

Gerhard Öhlmann

Solarzeitalter – Auf dem Weg zur Realität¹

Beginnender Klimawandel als Folge einer anthropogen verursachten Zunahme der Konzentration von Treibhausgasen (THG) in der Atmosphäre, die in den nächsten Jahrzehnten zu erwartende Ressourcenerschöpfung, sowie der Verzicht auf die Nutzung der risikoreichen Atomenergie – das sind die Kernprobleme, an denen sich die seit Jahren anhaltende, weltweite Diskussion über die Zukunft der Energieversorgung der Menschheit entzündete. Sie mündete schließlich in der von einer Mehrheit getragenen Erkenntnis, dass die menschliche Zivilisation nur dann Aussicht auf weitere Existenz und Entwicklung hat, wenn sie in den nächsten Jahrzehnten den notwendigen Wandel von der fossil-atomaren energetischen Basis zur umfassenden Nutzung erneuerbarer Energiequellen vollzieht – hierunter vor allem der Sonnenenergie, in direkter oder indirekter Form – und ein neues Verhältnis zur Effizienz der Energieumwandlung und -nutzung entwickelt.

Klimawandel und Klimaschutz

Auf dem Wege dahin gab es und gibt es weltweit, in der Europäischen Union, in Deutschland viele Aktivitäten, kaum noch zu überblickende Konzeptionen und Szenarien der verschiedensten Institutionen und Räte, mehr oder weniger langfristige Pläne, Selbstverpflichtungen der Industrie, staatliche Verordnungen und Gesetze. Dennoch ist festzustellen, dass der Fortschritt gemessen am Tempo der klimatischen Veränderungen nicht groß genug ist, ja in einigen Sektoren sogar Rückschritte in der Reduktion von THG zu verzeichnen sind.

Das gilt auch für Deutschland, das sich in der Öffentlichkeit gern als Vorreiter bei der Nutzung der erneuerbaren Energien sieht, dies zum Teil auch war und zeitweise noch ist. Heute jedoch scheinen die Vertreter der fossil-atomaren Energiebasis wieder die Oberhand zu gewinnen. Die neuesten Ergebnisse der modernen Klimaforschung machen es jedoch immer deutlicher, dass in erster Linie der Klimawandel das erforderliche Tempo der Energiewende bestimmen muss. Wenn heute wieder von den drei Begriffen, die unser Energiesystem charakterisieren sollen, Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltgerechtigkeit die Wirtschaftlichkeit an erster Stelle genannt wird, so soll das wohl die Vorstellung nahe legen, dass die Kostenfrage, noch dazu in herkömmlicher Handhabung, bei der Entscheidung über den einzuschlagenden Weg der Entwicklung unserer Energiesysteme den Vorrang hat.

In ihrem dritten Wissensstandsbericht haben die Arbeitsgruppen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [1] die bis 2001 verfügbaren Forschungsergebnisse und Informationen

1 Siehe auch: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, Band 90 (2007), S. 33 ff.

zum Charakter der Veränderungen des Klimas, ihren Auswirkungen sowie zu den Kosten und zu Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen zusammengefasst. Damit wurde ein entscheidender Beitrag zur Beantwortung der Frage geleistet, was wissenschaftliche, technische und sozioökonomische Analysen zur Definition der in Artikel 2 der „UN-Rahmenkonvention über Klimaänderungen“ beschriebenen „gefährlichen anthropogenen Störungen des Klimasystems“ leisten können.

Aus verschiedenen globalen Emissionsszenarien der Treibhausgase in einer Auswahl von Klimamodellen errechnete Projektionen (ohne klimapolitische Eingriffe) ergaben für den Zeitraum von 1990 bis 2100 eine Erhöhung der mittleren globalen Erdoberflächen-Temperatur von 1,4 bis 5,8 °C. Im gerade erst erschienenen Bericht der Arbeitsgruppe 1 des vierten Sachstandsberichts des IPCC Climate Change 2007 wird die obere Grenze für ein hohes Szenario auf Grund neuester Erkenntnisse sogar noch um 0,6° C höher angesetzt [2].

Zu den Wirkungen derartiger Veränderungen heißt es im Synthesebericht des IPCC von 2001: „Die Wirkung der Treibhausgase im 21. Jahrhundert könnte in den kommenden Jahrzehnten bis Jahrtausenden weiträumige, hochwirksame, nicht-lineare und vielleicht abrupte Änderungen in physikalischen und biologischen Systemen in Gang setzen; die diesbezüglichen Wahrscheinlichkeiten weisen eine große Spannweite auf.“ Zugleich stellt der Bericht fest, dass das Ausmaß der Erwärmung durch die Reduktion von Treibhausgasen vermindert werden kann, und die Verminderung ihrer Emissionen mit dem Ziel der Stabilisierung ihrer Konzentrationen auf genügend niedrigem Niveau würde Schäden, die durch den Klimawandel entstehen, verzögern und verringern.

Trotz ausführlicher Diskussion der Auswirkungen verschiedener Stabilisierungsniveaus der CO₂-Konzentrationen zwischen 450 ppm und 1000 ppm (heute 380 ppm) auf die jeweiligen zeitlichen Änderungen der CO₂-Emission, der CO₂-Konzentration und der Temperatur, enthält sich der IPCC einer definitiven Aussage darüber, auf welchem stabilisierten Niveau der CO₂-Konzentration die Vermeidung gefährlicher anthropogener Störungen des Klimasystems noch möglich ist. Der Grund hierfür liegt in dem großen Unsicherheitsbereich des Ausmaßes der Erwärmung, das sich aus einer stabilisierten Treibhausgaskonzentration ergeben würde. Dieser hängt ursächlich mit der unzureichenden Kenntnis der Größe der Rückkopplungseffekte zusammen, die vor allem vom Wasserdampfpartialdruck, den Wolken und der Albedo ausgehen. Im Bericht Climate Change 2007 ist von der Wechselwirkung Klima-Kohlenstoffkreislauf die Rede, der zufolge die Erwärmung eine Abgabe von Kohlendioxid in die Atmosphäre induziert, deren Ausmaß aber ungewiss ist. Ausgehend vom gegenwärtigen Verständnis der Klima-Kohlenstoffkreislauf-Rückkopplung deuten Modelle darauf hin, dass die Stabilisierung des CO₂-Gehalts auf dem Niveau von 450 ppm bedeuten könnte, die kumulativen Emissionen über das 21. Jahrhundert von einem Mittelwert von 2460 Gt CO₂ auf einen Mittelwert von 1800 Gt CO₂ zu senken.

