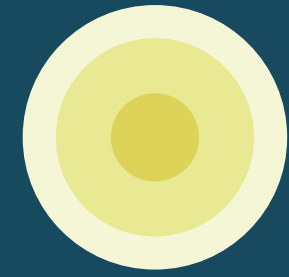


**KLIMA**  
EVERYONE'S  
BUSINESS



# Klimawandel: Was er für den Bergbau und die Grundstoffindustrien bedeutet

Kernergebnisse aus dem  
Fünften Sachstandsbericht  
des IPCC





# Die Grundlagen des Klimawandels

## Steigende Temperaturen:

Der Fünfte Sachstandsbericht (AR5) des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (englisch: *Intergovernmental Panel on Climate Change*, kurz: IPCC) kommt zu dem Schluss: Der Klimawandel ist eine eindeutige Tatsache. Menschliche Aktivitäten, insbesondere der Ausstoß von Kohlendioxid, sind mit mindestens 90-prozentiger Sicherheit die Hauptursache dafür. Klimaveränderungen machen sich bereits überall auf dem Planeten bemerkbar: Die Atmosphäre und die Ozeane erwärmen sich, die Menge von Schnee und Eis sowie die damit bedeckte Fläche geht zurück, die Meeresspiegel steigen, Wettermuster ändern sich.

## Aussichten:

Die vom IPCC verwendeten Computermodelle für das Klima ergeben, dass die Klimaveränderungen im 21. Jahrhundert fortschreiten werden. Nehmen die Emissionen weiterhin so stark zu wie bisher, dann ist bis zum Jahr 2100 u.a. mit einem Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur um 2,6 bis 4,8 °C und der Meeresspiegel um 0,45 bis 0,82 Meter zu rechnen (jeweils verglichen mit dem heutigen Niveau), Wetterextreme wie Dürren oder Hitzewellen werden häufiger.

Damit die schlimmsten Folgen des Klimawandels nicht eintreten, haben sich die 195 Unterzeichnerstaaten der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) auf ein Ziel geeinigt: Der Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur soll im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter unter 2 °C liegen. Außerdem soll erwogen werden, diesen Höchstwert in naher Zukunft auf 1,5 °C zu verringern.

Ende 2013 erschien der erste Teilband des AR5. Er kommt zu dem Schluss, dass die Menschheit bis 2011 bereits rund zwei Drittel jener Gesamtmenge an Kohlendioxid ausgestoßen hatte, die höchstens freigesetzt werden darf, wenn das Zwei-Grad-Limit mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens zwei Dritteln eingehalten werden soll.

## Nachwirkung von Emissionen:

Selbst wenn der Ausstoß von Treibhausgasen von einem Tag auf den anderen gestoppt würde, blieben die Temperaturen auf der Erde noch über Jahrhunderte erhöht. Die bereits durch menschliche Aktivitäten freigesetzten Treibhausgase befinden sich weiterhin in der Atmosphäre und entfalten dort ihre Wirkung. Die Begrenzung eines weiteren Temperaturanstiegs erfordert eine deutliche und dauerhafte Verringerung der Treibhausgasemissionen.

# Über diese Publikation

Der Fünfte Sachstandsbericht (AR5) des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen der UN (IPCC) ist die aktuellste, umfassendste und bedeutendste Analyse des Klimawandels. Er fasst den Stand der weltweiten Forschung zusammen und liefert damit die wissenschaftliche Faktenbasis für die politischen und ökonomischen Entscheidungen der kommenden Jahre rund um den Klimawandel.

Das vorliegende Dokument ist Teil einer Serie, in der die wichtigsten Ergebnisse des AR5 für einzelne Branchen und Sektoren zusammengefasst werden. Dem liegt die Überzeugung zugrunde, dass die Bergbau- und Grundstoffindustrie die Erkenntnisse des AR5 besser nutzen könnte, wenn eine kurze, verständliche und trotzdem akkurate Zusammenfassung dieses sehr umfangreichen und fachsprachlichen Berichts vorläge.

Der folgende Text ist eine hochkomprimierte Darstellung der wichtigsten, für diese Branche bedeutsamen Inhalte des AR5. Zugleich jedoch erfüllt er dieselben hohen wissenschaftlichen Standards wie der Originalbericht.

Wir danken allen Beteiligten aus Wissenschaft und Wirtschaft, die viel Zeit und Mühe für die Überprüfung dieses Dokuments aufgewendet und wertvolle Rückmeldungen gegeben haben.

Basis der vorliegenden Zusammenfassung sind die von Fachexperten mehrfach geprüften und mit allen Quellenverweisen versehenen Veröffentlichungen des IPCC. Diese finden Sie unter: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) (in Englisch) und [www.de-ipcc.de](http://www.de-ipcc.de) (in Deutsch).

**VERÖFFENTLICHT:**  
September 2014  
(Englische Originalausgabe Juni 2014)

**WEITERE INFORMATIONEN:**  
E-mail: [redaktion@klimafakten.de](mailto:redaktion@klimafakten.de)  
[www.cisl.cam.ac.uk/ipcc](http://www.cisl.cam.ac.uk/ipcc)  
[www.bsr.org](http://www.bsr.org)  
[www.klimafakten.de](http://www.klimafakten.de)  
[www.stiftung2grad.de](http://www.stiftung2grad.de)  
[www.swisscleantech.ch](http://www.swisscleantech.ch)  
[www.europeanclimate.org](http://www.europeanclimate.org)

**AUTORIN:**  
France Bourguoin

**LEKTOREN:**  
Cambridge Project Team:  
Nicolette Bartlett, Stacy Gilfillan,  
David Reiner, Eliot Whittington

**PROJEKTTEAM ENGL. AUSGABE:**  
Tim Nuthall (Projektleitung), Joanna Benn (Projektmanagement/Redaktion), Carolyn Symon/Richard Black (Redaktionelle Mitarbeit), Lucie Basset/Burnthebook (Layout/Design), Myriam Castanié/Simon McKeagney (Projektassistenz)

**PROJEKTTEAM DT. AUSGABE:**  
Carel Carlowitz Mohn (Projektleitung), Eva Freundorfer (Projektmanagement), Toralf Staud (Redaktion), Maren Rabe (Layout/Design)

