

# Energie und Umwelt in Südasien

Lassen sich Umwelt- und Klimaschutz und eine ausreichende Energieversorgung miteinander vereinbaren?

Udo Schickhoff

**Die Zunahme der Weltbevölkerung und der wirtschaftlichen Aktivitäten lässt die Nachfrage nach Energie weltweit stark ansteigen. Dies gilt vor allem für Entwicklungs- und Schwellenländer, die andererseits immer noch von Energiearmut geprägt sind. In Südasien haben über 800 Millionen Menschen keinen Zugang zu elektrischem Strom, mehr als 700 Millionen sind ausschließlich auf traditionelle Biomasse zum Kochen und Heizen angewiesen. Die gegenwärtige Struktur der Energienutzung, die weltweit zu 80 Prozent auf fossilen Energieträgern beruht, stellt nicht nur ein Entwicklungshemmnis in vielen Ländern dar, sondern birgt auch erhebliche Umweltrisiken. Am schwerwiegendsten ist die Emission langlebiger Treibhausgase wie Kohlendioxid, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger in die Atmosphäre gelangen und wesentlich zum globalen Klimawandel beitragen.**

In Südasien sind eine erhöhte Variabilität des Sommermonsuns in Verbindung mit zunehmenden Niederschlägen sowie vermehrt klimatische Extremereignisse zu erwarten – mit weitreichenden Folgen für Wirtschaft und Gesellschaft. Die große Herausforderung für die ganze Region besteht darin, einerseits die stark ansteigende Nachfrage nach En-

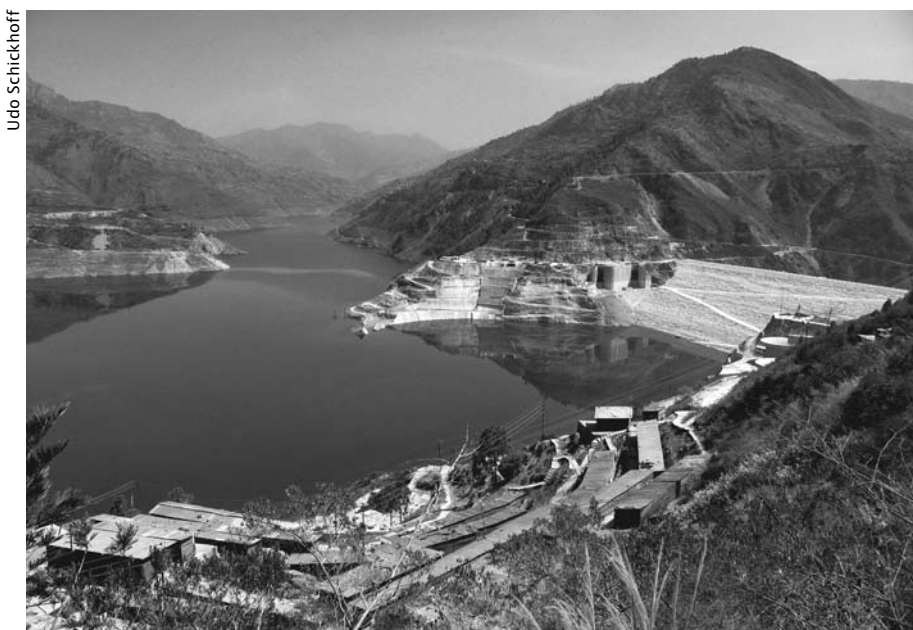
ergie in Bevölkerung und Industrie zu befriedigen und andererseits den Beitrag zum globalen Klimawandel und weitere Umweltbelastungen in engen Grenzen zu halten.

## Energiehunger in Indien

Indien und China werden im kürzlich erschienenen *World Energy Out-*

*look* der IEA (Internationale Energieagentur der OECD) als aufstrebende Giganten der Weltwirtschaft und der internationalen Energiemärkte bezeichnet. Insbesondere der internationale Handel mit fossilen Brennstoffen wird gegenwärtig von der Entwicklung der Energiesektoren beider Länder geprägt. Zwar hat Indien noch nicht ganz das atemberaubende Tempo des ökonomischen Wandels in China erreicht, aufgrund der rasch anwachsenden Zahl von Arbeitskräften wird Indien jedoch innerhalb der nächsten 15 Jahre China als weltweit am schnellsten wachsende bedeutende Volkswirtschaft überholen.

