaps des westantarktischen Eisschildes und das Schmelzen des arktischen Meereseises. Auch die großen CO<sub>2</sub>-Senken wie die Ozeane, die Amazonas-Regenwälder sowie die nordischen Nadelwälder sind in Gefahr, immer weniger CO<sub>2</sub> aufnehmen zu können.

Die einzelnen Entwicklungen beeinflussen sich gegenseitig. Den größten Einfluss auf eine Verlangsamung der negativen Entwicklung wird aber die konsequente Beschleunigung der Dekarbonisierung sein.

## Die Folgen des CO<sub>2</sub>-Anstiegs

Der Klimawandel hat Auswirkungen auf sämtliche Weltregionen. Das Eis der Polkappen schmilzt ab und der Meeresspiegel steigt. In einigen Regionen kommt es häufiger zu extremen Wetterereignissen und zunehmenden Niederschlägen, während andernorts verstärkt Hitzewellen und Dürren auftreten.



Meeresspiegel in Abhängigkeit von der Erderwärmung

Zwischen der letzten Eiszeit und dem Jahr 1750 sind die weltweiten Durchschnittstemperaturen gerade einmal um 3,5 Grad Celsius gestiegen, der Meeresspiegel aber um 140 Meter. Diese Entwicklung verdeutlicht die Gefahren des aktuellen Klimawandels; ein Grad Erderwärmung ist keine Lappalie. Besorgniserregend ist auch, dass wir seit dem Jahr 2000, also in einem auf der Skala kaum darstellbaren Zeitraum, bereits einen rapiden Anstieg um gut ein Grad erlebt haben, was sich im Meeresspiegel noch spürbar auswirken wird.

**////// Unsere Weltklimaanlage ist ins Stottern geraten.**

Zu dem eher langfristig bemerkbaren Meeresanstieg gesellen sich weitere Veränderungen. Schon heute funktioniert der Golfstrom nicht mehr richtig. Für unser Klima ist diese Meeresströmung aber von größter Bedeutung, gilt sie doch als Warmwasserheizung Europas. Im Pazifik wütet das Wetter-Phänomen El Niño: unvorhersehbare, sich häufende und verändernde Meeresströmungen, die durch den Klimawandel in Zukunft noch deutlich häufiger auftreten könnten. Überschwemmungen, Wirbelstürme, Dürren, Trockenheit, Waldbrände und Erdbeben – die Folgen von El Niño sind oft verheerend. Und es existiert ein drastischer Zusammenhang: Schwächt sich der Golfstrom weiterhin stark ab, könnte das El Niño stärken.



Als gesichert gilt: Extreme Wetterereignisse wie heftige Regenfälle, Stürme und Kälteeinbrüche werden weiter zunehmen. Auch in Süd- und Mitteleuropa kommt es häufiger zu Hitzewellen, Waldbränden und Dürren. Im Mittelmeerraum breitet sich Trockenheit aus, in Nordeuropa wird das Klima feuchter und winterliche Überschwemmungen werden eventuell zur Regel. Die teils heute schon leidtragenden Regionen sind allein kaum zu einer Reaktion in der Lage. Der Klimawandel vollzieht sich derart rasch, dass sich selbst viele Pflanzen- und Tierarten kaum anpassen können.

# Das Pariser Übereinkommen von 2015

Dieses Ziel ließe sich nur dann weiter in die Zukunft verschieben, wenn wir parallel begännen, in großem Umfang CO2 aus der Atmosphäre zu entfernen, also sogenannte negative Emissionen dageganzurechnen. Eine eher wahrscheinliche Variante ist leider, eine Erwärmung von rund zwei Grad in Kauf nehmen zu müssen – mit einem dann restlichen Budget von maximal 800 Gt CO2, was mehr Zeit für die Dekarbonisierung bringen würde. So oder so: Wir müssen dringend global handeln.

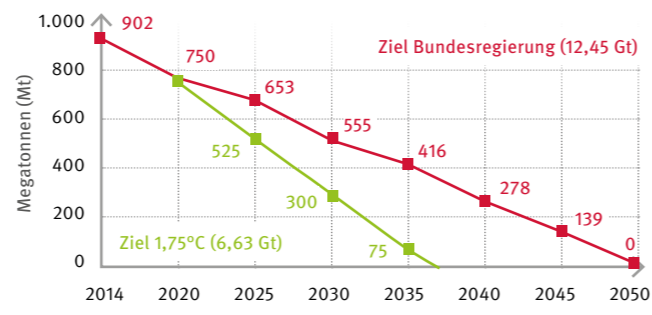
Fakt ist: Wer die globale Erwärmung eindämmen will, darf nur noch eine bestimmte Restmenge von CO2 in die Atmosphäre pusten. Allerdings lässt sich diese erlaubte Menge nur ungenau beziffern. Da wir heute schon bei mehr als einem Grad Erwärmung liegen, bewegt sich der verbleibende Spielraum irgendwo zwischen 0,5 und einem Grad. Andere Treibhausgase und die Restunsicherheiten in der Reaktion des Klimasystems kommen erschwerend hinzu.

Die Spanne der mit dem Paris-Korridor kompatiblen Emissionsbudgets liegt einer Schätzung von Stefan Rahmstorf (Global Carbon Projekt) zufolge zwischen 150 und 1.050 Gigatonnen CO2. Zur Plausibilisierung nehmen wir im Folgenden an, dass der Weltgemeinschaft für eine Begrenzung auf 1,5 Grad noch 600 Gt und auf 2,0 Grad noch 800 Gt CO2 zur Verfügung stehen. Würden wir zum Erreichen der 1,5 Grad aktuell mit einem radikalen Abbau des CO2-Ausstoßes beginnen, müssten wir den jährlichen Ausstoß schon vom Jahr 2027 an auf maximal 30 Gt per anno und vom Jahr 2030 an auf 20 Gt per anno reduzieren. Vom Jahr 2034 an dürften es noch maximal 10 Gt/a sein und bis 2040 müssten wir die Nullemission erreicht haben.

Dieses Ziel ließe sich nur dann weiter in die Zukunft verschieben, wenn wir parallel begännen, in großem Umfang CO2 aus der Atmosphäre zu entfernen, also sogenannte negative Emissionen dageganzurechnen. Eine eher wahrscheinliche Variante ist leider, eine Erwärmung von rund zwei Grad in Kauf nehmen zu müssen – mit einem dann restlichen Budget von maximal 800 Gt CO2, was mehr Zeit für die Dekarbonisierung bringen würde. So oder so: Wir müssen dringend global handeln.

### Was die Übereinkunft für Deutschland bedeutet

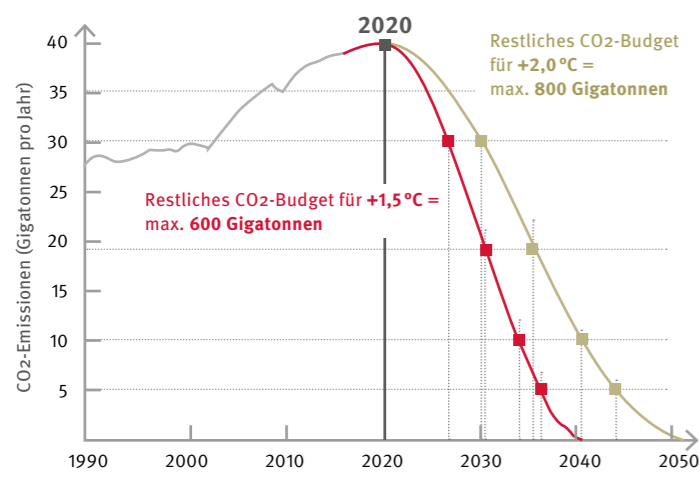
Das restliche nationale CO2-Emissionsbudget für Deutschland, das als Industrieland höhere Emissionen als der Weltdurchschnitt produziert, betrug nach Ermittlungen des Klimaforschers Stefan Rahmstorf im Jahr 2016 noch 9,7 Gt. Davon seien bis Anfang 2019 bereits 2,4 Gt verbraucht worden, sodass Anfang 2019 noch ein Rest von 7,3 Gt und Anfang 2020 noch circa 6,6 Gt zur Verfügung standen.