**ÜBERSETZUNG:**  
Eurideas Linguistic Services

**INFOGRAFIKEN:**  
Carl De Torres Graphic Design



# Kern- ergebnisse

- 1 Der Klimawandel hat für den Bergbau und die Grundstoffindustrien weitreichende Folgen.** Zu den physischen Auswirkungen gehören voraussichtlich Schäden an Infrastruktur und Anlagevermögen. Auch die Verfügbarkeit erneuerbarer natürlicher Ressourcen wie Wasser könnte sich verringern.
- 2 Zwischen 1970 und 2010 hat sich der weltweite Treibhausgasausstoß des Industriesektors fast verdoppelt.** Zu diesem Anstieg hat das Wachstum der globalen Bergbau- und Grundstoffindustrie wesentlich beigetragen, obwohl ihr Anteil am globalen Bruttoinlandsprodukt (BIP) im gleichen Zeitraum zurückgegangen ist.
- 3 Die meisten Prognosen gehen davon aus, dass die globale Nachfrage nach Industrieprodukten bis Mitte des Jahrhunderts um 45 bis 60 Prozent gegenüber 2010 zunehmen wird.** Paradoxerweise könnten gerade Investitionen in die Minderung des Treibhausgasausstoßes (z. B. steigende Nachfrage nach Dämmstoffen für Gebäude) und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (z. B. Baumaterial zur Flutvorsorge) zu einem Wachstum der Industrieemissionen führen.
- 4 Um den absoluten Treibhausgasausstoß der Primärindustrie zu senken, werden breit angelegte Strategien gebraucht.** Gelegenheiten zur Emissionsminderung finden sich sowohl auf Seiten der Produktion (Steigerung der Effizienz der industriellen Prozesse) als auch auf Seiten der Nachfrage (Minderung des Gesamtverbrauchs der produzierten Stoffe).

Erkundung, Förderung und Aufbereitung von Rohstoffen für die Industrieproduktion werden auf vielerlei Weise vom Klimawandel betroffen sein. Er bringt deshalb erhebliche Risiken für die Primärindustrie mit sich. Extremhitze, Dürren, Fluten, Waldbrände und andere Extremwetterereignisse werden wahrscheinlich die Sicherheit der Energieversorgung sowie von Industrie- und Verkehrsinfrastrukturen beeinträchtigen. Die Grundstoffindustrien könnten außerdem unter einem zunehmenden Mangel an produktionsnotwendigen Naturressourcen (etwa Wasser) leiden.

Die direkten und indirekten Treibhausgasemissionen des Industriesektors stiegen weltweit von umgerechnet 10,4 Gigatonnen Kohlendioxid (CO<sub>2eq</sub>) im Jahr 1990 auf 15,5 Gigatonnen Kohlendioxid (CO<sub>2eq</sub>) im Jahr 2010 und spiegeln den stetigen Wachstumstrend der Weltproduktion in allen drei Hauptsektoren der Wirtschaft (Primärsektor, Verarbeitendes Gewerbe und Dienstleistungsbranchen) wider. Derzeit wird ein großes Augenmerk auf eine verbesserte Energieeffizienz bei den Primärindustrien gelegt. Durch den breiten Einsatz der momentan besten verfügbaren Technologien könnte die Energieintensität um bis zu 25 Prozent gesenkt werden. Innovationen könnten weitere Reduzierungen von bis zu 20 Prozent bringen, bevor technologische Grenzen erreicht werden.

Zwar erfordern Emissionsminderungen oft zusätzliche Investitionen, diese bringen dann aber auch zahlreiche positive Nebenwirkungen mit sich. Beispielsweise steigt die Wettbewerbsfähigkeit, laufende Kosten sinken, und neue Geschäftsfelder können sich eröffnen. Umweltvorschriften können einfacher erfüllt werden, Arbeitsbedingungen verbessert und Abfallmengen reduziert werden. Klimaschutzmaßnahmen bieten die Chance, Innovationen bei Industrieprozessen durchzusetzen und Investitionen in effizientere Produktionsverfahren zu stimulieren. Eine bessere Zusammenarbeit unter den und innerhalb der verschiedenen Branchen (zum Beispiel in Öko-Industrieparks oder regionalen Öko-Industrienetzwerken) kann der Grundstoffindustrie dabei helfen, ihren Material- und Energieverbrauch zu senken.

Ein breiter Wandel zu einer CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft und Gesellschaft wird die Nachfrage nach bestimmten Industrieprodukten und -materialien erhöhen – Energieverbrauch und Treibhausgasausstoß, die mit deren Herstellung verbunden sind, werden wachsen. Um dennoch die absolute Menge an Emissionen aus der Primärindustrie zu senken, bedarf es breit angelegter Minderungsmaßnahmen sowohl innerhalb als auch außerhalb des Sektors. Dazu gehören radikale Produktinnovationen und die Umstellung der Stromerzeugung auf kohlenstoffarme Technologien (*de-carbonisation*).

Diese Publikation konzentriert sich auf jene Branchen, die am Anfang der Lieferkette stehen, die auf der Rohstoffförderung beruhen und deren Produktionsprozesse viel Energie verbrauchen. Hierzu gehören der Bergbau und Branchen wie die Zement-, Eisen-, Stahl-, Aluminium-, Chemie-, Zellstoff- oder Papierindustrie.

## Zusammenfassung

# Folgen des Klimawandels

## Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen

Je nach Region könnte eine Zunahme vom Klimawandel verursachter Gefahren (zum Beispiel Waldbrände, Fluten und Stürme) die Produktion in Bergbaubetrieben beeinträchtigen. In der Folge könnten Betriebs-, Transport- und Stilllegungskosten steigen. Temperaturextreme und Starkniederschläge (bzw. deren Folgen wie Überschwemmungen und Erosion) würden insbesondere Tagebaue in einigen Regionen betreffen. Bodenschätze in kälteren Klimazonen könnten durch den Rückgang der Permafrostgebiete besser zugänglich werden. Aufgrund zunehmender Feuchtigkeit mögen Änderungen bei der Lagerung und Handhabung von Kohle notwendig werden.

