

Wittmer, Heidi; Berger, Thomas

## Working Paper

Clean Development Mechanism: Neue Potenziale für regenerative Energien? Möglichkeiten und Grenzen einer verstärkten Nutzung von Bioenergieträgern in Entwicklungsländern

ZEF Discussion Papers on Development Policy, No. 58

## Provided in Cooperation with:

Zentrum für Entwicklungsforschung / Center for Development Research (ZEF), University of Bonn

*Suggested Citation:* Wittmer, Heidi; Berger, Thomas (2002) : Clean Development Mechanism: Neue Potenziale für regenerative Energien? Möglichkeiten und Grenzen einer verstärkten Nutzung von Bioenergieträgern in Entwicklungsländern, ZEF Discussion Papers on Development Policy, No. 58, University of Bonn, Center for Development Research (ZEF), Bonn

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/84754>

### Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

### Terms of use:

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



**ZEF Bonn**  
Zentrum für Entwicklungsforschung  
Center for Development Research  
Universität Bonn

Heidi Wittmer, Thomas Berger

Number  
**58**

**Clean Development Mechanism:  
Neue Potenziale für regenerative  
Energien?**

Möglichkeiten und Grenzen einer  
verstärkten Nutzung von Bioenergieträgern  
in Entwicklungsländern

ZEF – Discussion Papers on Development Policy  
Bonn, December 2002

The **CENTER FOR DEVELOPMENT RESEARCH (ZEF)** was established in 1995 as an international, interdisciplinary research institute at the University of Bonn. Research and teaching at ZEF aims to contribute to resolving political, economic and ecological development problems. ZEF closely cooperates with national and international partners in research and development organizations. For information, see: <http://www.zef.de>.

---

**ZEF – DISCUSSION PAPERS ON DEVELOPMENT POLICY** are intended to stimulate discussion among researchers, practitioners and policy makers on current and emerging development issues. Each paper has been exposed to an internal discussion within the Center for Development Research (ZEF) and an external review. The papers mostly reflect work in progress.

**Heidi Wittmer, Thomas Berger: Clean Development Mechanism: Neue Potenziale für regenerative Energien? Möglichkeiten und Grenzen einer verstärkten Nutzung von Bioenergieträgern in Entwicklungsländern, ZEF – Discussion Papers On Development Policy No. 58, Center for Development Research, Bonn, December 2002, pp. 81.**

**ISSN: 1436-9931**

**Published by:**

Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF)  
Center for Development Research  
Walter-Flex-Strasse 3  
D – 53113 Bonn  
Germany  
Phone: +49-228-73-1861  
Fax: +49-228-73-1869  
E-Mail: [zef@uni-bonn.de](mailto:zef@uni-bonn.de)  
<http://www.zef.de>

**The authors:**

**Thomas Berger**, Center for Development Research (ZEF), Bonn, Germany  
(contact: [t.berger@uni-bonn.de](mailto:t.berger@uni-bonn.de))  
**Heidi Wittmer**, Umweltforschungszentrum, Leipzig, Germany  
(contact: [wittmer@alok.ufz.de](mailto:wittmer@alok.ufz.de))

## Inhaltsverzeichnis

Hinweis	
Danksagung	
Abstract	1
Kurzfassung	3
1 Einleitung	5
2 Bestimmungsfaktoren der Nachfrage im Energiebereich	8
2.1 Bestimmungsfaktoren des Energieeinsatzes	8
2.2 Bestimmungsfaktoren zur Diffusion von Innovationen	9
2.2.1 Wahrgenommene Attribute der Innovation	10
2.2.2 Art der Übernahmeentscheidung	11
2.2.3 Art der Kommunikationskanäle/Zugang zu Information	11
2.2.4 Sozialsystem und sozio-kulturelle Bewertung von Energie	12
2.2.5 Bemühungen der „change agents“	12
3 Kontext der Energieversorgung	14
3.1 Bedeutung von Bioenergieträgern in Entwicklungsländern	14
3.2 Ökonomischer Kontext	18
3.3 Politisch/institutioneller Kontext	19
3.4 Ökologischer Kontext	22
3.5 Sozio-kultureller Kontext	23
4 Diskussion der Hemmnisse nach Bioenergieträgern und Einsatzbereichen	25
4.1 Festbrennstoffe: Holz/Holzkohle/Ernterückstände/Dung	26
4.1.1 Einsatzbereiche	27
4.1.1.1 Haushalte	27
4.1.1.2 Kleingewerbe/Industrie	27
4.1.1.3 Agrarverarbeitendes Gewerbe, Holzverarbeitung	28
4.1.1.4 Energiebereitstellung (Elektrizität, Wärme)	29
4.1.1.5 Mögliche Maßnahmen	30
4.1.2 Hemmnisse einer verstärkten Nutzung	30

4.1.2.1	Ökonomische Hemmnisse	31
4.1.2.2	Politisch/institutionelle Hemmnisse	34
4.1.2.3	Ökologische Hemmnisse	38
4.1.2.4	Sozio-kulturelle Hemmnisse	40
4.1.3	Perspektiven und Strategien	41
4.2	Biogas	45
4.2.1	Einsatzbereiche	45
4.2.1.1	Haushalte	45
4.2.1.2	Motoren	45
4.2.1.3	Kleingewerbe	46
4.2.1.4	Kommunale Anlagen	46
4.2.1.5	Abfallentsorgung	46
4.2.2	Hemmnisse einer verstärkten Nutzung	46
4.2.2.1	Ökonomische Hemmnisse	47
4.2.2.2	Politisch/institutionelle Hemmnisse	48
4.2.2.3	Ökologische Hemmnisse	49
4.2.2.4	Sozio-kulturelle Hemmnisse	49
4.2.3	Perspektiven	50
4.3	Biotreibstoffe	52
4.3.1	Biotreibstoffgewinnung	52
4.3.2	Hemmnisse einer verstärkten Nutzung	52
4.3.2.1	Ökonomische Hemmnisse	53
4.3.2.2	Politisch/institutionelle Hemmnisse	53
4.3.2.3	Ökologische Hemmnisse	53
4.3.2.4	Sozio-kulturelle Hemmnisse	55
4.3.3	Perspektiven	55
5	Bioenergie und Armut	57
6	Schlussfolgerungen	62
6.1	Neue Herausforderungen	62
6.2	Regionale Potenziale zur Ausdehnung von Bioenergieträgern	64

## Bioenergieträger in Entwicklungsländern

7	Empfehlungen	67
7.1	Empfehlungen für die Konzeption	67
7.2	Allgemeine Fördermöglichkeiten	68
7.3	Politische Rahmenbedingungen in Entwicklungsländern	70
7.4	Empfehlungen für Projekte	72
	Literaturverzeichnis	75

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1	Energieproduktion und -verbrauch 1985 – 1995	14
Tabelle 2	Energieträger zum Kochen nach Einkommensgruppen (% der Haushalte)	16
Tabelle 3	Energieverbrauch ländlicher Haushalte in sechs chinesischen Regionen	25
Tabelle 4	Erfahrungen aus Programmen zur Einführung verbesserter Herde	36
Tabelle 5	Flächenbedarf für biomassebasiertes Kochen pro Haushalt und Jahr	40
Tabelle 6	Empfohlene Strategien zur Verbreitung verbesserter Herde	44
Tabelle 7	Die Funktionsfähigkeit von ländlichen Biogasanlagen in Costa Rica 1985	45
Tabelle 8	Attraktivität verschiedener Energieträger zum Kochen aus der Sicht der Nutzer(innen)	51
Tabelle 9	Bedarf an Arbeitskraft, Land und Wasser bei Umstellung auf Biotreibstoffe	55
Tabelle 10	Arbeitskräftebedarf der Energiebereitstellung	60
Tabelle 11	Regionale Voraussetzungen für unterschiedliche Bioenergie-Strategien	65

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1	Biomasseverbrauch in Abhängigkeit des BNP/Kopf in achtzig Ländern	15
Abbildung 2	Kostenverläufe und optimale Kraftwerksgröße 1930 – 1990	18

## Verzeichnis der Boxen

Box 1	Energiesubventionen und ihre Rückwirkungen	19
Box 2	Erfolg verbesserter Holzkohleherde in Ruanda	32
Box 3	Optionen zur Finanzierung von Kleinkraftwerken im ländlichen Raum	34
Box 4	Household Energy Project, Niger	37
Box 5	Zusammenwirken verschiedener nicht-technischer Hemmnisse	42
Box 6	Biogas in Nepal	48
Box 7	Brasiliens Pro-alcohol Programm	56
Box 8	Energiekosten für arme Haushalte	58
Box 9	Subventionen und Kosten der Energieversorgung für die ärmeren Haushalte, Tansania	59

## Hinweis

---

Die vorliegende Arbeit entstand am Zentrum für Entwicklungsforschung in Bonn und bereitet die Ergebnisse einer Studie für das Büro für Technologiefolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) auf. Die Studie ist eine von mehreren Studien und Materialien für die Enquete-Kommission „Globalisierung der Weltwirtschaft – Herausforderungen und Antworten“ im Auftrag des Deutschen Bundestags. Der Endbericht für das Gesamtprojekt „Bioenergieträger und Entwicklungsländer“ ist in der Schriftenreihe des TAB bei „edition sigma“ erschienen.

## Danksagung

---

Wir möchten uns herzlich bei allen interviewten Experten und Expertinnen bedanken, die uns bei der Erarbeitung dieser umfassenden Thematik mit ihren Detailkenntnissen sehr unterstützt haben. Ebenso gilt unser Dank Manuel Rojas, Max Holtmann, Kerstin Becker und Christina Scherges, die uns bei der Literatursuche und Auswertung und der Erstellung der Studie unterstützt haben.

Vielen Dank auch den Kolleginnen und Kollegen am ZEF, die es Frau Wittmer als externer Mitarbeiterin ermöglicht haben, ihren Aufenthalt sowohl fachlich als auch persönlich zu bereichern.

Heidi Wittmer, Thomas Berger

November 2002

## Abstract

---

The agreement on the Clean Development Mechanism as a flexible instrument of emissions reduction within the Kyoto protocol opens up new perspectives for the implementation of regenerative energy projects in developing countries. Bioenergy presently covers about one third of the total energy demand in developing countries. Especially in many rural regions it constitutes the cheapest if not the only energy source, and although numerous technologies are available for increased and improved use, their application remains limited.

The present study addresses the question as to why this technical potential has not yet been taken advantage of. It investigates the socio-economic and institutional challenges of increased use of renewable energy in developing countries. Based on this analysis suggestions for energy and climate protection policies are derived.

The literature dealing with dissemination of technologies supports the assumption that non-technical barriers limit an increased use of renewable energy in developing countries, especially on the demand side. The study therefore parts from a system analysis of the energy sector, in which the decisions of the energy users stand in front.

As a first step of this analysis, the context of the energy supply in developing countries is investigated. The study reveals that especially economic and political/institutional barriers are widespread and similar across different countries. Contrarily, ecological and socio-cultural conditions differ strongly between applications and between countries. It can be concluded that political barriers at present still limit an increased spread of renewable energy use. However, deregulation and market liberalisation processes currently under way can, if well conceived, open up considerable new potentials.

An analysis of the role of the different barriers within the general context precedes their discussion with regard to the following renewable energy sources:

- **Solid combustibles** are the most important energy source, based on their present use. They have the largest potential for increased use under corresponding economic and political/institutional conditions. This is especially true for modern forms of power generation.
- **Biogas** has a significant ecological potential. However, it is more complex to utilise, so that a successful implementation is conditioned by many prerequisites.
- **Biofuels** (non-fossil fuels) have a large implementation potential in some countries if their use is supported and subsidised. The advantages and disadvantages of such a

subsidy must be carefully considered. The importance of biofuels world-wide is restricted and their utilisation potential compared to hydrogen-based fuel appears rather limited.

Poorer population groups depend on renewable energy sources in a special way. Firstly, biomass is the most important, sometimes the only, energy source in these households. Secondly, many poor households earn a substantial amount of their income through the sale of biomass for energy use. It is shown that to improve the energy supply to poorer households, an expansion of commercial energy production is needed, especially of electricity. The optimal structure of subsidies is discussed.

The study concludes that only those political measures that make renewable energy sources look more attractive from the view of the energy user, can contribute to taking advantage of the technical potential for the reduction of CO<sub>2</sub>. Accordingly, recommendations are derived at three different levels:

- General opportunities for the promotion of bioenergy such as technology development, information dissemination and improvement of education.
- Potentials at the national policy level, especially for enhancing the supply of modern energy carriers based on biomass.
- Recommendations for the design of projects in the energy sector.

## Kurzfassung

---

Bioenergieträgern – etwa Biofestbrennstoffe, Ölpflanzen und Biogas – wird in ihrer Eigenschaft als regenerative Energieformen ein großes technisches Potenzial im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung zugesprochen. Des Weiteren könnte eine ausgeweitete Nutzung in Entwicklungsländern eine wichtige Rolle bei der Implementierung von Klimaschutzmaßnahmen im Sinne der Klimakonferenz von Kyoto spielen. Zwar gibt es zahlreiche Technologien für die verstärkte und verbesserte Nutzung von Bioenergieträgern, die gegenwärtig etwa ein Drittel des Gesamtenergiebedarfs in Entwicklungsländern decken, ihr Einsatz ist bisher jedoch begrenzt.

Die vorliegende Studie geht der Frage nach, weshalb das technische Potenzial in Entwicklungsländern bisher noch nicht ausgeschöpft werden konnte und untersucht zu diesem Zweck die sozioökonomischen und institutionellen Aspekte der Nutzung von Bioenergieträgern. Des Weiteren werden erste Aussagen zum Handlungsbedarf und den Handlungsmöglichkeiten, insbesondere in der Entwicklungs- und Klimaschutzpolitik, abgeleitet.

Die umfangreiche Literatur im Bereich der Diffusion von Technologien legt die Vermutung nahe, dass nicht-technische Hemmnisse, insbesondere auf der „Nachfrageseite“, einer Ausdehnung von Bioenergieträgern in Entwicklungsländern entgegenstehen. Ausgangspunkt für diese Studie ist deshalb eine Systembetrachtung des Energiesektors, bei der die Entscheidungen der Nachfrager(innen) über die Nutzung von Energieträgern im Vordergrund stehen.

Als erster Schritt dieser Systemanalyse wird zunächst der Kontext der Energieversorgung in Entwicklungsländern untersucht. Die Studie zeigt, dass vor allem ökonomische und politisch-institutionelle Hindernisse weit verbreitet und zudem länderübergreifend ähnlich sind. Hinzu kommen ökologische und soziokulturelle Rahmenbedingungen, die zwischen einzelnen Anwendungen und den einzelnen Ländern stärker divergieren. Es zeigt sich, dass in erster Linie politisch bedingte Hemmnisse einer Ausdehnung von Bioenergieträgern entgegenstehen. Es konnte aber auch festgestellt werden, dass eben diese politisch-institutionellen Rahmenbedingungen derzeit im Zuge von Deregulierungs- und Markt-Liberalisierungsprozessen im Umbruch begriffen sind.

Der Einordnung in den allgemeinen Kontext folgt die Analyse der genannten Kategorien von Hemmnissen bezogen auf die folgenden Bioenergieträger:

- **Festbrennstoffe** sind von ihrem derzeitigen Einsatz am bedeutendsten und haben bei entsprechender Ausgestaltung der ökonomischen sowie der politisch/institutionellen Rahmenbedingungen das größte Anwendungspotenzial. Dies trifft in besonderem Maße für moderne Anwendungen zur Elektrizitätserzeugung zu.

- **Biogas** hat ein erhebliches ökologisches Potenzial, ist von der Anwendung her jedoch komplexer, so dass eine erfolgreiche Anwendung an zahlreiche Voraussetzungen gebunden ist.
- **Biotreibstoffe** haben für einzelne Länder ein Anwendungspotenzial, wenn sie politisch gestützt und subventioniert werden. Die Vor- und Nachteile einer solchen Subvention müssen jeweils abgewogen werden. Weltweit sind Biotreibstoffe von eher untergeordneter Bedeutung und ihr Anwendungspotenzial gegenüber einer wasserstoffbasierten Treibstoffentwicklung erscheint eher gering.

Ärmere Bevölkerungsschichten sind in besonderer Weise von Bioenergieträgern abhängig. Erstens ist Biomasse der wichtigste, manchmal sogar der einzige Energieträger dieser Haushalte. Zweitens erwirtschaften viele ärmere Haushalte einen nennenswerten Teil ihres Einkommens durch den Verkauf von Bioenergieträgern. In dieser Studie wird gezeigt, dass zur Verbesserung der Energieversorgung ärmerer Haushalte eine Ausdehnung der kommerziellen Energieproduktion, vor allem der Elektrizitätsbereitstellung, erforderlich ist. Die optimale Ausgestaltung von Subventionen wird diskutiert.

Die Studie folgert, dass nur solche politischen Maßnahmen, die aus Sicht der Nachfrager(innen) eine Bioenergienutzung attraktiv erscheinen lassen, dazu beitragen können, das technische Potenzial zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung auszuschöpfen. Entsprechend werden erste Empfehlungen auf drei verschiedenen Ebenen abgeleitet:

- Allgemeine Fördermöglichkeiten wie Technologieentwicklung, Informationsbereitstellung und Verbesserung der Ausbildung
- Empfehlungen für die Ausgestaltung der nationalen Politik, insbesondere für die Ausdehnung des Angebots an modernen Energieträgern auf der Basis von Biomasse
- Empfehlungen für die Konzeption von Projekten im Energiesektor.

## 1 Einleitung

---

Mit dem *Clean Development Mechanism* (CDM) wurde ein wichtiges Instrument der Klimaschutzpolitik geschaffen, das darauf abzielt, Projekte zur verstärkten und verbesserten Nutzung von regenerativen Energieträgern in Entwicklungsländern auf die CO<sub>2</sub>-Einsparung in Industrieländern anrechnen zu lassen.

Bioenergieträger stellen schon heute die wichtigste regenerative Energieform in Entwicklungsländern dar und decken etwa ein Drittel des dortigen Gesamtenergiebedarfs. Es besteht jedoch ein erhebliches technisches Potenzial zur weiteren Ausdehnung und Effizienzsteigerung ihres Einsatzes, das zu einer Verbesserung der Energieversorgung ohne Anstieg der CO<sub>2</sub>-Belastungen führen könnte (WEC 1994).

Hinzu kommt, dass der bisher durch überwiegend großtechnische Lösungen charakterisierte Energiesektor insgesamt in eine Phase gewaltigen Umbruchs eingetreten ist. Die internationale Wirtschaftszeitschrift „The Economist“ (5. August 2000: S. 75) spricht in diesem Zusammenhang vom „Dawn of Micropower“. In globalem Maßstab ist eine rapide Zunahme der Energieversorgung durch kleine, dezentrale Kraftwerke zu beobachten, die sich auf drei weltweit wirkende Faktoren zurückführen lässt:

- Erstens werden Kleinkraftwerke, insbesondere wenn die entstehende Wärme ebenfalls genutzt werden kann, ökonomisch immer attraktiver.
- Zweitens hat unabhängig vom Wirtschaftssystem und dem volkswirtschaftlichen Entwicklungsstand eine Liberalisierung und Privatisierung der Energiemärkte eingesetzt. Dies erleichtert die zunehmende Nutzung auch lokaler technischer Potenziale zur Elektrizitätsgewinnung.
- Drittens ist die globale Umweltbelastung zunehmend auf der politischen Agenda und führt zu entsprechenden Auflagen auch für den Energiesektor. Dadurch verteuern sich zum einen Großkraftwerke auf der Basis fossiler Energieträger, und es werden zum anderen regenerative Energieträger, unter ihnen auch Biomasse, gefördert.

Aus dem Zusammenwirken dieser Faktoren ergeben sich umfangreiche Möglichkeiten zur politischen Förderung der verstärkten Nutzung von Bioenergieträgern. Das naive Vorgehen in der Entwicklungs- und Klimapolitik bestünde nun darin, die technischen Potenziale einer solchen Ausdehnung abzuschätzen, die Anpassung der erforderlichen Technologie zu fördern und entsprechende Energieprojekte in Entwicklungsländern im Rahmen des „Clean Development Mechanism“ zu implementieren. Die Erfahrungen mit Energieentwicklungsprojekten im

Laufe der letzten 30 Jahre haben jedoch gezeigt, dass neben technischen auch zahlreiche nicht-technische Hemmnisse aufgetreten sind, die eine Ausschöpfung dieser Potenziale verhindern. Unter *nicht-technischen Hemmnissen* sollen hier alle Faktoren verstanden werden, die einem Einsatz entgegenstehen, obwohl eine entsprechende Technologie („Artefakt“) existiert, welche die von den potentiellen Anwender(inne)n gewünschte Leistung tatsächlich unter deren lokalen Bedingungen erbringen könnte.

In der Vergangenheit haben viele Entwicklungsländer den kommerziellen Energiesektor subventioniert, um insbesondere auch ärmeren Haushalten den Zugang zu einer adäquaten Energieversorgung zu ermöglichen. Heute besteht weitgehende Einigkeit, dass dieses Vorgehen wenig erfolgreich war und die Energieversorgung in den meisten Entwicklungsländern unzureichend ist. Obwohl im Laufe der letzten 25 Jahre rund 1 Milliarde Menschen Zugang zur Elektrizitätsversorgung erhalten haben, sind gerade die subventionsbedingten Verzerrungen entscheidend mitverantwortlich dafür, dass immer noch rund zwei Milliarden Menschen über keinen Zugang zu modernen Energieträgern verfügen (World Bank 2000: S. 60). Aus diesen Erfahrungen resultiert heute eine zunehmende Änderung der Herangehensweise in der Forschung und Politikberatung. Es werden nicht mehr nur einzelne Energieträger betrachtet, sondern vielmehr das Energieversorgungssystem als Ganzes analysiert und Reformvorschläge entwickelt. Bedauerlicherweise liegen jedoch weltweit noch immer relativ wenig konkrete Daten über die tatsächliche Nachfrage nach Energie vor (World Bank 2000: Kap. 3+4).

Die vorliegende Studie analysiert vor dem Hintergrund der oben genannten Veränderungen die weiterhin bestehenden nicht-technischen Hemmnisse zur Ausdehnung von Bioenergieträgern in Entwicklungsländern und zeigt Ansatzpunkte auf, wie diese überwunden werden können. Dadurch soll ein Beitrag dazu geleistet werden, dass die Potenziale der oben genannten technischen und politischen Veränderungen in Energieprojekten des „Clean Development Mechanism“ optimal genutzt werden können. Die Studie basiert auf folgenden drei Thesen:

- Entscheidend für die Nutzung von Bioenergie ist die Nachfrage nach Energie bzw. nach bestimmten, durch den Energieeinsatz erzielbaren Leistungen (und nicht das potenziell erzielbare Angebot von Energie). Entscheidungen wie und wie viel Energie verbraucht wird, fällen die individuellen Endenergieverbraucher.
- Zur Erstellung der genannten Leistungen konkurrieren Bioenergieträger mit anderen Energieträgern; sie stellen lediglich eine Option unter vielen dar. Substitutionsbeziehungen zwischen Energieträgern haben starken Einfluss auf die Bioenergienutzung.

- Wie gut Bioenergieträger insgesamt und welche Bioenergieträger im Einzelnen geeignete Energielösungen darstellen, hängt von den jeweils gegebenen Nachfrage- und Angebotsbedingungen am einzelnen Standort ab und variiert stark zwischen verschiedenen Standorten.

Ausgehend von diesen Annahmen geht die Studie folgendermaßen vor:

Zunächst werden die Determinanten des Energieverbrauchs sowie Bestimmungsfaktoren von Übernahmeentscheidungen der Anwender („Nachfrageseite“) identifiziert (Kapitel 2). Die derzeitige Bedeutung der Bioenergieträger in den Energieversorgungssystemen der Entwicklungsländer wird untersucht und der Kontext der Energieversorgung skizziert (Kapitel 3). Nur vor diesem Hintergrund lassen sich technische Potenziale und nicht-technische Hemmnisse für die Ausdehnung von Bioenergieträgern ableiten.

Anschließend werden konkrete Hemmnisse bei der Anwendung der wichtigsten Bioenergieträger diskutiert (Kapitel 4). Eine adäquate Energieversorgung ist eine wichtige Voraussetzung für die Überwindung von Armut. Da vor allem ärmere Haushalte in hohem Maße auf Bioenergieträger angewiesen sind, ist der gesicherte Zugang dieser Bevölkerungsschichten zu solchen Energieträgern von besonderer Bedeutung. Der Diskussion dieser Problematik ist Kapitel 5 gewidmet. Abschließend werden Schlussfolgerungen und Empfehlungen zur Überwindung der dargestellten Hemmnisse abgeleitet (Kapitel 6 und 7).

Methodisch basiert die Studie auf der Auswertung der relevanten Literatur sowie auf Interviews mit Experten, die sich mit der Energiepolitik, insbesondere der Bioenergie in Entwicklungsländern, befassen.

Zunächst wurden mittels einer umfangreichen Literaturrecherche bei Organisationen der Entwicklungszusammenarbeit (GTZ, KfW, EU, Weltbank u.a.) sowie entsprechenden Forschungseinrichtungen bisherige Erfahrungen im Bereich der Bioenergie zusammengetragen. Darauf aufbauend wurden erste Hypothesen zur Bedeutung der verschiedenen nicht-technischen Restriktionen einer verstärkten Bioenergienutzung in Entwicklungsländern gebildet.