Der dritte Wissensstandsbericht des IPCC ist ein wesentlicher Ausgangspunkt für die Untersuchung des „Wissenschaftlichen Rates der Bundesregierung für globale Umweltveränderungen“ (WBGU), deren Ergebnisse unter dem Titel „Energiewende zur Nachhaltigkeit“ mit Stand vom März 2003 veröffentlicht wurden. Der Rat behandelt hierin erstmals gleichgewichtig die beiden übergreifenden Ziele, Klimaschutz und Energiearmut in den Entwicklungsländern und entwickelt sein Konzept der Leitplanken, mit dem er innerhalb eines durch Leitplanken begrenzten Handlungsraumes einen Weg zur Transformation der globalen Energiesysteme weist und einen Fahrplan für die globale Energiewende zur Nachhaltigkeit bis 2050 unterbreitet. Die Leitplanken beziehen sich sowohl auf ökologische wie auch sozioökonomische Aspekte. Unter den ökologischen Leitplanken besitzt die Klimaleitplanke erstrangige Bedeutung. Danach, sind eine Änderungsrate der Temperatur über 0,2 °C pro Jahrzehnt und eine mittlere globale Temperaturände-

ung über 2 °C gegenüber dem Wert vor der Industrialisierung intolerable Werte einer globalen Klimaänderung.

Die Frage, welches Konzentrationsniveau der Treibhausgase diesem Klimafenster als Stabilisierungsniveau zu zuordnen ist, hängt von der Klimasensitivität ab. Darunter versteht man die Temperaturerhöhung, die mit einer Verdopplung der Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre verbunden ist. Vorwiegend wegen der bereits oben erwähnten Rückkopplungseffekte, die mit der Temperaturerhöhung verbunden sind, ist diese, für die Klimaproblematik sehr zentrale Größe, leider sehr schwer abzuschätzen.

Der WBGU hat jedoch auf Basis eines modifizierten Emissionsszenarios des IPCC-Szenario A1T-450, das eine künftige Welt sehr raschen Wirtschaftswachstums, intensiver Nutzung nicht-fossiler Energiequellen und schneller Einführung neuer, effizienterer Technologien beschreibt, einen exemplarischen Transformationspfad modelliert, der von einem Stabilisierungsniveau der Treibhausgase bei 450 ppm ausgeht und die Leitplanken der Nachhaltigkeit nicht beschädigt.

In dem mit Stand vom November 2003 veröffentlichten Sondergutachten des WBGU, „Über Kioto hinaus denken – Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert“, das zum einen die ökonomischen und technologischen Minderungspotenziale von CO₂-Emissionen, zum anderen die Bedeutung biologischer Kohlenstoffsenken und die Möglichkeit ihres Erhalts untersucht, diskutiert der Rat erneut die Frage der zulässigen Emissionen mit denen ein gefährlicher Klimawandel vermeidbar ist. Er empfiehlt angesichts der Unsicherheiten in unserer Kenntnis des Klimasystems, gewissermaßen als Absicherungsstrategie, von einem CO₂-Konzentrationsziel *unterhalb* von 450 ppm auszugehen. Möglich ist das nur, wenn bis 2050 eine Reduktion der globalen, *energiebedingten* CO₂-Emissionen um 45-60 % durchgesetzt wird. Die Industrieländer hätten dabei ihre Treibhausgas-Emissionen bis 2020 um mindestens 20% gegenüber 1990 zu vermindern.

In der bereits erwähnten WBGU-Ausarbeitung vom März 2003 wird weltweit bis 2050 eine CO₂-Emissionsreduktion von mindestens 30 % gefordert. Für die Industrieländer bedeutet das eine Reduktion um etwa 80 %. Die Entwicklungs- und Schwellenländer dürften nach dieser Empfehlung ihre Emissionen dagegen noch um maximal 30 % steigern.

Der kürzlich erschienene Stern Review [3] untersucht und diskutiert ebenfalls die Möglichkeiten der Stabilisierung des Niveaus der Treibhausgase bis 2050, betrachtet aber im Unterschied zum WBGU alle Treibhausgase und nicht nur das CO₂. Der Review veranschlagt die jährlichen Stabilisierungskosten auf dem Niveau bei oder unter 500-550 ppm CO₂eq (etwa 440-500 ppm nur CO₂) auf ca. 1 % des Bruttoinlandsprodukts, eine Größe, die zwar signifikant ist, aber im Bereich des Machbaren liegt. Das anzustrebende Stabilisierungsniveau würde verlangen, dass die globalen Emissionen innerhalb der nächsten 10-20 Jahre ihre Spitzenwerte erreichen und danach nur noch abnehmen dürften, und zwar mit einer Rate von 1-3 % pro Jahr. Diese Rate würde sich allerdings verdoppeln und damit schon nicht mehr praktikabel werden, wenn man mit der Gegensteuerung noch ein weiteres Jahrzehnt warten würde.