## Verkehrsinfrastrukturen

Der Handel mit Rohstoffen wie Eisenerz und mit Grunderzeugnissen wie Aluminium, Stahl oder Chemikalien ist auf einen funktionierenden Verkehr zu Straße, Schiene oder See angewiesen. Doch der Klimawandel könnte hier zu zahlreichen Problemen führen. Steigende Meeresspiegel können Transportinfrastrukturen beeinträchtigen, am deutlichsten die Häfen. Befestigte Straßen können unter Extremhitze, starken Niederschlägen und Überflutungen sowie (im hohen Norden) tauenden Permafrostböden leiden. Brücken sowie das Gleisbett von Bahnlinien sind anfällig für stärkere Niederschläge und daraus folgende Überschwemmungen und Bodenabsenkungen, für steigende Meeresspiegel oder auch veränderte Frost-Tau-Zyklen. Die Eisstraßen in den arktischen Regionen werden für kürzere Zeit nutzbar sein. Einige der bereits genannten

Klimafolgen oder auch Waldbrände, die infolge häufigerer Hitzewellen zunehmen dürften, können Öl- oder Gas-Pipelines bedrohen. Generell werden sich die häufigeren und stärkeren Wetterextreme wahrscheinlich auf die Sicherheit von Energietransport und -versorgung auswirken.

## Sichere Wasserversorgung

Der Klimawandel wird wahrscheinlich die verfügbaren Oberflächen- und Grundwassermengen in den meisten trockenen subtropischen Regionen erheblich verringern. Das verschärft die Konkurrenz zwischen den verschiedenen Nutzern. Im Gegensatz dazu könnten mancherorts in höher gelegenen Breiten die Wasserressourcen zunehmen. Der Anstieg von Temperatur und Luftfeuchte beeinträchtigt die Effizienz thermischer Kraftwerke (die derzeit rund 80 Prozent des Stroms weltweit liefern und deren Anteil an der Stromversorgung gemäß der meisten Szenarien hoch bleiben wird). Wassermangel und Hitzeextreme werden in vielen Regionen dazu führen, dass vor allem im Sommer das Kühlwasser knapp wird. Drosselungen oder gar Komplettabschaltungen drohen.

## Arbeitsmarkt

Steigende Temperaturen lassen erwartungsgemäß die Arbeitsproduktivität sinken, insbesondere bei körperlichen Tätigkeiten in warmen und feuchten Klimazonen. Ein vermehrtes Auftreten von Malaria und ähnlichen Infektionskrankheiten könnte die Verluste noch verstärken. Der Klimawandel kann Armut und ökonomische Verwerfungen verstärken und so bestehende Konflikte verschärfen.

# Widerstandsfähigkeit

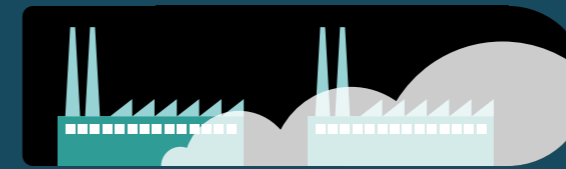
Die Roh- und Grundstoffindustrie hat eine ganze Reihe von Möglichkeiten, sich auf die Folgen des Klimawandels vorzubereiten:

- Ein **anpassbares Wassermanagement** kann auf Unsicherheiten reagieren (Planung gemäß verschiedener Szenarien, Einsatz lernender Systeme und flexibler Lösungen).
- Mit **besseren Abbauverfahren und höheren Recyclingquoten** kann dem drohenden Mangel an bestimmten Rohstoffen begegnet werden, einschließlich solcher, die man für Klimaschutztechnologien benötigt.
- Zu den **technischen und politischen Maßnahmen im Bereich der Verkehrsinfrastruktur** gehören aktualisierte Bauvorschriften für Neubauten, dementsprechende Nachrüstungen bestehender Einrichtungen und eine veränderte Raumplanung in Küstengebieten.
- Wo die Versorgung mit Elektrizität nur begrenzt möglich oder unsicher ist, kann eine **effiziente Stromrationierung** dazu beitragen, Verluste zu reduzieren.
- **Versicherungen** mindern das finanzielle Risiko aus Naturkatastrophen und sind daher für die Klimaanpassung relevant. Sie ermöglichen nicht nur einen Wiederaufbau und reduzieren die Verwundbarkeit, sondern geben auch Anreize zur Risikominimierung.

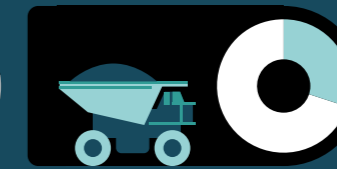
Die Anpassung an den Klimawandel erfordert zusätzliche Investitionen in die Infrastruktur. Dadurch dürfte die Nachfrage nach Baumaterial steigen, etwa nach Zement und Beton. Beispielsweise erfordern steigende Meeresspiegel bessere Hochwasserschutz-Einrichtungen. Veränderungen an der Infrastruktur sind weiterhin auch notwendig in den Bereichen Wasser und Abwasser (inklusive der Regenwasserableitung), bei Strom-, Verkehrs- und Telekommunikationsnetzen, im Gesundheits- und Bildungswesen sowie bei den Rettungsdiensten. Häufigere Extremwetterereignisse dürften einen steigenden Bedarf an Reparatur- und Wiederaufbauarbeiten nach sich ziehen. Einige Klimaschutztechnologien kurbeln die Nachfrage nach bestimmten Industrieprodukten an und könnten so zu Materialengpässen beitragen (zum Beispiel bei Seltenen Erden, die in Stromakkumulatoren oder Elektromotoren eingesetzt werden).

# Chancen und Risiken für Bergbau und Grundstoffindustrie

Der Klimawandel kann in vielerlei Hinsicht die Erkundung und Förderung von Bodenschätzen sowie die Herstellung von Grundstoffen für die Industrie beeinflussen. Investitionen zur notwendigen Klimaanpassung und zur Senkung des Treibhausgasausstoßes sind in vielen Fällen rentabel.



Zwischen 1970 und 2010 hat sich der weltweite Treibhausgasausstoß der Industrie fast verdoppelt. Dazu hat das stetige Wachstum der globalen Roh- und Grundstoffindustrie wesentlich beigetragen.