Klimaziele Deutschland – Reduzierung CO2-Äquivalent

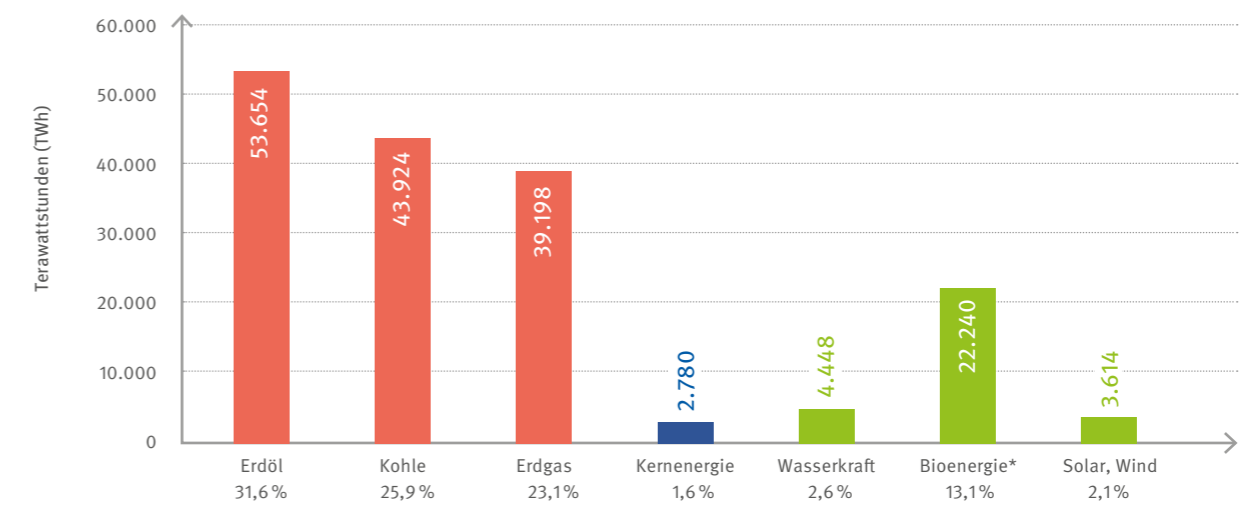
Um das Pariser Übereinkommen wenigstens mit der Zielgröße einer Erderwärmung von 1,75 Grad einzuhalten, müsste Deutschland seine Emissionen jedes Jahr linear um sechs Prozent und insgesamt um ungefähr 6,6 Gt reduzieren. Damit würden wir bis circa 2037 Nullemissionen erreichen. Der aktuelle Fahrplan der Bundesregierung strebt dagegen mit einer jährlichen linearen Reduzierung zwischen etwa 2,6 und 3,7 Prozent eine Nullemission bis 2050 an. Das würde einen restlichen Ausstoß von Emissionen in Höhe von circa 12,5 Gt bedeuten.

Am 24.04.2021 wurde nun vom Bundesverfassungsgericht entschieden, dass die seitherigen Regelungen des Klimaschutzgesetzes vom 12. Dezember 2019 über die nationalen Klimaschutzziele und die bis zum Jahr 2030 zulässigen Jahresemissionsmengen mit Grundrechten unvereinbar sind. Ein unbegrenztes Fortschreiten von Erderwärmung und Klimawandel stünde also demnach nicht im Einklang mit dem Grundgesetz!



Jährliches CO2-Budget und erforderliche Dekarbonisierung (nach Prof. Quaschnig)

# Die Analyse: Fossile Energieträger dominieren derzeit die globale Primärenergie



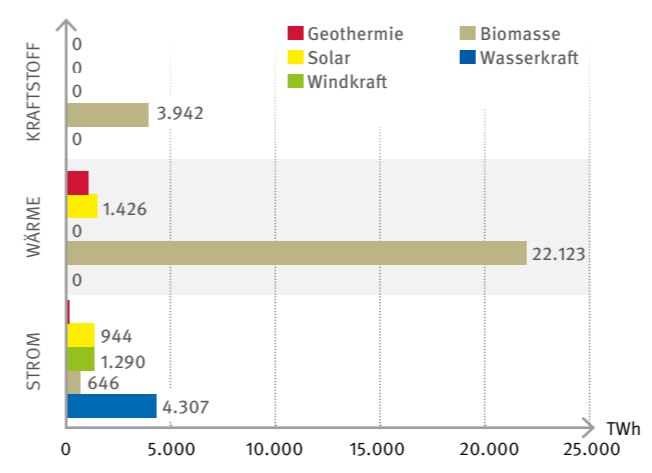
Weltweiter Primärenergieverbrauch (2019) nach Energieträgern: ca. 170 Terawattstunden (TWh)

Vom weltweiten Primärenergieverbrauch im Jahr 2019 entfielen rund 137.000 TWh bzw. 80,6 Prozent auf fossile Energieträger. Der Anteil der Kernenergie betrug 1,6 Prozent; er wird sich – berücksichtigt man alle im Bau befindlichen und geplanten Kernkraftwerke – maximal verdoppeln.

Die erneuerbaren Energien machen 17,8 Prozent aus, wobei der Schwerpunkt global auf der für die Wärmeerzeugung verbrauchten Bioenergie liegt. Dem Wachstum in diesem Bereich sind allerdings Grenzen gesetzt, will man die CO2-Senken an Land, nämlich die Waldgebiete, nicht weiter reduzieren. Ähnliches gilt für die

Wasserkraft. Auch sie lässt sich ohne weitere Umweltschäden nur noch begrenzt ausbauen. Wer den Anteil der fossilen Energieträger nachhaltig reduzieren will, dem bleibt also bei nüchterner Betrachtung nur übrig, den Anteil der Solar- und Windenergie zu erhöhen, der derzeit bei lediglich 2,1 Prozent liegt.

Das würde aber bedeuten, dass man diesen Anteil mindestens um den Faktor 40 erhöhen müsste, wollte man die derzeit in einem Jahr fossil erzeugten Terawattstunden komplett ersetzen. Und selbst das wäre bei Weitem nicht genug, da damit nur ein Strom-Äquivalent entstünde. Mehr als 80 Prozent der Primärenergie dient momentan aber gar nicht der Stromerzeugung, sondern beispielsweise im Falle von Erdölprodukten im Wesentlichen als Kraftstoff für die Mobilität und zur Wärmeerzeugung. Da man diese Anwendungen nur stufenweise – oder teilweise gar nicht – durch Strom ersetzen kann, fallen Umwandlungsverluste an, wie bei der Wasserstoffproduktion durch Elektrolyse, für die wiederum zusätzliche Energie nötig ist.

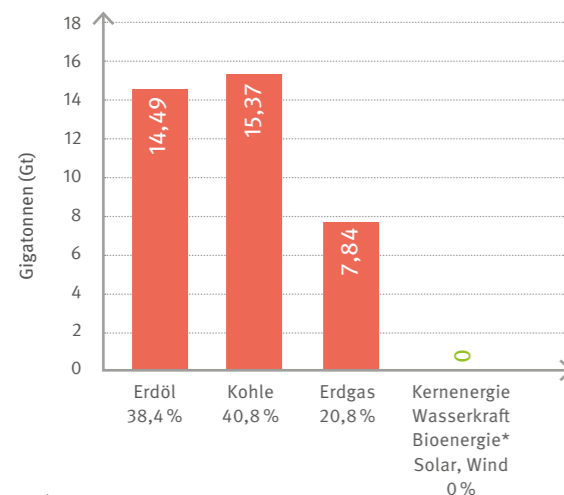


Weltweiter Anteil von erneuerbaren Energien nach Sektoren in Terawattstunden (TWh)

## „the blue way“ – der Weg aus der Krise

### Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der fossilen Energieträger

Da die fossilen Energieträger unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Anteile aufweisen, verschieben sich die Gewichtungen bei den Emissionen gegenüber der Verteilung bei der Primärenergie. Die höchste Belastung kommt aus der Kohleverbrennung, gefolgt vom Erdöl. Deutlich geringer sind die Emissionen von Erdgas.