In Expertengesprächen wurden diese Hypothesen einer kritischen Prüfung unterzogen, um so ländergruppen- und energieträgerspezifische, nicht-technische Hemmnissen zu identifizieren. Dabei stellte sich heraus, dass die Unterschiede zwischen Ländern als geringer anzusehen sind als zwischen Regionen innerhalb dieser Länder.

## 2 Bestimmungsfaktoren der Nachfrage im Energiebereich

---

Einer potenziellen Ausdehnung des Einsatzes von Bioenergieträgern sowie der Identifizierung von Hemmnissen für diese Ausdehnung kann man sich theoretisch aus zwei Perspektiven annähern. Eine Perspektive besteht darin, die Determinanten des Energieeinsatzes zu identifizieren, um so zu verstehen, in welchem Kontext sich eine Änderung des Energieverbrauchs abspielt. Da eine Ausdehnung des Einsatzes von Bioenergieträgern eine Veränderung des derzeitigen Energieeinsatzes voraussetzt und in den meisten Fällen mit Änderungen der eingesetzten Technologie einhergeht, kann aus der Perspektive der Diffusionstheorie analysiert werden, welche Faktoren bei der Übernahme von Innovationen eine Rolle spielen. Gerade im Bereich der Übernahme von Innovationen kann auf umfangreiche Erfahrungen unter anderem aus über 40 Jahren Entwicklungszusammenarbeit zurückgegriffen werden. Ein solches Vorgehen erscheint angesichts der Erfahrungen im Naturschutz dringend geboten, um nicht wie dort viele der gleichen Fehler und Lernprozesse zu wiederholen (vgl. auch Simpson/Sedjo 1996: S. 241).

### 2.1 Bestimmungsfaktoren des Energieeinsatzes

Auf der Makroebene hängt der Einsatz von Energie stark vom Stand der wirtschaftlichen und technologischen Entwicklung ab. Bis zur ersten Ölkrise wurde allgemein davon ausgegangen, dass sich die Wohlfahrtssteigerung direkt proportional zum Energieverbrauch entwickelt. Erst nach einigen Jahren Energiekrise zeigte sich zunehmend, dass dieser Zusammenhang weder direkt proportional noch notwendig ist. Es erfolgte eine Abkopplung der wirtschaftlichen Entwicklung vom Energieverbrauch (vgl. Reusswig 1994: S. 143f.)

Die sozioökonomischen Modelle zur Erklärung des Energieverbrauchs auf der Mikroebene waren in den siebziger Jahren *technozentriert*. Hauptdeterminanten in diesen Modellen sind Faktoren wie Klima, Haus- bzw. Wohnungsbeschaffenheit, Fahrzeug- und Geräteausstattung und –effizienz. Im Laufe der achtziger Jahre entstand daneben eine zweite Richtung von aktionsspezifischen Modellen, die auch ökonomische, soziale und psychologische Determinanten des Energieeinsatzes berücksichtigen. So bezieht z.B. Kuhlmann (1988) neben nicht-personalen (technischen) Faktoren auch personale Faktoren, nämlich soziodemografische Größen, Familienzyklus, Einkommen, Motivation, Einstellungen sowie persönliche Handlungsbereitschaft, als Determinanten des Energieverbrauches und vor allem des Energiesparens ein.

Die vorliegende Studie geht davon aus, dass sowohl die Art als auch der Umfang des Energieverbrauches von ökonomisch/technologischen, ökologischen und soziokulturellen Faktoren bestimmt wird. Programme zur Ausdehnung eines Energieträgers müssen entsprechend allen drei angesprochenen Bereichen angepasst sein.

Zu den **ökonomischen Faktoren**, die den Energieverbrauch beeinflussen, zählen das individuelle Einkommen, das Volkseinkommen, die Preisverhältnisse und dabei vor allem der Preis für Arbeit verglichen mit dem Energiepreis. Entsprechend diesen Preisverhältnissen sind auch unterschiedliche Technologien dem jeweiligen Stand der volkswirtschaftlichen Entwicklung mehr oder weniger angepasst. Für die Angepasstheit einer Technologie in Entwicklungsländern spielt neben den Preisverhältnissen aber auch der Ausbildungsstand und die spezifischen Kenntnisse der entsprechenden Techniker eine entscheidende Rolle.

Zu den **ökologischen Faktoren** zählt in erster Linie das Klima, das Raumtemperierung (Heizung, Kühlung) erstrebenswert bzw. notwendig macht. Auch der Energiebedarf für Transport ist zum Teil ökologisch determiniert.

**Sozio-kulturelle Faktoren** bestimmen die gesellschaftliche Lebensweise und den individuellen Lebensstil entscheidend mit. So sind etwa die Einstellung zu elektrischen Haushaltsgeräten zwischen Gesellschaften unterschiedlich und der Wunsch nach höherer Mechanisierung keineswegs universal. Bei vergleichbarem Stand der volkswirtschaftlichen Entwicklung war in den dreißiger Jahren z.B. die Ausstattung mit Kühlschränken und Elektroherden in Frankreich deutlich niedriger als in Deutschland oder gar den USA. Wo wie in Frankreich täglich eingekauft wurde, ist ein Kühlschrank weit weniger notwendig. Ebenso spielt die Warmwasserbereitung im Haus natürlich eine umso größere Rolle je häufiger geduscht wird. Diese Faktoren bestimmen Art und Umfang der Energienutzung vor allem in den Haushalten (vgl. auch Landes 1983). Innerhalb einer Gesellschaft sind vor allem die o.g. personalen Faktoren, wie Alter, Geschlecht, Familienzyklus und der individuelle Lebensstil für eine soziale Differenzierung des Energiebedarfs verantwortlich. Zum Beispiel wirkt es sich unmittelbar auf den Energieverbrauch aus, dass das Kochen in Großfamilien anders organisiert ist als in Kleinfamilien oder Einpersonenhaushalten. Entfernungen zwischen Wohn- und Arbeitsort, sowie die Art der Freizeitgestaltung bestimmen den Energiebedarf für den Personentransport.

## 2.2 Bestimmungsfaktoren zur Diffusion von Innovationen

Vor diesem Hintergrund können die Erklärungsansätze aus dem Theoriegebäude der **Diffusion von Innovationen** einen wichtigen Beitrag zur Erklärung von Hemmnissen bei der Ausbreitung bestimmter Technologien leisten. Einer der bekanntesten Vertreter, Everett Rogers

(1995), identifiziert fünf verschiedene Variablen, die auf der „Nachfrageseite“ entscheidend für die Übernahme einer Innovation sind.<sup>1</sup>

Neben den Attributen der Innovation selbst sind entscheidend: die Art der Übernahmeentscheidung, die Kommunikationskanäle, die Art des Sozialsystems und das Ausmaß der Bemühungen, eine Innovation zu fördern. Im Folgenden werden die fünf Attribute kurz bezogen auf den Energiebereich erläutert.

### 2.2.1 *Wahrgenommene Attribute der Innovation*

Zunächst sind fünf Attribute oder Eigenschaften der Innovation selbst zu nennen, und zwar die relative Vorzüglichkeit, Kompatibilität, Komplexität, Erprobbarkeit und Beobachtbarkeit (observability). Ausschlaggebend ist bei allen, wie die Innovation von den potenziellen Übernehmern wahrgenommen wird, also die subjektive Bewertung, nicht die Einschätzung von Experten oder Testergebnisse im Labor.

Die **relative Vorzüglichkeit** einer Innovation ist eine mehrdimensionale Eigenschaft. Eine neue Technologie muss nicht nur ökonomisch attraktiv sein, also mehr Ertrag mit dem gleichen Einsatz (bzw. den gleichen Ertrag mit weniger Einsatz) produzieren. Entscheidend ist, dass die Summe aller Eigenschaften, also etwa die ökonomische Vorzüglichkeit, kombiniert mit dem mit dieser Technologie erreichbaren Sozialprestige, die Bequemlichkeit in der Handhabung, die Qualität der Energieleistung oder der erstellten Produkte, der abzulösenden Technologie überlegen sein muss. Der Aufwand für die Umstellung geht in diese Abwägungen ebenfalls mit ein.

**Kompatibilität** ist sowohl im Hinblick auf die üblichen Arbeitsabläufe, die Verfügbarkeit von Energieträgern, aber auch bei der Beschaffung von Ersatzteilen und der Wartung erforderlich. Eine neue Technologie muss i.d.R. erlauben, die gleichen Endprodukte erstellen zu können, wie die zu ersetzende Technologie. Das heißt, ein neuer, energieeffizienter Herd, mit dem nicht die gleichen Speisen zubereitet werden können wie auf traditionelle Weise, wird nur schwer zu verbreiten sein. Kompatibilität muss aber auch gewährleistet sein im Hinblick auf das bestehende Normen- und Wertesystem und die lokalen Vorstellungen über den Themenbereich, den die Innovation betrifft. Die Tatsache, dass die Gär-Rückstände einer Biogasanlage durch das Entweichen des Methangases nicht an Düngewert verlieren, war in Burundi schwer zu vermitteln. Die Idee, dass durch das Entweichen des Gases Energie entzogen wird, war in der Vorstellungswelt fest verankert (vgl. Sckeyde 1993).

---

<sup>1</sup> Die Einflussfaktoren der „Angebotsseite“ für neue und verbesserte Bioenergieträger-Technologien werden im Rahmen dieser Studie nicht weiter analysiert. Unter Verweis auf die einschlägige Literatur wird postuliert, dass, sobald eine Innovation verfügbar ist, in erster Linie die Faktoren auf der „Nachfrageseite“ die Diffusionsgeschwindigkeit dieser Neuerung bedingen (Vgl. etwa Brandes et al. 1997: Kap. 16).

Die Einschätzung der potentiellen Anwender(innen), wie leicht oder schwer eine Technologie zu verstehen und anzuwenden ist, kennzeichnet ihre **Komplexität**. Je komplexer eine Technologie wahrgenommen wird, desto schwerer fällt ihre Übernahme. Dies gilt insbesondere im Zusammenhang mit den folgenden beiden Eigenschaften **Erprobbarkeit** und **Beobachtbarkeit**. Innovationen, die ohne großen Aufwand ausprobiert werden können, werden viel eher übernommen als solche, die eine Anfangsinvestition oder lange Wartezeiten implizieren bis ein Ergebnis sichtbar wird. Die Erprobbarkeit ist umso wichtiger, je weniger eine Technologie lokal verbreitet ist. Haben bereits einige Nachbarn eine Photovoltaikanlage, lässt sich deren Funktionsweise beobachten und die Notwendigkeit für eigene Erprobungsversuche nimmt ab. Die meisten Technologien im Energiebereich zeichnen sich durch eine relativ hohe Beobachtbarkeit aus. Aspekte wie Sicherheit, Zeitersparnis oder Reduzierung des Arbeitsaufwandes sind jedoch oft nicht unmittelbar ersichtlich. Diese zeigen sich häufig erst durch persönliches Ausprobieren.

### 2.2.2 Art der Übernahmeentscheidung

Entscheidend ist hier vor allem, ob es sich um individuelle Übernahmeentscheidungen handelt oder um kollektive. Individuelle Übernahmeentscheidungen sind wesentlich einfacher zu tätigen als kollektive. Im Energiebereich spielen kollektive Übernahmeentscheidungen bei der Energiebereitstellung (vor allem der Herstellung von Elektrizität) eine wichtige Rolle. Nur ganz wenige Technologien zur Energieerstellung können für einen individuellen Haushalt ökonomisch angewendet werden. Die optimale Größe der meisten Technologien liegt bei erheblich größeren Einheiten. Je mehr räumlich nah beieinander liegende Haushalte an eine Anlage angeschlossen werden können, desto billiger wird die Energieerstellung, da sich die erheblichen Fixkosten entsprechend auf die einzelnen Haushalte verteilen lassen. Aber auch für Technologien, die von einzelnen Haushalten eingesetzt werden können, wie verbesserte Herde oder Biogasanlagen, gilt, dass Dienstleistungen wie Wartung und Reparatur sich um so leichter organisieren lassen, je stärker die Technologien verbreitet sind.

Es gibt Studien, die nahe legen, dass der Zugang zu und die Verwendung von Energieträgern als private Entscheidungen empfunden werden, obwohl Veränderungen in diesem Bereich gemeinschaftliche Entscheidungen erfordern würden (vgl. auch Kauzeni et al. 1998: S. 44). Schon diese Tatsache kann ein Hemmnis für die Diffusion neuer Technologien darstellen.

### 2.2.3 Art der Kommunikationskanäle/Zugang zu Information

Die Innovationsforschung geht davon aus, dass Innovationen umso leichter übernommen werden, je deutlicher ihre Vorzüge erkennbar werden. Dies ist um so eher der Fall, je direkter der Zugang zu den relevanten Informationen ist. Eine Biogasanlage, die eine im Dorf geschätzte Persönlichkeit erfolgreich betreibt, animiert viel eher zur Übernahme als ein Hinweis in einem

Radioprogramm. Im Gegensatz zum Landwirtschafts- oder zum Gesundheitssektor ist das Informationsangebot im Energiebereich meist gering. In den wenigsten Ländern gibt es flächendeckende Energieberatung oder werden Energieoptionen regelmäßig in den Massenmedien thematisiert. Informationsbeschaffung setzt also die Eigeninitiative interessierter Individuen voraus. Projekte, die im Energiebereich tätig sind, müssen oft eigene Informationssysteme aufbauen. Tatsächlich werden gerade im Bereich der neueren Technologien zur Bioenergienutzung die Unsicherheiten auf Grund von unzureichender Information als ein wichtiges Hemmnis zur Verbreitung dieser Technologien identifiziert.

### 2.2.4 *Sozialsystem und sozio-kulturelle Bewertung von Energie*

Das Sozialsystem spielt in zweifacher Hinsicht eine entscheidende Rolle: zum einen für die Informationsübermittlung und Verbreitung einer Technologie, zum anderen für ihre Bewertung, also das durch ihre Anwendung erreichbare Sozialprestige. Wie sich Informationen in einer Gesellschaft verbreiten, wird durch das soziokulturelle System bestimmt. Mobilität, Kommunikation zwischen unterschiedlichen Sozialschichten und die Glaubwürdigkeit von sogenannten Experten spielen dabei wichtige Rollen. Ob Innovationen und Veränderungen in einer Gesellschaft grundsätzlich als positiv oder negativ empfunden werden, bestimmt den Entscheidungsraum der Individuen ganz deutlich. Oftmals führt das soziale Prestige, welches mit neuen Technologien verbunden wird, auch zu einer sogenannten „Überadoption“. Dieser Zusammenhang wird z.B. für Biogasanlagen berichtet (vgl. Abschnitt 4.2).

### 2.2.5 *Bemühungen der „change agents“*

Rogers (1995) fasst in seinem fünften Punkt die Bemühungen der sogenannten „change agents“ zusammen, also der Berater oder des Verkaufspersonals, die über eine neue Technologie informieren, diese vorführen und entsprechende Anreize zur Übernahme schaffen. Im Energiebereich gibt es oftmals zusätzliche finanzielle Anreize vom Staat, um den Einsatz bestimmter Technologien zu unterstützen. Einige Firmen, z.B. im Photovoltaik-Bereich, verfügen über ausgebildetes Personal, welches Beratungsaufgaben übernimmt. Ebenso stellen verschiedene Entwicklungsprojekte entsprechendes Beratungspersonal an. Bisher sind gut organisierte Beratungsdienste im Energiebereich jedoch eher die Ausnahme.

**Zusammenfassend** kann festgehalten werden, dass technische Hemmnisse oft mit nicht-technischen Hemmnissen verbunden sind, da eine Technologie immer in einem bestimmten Kontext nachgefragt wird und daher sowohl ökonomisch wie sozial und kulturell kompatibel sein muss. Diese Kompatibilität lässt sich zum einen durch Anpassungen der Technologie – dies wäre dann eine Überwindung von technischen Hemmnissen –, vor allem aber auch durch die politische Ausgestaltung der Institutionen und Anreizstrukturen verbessern. Ist diese Kompatibilität nicht gegeben, können sich in allen genannten Bereichen Hemmnisse und

Umsetzungsrestriktionen ergeben. In der vorliegenden Studie werden diese in (1) ökonomische, (2) politisch/institutionelle, (3) ökologische und (4) sozio-kulturelle Hemmnisse zusammengefasst und für unterschiedliche Bioenergieträger analysiert.

### 3 Kontext der Energieversorgung

Schätzungen gehen davon aus, dass sich der Energiebedarf in Entwicklungsländern in den nächsten 30 Jahren etwa verfünffachen wird (Anderson 1996). Potenzialabschätzungen zufolge scheint sowohl die nachhaltige Bereitstellung der erforderlich werdenden Energieleistungen als auch eine deutliche Reduzierung der energiebedingten Emissionen technisch wie ökonomisch möglich zu sein (vgl. Anderson 1996 und die dort angegebene Literatur). Für eine solche nachhaltige Energiebereitstellung können regenerative Energieträger, und unter ihnen vor allem auch Bioenergieträger, eine wichtige Rolle spielen (UNDP 1997:3ff., Anderson 1996, Wuppertal Institut 2000). Voraussetzung für eine solche Entwicklung ist allerdings die erfolgreiche Implementierung entsprechender Energiepolitiken.

#### 3.1 Bedeutung von Bioenergieträgern in Entwicklungsländern

In zahlreichen Entwicklungsländern, vor allem in solchen ohne eigene Vorkommen an fossilen Energieträgern, stellen Bioenergieträger einen, wenn nicht den wichtigsten Energieträger dar. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Einsatz von Bioenergieträgern weltweit und in einzelnen Ländern.

Tabelle 1: Energieproduktion und –verbrauch 1985–1995

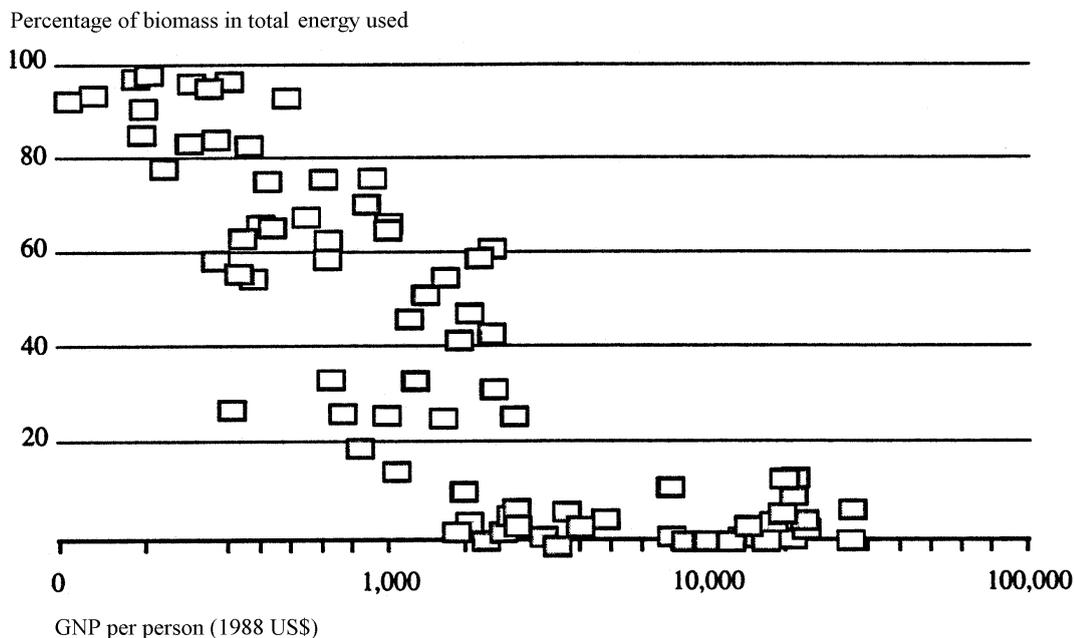
	Kommerzielle Energieproduktion		Gesamter Energieverbrauch			
			Kommerzielle Energie		Traditionelle Energieträger	
	(petajoules) 1995	%-Wandel seit 1985	(petajoules) 1995	%-Wandel seit 1985	(petajoules) 1995	%-Wandel seit 1985
<b>Welt</b>	<b>364.891</b>	<b>25</b>	<b>347.262</b>	<b>19</b>	<b>24.941</b>	<b>41</b>
<b>Afrika</b>	<b>22.667</b>	<b>35</b>	<b>8.976</b>	<b>15</b>	<b>5.227</b>	<b>26</b>
Nigeria	4.054	26	465	8	1.005	17
Ruanda	1	65	7	22	53	(3)
<b>Europa</b>	<b>94.496</b>	<b>X</b>	<b>105.553</b>	<b>X</b>	<b>1.725</b>	<b>X</b>
Österreich	255	4	1.010	18	32	108
Schweden	1.013	13	1.717	10	54	(51)
<b>Nordamerika</b>	<b>89.924</b>	<b>24</b>	<b>101.679</b>	<b>34</b>	<b>3.910</b>	<b>249</b>
USA	75.387	21	92.275	35	3.853	265
<b>Zentralamerika</b>	<b>8.992</b>	<b>10</b>	<b>7.474</b>	<b>39</b>	<b>765</b>	<b>(1)</b>
<b>Südamerika</b>	<b>17.937</b>	<b>68</b>	<b>11.923</b>	<b>61</b>	<b>2.730</b>	<b>(4)</b>
Brasilien	2.742	30	4.249	55	1.952	(12)
<b>Asien</b>	<b>122.438</b>	<b>X</b>	<b>106.770</b>	<b>X</b>	<b>10.308</b>	<b>X</b>
China	36.263	49	34.310	62	2.112	20
Indien	9.113	70	10.513	88	3.065	29
Nepal	4	232	23	127	234	64
Thailand	869	212	2.145	237	1.061	92

Zahlen in () negatives Vorzeichen, X keine Angabe, traditionelle Energie bezieht sich auf Bioenergieträger, kommerzielle Energie auf alle übrigen Energieträger. **Quelle:** World Resource Institute: Facts and Figures: Environmental Data Tables, in: <http://www.wri.org/facts/data-tables-energy.html>.

## Bioenergieträger in Entwicklungsländern

In ländlichen Gegenden wird Bioenergie meist in Form von Holz, in den Städten oft auch als Holzkohle genutzt. Wo Holz knapp ist, wird auch Dung oder Stroh in erster Linie zum Kochen eingesetzt. Ernterückstände haben saisonal eine gewisse Bedeutung, vor allem in der agrar- bzw. holzverarbeitenden Industrie, wo sie produktionsbedingt in großen Mengen anfallen. Biogas spielt insgesamt eine eher untergeordnete Rolle, ist jedoch in einigen Ländern relativ weit verbreitet (China, Nepal, auch Indien und Thailand). Bioethanol ist speziell in Brasilien bedeutsam, aber auch Entwicklungsländer wie z.B. Simbabwe haben entsprechende Förderprogramme eingeführt (Woods/Hall 1994). Wie aus Abbildung 1 ersichtlich wird, gibt es einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Bioenergieträgern und dem Volkseinkommen. In reichen Volkswirtschaften spielt der Biomasseverbrauch tendenziell eine geringere Rolle als in Entwicklungsländern.

Abbildung 1: Biomasseverbrauch in Abhängigkeit des BNP/Kopf in achtzig Ländern



Quelle: World Bank, 1996: Rural Energy and Development. Improving Energy Supplies for Two Billion People, Washington D.C., S. 3.

Auch in den einzelnen Ländern sind es, wie Tabelle 2 zeigt, vor allem die ärmeren Bevölkerungsschichten, die Bioenergieträger verwenden.

Die Wahl der Energieträger hängt also stark vom Einkommen ab. Barnes/Floor (1999) sprechen in diesem Zusammenhang von der sogenannten Energieleiter. Dieses Konzept besagt, dass mit zunehmendem Einkommen zunächst vor allem Holz, dann Kerosin, und schließlich Gas bzw. Elektrizität für die meisten Anwendungen, v. a. das Kochen und Heizen, eingesetzt wird. Ein Aufstieg (bzw. auch Abstieg) auf der Energieleiter hängt stark vom Einkommen ab. Allerdings besteht eine starke Präferenz für moderne Energieträger, so dass etwa in Hyderabad (Indien) trotz stagnierender Einkommensentwicklung ein Aufstieg auf der Energieleiter

festgestellt werden konnte (Alam et al. 1998). Die direkte Nutzung von Biomasse zur Energiebereitstellung ist somit nicht die bevorzugte Wahl der Konsumenten. Anders ausgedrückt besteht bei den meisten Menschen offensichtlich das Interesse darin, Zugang zu modernen Energieträgern zu bekommen.

Tabelle 2: Energieträger zum Kochen nach Einkommensgruppen (% der Haushalte)

Land	Ärmstes Fünftel		Reichstes Fünftel	
	Elektrizität/Gas	Holz, Dung, Stroh	Elektrizität/Gas	Holz, Dung, Stroh
<i>Niedriges Einkommen</i> Côte d'Ivoire	0,0	99,4	27,2	27,2
Nepal	0,0	98,5	18,7	38,9
Nicaragua	0,6	98,6	54,4	40,4
Vietnam	0,0	99,0	3,4	64,4
<i>Mittleres Einkommen</i> Ecuador	...	32,9	...	3,4
Panama	...	77,1	...	2,3
Südafrika	5,2	68,5	93,2	0,4

Quelle: The World Bank Group, 2000: Energy Development Report 2000. Energy Services for the Worlds Poor. In: [http://www.worldbank.org/html/fpd/esmap/energy\\_report2000/index.htm](http://www.worldbank.org/html/fpd/esmap/energy_report2000/index.htm), S. 21.