Einerseits haben sich also die wissenschaftlichen Erkenntnisse für eine so konsequente und schnelle Handlungsweise im letzten Jahr immer mehr verdichtet, andererseits hat H. J. Schellnhuber, z.Zt. stellvertretender Vorsitzender des WBGU, in einer neuerlichen Äußerung [4] darauf verwiesen, dass es unsere erste Aufgabe sei, dies mit hinreichender Sicherheit zu wissen, denn andernfalls „sollte die Menschheit ihre Anstrengungen besser auf Armutsbekämpfung oder Ausbildungskampagnen konzentrieren und die Anpassung an die Klimaerwärmung den Marktkräften und kreativen sozialen Akteuren überlassen“. Aus diesen Worten spricht wohl kaum der Zweifel

an dem zu erwartenden Ausmaß der Folgen des Klimawandels als viel mehr die Sorge des Naturwissenschaftlers, der befürchtet, die tiefere wissenschaftliche Analyse der Anfälligkeiten des Ökosystems könnte nicht schnell genug vorankommen. An gleicher Stelle formuliert er dann weiter: „zweitens müssen wir sicherstellen, dass wir die bestmöglichen Strategien zur Lösung, oder zumindest Abschwächung, des Problems verfolgen – andernfalls geht die Menschheit das Risiko ein, zu wenig, zu spät und an den falschen Orten zu tun. Politische und betriebswirtschaftliche Entscheidungen, die in den nächsten Jahrzehnten gefällt werden, werden in der Tat die Umweltbedingungen des Planeten für die nächsten Jahrtausende bestimmen.“

Das erste Abkommen mit quantifizierten Beschränkungs- und Reduktionsverpflichtungen für Treibhausgas Emissionen (in CO₂-Äquivalenten) der Unterzeichner-Staaten ist das Kioto-Protokoll von 1997 zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, das seit dem 16. Februar 2005 völkerrechtlich verbindlich ist. Im Mittel wollen die Unterzeichner-Staaten damit eine Reduzierung der Treibhausgas- Emissionen um mindestens 5 % bis 2012 erreichen, ein Betrag, der den heutigen Anforderungen in keiner Weise gerecht wird. Darüber hinaus bestehen berechtigte Zweifel an einer positiven Wirksamkeit des Handels mit Emissionszertifikaten, einem der flexiblen Instrumente zur Durchsetzung der Klimaziele [5].

Im Rahmen der Lastenverteilung innerhalb der EU, die sich insgesamt zu einer Minderung der Treibhausgas-Emissionen von 8 % verpflichtet hat, will Deutschland im Mittel der Jahre 2008 bis 2012 seine Treibhausgasemissionen um 21 % senken. Noch im nationalen Klimaschutzprogramm vom Oktober 2000 hatte sich die Bundesregierung eine Senkung aller Treibhausgase bis 2005 um 25,9 % und für CO₂ allein eine Minderung um 25 % gegenüber 1990 vorgenommen, die aber nicht erreicht wurden. Bis 1999 zeigten die energiebedingten CO₂-Emissionen eine fallende Tendenz auf 79,6 % des Bezugswertes von 1990. Ende des Jahres 2003 waren es nur noch 87,2 %. Dagegen konnte die Industrie ihre CO₂-Emissionen gegenüber 1990 auf ca. 67% in 2003 vermindern. Problematisch bleibt der Verkehrssektor, dessen CO₂-Emissionen zwar seit 1999 eine leicht fallende Tendenz aufweisen, der aber mit dem bis 2003 erreichten Wert immer noch deutlich (um 5,3 %) über dem Wert von 1990 liegt.

Nach Aussagen des BMU [6] ist die erneute Erhöhung der Emission von CO₂ im Energiesektor u.a. auf das neue RWE Power-Braunkohlekraftwerk (3900 MW) in Niederaußem bei Köln zurückzuführen, das zwar nach neuer, optimierter Anlagentechnik (BoA) arbeitet und einen Wirkungsgrad von 43 % erreicht, dessen Inbetriebnahme 2003 jedoch nicht mit der Stilllegung älterer Kraftwerke verbunden war. RWE Power hat im Januar 2006 die Bauarbeiten für den 2. und 3. BoA-Block mit einer Netto-Leistung von 2400 MW am Standort Neurath begonnen und will mit dessen Fertigstellung im Jahr 2010 alte Kraftwerke stilllegen. Außerdem soll die CO₂-Abtrennung aus den Rauchgasen zur Baureife gebracht werden und alle Voraussetzungen für den Transport und die Speicherung von CO₂ geschaffen sein. Der Konzern hat nach eigenen Angaben [7] bereits mit der Erstellung eines Katasters von geologisch geeigneten Formationen zur CO₂-Speicherung begonnen und bereitet Erkundungsmaßnahmen (u.a. in der norddeutschen Tiefebene) vor.

Abgesehen davon, dass zur Verwirklichung dieser Vorhaben keine Zeitangaben gemacht werden, stellt sich die Frage, warum bei einer Senkung des spezifischen CO₂-Anfalls von 1200 g/kWh in den alten Anlagen aus den sechziger Jahren auf 900 g/kWh in den neuen BoA-Blöcken dieser Weg gegenüber dem Bau von modernen Gas- und Dampf-Kraftwerken mit einem spezifischen CO₂-Anfall von 365g/kWh vorgezogen wird.

Die vom WBGU untersuchten nachhaltigen CO₂-stabilisierenden Szenarios [8] sehen zwar auch eine Kohlenstoffspeicherung (CO₂-Sequestrierung) vor, diese ist aber zu wesentlichen Teilen mit

der Nutzung von Erdgas und Biomasse verbunden und nicht mit Technologien, die auf Kohle beruhen. Im Falle der Biomasse bedeutet das sogar eine Netto-Reduzierung des CO₂. Es muss daher bezweifelt werden, dass der hier geplante Primärenergiemix für die Stromerzeugung den Anforderungen des Klimaschutzes gerecht wird. Im Teil III des bereits erwähnten Stern-Reviews heißt es zur Problematik der Investitionen: „Energy systems are subject to very significant inertia. It is important to avoid getting „locked into“ long-lived high carbon technologies, and to invest early in low carbon alternatives.“

Im Zuteilungsplan für die zweite Phase des Emissionshandels (2008-2010) hatte die Bundesrepublik zunächst eine Senkung des CO₂-Ausstoßes (ausgehend von 637 Mio t in 1990) im Energiesektor und auf 482 Mio t/a (im nationalen Klimaschutzprogramm 2005 sogar noch 495 Mio t/a) in der Industrie geplant, diesen Wert dann aber auf 465 Mio t herabgesetzt. Die EU-Kommission forderte jedoch eine Senkung auf 453 Mio t/a. Der deutsche Umweltminister warnte, der Emissionshandel dürfe nicht zu einem Investitionskiller werden, womit deutlich wird, wie sehr die Bundesregierung hier unter dem Druck der Elektrizitätswirtschaft steht. Unabhängig vom Ausgang des darüber entbrannten Streits, wird deutlich, wie sehr der gesamte Kioto-Prozess von Gruppeninteressen innerhalb der Staaten und der Frage der Wettbewerbsfähigkeit auf dem globalen Markt dominiert wird. Ohne verbindliche Übereinkommen zwischen den EU-Mitgliedsstaaten und darüber hinaus wird es wohl hier kaum die notwendigen Fortschritte geben.