Weltweite CO<sub>2</sub>-Emissionen aus fossilen Energieträgern ca. 37,7 Gigatonnen (Gt)

Aus dieser Analyse folgt, dass am schnellsten der Einsatz von Kohle substituiert werden muss, danach die Erdölprodukte. Das Erdgas wird für eine Übergangszeit einen Beitrag zu dieser Substitution leisten müssen und sollte deshalb zuletzt den erneuerbaren Energien weichen.

Da es aus heutiger Sicht wohl unmöglich sein wird, die aktuell verbrauchte Menge an fossiler Energie mit dem Ziel einer Dekarbonisierung 2040 komplett durch erneuerbare Energien zu ersetzen, führt kein Weg daran vorbei, parallel alle Möglichkeiten auszuschöpfen, um den Weltprimärenergieverbrauch massiv zu reduzieren.

Denn jede – zukünftig nicht mehr verbrauchte – kWh muss dann erst gar nicht mehr produziert werden. Und je mehr eingespart wird, umso wahrscheinlicher wird der Erfolg der geplanten Energiewende.

Unsere aktuellen Probleme sind offensichtlich vom Menschen gemacht und vervielfacht. Würden wir mehr verzichten oder uns einschränken, könnten wir den weiteren CO<sub>2</sub>-Anstieg abbremsen – das wäre ein einfacher und effektiver Schritt. Leider handelt die Mehrheit nicht vernünftig, obwohl sie um das Problem weiß.

**////// Verzicht und Einschränkung gehören nicht unbedingt zur DNA des Homo sapiens.**

Aus diesen Erkenntnissen heraus verfolgen wir bei Drees & Sommer schon seit den 1980er-Jahren die Strategie des „blue way“. Seine Formel lautet: Nur wenn man Ökologie und Ökonomie unter einen Hut bekommt, lässt sich nachhaltiges Handeln umsetzen und zu einer (neuen) Normalität machen. Das bedeutet, Klimaeffektivität nicht durch radikale Askese zu erreichen, sondern mittels intelligenter technologischer Lösungen, die den Menschen einen nachhaltigen und zukunftsfähigen Umgang mit Energie erlauben, ohne Schaden anzurichten. Dazu gehört natürlich, dass wir die Natur schützen müssen, allem voran die Meere und die Regenwälder. Und das konsequent und mit allen Mitteln. Doch das allein reicht bei Weitem nicht und ist leider politisch schwierig – wobei zum Glück die USA unter Präsident Biden wieder auf den Kurs der Dekarbonisierung eingeschwenkt sind.

Deshalb ist die Weltgemeinschaft gefordert, in großen und schnellen Schritten ein Industriezeitalter ohne die Nutzung fossiler Energie herbeizuführen. Um die Dekarbonisierung in den Griff zu bekommen, gibt es keinen anderen Weg, als an sämtlichen geeigneten Standorten auf der Welt die Solar- und Windkraftanlagen um das Vielfache auszubauen.

**////// Sonne, Wind und Wasserstoff werden der Weltwirtschaft einen Boom beschern – und die Grundlage dafür schaffen, dass die Welt lebenswert bleibt.**

Die Produktion und der Handel mit diesen neuen Energien werden die fossile Energie global schnell und im großen Stil ersetzen – wenn wir nur wollen. Und wir sollten das wollen, denn es würde sich lohnen. Potente Global Player, Großinvestoren und die Industrien aller Länder können mit besten Aussichten auf ein mittelfristig gutes Geschäft in diese Zukunft investieren und nebenbei die Welt retten.

Wir brauchen kapitalstarke Pioniere wie zur Zeit des Eisenbahnbaus in den 1870er- und 1880er-Jahren, die sich von keinen Hindernissen haben abhalten lassen und vom Erfolg ihres Tuns überzeugt waren, einer wie Cornelius Vanderbilt, der mit der Hudson River Railroad und der New York Central Railroad den Westen erschloss. Zum Schluss hatte er ein Vermögen von nach heutigen Maßstäben 150 Milliarden Dollar verdient – gerade auch deshalb, weil er die Risiken in Kauf nahm und erkannte, dass er sein Projekt im großen Stil angehen musste.

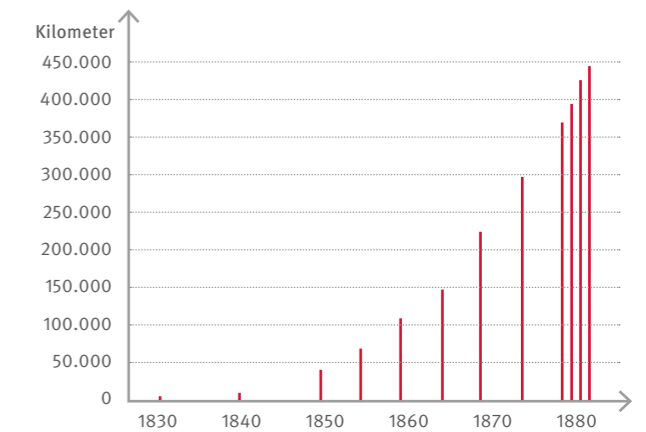


Eisenbahnbau in Nordamerika  
© Oakland Museum of California

Eine ähnliche Situation haben wir heute mit der weltweiten Perspektive, eine neue Technologie im großen Maßstab umzusetzen. Und weil die Produktion von grünem Strom nur intermittierend möglich ist (wenn die Sonne scheint oder der Wind bläst), muss auch die Stromspeicherung mit thermischen und chemischen Speichern integriert werden. Die Standorte für die Stromerzeugung müssen wir sinnigerweise dort platzieren, wo es genügend Wind oder eine starke Sonneneinstrahlung mit vielen Sonnentagen gibt.

Allerdings müssen sich der Strom und die chemischen Speicherprodukte auch zu den Verbrauchern transportieren lassen. Dazu braucht es Stromtrassen – über weite Entfernungen als HGÜ-Leitungen, deren größte derzeit rund 1.700 Kilometer lang ist. Parallel sind Transportrouten zu Lande und zu Wasser erforderlich. Und schließlich für die Stromverteilung ein energischer Ausbau der Infrastruktur in der Fläche und in den Ballungsgebieten.

Wir stehen vor einem großen kooperativen Projekt: Die New Economy, die großen Firmen der Petrochemie, die Investoren und die produzierende Industrie werden sich verbünden. Sie werden geeignete Standorte weltweit evaluieren und die Produktion von grünem Strom und grünem Wasserstoff in einem heute noch kaum vorstellbaren Umfang vorantreiben.



Wachstum der Eisenbahn-Strecken in 50 Jahren mit einfachen Mitteln

Eine deutlich höhere CO<sub>2</sub>-Bepreisung wird helfen, dieses Projekt zügig in Gang zu bringen. Das sogenannte Net-Zero-Szenario etwa geht von einem signifikanten Anstieg der CO<sub>2</sub>-Bepreisung aus, die bis 2050 in den Industrieländern einen Wert von 250 US-Dollar pro Tonne CO<sub>2</sub> und in den Schwellenländern 175 US-Dollar pro Tonne CO<sub>2</sub> erreichen soll.

**////// Die Summe einer gigantischen Anzahl von Einzelprojekten wird zum größten globalen Projekt in der Geschichte der Menschheit.**

Auf der Grundlage einer solchen Bepreisung könnten wir uns beispielsweise zum Ziel setzen, die derzeitigen Anteile von Kohle- und Erdölprodukten (inklusive Umwandlungsverlusten ca. 100.000 TWh/a) in den nächsten 15 Jahren zu 80 Prozent durch eine direkte Elektrifizierung in Verbindung mit dem Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft zu ersetzen. Das wären im Mittel ca. 6.720 TWh/a. Angenommen, diese Menge würde zu je 50 Prozent von Solar- und Windenergie erzeugt, wären das jeweils 3.360 TWh/a, was überschlägig einen Zubau von jährlich jeweils 1.400 GW Leistung erforderlich machen würde.

Das erscheint vielleicht zunächst utopisch und erfordert eine Vorlauf- und Bauzeit von ca. drei bis fünf Jahren, vor allem zu Beginn. Aber es wäre mit dem beschriebenen Pioniergeist und dem Anreiz der CO<sub>2</sub>-Bepreisung durchaus möglich. Bis 2040 wären Kohle und Erdöl weitgehend ersetzt und wir könnten den Erdgasverbrauch zurückfahren.

