

Martin Zerta | Werner Zittel | Jörg Schindler | Hiromichi Yanagihara

# AUFBRUCH UNSER ENERGIE- SYSTEM IM WANDEL

Der veränderte Rahmen  
für die kommenden  
Jahrzehnte

FinanzBuch Verlag

# 1. ENERGIEN HEUTE, ENERGIEN MORGEN

*»The world's energy system is at crossroads. Current global trends on energy supply and consumption are patently unsustainable – environmentally, economically, socially. But that can – and must – be altered; there's still time to change the road we're on. It is not an exaggeration to claim that the future of human prosperity depends on how successfully we tackle the two central energy challenges facing us today: securing the supply of reliable and affordable energy; and effecting a rapid transformation to a low-carbon, efficient and environmentally benign system of energy supply. What is needed is nothing short of an energy revolution.«*

Internationale Energieagentur, World Energy Outlook 2008

## Peak Fossil

### Peak Oil ist jetzt

In den letzten Jahren ist der Ölpreis um den Faktor Zehn gestiegen, während die Ölförderung selbst seit 2005 nicht mehr ausgeweitet werden kann. Die Förderraten in den großen und wichtigen Ölregionen beginnen zurückzugehen, und der Anschluss von kleineren, schwer zugänglichen Ölfeldern und unkonventionellen Quellen wie Teersanden und Tiefseeöl kann nicht schnell genug ausgeweitet werden – auch unter dem Einsatz immer besserer Technologie. Nachdem 2000 die europäische Förderung ihren Höhepunkt erreicht hat, konnten auch die OPEC-Staaten im

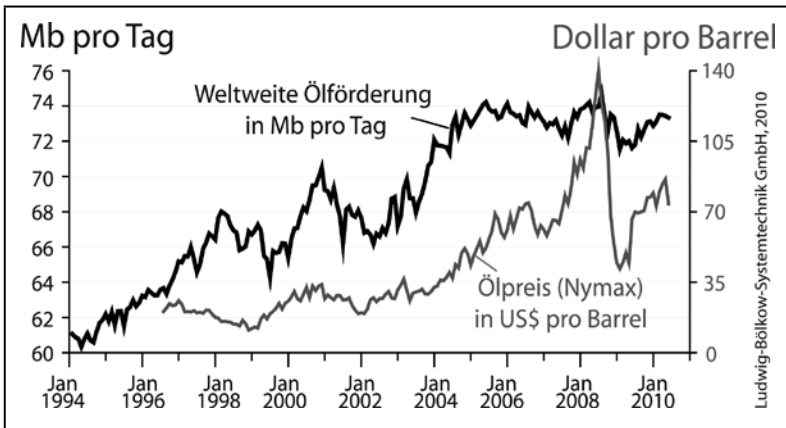


Abbildung 1: Weltweite Ölförderung und Ölpreis

[EIA 2010]

Mittleren Osten ihre Ölexporte nicht mehr nennenswert ausweiten. Seit 2005 ist ein Förderplateau von unter 74 Millionen Barrel Öl pro Tag erreicht. Obwohl sich zwischen 2005 und 2008 der Rohölpreis nochmals verdoppelte, konnte die Förderung nicht ausgeweitet werden. Im Gegenteil, in Saudi-Arabien, dem weltgrößten Ölförderland, ging die Förderung sogar zurück. Abbildung 1 fasst die weltweite Förderung von Rohöl (crude oil and least condensates) und die Entwicklung des Ölpreises in den letzten Jahren zusammen. Diese beinhalten nicht den Beitrag von Flüssiggasen (NGLs), biogenen Kraftstoffen und Raffineriegewinnen (all liquids).

### Energieträger sind nicht addierbar und austauschbar

Das Aufaddieren verschiedener Energieträger wie Öl, Gas, Kohle, Nuklearenergie, Biomasse und auch erneuerbarer Strom ist irreführend und nicht zielführend.