In Indien beträgt das Wirtschaftswachstum mittlerweile jährlich über acht Prozent (Tab. 1), was gemeinsam mit dem nach wie vor hohen Bevölkerungswachstum (fast zwei Prozent pro Jahr) zu einer enorm ansteigenden Energienachfrage führt. Der weiter steigende Lebensstandard breiter Bevölkerungsschichten resultiert zwangsläufig in einem höheren Energieverbrauch. Allein die Anzahl der motorisierten Fahrzeuge hat von 1,8 Millionen im Jahr 1971 auf über 70 Millionen im Jahr



Der Tehri-Staudamm: Symbol für den verstärkten Ausbau der Wasserkraftnutzung im indischen Himalaya

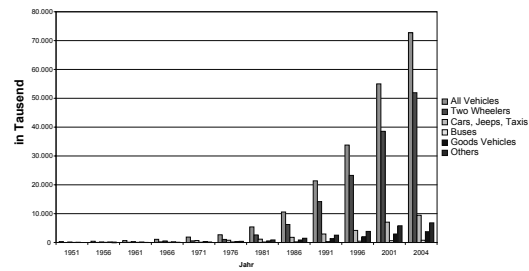
2004 zugenommen (Abb. 1). Andererseits ist immer noch ein großer Teil der Landbevölkerung Indiens vom Stromnetz abgeschnitten. Die Energiearmut, bedingt durch die unzulängliche Infrastruktur der Energieversorgung und mangelnde Versorgungssicherheit, stellt gleichzeitig ein Hemmnis der weiteren wirtschaftlichen Entwicklung dar. Der Pro-Kopf-Verbrauch an Energie ist im Vergleich zu Industrieländern immer noch gering. In den USA liegt beispielsweise der Pro-Kopf-Verbrauch an Elektrizität um den Faktor 35, in Deutschland um den Faktor 17 höher als in Indien. Wenn Indien und China so viel Öl pro Person verbrauchen würden wie Japan heute, würde ihr Bedarf allein den heutigen weltweiten Ölverbrauch übersteigen.

Die Struktur der Energienutzung in Indien wird weiterhin von einem hohen Kohleverbrauch geprägt. Von den kommerziell gehandelten Primärenergieträgern entfällt über die Hälfte auf die Kohle, etwa ein Drittel auf Öl, und der Rest zu geringen Anteilen auf Gas, Wasserkraft und Nuklearenergie. Geothermal-, Wind- und Solarenergie haben lediglich einen Anteil von 0,2 Prozent. Der Verbrauch an Primär-

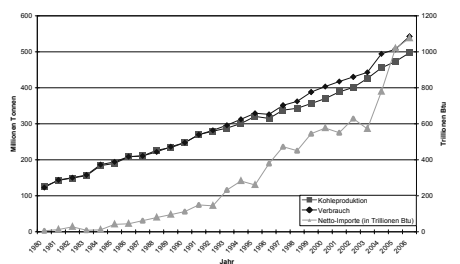
energie in Indien hat sich von 1980 bis 2005 insgesamt mehr als vervierfacht. Noch stärker ist der Kohleverbrauch im diesem Zeitraum angestiegen (Abb. 2). Der Ölverbrauch nahm auf 2,5 Millionen Barrel pro Tag im Jahr 2006 zu (Abb. 3). Damit ist Indien gegenwärtig der fünfgrößte Ölkonsument weltweit. Da die Produktion an Primärenergie nicht mit dem Verbrauch Schritt halten kann, geht die Schere immer weiter auseinander, so dass ein ständig zunehmender Anteil importiert werden muss, um den Bedarf zu decken. Die wachsende Abhängigkeit von Energieimporten belastet die Außenwirtschaft, so dass gegenwärtig große Anstrengungen unternommen werden, die einheimische Energieproduktion zu erhöhen.