Die Industrie ist für etwa 30 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich.

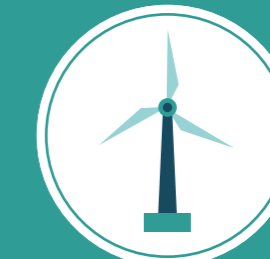


Die meisten Szenarien für den Industriesektor erwarten einen Anstieg der globalen Nachfrage für Industrieprodukte bis 2050 um 45 bis 60 Prozent (gegenüber 2010).

## FALLSTUDIEN



**EMISSIONSEFFIZIENZ**  
weniger Treibhausgas pro verwendeter kWh ausstoßen



**BERGBAU**  
Maschinen nicht mehr mit Diesel anzutreiben, sondern mit CO<sub>2</sub>-armen Energieträgern, ist eine wichtige Klimaschutzstrategie in dieser Branche.



**ENERGIEEFFIZIENZ**  
das Verhältnis von Energieverbrauch und Produktionsausstoß verbessern



**ZEMENTINDUSTRIE**  
Pilotprojekte mit neuem, „ultrahochfestem“ Beton konnten den CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 40 Prozent gegenüber konventioneller Bauweise reduzieren.



**MATERIALEFFIZIENZ**  
die zur Herstellung von Produkten notwendige Materialmenge senken



**CHEMIEINDUSTRIE**  
Durch Verbesserungen der Materialeffizienz in der Kunststoffproduktion könnten in den Niederlanden die Emissionen halbiert werden, die aus Kunststoffverpackungen resultieren.



**GEBRAUCHSEFFIZIENZ**  
produzierte Güter länger und intensiver nutzen



**METALLINDUSTRIE**  
Modulares Produktdesign zum Beispiel in der Aluminiumbranche erlaubt es, die Lebensdauer von Produkten zu verlängern und die Gesamtnachfrage nach Neumaterial zu senken.



**NACHFRAGEREDUZIERUNG**  
Neumaterial durch geändertes Verbraucherverhalten einsparen



**ZELLSTOFF- UND PAPIERINDUSTRIE**  
Dünnere Papier für Zeitungen und Bürobedarf könnte die Papiernachfrage um 37 Prozent senken, weitere Möglichkeiten wären mehr und besseres Recycling, Print-On-Demand oder evtl. auch die Umstellung auf E-Reading.



### RISIKEN FÜR DIE INDUSTRIE

Die physischen Folgen des Klimawandels (z.B. steigende Meeresspiegel, höhere Temperaturen, häufigere Wetterextreme) könnten die Sicherheit der Energieversorgung beeinträchtigen, die Verfügbarkeit und Zugang zu produktionswichtigen Naturressourcen einschränken, Industrie- und Verkehrsinfrastrukturen beschädigen sowie die Arbeitsproduktivität sinken lassen.

### EMISSIONSMINDERUNG

Um den absoluten Ausstoß von Treibhausgasen zu senken, sind Effizienzverbesserungen in allen Bereichen des Lebenszyklus' eines Produktes erforderlich. Aber auch eine reduzierte Nachfrage kann Emissionen mindern. Würden die besten heute verfügbaren Technologien breit eingesetzt, könnte die Treibhausgasintensität um etwa 25 Prozent sinken, weitere 20 Prozent sind durch Innovationen möglich.



# Handlungsoptionen für Klimaschutz



Die Energieintensität der Industrie könnte durch einen breiten Einsatz der besten, heute schon verfügbaren Technologien direkt um bis zu 25 Prozent gesenkt werden. Die größten Potenziale liegen in weniger energieintensiven Branchen sowie in Ländern, in denen die neuen Technologien noch gar nicht eingesetzt werden.

Die Industrie ist gegenwärtig für gut 30 Prozent des weltweiten Ausstoßes von Treibhausgasen verantwortlich. Mitgerechnet sind dabei Emissionen aus der Grundstoffproduktion, der Fertigung von Produkten daraus sowie dem Gebrauch der Produkte. Um die absoluten Industrieemissionen zu senken, sind Effizienzverbesserungen in allen Phasen des Produktionszyklus<sup>1</sup> nötig. Emissionsminderungen können aber auch durch einen Rückgang der Nachfrage erreicht werden, beispielsweise durch einen längeren und intensiveren Gebrauch der Produkte. Würden die besten verfügbaren Technologien breit eingesetzt, könnte die Emissionsintensität in der Industrie um etwa 25 Prozent sinken, durch Innovationen wären weitere 20 Prozent möglich, bevor technische Grenzen erreicht werden.



## Bergbau

Der Bergbau und die Förderung von Steinen und Erden

benötigen 2,7 Prozent der weltweit insgesamt von der Industrie verbrauchten Energie. Die Energie wird hauptsächlich für das Brechen und Mahlen sowie durch den dieselbetriebenen Maschinenpark verwendet. Tagebaue benötigen weniger Energie als eine Förderung unter Tage, weil dort eine aufwendigere Transport- und Hebeteknik nötig ist sowie der Betrieb von Belüftungs-, Klima- und Pumpenanlagen. Für die Senkung des Energieverbrauchs gibt es viele Möglichkeiten, zum Beispiel effizientere Bergbauausrüstungen oder sparsamere Zerkleinerungstechnologien für Rohgestein. Die Materialeffizienz in dieser Branche würde verbessert, wenn mehr nutzbares Erz im Verhältnis zur insgesamt geförderten Materialmenge gewonnen würde.

## Klimaschutzstrategien

Auf der einen Seite stehen Strategien, die auf die Produktion zielen – also darauf, Industrieprozesse effizienter zu gestalten. Hier gibt es drei Hauptstrategien:

- **Emissionseffizienz:** Verringerung der Emissionen pro verwendeter Energieeinheit, meist durch eine Umstellung auf CO<sub>2</sub>-arme Energiequellen.
- **Energieeffizienz:** Verbesserung des Energieverbrauchs im Verhältnis zur Menge produzierten Materials.
- **Materialeffizienz:** Verringerung der zur Fertigung eines Produkts notwendigen Menge an Rohmaterial. Gegenwärtig wird etwa ein Zehntel allen Papiers, ein Viertel allen Stahls und die Hälfte des insgesamt produzierten Roh-Aluminiums (vor allem in der nachgeschalteten verarbeitenden Industrie) zu Abfall und dann intern wiederverwertet.