Trotz dieser Präferenz wird Bioenergie aus zweierlei Gründen auf absehbare Zeit weiter genutzt werden. Erstens haben rund 2 Mrd. Menschen vor allem in ländlichen Gebieten der Entwicklungsländer bisher kaum oder gar keinen Zugang zu modernen Energieträgern. Auf Grund der geringen Kaufkraft der meisten dieser Haushalte und der erheblichen Kosten, sie an die bestehende Energieinfrastruktur anzubinden, wird sich an dieser Situation auf absehbare Zeit kaum etwas ändern. Die Bereitstellung von Holz erfolgt jedoch in zunehmendem Maße nachhaltigkeitsunverträglich. Daher sind Einsparungen im Verbrauch, die Nutzung anderer Bioenergieträger sowie die Ausdehnung der nachhaltigen Produktion von Biomasse zur Energiebereitstellung sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht von großer Bedeutung.

Zweitens kommt hinzu, dass trotz gewisser Differenzen über den genauen Zeitraum Einigkeit darüber herrscht, dass insgesamt ein Ersatz von fossilen durch regenerative Energieträger erfolgen muss<sup>2</sup>. Bioenergieträger fallen oft als Nebenprodukt land- oder forstwirtschaftlicher Produktion an und haben gegenüber anderen regenerativen Energieträgern (wie etwa Solar- oder Windenergie) den Vorteil, dass sie in der Verwendung unabhängig von Wetter und Jahreszeit und somit flexibler einsetzbar sind. Es ist daher naheliegend, dass sie auch langfristig eine Rolle in der nachhaltigen Energieversorgung spielen werden.

<sup>2</sup> Ein deutlicher Indikator für diese Tendenz sind die Investitionen der Mineralölkonzerne in regenerative Energiequellen. Dies trifft insbesondere für Shell zu aber auch für British Petroleum, die inzwischen 25% des Weltmarktes für Photovoltaik beliefern.

Es gibt einige Gemeinsamkeiten der Bioenergieträger, die sie von anderen Energieträgern unterscheiden. Biomasse fällt vor allem in dünn besiedelten Gegenden an und kaum in urbanen Zentren. Durch den notwendigen Transport erhöhen sich daher die Kosten in den dichter besiedelten Gebieten erheblich. Andererseits sind insbesondere in ländlichen Gegenden andere Energieträger kaum oder gar nicht verfügbar und ihre Bereitstellung umgekehrt mit hohen Kosten verbunden. In der Energieerzeugung aus Biomasse gibt es auf Grund der hohen Transportkosten vergleichsweise geringe Skalenerträge, daraus folgt, dass sie gut für dezentrale Lösungen geeignet ist, jedoch nicht einer ähnlich hohen Kostendegression unterliegt wie etwa die Energiebereitstellung aus fossilen Brennstoffen.

Die land- und forstwirtschaftliche Produktion und Bereitstellung der Biomasse erfolgt meist nur zu bestimmten Zeiten im Jahresablauf. In der Holzproduktion sind erste Ernten frühestens nach einigen Jahren möglich. Das macht eine langfristige Planung und saisonale Lagerung notwendig, wenn eine regelmäßige Beschickung der Anlagen erreicht werden soll. Die Lagerung ist auf Grund der auftretenden Verluste in Qualität und Quantität jedoch häufig mit Problemen verbunden. Krankheiten und Schädlingsbefall stellen zusätzliche Risiken in der Produktion dar. Selbst bei der Herstellung von Biogas, bei der als Rohstoff Dung oder Fäkalien verwendet werden, ist eine gleichbleibende Versorgung der Anlage über das ganze Jahr oftmals schwierig.

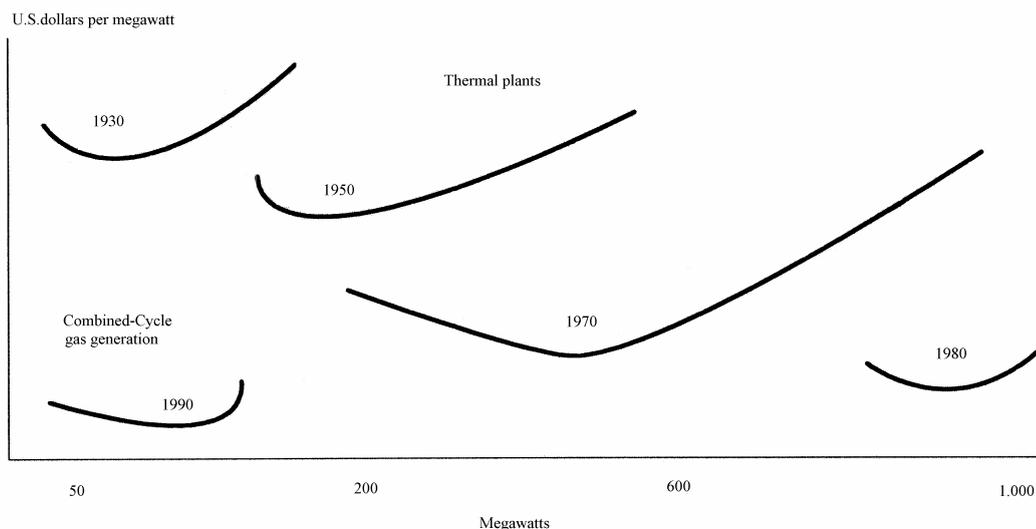
Für eine regelmäßige Belieferung mit Bioenergieträgern ist demzufolge eine enge Abstimmung mit den Betrieben des land- oder forstwirtschaftlichen Sektors notwendig. Dies hat insbesondere auch politische Implikationen. Wenn die Energieversorgung von der land- oder forstwirtschaftlichen Produktion abhängt, müssen Energie sowie Land- und Forstwirtschaftspolitik aufeinander abgestimmt werden. Wie in Kapitel 4 im Einzelnen erläutert wird, stellt gerade diese interministerielle Abstimmung ein Hemmnis für die Entwicklung von Bioenergie da. Die Planer im Energiebereich sind oft nur mit kommerzieller Energie befasst, während die Planer im Forst- oder Landwirtschaftsbereich nicht mit den Erfordernissen des Energiesektors vertraut sind (Vgl. ARTS/FARA 1992: S. 48).

Zusätzlich kann es in Entwicklungsländern zu konkurrierenden Nutzungen kommen. Die Verwendung von Tierdung oder Ernterückständen zur Energienutzung konkurriert mit dem Einsatz dieser Stoffe zur Bodenverbesserung. Im Fall des Zuckers, der zur Ethanolherstellung verwendet werden kann, führt dies auch zu einer Abhängigkeit von den Preisentwicklungen auf dem Zuckermarkt. Gleichzeitig steht die Produktion von Bioenergieträgern in manchen Ländern in Konkurrenz zu anderen Formen der Flächennutzung, etwa mit dem Natur- und Wasserschutz oder sogar mit der Nahrungsmittelerzeugung.

### 3.2 Ökonomischer Kontext

Die Kostenentwicklung insbesondere für die Energiebereitstellung über die letzten Jahrzehnte hat insgesamt zu einer deutlichen Senkung der Energiekosten geführt (Weltbank 2000: 10). Dies liegt daran, dass zum einen die Effizienz bei der Energiebereitstellung stark gestiegen ist und zum anderen die Preise für die meisten modernen Energieträger gesunken sind. Gleichzeitig führt die Weiterentwicklung bestimmter Technologien zu Verschiebungen bei der relativen Konkurrenzfähigkeit. So sind z.B. die Kosten für eine Elektrizitätsgewinnung aus Gasturbinen und die Kosten von Photovoltaikanlagen stärker gesunken als die anderer Technologien. Ähnliches gilt für die Anwendungen mit Kraft-Wärmekopplung. Insgesamt haben die technischen Neuentwicklungen den seit den dreißiger Jahren immer deutlicheren Trend zu großen zentralen Anlagen zumindest für bestimmte Kraftwerkskategorien aufgehoben, da die neueren Technologien sich nicht mehr durch hohe Skalenerträge auszeichnen. Abbildung 2 verdeutlicht diesen Sachverhalt.

Abbildung 2: Kostenverläufe und optimale Kraftwerksgröße 1930-1990



Quelle: World Bank, 2000: Energy and Development Report. Energy Services for the Worlds Poor, in: [http://www.worldbank.org/html/fpd/esmap/energy\\_report2000/index.htm](http://www.worldbank.org/html/fpd/esmap/energy_report2000/index.htm), S. 47.

Aus diesen veränderten technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen ergeben sich Potenziale für dezentrale, netzunabhängige Lösungen, insbesondere bei der Erschließung derjenigen Haushalte in ländlichen Regionen, die bisher noch keinen Zugang zu modernen Energieträgern haben.

Die Kapitalverfügbarkeit für Energieprojekte, insbesondere für kleinere Projekte von privaten Unternehmern, ist derzeit jedoch sehr begrenzt. Die öffentlichen Haushalte in fast allen Entwicklungsländern werden z.Zt. gekürzt und können in weit geringerem Maße als bisher den

Ausbau der Energieinfrastruktur und erst recht nicht die laufenden Energiekosten subventionieren.

Kapital zum Ausbau der Energieinfrastruktur muss daher zunehmend vom privaten Sektor aufgebracht werden. Da die Märkte für Energie und für Technologie im Energiebereich stark von der Ausgestaltung der staatlichen Energiepolitik abhängen, wirkt diese sich auch entscheidend auf die Bereitschaft aus, privates Kapital im Energiebereich zu investieren. Die Veränderungen der institutionellen Ausgestaltung des Energiesektors (z.B. die zunehmende Aufhebung von Monopolen, vgl. Abschnitt 3.3) ermöglichen jedoch solche Investitionen in weit höherem Maße als bisher. Dennoch hängt es entscheidend von der Ausgestaltung der Politik ab, ob der erforderliche Kapitalfluss gewährleistet werden kann. (vgl. auch Abschnitt 3.3). Wichtig ist ebenso, inwieweit die privaten Akteure Zugang zu Kredit haben (vgl. auch Box 3). Obwohl durch verbesserte Kommunikation und die Globalisierung der wirtschaftlichen Beziehungen sich Technologien viel schneller als in der Vergangenheit ausbreiten, ist es für mittlere und kleinere Unternehmen in Entwicklungsländern weiterhin nicht leicht, Informationen über neuere Technologien zu erhalten. Weitere Unsicherheiten liegen in der Tatsache begründet, dass mit vielen Technologien bisher wenig konkrete Erfahrungen vorliegen bzw. Erfahrungen nicht bekannt werden. Je nach Ausgestaltung der Energie- und Energieträgermärkte kommen weitere Unsicherheiten, insbesondere im Hinblick auf die Preise, hinzu (vgl. auch UNDP 1997).

### 3.3 Politisch/institutioneller Kontext

Eines der wichtigsten politisch bedingten Hemmnisse zur Ausdehnung regenerativer Energiequellen in Entwicklungsländern sind die noch immer weitverbreiteten Subventionen für andere, insbesondere für fossile Energieträger. Die Auswirkungen dieser Maßnahme sind zwar ökonomischer Art, die Ursache und die Möglichkeiten Änderungen vorzunehmen sind jedoch politisch bedingt und werden deshalb hier im politisch/institutionellen Kontext abgehandelt.

#### Box 1: Energiesubventionen und ihre Rückwirkungen

Am Beispiel von Indien (Reddy 1981 und 1993) kann illustriert werden, wie Änderungen im Preis eines Energieträgers auf das gesamte Energiesystem zurückwirken. Zu Zeiten hoher Ölpreise hat Indien immer wieder erhebliche Anteile seiner Deviseneinnahmen für Öl ausgeben müssen. Ein wesentlicher Ölverbraucher in Form von stark subventioniertem Diesel ist der Transportsektor, insbesondere der Langstreckentransport von Gütern. Ein Abbau der Dieselsubvention würde voraussichtlich die ökonomisch wie ökologisch sinnvolle Verlagerung eines erheblichen Anteils des Gütertransportes auf die Eisenbahn bewirken können. Dieselpreiserhöhungen würden jedoch unter dem derzeitigen Preisgefüge zu Kerosinknappheiten führen, da das ebenfalls stark subventionierte Kerosin dem Diesel beigemischt werden kann. Kerosin ist jedoch für ärmere, nicht an das Elektrizitätsnetz angeschlossene Haushalte der Hauptenergieträger für Beleuchtung und ein wichtiger Energieträger zum Kochen.

Die Subventionspolitik beeinflusst zum einen unmittelbar die Konkurrenzfähigkeit der unterschiedlichen Energieträger untereinander, lenkt aber andererseits auch die Forschung und Entwicklung im Energiebereich, die für die langfristige Konkurrenzfähigkeit verantwortlich ist.

Daneben setzt die Politik durch Förderprogramme und Investitionshilfen direkte Akzente. Bisher sind relativ wenig öffentliche Fördermittel für die Weiterentwicklung von Technologien im Bereich der Bioenergie verwendet worden. So wurden etwa von 1983 bis 1994 in den Mitgliedsländern der „International Energy Agency“ 60 % der öffentlichen Fördergelder im Bereich Energie für Forschung und Entwicklung der Nuklearenergie verwendet (UNDP 1997, Kap.5: 11). Eine weitere Implikation der geringeren Skalenerträge bei den erneuerbaren Energieträgern ist, dass die zur Forschungsförderung benötigten Mittel bei diesen Energieträgern weitaus geringer sind.<sup>3</sup>

Von Ausnahmen abgesehen erfolgt bisher kaum staatliche Unterstützung oder Entwicklungsplanung im Hinblick auf Produktion oder Verbreitung von Bioenergieträgern, in jedem Fall sind die Planungsbemühungen vernachlässigbar im Vergleich zu denjenigen bezogen auf moderne Energieträger. (Vgl. auch Kauzeni et al. 1998: vi, und ARTS/FARA 1992: S. 48)

Ein weiteres wichtiges Feld ist die Umweltpolitik. Das Energieversorgungssystem ist ein wichtiger Verursacher von Umweltbelastungen, vor allem der Luftverschmutzung. Auch die globale CO<sub>2</sub>-Belastung hat ein weltweites Umdenken bewirkt. Die Knappheit der fossilen Energieträger und die erheblichen Umweltbelastungen haben dazu geführt, dass seit der UN-Konferenz zu neuen und erneuerbaren Energieträgern im Jahr 1981, fast alle Länder versucht haben, den Einsatz regenerativer Energien zu fördern (World Bank 2000: 9). Bisher sind Umweltkosten meist nicht in den privaten Kosten reflektiert, sie werden aber zunehmend durch gesetzliche Auflagen verringert oder internalisiert. Beide Maßnahmen verbessern die relative Konkurrenzfähigkeit von Bioenergieträgern, deren Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen gering und deren Luftverschmutzung bei entsprechenden Verfahren deutlich reduziert werden kann. Weitere Maßnahmen, die Bioenergieträger betreffen, sind zunehmende Auflagen für eine nachhaltige Holzbereitstellung. Allerdings führt jede Besteuerung eines Energieträgers nicht nur zu seiner Verteuerung, sondern durch Verschiebung der Nachfrage auch zu Preisanstiegen bei anderen Energieträgern, da die unterschiedlichen Energieträger weitgehend substituierbar sind und das Angebot vor allem kurzfristig sehr unelastisch reagiert.

Auch die Regulierung des Energiemarktes und die Organisationen und Institutionen im Energiesektor spielen eine wichtige Rolle. In der Vergangenheit waren die Energiemärkte in hohem Maße staatlich reguliert. Die Energiebereitstellung erfolgte in der Regel durch Monopolbetriebe, eine Organisationsform, die sich durch die hohen Fixkosten für die Bereitstellung und Verteilung sowie durch die hohen Skalenerträge bei den früheren Technologien be

---

<sup>3</sup> Bei geringeren Skalenerträgen sind in der Regel die Einheiten kleiner, demzufolge sind auch die zur Experimentation benötigten Einheiten billiger.

gründete. Zusätzlich haben viele Regierungen die Energiepreise vor allem der modernen Energieträger entweder subventioniert oder reguliert, indem Preise vorgeschrieben wurden, die nicht den tatsächlichen Kosten der Energiebereitstellung entsprachen. Vergünstigte Preise galten meist nicht für alle Anwender, sondern waren mehr oder weniger gezielt auf ärmere Haushalte ausgerichtet (vgl. auch Kapitel 6).

In Folge der genannten Regulierungen konnten die Energieversorgungsunternehmen kaum Rücklagen für notwendige Investitionen bilden, oft sogar kaum die bestehenden Netze instand halten. Dies wird als einer der wichtigsten Gründe für die oftmals unzureichende Energieversorgung genannt. Unzureichend einerseits bezogen auf die belieferten Haushalte, die oftmals mit Stromausfall, starken Schwankungen oder Lieferengpässen konfrontiert waren. Andererseits konnten die Netze nicht genügend schnell ausgedehnt werden, um alle interessierten Haushalte anschließen zu können. Letzteres gilt vor allem für den ländlichen Raum, wo die Erschließungskosten auf Grund der geringeren Bevölkerungsdichte deutlich höher liegen als in den Städten.

Nicht nur die Energiebereitstellungsunternehmen, sondern auch die entsprechenden Energieministerien haben außerdem eine stark ausgeprägte Präferenz für Großprojekte unter Einsatz bekannter Technologien.

Der derzeitige Trend, insbesondere in der Elektrizitätserzeugung ehemals bestehende regionale Monopole aufzuheben, eröffnet jedoch neue Möglichkeiten für unabhängige Betreiber. Erste positive Erfahrungen mit der Privatisierung im Elektrizitätssektor wurden in den achtziger Jahren in Großbritannien und Chile gemacht. Von 1990 bis 1997 haben 62 Entwicklungsländer ihre Energiebereitstellung privatisiert. Die Ausgestaltung der Deregulierung des Energiemarktes ist dabei in den verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich. Während Mali lediglich Managementverträge für die staatliche Elektrizitätsgesellschaft vergeben hat, sind z.B. in Argentinien und Bolivien der gesamte Energiesektor inklusive der Verteilung und der Belieferung der Endverbraucher von der Privatisierung betroffen. In einigen Ländern sind Subventionen und Preisbindungen vollständig aufgehoben worden, in anderen Ländern wie z.B. in Kolumbien sind Preise zumindest für bestimmte Konsumentenschichten weiterhin reglementiert (Izaguirre 1998, vgl. auch World Bank 2000: Kap. 5: 48ff. und Kap. 9).

Das Management der Netzkapazitäten ist unterschiedlich geregelt. In den meisten Ländern ist es weiterhin in Händen der städtischen Energieversorger, was zu erheblichen Engpässen führen kann. In manchen Fällen gibt es unabhängige Regulierungsbehörden, die das Management überwachen. Einige Länder versuchen, „Märkte“ für die Übertragungsrechte zu etablieren. Erste theoretische und experimentelle Analysen legen nahe, dass die institutionelle Ausgestaltung der Energieübertragungsrechte, etwa ob es sich tatsächlich um physische oder nur um finanzielle Rechte handelt, dabei eine wichtige Rolle spielt (vgl. Kench 2000). Zu den Auswirkungen unterschiedlicher Regelungen des Energieübertragungssystems insbesondere

auch für Anbieter bestimmter Energieformen und für bestimmte Konsumentengruppen besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. (vgl. World Bank 2000: Kap. 5)

**Insgesamt** kann ein Umdenken im Politikbereich konstatiert werden: Zunehmend wird von Monopolanbietern und Vorschriften bei der Technologieauswahl abgerückt, zugunsten einer Privatisierung des Angebots und mehr Nutzerorientierung und Einbeziehung der nachfragenden Haushalte bei der Gestaltung von Projekten im Energiebereich. Vor dem Hintergrund des Kyoto Protokolls, welches vorsieht, dass Projekte des CDM nur angerechnet werden, wenn sie mit der nachhaltigen Entwicklung des jeweiligen Landes im Einklang stehen, kann davon ausgegangen werden, dass regenerative Energieträger weltweit wieder mehr in den Blickpunkt rücken.

### 3.4 Ökologischer Kontext

Der ökologische Kontext der Bioenergienutzung variiert stark, sowohl regional als auch bezogen auf die Art der Anwendung des eingesetzten Bioenergieträgers (unten in Abschnitt 4 wird auf die Differenzen der einzelnen Energieträger näher eingegangen). Insgesamt hängt die ökologische Bilanz vor allem von den Nutzungskonflikten sowie von den ökologischen Opportunitätskosten ab. Nutzungskonflikte können mit Bezug auf die benötigten Flächen entstehen, z.B. mit der Landwirtschaft oder der Expansion der Städte, mit der Erhaltung von Waldflächen zum Schutz von Ökosystemen oder von Biodiversität. Solche Nutzungskonflikte erschweren bereits in vielen Regionen die nachhaltige Bereitstellung traditioneller Bioenergieträger wie Holz. Eine Bereitstellung von Biotreibstoffen in großem Stil erscheint aus den gleichen Gründen fraglich.

Die ökologische Bilanz von Bioenergieträgern ergibt sich aus zwei Effekten: zum einen durch den alternativen Einsatz der Biomasse, zum anderen durch den Ersatz des bisherigen Energieträgers für die erbrachte Energieleistung. Die Verwertung von Exkrementen aus der Tierproduktion zu Biogas hat auf beiden Seiten einen positiven Beitrag, da sowohl Klimagas (Methan), die aus dem unverwerteten Dung entweichen, vermieden werden, als auch die CO<sub>2</sub>-Belastung anderer Energieträger ersetzt werden kann. Würde Holz verbrannt, anstelle als Baumaterial genutzt zu werden, und dabei Solarkocher ersetzen, wären beide ökologischen Effekte dagegen negativ.

Allgemein gilt, dass im Hinblick auf die Entstehung von Klimagasen eine forstliche Nutzung von Biomasse weitaus günstiger zu beurteilen ist als eine landwirtschaftliche. Außerdem erscheint aus ökologischer Sicht die energetische Nutzung von Neben- und Abfallprodukten oft die beste Lösung. Denn auf diese Weise wird zusätzlich ein Potenzial auch zur Reduzierung der Entsorgungsproblematik realisiert. In welcher Form (Vergärung, Verbrennung, Vergasung, etc.) diese Nutzung am besten erfolgt, hängt von den lokalen Gegebenheiten ab und bedarf einer Umweltverträglichkeitsprüfung.

### 3.5 Sozio-kultureller Kontext

Im Hinblick auf den sozio-kulturellen Kontext ist vor allem das Sozialprestige, welches mit der Nutzung einzelner Energieträger verbunden ist, von Bedeutung. Die Energiebedürfnisse differieren sehr stark, sowohl nach kultureller Zugehörigkeit als auch nach sozialen Schichten innerhalb einer Kultur. Deutlich werden diese Zusammenhänge z.B. in den unterschiedlichen Behausungen und entsprechenden Ausstattungen mit Geräten, aber auch im Reiseverhalten.

Der unter 3.1 beschriebene Zusammenhang zwischen Einkommen und Nutzung von Bioenergieträgern führt in den meisten Gesellschaften dazu, dass der traditionellen Nutzung von Bioenergieträgern ein geringes Sozialprestige beigemessen wird. Nicht betroffen von dieser Bewertung sind die „modernen“ Anwendungen, in denen Bioenergieträger nicht direkt genutzt werden, sondern z.B. verstromt werden.

Die zunehmende Nutzerorientierung und Entscheidungsfreiheit in deregulierten Wirtschaftssystemen bedeutet, dass dem Zugang zu Information eine steigende Bedeutung zukommt. Da insbesondere arme, ländliche Haushalte mit geringem Bildungsniveau Bioenergieträger nutzen, setzen Verbesserungen im Bioenergiebereich eine entsprechende Kommunikation an diese Bevölkerungsschicht voraus. Dieser Aspekt wird auf Grund seiner großen Bedeutung in Kapitel 6 noch einmal explizit aufgegriffen.

Ein Beispiel für den starken Einfluss kultureller Faktoren stellen die Kochgewohnheiten dar. Dennoch kommt es gerade in vielen Entwicklungsländern zu Änderungen sowohl der Konsum- als auch der Arbeitsgewohnheiten, die Änderungen in der Nachfrage nach Energie zur Folge haben (z.B. gestiegener Konsum von außer Haus zubereiteter Nahrung, mehr kalte Mahlzeiten, eine höhere Diversität bei der Speisenzusammenstellung und daher Einsatz von unterschiedlichen Technologien bei der Essenszubereitung, etc.). Im Hinblick auf die verwendeten Energieträger bedeutet dies zumeist eine erhöhte Anforderung an die Flexibilität im Einsatz, die bei Bioenergieträgern mit traditionellen Technologien weit weniger gegeben ist als bei modernen Energieträgern. Eine vollständige Substituierbarkeit besteht jedoch nicht. Vielfach ermöglichen moderne Energieträger die Zubereitung traditioneller Gerichte nicht. In solchen Fällen kann es zu einer parallelen Nutzung unterschiedlicher Technologien kommen, wie Masera et al. (2001) in Mexiko feststellen konnten.