Nicht kommerziell gehandelte Energieträger wie Brennholz und Kuhdung tauchen nur selten in den Statistiken der internationalen Agenturen auf, spielen jedoch für die ländliche Bevölkerung, die immer noch einen Anteil von 70 Prozent an der Gesamtbevölkerung ausmacht, nach wie vor eine bedeutende Rolle. Mehr als ein Drittel der indischen Bevölkerung, der größte Teil davon in ländlichen Gebieten, hat nach wie vor keinen Zugang zu Elektrizität. Die traditionellen, auf Biomasse beruhenden Energiequellen erreichen einen Anteil von 25 bis 35 Prozent am gesamten Primärenergieangebot.

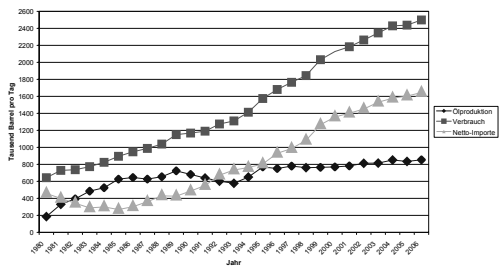
Ein weiter stark ansteigender Energiebedarf ist unter den skizzierten Rahmenbedingungen vorgezeichnet. Nach dem Referenzszenario der IEA (Fort-schreibung der gegenwärtigen Energie- und Umweltpolitik) wird der Weltenergiebedarf im Jahr 2030 um über die Hälfte höher sein als heute. China und Indien zusammen machen 45 Prozent des gestiegenen Bedarfs aus. In Indien wird der Primärenergiebedarf bis 2030 ebenfalls um über die Hälfte ansteigen bei einer durchschnittlichen jährlichen Bedarfssteigerung um 3,6 Prozent. Kohle wird der bedeutendste Energieträger Indiens bleiben, der Kohleverbrauch wird sich laut IEA



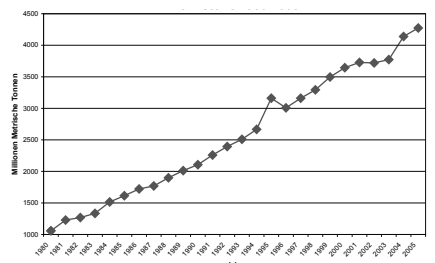
Gesamtzahl registrierter Motor-Fahrzeuge in Indien 1951–2004. Eigener Entwurf nach Daten des Government of India (2006)



Kohleproduktion und -verbrauch in Indien 1980–2006. Eigener Entwurf nach Daten der EIA (2007)



Ölproduktion und -verbrauch in Indien 1980–2006. Eigener Entwurf nach Daten der EIA (2007)



Gesamt-CO<sub>2</sub>-Emissionen Indiens aus dem Verbrauch fossiler Brennstoffe 1980–2005. Eigener Entwurf nach Daten der EIA (2007)

bis 2030 verdreifachen. Ein großer Teil des ansteigenden Primärenergiebedarfs wird für die Stromgewinnung benötigt, vor allem aufgrund des rasant ansteigenden Elektrizitätsbedarfs in Industrie, Gewerbe und Privathaushalten. Bewohner ländlicher Regionen werden zunehmend von traditionell und häufig sehr ineffizient genutzter Biomasse auf moderne Brennstoffe umsteigen. Der auf Biomasse zum Kochen und Heizen angewiesene Anteil der indischen Bevölkerung wird von 668 Millionen im Jahr 2005 auf etwa 470 Millionen

**Tabelle 1: Entwicklung des BIP und der Inflation in Indien seit 1998 (in %; gg.Vorjahr)**

Jahr	BIP (real)	Inflation
1998	4,9	7,4
1999	5,9	13,2
2000	6,9	4,7
2001	5,3	3,9
2002	4,1	3,7
2003	4,3	4,5
2004	7,2	3,7
2005	8,0	3,9
2006	8,5	4,0
2007	8,3	5,5

Quelle: Bundesagentur für Außenwirtschaft (2006)

im Jahr 2030 zurückgehen. Im selben Zeitraum wird sich der Bevölkerungsanteil mit Zugang zu Elektrizität von 62 auf 96 Prozent erhöhen.