Auf der anderen Seite stehen Strategien, die auf die Nachfrage zielen – also darauf, den Materialverbrauch der Industrie durch eine geänderte Produktnachfrage zu senken. Dazu gehören beispielsweise eine verstärkte Wiederverwendung und Wiederverwertung von Produkten bzw. Materialien, die effizientere Materialnutzung und die Umstellung auf weniger energieintensive Werkstoffe, die weniger Treibhausgase freisetzen. Hier existieren zwei Hauptstrategien:

- **Gebrauchseffizienz:** Ein einmal hergestelltes Produkt wird länger und intensiver genutzt – insgesamt müssen also weniger Güter produziert werden.
- **Verringerung der Nachfrage:** Durch z.B. Nachnutzung alter Produkte oder verändertes Verbraucherverhalten sinkt die Produktnachfrage – auch dies trägt zur Senkung der Treibhausgasemissionen bei.



## Zement

Die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Intensität bei der

Zementherstellung (also die Emissionen je produzierter Mengeneinheit) ist in den meisten Regionen seit 2005 um sechs Prozent und seit 1990 um 16 Prozent gesunken. Rund 40 Prozent der von der Branche insgesamt verursachten Treibhausgase stammen aus fossilen Brennstoffen, hier können die Emissionen durch höhere Energieeffizienz und die Umstellung der Öfen von Kohle auf Biomasseabfälle weiter gesenkt werden. Weitere Potenziale bieten die flächendeckende Einführung der besten verfügbaren Technologien und der vermehrte Einsatz von Klinkerersatzstoffen wie Flugasche. Neuartiger „ultrahochfester“ Beton kann den CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 40 Prozent (gegenüber der Verwendung konventionellen Betons) senken. Eine verringerte Nachfrage nach Gebäuden und Infrastrukturen könnte ebenfalls dabei helfen, den gesamten Zementverbrauch zu reduzieren.



## Eisen und Stahl

In der Eisen- und Stahlindustrie bieten sich zahlreiche

Möglichkeiten zum Energiesparen. Dazu zählen zum Beispiel eine bessere Wärme- und Energierückgewinnung aus Prozessgasen und Abfallströmen, fortschrittlichere Ofendesigns und verbesserte Prozesskontrollen oder die effizientere Brennstoffversorgung durch Kohleeinblastechiken. Die Emissionseffizienz der Eisenherstellung ließe sich erhöhen, wenn Kohleinjektionen durch sauberere Brennstoffe ersetzt würden, etwa durch Erdgas, Kunststoffabfälle, Biomasse oder aus Kohle gewonnenes Methangas. Weitere Fortschritte brächten die Umstellung von Hochöfen und Sauerstoffblaskonvertern auf gasbetriebene

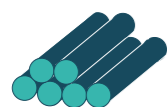
Eisenschwammproduktionsanlagen oder elektrische Lichtbogenöfen. Das Klimaschutzpotenzial ist erheblich: In der indischen Stahlindustrie zum Beispiel wäre es technisch möglich, den Primärenergieverbrauch bis 2030 um 87 Prozent (gegenüber 2007) zu senken. Gut 90 Prozent der Stromeinsparungen und fast zwei Drittel der Brennstoffeinsparungen wären sogar finanziell lukrativ. Auch eine bessere Materialeffizienz brächte beachtliche Emissionssenkungen, bisher gehen beispielsweise bei der Weiterverarbeitung 26 Prozent des produzierten Flüssigstahls verloren. Die Nachfrage nach Eisen und Stahl könnte durch eine höhere Gebrauchseffizienz für Endnutzer sinken.



## Chemie

Kein Prozess in der Chemischen Industrie

verbraucht so viel Energie wie das Dampfcracken bei der Erdölverarbeitung, also das Aufspalten langkettiger Kohlenwasserstoffe zu leichten Olefinen wie Ethylen und Propylen. Würden alle Dampfcrackanlagen weltweit auf den Stand der modernsten Technik gebracht, ließe sich die Energieintensität um 23 Prozent verringern. Eine Senkung um weitere zwölf Prozent wäre durch den flächendeckenden Einsatz der besten überhaupt verfügbaren Technologien möglich. Eine mögliche Verbesserung der Emissionseffizienz wäre es beispielsweise, bei der Produktion von Salpetersäure auf Technologien umzustellen, die weniger Lachgas (N<sub>2</sub>O) anfallen lassen. So verursacht die katalytische Zersetzung von N<sub>2</sub>O bei hohen Temperaturen 70- bis 90-prozentig niedrigere Emissionen als konventionelle Verfahren. Diese Umstellung wurde beispielsweise in der EU und in China bereits weitgehend vollzogen, in Osteuropa und den USA jedoch gibt es noch ein großes Potenzial.



## Aluminium

Die Herstellung von Aluminium verschlingt 3,5 Prozent des weltweiten Stromverbrauchs und ist für drei Prozent der industriellen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Achtzig Prozent des Treibhausgasausstoßes, den die Branche verursacht, geht auf ihren Stromverbrauch zurück - die Erhöhung der Energieeffizienz gehört daher für die Aluminiumindustrie zu den wichtigsten Klimaschutzstrategien. Die Internationale Energieagentur schätzt, dass der Einsatz der besten verfügbaren Technologien den Energieverbrauch um zehn Prozent senken könnte. In der US-amerikanischen Aluminium-Branche wird fast das Dreifache dessen an Energie verbraucht, was theoretisch notwendig wäre. In der Herstellungskette - vom flüssigen Aluminium bis zum Endprodukt - gehen gegenwärtig 41 Prozent des anfangs eingesetzten Materials verloren. Geschlossene Lieferkettenkreisläufe und mehr lokales Recycling könnten einen Teil der weltweiten Materialtransporte überflüssig machen (und nebenbei die Lieferkette weniger anfällig machen für Folgen des Klimawandels). Die Nachfrage lässt sich senken, wenn zum Beispiel in der Bauwirtschaft gebrauchte Aluminiumteile wie Fensterrahmen, Verkleidungen und Lärmschutzwände wiederverwendet werden. Modulares Produktdesign verlängert die Lebensdauer von Produkten und verringert die Gesamtnachfrage nach Neumaterial.