Deutschland jedenfalls bleibt bei einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Rahmen des Kioto-Protokolls für die Zeit von 2008 bis 2012 um 21 % gegenüber 1990 und glaubt damit ein gutes Fundament für eine weitere anspruchsvolle Klimaschutzpolitik auch nach 2012 zu legen. Die Bundesregierung hat erklärt, bis 2020 die Klimagasemissionen um 40 % gegenüber 1990 senken zu wollen, wenn die übrigen EU-Mitgliedsländer sich ihrerseits zu einer Senkung um 30 % verpflichten. Die aktuellen Beschlüsse des EU-Rats und des EU-Umweltrates orientieren die Industriestaaten auf eine Minderung der Emissionen im Bereich von 15-30 % bis 2020 und 60-80 % bis 2050.

Erfreulich kritisch hat der Bundestag in der EntschlieÙung 16/3293 vom 9. November 2006 auf die sehr dramatischen neuen Zahlen der Internationalen Energieagentur (IEA) reagiert, aus denen eine Steigerung der CO₂-Emissionen von 25,3 % in den OECD-Ländern im Verpflichtungszeitraum des Kioto-Protokolls von 1990 bis 2010/12 hervorgeht. Bei den Entwicklungs- und Schwellenländern wäre es im gleichen Zeitraum sogar ein Plus von 103,4 %. Bis 2050 käme so anstatt einer Verminderung der Treibhausgasemissionen um 60 % eine Verdopplung oder gar eine Verdreifachung heraus. Die EntschlieÙung fordert angesichts dieser Zahlen, die Ableitung von Konsequenzen für die Weiterentwicklung des Kioto-Protokolls und benennt dafür eine Reihe von Eckpunkten, z.B. die Prüfung einer Zuordnung von Emissionsrechten nach gleichen Pro-Kopf-Anteilen im Interesse einer gerechteren Gestaltung der Reduktionsverpflichtungen. Zu solchen Einsichten hat sicher auch der bereits erwähnte Stern-Report beigetragen.

Eine der Aufgaben der Weltklimakonferenz im November dieses Jahres in Nairobi hätte darin bestanden, einen Arbeitsplan für den Klimagipfel im kommenden Jahr zu verabschieden, damit rechtzeitig eine Kioto-Nachfolgeregelung zustande kommt, die den Erkenntnisstand der Klimaforschung zur Notwendigkeit einer globalen Senkung der Treibhausgasemissionen um 50 % bis 2050 gegenüber 1990 in konkrete Maßnahmen umsetzt. Leider hat die Konferenz diese Aufgabe nicht gelöst. Zu groß sind offenbar noch die Interessenunterschiede zwischen den OECD-Ländern sowie den Entwicklungs- und Schwellenländern.

Globale Lösungsansätze

Die entscheidende Frage auf dem Wege zu einem wirksamen Klimaschutz ist die nach dem Charakter der Energiewende, die derartige Reduzierungen der Klimagase ermöglicht. Der vom WBGU zur Illustration der technologischen und ökonomischen Machbarkeit entwickelte, weiter oben bereits erwähnte exemplarische Pfad einer nachhaltigen Transformation der Energiesysteme beinhaltet eine starke Verminderung der Nutzung fossiler Energieträger, das Auslaufen der Nutzung nuklearer Energieträger, den erheblichen Ausbau erneuerbarer Energien – insbesondere der Solarenergie – und die Steigerung der Energieproduktivität weit über historische Vorbilder.

Angenommen wird eine Verdreifachung des Energieeinsatzes bis 2050 bei einer Erhöhung des globalen Wirtschaftswachstums um das Sechsfache. In dem Ausgangsmodell des IPCC (A1T-450) sind die Grundannahmen Wirtschaftswachstum, Investitionen, technischer Fortschritt, Verhältnis Industrieländer und Entwicklungsländer, internationale Kooperation und Bevölkerungswachstum exogen vorgegeben und nicht verändert worden. Außerdem wurden die Verhältnisse Elektrizität/Wärme/Wasserstoff und fossiler/nichtfossiler Anteil des Energieeinsatzes möglichst identisch beibehalten. Veränderungen beschränken sich im Wesentlichen auf den technologischen Bereich. Unter anderem sind das vor allem das Auslaufen der Kernenergienutzung bis 2050, die Wahl der realen Daten für das Startjahr 2000 in den einzelnen Technologien, niedrigere Begrenzung der Endwerte im Jahr 2100 bei Wasserkraft (von 35 EJ/a auf 15 EJ/a) und Biomasse (von 260 EJ/a auf 100 EJ/a), andererseits aber ein deutlich stärkerer Ausbau der Windkraft (135 EJ/a), der schnelle und starke Ausbau sowohl der netzunabhängigen als auch der netzabhängigen photovoltaischen und solarthermischen Kraftwerke, und ein größerer Stellenwert der Geothermie und anderer, noch nicht kommerzialisierter, erneuerbarer Energie-Technologien.

Was die Steigerung der Energieproduktivität betrifft, geht das IPCC-Szenario von einer jährlichen Steigerung um etwa 1,3% aus, im exemplarischen Pfad jedoch werden ab 2040 1,6 % Steigerung pro Jahr angenommen. Der WBGU sieht mehrere Möglichkeiten diese Steigerung herbeizuführen z.B. durch eine „preisinduzierte Minderung der Energienachfrage, die zur Effizienzsteigerung sowohl bei der Energiekonversion als auch bei der Endenergienutzung führt, aber auch beispielsweise durch sektoralen Strukturwandel und veränderte Siedlungs- und Verkehrsstrukturen sowie verändertes Konsumverhalten.“

Sowohl das IPCC-Szenario (A1T-450) als auch der exemplarische Pfad sehen eine geologische CO₂-Speicherung vor, die vom WBGU hinsichtlich der sicheren Speicher-Kapazitäten aber mit Recht kritischer gesehen wird (der WBGU sieht eine tolerable Obergrenze bei 300 Gt C oder 1100 GtCO₂). Deshalb ist im exemplarischen Pfad im Unterschied zum IPCC-Szenario ein Auslaufen der Speicherung zum Ende des 21. Jahrhunderts vorgegeben.

