

Saubere Energie für China

Energie ist der Schlüssel zum Wohlstand, doch ihr Verbrauch steht oft in krassem Widerspruch zu einer nachhaltigen Entwicklung. So wird der aktuelle Wirtschaftsboom in China von starker Umweltverschmutzung begleitet. Schuld daran sind vor allem die Luftschadstoffe aus der Verbrennung von Kohle, Chinas Energiequelle Nummer eins. Mit dem China Energy Technology Programme (CETP) suchten das PSI und Forschungspartner nach Wegen aus dieser Schadstofffalle.

China wächst rasant und unaufhaltsam. Bereits 2004 verbrauchte das bevölkerungsreichste Land 55 % des weltweit produzierten Zements und 36 % der globalen Stahlproduktion. Seit 2001 hat sich Chinas Autobahnnetz mehr als verdoppelt und ist nun nach jenem der USA das zweitgrösste der Welt. Die Zahl der Personenwagen stieg seit 2000 von 6 auf rund 20 Millionen. Und China ist nicht allein. Auch Indien zeigt ein eindruckliches Wirtschaftswachstum. Läuft es so weiter, dürfte um 2050 China die USA hinsichtlich Bruttoinlandprodukt als grösste Wirtschaftsmacht ablösen. Indien wird vor Deutschland auf Platz drei rücken, obgleich das BIP pro Kopf beider Länder noch um Faktoren tiefer als das amerikanische liegen wird.

Gleichzeitig klafft in beiden Ländern eine schockierende Lücke zwischen Arm und Reich. 380 Millionen Inder leben mit weniger als einem Dollar pro Tag. Die Hälfte der Kinder leidet an Unterernährung. Zwei Dinge sollte man wissen: Der Energiehunger dieser bevölkerungsreichen Länder ist noch weitgehend ungestillt. Und ihre energiepolitischen Entscheide werden global grosse Folgen für die energetischen Ressourcen und das Klima haben.

Chinas Energiezukunft lässt sich nachhaltiger gestalten. Die Resultate des CETP zeigen, dass sich die nötigen Investitionen um ein Vielfaches lohnen. Und reduziert man lokal Luftschadstoffe, indem man Kohlekraftwerke durch Gaskraftwerke, Kernenergie und erneuerbare Energiesysteme ersetzt, sinkt auch der CO₂-Ausstoss – was aus globaler Sicht wichtig ist.

MIT EINLAGEBLATT

Inhalt

- 2 Wenn Atmen ungesund wird:
Kohle – Trumpf und schwarzer Peter zugleich
- 3 Raus aus der Schadstoff-Falle:
Dringend nötige Investitionen
- 4 Interview mit R. K. Pachauri:
«Höchste Zeit für wirksame Massnahmen gegen den Klimawandel»

Kohle – Trumpf und schwarzer Peter zugleich

Chinas Wirtschaftsboom baut auf Kohle. Sie deckt zwei Drittel von Chinas Primärenergieverbrauch und wird noch auf lange Sicht Energieträger Nummer eins bleiben. Die Hälfte dieser Kohle wird in Kraftwerken verbrannt und liefert drei Viertel von Chinas Strombedarf, der in den letzten Jahren sprunghaft gestiegen ist – ebenso wie der Erdölkonsum. Schon jetzt verbraucht China mehr Kohle als die USA, Europa und Japan zusammen – allein 2004 und 2005 jeweils 14 % mehr als im Vorjahr.

Bild: bab.ch/photomontep

Die Luftverschmutzung in China ist besonders gravierend, weil die Bevölkerungsdichte in Industriegebieten markant höher ist als in der Schweiz und so mehr Leute direkt betroffen sind.

Die globale Dimension: CO₂

Die Emissionen haben nicht nur regionale Folgen. China verursacht rund ein Fünftel der weltweiten Luftverschmutzung mit Schwefel, der am meisten zu den lokalen Gesundheitsschäden beiträgt. Durch die Verbrennung fossiler Energien stösst China aber auch rund 17 % der weltweiten CO₂-Emissionen aus und trägt so bereits wesentlich zum Klimawandel bei. Die USA und China sind zusammen für etwa 40 % des globalen CO₂-Ausstosses verantwortlich. Heute führen die USA die Emissionsrangliste an. Mit rund 20 t CO₂ pro Kopf und Jahr ist jeder Amerikaner für rund sechsmal mehr CO₂-Emissionen verantwortlich als ein Chinese. Nach heutigen Trends werden die gesamten US-Emissionen in den nächsten 20 Jahren um ein weiteres Drittel ansteigen, während sich jene Chinas verdoppeln. Im Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen wird gewarnt: «Warten wir auf letzte Sicherheit, bevor wir etwas gegen den Treibhauseffekt tun, riskieren wir, dass wir die schlimmsten Folgen nicht mehr abwenden können.» Die Begrenzung

Partikel (Feinstaub): Winzige Partikel (kleiner als 2,5 µm) sind noch gefährlicher als grössere (PM₁₀); man unterscheidet zwischen primären (direkt von der Emissionsquelle) und sekundären Partikeln (Sulfate, Nitrate und Kohlenstoff, entstehen in der Atmosphäre aus SO₂, NO_x und unverbrannten Kohlenwasserstoffen).