Am Beispiel des Verkehrs, der zu 95 Prozent vom Öl abhängig ist, kann dies einfach veranschaulicht werden. Benzin- und Dieselantriebe von PKWs oder LKWs können nicht einfach durch Kohle- oder Nuklearener-

gie ersetzt werden. Auch regenerativer Strom kann für den bestehenden Fuhrpark kein einfaches Substitut sein. Neue Fahrzeugantriebe und neue Infrastrukturen müssen hierfür errichtet werden.

## Peak Oil leitet den Peak aller fossilen Brennstoffe ein

Ganz entgegen dem Eindruck, den die scheinbar riesigen Mengen an existierenden Ressourcen vermitteln, wird die weltweite Förderung von fossilen und nuklearen Brennstoffen höchstwahrscheinlich schon bis Ende dieses Jahrzehnts ihren Höhepunkt erreicht haben. Dieser Wendepunkt, wird eine grundlegende strukturelle Veränderung einleiten: Die erwarteten Folgen von »Peak Oil« (bereits eingetreten) und »Peak Gas« (bis 2020) werden zu einem rasanten Abschwung in der konventionellen Energiebereitstellung führen – mit drastischen Rückkopplungen und Auswirkungen auf die Weltwirtschaft und die Gesellschaft.

Abbildung 2 zeigt die historische Förderung von Öl, Gas, Kohle und Nuklearenergie zwischen 1920 und 2006 und gibt einen Ausblick auf die zu erwartende weltweite Förderung bis 2100. Der weltweite Energiebedarf bis 2030, wie er von der Internationalen Energieagentur (IEA) im World Energy Outlook (WEO) 2009 beschrieben wird, wird weiter steigen; trotz absteigenden Kurven wird die Notwendigkeit einer steigenden Förderung aus diesen Energiequellen sichtbar [WEO 2009]. Wir erwarten jedoch, dass unser heutiges konventionelles Energiesystem dieses Wachstum nicht ermöglichen kann und wird. Spätestens zu Beginn des nächsten Jahrzehnts wird die gesamte Energiebereitstellung aus diesen Quellen weltweit zurückgehen. Auf solch einen fundamentalen Wandel in so naher Zukunft sind wir jedoch nicht vorbereitet.

Was die weltweite Primärenergiebereitstellung aus fossilen und nuklearen Energiequellen betrifft, können einige begründete Aussagen getroffen werden:

- Von allerhöchster Bedeutung ist, dass die Förderung unseres wichtigsten Energieträgers (Öl stellt mehr als ein Drittel der weltweiten

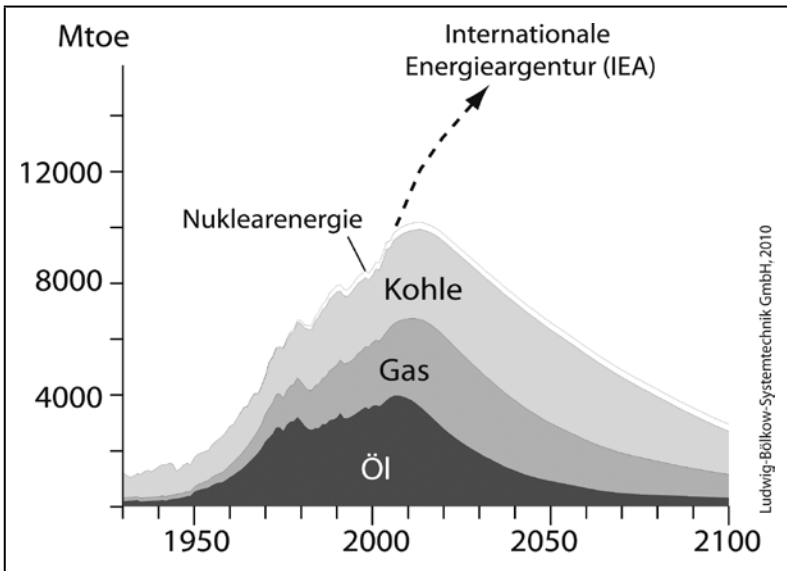


Abbildung 2: Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energie – Historie und Prognose

Energieversorgung und treibt zirka 95 Prozent des Transportsektors an) den Höhepunkt erreicht hat und in Zukunft mit 3 Prozent pro Jahr (wie zum Beispiel in den USA in den letzten 30 Jahren, nach dem nationalen Förderhöhepunkt, zu beobachten ist) oder sogar noch stärker (wie nahezu in allen »Offshore«-Gebieten mit 5 bis 10 Prozent pro Jahr) fallen wird.