Ebenfalls sozio-kulturell definiert ist die Arbeitsteilung zwischen den Geschlechtern. Bezogen auf den Energiebereich bedeutet dies:

- Frauen sind die Hauptanwenderinnen insbesondere von Bioenergie. 80% des Haushaltsenergiebedarfs in Entwicklungsländern wird von Biomasse bereitgestellt (UNDP 1997: Kap. 2). Dabei ist die wichtigste Anwendung das Kochen. Ebenso haben

viele Einkommensaktivitäten von Frauen, etwa die Verarbeitung von Agrarprodukten, Dienstleistungen, einen hohen Energiebedarf.

- Frauen und Kinder sind durch die Art der Energieanwendung oft einer nicht unerheblichen Unfallgefahr (z.B. Verbrennung oder Unfälle beim Transport des Brennholzes) und gesundheitlichen Belastungen (durch den Rauch) ausgesetzt (vgl. auch UNDP 1997: Kap. 2).
- Bei der Einführung neuer Technologien muss daher beachtet werden, wer entscheidet und wer die Technologie anwendet. Gerade auch bei Entscheidungen auf sogenanntem „community level“ ist es wichtig, dass Frauen einbezogen werden.

## 4 Diskussion der Hemmnisse nach Bioenergieträgern und Einsatzbereichen

Welche Kombination von Energieträgern in bestimmten Anwendungen zum Einsatz kommt, variiert sehr stark sowohl zwischen den einzelnen Ländern als auch zwischen Regionen und Nutzern im jeweiligen Land. Tabelle 3 vermittelt anhand des Beispiels von sechs Provinzen in China einen Eindruck, welche Rolle die unterschiedlichen Bioenergieträger bei der Versorgung ländlicher Haushalte spielen können und wie stark die Bedeutung regional variiert.

Tabelle 3: Energieverbrauch ländlicher Haushalte in sechs chinesischen Regionen

Energieträger	Xiushui	Hengnan	Kezuo	Jianyang	Huantai	Changshu
Elektrizität	0,13	0,27	0,60	0,80	0,98	1,99
LPG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,34
Kerosin	0,41	0,64	0,04	0,01	0,69	0,30
Kohle	3,35	34,73	27,30	11,90	62,30	3,50
Holzkohle	1,12	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Brennholz	69,78	40,34	8,90	14,30	0,02	2,25
Stroh	7,32	13,24	51,50	56,25	35,40	91,50
Gras/Blätter	17,61	10,75	11,30	15,34	0,00	0,16
Biogas	0,28	0,00	0,40	1,40	0,14	0,17
Dung	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
<b>GESAMT</b> <b>KgKE*/Jahr/Person</b>	823,55	420,00	405,40	240,25	473,48	265,10

\*kgKE = kg vom Kohlenäquivalent

Quelle: Barnes, Douglas/Floor, Willem, 1999: Biomass Energy and the Poor in the Developing World, in: Journal of International Affairs, Vol. 53, No. 1, New York, S. 254.

In diesem Kapitel werden für die drei Gruppen von Bioenergieträgern- Festbrennstoffe, Biogas und Biotreibstoffe - jeweils Umsetzungsrestriktionen und Hemmnisse einer Ausdehnung des Einsatzes analysiert. Jeder Abschnitt stellt zunächst die Energieträger vor, skizziert dann die wichtigsten Einsatzbereiche und leitet mögliche Fördermaßnahmen zur Ausdehnung des Einsatzes ab. Anschließend werden Hemmnisse und Umsetzungsrestriktionen herausgearbeitet und Zukunftsperspektiven abgeschätzt. Detaillierte Vorschläge zur Überwindung einzelner Hemmnisse finden sich auch in den Abschnitten 6 und 7.

#### 4.1 Festbrennstoffe: Holz/Holzkohle/Ernterückstände/Dung

Holz stellt den wichtigsten Bioenergieträger in Entwicklungsländern dar und wird vor allem auf dem Land verwendet.<sup>4</sup> Neben Holz werden auch Äste, Blätter und Rinde zur energetischen Nutzung verwendet. Da jedoch Holzkohle eine etwa doppelt so hohe Energiedichte als Holz besitzt, zudem sauberer verbrennt und leichter zu handhaben ist, wird sie v.a. in den Städten bevorzugt. Im Vergleich zum direkten Verbrennen von Holz ist Holzkohle jedoch sehr ineffizient, da fünf oder mehr Tonnen Holz zur Herstellung einer Tonne Holzkohle benötigt werden.

Ernterückstände fallen sowohl auf dem Feld als auch bei der Verarbeitung an. Auf dem Feld ist eine energetische Nutzung schwieriger, da die Biomasse zunächst eingesammelt und transportiert werden muss. Auf Haushaltsbasis erfolgt eine solche Nutzung in vielen Gegenden z.B. bei Stroh. Am Ort der Verarbeitung fällt Biomasse konzentriert an und muss entsorgt werden. Eine energetische Nutzung ist in vielen Fällen vorteilhaft, z.B. Bagasse aus Zuckergewinnung, Palmölschalen und -pressrückstände, Kokoschalen, Rückstände aus der Papierherstellung, etc. In manchen Fällen erfolgt auch eine Brikettierung, manchmal auch Karbonisierung, von Ernterückständen (z.B. Baumwollstängel oder Erdnusrückstände), überwiegend zum Einsatz in der Industrie oder in den Städten. In ländlichen Gegenden können Ernterückstände zwischen 10 und 50% der verwendeten Energie darstellen (vgl. FAO 1997: Kap. 4). Allerdings haben Ernterückstände vielfältige andere Verwendungen, wie den Einsatz als Futtermittel, Dünger, Faser, Verpackungsmaterial etc. und infolgedessen in vielen Entwicklungsländern einen Marktpreis (vgl. FAO 1997: Kap. 4). Ein weiterer Faktor, der die energetische Nutzung erschwert, ist, dass die Verfügbarkeit von Ernterückständen einer ausgeprägten Saisonalität unterliegt. Ebenso bestehen oftmals Nutzungsrechte an Ernterückständen, d.h. bestimmte Personengruppen außer dem Eigentümer des Landes können das Recht haben, Ernterückstände zu nutzen, z.B. abweiden zu lassen oder einzusammeln.

Vor allem in ländlichen Gegenden, wo der Zugang zu Holz begrenzt ist, wird von ärmeren Haushalten oft auch getrockneter Viehdung als Brennstoff eingesetzt. Verbrennung von Dung ist jedoch v.a. in geschlossenen Räumen ohne Rauchabzug mit ausgeprägten gesundheitlichen Belastungen durch die Luftverschmutzung verbunden.

---

<sup>4</sup> Es gibt aber auch Länder, in denen Holz im Vergleich zu anderer Biomasse, besonders Ernterückständen, eine eher untergeordnete Rolle spielt. Ein Beispiel dafür ist Bangladesch, wo Holz nur einen Anteil von knapp 30% am gesamten Bioenergieaufkommen hat (APFSOS 1997, Kap. 4: S. 1).

### 4.1.1 Einsatzbereiche

#### 4.1.1.1 Haushalte

Der weltweit wichtigste Einsatzbereich von Holz als Energieträger ist im Haushalt, vor allem zum Kochen, je nach Klima auch zum Heizen. Etwa zwei Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu modernen Energieträgern (World Bank 1996). Selbst wenn Zugang zu Elektrizität für Beleuchtungszwecke besteht, wird oft weiterhin Holz zum Kochen eingesetzt. Dabei wird Holz in den meisten Fällen in mehr oder weniger offenen Feuerstellen verbrannt. Dieser Einsatz ist mit drei grundsätzlichen Problemen verbunden: Erstens ist diese Art von Energienutzung nicht sehr effizient, da die erzielten Nutzungsgrade niedrig sind (5-15%). Zweitens kann es, vor allem beim Einsatz in geschlossenen Räumen, zu erheblichen gesundheitlichen Belastungen kommen (vgl. Weltentwicklungsbericht 1992 und die dort angegebene Literatur). Hinzu kommt drittens, dass angesichts der zunehmenden Entwaldung, vor allem in den dichter besiedelten Gebieten, die Holzversorgung derzeit regional nicht mehr nachhaltig bzw. mit langen Transportwegen und dadurch mit einer deutlichen Verteuerung verbunden ist.

Der Einsatz sogenannter verbesserter Herde, die für die gleiche Kochleistung deutlich weniger Holz oder Holzkohle benötigen<sup>5</sup>, stellt eine mögliche Entschärfung der genannten Probleme dar. Programme zur Einführung und Verbreitung solcher Herde sind seit den siebziger Jahren eine wichtige Strategie, sowohl in den Entwicklungsländern selbst als auch in der internationalen Entwicklungszusammenarbeit (vgl. auch Qaim 1996).

#### 4.1.1.2 Kleingewerbe/Industrie

Auch in vielen gewerblichen Bereichen stellt Holz, vor allem aber Holzkohle, einen wichtigen Energieträger dar. Dies gilt für Ziegeleien, Röstereien, bei der Gummiherstellung, der Tabakverarbeitung, in der Nahrungsmittelindustrie und in Verpflegungsbetrieben. Zum Beispiel wird in Thailand ein Drittel der Energie aus Biomasse in Industrie und Kleingewerbe, vor allem in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, verbraucht (Yokoyama et al. 2000).

In Brasilien wurden 1990 etwa 36 Mio. m<sup>3</sup> Holzkohle verwendet, gut die Hälfte in der Eisengewinnung. Vor 1975 basierte die Produktion auf dem Abholzen von Naturwald. Mit zunehmender Abholzung wurden Programme zur Aufforstung vor allem mit Eukalyptus gestartet. Seit Beginn der neunziger Jahre wird politisch vorgeschrieben, dass sukzessive ein zunehmender Anteil des benötigten Holzes anstatt aus Naturwäldern aus Forstplantagen stammen muss. Auch hier können Verbesserungen in der Effizienz der Holzkohleherstellung den

---

<sup>5</sup> Wurde zunächst davon ausgegangen, dass sich der Holzverbrauch auf 25-30% reduzieren lässt, werden heutzutage Einsparpotenziale auf etwa 75% für realistisch gehalten (World Bank 1996: S. 68).

Holzbedarf stark reduzieren, was in Brasilien relativ erfolgreich durchgeführt worden ist (Woods/Hall 1994, Kap. 3: 2).

Auch im gewerblichen Bereich bestehen erhebliche Einsparpotenziale durch technische Verbesserungen der Feuerungsanlagen, die auf Grund der viel größeren umgesetzten Mengen pro Anlage mit weniger Aufwand zu erzielen sind als im Haushaltsbereich. Die Ausmaße können am Beispiel von Marokko illustriert werden. Allein in der Hauptstadt gibt es rund 30 öffentliche Bäder, die täglich je eine Tonne Holz verbrauchen (Simonis 2000); das entspricht pro Bad dem Verbrauch von 100 Haushalten zum Kochen.

Die gesundheitlichen Belastungen durch Holzverbrennung sind im industriellen Bereich besser zu lösen als im Haushalt, da die Anlagen meist größer sind und daher einfacher eine vollständige Verbrennung erreicht werden kann. Außerdem kann das betreibende Personal einfacher geschult werden.

### 4.1.1.3 Agrarverarbeitendes Gewerbe, Holzverarbeitung

Die Agrar- und Holzwirtschaft wird hier gesondert genannt, da bei der Verarbeitung von Holz sowie bestimmten landwirtschaftlichen Produkten<sup>6</sup> räumlich konzentriert nennenswerte Mengen Biomasse anfallen, die zur energetischen Nutzung geeignet sind. Oft werden sie in den Betrieben selber eingesetzt, teilweise kann sogar Energie bereitgestellt werden.

Piloterfahrungen liegen aus vielen Ländern vor. In der Praxis wird etwa *Bagasse*, ein Abfallprodukt beim Auspressen des Zuckerrohrs, in der Zuckerherstellung selbst verwendet. Dabei spielen sowohl die direkte Verbrennung zur Gewinnung von Prozesswärme, etwa zum Einkochen des Zuckersaftes, als auch eine Verstromung im Betrieb eine Rolle. Bei der Verstromung fällt oft mehr Energie an, als benötigt wird, und die zusätzlich gewonnene Energie könnte ins Netz eingespeist werden.

Ein nicht unerhebliches Potenzial zur Elektrizitäts- oder Wärmenutzung besteht auch bei Ernterückständen, die bislang weder als Dünger eingesetzt noch energetisch genutzt werden, wie z.B. Reisschalen. Da es meist nicht lohnt, sie wieder auf die Felder zu fahren, und ihr Düngewert ohnehin gering ist, werden sie in den meisten Ländern verbrannt, was z.T. mit erheblichen Umweltbelastungen verbunden ist. Alternative Nutzung von Reisschalen besteht z.B. in der Herstellung von Ziegeln, wobei der Lehm mit Reisschalen vermischt wird (Yokoyama et al. 2000).

---

<sup>6</sup> Vor allem beim Pressen von Zuckerrohr, dem Schälen von Reis, bei Ölpresen etc.

Auch Sägemehl fällt in vielen Entwicklungsländern in großen Mengen an und hat nicht viele konkurrierende Nutzungsformen<sup>7</sup>. In Thailand wird ein Teil zur Holzkohleherstellung verwendet. Allerdings erfordert die Verbrennung von Sägemehl zur Energiegewinnung eine Aufbereitung in Form von Briketts.

Studien zeigen, dass es in vielen Ländern noch ein unausgeschöpftes technisches Potenzial zur Ausdehnung der energetischen Nutzung von Nebenprodukten der Agrar- und Holzverarbeitung gibt (Vgl. z.B. Senelwa/Sims 1999, Mellquist/Palm 1996).

### 4.1.1.4 Energiebereitstellung (Elektrizität, Wärme)

Neben den oben erwähnten, traditionellen Verfahren, in denen Holz direkt verbrannt wird, erlauben verschiedene Verfahren auf der Basis von Holz oder anderen Festbrennstoffen, Gas zur direkten Nutzung oder zur Stromerzeugung zu gewinnen. Dieses, dem Stadtgas ähnliche Gemisch, lässt sich auch für den Antrieb von Motoren oder direkt zum Kochen einsetzen. So konnte z.B. für Großküchen in Indien gezeigt werden, dass das Kochen mit *Producer Gas* (Biomass gasifier based) wesentlich kostengünstiger als mit Kohle ist und bei großen Verbrauchsmengen (Kochen für 75-100 Personen) auch günstiger als mit Flüssiggas-Kochern (Tripathi et al. 1999).

Durch die technische Weiterentwicklung der Vergasungsverfahren erreichen die so erzielbaren Nutzungsgrade 25% in der Elektrizitätserzeugung (vgl. Varela et al. 1999: S. 409), 40% beim Kochen in der Großküche (vgl. Tripathi et al. 1999: S. 167) oder 60-90% für Kraft-Wärme-Kopplung (30MW). Neuere Verfahren wie etwa BIGCC erzielen Effizienzen von 40-55% allein in der Elektrizitätsgewinnung<sup>8</sup>. Je nach Kostenverhältnissen der übrigen Energieträger, sind diese Technologien durchaus wettbewerbsfähig. In Indien sind einige dieser Verfahren bereits erprobt, und es wird ihnen ein großes technisches Potenzial eingeräumt, vor allem für die dezentrale Stromerzeugung, sofern noch keine oder nur unzuverlässige Elektrizitätsversorgung besteht (vgl. Ravindranath 1993). Auch in anderen asiatischen Ländern sind bereits entsprechende Anlagen installiert (vgl. FAO 1997: Kap. 5). Selbst für Industrieländer, wie Spanien, liegen Studien vor (vgl. Varela et al. 1999).

---

<sup>7</sup> So ist in machen Ländern lediglich die Verwendung von Sägemehl zur Herstellung von Pressspanplatten anzutreffen.

<sup>8</sup> Biomass Integrated Gasification Combined Cycle: Ein neueres Verfahren zur Vergasung, das ermöglicht unterschiedliche Bioenergieträger zu verwenden und zugleich sehr hohe Effizienzen von bis zu 55% bei der Elektrizitätbereitstellung ermöglicht (vgl. Faaij et al. 1997).

### 4.1.1.5 Mögliche Maßnahmen

Mögliche Maßnahmen zur Ausdehnung von Festbrennstoffen aus Biomasse ergeben sich in drei Richtungen. Entsprechend finden sich spätestens seit der Konferenz in Rio de Janeiro 1992 in den Förderprogrammen der meisten Entwicklungsländer ziemlich einheitlich die folgenden grundsätzlichen Strategien:

- a. **Erhöhung der Effizienz beim Verbrauch**, z.B. durch verbesserte Herde in Haushalten oder in gewerblichen Nutzungen sowie bei der Holzkohleherstellung.
- b. **Ausdehnung der nachhaltigen Holzproduktion**, entweder in forstlich genutzten Flächen, auf landwirtschaftlich genutzten Flächen oder durch Aufforstung degradiertes Flächen.
- c. **Förderung von alternativen Verwendungen** bisher nicht genutzter Potenziale bei der Energiebereitstellung, vor allem Erstellung von Elektrizität sowohl auf der Basis von Ernterückständen als auch von Holz.

### 4.1.2 Hemmnisse einer verstärkten Nutzung

In der Vergangenheit begrenzten oft technische Hemmnisse im Sinne einer nicht angepassten Innovation den Erfolg der o.g. Strategien. Herde waren z.B. technisch nicht geeignet, um lokale Gerichte zuzubereiten. Weitere Probleme entstanden durch die schlechte Handhabbarkeit oder die Komplexität der Technologie (vgl. Abschnitt 2.2). Diese Hemmnisse lassen sich möglicherweise durch eine partizipative Technologieentwicklung bzw. Anpassung überwinden. Heute herrscht weitgehende Übereinstimmung, dass Einführungen von neuen Technologien ohne eine die Nutzer(innen) einbeziehende Technologieentwicklung kaum erfolgreich verlaufen. Bei der Einführung neuerer Verfahren, z.B. zur Verstromung von Biomasse, sollte daher unbedingt eine ausreichende lokale Anpassung der Technologie eingeplant werden, um nicht durch Fehlschläge Imageschäden zu verursachen. Weitere technische Verbesserungsmöglichkeiten, die in einigen Ländern bereits ausgenutzt werden, liegen in der Massenproduktion normierter Bauteile, die Effizienz oder Funktionalität gewährleisten, und in der Definition und Einhaltung von Qualitätsstandards.

Die technische Anpassung ist in jedem Fall unerlässlich, soll im Folgenden jedoch nicht weiter diskutiert werden. Hier werden lediglich die weiteren nicht-technischen Hemmnisse analysiert.

### 4.1.2.1 Ökonomische Hemmnisse

Aus der ökonomischen Perspektive können im Hinblick auf Festbrennstoffe drei verschiedene, grundlegende Situationen unterschieden werden:

- I. Holz, bzw. ein anderer Festbrennstoff, ist nicht knapp, daher ist es wenig rentabel, effizientere Verfahren oder eine Ausdehnung der Produktion anzustreben.
- II. Holz ist zwar knapp und entsprechende Investitionen wären im Prinzip rentabel, sind aber mit großer Unsicherheit verbunden, bzw. für den Entscheidungsträger derzeit nicht finanzierbar.
- III. Holz ist zwar gesamtgesellschaftlich knapp, einzelwirtschaftlich liegen jedoch keine ausreichenden Anreize für Investitionen vor.

Die Kosten für den Energieträger Holz variieren sehr stark. Solange vor allem im ländlichen Raum auf dem eigenen Land oder auf kommunal genutzten bewaldeten Flächen Brennholz zur Verfügung steht, entsprechen die Kosten im Wesentlichen der Arbeitszeit, es zu sammeln. Mit zunehmender Bevölkerungsdichte, vor allem in den Städten, fallen neben den Kosten zum Sammeln des Holzes Transport- und Vermarktungskosten an. Oftmals wird der Bedarf als Folge nicht mehr nur aus Nebenprodukten der Holzproduktion bestritten, sondern Holz wird explizit als Energieträger produziert oder Waldflächen zur Holzkohlenproduktion abgeholzt. Vielfach ist die Holzbereitstellung dann entweder nicht mehr nachhaltig oder es entstehen auch für Anpflanzung und Pflege der Bäume Kosten, die sich im Preis des Brennholzes widerspiegeln müssen. Wie konkurrenzfähig Holz im Vergleich zu anderen Energieträgern ist, hängt stark davon ab, ob freier Zugang dazu besteht und welche Arbeits- und Transportkosten entstehen. Studien zeigen, dass sobald Holz nicht mehr als Nebenprodukt anfällt sondern über den Markt zugekauft werden muss, sein Preis pro Energieeinheit oft höher liegt als für moderne Energieträger. Dennoch sind viele Haushalte auf den Einsatz von Holz angewiesen, da sie keinen Zugang zu modernen Energieträgern haben, entweder weil diese lokal nicht verfügbar oder mit zu hohen Initialkosten verbunden sind.

### Box 2: Erfolg verbesserter Holzkohleherde in Ruanda

Holzkohle liefert 80-85% der Gesamtenergie in Ruandas Städten. Die Holzkohlepreise sind im Vergleich zu anderen afrikanischen Ländern sehr hoch. Der Einsatz eines verbesserten Herdes, der etwa 35% Holzkohle einspart, macht sich bereits nach einem Monat bezahlt. Obwohl die verbesserten Herde nur 20% teurer als die traditionellen sind, besteht eine genügend große Gewinnspanne für die Herdhersteller und Vermarkter.

Der Erfolg wird darauf zurückgeführt, dass:

1. Die Rahmenbedingungen sehr günstig waren: Zukauf von Herd und Holzkohle, hohe Holzkohlepreise, eine relativ geringe zusätzliche Investition, eine spürbare Reduzierung des Verbrauchs.
2. Die Entwicklung der Herde erfolgte in enger Abstimmung mit den Anwenderinnen. Auch die Herdhersteller und -vermarkter waren in der gesamten Projektlaufzeit beteiligt. So wurde sichergestellt, dass die Herde funktional und für die Anwender akzeptabel waren.
3. Die Regierungsprogramme haben lediglich technische Unterstützung, Informationsverbreitung und Werbung geleistet, das Projektteam bestand hauptsächlich aus einheimischen Frauen. Herstellung und Vertrieb erfolgten von Anfang an durch den Privatsektor.

Ähnlich erfolgreich war auch der kenianische Jiko, ebenfalls ein verbesserter Holzkohleherd.

Quelle: Barnes et al. 1994

Der Grund für das Scheitern zahlreicher Projekte zur Einführung verbesserter Herde oder zur Umstellung auf andere Energieträger ist die Tatsache, dass holzsparende Technologien an Orten angeboten wurden, an denen Holz nicht knapp und damit relativ billig war (Barnes et al. 1994, Howes/Endagama 1995). Die Erfahrung zeigt ebenso, dass Projekte zur Erhöhung des Brennholzangebots, z.B. durch „community wood lots“, dort gescheitert sind, wo Brennholz nicht knapp genug war, um den Aufwand (meist in Form von Arbeit) für solche Projekte zu rechtfertigen. Jede Aktivität zur Verbreitung neuer Technologien bedarf deshalb einer genauen Analyse der Preisverhältnisse vor Ort. Die allgemeine Tatsache, dass Holz gesamtwirtschaftlich knapp ist, reicht nicht aus, um individuelle Investitionen zu motivieren. Die größten Erfolge erzielten Projekte zur Einführung verbesserter Herde in Gegenden, in denen die meisten Haushalte Brennholz kaufen, zumeist in den Städten. Unter solchen Bedingungen rechnen sich bereits relativ geringe Einsparungen in kurzer Zeit, so dass die Periode, in der sich die Anschaffung rentiert, für den Haushalt überschaubar wird.

In Gegenden wo Holz (noch) nicht knapp ist, sollten eher Möglichkeiten für Maßnahmen wie eine anderweitige Nutzung (Verstromung, etc.) evaluiert werden.

Allerdings stellt die Finanzierung der Investition, selbst wenn die Gesamtinvestition ökonomisch mit anderen Systemen zur Energiebereitstellung konkurrieren kann, oft ein weiteres Hemmnis dar. Es gelten im Prinzip die gleichen Argumente wie bei allen Investitionen zur

Energieeinsparung. Die unter (Abschnitt 4.1.1.5) genannten Innovationen, wie verbesserte Herde oder Öfen, oder Anlagen zur Energiebereitstellung, bedingen typischerweise hohe bzw. höhere Anschaffungskosten um mittel- und langfristig niedrigere Verbrauchskosten zu ermöglichen. Selbst wenn den Entscheidungsträgern das Einsparpotenzial bekannt und bewusst ist (vgl. Abschnitt 4.1.2.2 bzw. 4.1.2.4), verfügen in Entwicklungsländern die meisten Haushalte und viele Gewerbebetriebe weder über das notwendige Kapital, eine Investition zu finanzieren, noch über Zugangsmöglichkeiten zu entsprechenden Krediten (vgl. World Bank 2000: S. 3).

Die Finanzierung kann auch für die Ausdehnung der Holzproduktion ein Problem darstellen, da die Erträge erst einige Jahre später entstehen. In Kolumbien besteht z.B. ein entsprechendes subventioniertes Kreditprogramm, um die Aufforstung zu unterstützen.