Schwefeldioxid SO₂: Als Vorläufer von Sulfaten Hauptverursacher chronischer und akuter Krankheiten; verursacht Ernte- und Ökosystemschäden durch saure Böden.

Stickoxide NO_x: Vorläufer von Nitrat; fördern auch die Bildung von bodennahem Ozon (greift Pflanzen und Atemwege an).

Ammoniak: Spielt eine zentrale Rolle bei der Bildung von gefährlichen sekundären Partikeln (Ammoniumnitrat und -sulfat).

Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O, etc.): Verantwortlich für Treibhauseffekt und Klimawandel.

Jede Woche geht ein neues chinesisches Kohlekraftwerk in Betrieb, das Strom für Hunderttausende von Haushalten liefert. Was da aus unzähligen Schloten raucht, belastet Luft, Wasser und Boden, verursacht enorme Gesundheits-

Die USA und China sind zusammen für etwa 40 % des globalen CO₂-Ausstosses verantwortlich

schäden und verkürzt die Lebenserwartung der Bevölkerung. Ökosysteme versauern und Ernteerträge sinken, Kosten für Medikamente und Spitalaufenthalte steigen. Zusammen mit Arbeits- und Einkommensausfällen sind diese Schadenskosten eine grosse Belastung für die Volkswirtschaft – sie entsprechen etwa 6 bis 7 Prozent des BIP.

des bereits sichtbaren Schadens ist also dringend geboten. Darüber hinaus Gehendes ist zum jetzigen Zeitpunkt ohnehin nicht mehr möglich. Und weiter: «Für erfolgreiche Strategien gegen den Treibhauseffekt ist ein nachhaltiges Wirtschaftswachstum wesentlich.» Die Unterzeichner der UN-Konvention, Industrie- wie Entwicklungsländer, teilen diese Ansicht. Doch über die jeweiligen Schwerpunkte möglicher Nachhaltigkeits-Strategien ist man unterschiedlicher Meinung.

Unterschiedliche Prioritäten

Der Treibhauseffekt ist ein sehr ernstes, globales Problem und gehört als solches angepackt. Die Entwicklungsländer weisen zu Recht darauf hin, dass die Industrieländer weitaus mehr zu seiner Entstehung beigetragen haben. Zudem hätten sie mehr Mittel, um Abhilfe zu schaffen. Die Industrieländer sehen Umweltschutz als integralen Teil der allgemeinen Entwicklungsziele. Entwicklungs- und Nachhaltigkeitsaspekte sollen dabei gleichermaßen berücksichtigt werden. In Ländern wie China und Indien schenkt man den lokalen und regionalen Problemen zwar zunehmend Beachtung – die Verschmutzung von Luft, Wasser und Böden und ihre schlimmen Folgen sind unübersehbar. Weitaus weniger Priorität haben hingegen globaler Umweltschutz, globale Erwärmung und Klimawandel – genau die Themen, die bei uns oben auf der Energie-Agenda stehen.

	Einheit	Jahr	Schweiz	EU25	USA	China	Indien	Welt
Gesamtfläche	Mio. km ²		0,04	4	9,3	9,6	3,3	149
Bevölkerung	Mio.	2006	7,5	461	298	1'314	1'095	6'600
Bruttoinlandprodukt (BIP)	Mrd. US \$	2005	364	13'927	12'439	2'279	749	44'168
BIP/Kopf	US \$/Kopf	2005	48'845	30'473	41'917	1'411	678	6'851
Wirtschaftswachstum	%/Jahr	2004	2,3	2,4	4,4	9,5	6,5	4,8
Primärenergieverbrauch	Mio. t Öl-Äq	2004	29	1'719	2'332	1'386	376	10'224
Primärenergieverbrauch pro Kopf	GJ/Kopf & Jahr	2004	162	158	333	44,7	14,8	67,2
Primärenergieverbrauch Kohle	Mio. t Öl-Äq	2004	0,1	307	564	957	205	2778
Kohle im Primärenergieverbrauch	%	2004	0,3	17,9	24,2	69	54,5	27,2
Installierte el. Leistung	GW _{el}	2004	17,4	660	942	391	131	3'736
Stromproduktion	TWh/Jahr	2004	63,5	2'980	3'979	2'080	631	16'599
Zuwachs Stromverbrauch	%/Jahr	2004	1,9	1,7	1,6	15,2	5,3	4,3
CO ₂ -Emissionen gesamt	Mio. t/Jahr	2004	41	3'789	5'912	4'707	1'113	27'044
CO ₂ -Emissionen/Kopf	t/Kopf & Jahr	2004	5,5	8,3	20,2	3,6	1	4,2
SO ₂ -Emissionen gesamt	Mio. t/Jahr	2000	0,019	8,7	16,5	20	5	98
SO ₂ -Emissionen/Kopf	kg/Kopf & Jahr	2000	2,6	19,2	58,5	15,8	5	16,1

Dimensionen und Anteile: Industrie- und Schwellenländer im Vergleich.