- Die Energieszenarien und -prognosen der Internationalen Energieagentur (IEA) adressieren dieses Problem nicht ausreichend [WEO 2004], [WEO 2006], [WEO 2008], [WEO 2009].
- Die weltweite Gasversorgung wird vermutlich bereits in den nächsten 10 Jahren beginnen abzufallen, in manchen Regionen sogar schon in den nächsten Jahren, wenn interkontinentale Gastransporte die fallende regionale Gasförderung nicht ausgleichen können.
- Die weltweite Kohleförderung wird ihr Maximum ebenfalls bereits um 2020, parallel zum Höhepunkt der Gasförderung, erreichen. Schon vor diesem Zeitpunkt wird insbesondere die auf dem Welt-

markt verfügbare Kohlemenge zurückgehen. Damit wird die maximale Verfügbarkeit von Öl und Kohle nahezu gleichzeitig erreicht.

## Nuklearenergie – ein Auslaufmodell

Die Nuklearenergie wird auch in Zukunft keine nennenswerte Rolle spielen können. Nach einer Hochlaufphase von fünfzig Jahren mit erheblicher politischer und finanzieller Unterstützung stellen nukleare Kraftwerke heute lediglich zwei Prozent der weltweiten Endenergie zur Verfügung.

### **Veralteter Kraftwerkspark**

Das Durchschnittsalter der weltweit 441 Reaktoren (2010) beträgt 26 Jahre. Obwohl die Internationale Atomenergieagentur (IAEA), viele Kraftwerkshersteller und Betreiber von Nuklearanlagen eine Renaissance der Nuklearenergie herbeireden wollen, zeigt ein näherer Blick auf die tatsächliche Entwicklung, dass der Beitrag der Kernkraft an der Energieversorgung bereits abnimmt. Zwischen 2000 und 2009 schrumpfte der nukleare Kraftwerkspark in Europa um 7200 MW. Allein im letzten Jahr ging die installierte Leistung in Europa um fast 1000 MW zurück [EWEA 2010].

### **Sinkende Uranverfügbarkeit und Abhängigkeit von wenigen Lieferanten**

Die Analyse der verfügbaren Uranressourcen führt zu der Einschätzung, dass die Reserven nicht ausreichen werden, um die nukleare Energieversorgung auf dem heutigen Niveau für mehr als dreißig Jahre zu gewährleisten. Bei Berücksichtigung aller bekannten Ressourcen würde sich auf Grundlage des heutigen Uranbedarfs maximal eine Reichweite von 60 bis 90 Jahren ergeben.

## Neue Technologien

Kernfusion wird zur Energieversorgung der Menschheit günstigstenfalls in fünfzig Jahren substantiell beitragen können. Zu diesem Zeitpunkt muss aber die Umstrukturierung der Energieversorgung längst erfolgt sein.

## Die großen erneuerbaren Energiepotentiale müssen noch erschlossen werden

Im Gegensatz zu den fossilen Energien, deren Endlichkeit feststeht und deren Rückgang absehbar ist und uns in den nächsten Jahren treffen wird, ob wir vorbereitet sind oder nicht, wird es bei den erneuerbaren Energien eine Frage unserer Voraussicht und unserer Initiative sein, in welchem Maße wir sie weiter ausbauen können, mit welcher Geschwindigkeit und Entschlossenheit dieser Ausbau vorangetrieben wird. Das Umstellen auf erneuerbare Energien – insbesondere erneuerbaren Strom – erfordert große Investitionen in Anlagen zur Energieerzeugung und in die Infrastruktur (Ausbau der Stromnetze und Stromspeicher).