## Zellstoff und Papier

Die wichtigste Quelle von Treibhausgasen in der Forstwirtschaft und der Zellstoffherstellung und -verarbeitung ist der Verbrauch von Treibstoffen und anderen Energieträgern. Allein die Papiertrocknung verschlingt die Hälfte der Energie, ein Drittel davon ließe sich durch Prozessverbesserungen einsparen. Große Effizienzverbesserungen sind möglich, wenn in Zellstoff- und Papiermühlen die Nebenprodukte des chemischen Holzaufschlusses genutzt werden. Weltweit gewinnt die Branche etwa ein Drittel ihres Energiebedarfs aus Biomasse (EU: 53 Prozent). Die Recyclingquoten ließen sich erhöhen (und damit Energieintensität und CO<sub>2</sub>-Ausstoß der gesamten Papierproduktion senken), wenn Druckfarben und Klebstoffe eingesetzt würden, die sich einfacher entfernen lassen. Die Verringerung des Papiergewichts für Zeitungen und Büromaterialien könnte die Papiernachfrage um 37

Prozent verringern. Weitere Potenziale böten sich durch eine Steigerung der Recyclingquoten (Europa: 70 Prozent, Nordamerika: 67 Prozent, Stand: 2011), vermehrtes Print-On-Demand oder evtl. die Umstellung auf E-Reader.

## Branchen-übergreifende Zusammenarbeit

Der Material- und Energieverbrauch ließe sich optimieren, wenn Unternehmen und Branchen der Primärindustrien stärker kooperieren würden. Durch die Einrichtung sogenannter Öko-Industrieparks oder -netzwerke könnten Herstellungsprozesse verschränkt und Infrastrukturen gemeinsam genutzt werden, was den Gesamtverbrauch von Rohmaterialien und das Gesamtabfallaufkommen verringern sowie die Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen erhöhen würde. Werden beispielsweise Abfälle oder industrielle Nebenprodukte als Input für die Zementindustrie genutzt, kann das zu Emissionssenkungen um 15 bis 20 Prozent beitragen. Liegen Städte und Gewerbegebiete nahe beieinander, können Siedlungsabfälle einfacher als Ressource genutzt werden. Dies kann die Nachfrage nach Primärprodukten (z. B. Erz) und entsprechend die Treibhausgasemissionen senken. Die Reinheit recycelten Materials (*urban mining*) ist oft sogar höher als die von Erz.

## Zusatznutzen

Maßnahmen für mehr Energieeffizienz bzw. für weniger Treibhausgasausstoß haben häufig positive Nebenwirkungen - sozial und ökonomisch oder auch für die Umwelt und die menschliche Gesundheit. Beispielsweise können sie die Kosten von Unternehmen senken und damit deren Wettbewerbsfähigkeit erhöhen, neue Geschäftsmöglichkeiten eröffnen und die Einhaltung von Umweltschutzvorschriften erleichtern, die Arbeitsbedingungen in den Firmen verbessern und die Sicherheit der Energieversorgung stärken. Weniger Schadstoffausstoß und kleinere Abfallmengen bedeuten auch geringere Krankheitsrisiken. Die Politik kann ökologische Innovationen stimulieren (beispielsweise durch Umweltschutzvorschriften) und Investitionen in effiziente Energietechnologien fördern. Dies trägt wiederum zur Schaffung von Arbeitsplätzen bei.

# Regionale Perspektiven



Der weltweite Treibhausgasausstoß der Industrie hat zwischen 2005 und 2010 um durchschnittlich 3,5 Prozent pro Jahr zugenommen. In Asien stiegen die Emissionen mit jährlich sieben Prozent am stärksten, im Nahen Osten und in Afrika waren es 4,4 Prozent und in Lateinamerika zwei Prozent pro Jahr. Im Gegensatz dazu sanken die Emissionen in den OECD-Staaten um jährlich 1,1 Prozent. In vielen Ländern war der Anstieg der Emissionen vor allem auf die Eisen- und Stahl-, Zement-, Zellstoff-, Papier- sowie Aluminiumbranche zurückzuführen. In den meisten der besonders armen Länder (*Least Developed Countries*) wuchs insbesondere der Ausstoß der Bergbau- und Rohstoffindustrie.

Der Welthandel hat einen starken Einfluss darauf, in welchen Ländern Produkte hergestellt werden - und somit auch darauf, wo die damit verbundenen Treibhausgase freiwerden. Betrachtet man die Emissionen danach, wo sie auftreten, dann haben Länder wie China, wo viele Produkte und Materialien hergestellt werden, einen besonders großen Anteil. Erfasst eine Statistik hingegen, wo Produkte letztlich konsumiert werden, ändert sich das Bild: Berücksichtigt man, woher die Nachfrage stammt, die für die mit einem Produkt verbundenen Emissionen verantwortlich ist, dann liegt der Anteil der wohlhabenden Industriestaaten höher.

Dank besserer Technologien konnte seit Mitte der neunziger Jahre in den großen Entwicklungs- und Schwellenländern wie China, Indien und Mexiko die Energieintensität der Industrie stark verbessert werden, dasselbe gilt für Transformationsökonomien wie Aserbaidschan und die Ukraine. Doch noch immer sind die Energiesparpotenziale in den Entwicklungs- und Schwellenländern größer als in den Industriestaaten. Während für erstere die möglichen Effizienzfortschritte durch einen breiten Einsatz der besten verfügbaren Technologien auf 30 bis 35 Prozent beziffert werden, liegen sie in den höher entwickelten Volkswirtschaften bei ungefähr 15 Prozent. Die Fähigkeit zu stärkeren Emissionsminderungen hängt in den *Least Developed Countries* stark davon ab, ob politische Strategien wirksam umgesetzt und staatliche Vorschriften tatsächlich durchgesetzt werden können, ob die Anwendung von Hocheffizienztechnologien in der Praxis gelingt und ob alternative Energieträger verfügbar sind.