Dringend nötige Investitionen

Die einseitige Stromwirtschaft Chinas lässt sich so umformen, dass sie deutlich klimafreundlicher wird, das Wirtschaftswachstum unterstützt und zugleich die Umwelt schont. Was nachhaltige Stromversorgungsstrategien kosten, zeigen die Forschungsergebnisse des PSI für die Provinz Shandong: Deutlich weniger, als die Schäden ohne Verbesserungsmaßnahmen kosten würden.

Schon mit bescheidenen Investitionen in Filter und moderne Kohletechnologie kann man die SO₂-Emissionen deutlich senken, ebenso durch die Verwendung von Kohle mit tiefem Schwefelgehalt. Neue effizientere Kohlekraftwerke sparen Kohle und damit automatisch etwas an CO₂-Emissionen ein. Erheblich mehr CO₂ lässt sich ökonomisch verträglich mit Investitionen in Erdgas, vor allem aber Kernenergie und Wasserkraft reduzieren. So senkt man gleichzeitig den Ausstoß von SO₂, NO_x und Partikeln. Allein die durch diesen erfreulichen Nebeneffekt einer klimafreundlichen Politik gesparten Kosten an Gesundheitsschäden übersteigen die direkten Kosten aller obigen Massnahmen.

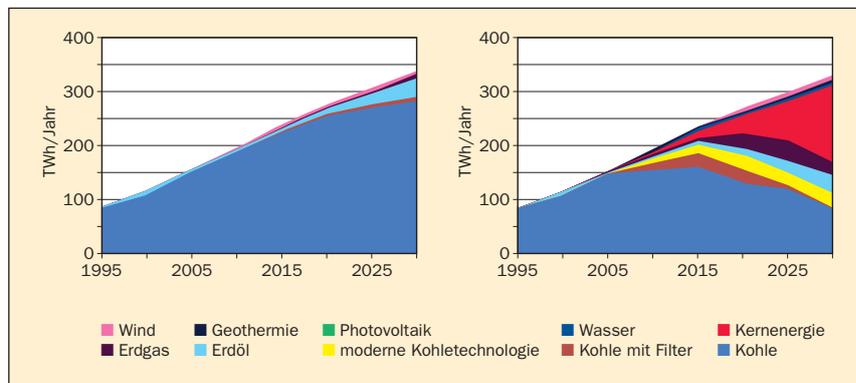
Gemeinsam mit Chinas Stakeholdern Solche und viele andere Ergebnisse wurden im China Energy Technology Program (CETP) erarbeitet (siehe Einlageblatt). Erstmals untersuchten Industrie, Wissenschaft und zentrale chinesische Interessensvertreter gemeinsam, wie Chinas Energieversorgung gleichermaßen ökologisch, wirtschaftlich und

sozial verträglicher gestaltet werden kann. Die detaillierte Modellierung zukünftiger Stromversorgungs-Szenarien konzentrierte sich dabei auf die Provinz Shandong – mit ihrer Bevölkerung von ca. 90 Mio. auf 160'000 km² eine der hochindustrialisierten und energieintensivsten Regionen Chinas. Shandongs Stromversorgung basiert fast gänzlich auf Kohle. Für die Entwicklung von Wasserkraft gibt es kein nennenswertes Potenzial, und die Bedingungen für Photovoltaik oder Strom aus Biomasse sind ungünstig.

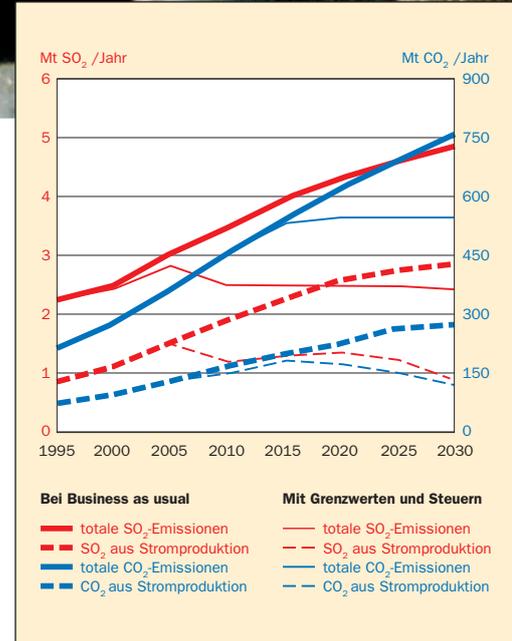
Umweltschäden kosten stets mehr als saubere Energie