Der enorm anwachsende Energiebedarf in Indien kann nur durch steigende Importe gedeckt werden. Die einheimische Kohle weist nicht die Qualität auf, die beispielsweise in der Stahlindustrie erforderlich ist, und die Kraftwerke liegen häufig weit entfernt von den Kohleminen, aber nahe an den Seehäfen. Es wird eine Versiebenfachung der Kohleimporte bis 2030 vorausgesagt. Auch die Ölimporte werden stark ansteigen müssen (bis auf 6 Millionen Barrel pro Tag im Jahr 2030), da die einheimischen Ölreserven bei weitem nicht ausreichen. So wird Indien innerhalb der nächsten 15 Jahre Japan als weltweit drittgrößten Nettoimporteur von Öl (nach den USA und China) überholen. Erst seit wenigen Jahren ist Indien gezwungen, auch Erdgas zu importieren. Trotz neu entdeckter größerer Gasvorkommen sind umfangreiche zukünftige Gasimporte über neue Pipelines und Flüssiggasterminals geplant. Gleichzeitig werden die Kapazitäten zur Stromerzeugung, die auch im Jahr 2030 noch hauptsächlich auf Kohle basieren wird, mehr als verdreifacht werden müssen und es werden ungeheure Investitionen in die Energieinfrastruktur notwendig sein. Die wachsende Abhängigkeit Indiens von Öl- und Gasexportländern (Mittlerer Osten, Russland) könnte dabei zu einem Risiko für die Energiesicherheit werden.

### Konsequenzen für Umwelt und Klima

Ein ungehindert anwachsender, großenteils auf fossilen Energieträgern beruhender Energieverbrauch, wie er für Indien erwartet wird, hätte im Hinblick auf Umwelt- und Klimaschutz alarmierende Konsequenzen, in lokaler, regionaler wie auch in globaler Perspektive. Indien würde sich in die Gruppe der bereits industrialisierten Länder als Hauptverbraucher von Ressourcen einrei-

hen und in zunehmendem Maße zur globalen Umweltbelastung und zum Klimawandel beitragen (was im Rahmen globaler Emissionsgerechtigkeit auch zugestanden werden muss). Der Zusammenhang zwischen der Zunahme des CO<sub>2</sub>-Gehaltes in der Atmosphäre und der globalen Erwärmung ist unumstritten und inzwischen auch durch Strahlungsmessungen belegt.

Nach dem Referenzszenario der IEA werden die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verfeuerung fossiler Brennstoffe zwischen 2005 und 2030 um 57 Prozent zunehmen. Die USA, China, Russland und Indien tragen zu zwei Dritteln zu diesem Anstieg bei. Etwa 2015 wird Indien nach China und den USA weltweit drittgrößter CO<sub>2</sub>-Emitent sein und nicht unwesentlich zur weiteren globalen Erwärmung beitragen. Bereits im Zeitraum 1980-2005 haben sich die Gesamt-CO<sub>2</sub>-Emissionen Indiens aus der Verfeuerung fossiler Brennstoffe mehr als vervierfacht (Abb. 4).

Die Erwärmung in Indien beträgt 0,57 °C in den letzten 100 Jahren (knapp unter dem globalen Mittel), und hat sich in den letzten beiden Jahrzehnten beschleunigt. Zu den großflächigen Gebieten mit signifikanter Erwärmung gehören die Westküste mit Ausnahme des mittleren Teils, das Innere der indischen Halbinsel und der Nordosten. Die Erwärmung der Jahresmitteltemperaturen beruht vor allem auf der Post-Monsun- und Winterzeit. Die Temperaturen während des Monsuns zeigen keinen signifikanten Trend in den meisten Teilen des Landes. Das monsunale Niederschlagsregime ist charakterisiert durch die hohe Variabilität innerhalb eines Jahreszyklus, die einerseits immer wieder zu Dürren und Überschwemmungen führt, andererseits keinen eindeutigen landesweiten Trend erkennen lässt. Regionen, die eine etwa 10prozentige Zunahme monsunaler Niederschläge im letzten Jahrhundert zeigen, befinden sich entlang der Westküste, umfassen das nördliche Andhra Pra-

desh und die zentrale Halbinsel sowie Nordwestindien.