## Effizienter Einsatz der Ressourcen

Steigende Energie- und Brennstoffkosten werden eine Folge des Förderrückgangs bei fossilen Energieträgern sein. Die Zeit reichlich vorhandener und billiger Energie in den Industriestaaten geht zu Ende. Damit wird eine effizientere Nutzung von Energie nicht nur wichtig, sondern aus ökonomischer Sicht auch notwendig. Der heutige Energieverbrauch der industrialisierten Länder kann nicht – räumlich – auf die ganze Welt und – zeitlich – auf die kommenden Generationen übertragen werden. Ein Übergang zu nachhaltigeren Strukturen ist so schnell wie möglich einzuleiten. Die vorhandenen Ressourcen an Energie, Finanzmitteln und Zeit sollten umgehend für den Aufbau von erneuerbaren Energiestrukturen eingesetzt werden, statt dass an den bestehenden Strukturen festgehalten wird.

## Wachsender Anteil – trotzdem nicht ausreichend?

Unser Energiesystem wird dominiert von fossilen Energieträgern: Mehr als 85 Prozent der Primärenergie werden durch Öl, Erdgas und Kohle bereitgestellt. Besonders abhängig ist dabei der Transportsektor, der nahezu vollständig mit Öl betrieben wird. Der Anteil biogener Kraftstoffe beträgt weniger als 3 Prozent [IEA 2010a].

In den letzten Jahren konnten erneuerbare Energien trotz der Finanzkrise deutlich zulegen. Zur Stromerzeugung werden mittlerweile mehr Kraftwerke mit erneuerbaren Quellen errichtet als fossile und nukleare zusammen. 2009 waren das beispielsweise 62 Prozent aller neuen Kraftwerke in Europa. Für 39 Prozent der installierten Kraftwerksleistung standen Windkraftanlagen, für 17 Prozent Fotovoltaik-Anlagen [EWEA 2010].

Trotzdem ist der absolute Anteil erneuerbarer Energien an der Energieversorgung noch relativ gering. 2008 wurden weltweit weniger als 13 Prozent der Primärenergie durch Erneuerbare bereitgestellt. Bei einem Großteil davon (fast 80 Prozent) handelt es sich zudem um die traditionelle Nutzung von Biomasse (Kochen und Wärmeerzeugung durch Verbrennen) in Nicht-OECD-Ländern. In den OECD-Staaten beträgt der Anteil der Erneuerbaren sogar nur sieben Prozent. 2008 lieferten erneuerbare Energiequellen weltweit 18,5 Prozent des erzeugten Stroms. Hier steuerte die Wasserkraft den größten Teil bei; sie erzeugte allein 15,9 Prozent des weltweiten Stroms.

## Große Potentiale erneuerbarer Energien

Die Potentiale zur Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen betragen mindestens 180 000 TWh pro Jahr (das entspricht, umgerechnet in Tonnen Öläquivalent – toe – ungefähr 15 000 Millionen toe). Zum Vergleich: 2008 verbrauchte die Welt knappe 18 000 TWh, ein Zehntel dieses Potentials. Der Verbrauch an Wärme und Kraftstoffen lag 2008 bei weniger als 6300 Mtoe. (Zur Erklärung der Benennungen siehe auch die Deckelklappe dieses Bandes). Die Potentiale zur Nutzung von regenerati-



ver Wärme und Strom reichen rechnerisch aus, den heutigen Energieverbrauch darauf umzustellen.

## Der Zubau der erneuerbaren Energien kann mit dem Rückgang der fossilen Energien nicht Schritt halten

Die Erschließung der reichlich vorhandenen Potentiale der erneuerbaren Energien stellt eine große Herausforderung dar. Der Umbau unserer Infrastruktur und Wirtschaft hin zu erneuerbaren und nachhaltigen Strukturen erfordert Zeit, Investitionen und Ressourcen. Besonders betroffen ist hier der Transportbereich. Der Rückgang in der Verfügbarkeit von Öl erfolgt schneller als der Zubau erneuerbarer Energiesysteme und die Umstellung der Infrastruktur (Stromnetze, Stromspeicher, Wasserstoffspeicher) sowie der Fahrzeuge (Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge).