Grundsätzlich ist die CO₂-Speicherung sowohl unter dem Aspekt des Energieaufwandes für Abscheidung und Verflüssigung des CO₂, als auch im Hinblick auf die *sichere* unterirdische Speicherung sehr problematisch. Weltweit mag es in erschöpften Gas- und Erdölfeldern genügend sichere Speichermöglichkeiten geben, um die oben genannten 300 Gt C unterzubringen. In Deutschland jedoch haben erschöpfte Erdgaslagerstätten oder wirtschaftlich nicht abbaubare Kohleflöze nur eine geringe Speicherkapazität (Schätzungen besagen ca. 1,2 Gt CO₂). Außerdem ist selbst hier die veränderte Chemie der Gas/Gesteinswechselwirkung hinsichtlich der Langzeit-Dichtigkeit der Deckschicht zu berücksichtigen und noch ungeklärt. Die größte Speicherkapazität wäre in Deutschland aber ohnehin in unterirdischen Grundwasserleitern (Aquiferen) zu erwarten (nach Schätzungen der BA für Geowissenschaften und Rohstoffe 23 bis 43 Gt CO₂). Wissenschaftliche Untersuchungen zu deren Speichereigenschaften und Sicherheit sind aber gerade erst

begonnen worden (Arbeiten des GFZ Potsdam in Ketzin bei Berlin). Sehr wahrscheinlich mit Recht weist der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) in seiner kritischen Bewertung der Vattenfall-Pilotanlage zur CO₂-Abscheidung in Schwarze Pumpe darauf hin, dass diese Wasserschichten, dann nicht mehr zur Energieerzeugung aus Erdwärme genutzt werden können [9]. Darüber hinaus ist die Abtrennung und Speicherung des CO₂ ohne den Einsatz von Energie nicht zu haben, wodurch zusätzliche Primärenergieträger einzusetzen sind und dadurch nicht nur die mühsam gewonnene Wirkungsgraderhöhung der Kohlekraftwerke de facto zunichte gemacht wird, sondern außerdem der Anfall von abzutrennendem CO₂ zusätzlich steigt.

	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2100
	[EJ]						
Öl	164	171	187	210	195	159	52
Kohle	98	111	138	164	126	84	4
Gas	96	138	196	258	310	306	165
Kernenergie	9	12	12	6	3	0	0
Wasserkraft	9	10	11	12	12	12	15
Biomasse, traditionell	20	17	12	8	7	5	5
Biomasse, modern	20	48	75	87	100	100	100
Wind	0,13	1,3	13	70	135	135	135
Solarstrom	0,01	0,06	0,6	6	63	288	1.040
Solarwärme	3,8	9	17	25	42	43	45
Andere erneuerbare Energien	0	0	2	4	10	15	30
Geothermie	0,3	1	3	10	20	22	30
<i>Gesamt</i>	420	519	667	861	1.023	1.169	1.620

Tab. 1: Globale Energienachfrage im exemplarischen Pfad des WBGU, aufgeschlüsselt nach Energieträgern [11] (berechnet nach der Direktäquivalentmethode)

Für den exemplarischen Pfad des WBGU ergeben sich insgesamt gesehen die in Tabelle 1 enthaltenen Werte für die globale Energienachfrage, aufgeschlüsselt nach Energieträgern, die den Anforderungen der Nachhaltigkeit gerecht werden [10], womit der WBGU unterstreicht, dass mit einem derartigen oder ähnlichen Energiemix die globale Energiewende möglich ist. Herausragendes Kennzeichen dieses möglichen Entwicklungspfades ist die enorme Steigerung der Erzeugung von Solarstrom, die ihrerseits Voraussetzung für die Wasserstoffwirtschaft ist.

Zur makroökonomischen Fundierung der Aussagen zum exemplarischen Pfad verwendet der WBGU ein endogenes Energiesystemmodell, das mit einem Klimamodell gekoppelt ist (MIND: Model of investment and Technological Development). Es erlaubt eine Bewertung langfristiger Optionen zu erforderlichen Investitionen und zur Dynamik der notwendigen technologischen Entwicklung. Verglichen wird wieder ein business-as-usual Modell mit einem Modell, das die Kli-

maleitplanken beachtet. Es kommt zu ähnlichen Entwicklungen des Energiebedarfs bei fossilen und erneuerbaren Energien, wie sie sich im exemplarischen Pfad ergeben haben.

Diese Modellsimulationen bestätigen also die Realisierbarkeit des exemplarischen Pfads, sie machen aber auch deutlich, dass die Klimaleitplanke nur dann eingehalten werden kann, wenn in den nächsten einhundert Jahren ca. 200 Gt C in sicheren geologischen Formationen gespeichert werden können. Die Abschätzungen der erforderlichen Investitionen ergaben für beide Modelle nur geringfügige Unterschiede, weisen aber große Unsicherheiten auf. Unabhängig davon lassen sie erkennen, dass im Business-as-usual Fall in erneuerbare Energien erst investiert wird, wenn die fossilen Ressourcen versiegen, während im Modell mit eingehaltener Klimaleitplanke schon frühzeitig ein Wandel im Verhalten der Investoren eintritt. Die Einhaltung der Klimaleitplanke ist hiernach ohne schwerwiegende volkswirtschaftliche Verluste möglich und die Transformation der globalen Energiesysteme kann wesentlich beschleunigt werden. Der WGBU betont allerdings auch, dass die Investoren mit langfristig angekündigten Emissionszielen und langfristig durch die Politik zu verknappenden Emissionslizenzen zuverlässig rechnen können müssen.