Wo jedoch könnten solche großdimensionalen Anlagen entstehen? Dazu haben sich einige Organisationen, Institute und Universitäten bereits Gedanken gemacht.

### Solkraftwerke und Photovoltaik

Seit 2010 entwickelt und betreibt die Firma Solargis aus der Slowakei eine internationale Plattform für den schnellen Zugriff auf Daten für nahezu jeden Standort auf der Erde. Die Datenbank hilft, den Bau, die Bewertung und das Management von Solaranlagen weltweit zu optimieren. ESMAP ist ein gemeinsames Programm der Weltbank und von 19 Partnern. Es will Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen dabei unterstützen, das Wachstum durch nachhaltige Energielösungen zu fördern. Ziel ist es, bis 2030 einen universellen Zugang zur Unterstützung der Dekarbonisierung im Energiesektor zu erreichen – natürlich im Rahmen internationaler Verpflichtungen zum Klimawandel.

Jeder kann im Internet unter <https://globalsolaratlas.info> gezielt für jeden Ort auf der Welt nach Solar-Potenzialen für unterschiedliche Arten der Solarinstallation suchen. Als Ergebnis erhält man den Ertrag pro MW in GWh. So ergeben sich zum Beispiel für große PV-Anlagen pro 1 MWp folgende Werte:

- 1.013 GWh für Templin in Brandenburg bei durchschnittlich 5 Sonnenstunden/Tag = 5.060 GWh/Tag
- 1.713 GWh für Rabat in Marokko bei durchschnittlich 9,5 Sonnenstunden/Tag = 16.273 GWh/Tag
- 1.941 GWh für Haql am Roten Meer in Saudi-Arabien bei durchschnittlich 10,2 Sonnenstunden/Tag = 19.800 GWh/Tag

Das zeigt: Mit einem ähnlichen Aufwand an Technik lässt sich mancherorts zum Teil fast der vierfache Ertrag erzielen im Vergleich zu unseren Breiten.

Vielleicht am interessantesten sind Solarwärmekraftwerke zum Beispiel mit relativ preiswerten Parabolrinnen. Solche Anlagen sind derzeit bereits in Spanien, Saudi-Arabien und den USA in Betrieb. Sie haben den Vorteil, dass sie mit Wärmespeichern (etwa Flüssigsalz) kombiniert werden können und so bis zu zehn Stunden nach Sonnenuntergang noch Strom liefern. Große Anlagenmodule liegen momentan in der Größenordnung von 150 bis 200 MW, werden aber zu noch größeren Anlagen zusammengefasst. Die Anlage Noor in Quarzazate/Marokko etwa liefert eine Leistung von 580 MW (0,58 GW) auf einer Fläche von 18,3 Quadratkilometer. Zudem verfügt sie über Salzspeicher mit einer Kapazität von bis zu sieben Stunden.

Für den angestrebten Solaranteil von jährlich 1.400 GW zur Dekarbonisierung innerhalb von 15 Jahren (nach Anlauf) wären rund 2.400 solcher Anlagen auf einer Fläche von 45.000 Quadratkilometern nötig. Wenn wir den Anteil zwischen Solarthermie und Photovoltaik splitten, hätten wir zum Beispiel eine Verteilung von 400.000 MW Solarthermie-Kraftwerke und 1.000.000 MW Photovoltaikanlagen – und per Saldo eine Investition von ungefähr 2,9 Billionen Euro pro Jahr – ca. 3,4 Prozent des weltweiten Bruttoinlandsprodukts.

Aber kann man so überhaupt noch rechnen? Es wäre sehr viel zu gewinnen und es entstünden zahllose neue Arbeitsplätze. Ärmere Länder mit viel Sonne oder Wind könnten profitieren. Die Frage sollte also eher lauten: Könnte die Industrie überhaupt mit dem entsprechenden Vorlauf liefern? Wie gesagt: Es handelt sich um das größte Projekt der Menschheit.



Weltweite Gebiete mit besonders großem Windanfall  
Quelle: Cristina Archer/Mark Jacobson von der Stanford University 2005,  
Details siehe [https://web.stanford.edu/group/efmh/winds/global\\_winds.html](https://web.stanford.edu/group/efmh/winds/global_winds.html)

### Windkraftanlagen

Der Energiebedarf der Welt ließe sich nach einer Studie der Stanford University aus dem Jahr 2005 theoretisch vollständig aus Windkraft decken. Obwohl mehr als 15 Jahre alt, ist die in der Studie vertretene These im Grundsatz nach wie vor gültig, weil die Leistung der Anlagen mit dem Bedarf der Anlagen gewachsen ist. Die Windgeschwindigkeiten berechneten die Forscher seinerzeit für 80 Meter Höhe, damals die Nabenhöhe moderner 1,5-MW-Turbinen. Sie erstellten mit ihren Daten eine Weltkarte des Windes, die bei der Standortwahl von Windkraftanlagen helfen soll. Die angegebenen Windstärken waren also aus heutiger Sicht sehr konventionell. Denn heute verfügen moderne Anlagen über eine Nabenhöhe zwischen 140 und 160 Meter sowie Leistungen von acht bis zwölf MW offshore und vier bis fünf MW onshore.

In Nordamerika bieten sich zahllose Gebiete für eine wirtschaftliche Windnutzung an, ebenso in Mittelamerika. In Südamerika liegen die Starkwindregionen in Chile und in Feuerland. Eine der stürmischsten Regionen der Welt ist die Nordsee. In Afrika gibt es weniger ergiebige Windgebiete, am ehesten in der Westsahara und in Marokko. Im Süden gibt es einzelne Spots in Südafrika und Mosambik sowie im Indischen Ozean auf La Réunion. In Asien bieten sich die besten Chancen in Japan und in China. Australien verfügt über vier große Windgebiete an den Küsten im Norden und Süden von Westaustralien sowie in Queensland, Südastralien, Victoria und Tasmanien. Dabei ist allerdings immer die Verträglichkeit mit der Natur und der Zivilisation zu überprüfen.

Ein Zubau von 1.440 GW jedes Jahr würde zum Beispiel 200.000 Windkraftanlagen à fünf MW onshore und 40.000 Windkraftanlagen à zehn MW offshore bedeuten, per Saldo eine Investition von rund 1,1 Billionen Euro pro Jahr. Die Windkraft ist also bei der Investition relativ kostengünstig, allerdings fehlen auch die Speicherkapazitäten im Vergleich zur Solarthermie und die Wartung ist aufwendiger als bei Photovoltaikanlagen.

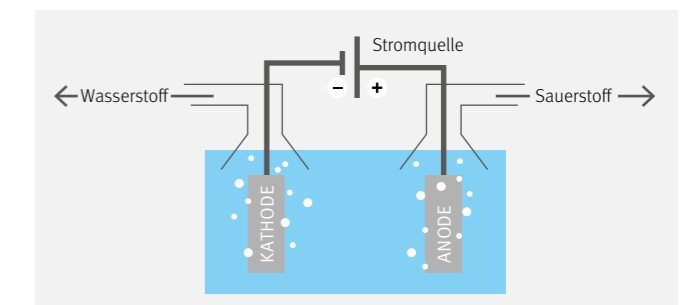


Windparks  
offshore  
und onshore



### Wasserstoffproduktion

Grüner Wasserstoff ist als universell einsetzbares Speichermedium ein unverzichtbarer Begleiter der Solar- und Windstromerzeugung. Bei der Elektrolyse wird Wasser (H<sub>2</sub>O) mittels Strom in einem elektrochemischen Prozess in Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) umgewandelt.