## Regionale Perspektiven

### OECD-Regionen

Heute müssen die reichen Industrieländer mit ihrem hohen Pro-Kopf-Energieverbrauch große Mengen an Energie und Materialien aus den anderen Ländern importieren. Der Rückgang der Verfügbarkeit von fossilen Brennstoffen und wichtigen Rohstoffen wie beispielsweise Kupfer, Lithium oder Platin wird drastische Auswirkungen haben. Insbesondere der Transportsektor, die Landwirtschaft und die Industrie werden bei einer zunehmenden Verknappung und bei Preisanstiegen neue Auswege suchen müssen (Recycling, Substitution, alternative Energien). Der Lebensstil in den heutigen Industriestaaten wird sich rasch ändern. Ein »Weiter so« wird es nicht geben können. Peak Oil wird grundlegende Veränderungen mit sich bringen.

In den nächsten Jahrzehnten müssen die OECD-Staaten den Übergang hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung vollbringen. Andernfalls droht eine Energieverknappung. Der Anteil regionaler erneuerbarer Energieerzeugung muss genauso wie die Zubaurate der Produktionskapazitäten steigen, der Energieverbrauch muss reduziert und die Infrastrukturen für Energietransport und -verteilung müssen an die oft ungleichmäßige Produktion der regenerativen Energien angepasst werden. Hierzu sind auch Stromspeicher und »intelligente« Netze notwendig, die ein steuerndes Eingreifen auf Produzenten- wie auch auf Konsumentenseite erlauben.

### Nicht-OECD-Regionen

Im Unterschied zu den Industriestaaten werden die Entwicklungs- oder Schwellenländer manche technologische Entwicklungsschritte auslassen können und auch müssen. Die ineffiziente Nutzung von Energie auf einem Niveau, wie die Industriestaaten es erreicht haben, wird für diese Staaten nicht möglich, aber auch nicht notwendig sein. Der Umstieg auf regenerative Energien und insbesondere auf neue Fahrzeugantriebe (Elektroantriebe mit Batterie und Brennstoffzelle) ermöglicht die effiziente Nutzung der regionalen Potentiale (Energie und Arbeitskräfte).

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Nicht-OECD-Länder über gewaltige Potentiale für die Nutzung erneuerbarer Energien verfügen. In Afrika dominiert die Solarenergie, in Südamerika Wind und Biomasse, in Asien Wasserkraft, Wind- und Solarenergie. Längst sind Hersteller aus China und Indien mit führend in der Herstellung von erneuerbaren Energieanlagen. Die regionale Nutzung der erneuerbaren Energien ermöglicht Ländern in Asien, Afrika, Südamerika und Ozeanien neue Perspektiven: Überschussenergie, beispielsweise aus Solarenergie, könnte in Zukunft zur Wasserstoffherstellung oder, auf dem Umweg über Meerwasserentsalzung, zur Nahrungsmittelerzeugung dienen. Da bezweifelt werden muss, dass diese Energiepotentiale den Industriestaaten weiterhin so zur Verfügung stehen werden wie bisher, eröffnen diese Möglichkeiten den Nicht-OECD-Staaten aber auch neue Chancen für einen gerechteren Anteil an der globalen Ressourcennutzung.

## Ressourcen-Nationalismus

Der Rückgang der Förderung der fossilen Energieträger führt zu einem verstärkten Wettbewerb um die verbleibenden Ressourcen. In dieser Situation machen die reichen, auf Importe angewiesenen Länder den über die Rohstoffe verfügenden Ländern oft den Vorwurf des »Ressourcen-Nationalismus« (resource nationalism). Er bezieht sich darauf, dass diese Länder einerseits ihre Ressourcen für sich reservieren wollen, und andererseits, dass sie das Tempo der Förderung selbst bestimmen wollen. Gemeint sind Länder wie China oder südamerikanische Länder, die ihre Rohstoffvorkommen nicht mehr möglichst schnell ausbeuten und unbeschränkt exportieren. Doch mit welchem Recht wird dieser Vorwurf erhoben?