Investitionen, die zur Anpassung an den Klimawandel und zur Minderung der Treibhausgasemissionen notwendig sind, sind in vielen Fällen rentabel.



# Fazit

Der Klimawandel stellt für Bergbau und Grundstoffindustrie ein erhebliches Risiko dar. Denn die damit verbundenen Extremwetterereignisse gefährden die Verfügbarkeit und Versorgungssicherheit mit Rohmaterialien, Wasser und Energie, aber auch Infrastrukturen und die Leistungsfähigkeit der Arbeitskräfte. Doch Unternehmen und Branchen können Vorsorge treffen. Sinnvoll ist unter anderem, die Energieeffizienz zu verbessern, in weniger störanfällige Infrastrukturen zu investieren, Versicherungen abzuschließen oder auch Recycling und die Wiederverwendung von Gütern auszuweiten.

Der Absatz von Produkten und Materialien der Grundstoffindustrie kann durch Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen sowohl positiv als auch negativ beeinflusst werden. Einerseits werden beispielsweise die zunehmende Gebäudedämmung, der Bau besserer Hochwasserschutzanlagen oder die Reparatur beschädigter Infrastrukturen zu einer steigenden Nachfrage führen. Andererseits sinkt die Nachfrage durch vermehrte Wiederverwendung und Recycling sowie durch verbesserte Gebrauchseffizienz.

Für unvorbereitete Unternehmen kann letzteres ein geschäftliches Risiko darstellen. Trotz dieser widersprüchlichen Entwicklungen dürfte aber insgesamt die Nachfrage steigen, dank der absehbaren Veränderungen bei Bevölkerung, Einkommen, Alter und Lebensstil. Die meisten Branchenszenarien gehen davon aus, dass die globale Nachfrage nach Industrieprodukten bis Mitte des Jahrhunderts um 45 bis 60 Prozent gegenüber 2010 zunehmen wird. Um vor diesem Hintergrund die Treibhausgasemissionen der Industrie zu senken, werden konzertierte Strategien vonnöten sein, die auf allen Stufen der Produktionskette die Effizienz verbessern.

Maßnahmen zur Emissionsminderung bieten für Unternehmen Gelegenheiten, Produktionsabläufe effizienter zu machen. Sie stimulieren Investitionen in branchenübergreifende Kooperationen und fördern Innovationen im Bereich der Produktion und des Produktdesigns. Investitionen in die Klimaanpassung oder zur Emissionssenkung sind in vielen Fällen rentabel. Sie können verwirklicht werden, sobald Hemmnisse wie der Mangel an Wissen und Fachkompetenz überwunden sind.

# Glossar

## ANPASSUNG

(engl.: *adaptation*) Der Prozess des Sich-Einstellens auf bereits eingetretene oder erwartete Klimaveränderungen und deren Folgen. Die Anpassung soll Schäden für die Menschheit mindern oder abwenden oder mögliche Chancen nutzen. Auch Ökosysteme können durch menschliche Eingriffe besser auf den Klimawandel und dessen Folgen vorbereitet werden.

## AR5

Das Kürzel AR steht für "Assessment Report", zu deutsch Sachstandsbericht. Seit 1990 hat der IPCC (zu deutsch Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) insgesamt fünf derartige Berichte veröffentlicht, die den aktuellen Stand der Forschung zum Klimawandel zusammenfassen. Der 2013/14 erschienene fünfte Sachstandsbericht wird abgekürzt als AR5.

## BIOMASSEABFÄLLE

Abfälle organischen Ursprungs (pflanzliche oder tierische Stoffe), ausgenommen Material, das in geologische Formationen eingeschlossen ist und zu fossilen Brennstoffen oder Torf umgewandelt wird.

## CO<sub>2</sub>-ÄQUIVALENT

Abgekürzt CO<sub>2eq</sub> Maßeinheit, um die Klimawirksamkeit von Treibhausgasen vergleichbar zu machen. Die Mengen anderer Treibhausgase (etwa von Methan) werden dabei umgerechnet in die Menge Kohlendioxid, die denselben Effekt für die Erderwärmung hätte. Eine Tonne Methan beispielsweise hat (über den Zeitraum von hundert Jahren) dieselbe direkte Treibhausauswirkung wie 28 Tonnen Kohlendioxid, eine Tonne Methan entspricht demnach 28 Tonnen CO<sub>2eq</sub>.

## EISENSCHWAMM

(engl.: *direct reduced iron*) Zwischenprodukt bei der Eisenproduktion, entsteht durch die sogenannte Direktreduktion, bei der anders als in klassischen Hochöfen (bei der Herstellung flüssigen Roheisens) nicht Koks als Reduktionsmittel eingesetzt wird, sondern

aus Erdgas gewonnenes Reduktionsgas.

## ERNEUERBARE ENERGIEN

Jede Art von Energie, die beispielsweise aus Sonnenstrahlung, Erdwärme oder biologischen Ressourcen gewonnen wird und sich durch natürliche Prozesse mit einer Geschwindigkeit erneuert, die der Nutzungsrate entspricht oder diese übertrifft.

## FOLGEN DES KLIMAWANDELS

Auswirkungen eines gewandelten Klimas auf ökologische und menschliche Systeme.

## GRUNDSTOFFINDUSTRIEN

Unter diesem Begriff versteht die Volkswirtschaftslehre jene Industriezweige, die sich mit der Gewinnung und Aufbereitung von Rohstoffen befassen, die später in der Verarbeitenden Industrie weiterverwendet werden. Die Extraktion und Rohbearbeitung natürlicher Ressourcen ist üblicherweise sehr energieintensiv. Für diese Publikation werden zu den Grundstoffindustrien neben dem Bergbau jene Branchen gezählt, die Zement, Eisen, Stahl, Chemikalien, Zellstoff, Papier und nicht-eisenhaltige Metalle fördern bzw. herstellen.

## KLIMAWANDEL

Jede bedeutende Änderung des Klimas, die während eines langen Zeitraums bestehen bleibt, in der Regel für Jahrzehnte oder mehr.

## LICHTBOGENOFEN

Elektrisch betriebener Ofen, in dem Stahl aus Stahlschrott erschmolzen (und dieser so recycelt) wird.