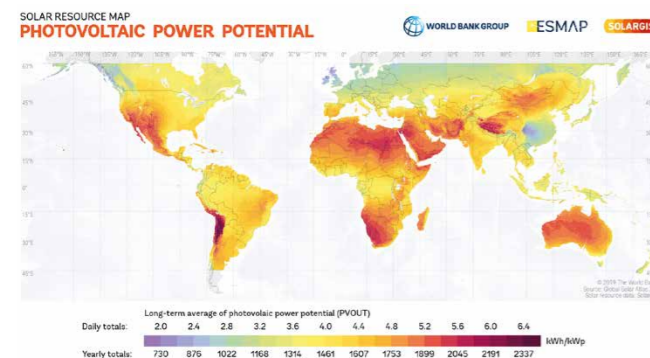


Aufbau einer Wasser-Elektrolyse

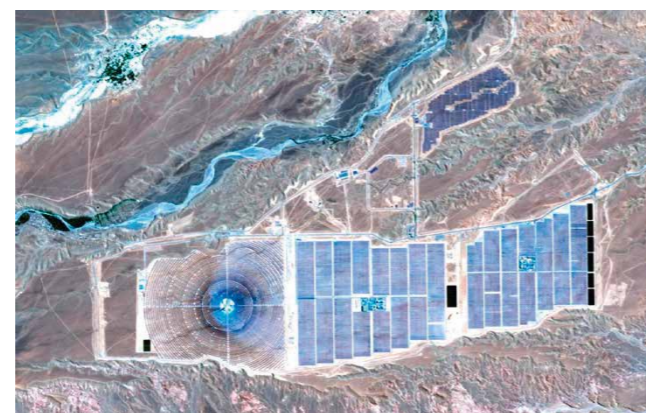
Zur Herstellung ist grüner Strom erforderlich, möglichst günstig gewonnen in Gebieten, die mehr Strom produzieren, als die Region benötigt. Um für die Elektrolyse kein Trinkwasser zu verbrauchen, ist der Einsatz von Meerwasser zu bevorzugen. Zwar muss man es vorher entsalzen, was einen zusätzlichen Stromverbrauch bedeutet. In Relation zum Strombedarf der Elektrolyse ist der Aufwand aber akzeptabel.

Der Wirkungsgrad einer Elektrolyse liegt bei kontinuierlichem Betrieb bei mehr als 80 Prozent. Ein intermittierender Betrieb – etwa für die Verwertung von Stromüberschüssen aus Windkraft – ist möglich und erstrebenswert, allerdings geht die Effizienz in Abhängigkeit zu den Betriebsstunden zurück.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist es deshalb sinnvoll, den Wasserstoff vorzugsweise mit Strom aus großen Solaranlagen in Gebieten mit hohen Solarpotenzialen und einem Zugriff auf Meerwasser wie Nordafrika, der Arabischen Halbinsel oder dem Iran zu gewinnen. Dabei ist neben den Produktionsbedingungen vor allem auf den Aufbau oder das Vorhandensein einer Transportstruktur für H<sub>2</sub> oder H<sub>2</sub>-basierte Erzeugnisse zu achten.

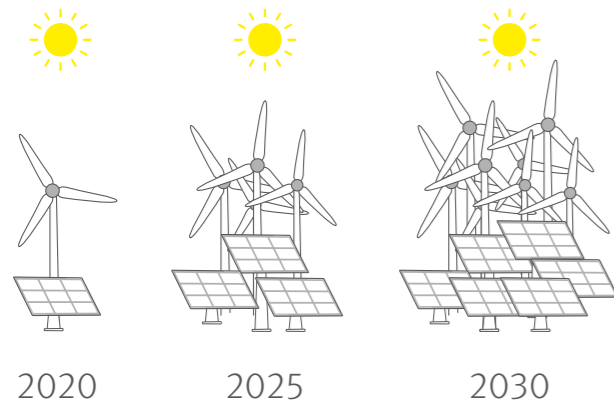


Karte mit globalen Solarpotenzialen von Solargis  
Quelle: [www.globalsolaratlas.info](http://www.globalsolaratlas.info)



Centrale Solaire Thermodynamique Noor, Quarzazate, Marokko

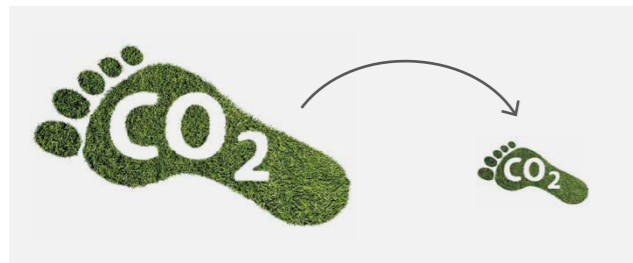
# Dekarbonisierung in den einzelnen Sektoren



Zuwachs bei den erneuerbaren Energien

Die Grundlage für die Dekarbonisierung ist also ohne Zweifel, die Voraussetzungen für einen konsequenten und rasanten Zuwachs von erneuerbaren Energien aus Wind- und Solarstrom zu schaffen. Letztlich ist es ein Gebot der Vernunft, alle erdenklichen Maßnahmen zu ergreifen, um unsere Klimaziele zu erreichen. Und zumindest in einer Übergangszeit darf kein kurzfristiges – und kurzsichtiges – Renditedenken das Handeln bestimmen, sondern das Bedürfnis, durch intelligente Ansätze den Weg in eine enkelfähige Zukunft mit einer lebenswerten Umwelt zu weisen.

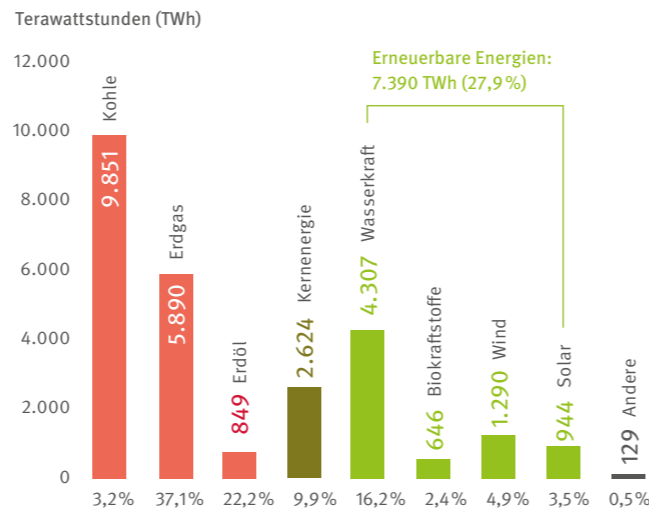
Dabei gilt auch: Nicht verbrauchte Energie erzeugt kein CO<sub>2</sub> mehr. Das bedeutet, dass wir den CO<sub>2</sub>-Footprint verringern müssen, um die derzeit noch riesige Lücke zur Versorgung mit grüner Energie schneller schließen zu können. Deshalb sollten wir unbedingt alle Optionen zur Energieeffizienz nutzen, zumal sich diese mittel- und langfristig in den allermeisten Fällen amortisieren.



Die folgende Übersicht zeigt Vorschläge, wie sich die Herausforderungen für die reine Stromerzeugung und in den Sektoren Industrie, Transport und Verkehr sowie Bau und Gebäude meistern ließen, sofern global genügend Strom aus erneuerbaren Energien zur Verfügung steht.

## Sektor Stromerzeugung

Die Energieanteile aus der Stromversorgung sind in den drei Sektoren enthalten. Dennoch müssen wir die Stromerzeugung auch getrennt betrachten, da sie sich für eine schnelle Dekarbonisierung durch die Umstellung auf erneuerbare Energien sehr gut eignet.



Stromerzeugung weltweit nach Energieträgern pro Jahr (2018)

Schon heute beträgt der Anteil an erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung fast 30 Prozent. Ein großer Anteil davon ist heute mit fast 60 Prozent die Wasserkraft, die sich jedoch wie erwähnt nicht mehr beliebig vermehren lässt. Ähnliches gilt für Biokraftstoffe. Deshalb richtet sich der Fokus auf das Wachstum der Energieerzeugung aus Solar- und Windstrom.