Ein trauriges Inventar

Zuerst erfasste man die heutigen Emissionen der Kohlewirtschaft. Daraufhin wurden ihre Ausbreitung und chemische Umwandlung simuliert und die gesundheitliche Belastung der Bevölkerung berechnet. Es zeigt sich ein besorgniserregendes Bild: Jedes Jahr gehen in China rund 9 Mio. Lebensjahre verloren, weil Menschen wegen der Luftverschmutzung erkranken und frühzeitig sterben. Wächst der Stromsektor samt Emissionen so weiter, wären die Folgen verheerend (siehe Einlageblatt).



Stromversorgungsszenarien für Shandong: Beide setzen eine für China schwach steigende Stromnachfrage (5 %/Jahr) und stabile Preise für fossile Energieträger voraus. Links die Entwicklung bei «Business as usual», rechts mit Emissionsgrenzwerten und Steuern auf CO₂ und SO₂. Die Diversifikation in sauberere Technologien wird deutlich gefördert. (Quelle: PSI, Kypreos et al.)



CO₂ und SO₂-Emissionen für Shandong: Gleiche Rahmenbedingungen wie Grafik unten. (Quelle: PSI, Kypreos et al.)

Emissionen vermeiden ist billiger

Die Entscheidungsträger in der Stromwirtschaft haben es in der Hand, diese gravierenden Folgen zu vermeiden. Politisch verantwortungsbewusstes Handeln hiesse, tiefe Emissionsgrenzen zu setzen und zu kontrollieren, sowie Steuern auf Brenn- und Treibstoffe zu erheben. Das begünstigt die Diversifikation der Stromproduktion. Für Shandong bedeutet das neben dem heutigen Kohle-Mix nicht nur modernere Kohletechnologien, sondern auch mehr Erdgas, Kernenergie und Wind, und für China allgemein auch mehr Wasserkraft. Die Zinsraten und Brennstoffkosten bestimmen, wann welche «neue» Technologie wie viel der Produktion übernehmen kann. Tiefe Zinsraten begünstigen kapitalintensive Technologien wie Kernenergie und Wasserkraft, hohe Zinsen eher Gas.

In den Modellen kombinierte man deshalb Emissionsgrenzwerte und Steuern für Treibhausgase und Schwefeldioxid mit verschiedenen Szenarien für die Entwicklung von Wachstum, Nachfrage, Brennstoff- und Kapitalkosten. So fand man die kostengünstigsten Lösungen je nach Szenario und Rahmenbedingungen. Für alle gilt: Sämtliche Kosten für sauberere Energie in China sind immer noch viel tiefer als die Umweltschäden ansonsten kosten würden.

«Höchste Zeit für wirksame Massnahmen gegen den Klimawandel»



Dr. Rajendra K. Pachauri ist Vorsitzender des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) und Generaldirektor des indischen Energy and Resources Institute

(TERI). Lange Jahre war er in Forschung und Lehre sowie als Berater der indischen Regierung in Energiefragen tätig. Heute setzt er sich als Verwaltungsrat in der nationalen und internationalen Energiewirtschaft und in mehreren NGOs im Bereich Energie und Umwelt für nachhaltige Entwicklung ein.

Warum sollte der weltweite Temperaturanstieg – aus globaler Sicht – sehr ernst genommen werden?

Die wissenschaftlichen Belege für den menschlichen Einfluss auf das Klima der Erde sind mittlerweile so eindeutig, dass das menschliche Verhalten geändert werden muss. Die Folgen des Klimawandels sind bereits sichtbar und sie haben eine Vielzahl nachteiliger Effekte, die das Wohlergehen des Menschen und aller Lebensformen auf der Erde negativ beeinflussen können. Die Abschwächung des Klimawandels und die Anpassungen an unvermeidliche Auswirkungen dienen auch den Zielen der nachhaltigen Entwicklung – einem Weg, den die Menschheit beschreiten muss. Andernfalls würden diese und folgende Generationen sehr grosse Schwierigkeiten haben, ihre Grundbedürfnisse zu befriedigen.

Und aus Sicht der Schweiz?

Abgesehen von den genannten Gründen würden Veränderungen im Wasserkreislauf und das rasche Abschmelzen der Gletscher nicht nur ökonomische Folgen haben, sondern könnten auch in der Schweiz ernste Auswirkungen auf Ökosysteme nach sich ziehen.

Seit Jahren schon warnt die Wissenschaft vor CO₂-Emissionen und der globalen Erwärmung. Die Allgemeinheit reagiert jedoch eher passiv. Warum?