Zur Situation in Deutschland

In Deutschland ist in den letzten Jahren durch eine Reihe von Studien der Nachweis geführt worden, dass der Wandel des Energiesystems von der fossil-atomaren Basis zu den nachhaltigen Technologien der erneuerbaren Energien möglich und machbar ist. Mehr noch, wegen der in diesem Jahrzehnt erforderlichen Kraftwerks-Ersatzinvestitionen im Umfang von 40 bis 60 Mrd. € sind die Bedingungen für diesen Wandel sogar besonders günstig. Zugleich ist er auch besonders dringend, denn mit diesen Investitionen werden die Weichen für die nächsten Jahrzehnte gestellt [12].

Unter den Studien verdienen die Empfehlungen der Enquete-Kommission des 14. Bundestages zur „nachhaltigen Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ besonderes Interesse [13]. Trotz einer nicht geringen Zahl von Minderheitsvoten kommt die Kommission in ihrer Mehrheit zu den eindeutigen Feststellungen, dass das gegenwärtige Energiesystem in Deutschland nicht nachhaltig ist, eine nachhaltig-zukunftsfähige Energieversorgung aber sowohl technisch machbar als auch wirtschaftlich vorteilhaft gestaltet werden kann, auch unter den Bedingungen des vereinbarten Ausstiegs aus der Kernenergie.

Diese Aussagen basieren auf einer Reihe von Szenarien, deren Berechnung von der Kommission dem Wuppertal-Institut für Umwelt, Klima und Energie (WI) sowie dem Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart unter Federführung der Prognos AG, Basel, in Auftrag gegeben wurde [14].

Neben einem business-as-usual-Szenario liegen der Analyse drei Hauptszenarien zugrunde, die alle bis 2050 eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 80 % zum Ziel haben. Das Erste von ihnen (Umwandlungseffizienz) setzt auf eine forcierte Effizienzsteigerung bei der Nutzung fossiler Energieträger, verschärfte Energiepolitik ohne Fortsetzung der Nutzung der Atomenergie, kontinuierliches Anwachsen der Energiesteuern und eine CO₂-Abtrennung und Deponierung. Das zweite Szenario verlangt ebenfalls eine forcierte Effizienzsteigerung in allen Anwendungsbereichen und das Auslaufen der Kernenergie-Nutzung, setzt dann aber auf den konsequenten Ausbau der erneuerbaren Energien mit einem Anteil von 50 % an der gesamten Energieversorgung im Jahre 2050. Das dritte Szenario schließlich, erlaubt den Neubau von Atomkraftwerken nach 2010 und verlangt eine moderate Umsetzung der Energiesparpolitik. Ausgehend von diesen Hauptszenarien untersu-

chen die beauftragten Institute insgesamt 14 abgeleitete, modifizierte Einzelszenarien und liefern der Kommission damit die Grundlage für ihre Empfehlungen.

Bei allen Unterschieden der untersuchten Szenarien zeigt sich, dass Szenarien, die zu einer Stabilisierung der Treibhausgas-Emissionen auf einem akzeptablen Niveau (450-500 ppm) führen, charakterisiert sind durch einen Bedeutungsverlust fossiler Brennstoffe, durch eine verstärkte Nutzung kohlenstoffarmer Energieträger, durch die massive Verbesserung der Energieeffizienz im globalen Mittel um das 2,3 bis 3,1fache bis 2050 und durch die Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen um den Faktor 7 bis 8.

Die Mehrheit der Kommission kommt daher zu dem Schluss, dass eine Strategie der Entwicklung des Energiesystems in Deutschland, die konsequent auf Energieeinsparung, Effizienzerhöhung und erneuerbare Energien ausgerichtet ist, die angestrebten Ziele einer nachhaltig-zukunftssicheren Energieversorgung am zuverlässigsten gewährleisten kann. Diese Ziele sind in drei Dimensionen, der ökologischen, der sozialen und der ökonomischen Dimension zu sehen, wobei die gewählte Rangfolge zwingend ist, denn eine intakte Natur bildet die Grundvoraussetzung für eine langfristig stabile, wirtschaftliche und soziale Entwicklung. Diese Erkenntnis, zu der sich viele offenbar erst noch durchringen müssen, ist vielleicht das wirklich neue, heute zwingend zu berücksichtigende, zentrale Element jeglicher politischer Konzeption gesellschaftlicher Entwicklung.

Das Kernstück der Herausbildung eines nachhaltigen Energiesystems ist ohne Zweifel die konsequente Nutzung der erneuerbaren Energien in Gestalt der solaren Strahlung, der Geothermie und der Gezeitenkraft. Ihre globalen Potenziale sind in menschlichen Begriffen unerschöpflich und sie sind auch in ihrer technischen und umweltgerechten Nutzbarkeit groß genug [15], um den wachsenden Energiebedarf der Menschheit zu befriedigen. Hinzu kommt ihre im Vergleich zu den fossilen Energieträgerreserven wesentlich homogenere Verteilung über die Länder der Erde, wodurch von vorn herein eine größere Verteilungsgerechtigkeit natürlicher Ressourcen-Nutzung begünstigt wird. Die geringe Leistungsdichte und das zeitlich und räumlich fluktuierende Energieangebot eines Teils der erneuerbaren Energien müssen keine Nachteile für eine sichere Energieversorgung bedeuten, wenn ihre Entwicklung in großflächig dezentralen Erzeugereinheiten systemintegriert erfolgt, und in wachsendem Maße Energie aus Sonne und Wind durch moderne Biomassenutzung und Geothermie ergänzt wird und Systeme einer kostengünstigen Speichertechnik eingeführt werden.

Für Deutschland gelten die in Tabelle 2 wiedergegebenen Nutzungs-Potenziale und ihre bisherige Nutzung. Zwar ist der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch mit 7,7 % noch immer relativ gering, es beeindruckt aber das schnelle Wachstum um 75 % in den letzten drei Jahren. Dasselbe trifft auch zu für den Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch, der Ende des vergangenen Jahres mit 11,6 % bereits sehr nahe an die von der EU für 2010 für Deutschland vorgegebenen 12,5 % heranreicht und gilt ebenfalls für die große Steigerung des Anteils der Biokraftstoffe am Kraftstoffverbrauch, der mit 5,4 % Ende des vergangenen Jahres den durch die EU vorgegebenen Wert von 5,75 % für 2010 schon fast erreicht. Allerdings dürfte hier das vorhandene Potenzial, ausgehend von den zugrunde gelegten 4,2 Mio ha Anbaufläche, bald erschöpft sein.