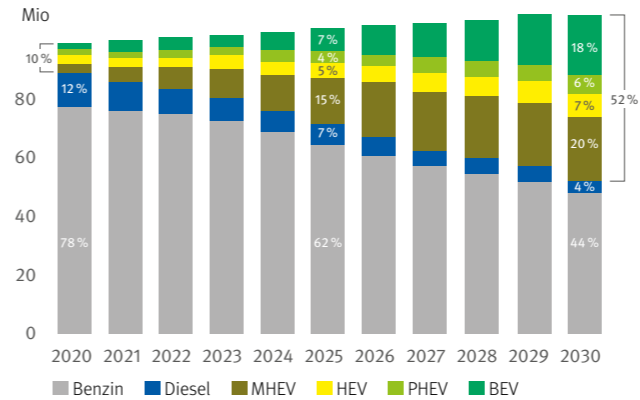
Zur sicheren Stromversorgung rund um die Uhr braucht es freilich Speicher. Ein Großteil der Energie wird Batterien entstammen, aber auch große Salzspeicher bei Solarthermie-Kraftwerken werden eine Rolle spielen und möglicherweise aus einer CO<sub>2</sub>-Hydrierung gewonnener Wasserstoff.

Die größte Herausforderung überhaupt wird sein, die zukünftig erheblich größeren Mengen an Strom insgesamt zu erzeugen und die erforderlichen Verteilnetze für Elektroautos, die Wärmeversorgung etc. zur Verfügung zu stellen.

Die Elektrifizierung wird überregional und länderübergreifend zusätzliche HGÜ- und Hochspannungsleitungen erfordern; in den Ballungsgebieten müssen wir die Strom-Infrastruktur im Betrieb erneuern und massiv ausbauen.

## Sektor Transport/Verkehr

Wichtigste Energieträger beim Transport von Personen und Gütern sind mit etwa 98 Prozent Anteil am Gesamtverbrauch die Kraftstoffe: Bei diesen wiederum entstammen rund 94 Prozent Erdöl- oder Gas-Quellen. Der Anteil an Biokraftstoffen betrug 2019 rund vier Prozent. Nur etwa zwei Prozent entfielen auf elektrischen Strom.



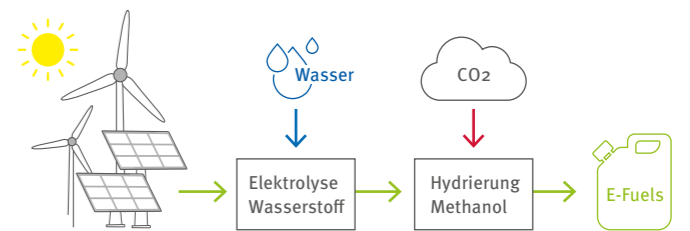
Prognose des jährlichen – weltweiten – Fahrzeugverkaufs bis 2030 (Quelle BCG)

Laut einer Markteinschätzung der Boston Consulting GROUP wird sich die Produktion von Elektrofahrzeugen insgesamt erhöhen, allerdings langsam. Nach dieser Prognose werden im Jahr 2030 rein elektrisch betriebene Fahrzeuge erst ca. 18 Prozent des weltweiten Automobilabsatzes ausmachen. Zusammen mit den unterschiedlichen Hybriden kommen die Elektrofahrzeuge auf mehr als 50 Prozent der Neufahrzeuge, Fahrzeuge mit fossilen Kraftstoffen aber immer noch auf 44 Prozent. Selbst wenn sich die Entwicklung in einigen Ländern deutlich beschleunigen würde, verblieben im Jahr 2030 global immer noch mehr als zwei Milliarden Altfahrzeuge mit Verbrennermotoren. Eine wesentliche Reduzierung des durch fossile Kraftstoffe verursachten CO<sub>2</sub> könnte demnach nur durch zwei sich ergänzende Maßnahmen erfolgen:

- Für neue Fahrzeuge ein schneller Wechsel der Antriebstechnik von Verbrennermotoren zu elektrischen Antrieben oder Brennstoffzellen.
- Für den riesigen Bestand von Verbrenner-Fahrzeugen und vor allem für Flugzeuge der Ersatz der fossilen Kraftstoffe durch Wasserstoff und/oder E-Fuels. Das ist kein Affront gegen die Elektrifizierung der Mobilität – sondern schiere Notwendigkeit im Sinne der CO<sub>2</sub>-Reduzierung.

Beides erfordert allerdings einen Dimensionssprung bei der Erzeugung von grünem Strom und grünem Wasserstoff sowie Power-to-X-Anlagen (Anlagen mit Technologien zur Speicherung oder anderweitigen Nutzung von zeitweisen Stromüberschüssen).

Es ergibt daher Sinn, überall dort, wo die möglichen Kapazitäten zur Erzeugung von regenerativ erzeugtem Strom deutlich höher sind als der lokale Stromverbrauch, sowohl die Produktion von Wasserstoff als auch Anlagen zur Herstellung von E-Fuels zu platzieren – vorzugsweise dort, wo bereits die komplette Logistik für den Transport von Erdölprodukten vorhanden ist. Das erfordert eine qualitativ und quantitativ intelligente Auswahl von Standorten.



Herstellung von E-Fuels mit grünem Strom

Klug wäre, die heutigen Produzenten von fossilen Brennstoffen in die Umstellung auf Strom aus Solar- und Windenergie sowie in die Herstellung von Wasserstoff und E-Fuels miteinzubeziehen. Das erforderliche CO<sub>2</sub> lässt sich – wo vorhanden – aus industriellen Emissionen abzwiegen; für das Klima am effektivsten wäre es natürlich, es in wenig industrialisierten Gebieten mit neuen Technologien aus der Atmosphäre zu gewinnen.



Eine optimierte Verkehrsführung in Verbindung mit einer Reduzierung des Individualverkehrs würde ebenfalls zur CO<sub>2</sub>-Reduktion beitragen. Grundlage wären beispielsweise mehr Homeoffice und attraktivere Angebote für den Umstieg auf den ÖPNV oder das Rad. Dafür bräuchte es Jobtickets für den ÖPNV und wettergeschützte und sichere Abstellplätze für Fahrräder. Viele Geschäftsreisen können durch digitale Meetings ersetzt werden. Die Bahn muss stärker als bisher die Alternative zum Auto oder Flugzeug werden, zumal sich die Reisezeit effektiv nutzen lässt.

**Sektor Industrie**

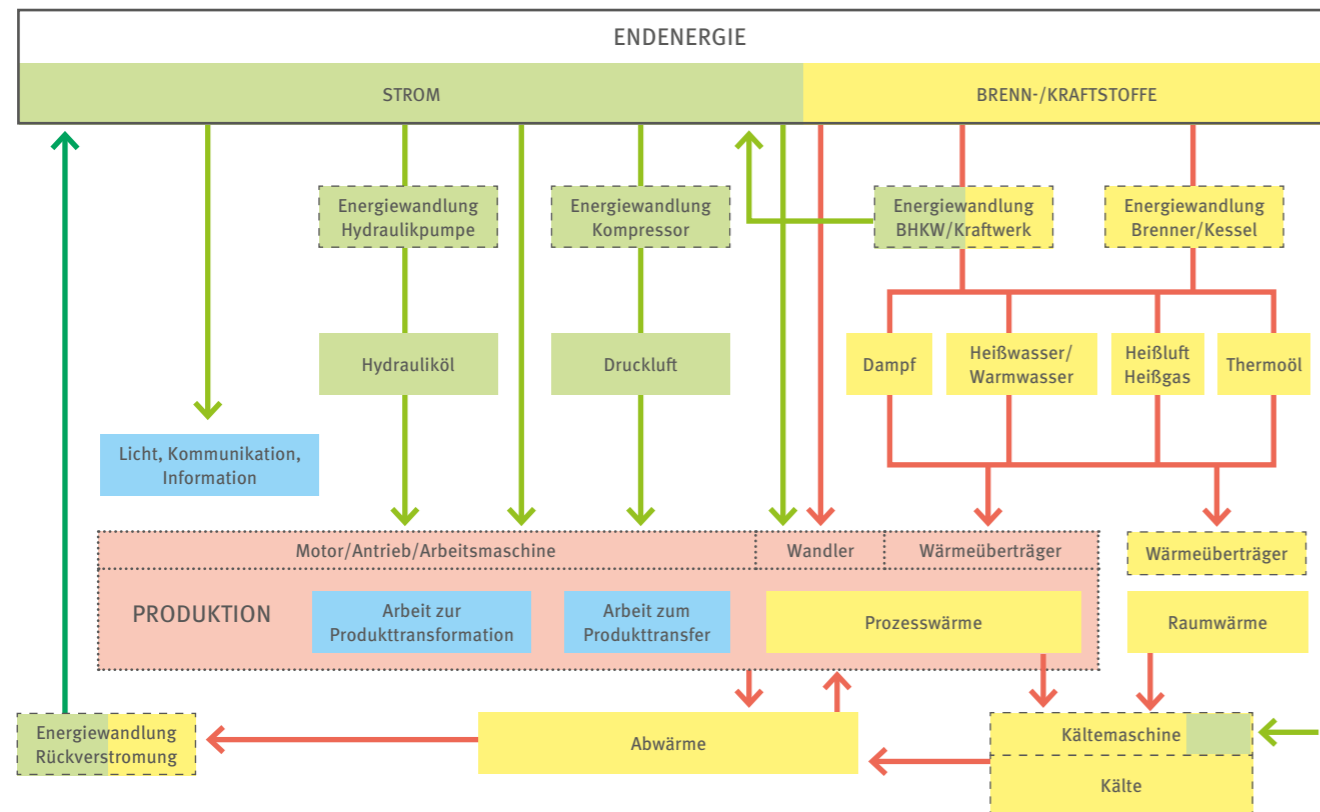
Weltweit benötigt die Industrie ein Drittel der Energie (teilweise Strom und Kraftstoffe), die chemische Industrie verschlingt zusätzlich große Mengen an Erdöl. Durch den Einsatz effizienter Technologien könnte der Energieverbrauch um 20 bis 30 Prozent sinken.