Diese Einstellung verändert sich. In mehreren Teilen der Welt gibt es mittlerweile eine Bereitschaft, harte Massnahmen gegen die Bedrohung der globalen Erwärmung zu treffen. Ein gutes Beispiel dafür sind die kürzlich von der kalifornischen Regierung getroffenen Massnahmen, welche die Treibhausgasemissionen (THG) weit stärker als erwartet einschränken werden. Wir brau-

chen auch Entscheidungsträger, die eine Führungsrolle übernehmen und die Gesellschaft in die gewünschte Richtung lenken, was leider in einigen Teilen der Welt bisher gefehlt hat.

Können CO₂-Reduktionen und die nötigen Investitionen in einem Land, in dem 20% der Bevölkerung an Unterernährung leiden, überhaupt ein Thema sein?

CO₂-Reduktionen und die dazu gehörenden Investitionen sind in einem Land wie Indien nur akzeptabel, wenn die entwickelten Staaten wirksame Massnahmen zur Reduktion der CO₂-Emissionen treffen würden – leider war das bisher nicht der Fall. Auch der Technologietransfer in die Entwicklungsländer sollte vereinfacht werden, sodass Massnahmen ohne zusätzliche Kosten und mit Vorteilen für die lokale Umwelt umgesetzt werden könnten.

Die nächsten 20 bis 25 Jahre bringen wahrscheinlich eine deutliche Veränderung der globalen Energieversorgung

Würden Sie zustimmen, dass aus Sicht der Entwicklungsländer Sekundärnutzen der Klimaschutzpolitik wichtiger sein können als der primäre Vorteil?

Auf jeden Fall. Für einige Entwicklungsländer können sekundäre Vorteile der Klimaschutzpolitik sogar attraktiver sein als die Reduktion der THG an sich. Aus diesem Grund sollten die entwickelten Länder eher helfen, die Luftverschmutzung zu reduzieren und nicht Druck auf die Entwicklungsländer ausüben, die THG zu verringern. Die Re-

duktion von THG wäre dann ein daraus folgender Nutzen, welcher einem globalen Ziel dient.

Wie können entwickelte Nationen und Entwicklungsländer in Klimafragen kooperieren?

Eine Kooperation kann nur dann funktionieren, wenn die entwickelten Staaten ernsthafte und ausreichende Massnahmen zur Reduktion der THG treffen, wofür es heute nur unzureichende Zeichen gibt. Ihrer Glaubwürdigkeit wäre es auch sehr zuträglich, wenn sie den Entwicklungsländern helfen würden.

Ist der Klimawandel eventuell nicht nur eine Bedrohung, sondern auch eine Chance?

Ja. Massnahmen zur Abschwächung des Klimawandels könnten dazu genutzt werden, eine nachhaltige Entwicklung voranzutreiben – ein Wechsel von fossilen Energieträgern hin zu erneuerbaren Energien wäre z.B. wünschenswert.

In welcher Rolle sehen Sie erneuerbare Energien und die Kernenergie im Kampf gegen den globalen Klimawandel? In Industriestaaten wie auch in Entwicklungsländern wie Indien?

Die Rolle von Erneuerbaren und Kernenergie muss zwangsläufig wichtiger werden. In Industrieländern werden sie wahrscheinlich höhere Beiträge leisten. Auch in den grösseren Entwicklungsländern werden die Beiträge von Erneuerbaren und Kernenergie sicherlich wachsen, aber die meisten Entwicklungsländer werden keinen Zugang zur Kernenergie haben. Die nächsten 20 bis 25 Jahre bringen wahrscheinlich eine deutliche Veränderung der globalen Energieversorgung.

Impressum

Energie-Spiegel ist der Newsletter des PSI zur ganzheitlichen Betrachtung von Energiesystemen (Projekt GaBE). Er erscheint alle vier Monate. Beiträge zu dieser Ausgabe von Dr. Stefan Hirschberg und Christian Bauer.

ISSN-Nr.: 1661-5093

Auflage: 15 000 Ex. Deutsch, 4000 Ex. Französisch, 800 Ex. Englisch
Bisherige Ausgaben als Pdf (D, F, E):
<http://gabe.web.psi.ch/>

Verantwortlich für den Inhalt:

Paul Scherrer Institut
Dr. Stefan Hirschberg
5232 Villigen PSI, Schweiz
Tel. 056 310 29 56, Fax 056 310 44 11
stefan.hirschberg@psi.ch
www.psi.ch/GaBE

Redaktion: Ruth Schmid, Christian Bauer

Verteilung und Subskription:
renate.zimmermann@psi.ch

Layout: Christoph Schütz

Energiesystem-Analysen am PSI: Ziel der Energiesystem-Analysen am Paul Scherrer Institut, Villigen, ist eine umfassende und detaillierte Beurteilung heutiger und zukünftiger Energiesysteme. Betrachtet werden neben Technologien insbesondere gesundheitliche, ökologische und ökonomische Kriterien. Auf der Basis von Life Cycle Assessment (LCA), energiewirtschaftlichen Modellen, Risikoanalysen, Schadstoff-Ausbreitungsmodellen und schliesslich einer Multikriterien-Analyse ist es möglich, unterschiedliche Energieszenarien zu vergleichen, um Grundlagen für politische Entscheidungen zu schaffen.