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, die Kreditrestriktion aufzuheben bzw. zu überwinden. Bei Energieträgern, die monatlich bezahlt werden, wie etwa der Elektrizitätsrechnung, hat es sich bewährt, Investitionszuschüsse zu gewähren und diese durch monatliche Raten, gemeinsam mit der Stromrechnung zurückzuzahlen. Eine andere Möglichkeit ist, dass der Staat für private Kredite die Garantie übernimmt (vgl. Tugwell 1990). Weitere Möglichkeiten sind in Box 3 zusammengestellt.

Ein weiterer Faktor ist die Unsicherheit der Investition in der oben genannten Situation II. Holzanpflanzungen sind mit Risiko behaftet (Schädlinge, Brand, Diebstahl). Bei Technologien zur Stromerzeugung kommt das Risiko der Energiepreisentwicklung und eventuelle Änderungen der Reglementierung der Einspeisung hinzu. In solchen Situationen ist zu evaluieren, ob eventuell Subventionen, insbesondere für die anfängliche Investition, Kredite mit besonderen Versicherungen oder aber die Zusicherung langfristiger Verträge gerechtfertigt sind.

Situation III, dass Holz zwar gesamtwirtschaftlich knapp ist, einzelwirtschaftliche Anreize jedoch fehlen, betrifft vor allem die Ausdehnung der Holzproduktion und die Einführung neuer Verwendungen. In solchen Situationen können durch die politische Ausgestaltung entsprechende Anreize geschaffen werden. Möglichkeiten sind z.B.: eine klare Verteilung der Eigentumsrechte insbesondere bei Waldflächen (vgl. Abschnitt 4.1.2.2), die Schaffung von entsprechenden Kreditprogrammen<sup>9</sup> und Versicherungen oder die Förderung von Märkten für Brennholz. In der Einführungsphase einer Technologie mögen eventuell auch direkte Subventionen sinnvoll sein. Wichtig ist, dass ihre Ausgestaltung anreizkompatibel ist, d. h., dass technischer Fortschritt nicht behindert wird und sichergestellt wird, dass eine langfristige Nutzung attraktiv ist. So kann es insbesondere sinnvoll sein, die bei einem Wechsel der Technologie entstehenden Umstellungskosten zu subventionieren. Eine Subvention der laufenden Kosten hat sich hingegen als eher hinderlich erwiesen. Wie trotz Vermeidens von umfangreichen Subventionen auch die ärmere Bevölkerung erreicht werden kann, wird in Kapitel 5 diskutiert.

---

<sup>9</sup> Bzw. Unterstützung beim Zugang zu existierenden Finanzierungsmöglichkeiten bei der Global Environmental Facility (GEF) oder der Weltbank (vgl. Barnes & Floor 1999: 243).

In jedem Fall sollte geprüft werden, ob der gesamtgesellschaftliche Nutzen entsprechende Investitionen rechtfertigt oder ob die Maßnahme insgesamt unrentabel bzw. für die Nutzer(innen) nicht attraktiv ist.

### Box 3: Optionen zur Finanzierung von Kleinkraftwerken im ländlichen Raum

Kleinkraftwerke kosten im günstigsten Fall 200-300 US\$, ein Betrag, der für die meisten Haushalte in Entwicklungsländern unbezahlbar ist. Eine bedeutende Minderheit ist jedoch in der Lage, Investitionen in dieser Höhe zu tätigen, wenn sie Zugang zu Krediten erhalten. Kommerzielle Banken waren bislang nicht an solchen Krediten interessiert, da das Kreditvolumen niedrig und damit der Verwaltungsaufwand hoch ist und keine Rückzahlungs-Garantien bestehen.

- **Finanzierung über den Handel:** Der Kredit wird an den Handel gegeben, der dann den Verbrauchern entsprechende Zahlungsmodalitäten anbieten kann.
- **Finanzierung über die Energiebereitsteller:** Die Energiebereitsteller gewähren Kredite für die Investitionskosten der Haushalte, die z.B. mit den laufenden Energieabrechnungen zurückgezahlt werden können. Ebenso können Kredite an Unternehmen gegeben werden, die Kraftwerke betreiben und die Investitionskosten auf die laufenden Kosten der Stromversorgung der Haushalte umlegen.
- **Revolving Funds/Rotationsfonds:** Banken nehmen das Risiko eines Rotationsfonds auf sich, dessen Startkapital z.B. aus der Entwicklungshilfe stammen könnte.
- **Kreditabwicklung über Kooperativen:** Bestehende oder eigens gebildete Kooperativen ermöglichen die Vereinfachung der Abwicklung für die Bank. Banken geben also entweder der Kooperative einen gemeinsamen Kredit, für den alle haften, oder leasen das Kraftwerk bis zur endgültigen Rückzahlung des Kredits.
- **Regierungsaufträge für öffentliche Dienstleistungen:** In manchen Fällen stellt ein Regierungsauftrag, z.B. eine Schule mit Energie zu versorgen, einen ausreichenden Anreiz für Privatunternehmen dar, in der gleichen Region Finanzierungsmöglichkeiten für Haushaltsanlagen anzubieten. Die hohen Erschließungskosten des Unternehmens in der ländlichen Region könnten so vom Staat übernommen werden.

Alle Maßnahmen sind an ein hohes Niveau an Kooperation und lokaler Partizipation gebunden. Die Erfolgsaussichten sind umso höher, je stärker die lokale Bevölkerung den gesamten Prozess einschließlich der Auswahl von Technologie und Finanzierungsmodalität mitbestimmt.

Quelle: nach EC und UNDP 1999

#### 4.1.2.2 Politisch/institutionelle Hemmnisse

Hemmnisse im Bereich der politischen oder institutionellen Ausgestaltung ergeben sich für den verbesserten Einsatz von Festbrennstoffen vor allem bezogen auf die institutionelle Zuständigkeit, durch die Ausgestaltung der Zugangs- bzw. Nutzungsrechte und im Bereich der Informationsbereitstellung.

Bioenergieprojekte betreffen, wie unter 3.1 dargelegt, mehrere Sektoren. Typischerweise ergeben sich Abstimmungsprobleme zwischen den zuständigen Organisationen für die Energiebereitstellung und den zuständigen Organisationen in der Land- und Forstwirtschaft. Diese Abstimmung wird zusätzlich erschwert, da oft kaum Daten über Produktion und Verbrauch von Bioenergieträgern und über den Bedarf der Nutzer (innen) vorhanden sind. In den

seltensten Fällen findet sich die erforderliche Kompetenz, die sowohl die Besonderheiten des Energieversorgungssystems als auch die Kenntnisse für eine verbesserte Bereitstellung des Rohstoffs abdeckt. In der Planung wird die Energienutzung von Holz, wenn überhaupt, als marginaler Sektor betrachtet, eine Einschätzung die oft nicht der Bedeutung entspricht, die dieser Energieträger tatsächlich hat.

Sowohl bei Maßnahmen zur Ausweitung des Angebots an Brennholz, als auch bei Projekten zur Elektrizitätserstellung ist die behördliche Zuständigkeit von entscheidender Bedeutung. Forstrechte liegen in vielen Ländern weiterhin bei der staatlichen Forstverwaltung, deren primäres Interesse in der kommerziellen Holznutzung oder der Erhaltung der Wälder<sup>10</sup> liegt, selten jedoch in der Förderung der Holzproduktion zur Energienutzung. Die Programme im Bereich der sogenannten „Community Forestry“, die zunehmend implementiert werden, stellen erste Ansätze einer Veränderung dieser Situation dar (vgl. auch FAO 1997: Kap. 6). Wie eine nachhaltige Erstellung von Holz gewährleistet werden kann, muss im Einzelfall geprüft werden. Ganz allgemein gilt jedoch, dass der politisch-institutionellen Ausgestaltung ein großes Gewicht beigemessen werden sollte.

Viele Projekte zur Einführung von verbesserten Herden werden von Nichtregierungsorganisationen getragen, die oft sowohl räumlich als auch zeitlich nur einen begrenzten Bereich abdecken. In der Vergangenheit sind viele dieser Projekte daran gescheitert, dass sie nicht langfristig genug angelegt waren. Dringender als ein hohes Ausmaß an finanzieller Unterstützung erscheint die Zuverlässigkeit in der Begleitung einer Herdverbreitung. Diese sollte die Erfassung der Nutzerpräferenzen, partizipative Technologieentwicklung bzw. -anpassung, Training und Ausbildung der Hersteller und Vermarkter sowie die Verbesserung der Beratung und Verbreitung umfassen. Verschiedene Autoren empfehlen eine Unterstützung des Prozesses in einem Zeitraum von mindestens zehn Jahren (Wagner 1996, Barnes et al. 1994).

Das erfolgreichste Programm zur Einführung und Verbreitung von verbesserten Herden wird seit 1980 in China durchgeführt. Durch das Programm sind bis 1995 insgesamt 172 Mio. Haushalte erreicht worden, was etwa 85% der ländlichen Haushalte entspricht (Lin 1998: S. 182)<sup>11</sup> Auch Indien hat groß angelegte Programme in diesem Bereich durchgeführt, die vergleichsweise weniger erfolgreich waren. Bei einem Vergleich dieser beiden Programme zeigt sich, dass anscheinend die institutionellen Fragen, wie eine Programmorganisation, die möglichst direkt zu den Nutzern gelangt, eine Ausbildungs- und Beratungskomponente und die sorgfältige Auswahl der Standorte von entscheidender Bedeutung sind.

---

<sup>10</sup> Wie diese Ziele gewichtet sind, hängt mit dem Anteil an Wald, der noch erhalten ist, zusammen. Die Erhaltung der Wälder spielt mit abnehmender Waldfläche eine zunehmend wichtigere Rolle (z.B. in Thailand, das nur noch zu etwa 15% bewaldet ist, ähnlich in Vietnam und Kambodia, wesentlich weniger in Indonesien).

<sup>11</sup> Die verbesserten Herde sind sämtlich mit Schornsteinen installiert und erreichen eine Effizienz von etwas über 20% des Energiegehaltes der verwendeten Biomasse. Es wird geschätzt, dass die Effizienz durch weitere technische Optimierung auf bis zu 40% erhöht werden kann (Lin 1998: S. 185).

Tabelle 4: Erfahrungen aus Programmen zur Einführung verbesserter Herde

China	Indien
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programm konzentrierte sich zunächst auf Gegenden mit größter Brennstoffknappheit</li> <li>• Direkte Kontakte zwischen den zuständigen Regierungsstellen und den kommunalen Körperschaften ohne zwischen geschaltete Bürokratie</li> <li>• Herdnutzer(innen) zahlen die vollen Kosten des benötigten Materials und der Arbeitskraft</li> <li>• Regierung unterstützt die Produzenten durch Ausbildung und Beratung bei der Herstellung und Verbreitung der Herde</li> <li>• Das Design der Herde ist nicht nur auf Effizienz ausgerichtet, sondern auch auf Nutzerfreundlichkeit und Verringerung der Rauchbelastung</li> <li>• Die Herde werden aus Keramik und Metall gefertigt, Langlebigkeit wurde bewusst angestrebt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programm operiert an sehr unterschiedlichen Standorten, auch an solchen ohne Brennstoffknappheit</li> <li>• Vielstufige top-down Verwaltung verwässert die Effektivität des Programms</li> <li>• Regierung subventioniert den Produzenten der Herde die Hälfte jedes verkauften Gerätes</li> <li>• Unterstützung der Regierung erfolgt vor allem finanziell</li> <li>• Unterschiedliche Modelle versuchen Nutzerfreundlichkeit und Effizienz zu integrieren, was jedoch auf Grund des top-down Ansatzes nur begrenzt möglich ist</li> <li>• Der Bau der Herde erfolgt oft durch wenig geschulte Personen, und es werden viele lokal verfügbare Materialien verwendet, so dass die Herde oft nicht sehr lange haltbar sind</li> </ul>

Quelle: nach World Bank, 1996: Rural Energy and Development. Improving Energy Supplies for Two Billion People, Washington D. C., S. 69 und Barnes, D. et al. (1993).

Insbesondere eine Ausdehnung des Holzangebots oder der Aufbau von zusätzlicher Elektrizitätsgeneration wird vielfach durch unklare oder restriktive Zugangs- und Nutzungsrechte erschwert. In vielen Ländern ist eine Einspeisung ins Netz entweder gar nicht oder nur unter restriktiven Regelungen möglich. Beispielsweise setzen Verträge mit der Energieversorgungsgesellschaft in Indonesien voraus, dass Strom mindestens 10 Monate im Jahr eingespeist wird. Diese Option entfällt somit für viele Agrarverarbeitungsbetriebe, da entsprechende Agrarrückstände nur saisonal anfallen (IIEC 1998a). In ähnlicher Weise ist die Brennholzvermarktung in einigen Ländern erschwert, etwa weil Lizenzen erworben werden müssen.

Solange die lokale Bevölkerung nicht die Nutzungsrechte an den Waldressourcen hat, bestehen meist wenige Anreize für eine nachhaltige Nutzung. Ein illustratives Beispiel für diese Zusammenhänge ist in Box 4 für den Fall von Niger dargestellt. Die prinzipielle Frage, ob die Nutzungsrechte an einzelne Haushalte oder an größere Gruppen übertragen werden sollten, erscheint dabei für die Nachhaltigkeit der Nutzung oft von untergeordneter Bedeutung zu sein (vgl. auch FAO 1997: Kap. 6).

### Box 4: Household Energy Project, Niger

Im Niger kochten in den achtziger Jahren fast alle Haushalte mit Biomasse, vor allem Holz. Die Brennholzversorgung der stark wachsenden Städte wird durch entsprechend spezialisierte Händler gewährleistet. Alles Waldland gehörte formal dem Staat und wurde von der staatlichen Forstverwaltung gemanagt. Diese erteilte den Händlern, gegen entsprechende Bezahlung, Genehmigungen zum Fällen von Bäumen. Die lokale Bevölkerung durfte zwar totes Holz nutzen, nicht jedoch Bäume fällen.

Langjährige Studien und die Erfahrung unterschiedlicher Forstprojekte ergaben, dass das Potenzial nachhaltiger Brennholzproduktion unter einfachem Management etwa doppelt so hoch liegt wie bei dem oben erwähnten System. Das Management bestand im Wesentlichen darin, nicht zu viel Holz auf einmal zu schlagen und gefällte Baumstümpfe durch Abdecken mit Zweigen ein Jahr lang vor grasendem Vieh zu schützen. Im Rahmen des Projekts erhielt die lokale Bevölkerung die Kontrolle über das sie umgebende Waldland zurück, mit der Auflage, es nachhaltig zu nutzen. Ländliche Märkte wurden etabliert, so dass ein direktes Einkommen entstand. Die Kostendifferenz zwischen unkontrolliert geschlagenem Holz durch die Händler und dem Holz, das von dem gemanagten Land der Dorfgemeinschaften stammt, wird durch unterschiedlich hohe Besteuerung des Brennholzes ausgeglichen. Die Dorfgemeinschaft darf einen Teil der von ihr erhobenen Steuer einbehalten.

Die Übertragung der Nutzungsrechte an die lokale Bevölkerung, die Einrichtung von Brennholzmärkten auf dem Land und die Änderung und weitgehende Durchsetzung des Besteuerungssystems sind weitreichende institutionelle Änderungen. Durch diese Maßnahmen konnten wesentliche positive Effekte nicht nur für die Erhaltung der Waldvegetation und die Schaffung neuer Einkommensquellen im ländlichen Raum erreicht werden. Die einbehaltenen Steuereinnahmen versetzen die Dorfgemeinschaft in eine neue Lage bei der Entwicklung der dörflichen Infrastruktur. Die Abhängigkeiten sowohl von finanzkräftigeren Persönlichkeiten im Dorf als auch von Politikern haben sich verringert. Die Voraussetzungen für einen ländlichen Entwicklungsprozess haben sich entscheidend verbessert.

Quelle: Foley et al. 1997

Ein weiteres wichtiges Hemmnis für die vorne genannten Strategien a), b) und c) (s. S. 29) ist die Verfügbarkeit und Verbreitung von Information. Die Informationserhebung bezogen auf den Forstsektor ist oft sehr begrenzt. Angaben zu der Menge an Holz von Forst- und Nicht-Forstflächen, erst recht Angaben über Handelsmengen oder Preise sind in den meisten Ländern nicht verfügbar<sup>12</sup>. Gleiches gilt oft selbst für technische Information z.B. welche Baumarten und Sorten für unterschiedliche Anbausysteme (z.B. Plantagen, Agroforstsysteme, Hausgärten, Rehabilitation degradierter Flächen etc.) geeignet sind. Kenntnisse im Bereich von Bioenergie sind zumeist gering. Von 16 asiatischen Ländern, die in einer Studie der FAO untersucht wurden, haben lediglich Pakistan und die Philippinen jetzt Holzenergienutzung in ihre Curricula mit aufgenommen (vgl. FAO 1997). Entsprechend können die Beratungsdienste, selbst in den Ländern, in denen sie überhaupt existieren, wenig zur Verbesserung der Bioenergienutzung beitragen. Auch Informationen zur Energieversorgung und -verwendung, erst recht jedoch zur potentiellen Nachfrage nach derzeit noch nicht verfügbaren Energieträgern,

<sup>12</sup> Wie schwierig allein die Abschätzung des jährlichen Zuwachses an Biomasse ist zeigt Brown (1997).

ist, wenn überhaupt, nur sehr lückenhaft vorhanden. Dieser Tatbestand erschwert insbesondere die Ausdehnung der Stromerzeugung auf Biomassebasis, aber auch die Planung von Projekten zur effizienteren Nutzung oder zur Verbesserung des Holzangebotes.

Selbst die verfügbare Information ist jedoch oftmals für die Betroffenen nicht zugänglich. Wie in Kapitel 2.2 erwähnt, gibt es kaum Beratungsdienste im Energiebereich. Eine mögliche Lösung besteht darin, sich mit dem sehr begrenzt zur Verfügung stehenden Personal zunächst auf das Kleingewerbe zu konzentrieren, wie etwa verbesserte Öfen in den Bädern Marokkos, und die Haushalte erst in einem zweiten Schritt anzusprechen. Erstens ist die direkte Wirkung ungleich höher; zweitens machen solche Maßnahmen die verbesserte Technologie für die Familien beobachtbarer und erhöhen vor Ort das Bewusstsein und die Kenntnis über Einsparpotenziale.

Dieser Aspekt ist vor allem bei der Einführung der neueren biomassebasierten Anlagen zur Verstromung limitierend. Technische Informationen und Erfahrungen zu Biomasse Verdichtung, Vergasung, Kraft-Wärmekopplung, etc. sind zwar global zunehmend vorhanden, jedoch in den meisten Ländern vor allem für entsprechende Unternehmer kaum zugänglich (vgl. FAO 1997: Kap. 6, Tugwell 1990).

### 4.1.2.3 Ökologische Hemmnisse

Ökologische Belastungen können sowohl bei der Nutzung, als auch bei der Bereitstellung von Bioenergieträgern entstehen. Die Verbrennung von Ernterückständen, Dung und Holz insbesondere in offenen Feuern ist, wie bereits angesprochen, mit einer erheblichen Luftverschmutzung auf Grund unvollständiger Verbrennung verbunden (BMZ o. Jahr). Insbesondere wenn in Innenräumen gekocht wird, erleiden Frauen und Kinder oft erhebliche gesundheitliche Belastungen. (Barnes et al. 1994, UNDP: Kap.2.). Diese Emissionen entstehen bei vollständiger Verbrennung nicht. In größeren Brenneinheiten ist eine vollständige Verbrennung besser zu erreichen, weshalb sich die Luftbelastung bei gewerblicher Nutzung oft besser kontrollieren lässt (vgl. BMZ o. Jahr). Verbesserte Herde sollten vor allem auch die Luftverschmutzung reduzieren. Im Falle der Verstromung wird dieses Problem gelöst, bzw. auf eine größere zentrale Feuerungsanlage verlagert.

Das wichtigste ökologische Hindernis zur Ausdehnung des Holzeinsatzes als Energieträger stellt jedoch die nachhaltige Bereitstellung von Holz dar. Grundsätzlich gibt es im Wesentlichen vier Möglichkeiten, Holz zu entnehmen bzw. zu produzieren: aus Primärwäldern, von forstlich genutzten Flächen, von landwirtschaftlich genutzten Flächen oder auf degradierten Flächen. Sowohl in Primärwäldern als auch in der Umgebung der Städte ist eine deutliche Abholzung beobachtbar. Inwieweit die Brennholznutzung als Verursacher dieser Entwicklung zu betrachten ist, ist zunehmend umstritten, vermutlich ist ihr Anteil vergleichsweise gering (vgl. Chidumayo 1997, Leach/Fairhead 1999 und dort angegebene Literatur). Die Abholzung und

Umwandlung des Landes von einer extensiven forstlichen Nutzung zu landwirtschaftlichen oder städtischen Alternativen wird oft durch andere Faktoren, vor allem durch den zunehmenden Flächenbedarf für die Landwirtschaft und die Besiedlung, bedingt. Einen erheblichen Beitrag zur Abholzung leistet vor allem in manchen afrikanischen Ländern die Holzkohlegewinnung, v.a. wenn sie nicht durch die lokale Bevölkerung und/oder für den gewerblichen Gebrauch erfolgt. So gibt es z.B. in Somalia Personengruppen, die von der Holzkohlegewinnung und -verkauf in den Städten leben. Sie verkohlen oft Holzbestände, an denen keine klaren Eigentumsrechte definiert sind, und ziehen anschließend in andere Gegenden weiter. Da die Bevölkerung in den Städten zunimmt und die Holzkohleherstellung sehr ineffizient ist, entsteht so ein erhebliches Potenzial für Abholzung und Degradierung von Waldbeständen (Vgl. Woods/Hall 1994: Kap. 3).

Die Ursachen für diese Problematik sind vor allem institutioneller Natur (vgl. oben). Entwickelte Märkte und klare Eigentumsrechte an Waldflächen (ob individuell oder kommunal) scheinen die Erhaltung und Nutzung von Wald bzw. Baumbeständen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zu begünstigen. Die lokale Bevölkerung zerstört ihre eigenen Ressourcen in weit geringerem Maße als Fremde dies tun. Von Bedeutung sind hier ebenfalls Aspekte wie etwa der Marktzugang und der günstige Transport.

Das größte Potenzial für eine ökologisch nachhaltige Holzproduktion liegt dort, wo sie mit landwirtschaftlicher Produktion integriert werden kann oder wenn degradierte, derzeit nicht nutzbare bzw. aus der Nutzung gefallene Flächen rehabilitiert werden können. Allerdings sind gerade auf degradierten Flächen die Erträge oft zunächst niedrig, die Produktion also vielleicht einzelwirtschaftlich nicht rentabel. Der große gesamtgesellschaftliche Nutzen kann in solchen Fällen entsprechende Subventionen rechtfertigen. Allein vom ökologischen Standpunkt aus gesehen<sup>13</sup> könnten in Indien, bis zum Jahr 2010, konservativ geschätzt, 43 Mio. ha degradierte, nur zur forstwirtschaftlichen Nutzung geeignete Flächen, zur Energienutzung aufgeforstet werden. Etwa die Hälfte dieses Holzes könnte durch dezentrale Vergasung den gesamten Elektrizitätsbedarf im ländlichen Raum decken. Unter den derzeitigen ökonomischen und institutionellen Bedingungen ist eine solche Aufforstung einzelwirtschaftlich jedoch nicht interessant (Vgl. Sudha/ Ravindranath 1999).

Insgesamt ist der Flächenbedarf von Bioenergieträgern hoch, und je höher der Bevölkerungsdruck und die Ansprüche anderer Nutzungen der Fläche (Landwirtschaft, Städtebau, Erholung/Tourismus, Ökosystem/Biodiversitätserhaltung) sind, desto fraglicher ist die Sinnhaftigkeit einer Ausdehnung der Bioenergienutzung. Es gibt allerdings Studien, die aufzeigen, dass die Grenzen der ökologischen Tragfähigkeit für eine Ausdehnung der Biomasseproduktion, auch für den Energiesektor, viel weiter sind, als oft angenommen wird (vgl. FAO 1997). Selbst für die meisten dichtbesiedelten Länder Asiens wird geschätzt, dass mindestens bis zum Jahr 2020 die Brennholzbereitstellung ökologisch nicht limitiert ist. Es ist hier allerdings zu beachten, dass die regionale und lokale Verfügbarkeit stark variiert und selbst

---

<sup>13</sup> Die Schätzungen gehen davon aus, dass keine zusätzliche Wasserzufuhr und kein Düngemiteleinsatz erfolgen.

an einem Ort, an dem Bioenergieträger im Prinzip verfügbar sind, dies nicht immer für alle Bevölkerungsschichten gilt. Tabelle 5 gibt einen Überblick der zur Energiebereitstellung zum Kochen benötigten Flächen und zeigt, wie sehr diese je nach Energieträger differieren.