Beim weltweiten Klimaschutz kommt der Energieeffizienz in der Industrie eine hohe umweltpolitische Bedeutung zu. Bis zu 40 Prozent der eingesetzten Energie gehen als ungenutzte Abwärme verloren. Der größte Hebel zu einer Verbesserung ist der Verbrauch von elektrischer Energie im Produktionsprozess, bei dem viel Prozesswärme anfällt – Wärmeenergie, die sich beispielsweise aus der Abluft der Anlage wiedergewinnen lässt.

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist ein weiterer wichtiger Bestandteil der Energiespartechnologien. Sie nutzt die mechanische Kraft zur Stromerzeugung und gleichzeitig die entstandene Abwärme als Prozess- oder Heizwärme. Außerdem könnten Betriebe durch intelligente Steuerungskonzepte mit der Abschaltung von Maschinen in Schwachlastzeiten die Stand-by-Verluste bis zur Hälfte des Jahresstromverbrauchs einer Maschine minimieren. Sie könnten zudem viel Energie sparen, wenn sie alte stromfressende Pumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen. Fast ein Viertel des industriellen Energieverbrauchs entfällt allein auf Pumpen.

In der Industrieproduktion ist obendrein der Einsatz von Wasserstoff sehr interessant, unter anderem als bedeutender Rohstoff der chemischen Industrie für die Herstellung von Ammoniak (Düngemittel, Fasern, Plastik, Zellstoff-Papier etc.), Methanol (Lösungsmittel, Reinigungsmittel, Weichmacher etc.) und als Bestandteil von Polymeren (Kunststoffe). Die Stahlindustrie erprobt den Einsatz von Wasserstoff statt Kohlenstoff. Er ersetzt dabei die Einblaskohle. Folge: Statt CO<sub>2</sub> entsteht nur noch Wasserdampf. Bei Direktreduktionsanlagen (DR-Anlagen) soll Wasserstoff das Erdgas ersetzen.

Auch wer kohlenstoffhaltiges Hüttengas in Dünger, Kunststoffe oder Treibstoffe umwandelt, reduziert den CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Insgesamt steckt in den industriellen Prozessen ein großes Einsparpotenzial an CO<sub>2</sub>. Allerdings verlangen alle Bemühungen erhebliche Umrüstungen in den Produktionsanlagen und den Verbrauch großer Mengen an grünem Strom.

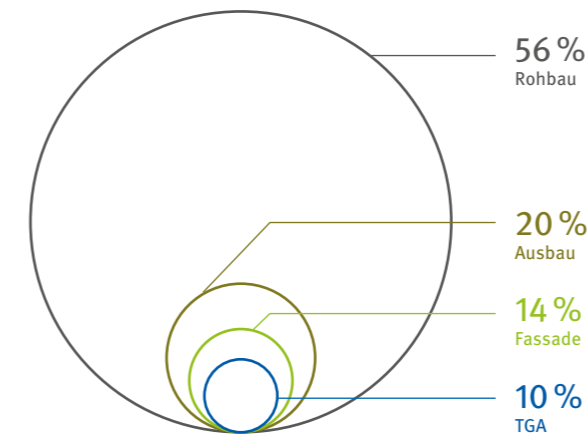


Energieflüsse im Produktionsprozess (nach Steinbeis-Zentrum)

**Sektor Bau und Gebäude**

Relevant sind in diesem Sektor sowohl die Bau- als auch die Nutzungsphase, sprich: Die im Entstehungsprozess benötigte sogenannte Graue Energie genauso wie die Energie für eine 50-jährige Nutzung und den Abbruch. Aktuelle Untersuchungen gehen von folgenden Anteilen am Primärenergieverbrauch aus:  
 – Graue Energie: 55 Prozent  
 – Nutzungsenergie: 40 Prozent  
 – Energie für Abbruch und Verwertung: fünf Prozent

Das zeigt, warum wir uns nicht wie heute üblich vorwiegend mit der Nutzungsenergie beschäftigen sollten, also im Wesentlichen mit dem Verbrauch von Wärme, Kälte und Strom, sondern viel intensiver mit der Bauweise und der Materialbeschaffung. Es ist entscheidend zu begreifen, dass man jedem Gebäude bereits vor Beginn der Nutzung einen riesigen Rucksack gefüllt mit verbrauchter Primärenergie aufhast, der bei den derzeitigen Bauweisen in etwa das 1,7-Fache dessen enthält, was während 50 Jahren Nutzung anfällt. Diesen Ballast wird das Gebäude nie mehr los.



Verteilung der grauen Energie beim Errichten eines Gebäudes (Hegger, Manfred, u. a., Energie Atlas, 2007)

Wir müssen die wichtigsten Stellschrauben zur Reduzierung der Grauen Energie deshalb bereits während der Planung setzen. Denn Gebäudegröße und Kompaktheit beeinflussen die Gesamtmenge an Grauer Energie ebenso wie die Wahl der eingesetzten Materialien. Aus diesem Grund muss sich die Planung weg von Zeichnen und hin zur Konstruktion der Gebäude verändern – analog dem Beispiel der Automobilindustrie. Dieser Wandel gelingt nur mittels einer Modularisierung in Verbindung mit einer integralen Planung. In deren Rahmen definieren die Planer auch die Umweltbilanz der verwendeten Baustoffe. Eine konsequente Kreislaufwirtschaft (Cradle to Cradle®) ist in der Bauindustrie unvermeidbar.



Produktplattform Building Material Scout

Beim Energiebedarf während der Nutzung des Gebäudes führt der Weg in eine energiesparende und elektrifizierte Zukunft über intelligente Wärmedämmungen und vor allem über sehr energieeffiziente Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechniken. Sie müssen eine KI-gesteuerte Gebäudeautomation unterstützen, die auf die jeweiligen Klimabedingungen der jeweiligen Weltregion kurzfristig reagieren kann. Energieeffiziente Haushaltsgeräte ergänzen die Gebäudeklimatisierung ebenso wie der Ausbau von Photovoltaik- und Solarthermie-Anlagen, kurzfristig unterstützt mit großen Förderungsprogrammen und in den Stadtquartieren vernetzt. Auf diese Weise lässt sich durch kurzfristig umsetzbare Lösungen viel Geld sparen. Einen großen Anschubeffekt kann dabei die erwähnte CO<sub>2</sub>-Preisgestaltung auslösen.