Zusammenarbeiten mit:

ETH Zürich; EPF Lausanne; EMPA; Massachusetts Institute of Technology (MIT); University of Tokyo; Europäische Union (EU); International Energy Agency (IEA); Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD); Organisation der Vereinten Nationen (UNO)

Luftverschmutzung mit dramatischen Folgen

Hohe Luftschadstoffkonzentrationen können eine tödliche Belastung für Herz/Kreislauf und Lunge sein. Sie verursachen vorwiegend chronische Krankheiten wie Bronchitis und Asthma, aber auch Krebs. Sie verringern irreparabel das Lungenwachstum bei Kindern und reduzieren die Lebenserwartung der Bevölkerung.

Allein die Gesundheitskosten, die dem chinesischen Kraftwerkssektor zuzuschreiben sind, betragen 7,3 US cents pro kWh – ungefähr das Doppelte der Stromgestehungskosten. Die Grafik links zeigt die durch Luftemissi-

onen (alle Emissionen aus allen Sektoren) in China jährlich verlorenen Lebensjahre. Eine Gitterzelle entspricht ungefähr 2500 km². In Shandong erreichen die verlorenen Lebensjahre (YOLL, siehe Kasten) pro Gitterzelle und Jahr über 8000, in grossen Teilen Chinas sind es 1000 bis 5000 YOLL. Für ganz Shandong sind es jedes Jahr etwa 1,1 Mio. YOLL, d.h. rund 12 % der gesamten Verluste Chinas, die gut 9 Mio. Lebensjahre betragen.

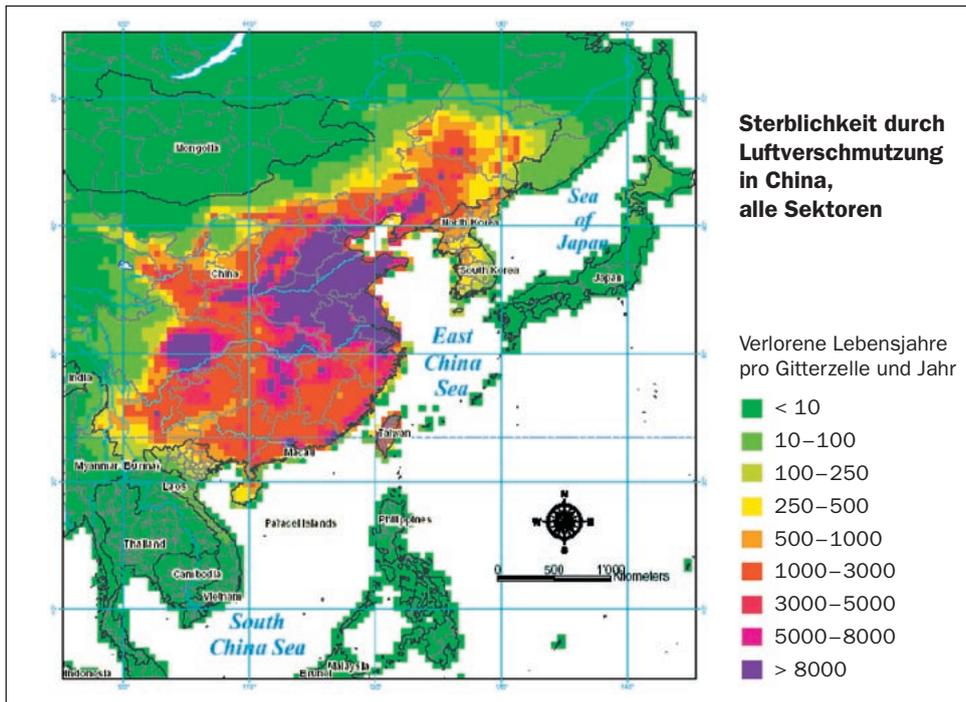
Interne und externe Stromkosten

Je nachdem, wo ein Kohlekraftwerk steht, können die externen Kosten durch Gesundheits- und Umweltschäden bis zu 7-mal höher als die Produktionskosten (interne Kosten) ausfallen (Grafik rechts): Heze liegt im Landesinnern und hat eine hohe Bevölkerungsdichte. Weihai hingegen liegt an der Küste, wo nur ein Teil der Emissionen die Bevölkerung belastet. Würde das Werk in Jinan im Landesinnern schwefelarme Kohle verwenden, sanken die externen Kosten. Rauchgasreinigung verbessert die Situation weiter. Am umweltfreundlichsten und günstigsten