## Neue Bündnisse und Player

Die nach ihrem Gründungsort benannte »Shanghai Cooperation Organisation« (SCO) ist ein Beispiel für neue Bündnisse, die sich ohne Beteiligung des »Westens« bereits entwickeln und ein Gegengewicht zur OECD, zur NATO und vor allem zu den USA darstellen. China, Russland, Kasachstan, Kirgisien, Tadschikistan und Usbekistan sowie die Mongolei, Indien, Pakistan und Iran, die seit einigen Jahren einen Beobachterstatus bei der SCO haben, bündeln die Mehrheit der Weltbevölkerung mit einer großen und wachsenden wirtschaftlichen und militärischen Macht. Diese Gruppierung vereint viele der größten Produzenten und Konsumenten von Energie. Der russische Expräsident Wladimir Putin hat durch seine Formulierung, er wünsche sich die SCO als einen »energy club«, ein Schlaglicht auf eines der Hauptziele des Zusammenschlusses gelegt.

Die großen Ressourcen an wichtigen Rohstoffen wie zum Beispiel Lithium oder Neodym verschaffen China einen strategischen Vorteil bei der Entwicklung von Batterien und Elektrofahrzeugen: Während westliche Nationen Lithium aus Chile, Australien, China oder Bolivien beziehen müssen, kann China unabhängig von Importen die Entwicklung neuer Fahrzeuge vorantreiben, anstatt weiter in die Infrastruktur einer auf Erdöl basierenden Verkehrsstruktur zu investieren. Darüber hinaus hat China

bereits begonnen, sich künftig wichtige Ressourcen an Landflächen und Rohstoffen in Afrika, Südamerika und Australien zu sichern.

Der bereits spürbare Förderrückgang bei fossilen Energieträgern zwingt westliche Länder, die über mangelnde Ressourcen bei Energieträgern und Rohstoffen verfügen, sich aber gleichzeitig als Exportnationen verstehen, nach neuen Strategien zu suchen.

## Die große Transition

Der Umbruch, den die Veränderung in den energetischen Rahmenbedingungen der Gegenwart einleitet – Peak Oil ist nur ein Aspekt dieser Entwicklung – hat begonnen und darf nicht mehr ignoriert werden. Das Wort Transition – »Übergang« – steht für einen Weg in die kommende Epoche, der mit so wenig Brüchen und Verwerfungen wie möglich gegangen werden kann.

Dieser Weg hat für viele bereits begonnen, und nicht alle wissen es schon. In der Lebenszeit der heute jungen Menschen werden sich für selbstverständlich gehaltene Transportmethoden, Siedlungsstrukturen und Lebensweisen als zunehmend unpraktikabel herausstellen, weil sie auf eine Weise, die kaum jemandem mehr bewusst war, an das Vorhandensein von billiger und reichlicher Energie gebunden waren. Andere, die in der gleichen Epoche – der der Industrialisierung – entstanden sind, werden auch das zukünftige Leben bestimmen können: Basisinnovationen, die nicht auf das Vorhandensein von großen Mengen fossiler Energie angewiesen sind. Die elektronische Kommunikation ist eine solche Innovation, die Datenverarbeitung, und auch alle Aspekte der Fahrzeugtechnik, die nicht ausschließlich auf Verbrennungsmotoren zielen: bis hin zum Fahrrad. Die Unterscheidung high-tech/low-tech, die auch schon bisher oft wenig sinnvoll gebraucht wurde, wird hier ihren Sinn verlieren.

Der Weg der Transition wird zur Anwendung erneuerbarer Energien in allen Größenskalierungen führen: von der fotovoltaisch aufgeladenen Lam-

pe in einer afrikanischen Hütte bis zu Offshore-Windparks an den Küsten und Solarkraftwerken in den Wüstengürteln der Erde. In der Anwendung dieser Energien werden die großen vorhandenen Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung ausgeschöpft werden müssen. Elektrizität als wichtigstes Medium wird »intelligente Netze« erfordern, da die zwei wichtigsten Energiequellen der Zukunft, Sonne und Wind, ungleichmäßig zur Verfügung stehen. Speicher wie Pumpspeicherwerke, Wasserstoff oder Biomasse sind mögliche Puffer für Überproduktion oder Engpässe.