Tabelle 5: Flächenbedarf für biomassebasiertes Kochen pro Haushalt und Jahr

Brennofen/-herdtyp	Flächenbedarf (qm/Haushalt)
<b>Brennholz</b>	
3-Steine	330
Traditionell	420
ASTRA ole*	240
Swosthee MS4*	290
<b>Holzkohle</b>	
Traditionell	670
Traditionell+	404
Verbesserter <i>jiko</i> *	520
Verbesserter <i>jiko</i> +	300
<b>Producer Gas</b> (70% Energieeffizienz)	170
<b>Ethanol</b> (ohne Berücksichtigung der Bagasse)	837

\*Verbesserte Herdmodelle, + verbesserte Effizienz bei der Holzkohleherstellung (61% statt 36%)

Quelle: Dutt, Gautam/Ravindranath, N. H., 1994: Bioenergy Alternatives for Cooking, in: De Villa, Jill Gale (Ed.), 1994: Energy End Use, Manila, S. 158.

Ein weiteres wichtiges Problem bei Nichtholzbrennstoffen wie Dung und Erntereste ist die Konkurrenz in der Nutzung als Dünger für Bodenstruktur und –fruchtbarkeit, vor allem in Gegenden, wo keine oder wenig chemische Düngung erfolgt. Dieser Tatbestand wird aller Voraussicht nach langfristig noch an Bedeutung zunehmen.

#### 4.1.2.4 Sozio-kulturelle Hemmnisse

In der Präferenzstruktur der Konsumenten gilt abgesehen von ganz wenigen Ausnahmen, dass die Verwendung von Biomasse an sich nicht erstrebenswert ist, sondern der Einsatz moderner Energieträger. Diese Tatsache sollte bei Maßnahmen zur Effizienzsteigerung beachtet werden. Gleichzeitig stellt sie für die Ausdehnung moderner Verfahren auf der Basis von Biomasse ein Potenzial dar.

Erschwerend kommt hinzu, dass bei der Einführung bestimmter Technologien, vor allem verbesserter Herde, zunächst viele technische Probleme aufgetreten sind. Diese Erfahrungen haben zu einem entsprechenden Image der Technologien geführt, das in vielen Regionen nur schwer wieder revidiert werden kann.

Selbst wenn Herde technisch gut funktioniert haben, waren sie oftmals „kulturell“ nicht angepasst. Die Handhabung erforderte spezielle Kenntnisse oder Fertigkeiten, es fiel schwer, traditionelle Gerichte zu kochen, die neuen Geräte erfüllten nur einen Teil der Funktionen (z.B. wo Abwärme der Herde zum Heizen genutzt wurde oder Rauch zur Insektenbekämpfung). Bei

der Entwicklung neuer Technologien oder Verfahren ist es wichtig, diese Erfahrungen zu beachten. Die besten Chancen auf Verbreitung hat ein verbesserter Herd, wenn er auch für das Prestige des Nutzers/der Nutzerin erstrebenswert ist (vgl. Kapitel 2).

Abgesehen von diesen relativ weit verbreiteten Erfahrungen fällt es im sozio-kulturellen Bereich am schwersten, allgemeine Tendenzen zu beschreiben. Eine Vielzahl von Faktoren kann bedeutsam sein. Z.B. fiel es in Mali relativ leicht, die Herdhersteller zu organisieren und weiterzubilden, da die Sozialstruktur, eine Art Kastenwesen, solche Organisationsprozesse begünstigt. In anderen Fällen kann die Sozialstruktur hinderlich sein, etwa ist die Weiterbildung von Frauen außer Haus in islamischen Ländern erschwert. Daneben stellen auch Eigenschaften wie die Organisations- und Innovationsfähigkeit des Kleingewerbes Faktoren für den Erfolg oder Misserfolg einer bestimmten Verbesserungsstrategie dar (GTZ 2000).

Ebenso ist bei Aufforstungsprojekten auf Gemeindeebene in einigen afrikanischen Ländern lange Zeit nicht beachtet worden, dass durch das Pflanzen eines Baumes im traditionellen Bodenrecht ein Anspruch auf Land erhoben wird (vgl. UNDP 1997: Kap 3). Bei der Unterstützung und Beratung ist es wichtig zu beachten, dass der Ausbildungsbedarf oft größer ist als angenommen und weit über die Anpassung der Technik und die Wartung und Reparatur hinausgeht. Häufig sind Alphabetisierung, Vermittlung von Kenntnissen aus der Buchhaltung und die Unterstützung beim Zugang zu Krediten noch bedeutsamer.

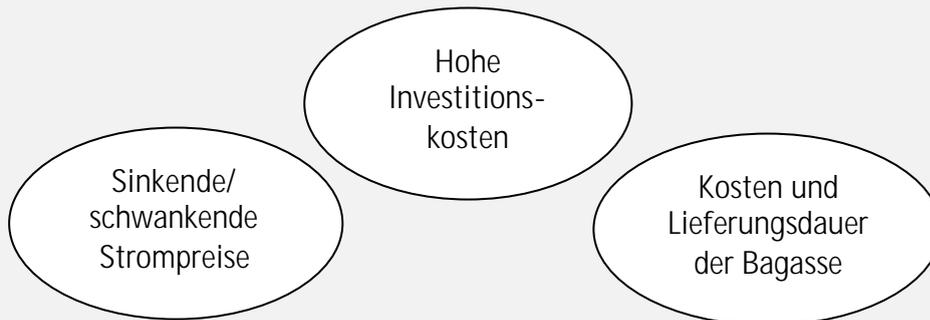
### 4.1.3 Perspektiven und Strategien

Bezogen auf die drei Maßnahmen zur Ausdehnung des Einsatzes von Festbrennstoffen, ergeben sich die folgenden Perspektiven:

- a. **Verbesserte Herde** stellen in vielen Gegenden eine neue „Zwischenstufe“ auf der Energieleiter dar, wenn ihre Technologie wirklich kompatibel (auch kulturell, gesundheitlich etc.) ist. Gelingt es langfristig, die private Produktion und den Absatz der Herde sowie den Aufbau von Wartungs- und Reparaturkapazitäten zu unterstützen, kann die Ausbreitung dieser Technologie gut zu einem sich selbst tragenden Prozess werden. Für die zukünftigen Nutzer(innen) und damit die Kunden ist vor allem die Bereitstellung von Information und eventuell von Kredit wichtig.

**Box 5: Zusammenwirken verschiedener nicht-technischer Hemmnisse**

Ein illustratives Beispiel für das Zusammenwirken verschiedener nicht-technischer Hemmnisse stellt die Elektrizitätsgewinnung aus Bagasse dar. Die Technologie der Stromgewinnung aus der Verbrennung von Bagasse ist bereits seit Jahrzehnten bekannt und wird in fast allen Entwicklungsländern für den Eigenbedarf der Zuckergewinnungsbetriebe eingesetzt. Fast immer fällt jedoch mehr Bagasse an als im eigenen Betrieb benötigt wird. Durch die zunehmende Liberalisierung der Strommärkte entstehen neue Chancen, zusätzlichen Strom zu generieren und in die Elektrizitätsnetze einzuspeisen. Allerdings werden diese Chancen durch drei Faktoren begrenzt:



Die Investitionskosten für moderne, in den Industrieländern hergestellte Biomasse- betriebene Dampfkessel und Turbinen liegen bei etwa 3-4 Mio. US\$/MW generierter Elektrizität und damit deutlich höher als die von Wasserkraftwerken mit 1,5 –2 Mio. US\$/MW oder gar Diesel betriebenen Kraftwerken mit etwa 1 Mio. US\$/MW. Möglichkeiten, die Investitionskosten zu senken, bestehen für kleine Länder ohne eigene Anlagenproduktion darin, gebrauchte Anlagen zu verwenden. So wurde in einem von der Deutschen Entwicklungsgesellschaft (DEG) mit finanziertem Projekt in Guatemala die Stromgenerierung auf der Basis einer aus den USA importierten Anlage aus der Nachkriegszeit ausgedehnt. Für größere Länder mit entsprechender Industriestruktur besteht die Chance, einen möglichst hohen Anteil der Anlagen im eigenen Land zu produzieren. Ein ebenfalls von der DEG begutachtetes Bagasse-Verstromungsprojekt in Indien kommt so auf Kosten von ungefähr 1Mio. US\$/MW, wobei nur die Turbine eingeführt wird.

Die Ausgestaltung der Strommärkte stellt das nächste Hindernis dar: Die Preise für Elektrizität sinken überall dort, wo die Monopolstellung der Anbieter aufgehoben worden ist. In einigen Ländern, wie z.B. in Argentinien oder in Chile, ist die Liberalisierung inzwischen so weit fortgeschritten, dass Energieeinspeisungsverträge mit mittel- oder gar langfristigen Preisgarantien praktisch nicht mehr vergeben werden. Elektrizitätspreise für Anbieter und nachgefragte Mengen können täglich variieren, ein Bagasse-Kraftwerk benötigt jedoch bis zu drei Tagen, bis es ans Netz gebracht werden kann. Unter diesen Bedingungen ist die Verstromung von Bagasse oft zu riskant und wenig konkurrenzfähig.

Hinzu kommt, dass Bagasse in den meisten Ländern nur saisonal für ca. 6 bis 9 Monate im Jahr anfällt. Um die Kapazität der Anlagen auszulasten, wird oft in der übrigen Zeit Öl oder Kohle verfeuert. Die Bereitstellung der Bagasse selbst darf in keinem Fall Kosten verursachen, das heißt die Verstromung muss in unmittelbarer Nähe der Zuckergewinnung betrieben werden.

Eine Verstromung von Bagasse über den Eigenbedarf hinaus ist also nur rentabel, wenn gleichzeitig die Investitionskosten niedrig gehalten werden können, eine einigermaßen sichere Stromabnahme zu entsprechenden Preisen und eine ausreichende Belieferung mit Bagasse gewährleistet sind.

Quelle: Thiemann 2000

- b. **Ausdehnung des Holzangebots:** Klare Nutzungsrechte und ein entwickelter Markt stellen die besten Voraussetzungen dar, um die Holzversorgung auszudehnen. Dies gilt vor allem auch für landwirtschaftlich genutzte Flächen. Ebenso bietet eine gezielte Wiederaufforstung auch ein Potenzial zur Rehabilitierung degradierter Flächen. Informations- und Beratungsdienste, eventuell auch Kredite für Anfangsinvestitionen sind notwendig. Dringend erscheint es, den Druck auf die noch bestehenden Naturwälder zu verringern. Stattdessen sollten die noch bestehenden Potenziale auf land- oder forstwirtschaftlichen oder auf degradierten Flächen genutzt werden. Durch eine Ausweitung der Holzproduktion und damit des Angebots kann zu einer Stabilisierung der Holzpreise beigetragen werden, was insbesondere für die ärmeren Bevölkerungsschichten, vor allem in den Städten, die Holz kaufen müssen, von großer Bedeutung sein kann.
- c. **Andere Nutzungen,** besonders die Verstromung von Biomasse, haben dort ein großes Potenzial, wo Biomasse reichlich vorhanden ist. Entscheidend ist hier die Reglementierung der Energieeinleitung ins Stromnetz. Eine minimale Planungssicherheit, z.B. durch entsprechende Lieferverträge, sollte jedoch hergestellt werden. Durch verbesserte Information und entsprechende institutionelle Ausgestaltung ließen sich vermutlich auch ökonomische Unsicherheiten, insbesondere für kleinere private Unternehmen, erheblich reduzieren.

Bezogen auf die einzelnen Energieträger ergeben sich folgende Perspektiven und Strategien:

Die Energienutzung von **Dung** wird vor allem durch ökologische Hemmnisse eingeschränkt: Bodenfruchtbarkeit und Gesundheitsbelastung. Dung sollte in den meisten Fällen als Dünger und nicht als Brennstoff verwendet werden. Eine Bedeutung als Energieträger erscheint nur in der Biogasproduktion sinnvoll (vgl. unten Abschnitt 4.2.2). Als vorübergehende Maßnahme kann eine Umstellung auf Herde, die die gesundheitliche Belastung verringern und den Brennstoffeinsatz reduzieren, sinnvoll sein.

**Holz** ist, wenn keine ökologischen Hemmnisse vorliegen, also in Gegenden wo es nachhaltig erstellt werden kann, ein gut geeigneter Energieträger. Die Gesundheitsbelastung kann durch moderne Herde oder Öfen überwunden bzw. sehr stark reduziert werden. Die wichtigsten Hemmnisse sind ökonomisch, vor allem auf Grund fehlender Finanzierungsmöglichkeiten, und institutionell, wenn Eigentumsrechte nicht eindeutig geregelt sind.

Für den Einsatz in den Städten und im Kleingewerbe ist **Holzkohle** weiterhin von großer Bedeutung. Hier empfiehlt es sich, die erheblichen Einsparpotenziale bei der Erstellung zu nutzen. Größtes Hemmnis sind auch hier die unklar definierten Nutzungsrechte an Bäumen und Boden. Langfristig erscheint der Einsatz von Holz und Holzkohle als Energieträger eher in gewerblicher Nutzung als auf Haushaltsebene empfehlenswert, da dort wesentlich geringere gesundheitliche Belastungen auftreten.

Vor einer verstärkten Nutzung von **Ernterückständen** als Energieträger ist abzuwägen, ob diese zur Erhaltung von Bodenstruktur und Bodenfruchtbarkeit benötigt werden. Wo Rückstände im Verarbeitungsprozess räumlich konzentriert anfallen und ohnehin entsorgt werden müssen, ist eine energetische Nutzung oft der sinnvollste Einsatz. Sie stellen ein wichtiges Potenzial zur (zeitweisen) dezentralen Elektrizitätseinspeisung dar. Wichtigste Umsetzungsrestriktion eines verstärkten Einsatzes insbesondere zur Stromgeneration sind die ökonomischen und institutionellen Hemmnisse zur Einspeisung des generierten Stroms in die Netze. Dies kann an restriktiven Regelungen, aber auch an prohibitiven Kosten, etwa auf Grund der Entfernung von der nächsten Mittelspannungsleitung, liegen. Bei der Planung von Neuanlagen sollten solche Aspekte berücksichtigt werden.

In Tabelle 6 wird zusammengefasst, welche Strategien für die Verbreitung verbesserter Herde in Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen den höchsten Erfolg versprechen.

**Tabelle 6: Empfohlene Strategien zur Verbreitung verbesserter Herde**

Herkunft des Herdes	Herkunft der Brennstoffe	
	Gesammelt	Zugekauft
Von der Familie gebaut	<p><b>Ungünstigste Bedingung Strategie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Subventionen für den Herdkauf können notwendig sein.</li> <li>• Langfristige Unterstützung von außen kann erforderlich sein.</li> <li>• Es sollten keine kurzfristigen Erfolge erwartet werden.</li> </ul>	<p><b>Teilweise günstige Bedingungen Strategie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anreize oder mindestens teilweise Subventionen anbieten.</li> <li>• Der Preis sollte den gesamten Wert des Energieträgers reflektieren.</li> <li>• Potenzial für Energieträgerwechsel ermitteln.</li> </ul>
Zugekauft	<p><b>Teilweise günstige Bedingungen Strategie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioenergieträger einsparen durch Information über die Vorteile für die Umwelt.</li> <li>• Alternative Verwendungsmöglichkeiten für Bioenergieträger ermitteln.</li> </ul>	<p><b>Günstigste Bedingungen Strategie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommerzielle Verbreitung der verbesserten Herde ist vermutlich möglich.</li> <li>• Weder Herde noch Energieträger sollten subventioniert werden.</li> <li>• Potenzial für Energieträgerwechsel ermitteln</li> </ul>

Quelle: Barnes, Douglas F./Openshaw, Keith/Smith, Kirk R./van der Plas, Robert, 1994: What Makes People Cook with Improved Biomass Stoves? A Comparative International Review of Stove Programs, in: World Bank Technical Paper Energy Series, No. 242, Washington D. C., S. 26.

## 4.2 Biogas

Bei der Vergärung von Biomasse, vor allem von Tierdung, aber auch von menschlichen Fäkalien oder anderer feuchter Biomasse, entsteht Methan, das sich auffangen und ähnlich wie Erdgas nutzen lässt. Die Gär-Rückstände können als Futtermittel für Fische oder Schweine und vor allem als organisches Düngemittel eingesetzt werden. Biogas ist technisch zu unterscheiden vom sogenannten *Producer Gas*, das durch Verbrennung z.B. von Biomasse unter Druck entsteht. Die Einsatzbereiche sind in beiden Fällen ähnlich sowohl zum Kochen, aber auch zum Betreiben von Motoren oder Turbinen.

### 4.2.1 Einsatzbereiche

Auf Grund ihrer vielfältigen Vorteile ist die Biogasproduktion in vielen Ländern mit großem Aufwand verbreitet worden. Allerdings ist der Anteil stillgelegter Anlagen in den meisten Ländern sehr hoch. Tabelle 7 illustriert diesen Tatbestand für Costa Rica. Eine Analyse der Gründe hierfür erfolgt in Abschnitt 4.2.2.

Tabelle 7: Die Funktionsfähigkeit von ländlichen Biogasanlagen in Costa Rica 1985

Zustand ländlicher Biogasanlagen	Prozent der Befragten
gute Funktionsfähigkeit	38
eingeschränkte Funktionsfähigkeit	20
keine Funktionsfähigkeit	34
im Aufbau	5
keine Angabe	3

Quelle: Ni, Ji-Qin/Nyns, Edmond-Jaques, 1996: New Concept for the Evaluation of Rural Biogas Management in Developing Countries, in: Energy Conservation Management, Vol. 37, Nr. 10, S. 1527.

#### 4.2.1.1 Haushalte

Innerhalb von Haushalten beschränkt sich die primäre Nutzung von Biogas auf die Einsatzbereiche Kochen und Lichterzeugung, wobei Biogasbrenner mit anderen Gasbrennern vergleichbare Effizienzen von bis zu 60% erreichen. Für Beleuchtungszwecke liegt die Energieeffizienz bei 3-4 % und ist damit recht niedrig.

#### 4.2.1.2 Motoren

Einen weiteren Einsatzbereich im privaten Sektor findet Biogas als Antrieb für Motoren, entweder für Kraftfahrzeuge, aber auch für Pumpen. Ebenso kann Biogas Generatoren antreiben. Um Motoren auf die Nutzung von Biogas umzurüsten, bedarf es keines großen Aufwands.

Allerdings ist zu beachten, dass die Motoren bei der Verwendung von Biogas an Kraft verlieren. Dieser Kraftverlust kann durch technische Modifikationen am Motor kompensiert werden. Dann ist jedoch die Nutzung von konventionellen Treibstoffen (Benzin) nicht mehr möglich (Marchaim 1992, Kap 8: 3).

### 4.2.1.3 Kleingewerbe

Biogas lässt sich sowohl für die Gewinnung von Prozesswärme in kleingewerblichen Betrieben verwenden, als auch zur Elektrizitätsgewinnung.

### 4.2.1.4 Kommunale Anlagen

Kommunale Anlagen, oft auf Dorfebene, werden z.B. zum Betrieb von Wasserpumpen oder zur netzunabhängigen Bereitstellung von Elektrizität eingesetzt. Auch Institutionen wie Schulen oder manchmal sogar Krankenhäuser kommen als Träger von Biogasanlagen, die mit einem hohen Anteil an menschlichen Fäkalien betrieben werden, in Frage. In manchen Dörfern gibt es auch größere Anlagen, deren Gasproduktion von mehreren Haushalten genutzt wird.

### 4.2.1.5 Abfallentsorgung

Zunehmende Bedeutung haben Biogasanlagen bei der Entsorgung von Abfällen. So können Industrieabfälle (etwa in der Zuckerindustrie, Palmölindustrie etc.), Tierdung aus der Massentierhaltung, insbesondere von Schweinen, direkt am Ort der Entstehung reduziert und nutzbar gemacht werden. China implementiert seit Mitte der neunziger Jahre ein Programm zur Förderung von großen Biogasanlagen, vor allem angeschlossen an Mastbetriebe (Shuhua et al. 1996). Auch städtische Abfälle können bei entsprechender Vorsortierung teilweise in Biogasanlagen eingesetzt werden. Probleme können auftreten, wenn die Schadstoffbelastung hoch ist.

## 4.2.2 Hemmnisse einer verstärkten Nutzung

Biogasanlagen waren in der Vergangenheit noch ausgeprägter als andere Technologien im Bereich regenerativer Energien durch technische Probleme gekennzeichnet. Die Technik ist in mehrfacher Hinsicht neu (es lagen weltweit kaum Erfahrungen vor, sie ersetzen ganz andere Technologien, etwa Holz beim Kochen oder Diesel beim Motorenantrieb) und musste vor Ort jeweils technisch angepasst werden. Es werden relativ umfangreiche Anlagen benötigt, so dass die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens stark von einer möglichst preiswerten Ausführung abhängt. Das bedingt jeweils ein an die lokale Verfügbarkeit von Baumaterialien angepasstes Design und

bedingte entsprechend eine technische Anfälligkeit, bis die Technologie schließlich optimiert war.

Das Beschicken der Anlage mit Dung ist eine unangenehme Tätigkeit, wenn nicht einfache, ökonomische und arbeitssparende Ausrüstungen existieren, um den Dung zu sammeln und in die Gärkammer zu befördern. Ebenso ist die Ausbringung der vergorenen Biomasse arbeitsaufwendig. Heutzutage gibt es eine Vielzahl funktionsfähiger Modelle in unterschiedlichen Ländern und insbesondere chinesische und indische Anlagen werden auch in anderen Ländern eingesetzt. Dennoch wird weiterhin die Notwendigkeit betont, einfache, robuste Anlagen zu entwickeln, deren Handhabung leicht erlernt werden kann (vgl. Intarangi/Kiatpakdee 2000).

### 4.2.2.1 Ökonomische Hemmnisse

Für Biogasanlagen gelten ähnliche Argumente wie für die unter 4.1.2.1 diskutierten Maßnahmen für den verstärkten Einsatz von Festbrennstoffen. Die lokalen Gegebenheiten, unter denen sich das Betreiben einer Biogasanlage lohnt, dürften jedoch weitaus spezifischer sein. Sowohl Kosten als auch Nutzen einer Biogasanlage sind komplexer als im Fall von Holzeinsatz. Benötigt werden genügend Dung oder Biomasse zum Betreiben der Anlage, ebenso ausreichend Wasser und ein im Vergleich zu verbesserten Herden noch wesentlich höherer Investitionsbetrag für den Bau der Anlage und den Kauf der entsprechenden Geräte (Herde, eventuell Lampen). Erforderlich sind weiterhin entsprechende Verwendungsmöglichkeiten für den anfallenden Kompost sowie genügend Arbeitskraft und Kenntnisse, um die Anlage zu betreiben.

Mit diesen Anforderungen sind Biogasanlagen auf Haushaltsebene in erster Linie für reichere Haushalte interessant. Eine Studie in sieben afrikanischen und asiatischen Ländern kam zu dem Schluss, dass 95% der Haushaltsbiogasanlagen von Haushalten mit mittlerem und höherem Einkommen betrieben werden (Ni/Nyns 1996: 1527). Es wird davon ausgegangen, dass mindestens zwei, besser 3-4 Großvieheinheiten pro Haushalt vorhanden sein sollten, um genügend Biogas zum Kochen für eine Familie zu produzieren. Reichere Haushalte verfügen auch eher über das für die Investition benötigte Kapital oder über den Zugang zu entsprechenden Krediten, Arbeitskräfte sind eher vorhanden und der Kompost findet Verwendung, da meist entsprechende landwirtschaftliche Flächen vorhanden sind.

Besonderes Potenzial für einen rentablen Betrieb von Biogasanlagen besteht dort, wo große Mengen Dung oder andere vergärbare Abfälle zentral anfallen, wie z.B. in der auch in Entwicklungsländern stark zunehmenden Massentierhaltung oder in einigen Verarbeitungsbetrieben (Alkohol-, Papierherstellung, Fischverarbeitung, Zuckergewinnung). Unter solchen Umständen kann oft soviel Gas produziert werden, dass Elektrizitätsgewinnung und eventuell Einspeisung ins Netz interessant werden.

Vor allem in der Vergangenheit war der Zugang zu Krediten zur Finanzierung einer Biogasanlage schwierig. Zunehmend gibt es jedoch Organisationen, die sowohl Beratung als auch Kredit anbieten, oder die eine technische Garantie für die Funktionsfähigkeit der Anlage übernehmen, damit kommerzielle Banken entsprechende Kredite vergeben können (vgl. Marchaim 1992, Kap. 8: 7).

Zahlreiche Länder haben Subventionen für den Bau von Biogasanlagen vergeben. Dies kann eventuell wegen des großen gesamtwirtschaftlichen Nutzens sinnvoll sein. In der Vergangenheit wurden diese Subventionen jedoch oft in erster Linie vergeben, um ambitionöse Ziele in Form einer hohen Zahl gebauter Anlagen zu erreichen, von denen dann meist auf Grund technischer Mängel bzw. Unkenntnis bei der Handhabung nur ein Bruchteil mittelfristig in Betrieb blieb. Obwohl weiterhin einige Autoren argumentieren, dass das wichtigste Instrument, um die Einführung einer Biogas-Technologie zu fördern, eine finanzielle Unterstützung bei den Investitionskosten sei (vgl. GTZ (i): S. 2), wird die Rolle von Subventionen, ähnlich wie im Fall der verbesserten Herde, heute als eher kontraproduktiv diskutiert. In Kapitel 5 wird auf diese Diskussion insbesondere im Hinblick auf die Überwindung von Armut eingegangen. Ein Beispiel für eine erfolgreiche Förderung der Biogastechnologie, unter anderem auch mit Subventionen, stellt das in Box 6 präsentierte Biogasprogramm in Nepal dar.