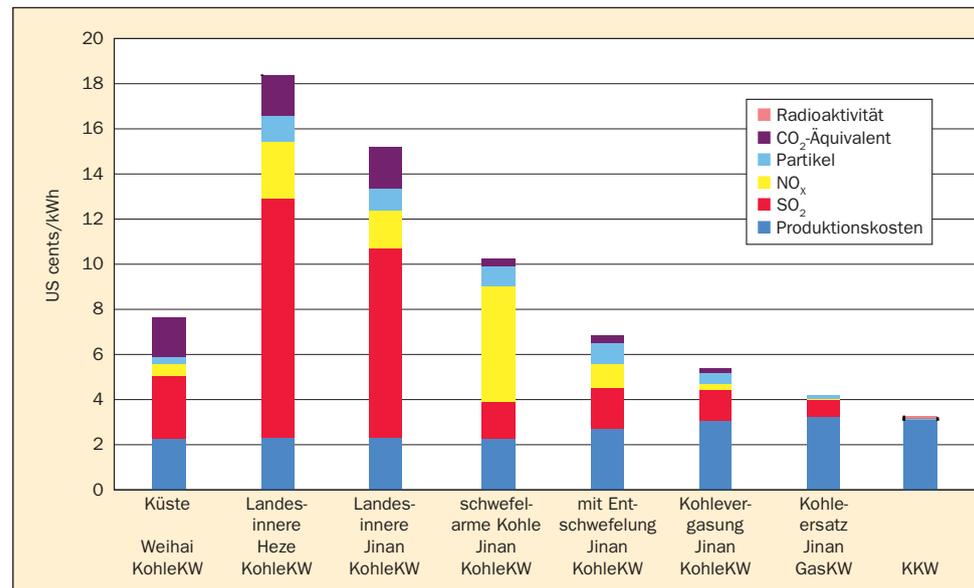
Wie misst man Gesundheitsschäden?

Einer der wichtigsten Indikatoren für menschliche Gesundheit ist die Lebenserwartung. Um Gesundheitsschäden zu messen, verwendet man das Mass YOLL (Years of Life Lost), d.h. verlorene Lebensjahre. Manche Opfer sterben verfrüht aufgrund akut hoher Luftschadstoffkonzentrationen. Durch Luftschadstoffe gehen jedoch die meisten Lebensjahre wegen langjähriger Belastungen verloren. Die individuell verkürzten Lebenserwartungen werden zu totalen YOLL für die ganze Bevölkerung aufsummiert.

ist Kohle, wenn sie vor der Verstromung in Gas umgewandelt wird. Noch weniger Gesamtkosten bringt ein Ersatz durch Erdgas, am wenigsten Gesundheitsschäden verursacht Kernenergie. Die Produktionskosten steigen bei umweltfreundlichen Lösungen im Vergleich zu den Gesamtkosten nur wenig.



Heutige Mortalität durch Chinas Luftemissionen, alle Sektoren. (Quelle: PSI, Hirschberg et al.)



Totale Stromkosten je nach Standort und Technologie. (Quelle: PSI, Hirschberg et al.)

Schwefeldioxid: Auch die Natur wird sauer

SO₂-Emissionen verbinden sich in der Luft mit Wassertropfchen und fallen als saurer Regen zurück auf die Erde. Dieser zerfrisst Gebäudefassaden, kann Ernteerträge verringern und zu Wald- und Fischsterben führen.

Ein Ökosystem kann bis zu einem kritischen Punkt Säure aufnehmen. Ist dieser erreicht, nimmt die Versauerung ihren zerstörerischen Lauf. Gegenwärtig ist ein Viertel von China hohen Versauerungsrisiken ausgesetzt. Nur mit starken Kontrollmechanismen für SO₂-Emissionen lässt sich bis 2030 ein Ansteigen der gefährdeten Fläche auf 40 % verhindern,

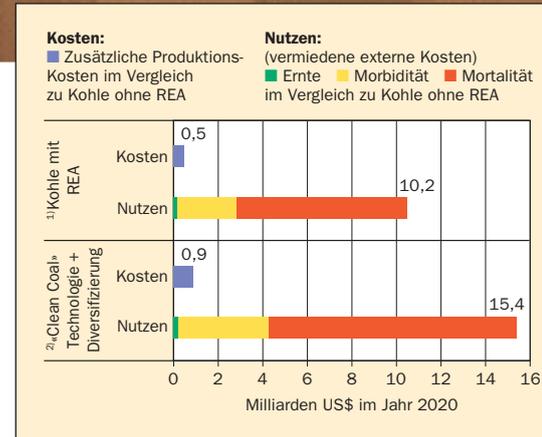
und trotz des vorausgesagten starken Wirtschaftswachstums die Schadensfläche auf 15 % begrenzen. Hohe Kontrolle der Emissionen heisst auch: 13 Mrd. US\$ Zusatzkosten pro Jahr für ganz China im Vergleich zu «Business as usual».