Der private Verkehr wird in relativ kurzer Zeit – in den Grundzügen bis 2030 – auf elektrischen Antrieben aufbauen müssen. In der Übergangszeit werden Hybridfahrzeuge eine Rolle spielen, dann Batterieantriebe und Brennstoffzellen auf der Basis von Druckwasserstoff. Für die entsprechenden Fahrzeuge müssen Strom- und Wasserstoff-Infrastrukturen aufgebaut werden. Der Recyclinganteil in den Stoffströmen der Fahrzeugindustrie muss bis Mitte des Jahrhunderts auf nahezu neunzig Prozent steigen: Grund ist die Limitierung nicht nur bei Energien, sondern auch bei Rohstoffen und ihren Transportmöglichkeiten.

Der Flug- und Schiffsverkehr und der Lastenverkehr auf Straßen werden die knapper werdenden fossilen Treibstoffe nicht vollständig durch »biofuels« und Wasserstoff kompensieren können; die Menge der transportierten Güter wird insgesamt abnehmen.

Der »Raumwiderstand« nimmt damit wieder zu, für den Gütertransport und für die Bewegungen der Menschen. Es wird wieder mehr Reisen zu nahen Zielen geben, mehr Mobilität auf der Basis der eigenen Körperkraft. All das muss nicht nur Beschränkung bedeuten. Straßen- und Stadträume, die während der Lebenszeit der jetzt älteren Menschen vollkommen nach den Bedürfnissen des motorisierten Verkehrs umgestaltet worden sind, könnten wieder zu Märkten, zu Aufenthalts- und zu Begegnungsraum werden.

Die reichen Länder der Erde müssen den Weg der Transition vorgehen. Sie müssen sich der Tatsache bewusst sein, dass das Traumbild von Wohlstand, das sie den ärmeren Ländern vorgelebt haben, dort nicht

mehr in Erfüllung gehen kann. Hierin liegt eine fundamentale Ungerechtigkeit begründet. Diese Einsicht muss auch bei der Verteilung der Verantwortlichkeiten zur Bekämpfung des Klimawandels eine Rolle spielen. Wo Ackerbau stark maschinengeprägt und damit abhängig von fossilen Energien ist, muss internationale Solidarität ermöglichen, von extensiven zu intensiven Anbaumethoden zurückzukehren. Der Schutz von Naturräumen muss international honoriert werden.

## Methodik

Die Analyse der Verfügbarkeit endlicher Energieträger basiert auf zwei Detailanalysen: der Analyse der Reserven und der Analyse der Förderung.

Da die Reservenangaben oft intransparent sind und nach unterschiedlichen Regeln erhoben werden, ist – soweit die entsprechenden Daten verfügbar sind – die Analyse der Funde vorzuziehen. Aus der Zeitreihe des Findens von Erdöl oder Erdgas kann man für jede Region ein typisches Muster erkennen, das sich gleicht: Große Funde werden bereits sehr früh gemacht, mit besseren Technologien findet man später die »übersehen« kleinen Felder. Summiert man alle Funde bis zu einem bestimmten Zeitpunkt und trägt diese kumulierten Funde über der Zeit auf, so ergibt sich in der Regel eine konvexe Kurve, die sich asymptotisch einem Grenzwert nähert. Die Differenz der letzten Angabe der kumulierten Funde zum asymptotischen Grenzwert ergibt die Öl- oder Gasmengen, die vermutlich noch gefunden werden können. Das ist eine Wahrscheinlichkeitsaussage, basierend auf der empirischen Erfolgsrate im Finden von Lagerstätten. Genauer werden diese Aussagen, wenn man die Funde nicht über der Zeit, sondern über dem Aufwand, das heißt, der Anzahl der getätigten Bohrungen aufträgt. Diese Analyse kann man für jede Region und innerhalb der Region für Festland und Meer getrennt durchführen.