### Box 6: Biogas in Nepal

Ein gutes Beispiel für die erfolgreiche Förderung von Biogasanlagen stellt das *Biogas Support Programme* in Nepal dar. Ein wichtiger Ansatzpunkt der staatlichen Förderung war die Unterstützung der Hersteller. In der ersten Phase des Programms wurden Biogasanlagen mit 35% der Produktionskosten subventioniert. Die Hersteller müssen allerdings strenge Qualitäts- und Servicenormen erfüllen, um Subventionen erhalten zu können. Zu Beginn des Programms gab es nur einen staatlichen Anbieter von Biogasanlagen, inzwischen sind 38 private Unternehmen hinzugekommen. Die Kosten der Anlagen konnten bei verbesserter Qualität seit 1992 um 30% gesenkt werden. Bis 1999 sind 40.000 Anlagen in privaten Haushalten installiert worden, Ziel bis Mitte 2003 sind weitere 100.000 Anlagen. Bis zu diesem Zeitpunkt sollen auch die Subventionen abgebaut werden. Vor Beginn des Programms gab es 6000 Anlagen in Nepal.

Quelle: EC&UNDP, 1999

#### 4.2.2.2 Politisch/institutionelle Hemmnisse

Ebenfalls ähnlich wie bei 4.1.2.2 lässt sich die Biogastechnologie nicht eindeutig einem Sektor bzw. einem Ministerium zuordnen. Entsprechende Zuständigkeiten und Beratungsdienste mussten in den jeweiligen Ländern erst geschaffen werden.

Auffallend sind die zwischen ländlichen Haushalten und Biogas-Programmen weiterhin bestehenden Informationsdefizite, die dazu führen, dass, selbst wenn erprobte Anlagenkonzepte und entsprechendes technisches Wissen vorhanden sind, ein erheblicher Anteil der Nutzer(innen)

weder selbst über ausreichende Kenntnisse noch über entsprechende Ansprechpartner für Probleme beim Betreiben der Anlagen verfügen. Dieser Tatbestand ist einer der wichtigsten Gründe, die für die hohe Misserfolgsrate beim Betrieb der Anlagen und eine dadurch bedingte Ablehnung der Biogastechnologie in den betreffenden Gruppen verantwortlich gemacht werden. Für neue Projekte in diesem Bereich ist es daher besonders wichtig, die jeweilige lokale Vorgeschichte der Technologie zu berücksichtigen. Für die Einspeisung von Strom in die öffentlichen Netze gelten die in Abschnitt 4.1.2.2 diskutierten Probleme gleichermaßen.

### 4.2.2.3 Ökologische Hemmnisse

Außer wenn es zum Entweichen von Methangas aus undichten Gasbehältern kommt, ist die ökologische Belastung von Biogasanlagen gering. Die ökologische Bilanz ist im Gegenteil äußerst positiv, da sonst anfallende Belastungen erheblich reduziert werden können und die Gär-Rückstände einen relativ hochwertigen Dünger darstellen, deren Nährstoffgehalt gegenüber dem Ausgangsmaterial sogar angereichert wird.

Ökologische Hemmnisse ergeben sich für das ökonomische Betreiben bestimmter Anlagen, da der Prozess der Gasproduktion stark temperaturabhängig ist und damit an kühleren Standorten nur sehr langsam erfolgt. Ebenso wird zum Betreiben einer Biogasanlage relativ viel Wasser benötigt, was die Regionen, in denen ein entsprechender Einsatz ökonomisch sinnvoll ist, weiter eingrenzt. Diese ökologischen Grenzen lassen sich technisch zu einem gewissen Maße erweitern (z.B. durch Beheizung), eventuell wird dann jedoch das Betreiben der Anlage unrentabel.

Die Auswirkungen auf die Umwelt, insbesondere im Hinblick auf Klimagase, sind doppelt positiv, da sowohl das auch spontan entstehende Methan aufgefangen und durch die Verbrennung in weniger klimaschädliche Bestandteile umgewandelt wird, als auch andere Energieträger ersetzt werden können.

### 4.2.2.4 Sozio-kulturelle Hemmnisse

Gas ist angenehmer und einfacher zum Kochen als Holz oder gar Dung oder Stroh. Die Umstellung auf Kochen mit Gas erfolgt daher verhältnismäßig problemlos.

Hindernisse haben sich vor allem beim Betreiben der Anlagen ergeben. Die Technologie Biogas ersetzte auf der Anwendungsebene einen vollkommen anderen Prozess. Anders als bei verbesserten Herden oder einer Anpflanzung von Bäumen anstelle von anderen Nutzpflanzen ist der gesamte Ablauf gegenüber der Ausgangstechnologie anders. Die Technologie war auch weltweit neu und hatte entsprechend unzählige technische Probleme zu überwinden. Insgesamt scheint die Verbreitung begonnen worden zu sein, bevor die technischen Mängel ausreichend

behalten worden waren, so dass viele Anlagen nicht weiter betrieben werden und zu einem entsprechend negativen Image der Biogastechnologie beitragen (vgl. GTZ (h) und GTZ (j)).

Die Beschickung und Entleerung der Anlage ist, vor allem, wenn sie weitgehend manuell erfolgt, eine unangenehme Arbeit, was insbesondere in sozial besser gestellten Haushalten für Familienmitglieder kaum attraktiv ist. Kommt der Gärprozess zum Erliegen, muss meist die ganze Anlage geleert und neu befüllt werden. Kommunale Anlagen haben insofern ein größeres Anwendungspotenzial als Einzelanlagen, da für das Betreiben der Anlage Arbeitskräfte angestellt werden können, die erstens die nötige Kompetenz erwerben und zweitens ein direktes Einkommen erhalten.

Biogasanlagen fallen auch anders als etwa verbesserte Herde in unterschiedliche Zuständigkeitsbereiche in landwirtschaftlichen Familienhaushalten. Es handelt sich nicht um eine Innovation, die lediglich den Kochvorgang betrifft, sondern es wird die Viehhaltung, die Düngung, und die Energieversorgung verändert. Das führt auch dazu, dass für bestimmte Tätigkeiten noch keine soziale Arbeitsteilung vorhanden ist - ein Problem, was vor allem in polygamen Haushalten in der Elfenbeinküste für die weitverbreitete Wiederabschaffung der Technologie mit verantwortlich gemacht wird (vgl. GTZ (i)).

Aus Gründen des sozialen Status ist es in manchen Ländern zu einer Überdimensionierung der Anlagen gekommen, was auch entsprechende Einschränkungen für ein ökonomisches Betreiben der Anlagen zur Folge hat.

### 4.2.3 Perspektiven

Bei der Bewertung des Anwendungspotenzials von Biogasanlagen gehen die Expertenmeinungen am weitesten auseinander. Die Vorteile der Technologie sind unbestreitbar, aber ihr vorteilhafter Einsatz ist auch an viele Voraussetzungen geknüpft. Bezogen auf den Gesamtenergieeinsatz spielt Biogas eine eher untergeordnete Rolle (selbst in China, dem Land mit der größten Anzahl und auch einer relativ großen Bedeutung, wird laut Schätzungen im Jahr 2000 nur in 7.55 Mio. Haushalten Biogas zum Kochen verwendet, verglichen mit 175 Mio. Haushalten, in denen verbesserte Herde eingeführt wurden). An dieser relativ untergeordneten Bedeutung wird sich sicher auch auf absehbare Zeit nichts ändern (vgl. Shuhua et al. 1996).

Die Biogasproduktion hat jedoch viele eindeutige Vorteile: Aus Sicht der Klimagase ist sie doppelt interessant (vgl. Abschnitt 4.3.2.3), die Produktion von Biogas erschließt eine zusätzliche Energiequelle von bisher oft kaum genutzten Energieträgern und das Gas ist vielfältig einsetzbar. Derzeit ist das Potenzial der Biogaserzeugung in der Abfallwirtschaft und der Massentierhaltung am größten, da dort gleichzeitig das Entsorgungsproblem reduziert und eine Rückführung der Nährstoffe in die Böden ermöglicht wird.

Aber auch eine Ausweitung des Einsatzes von Anlagen auf Haushalts- sowie auf kommunaler Ebene erscheint realistisch. Eine solche Ausweitung erfordert für viele potenzielle Anwender(innen) den Zugang zu Kredit. Schwieriger erscheint jedoch das erfolgreiche Betreiben der Anlage über einen längeren Zeitraum. Wichtigstes Hemmnis in diesem Prozess sind vielerorts immer noch die Komplexität und Störanfälligkeit des laufenden Betriebs in Kombination mit den auf Haushaltsebene fehlenden Kenntnissen und Erfahrungen für einen sachgemäßen Umgang mit der Technologie. In einigen Ländern ist inzwischen eine entsprechende Infrastruktur entstanden, so dass die notwendige Unterstützung für den Bau und das Betreiben einer Biogasanlage lokal verfügbar ist. Bedeutsam ist auch die optimale Verwendung des Gases. Die Verwendung zum Kochen stellt nur eine Möglichkeit unter vielen dar, ebenso sind Elektrizitätsbereitstellung oder Treibstoffherstellung möglich (vgl. Larson et al. 1996).

Bei kommunalen Anlagen sind die Investitionskosten für die Anlage pro Kubikmeter Gas geringer, dafür entstehen aber Kosten für Verteilung und Messung des Gasverbrauchs, die relativ hoch sind. Von entscheidendem Gewicht sind hingegen die arbeitswirtschaftlichen Vorteile, wenn Arbeitskräfte für das Betreiben der Anlage angestellt werden. Nach einer Einschätzung von Dutt/Ravindranath (1993: 144f.) ist die Attraktivität kommunaler Biogasanlagen aus der Sicht der Nutzer von allen direkten Biomasseanwendungen am höchsten. Bei kommunalen Anlagen ist es auch möglich, dass ärmere Haushalte partizipieren. Für sie kommen Haushaltsanlagen auf Grund der ungenügenden Dungverfügbarkeit meist nicht in Frage.

**Tabelle 8: Attraktivität verschiedener Energieträger zum Kochen aus der Sicht der Nutzer(innen)**

Zunehmende Attraktivität ↑	Herkömmliche Quellen	Alternative Quellen
	Elektrizität	
	Erdgas	
	Flüssig-Gas z.B. Propangas	
	Kerosin	Biogas (kommunale Anlagen)
	Holzkohle	<i>Producer Gas</i>
	Kohle und Koks	Alkohol
	Brennholz	Kohlebriketts
		Biogas (individuelle Anlagen)
		Biomassebriketts (verdichtet und karbonisiert)
		Biomassebriketts (verdichtet)
	Kompost	
	Dung	

Quelle: Dutt, G., Ravindranath, N. H., 1994: Bioenergy Alternatives for Cooking, in: De Villa, Jill Gale (Eds.), 1994: Energy End Use, Manila, S. 145.

Ein weiterer Vorteil kommunaler Anlagen, der vor allem für Afrika diskutiert wird, ist der Demonstrationseffekt, den z.B. an Biogasanlagen angeschlossene Toiletten in Schulen oder

Krankenhäusern haben. Durch solche Anlagen können Erfahrungen mit der Technologie gesammelt werden, die die Übernahmeentscheidung für einzelne Haushalte tendenziell erleichtern (vgl. UNDP 1997, Kap. 3: 28).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass, wenn die institutionellen Voraussetzungen angemessen sind, also entsprechende unterstützende Information und Erfahrung lokal vorliegt, viel für eine Förderung von Biogasanlagen spricht. Größere Anlagen, ob kommunal betrieben oder bei der Abfallbeseitigung, lassen sich leichter unterstützen als individuelle für einzelne Haushalte. Auch das Finanzierungsproblem lässt sich für kommunale Anlagen oft leichter lösen. Vorteilhaft wäre außerdem eine technische Weiterentwicklung der Bauweise, die den erforderlichen Arbeitseinsatz für den Betrieb reduziert und weniger unangenehm macht. Wichtig erscheint dabei, das Gesamtpaket inklusive Beschickung, Gasverwendung und Kompostausbringung weiterzuentwickeln.

### 4.3 Biotreibstoffe

#### 4.3.1 Biotreibstoffgewinnung

Der Einsatzbereich von Biotreibstoffen bezieht sich im Wesentlichen auf den Antrieb von Motoren. Unterschieden werden können jedoch drei grundsätzliche Möglichkeiten, Treibstoffe aus Biomasse zu gewinnen: Stärkehaltige Kulturen wie Zuckerrohr, Mais und Hirse können zur Gewinnung von Ethanol verwendet werden. Auf der Basis von Holz kann Methanol und auf der Basis von Pflanzenöl, vor allem Ölpalmen- oder Rapsöl, kann Biodiesel gewonnen werden. Ein gewisses Potenzial wird auch anderen, bislang nicht als Speiseöl verwendeten Ölen eingeräumt, z.B. dem *Curcas oil* (Lamb 1995, Kap. 5: 4).

Die USA unterhält ein relativ breit angelegtes Ethanolprogramm hauptsächlich auf der Basis von Mais. Das größte Ethanolprogramm der Welt unterhält Brasilien (vgl. Box 6), aber auch Simbabwe produziert jährlich etwa 20 Mio. Liter Ethanol und deckt so 75% seines Treibstoffbedarfs (vgl. Hemstock/Hall 1995).

#### 4.3.2 Hemmnisse einer verstärkten Nutzung

Ein wesentliches Problem der Treibstoffgewinnung auf der Basis von landwirtschaftlichen Produkten ist die geringe Flächenproduktivität und die Nettoenergiebilanz. Es wird oft wenig mehr Energie nutzbar gemacht, als für die Produktion von Biotreibstoffen in Form von Düngemittel, Pestiziden, Treibstoff etc. benötigt wird (vgl. UNDP 1997: Kap.3.31., Giampietro et al. 1997).

### 4.3.2.1 Ökonomische Hemmnisse

Bislang liegen die Kosten praktisch aller Biotreibstoffe über denen von fossilen Treibstoffen. Lediglich Ethanol auf der Basis von Zuckerrohr kann bei steigenden Ölpreisen und vor allem bei gleichzeitiger Elektrizitätsgewinnung aus den Zuckerrohrabfällen (vgl. Abschnitt 4.1.2.4) ökonomisch konkurrenzfähig werden (vgl. auch UNDP 1997: Kap. 3: 31f). Hinzu kommen die Umstellungskosten für die Verteilung der Treibstoffe, wobei diese im Fall von Ethanolgemisch weitaus geringer sind als bei rein ethanolbetriebenen Fahrzeugen, da die Verwendung von Gemischen auch bei den meisten derzeitigen Motoren möglich ist.

Die meisten Berechnungen sind bisher auf der Basis von Pilotprojekten erstellt worden und berücksichtigen nicht, dass einem Einsatz in größerer Skala in den meisten Ländern als weitere limitierende Faktoren die Knappheit von Land und Arbeitskräften entgegenstehen (vgl. Tabelle 9).

Technisch noch in der Entwicklung begriffen ist die Alkoholgewinnung (Ethanol oder Methanol) auf der Basis von Holz, zum Teil unter Einsatz von Mikroorganismen (vgl. Miyamoto 1997). Diese Verfahren scheinen wesentlich höhere Produktivitäten (etwa doppelt so hoch) zu ermöglichen als die derzeitigen Verfahren auf der Basis von Zucker, Mais oder Hirse (vgl. UNDP 1997, Kap. 3: 31f.). Dennoch zeichnet sich ab, dass wasserstoffbetriebene Motoren eine weitaus höhere Effizienz erreichen können als alkoholbetriebene. Langfristig scheinen die meisten Autoren daher einer Umstellung auf wasserstoffbetriebene Motoren die besseren Chancen einzuräumen. Welche Rolle biomassebasierte Gewinnung von Wasserstoff spielen wird, wie konkurrenzfähig diese Art der Gewinnung z.B. im Vergleich zur Erdgasnutzung oder zu Photovoltaik ist, lässt sich bislang noch nicht klar abschätzen.

### 4.3.2.2 Politisch/institutionelle Hemmnisse

Biotreibstoffe sind politisch aus zwei Gründen attraktiv: Zum einen wegen der Möglichkeit, teure Ölimporte zu ersetzen und zum anderen als zusätzliche Einkommensquelle für die Landwirtschaft. Die derzeit angebotenen Biotreibstoffe sind sämtlich politisch gefördert, zumeist mit hohen Subventionen. Diese aus Sicht entsprechender Anbieter derzeit vorteilhafte Situation bedeutet jedoch zugleich eine nicht unerhebliche Unsicherheit. In dem Moment, wo die politischen Fördermaßnahmen entfallen, ist die ökonomische Tragfähigkeit der Projekte in Frage gestellt.

### 4.3.2.3 Ökologische Hemmnisse

Die Beimischung von Ethanol oder Methanol reduziert den Schadstoffausstoß insbesondere von Fahrzeugmotoren, wobei die Potenziale heute niedriger eingeschätzt werden

als zunächst angenommen wurde. Am deutlichsten ist die Reduktion des CO-Anteils (vgl. UNDP 1997: Kap. 3). Die nachhaltige Bereitstellung von Biotreibstoffen ist jedoch besonders kritisch. Bisher ist das Verhältnis aus eingesetzter zu gewonnener Energie relativ eng. Bei einer Intensivierung der Produktion (erforderlich zur Ausdehnung) wird dieses Verhältnis noch knapper. Bei der Ethanolgewinnung entstehen darüber hinaus viele Rückstände, die toxisch sind. Auch hier scheinen in der Erprobung befindliche Systeme auf der Basis von Holz ein gewisses Verbesserungspotenzial zu bieten, da sie ein günstigeres Energieverhältnis und weniger toxische Abfallprodukte aufweisen.

Ein noch größeres ökologisches Hemmnis stellt jedoch in dichter besiedelten Regionen heute schon, und mit zunehmender Bevölkerung mittel- und langfristig auch in heute weniger dicht besiedelten Ländern, die nur begrenzt zur Verfügung stehende Fläche dar. Die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stellt eine Nutzung zur Energiebereitstellung in Frage. Bei Flächen, die nur für forstliche Nutzung geeignet sind, wird sich langfristig eine ähnliche Situation ergeben. Nach der Erschöpfung der Erdölvorräte wird Holz stärker auch andere Anwendungen von Erdölderivaten etwa im Baubereich ersetzen müssen. In gleicher Weise werden pflanzliche Öle einen Teil der Verwendungen von Erdöl im industriellen Bereich ersetzen. Ein erheblicher Anteil der derzeit noch erhaltenen Ökosysteme wird zur Sicherstellung wesentlicher Funktionen wie Wasserkreisläufen, Biodiversität und Luftverbesserung benötigt werden, so dass der Ausdehnung von intensiv genutzten Forstplantagen Grenzen gesetzt sind.

Hanegraaf et al. (1998) haben eine Methode entwickelt, um die Nachhaltigkeit unterschiedlicher Bioenergieträger in Abhängigkeit von ökologischen aber auch ökonomischen Indikatoren abzuschätzen. Die vergleichende Analyse unterschiedlicher Bioenergieträger in Europa ergibt, dass Festbrennstoffe bislang ökologisch wie ökonomisch besser abschneiden als Biotreibstoffe. Insbesondere die Förderung von Biotreibstoffen sollte also durch eingehende Untersuchungen ihrer Ökobilanz begleitet werden. Giampietro et al. (1997) versuchen abzuschätzen, inwiefern die Versorgung mit Biotreibstoffen für einzelne Länder realistisch ist, angesichts konkurrierender Ansprüche an die Produktionsfaktoren Land, Wasser und Arbeitskraft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Es deutet sich dabei an, dass die Ausdehnung der Biotreibstoffproduktion wesentlich durch die Land- und Wasserverfügbarkeit eingeschränkt wird.

**Tabelle 9: Bedarf an Arbeitskraft, Land und Wasser bei Umstellung auf Biotreibstoffe**

Land	Arbeitsnachfrage für Biotreibstoffe (% des derzeitigen Angebots an Arbeitskräften)	Verhältnis der gesamten Ackerlandnachfrage* zum derzeitigen Angebot	Wassernachfrage für Biotreibstoffe (als Vielfaches der gesamten aktuellen Entnahme)
Burundi	3	1,8	80
Ägypten	13	9,4	4
Ghana	3	2,5	34
Uganda	3	1,4	80
Simbabwe	16	2,9	46
Argentinien	35	2,1	13
Brasilien	23	3,0	40
Costa Rica	18	8,0	9
Mexiko	7	7,6	10
Bangladesch	2	1,8	3
China	8	7,2	11
Indien	6	2,2	4

\*Landbedarf für Nahrungsmittelversorgung und für Biotreibstoffe

Quelle: Giampietro, M./Ulgiati, S./Pimentel, D., 1997: Feasibility of Large-Scale Biofuel Production. Does an enlargement of scale change the picture?, in: BioScience, Vol. 47(9), S. 591ff.

#### 4.3.2.4 Sozio-kulturelle Hemmnisse

Im Einsatz der Technologie (Verwendung von Benzin) treten vergleichsweise wenig Restriktionen auf, wenn die Technologie reibungsarm funktioniert.

Bei einer Ausdehnung der Produktion von Biotreibstoffen darf der Bedarf an Arbeitskräften in der Land- bzw. Forstwirtschaft jedoch nicht unterschätzt werden. In entwickelten Ländern stellt diese Tatsache bereits ein Hemmnis für die Ausdehnung dar, langfristig ist eine solche Entwicklung auch für Entwicklungsländer denkbar. Derzeit wäre jedoch eine Ausweitung der Arbeitskraftnachfrage eher positiv zu beurteilen.

#### 4.3.3 Perspektiven

Die wichtigsten Hemmnisse einer nennenswerten Steigerung der Nutzung von Biotreibstoffen werden nach dem derzeitigen Stand der Technik im ökologischen Bereich zu finden sein. Gewisse kurz- und mittelfristige Potenziale ergeben sich für bestimmte Länder und Anwendungen. Eine Beimischung zur Schadstoffreduzierung und vor allem zur Zahlungsbilanzentlastung bei hohen Ölpreisen ist in Ländern wie Brasilien oder Simbabwe sicher sinnvoll. Welches Potenzial in der technischen Weiterentwicklung mikrobieller Verfahren liegt, lässt sich derzeit noch nicht abschätzen. Weitere Forschung scheint daher gerechtfertigt.

Wie unter 4.3.2.3 dargelegt, wird bei zunehmender Knappheit von Erdöl auch die Nachfrage nach Energieträgern wie Holz und Öl für andere Verwendungen deutlich steigen.

Der langfristige Einsatz von Biotreibstoffen ist jedoch fragwürdig, da der Flächenbedarf für die Herstellung von Biotreibstoffen sehr hoch ist und Land langfristig viel zu knapp werden wird, um seinen Einsatz für die Treibstoffproduktion zu rechtfertigen. Brennstoffzellen scheinen für den Transportbereich größere Perspektiven zu haben<sup>14</sup>. Welche Aussichten für eine H<sub>2</sub>-Gewinnung auf der Basis von Biomasse unter Einsatz von Mikroorganismen bestehen, kann derzeit noch nicht abgeschätzt werden. Dieser Themenkomplex stellt einen wichtigen Bereich für weitere Forschung und Experimentation dar.

### Box 7: Brasiliens Pro-alcohol Programm

1975 führte Brasilien ein breit angelegtes Programm zur Biotreibstoffproduktion auf der Basis von Zuckerrohr ein. Zunächst wurde die Produktion stark subventioniert. Der erhebliche technische Fortschritt von etwa 4% pro Jahr erlaubte es, die Subventionen sukzessive zu reduzieren und Anfang 1999 zumindest im Süden Brasiliens, wo ein Großteil des Ethanol zum Einsatz kommt, ganz aufzuheben. Weiterhin gelten jedoch Steuervorteile für ethanolbetriebene Fahrzeuge, und die Beimischung des Ethanol zum sogenannten Gasohol ist gesetzlich geregelt.

Vorteile des Programms sind die erheblichen Devisenersparnisse, die vor allem während Zeiten unausgeglichener Handelsbilanzen in den achtziger Jahren von Bedeutung waren. Unbestritten sind die ökologischen Vorteile, vor allem eine signifikante Reduzierung der Luftverschmutzung (weniger CO, HC und Schwefelverbindungen) in den großen Städten. Es wird geschätzt, dass der Gesamt CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Brasiliens Verkehr um etwa 18% reduziert werden konnte. Hinzu kommt die Schaffung von knapp einer Million Arbeitsplätzen. Ökonomisch konkurrieren kann Gasohol bei Erdölpreisen ab etwa US\$31/barrel, Ethanol ab etwa US\$38 (Walter/Cortez 1999: 4). Es wird geschätzt, dass derzeit noch weitere Produktivitätspotenziale durch eine Ko-generation von Elektrizität auf Bagasse-Basis mit CEST (Condensing Extraction Steam Turbine) bestehen. Mit der Einführung der BIG/GT (Biomass Integrated Gasifier/Gas Turbine) Technologien sowie durch Änderung der Erntetechnik könnten weitere Potenziale erschlossen werden (vgl. Braunbeck et al. 1999: vgl. Goldemberg/Macedo 1996: S. 40, Walter/Cortez 1999).

<sup>14</sup> Eine Entwicklung, der große Automobilhersteller wie z.B. BMW bereits beginnen, Rechnung zu tragen (Gaul, Vortrag am 6.11.00 beim Forum eine Welt, SPD Nord-Süd Arbeitskreis).