Trotz der ebenfalls deutlichen Steigerung sind im Wärmesektor, gemessen an den ausgewiesenen Nutzungspotenzialen, sehr große Reserven bei der Solar- und Geothermie noch kaum erschlossen. Um auch in diesem Sektor schneller voran zu kommen, bedarf es wahrscheinlich einer ähnlichen Förderung wie im Stromsektor durch das EEG, die sich als außerordentlich wirksam erwiesen hat und für bisher 44 Länder zum Vorbild für eigene Gesetze auf diesem Gebiet geworden ist.

	Nutzung		Potenziale		
	2003	2005	2006	Ertrag	Leistung
Stromerzeugung	[TWh]	[TWh]	[TWh]	[TWh/a]	[MW]
Wasserkraft	20,4	21,4		24	5.200 ¹
Windenergie, an Land auf See	18,5	26,5		55	25.000
	-	-		110	30.000
Biomasse	7,1	13,4		60	10.000 ²
Fotovoltaik	0,32	1,0		105	115.000 ³
Geothermie	-	0,0002		200	30.000 ⁴
<i>Summe</i>	<i>46,3</i>	<i>62,5</i>		<i>554</i>	
Anteil am Bruttostromverbrauch	<i>7,9 %</i>	<i>10,2%</i>	<i>11,6%</i>	<i>94 (91)%</i>	
Wärmeerzeugung	[TWh]			[TWh/a]	
Biomasse	57	76,0		200	
Geothermie	2	1,6		330	
Solarthermie	2	3,0		290	
<i>Summe</i>	<i>61</i>	<i>80,6</i>		<i>820</i>	
Anteil am Endenergieverbrauch Wärme, 2002/3	<i>4,1%</i>	<i>5,3%</i>	<i>6,2%</i>	<i>55(54)%</i>	
Kraftstoffe	[TWh]	[TWh]		[TWh/a]	
Biomasse	7	22,3		60	
<i>Summe</i>	<i>7</i>	<i>22,3</i>		<i>60</i>	
Anteil am Kraftst.-verbr. 2003/4	<i>0,9</i>	<i>3,6</i>	<i>5,4%</i>	<i>8(10)%</i>	
Anteil am gesamten End- energieverbrauch 2002/4/6	4,4%	6,4%	7,7%	56%	

¹ Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern; ² Erzeugung teilweise in Kraftwärmekopplung; ³ nur geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen, Leistungsangabe bezogen auf Modulleistung (MWp), entsprechende Wechselstromleistung beträgt 106.000 MW; ⁴Bandbreite 66-290 TWh/a je nach Anforderungen an eine Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung)

Tab. 2: Langfristige Nutzungspotenziale für die Endenergieerzeugung von Strom und Wärme sowie für den Kraftstoffverbrauch [16]

Ganz in den Anfängen steckt noch die Nutzung der Windenergie auf See und die Nutzung des großen Potenzials der Geothermie. Zur Windenergiegewinnung auf See ist die Entwicklung offenbar langsamer verlaufen als ursprünglich gedacht. Ende 2004 waren in Deutschland insgesamt 37 Offshore-Anlagen in Planung, davon 29 in der Nordsee und 8 in der Ostsee. Eines der ersten Offshore-Windräder in Deutschland ist im Frühjahr 2006 im Breitling ca. 500 m vom Rostocker

Überseehafen entfernt in Betrieb genommen worden. Es hat eine Nennleistung von 2,5 MW und erreichte in den ersten Monaten eine Verfügbarkeit von 98 %. Die Anlage dient vor allem der Gewinnung neuer Erkenntnisse zur Betreibung von Küsten-Windanlagen.

Mitte des vergangenen Jahres hat das BMU eine gemeinsame Erklärung mit der Stiftung Offshore-Windenergie, einer Reihe von Energiewirtschaftsunternehmen und niedersächsischen Landesministerien sowie der Stadt Norderney unterschrieben, in der die Unterzeichner ihre Absicht darlegen, im Jahr 2008 ein Testfeld für Offshore-Windanlagen der 5-Megawatt-Klasse in der Nordsee (ca. 45 km vor der Insel Borkum) als Forschungs- und Demonstrationsobjekt für die deutsche Wirtschaft zu errichten, um eine „Initialzündung für die Nutzung der Windenergie in der deutschen Nord- und Ostsee zu bewirken.“ Bis zur Nutzbarmachung des gesamten Potenzials wird es also noch einige Jahre dauern.

Ähnlich ist die Lage bei der Erschließung des Potenzials der Geothermie, die aber für den Stromsektor wegen ihrer Grundlastfähigkeit besonderes Interesse besitzt. Die natürlichen Voraussetzungen dafür sind in Deutschland weniger gut als in Ländern in geologisch begünstigten, heißen Gebieten der Erde. Erst bei Bohrtiefen von mindestens 3000 m werden die Temperaturen erreicht, die für einen wirtschaftlich akzeptablen, elektrischen Wirkungsgrad erforderlich sind. Ziel der Forschung ist es, die Erdwärme auch in solchen Gebieten, die kaum wasserführend sind, mit Hilfe der Hot-Dry-Rock-Technologie (HDR) nutzbar zu machen. Das betrifft in Deutschland fast 95 % des gesamten Potenzials. Bei diesem Verfahren wird das in der Tiefe vorhandene heiße Gestein durch Bohrungen zugänglich gemacht und zwischen den Bohrungen durch eingepresstes Wasser ein System von Fließwegen aufgebrochen (sog. Stimulationstechnologie), das insgesamt einen unterirdischen Wärmeaustauscher bildet. Die grundsätzliche Eignung des Verfahrens konnte im Europäischen HDR Forschungsprojekt in Soultz-sous-Forêts im französischen Teil des Oberrheingrabens (Elsaß) nachgewiesen werden. Aber auch 2006 wurde noch an der Verbesserung der Wasserzirkulation innerhalb dieses Wärmespeichers in 5000 m Tiefe gearbeitet.