Die indische Volkswirtschaft ist sehr sensitiv gegenüber klimatischen Veränderungen, insbesondere aufgrund der Abhängigkeit der Landwirtschaft von Zeitpunkt und Intensität der monsunalen Niederschläge. Zwar beträgt der Anteil des Agrarsektors am Bruttoinlandsprodukt nur noch 22 Prozent, es arbeiten aber immer noch knapp 60 Prozent der Beschäftigten in der Landwirtschaft, d.h. mehr als die Hälfte der Arbeitskräfte ist abhängig von den Launen des Monsunregens. Die zukünftige Entwicklung des Monsuns hängt von dem antreibenden Land-See-Druckgradient ab, der wiederum sehr stark von der Albedo des Subkontinents (Reflexionsgrad der Oberflächen) sowie auch vom Grad der Erwärmung in den Tropen gesteuert wird. Beispielsweise kann die Albedo durch Erhöhung der Aerosolkonzentration (Staubpartikel aus Industrie und Verkehr) oder durch Landnutzungsveränderungen (z.B. Umwandlung von Wald in Ackerland) über einen Schwellenwert erhöht werden, der den Monsun in einen Modus mit niedrigem Niederschlag versetzen kann. Die Mehrzahl der Klimamodelle prognostiziert zur Zeit eine erhöhte interannuelle Variabilität der Monsunniederschläge, verbunden mit einer Erhöhung der langfristigen Niederschlagsmittel.

Durch die Emission von CO<sub>2</sub> und weiteren Gasen, Aerosolpartikeln, Benzol und Ruß werden biogeochemische Stoffkreisläufe massiv verändert und Ökosysteme auf vielfältige Weise geschädigt. Pflanzen- und Tierarten reagieren individuell auf Veränderungen der Klima- und Umweltbedingungen, werden gehemmt oder gefördert in ihrer Entwicklung und in ihrem Konkurrenzkampf oder eliminiert, so dass sich Artenzusammensetzung und Dominanzstrukturen von Lebensgemeinschaften ändern. Dies bedeutet zugleich einen Wandel von Ökosystemstruktur und -funktion, der in der Regel mit einem Verlust an Biodiversität verbunden ist.

Nachteilige Auswirkungen auf die verbliebenen naturnahen Waldflächen, die ohnehin nur noch 10-20 Prozent der Landesfläche ausmachen, hat auch der nach wie vor hohe Verbrauch an Biomasse zum Kochen und Heizen. Nach Daten der FAO beträgt der Anteil von Brennholz am Pro-Kopf-Energieverbrauch ländlicher Haushalte Indiens 68 Prozent, gefolgt von Öl (17 Prozent), Kuhdung (12 Prozent), Kohle (2 Prozent) und Elektrizität (1 Prozent). Der Verbrauch an Brennholz in Indien hat sich seit 1980 nahezu verdoppelt und beträgt heute 400 Millionen m<sup>3</sup> jährlich. Der hohe Brennholzverbrauch übersteigt die nachhaltig aus den Wäldern zu erntende Menge an Holz mit der Folge, dass die Walddegradierung zunimmt, die Waldflächen Indiens und ihre Biodiversität weiter reduziert und die Boden- und Wasserressourcen geschädigt werden. In Indien gehen jährlich etwa 100.000 Hektar an Waldfläche durch Brennholznutzung verloren.

Die Luftverschmutzung in Ballungszentren und die mangelhafte Verbrennungstechnik in Innenräumen belastet darüber hinaus die menschliche Gesundheit. Eine besondere Gefährdung geht von unvollständigen Verbrennungsprozessen von Holz oder Dung in technisch unzureichenden Kochherden aus, deren Emissionen von Ruß- und Schwebstoffen sowie Kohlenmonoxid gesundheitsverträgliche Werte erheblich überschreiten. Die Anfälligkeit für akute Atemwegsinfektionen, Lungenerkrankungen, Lungenkrebs, Asthma oder Herzkrankheiten ist vor allem bei Frauen und Kindern, die Rauch und Abgasen der Biomasseverbrennung länger ausgesetzt sind, erheblich erhöht.