Mässige Kosten, hoher Nutzen

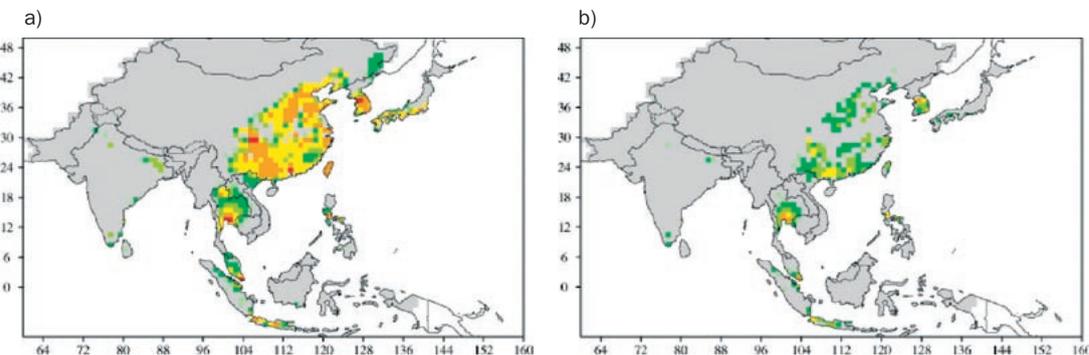
Der Vergleich der zusätzlichen Produktionskosten mit dem Nutzen durch vermiedene externe Kosten spricht aber ganz klar für saubere Stromerzeugungstechnologien.

Kraftwerke mit entschwefelter Kohle oder Kombikraftwerke mit integrierter Kohlevergasung produzieren zwar ihren Strom (interne Kosten) etwas teurer als konventionelle Kraftwerke, die mit pulverisierter Kohle arbeiten. Doch der Nutzen von umweltfreundlichen «Clean-Coal»-Anlagen ist mehr als zehnmals grösser als ihre Mehrkosten in der Produktion im Vergleich mit vermeintlich billigen, aber schmutzigen Technologien: Krankheiten und vorzeitige Todesfälle nehmen ab, Ernteerträge steigen.

In der Schweiz gibt es zwar im Stromsektor kaum externe Kosten zu vermeiden – im Verkehr- und Wärmebereich aber sehr wohl! Mit einer umweltfreundlichen Energieversorgung liessen sich hier jährlich rund 400 Mio. Franken Schadenskosten vermeiden (siehe auch ES-10).



Kosten-Nutzen Analyse (ohne CO₂-Schadenskosten!) für zwei Stromversorgungsszenarien in Shandong (2020), im Vergleich zu einem Szenario, das weiterhin auf der Nutzung von Kohle ohne Rauchgasentschwefelung (REA) basiert. Die sauberen Szenarien sind: 1) konventionelle Kohle mit REA, 2) Verbesserung/Erneuerung der aktuellen Kraftwerksgeneration durch Stilllegung alter Kraftwerke und Nachrüstung (REA) zusammen mit «Clean-Coal»-Technologien, Nutzung von Kernenergie und Erdgas. (Quelle: PSI, Hirschberg et al.)



Versauerungsszenarien für China, 2020: Regionen mit überkritischer Schwefelbelastung a) bei geringen Kontrollmassnahmen, b) bei hohen Kontrollmassnahmen. Graue und hellgrüne Regionen leiden unter geringer Belastung, dunkelrote unter sehr hoher Belastung. (Quelle: PSI, Hirschberg et al.)

Interdisziplinäre und internationale Partnerschaft ABB Corporate Research finanzierte und ermöglichte so das CETP. Die PSI-Studien erfolgten im Rahmen der Alliance for Global Sustainability in Zusammenarbeit mit: ETH Zürich und Lausanne, Energy Research Institute und Tsinghua Universität in Beijing, University of Tokyo, ABB China in Beijing und Jinan sowie MIT in Cambridge.

Stakeholderbeteiligung Die Beteiligung der wichtigsten Interessensvertreter in China war von zentraler Bedeutung. Sie umfasste in Beijing: Chinese Academy of Sciences, Development Research Center of State Council, Ministry of Science and Technology, State Environmental Protection Administration, State Power Corporation, The Administrative Center for China's Agenda 21; in Jinan: Shandong Economic and Trade Commission, Shandong Electric Power Group Corporation, Shandong Environmental Protection Bureau.

Literaturhinweis Integrated Assessment of Sustainable Energy Systems in China – The Energy Technology Program (2003). A. Eliasson & Y.Y. Lee (ed.); Kluwer Dordrecht, Boston, London, ISBN 1-4020-1198-9, mit interaktiver CD und Film (siehe auch <http://gabe.web.psi.ch/projects/cetp/index.html>)