## PROJEKTION

Mögliche künftige Entwicklung einer Größe oder mehrerer Größen, häufig berechnet mithilfe eines Modells. Projektionen beinhalten Annahmen, deren Eintreten nicht sicher vorausgesagt werden kann, und gehen daher mit einem erheblichen Maß an Unsicherheit einher. Es handelt

sich bei ihnen deshalb nicht um Prognosen.

## RESILIENZ

Die Fähigkeit gesellschaftlicher, wirtschaftlicher oder ökologischer Systeme, ein bedrohliches Ereignis, eine gefährliche Entwicklung oder eine Störung durch eine Reaktion oder Neuorganisation auf eine Weise abzufedern, die die grundlegende Funktion, Identität und Struktur des Systems erhält.

## SAUERSTOFFBLASKONVERTER

Großvolumiger Reaktionsbehälter in einem Stahlwerk, in dem Sauerstoff durch geschmolzenes Roheisen geblasen wird. Durch chemische Reaktionen verringert sich der Kohlenstoffgehalt der Legierung und wird zu kohlenstoffarmem Stahl.

## SZENARIO

Plausible, oft vereinfachte Beschreibung künftiger Ereignisse, basierend auf einer Reihe von Annahmen u. a. über Antriebskräfte und wichtige Wechselbeziehungen.

## TRANSFORMATIONSÖKONOMIE

Volkswirtschaft, die sich von einer zentralen Plan- in eine freie Marktwirtschaft wandelt.

## TREIBHAUSGAS

Gasförmiger Stoff natürlichen oder menschlichen Ursprungs, der in der Erdatmosphäre Infrarot-Wärmestrahlung absorbieren und wieder abgeben kann. Die wichtigsten Treibhausgase sind Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Distickstoffoxid (Lachgas), Methan und Ozon. In ihrer Gesamtwirkung erhöhen sie den Wärmegehalt des Klimasystems.

## ZUSATZNUTZEN

Die positiven Effekte, die eine auf ein bestimmtes Ziel ausgerichtete Strategie oder Maßnahme auf andere Ziele hat.



*„Fortgesetzte Emissionen von Treibhausgasen werden eine weitere Erwärmung und Veränderungen in allen Komponenten des Klimasystems bewirken. Die Begrenzung des Klimawandels erfordert beträchtliche und anhaltende Reduktionen der Treibhausgasemissionen.“*

IPCC, 2013

## Rechtlicher Hinweis:

Diese Publikation wurde erarbeitet und herausgegeben von der European Climate Foundation (ECF), von Business for Social Responsibility (BSR), von der Judge Business School (CJBS) und dem Institute for Sustainability Leadership (CISL) der Universität Cambridge. Das Projekt wurde von der ECF initiiert und finanziert und vom CISL gefördert.

Die deutsche Ausgabe wird von klimafakten.de in Zusammenarbeit mit der Stiftung 2° und swisscleantech herausgegeben.

Die Reihe mit Zusammenfassungen, zu denen der vorliegende Bericht gehört, soll den Fünften Sachstandsbericht (AR5) des IPCC nicht in seiner Gesamtheit wiedergeben; es handelt sich nicht um offizielle IPCC-Dokumente. Die Zusammenfassungen wurden im Peer-Review-Verfahren durch Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft überprüft. Die englische Fassung ist die offizielle Version.

## Über uns:

Das Institute for Sustainability Leadership (CISL) der Universität Cambridge schafft Verbindungen zwischen Wirtschaft, öffentlicher Verwaltung und Wissenschaft, um Lösungen für entscheidende Herausforderungen im Bereich der Nachhaltigkeit zu finden.

CJBS möchte Veränderungsprozesse anstoßen. Zahlreiche unserer Akademiker sind führend in ihren Fachbereichen.

Das Business for Social Responsibility (BSR) ist ein weltweites Non-Profit Business-Netzwerk mit über 250 partizipierenden Firmen. Es entwickelt nachhaltige Business-Strategien und Lösungen durch Consulting, Forschung und sektorübergreifende Zusammenarbeit.

klimafakten.de vermittelt expertengeprüfte Basisinformationen zum Klimawandel in allgemeinverständlicher Sprache und kontert wissenschaftlich nicht haltbare Behauptungen. Die Website ist ein Projekt der European Climate Foundation (ECF) und der Stiftung Mercator.

Die Stiftung 2° ist eine Initiative von Vorstandsvorsitzenden, Geschäftsführern und Familienunternehmern. Ziel ist es, die Politik bei ihren Bemühungen zur Etablierung marktwirtschaftlicher Rahmenbedingungen für den Klimaschutz zu unterstützen und die Lösungskompetenz deutscher Unternehmer für den Klimaschutz zu aktivieren.

Der Wirtschaftsverband swisscleantech steht für eine nachhaltige und liberale Wirtschaftspolitik. Er vertritt die Stimmen der grünen Wirtschaft in der Schweiz.

## Weitere Informationen:

E-Mail: [redaktion@klimafakten.de](mailto:redaktion@klimafakten.de)  
[www.cisl.cam.ac.uk/ipcc](http://www.cisl.cam.ac.uk/ipcc)  
[www.klimafakten.de](http://www.klimafakten.de)  
[www.stiftung2grad.de](http://www.stiftung2grad.de)  
[www.swisscleantech.ch](http://www.swisscleantech.ch)  
[www.europeanclimate.org](http://www.europeanclimate.org)

**Vervielfältigung und Nutzung:** Die Materialien stehen zur allgemeinen Verfügung, um damit die Diskussion über den Fünften IPCC-Sachstandsbericht und seine Folgen für die Wirtschaft zu fördern. Sie werden unter der Creative Commons License BY-NC-SA veröffentlicht (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.de>)

Das Dokument kann unter folgendem Link heruntergeladen werden:  
[www.cisl.cam.ac.uk/ipcc](http://www.cisl.cam.ac.uk/ipcc)  
[www.klimafakten.de/ar5](http://www.klimafakten.de/ar5)  
[www.stiftung2grad.de](http://www.stiftung2grad.de)  
[www.swisscleantech.ch](http://www.swisscleantech.ch)