### **Umbau zu nachhaltigen Energiesystemen erforderlich**

Global gilt: Nur wenn es gelingt, die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger fast auf null zu senken, wird es möglich sein, die Klimaveränderungen in Grenzen zu halten. Wie

lässt sich die große Herausforderung für die Länder Südasiens, eine ausreichende Energieversorgung bei rasantem Wirtschaftswachstum und stark anwachsender Bevölkerung mit Umwelt- und Klimaschutz zu vereinbaren, bewältigen? Die Probleme der derzeitigen Energienutzung lassen sich sicher nicht auf nationalstaatlicher Ebene lösen. Eine globale Energiewende ist erforderlich, die Umsetzung einer nachhaltigen Energiepolitik durch ein koordiniertes Vorgehen auf globaler Ebene, was durch nationale energiepolitische Reformen unteretzt werden muss. Die Staaten Südasiens müssen eingebunden werden in eine globale Transformationsstrategie hin zu nachhaltigen Energiesystemen, die sowohl die Sicherung des Zugangs zu moderner Energie für die gesamte Bevölkerung sowie den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen (Klima, Biodiversität) gewährleistet.

Der *Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen* (WBGU) in Deutschland hat ausgehend von Szenarien zur Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf 450 ppm (Begrenzung der Erwärmung auf 2° C, um unbeherrschbaren Klimawandel zu vermeiden) aufgezeigt, dass eine globale Energiewende technisch und wirtschaftlich in diesem Jahrhundert möglich ist. Der exemplarische Pfad dazu hat vier zentrale Bestandteile: 1) starke Minderung der Nutzung fossiler Energieträger; 2) Auslaufen der Nutzung nuklearer Energieträger; 3) erheblicher Auf- und Ausbau erneuerbarer Energieträger, insbesondere der Solarenergie; 4) Steigerung der Energieproduktivität.

Aus Sicht der Länder Südasiens steht dabei zunächst die Beseitigung der Energiearmut bei globaler Emissionsgerechtigkeit im Vordergrund. Dazu ist eine Konvergenz der Verschmutzungskontingente von Industrie- und Entwicklungsländern unerlässlich, die über den Emissionshandel zumindest mittelfristig umgesetzt werden kann. Dabei sind den Ländern des Südens bei den Klimaverhandlungen der nächsten Jahre faire Be-

dingungen anzubieten. Der Vorschlag einer Emissionsreduktion um 80 Prozent in den Industrieländern, während den Entwicklungsländern ein Anstieg um maximal 30 Prozent zugestanden wird, geht in die richtige Richtung. Der Gleichheitsgrundsatz im Klimaregime, nach dem jeder Erdenbürger exakt den gleichen Anspruch auf die Belastung der Atmosphäre hat, muss völkerrechtlich anerkannt werden, auch wenn ein Nordamerikaner heute durchschnittlich hundertmal so viele CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht wie die Bewohner südindischer Regionen. Auch das Verursacherprinzip bei Klimaschäden muss endlich durchgesetzt werden: Die globalen volkswirtschaftlichen Kosten des Klimawandels sollen die Länder tragen, die überproportional viele Treibhausgase ausstoßen.

Von der Energiepolitik Südasiens ist zu fordern, die Weichen in Richtung Umbau des Energiesystems zu stellen. Der Anteil erneuerbarer Energien am Energiemix ist erheblich zu steigern und der Einsatz fossiler Energieträger entsprechend zu reduzieren. Zwar ist Indien bereits fünfgrößter Produzent von Windenergie weltweit, und die Wasserkraftnutzung wird derzeit erheblich ausgebaut. Die bisherigen Anstrengungen reichen jedoch bei weitem nicht aus, um das ehrgeizige Ziel der indischen Regierung zu erreichen, bis zum Jahr 2020 aus erneuerbaren Energiesystemen 25 Prozent des gesamten Energiebedarfs zu decken. Die Industrieländer stehen in der Pflicht, durch erheblich verstärkten Kapital- und Technologietransfer in die Entwicklungsländer Unterstützung bei der Transformation der Energiesysteme zu leisten und die globale Energiewende zu ermöglichen.

---

#### **Zum Autor**

Dr. Udo Schickhoff ist Professor für Physische Geographie am Institut für Geographie der Universität Hamburg und leitet die AG Biogeographie und Landschaftsökologie. Er forscht seit über 20 Jahren zu Mensch-Umwelt-Beziehungen in Südasien mit Schwerpunkt Himalaya-Regionen.