Neben diesem europäischen Projekt unterstützt das BMU andere Projekte im Oberrheingraben, im süddeutschen Molassebecken und im norddeutschen Becken (Landau in der Pfalz, Unterhaching, „GeneSys“ in Hannover-Lahe, Groß Schönebeck bei Berlin) [17]. Alle diese Projekte haben noch Forschungs- und Demonstrationscharakter. Nicht zu übersehen ist, dass auch für solche Probleme wie z.B. genauere geophysikalische Methoden der Lagerstätten erkundung oder die hinreichende Zuverlässigkeit und Stabilität der einzusetzenden Tiefpumpen noch Forschungsbedarf existiert. Hohe Bohrkosten und nicht ausreichende Sicherheit bezüglich der Fündigkeit erschweren noch den Prozess der Nutzbarmachung der Geothermie.

Wichtiger Maßstab für den Erfolg der erneuerbaren Energien ist natürlich der mit ihrer Nutzung verbundene Effekt der CO₂-Vermeidung, der 2006 eine Größe von 99 Mio t erreicht hat. Allein die 2006 durch den Ausbau der erneuerbaren Energien zusätzlich vermiedenen 10 Mio t CO₂ sind das Fünffache der im Rahmen des Emissionshandels zwischen 2005 bis 2007 von der deutschen Industrie angestrebten CO₂-Reduktion (BEE, Jahresrückblick 2006).

In diesem Zusammenhang darf nicht unerwähnt bleiben, dass der Verkehrssektor als einer der größten Erzeuger von CO₂ bisher von keiner staatlichen Verpflichtung zur Senkung des CO₂-Ausstoßes betroffen ist. Der Übergang zu Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien allein löst das Problem nicht, wenn die Automobilindustrie die Kraftstoffverbrauchswerte ihrer Neuwagen nicht deutlich senkt. Selbstverpflichtungen haben hier offensichtlich keinen Durchbruch gebracht. Mit Recht fordert daher der Verkehrsclub Deutschland eine Halbierung des CO₂-Ausstoßes in den

nächsten 10 Jahren und fordert die Bundesregierung dazu auf ihre EU-Ratspräsidentschaft zu nutzen, um ein EU-Gesetzgebungsverfahren über verbindliche Verbrauchsgrenzwerte in Gang zu setzen [18].

Noch nicht ausreichend ist ebenfalls der Fortschritt bei der effizienten und sparsamen Nutzung und Umwandlung von Energie in allen Bereichen. Die Energieproduktivität stieg zwar in Deutschland im Schnitt jährlich um 1,8 %, der Anstieg hat sich aber in den letzten Jahren deutlich verlangsamt. Die angestrebte Verdopplung der Energieproduktivität bis 2020 im Vergleich zu 1990 verlangt aber eine jährliche Steigerung um 3 %.

Insgesamt gesehen ist jedoch der Fortschritt auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien in Deutschland nicht zu verkennen. Hemmnisse, die durch Wissenslücken, ungenügende Entschlossenheit staatlicher Einrichtungen bei der Durchsetzung als richtig erkannter Maßnahmen, oder aus einer mehr oder weniger aktiven Verweigerungshaltung einzelner Wirtschaftssektoren resultieren, können diesen Prozess des Wandels des Energiesystems verzögern, aber wohl nicht mehr grundsätzlich gefährden, denn diese Entwicklung hat durch ihr Ausmaß bereits eine Eigendynamik entwickelt, die von einer großen Zahl leistungsfähiger, moderner und innovativer Unternehmen und vom zunehmenden Klimabewusstsein großer Teile der Bevölkerung und der verantwortungsvollen Einmischung vieler Wissenschaftler getragen wird. Verzögerung aber ist, wie zu zeigen beabsichtigt war, angesichts der Klimaentwicklung gefährlich und teuer.

Literatur

- [1] IPCC, Third Assessment Report; <http://www.ipcc.ch/pub/online.htm>
- [2] IPCC Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers
- [3] Nicholas Stern Review: The Economics of Climate Change, Part III, The challenge of stabilisation, 30.10.2006
- [4] H. J. Schellnhuber, C. Jäger: „Gefährlichen Klimawandel abwenden“, Carbon Disclosure Project; Bericht 2006, Bundesverband Investment und Asset Management e.V.
- [5] H. Scheer: „Das Kyoto-Syndrom und das Elend der Energie- und Umweltökonomie“; Solarzeitalter 1/ 2005
- [6] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Umwelt Nr. 9/2006, S. 445
- [7] RWE, Unsere Verantwortung; Bericht 2005
- [8] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, „Über Kioto hinaus denken – Klimaschutz für das 21. Jahrhundert“, S. 36
- [9] BUND, Feigenblatt „Saubere Kohle“; Internet, Abscheidung
- [10] WBGU, Welt im Wandel, Energiewende zur Nachhaltigkeit; Springer 2003, S. 138
- [11] WBGU, Welt im Wandel, Energiewende zur Nachhaltigkeit; Springer 2003, Tabelle 4.4-1
- [12] S. Peter, H. Lehmann: „Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung für den Ersatz überalterter Kraftwerke in Deutschland“, Institute for Sustainable Solutions and Innovations, 12.12.2004
- [13] Deutscher Bundestag, 14. Wahlperiode, Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung; Zusammenfassung des Berichts, 02.07.2002
- [14] IER/WI prognos, Bericht Szenarienerstellung für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ des 14. Dt. Bundestages, 17.06.2002

- [15] J. Nitsch et al.: „Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland“; DLR, Institut für technische Thermodynamik, Ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung, WI, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie; Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal, Februar 2004
- [16] Umweltpolitik, Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung. BMU, März 2003, S. 24; Mai 2006 englische Ausgabe, S. 26; BEE; Jahresrückblick EE in 2006, Internet
- [17] BMU, Jahresbericht 2005 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, Juli 2006
- [18] http://www.CO2-handel.de/archive_306.html

[14.02.07]

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Gerhard Öhlmann
Nikolaikirchplatz 5
D – 10178 Berlin