Förderprofile einzelner Felder zeigen ein mehr oder weniger stark ausgeprägtes Fördermaximum. Nach dessen Überschreiten führen der sinkende

Lagerstättendruck und der zunehmende Wasseranteil dazu, dass die Förderung exponentiell abfällt. Dieser Abfall zeigt sich bei Auftragung der Förderrate gegen die kumulierte Förderung als Gerade. Durch die Verlängerung der Gerade kann das künftige Förderprofil gut beschrieben werden. Der Schnittpunkt mit der Abszisse gibt den insgesamt förderbaren Inhalt an. Diese Methode wird für jedes einzelne Feld durchgeführt. Sie kann auch kumuliert für jede Förderregion durchgeführt werden. Dann mitteln sich die Fehler der einzelnen Felder weitgehend aus.

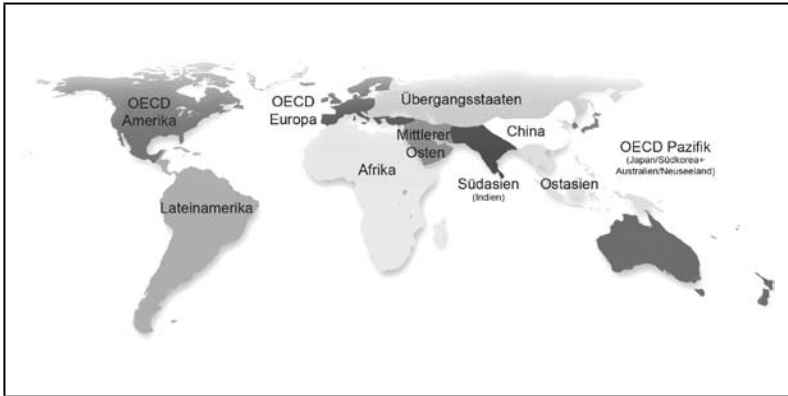
Für Regionen nach dem Fördermaximum hat die Reserveangabe keinen Einfluss auf die Fördermöglichkeiten, umgekehrt kann oft aus einem Vergleich der Reserveangabe mit dem Förderprofil die Angabe der Reserve auf Plausibilität überprüft werden.

Nur in Regionen, in denen das Fördermaximum noch nicht überschritten wurde oder nahe ist, muss mit der Reserveangabe das künftig mögliche regionale Förderprofil abgeschätzt werden.

Eine genauere Abschätzung ergibt sich, wenn man jedes einzelne Feld extrapoliert und über die Analyse von Firmen- und Branchenmeldungen alle in Entwicklung befindlichen und noch bekannten Funde einzeln mit einem typischen Förderprofil und einer zeitlichen Vorgabe für die Feldentwicklung berücksichtigt. Diese Angaben sind meist in Firmenberichten zu finden. Erfahrungsgemäß verzögert sich die reale Erschließung gegenüber dem projektierten Zeitrahmen. Daher bilden die so ermittelten Förderprofile Obergrenzen, die nur im Idealfall erreicht werden können.

## Geographische Unterteilung in diesem Buch

In diesem Buch wird die Welt, analog zur Einteilung der Internationalen Energieagentur (IEA), in zehn Weltregionen unterteilt. Zur Vereinfachung wird die Bezeichnung OECD für Nordamerika, Europa und Pazifik nicht immer wiederholt.



**Abbildung 3: Weltregionen im Überblick**

Und noch ein Tip: Auf den Innenseiten des Schutzumschlages finden Sie einen Index mit den wichtigen Kenngrößen und Energieeinheiten, die in diesem Buch verwendet werden. Ein sehr leistungsfähiger Energierechner kann von der Seite der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen unter [www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de) geladen werden.

Die zehn Weltregionen sind: OECD-Nordamerika (USA, Kanada, Mexiko), OECD-Europa, OECD-Pazifik (Australien, Japan, Neuseeland, Südkorea), Übergangstaaten, China, Südasien (Bangladesch, Indien, Nepal, Pakistan), Südostasien, Lateinamerika, Mittlerer Osten und Afrika.