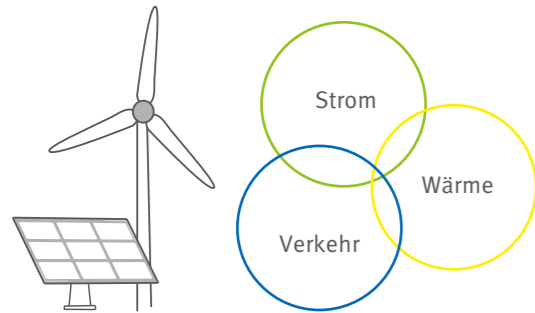
*////// Fordern und fördern ist besser als verbieten.*

Forderung und Förderung sind im Grundsatz Verboten vorzuziehen – wenn auch nicht generell. In Zukunft sollten möglichst nur noch Passivhäuser mit minimalem oder gar keinem Bedarf an aktiver Heizung, Kühlung und Lüftung gebaut werden dürfen. Das durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Sparpotenzial gegenüber dem Ausgangswert schätzen Experten bei Neubauten auf 20 bis 45 Prozent, die mögliche Energieeinsparung bei der Generalsanierung von Altbauten sogar auf 50 bis 70 Prozent.



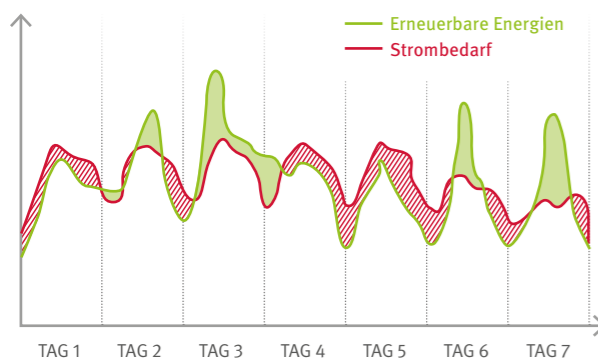
# Sektorkopplung

Energie ist mehr als nur Strom. Auch die Wärme- und Kälteerzeugung in Haushalten und Unternehmen und alles im Zusammenhang mit der Mobilität zählt dazu – Bereiche, die heute noch ziemlich fossil geprägt sind.



Die Vernetzung aller Sektoren – als Sektorkopplung bezeichnet – trägt dazu bei, die Klimaziele zu erreichen.

Damit die Energiewende ein Erfolg wird, müssen wir nicht nur den Stromsektor auf erneuerbare Energien umstellen, sondern auch den Wärme- und Verkehrsbereich. Das Problem dabei: Die Produktion erneuerbarer Energien erfolgt nicht konstant wie etwa in einem Kernkraftwerk. Neben Speichern wie Wasserkraft braucht es bei Bedarf und Verfügbarkeit flexibel zuschaltbare Abnehmer. Sektorkopplung bedeutet deshalb die Verknüpfung der Energiesektoren Strom, Wärme und Mobilität. Sauberen Strom nutzen, um in anderen Sektoren den Einsatz fossiler Energien zu reduzieren.



Grüner Strom und Strombedarf fallen unterschiedlich an.

## Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung in Deutschland zeichnet sich durch einen Energiebedarf aus, der etwa doppelt so groß wie der Strombedarf ist. Power-to-Heat-Technologien beispielsweise in Form von Wärmepumpen tragen dazu bei, den Anteil erneuerbarer Energien zu erhöhen. Mittels Strom nehmen sie Erdwärme auf, verdichten sie und verwenden sie dann für die Heizungsanlage. Kostengünstige Wärmespeicher vergrößern diesen Effekt noch. Besonders bei gut isolierten Gebäuden erweist sich diese Heizungsart als vorteilhaft und als eine von mehreren bewährten Technologien, um fossile Methoden zu ersetzen. Die intelligente Versorgung von Quartieren mit lokal erzeugter, erneuerbarer Energie dank ganzheitlicher Systemintegration und konsequenter Nutzerorientierung treibt die Energiewende nachhaltig voran.

## Verkehr

Der Sektor Verkehr bietet großes Potenzial zur Elektrifizierung vieler Bereiche, ist aber trotzdem der Bereich mit dem geringsten Anteil an erneuerbaren Energien: 2019 lag der Anteil bei 5,6 Prozent. Die Elektromobilität verbindet den Stromsektor mit dem Verkehr. Im Schienenverkehr ist die Elektrifizierung schon zum Großteil geschehen. Im Gegensatz zu flüssigen oder gasförmigen Treibstoffen muss man Strom elektrochemisch in Batterien oder in veränderter Form speichern. Im Rahmen der Power-to-X-Technologie lässt er sich als Ausgangsenergie verwenden und in Wasserstoff bzw. in E-Fuels umwandeln.

Diese Speicherung oder Umwandlung ist allerdings immer mit Energieverlusten verbunden. Die Sektorkopplung erhöht die Flexibilität in der Nachfrage nach elektrischer Energie. Sie gleicht Schwankungen aus, die mit der Verwendung von erneuerbaren Energien einhergehen, ohne dass Investitionen in Energiespeicher erforderlich werden.

# Fazit



Die aktuelle Emission von CO<sub>2</sub> ist eine Umweltverschmutzung, die schnellstmöglich der Vergangenheit angehören sollte. Das wird es nicht umsonst geben. Doch das Geld ist da und sucht Anlagen. Um dieses zu aktivieren, müssen wir global denken und handeln. Das bedeutet, dass rein regionale/nationale Zieldefinitionen, Vorgehensweisen und Regelungen zukünftig von einer globalen Betrachtungsweise abgelöst und regionale Besonderheiten darin integriert werden.

Eine energetische Kopplung der Weltregionen und vor allem der wesentlichen Player aus der Wirtschaft ist greifbar – und zwar schneller als gedacht. Zu den Pionieren, die das Projekt Sonne, Wind und Wasserstoff global und weniger emotional angehen, werden auch die Unternehmen gehören, die derzeit noch die fossilen Energien fördern und vermarkten. Denn auch die Mehrzahl der dort arbeitenden Menschen denkt im Sinne einer positiven Zukunft für ihre Kinder und Enkel.

Was bedeutet das alles aber für Deutschland? Wir werden als Industrie- und Exportnation im großen Ausmaß über technologische Entwicklungen und die Produktion von der Gesamtentwicklung profitieren. Andererseits müssen wir uns im Klaren darüber sein, dass wir auch nach der Disruption der fossilen Primärenergie in Zukunft nicht energieautark sein können.

Das Ziel, den Strombedarf durch eine regionale Produktion mit erneuerbaren Energien abzudecken, scheint erreichbar. Dennoch wird Deutschland auch in Zukunft Energie importieren müssen – in Form von Wasserstoff, E-Gas oder E-Fuels etc., dazu Strom, um Schwankungen der erneuerbaren Energie auszugleichen. Das jedoch ist völlig in Ordnung – solange alle Länder der Erde gemeinsam die CO<sub>2</sub>-Emissionen beenden und damit die Erderwärmung stoppen.

Hinweis: Die Zahlen in den gezeigten Grafiken sind sorgfältig recherchiert. Aber aufgrund der unterschiedlichen Angaben sind diese als Größenordnungen zu betrachten, um die Zusammenhänge plausibel und nachvollziehbar zu machen.

## IMPRESSUM

Drees & Sommer ist international tätig und weltweit für seine Kunden präsent. An 46 Standorten stehen unsere Expert:innen in- und ausländischen Unternehmen unterschiedlicher Branchen bei ihren Projekten zur Seite. Hinzu kommen die Projektstandorte, die sich auf der ganzen Welt befinden – eben überall dort, wo Sie uns gerade brauchen.

[www.dreso.com/standorte](http://www.dreso.com/standorte)



Drees & Sommer SE  
Obere Waldplätze 13  
70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 1317-0  
Telefax +49 711 1317-101  
[info@dreso.com](mailto:info@dreso.com)  
[www.dreso.com](http://www.dreso.com)

### BILDNACHWEISE

Titel  
© style-photography  
© loveguli – gettyimages.com

Seiten 5 – 13  
© RelaxFoto.de – gettyimages.com  
© Ed Bock – gettyimages.com  
© Warren Faidley – gettyimages.com  
© Xuanyu Han – gettyimages.com  
© Benoit Grasser – fotolila.de  
© Christian Horz – gettyimages.com