### 5 Bioenergie und Armut

---

Die genauen Wechselwirkungen zwischen einer unzureichenden **Energieversorgung** und der **Überwindung von Armut** sind bislang noch nicht im Einzelnen untersucht. Es gibt jedoch Studien, die nahe legen, dass eine verbesserte Energieversorgung zur Überwindung von Armut beiträgt. Interessant ist auch, dass sich dieser Effekt verstärkt, wenn die Verbesserung der Energieversorgung im Zusammenhang mit Verbesserungen der Wasserversorgung, des Sanitärbereiches und der Ausbildung einhergeht. Studien im ländlichen Peru haben gezeigt, dass der zusätzliche Entwicklungsimpuls durch den vierten der genannten Faktoren siebenmal höher liegt als durch den zweiten (World Bank 2000: S. 28). Unumstritten ist die Bedeutung von Bioenergieträgern für die ärmsten Bevölkerungsschichten. Diese setzen überproportional viel Bioenergieträger ein, und die Hemmnisse zur Verbesserung des Energieeinsatzes treten dort besonders akzentuiert auf. Daher werden diese Aspekte hier gesondert aufgegriffen.

Die **bisherige Nutzung** von Bioenergieträgern zeichnet sich durch geringe Investitionskosten, aber vergleichsweise **hohe laufende Kosten** aus. Dies trifft insbesondere zu, wenn traditionelle Geräte verwendet werden. In diesem Fall sind die Kosten pro Endenergieservice oft teurer, als wenn moderne Energieträger zum Einsatz kommen, weil der Nutzungsgrad sehr gering ist. Teurer sind traditionelle Energieträger entweder durch monetär entstehende Kosten für den Erwerb von Bioenergieträgern oder auf Grund der Nutzungskosten für die benötigte Zeit (Frauen könnten andere Arbeiten erledigen, Kinder könnten mehr Zeit für ihre Ausbildung verwenden). Neben relativ hohen laufenden Kosten zeichnet sich der Einsatz von Bioenergieträgern oft auch durch eine geringere Qualität des Services und, vor allem beim Einsatz von Holz oder Dung zum Kochen, auch durch eine erhebliche gesundheitliche Belastung aus. Die Einsatzmöglichkeiten von Bioenergieträgern sind außerdem geringer und weniger flexibel als die moderner Energieträger wie Strom oder Gas, die wesentlich mehr Möglichkeiten, etwa zur Schaffung von Einkommensquellen, bieten.

Von einer insbesondere auch qualitativen Verbesserung der Energieversorgung für arme Haushalte wird somit eine Verbesserung der Lebensqualität und eine Verbesserung der Einkommensmöglichkeiten erwartet. Der **Zugang zu modernen Energieträgern** ist jedoch für diese Bevölkerungsschichten **besonders schwierig**, da sie nicht nur über weniger Kaufkraft verfügen, sondern meist in schwerer erschließbaren Gegenden leben (auf dem Land oder in ungeplanten Siedlungen), in denen der Zugang zu modernen Energieträgern, vor allem Gas und Elektrizität, entsprechend teurer und oft auch komplizierter ist. Auch das Finanzierungsproblem stellt sich für ärmere Haushalte noch deutlicher, da sie i.d.R. weder Eigenkapital noch Zugang zu Krediten haben.

Zahlreiche Studien belegen, dass die im Energiesektor, insbesondere bei Vorliegen von monopolistischen Strukturen, weit verbreitete **Korruption arme Haushalte** in besonderem Maße **schädigt**: Zum einen erschwert sie die Ausdehnung des Services, also die Erweiterung der Netze; zum zweiten ist Korruption mit verantwortlich für die schlechte Qualität der Energieversorgung durch überlastete Netze, da das Geld für notwendige Investitionen fehlt. Sowohl von einer Ausdehnung als auch von einer Qualitätsverbesserung könnten ärmere Haushalte überproportional profitieren. Schließlich verteuert Korruption insgesamt die Kosten des Energiesektors und diese Mittel stehen entsprechend für andere armutsrelevante Ausgaben nicht zur Verfügung (vgl. World Bank 2000: S. 68ff. und die dort angegebene Literatur).

### Box 8: Energiekosten für arme Haushalte

Ein extremes Beispiel für schlechten Zugang zu modernen Energieträgern stellt Uganda dar. Es wird geschätzt, dass 94% der dort verbrauchten Energie aus Biomasse, vor allem Holz und Holzkohle, gewonnen wird. Eingesetzt wird diese Energie hauptsächlich zum Kochen, aber auch für einen erheblichen Teil der gewerblichen Produktion. An das Stromnetz sind nur etwa 4% der Haushalte angeschlossen (ESMAP 1999). Um Radios oder elektrische Taschenlampen zu betreiben, werden im Jahr 100 Millionen US\$, 1,5% des BIP, für Batterien ausgegeben- eine Energiequelle, bei der die kWh US\$ 400 kostet (World Bank 2000: S. 11f.).

Die grundsätzlichen **Anforderungen** einer verbesserten Energieversorgung armer Haushalte liegen also auf **drei Ebenen**: Zum einen müssen die Versorgungsnetze ausgedehnt werden, um einen Anschluss der vielen noch unversorgten Haushalte zu ermöglichen. Zweitens muss die Qualität der Versorgung verbessert werden, und drittens müssen die Preise so niedrig sein, dass sie auch von einkommenschwachen Haushalten bezahlt werden können. Eine bedarfsgerechte Weiterentwicklung der Energiebereitstellung wird in den meisten Ländern durch die sehr lückenhafte Datenlage über die Erfordernisse und die Zahlungsbereitschaft gerade ärmerer Haushalte zusätzlich erschwert (vgl. Energy and Development Report 2000: S. 13).

Insbesondere mit der Begründung, auch armen Haushalten den Zugang zu modernen Energieträgern zu ermöglichen, wird in vielen Ländern die **Energieversorgung staatlich subventioniert**. Weitverbreitet ist bisher die sogenannte "Kreuzsubvention" (cross-subsidy), bei der von bestimmten Bevölkerungsschichten geringere Preise verlangt werden (meist räumlich definiert, entweder im ländlichen Raum oder in bestimmten Wohnvierteln der Städte) und andere Haushalte oder die Industrie höhere Preise zahlen. Diese Form der Subvention hat sich als besonders ungeeignet erwiesen, da sie erstens ein Monopol beim Angebot voraussetzt, dass sich zunehmend als teuer und ineffizient erweist. Zweitens kommt sie nur den bereits angeschlossenen Haushalten zugute, berücksichtigt also die ärmsten, noch nicht angeschlossenen Haushalte überhaupt nicht. Erschwerend kommt drittens hinzu, dass so nicht nur kein Anreiz geschaffen wird, arme Haushalte ans Netz anzuschließen, sondern sogar ein Anreiz, möglichst wenig zusätzliche Anschlüsse aus ärmeren Schichten zu ermöglichen.

Die Herausforderung besteht also darin, wenn überhaupt, Formen der Subvention zu finden, die einerseits möglichst gezielt den bedürftigen Haushalten zugute kommen und die Verwaltungskosten niedrig halten, sowie die durch die Subvention bedingten Verzerrungen und Wettbewerbseinschränkungen minimieren.

Ein viel diskutiertes und auch in der Praxis weitverbreitetes Instrument sind die sogenannten "**Lifeline rates**". Das Konzept besteht darin, einen minimalen, zur Grundbedürfnisbefriedigung notwendigen Stromverbrauch (typischerweise Beleuchtung und ein Radio oder Fernsehgerät) zu besonders günstigen Preisen zu ermöglichen. Umgesetzt wird es auf unterschiedliche Arten: Eine Möglichkeit sind entsprechende Durchfluss-Begrenzer, welche zugleich die Abrechnung erleichtern, da dann meist ein verbrauchsunabhängiger Pauschalbetrag berechnet wird. In anderen Fällen wird der Preis für eine bestimmte Anzahl an kWh im Monat zu einem subventionierten Preis berechnet, höherer Stromverbrauch zu entsprechend höheren Sätzen. Es gibt beliebig viele Varianten dieser Systeme.

### Box 9: Subventionen und Kosten der Energieversorgung für die ärmeren Haushalte, Tansania

Im urbanen Bereich in Tansania ist elektrischer Strom für die Haushalte der billigste Energieträger. Pro effektive MJ kostete Strom 0.62 Tsh verglichen mit 2 bis 4 Tsh für Holzkohle und 4 bis 7 Tsh für Brennholz. Selbst wenn die Kosten für die Anschaffung entsprechender Geräte einbezogen werden, sind die Kosten für Strom die günstigsten, gefolgt vom Einsatz von Holzkohle in einem verbesserten Herd.

Die Subvention der Stromversorgung ist wenig gezielt und sehr teuer. Der Lifeline-Tarif bestand aus einem in vier Stufen gestaffeltem System für alle angeschlossenen Haushalte. Erst der Preis der vierten Stufe deckte die Kosten der Strombereitstellung. Da bereits die in der ersten und zweiten Stufe festgelegten Mengen sehr hoch waren (etwa zehnmal so hoch wie das oben erwähnte Minimum von einigen Glühbirnen und einem Massenkommunikationsmittel) wurde ein erheblicher Anteil des Stromverbrauchs aller angeschlossenen Haushalte staatlich subventioniert. In den drei untersuchten größeren Städten waren jedoch überhaupt nur ein Drittel der ärmeren Haushalte an die Stromversorgung angeschlossen, so dass zwei Drittel der relevanten Haushalte durch diese Subvention überhaupt nicht erreicht wurden. Die Autoren kommen daher zu dem Schluss, dass in Tansania die Subvention von Kerosin, das in reicheren Haushalten kaum verwendet wird, wesentlich effektiver war als die (schlecht konzipierte) Lifeline (vgl. Hosier & Kipondya 1993).

Wird wirklich nur ein minimaler Verbrauch und auch nur für die Haushalte, deren Verbrauch insgesamt minimal ist, subventioniert, ermöglichen Lifelines eine kostengünstige Subvention der Grundversorgung für einkommensschwache Haushalte. Sie erweitern allerdings nicht das Angebot und verbessern auch nicht die Qualität der Versorgung.

Wesentlich vielversprechender scheint zur Erreichung dieser beiden Ziele die **Subvention von Anschlüssen** ans Netz zu sein. Der Privatsektor kann einbezogen werden, z.B. über Konzessionen in ländlichen Gebieten, die vergeben werden nach dem Kriterium der Energiebereitstellung mit den geringsten Subventionen.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Bereitstellung oder zumindest Erleichterung des **Zugangs zu Krediten**. Solche Maßnahmen erleichtern sowohl die Anschaffung neuer Geräte (z.B. verbesserter Herde) als auch den Anschluss ans Netz. Es hat sich als besonders günstig erwiesen, wenn der Kredit mit den laufenden Kosten über relativ lange Zeiträume abgezahlt werden kann.

Durch die technischen Entwicklungen der letzten Jahre werden dezentrale Lösungen zunehmend konkurrenzfähig. Hier bieten sich für regenerative Energieträger insgesamt, vor allem aber für Bioenergieträger, zunehmend Möglichkeiten auch in der **netzunabhängigen Anwendung**. Die „neuen“ Technologien, die zunehmend verfügbar werden, müssen jeweils an die spezifischen Umstände angepasst werden. Die hierfür erforderlichen Investitionen sind ein weiterer Bereich, in dem der Staat die Zugangsmöglichkeiten gerade für ärmere Haushalte auf dem Land verbessern kann.

Optionen, eine moderne Energieversorgung auf der Basis von Bioenergie bereitzustellen, sind aus der Sicht der Armutsbekämpfung besonders günstig zu beurteilen, da sie ein erhebliches Arbeitsplatzpotenzial bieten. Insbesondere die **Holzproduktion** und -bereitstellung ist bereits jetzt eine **wichtige Einkommensquelle** für viele Arme. Tabelle 11 zeigt Schätzungen für den Arbeitskraftbedarf im Energiesektor. Die Autoren gehen davon aus, dass die Arbeitsintensität bei Kleinstherstellern auf dem Land noch höher liegt.

**Tabelle 10: Arbeitskräftebedarf der Energiebereitstellung**

Energieträger	Äquivalent eines Tera Joules (TJ)	Geschätzter AK-Bedarf/TJ (in Tagen)
Kerosin*	29 m <sup>3</sup>	10
Flüssiggas*	22 t	10-20
Kohle	43 t	20-40
Elektrizität	228 MWh	80-110
Brennholz	62 t	110-170
Holzkohle	33 t	200-350

\* importiert

Quelle: FAO (1997): Regional Wood Energy Development Programme in Asia, Regional Study on Wood Energy Today and Tomorrow in Asia, in: APFSOS Working Paper, No. 34, Rome, Bangkok: Kap. 4.3.

Allerdings muss im Einzelfall beachtet werden, dass die Bioenergieträger lokal ausreichend zur Verfügung stehen. Sonst besteht insbesondere bei moderner Nutzung die Gefahr, dass **arme Haushalte** den **Zugang** zu ihrer oft einzigen bzw. wichtigsten Energiequelle **verlieren** (vgl. FAO 1997: Kap. 6.1.5).

Weniger Potenzial zur Armutsbekämpfung scheinen derzeit Biogasanlagen zu haben. Für ärmere Haushalte kommen sie auf Grund des unzureichenden Dungaufkommens nicht in Frage. Subventionen der Biogastechnologie sollten demzufolge nicht als Mittel der Armutsbekämpfung angesehen werden.

**Zusammenfassend** kann festgehalten werden, dass die Bedürfnisse und vor allem die effektive Nachfrage ärmerer Haushalte empirisch (im Idealfall partizipativ) ermittelt werden sollte. Zur Verbesserung der Energieversorgung der ärmeren Bevölkerungsschichten muss in erster Linie der Zugang zu und das Angebot an qualitativ hochwertiger Energie verbessert werden. Privatisierung unter Schaffung von Wettbewerb und die Förderung eines vielfältigen Angebots auch netzunabhängiger Energiebereitstellung scheinen hierfür geeignete Instrumente darzustellen. Bioenergieträger stellen gerade für die dezentrale Angebotsweiterung ein wichtiges Potenzial dar. Gerade ärmere Haushalte können von einem verbesserten Zugang zu Krediten profitieren. Wo sich Subventionen für die ärmsten Haushalte als notwendig erweisen, sollten sie möglichst gezielt und vorzugsweise für den Anschluss an kommerzielle Energieträger, nicht jedoch für die laufenden Kosten eingesetzt werden. In jedem Einzelfall muss Armutswirksamkeit und Erreichbarkeit der Armen überprüft werden. Der grundsätzliche Zielkonflikt zwischen der Investition in eine verbesserte Energieversorgung und der Befriedigung anderer Bedürfnisse bleibt jedoch bestehen.

## 6 Schlussfolgerungen

---

In diesem Kapitel werden zunächst die Möglichkeiten und Grenzen einer Ausdehnung von Bioenergieträgern vor dem Hintergrund der neuen ökonomischen, politischen und institutionellen Herausforderungen im Energiesektor diskutiert. Der zweite Teil des Kapitels diskutiert regionale Unterschiede in den Voraussetzungen für einen verstärkten Einsatz von Bioenergieträgern im Rahmen von Energieprojekten des „Clean Development Mechanism“.

### 6.1 Neue Herausforderungen

Der Energiesektor steht heute vor **tiefgreifenden Änderungen**. Zum einen hat die technische Entwicklung zu einer einschneidenden Veränderung der Kostenstrukturen geführt, so dass kleine, dezentrale Kraftwerke immer wettbewerbsfähiger werden. Zweitens gibt es unter dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung und der zunehmenden CO<sub>2</sub>-Belastungen einen breiten Konsens, regenerative Energiequellen deutlich auszuweiten.

Die Herausforderung besteht darin, dieses neu entstehende, **dezentrale Potenzial zu erkennen und zu nutzen**. Eine solche Änderung impliziert praktisch eine Umkehrung der bisherigen Logik der kommerziellen Energiebereitstellung. Dementsprechend werden viele etablierte Ansichten in Frage gestellt: Die bisherige Kostenverteilung, wobei die Unterhaltung des Systems und die Stromverteilung einen erheblichen Anteil der gesamten Kosten ausmachten und ausgeprägte Skalenerträge im Kraftwerkbereich bestanden, trifft nicht mehr zu. Genau diese Tatbestände waren jedoch die Begründung für regionale Monopole der Energieversorger in der Vergangenheit. Somit ist Raum geschaffen worden für kleinere, eventuell sogar unabhängige Systeme<sup>15</sup>, die direkt für den lokalen Bedarf produzieren. Weiterhin besteht Hoffnung, dass nicht nur die CO<sub>2</sub>-Belastungen reduziert werden können, sondern auch dass die etwa zwei Mrd. Menschen, die heute noch keinen Zugang zu modernen Energieträgern haben, diesen in absehbarer Zeit erhalten können. Die technische Ausgestaltung sowie das Portfolio an Kraftwerken sollte sich dabei nach der jeweils lokalen Verfügbarkeit von Primärenergieträgern und dem lokalen Bedarf an Energieserviceleistungen richten. Regenerative Energieträger sind im Allgemeinen für dezentrale Kleinkraftwerke weitaus geeigneter als für Großkraftwerke. Dies gilt insbesondere für die Energieerzeugung aus Biomasse, bei der hohe Transportkosten anfallen.

---

<sup>15</sup> Es soll hier nicht eine lokale Autarkie propagiert werden, viele Vorteile eines Energieverbundes gelten weiterhin. Die derzeitige Situation erlaubt jedoch den kostengünstigen Aufbau unabhängiger lokaler Netze auch an Orten, an denen ein Anschluss an das bestehende Netz auf lange Sicht prohibitiv teuer bleiben wird.

Die technischen Potenziale können jedoch nur realisiert werden, wenn entsprechende Anreize in den **politischen Rahmenbedingungen** gesetzt werden. Eine erste Liberalisierungswelle der Energiebereitstellung ist auch in zahlreichen Entwicklungsländern erfolgt, so dass private Anbieter ihren Strom inzwischen in die Netze einspeisen und verkaufen können. Optimale Anreize für private Unternehmen in den Energiemarkt zu investieren, bietet eine vollständige Liberalisierung mit stark schwankenden Preisen jedoch nicht. Die hohen spezifischen Investitionen, die im Energiesektor weiterhin notwendig sind, erfordern ein **Minimum an Planungssicherheit**. Eine mögliche Lösung sind langfristige Abnahmeverträge mit stabilisierten Preisen.

Die wichtigste Anforderung an die Energiepolitik besteht also darin, den Privatsektor in die Lage zu versetzen, in lokal angepasste Technologien zu investieren und dadurch den Ausbau einer nachhaltigen Energieversorgung zu gewährleisten. Am besten wird dies erreicht, wenn mit möglichst geringen Verzerrungen ein sukzessiver Übergang zu regenerativen Energieträgern ermöglicht wird. Eine zunehmende Anzahl von Studien zeigt, dass Effizienzverbesserungen in fast allen Anwendungen auch in Entwicklungsländern<sup>16</sup> möglich sind. Die Kosten der Einsparungen liegen oft weit niedriger als für den Ausbau weiterer Kraftwerke (vgl. z.B. IIEC 1998a, 1998b). Effizienzsteigerungen sind jedoch überall dort wenig rentabel, wo die Energiepreise künstlich niedrig gehalten werden. Darüber hinaus müssen angepasste Energiespartechnologien vor Ort verfügbar gemacht werden.

Die Bereitstellung von **Biomasse** zur **Energiegewinnung** ist mit **Beschränkungen** versehen: Zum einen gibt es Nutzungskonflikte (wie etwa über den Einsatz von Land oder Arbeitskräften und um die Produkte selbst, z.B. Holz oder Zucker, aber auch Dung, agrarische Nebenprodukte oder Ernterückstände). Zum zweiten ist die Produktion von Risiken, Unwägbarkeiten und von Saisonalität gekennzeichnet. Biomasse ist als Energieträger weit weniger transportwürdig als Erdöl, Erdgas oder Kohle.

Die Planung und Verbesserung der Energieversorgung auf der Basis von Biomasse hat weitreichende Auswirkungen für die Armutsbekämpfung. Biomasse ist der wichtigste Energieträger gerade ärmerer Bevölkerungsschichten. Sie erhalten weniger Energieserviceleistungen von geringerer Qualität. Die **schlechte Versorgung mit Energie** wird als Ursache und Auswirkung von **Armut** und eine Verbesserung als eine wichtige Voraussetzung zu ihrer Überwindung bewertet. Die Kosten pro Energieeinheit liegen bei traditioneller Verwendung von Biomasse meist höher als bei modernen Energieträgern. Der Zugang zu modernen Energieträgern ist für ärmere Haushalte jedoch durch die hohen Initialkosten erschwert. Diesen anreizkompatibel zu verbessern ist zwar möglich, aber kompliziert (vgl. auch Kap. 5). In Form von Gas oder Strom hat Biomasse ein erhebliches Potenzial das Angebot moderner Energieträger zu verbessern. Dies sollte jedoch nicht auf Kosten der bisherigen Nutzer(innen) erfolgen.

---

<sup>16</sup> Für Entwicklungsländer wurde lange angezweifelt, dass Energiesparmassnahmen ökonomisch sinnvoll seien (vgl. z.B. de Villa 1993, Kap. 2).

Die Ausdehnung von Bioenergieträgern in Entwicklungsländern ist daher zwar wünschenswert und möglich, sollte jedoch:

- ökonomisch konkurrenzfähig zu alternativen Energieträgern sein,
- möglichst wenig Konkurrenz zu alternativen Nutzungen von Land, Wasser etc. aufweisen und
- die Energieversorgung der ärmeren Haushalte verbessern oder zumindest nicht verschlechtern.

### 6.2 Regionale Potenziale zur Ausdehnung von Bioenergieträgern

Die größten Potenziale zur Ausdehnung der Nutzung von Bioenergieträgern finden sich in **weniger dicht besiedelten Regionen mit ausreichenden Niederschlägen**. Hier sind im Prinzip alle Anwendungen von Bioenergie möglich. Zu beachten ist bei den einzelnen Maßnahmen, dass andere benötigte Produktionsfaktoren nicht limitiert werden. So sollte bei der Förderung von Biogasanlagen sichergestellt sein, dass genügend Ausgangsmaterial vorhanden ist und vor allem, dass dieses möglichst räumlich konzentriert anfällt. Des Weiteren muss ausreichend Wasser zur Verfügung stehen und eine Nutzungsmöglichkeit für die Gär-Rückstände bestehen. Bei größeren Projekten zur Gewinnung von Biotreibstoffen müssen vor Ort genügend Arbeitskräfte vorhanden sein, die bereit sind, in der Landwirtschaft zu arbeiten. Soll auf der Basis von Biomasse Elektrizität gewonnen werden, sollte das Ausgangsmaterial ebenfalls räumlich möglichst konzentriert anfallen und ein Anschluss ans Netz in geeigneter Entfernung vorhanden sein. Dieser zweite Aspekt trifft gleichermaßen für den Ausbau anderer regenerativer Energieträger wie Wind, Sonne oder Wasser zu.

Selbst für die **dichter besiedelten Regionen** Asiens wird geschätzt, dass noch erhebliche Potenziale zur Bioenergieproduktion bestehen. Einerseits können Agroforstsysteme weiter ausgedehnt werden, zumindest die Bepflanzung von Grenzen mit Bäumen<sup>17</sup>. Andererseits bietet die Rekultivierung degradierter Flächen mit Bäumen umfangreiche Möglichkeiten. Es wird geschätzt, dass 68% der für Energiezwecke verwendeten Biomasse aus Nicht-Forstflächen stammt, dieses Potenzial aber bei Weitem noch nicht erschöpft ist (FAO 1997: Kap. 4.2).

In den **semi-ariden Gebieten** kommt in erster Linie der Effizienzsteigerung im Verbrauch eine große Bedeutung zu. Wiederaufforstungs- bzw. Holzproduktionspotenziale sollten jedoch jeweils untersucht werden, da ihnen auch für den Erosionsschutz eine wichtige Rolle zukommen kann. Die Erfahrungen im Niger haben gezeigt, dass angepasstes Management

---

<sup>17</sup> Sogenannte Multipurpose trees, die z.B. als Futter, als Energieträger, zur Stickstofffixierung und zum Schattenspenden eingesetzt werden.

der heimischen Arten eine höhere und vor allem billigere Biomasseproduktion erlauben kann als der Anbau exotischer Arten, wie z.B. Eukalyptus, in Plantagen. Langfristig liegen die größten Potenziale in diesen Gebieten natürlich im Solarenergiebereich.

Eine Strategie, die sukzessive erlaubt, den Anteil der Bioenergieträger zu erhöhen, ist das *cofiring* von Biomasse mit fossilen Energieträgern. Insbesondere in **Regionen mit eigenen Gas- oder Ölvorkommen** sollten solche kombinierten Anwendungen richtungsweisend sein. Tabelle 10 fasst zusammen, welche Voraussetzungen bei den einzelnen Strategien zur Ausdehnung des Einsatzes von Bioenergie lokal notwendig sind.

**Tabelle 11: Regionale Voraussetzungen für unterschiedliche Bioenergie-Strategien**

<b>Strategie</b>	<b>Regionale Voraussetzungen</b>
Effizienzverbesserungen	Preisgefüge spiegelt tatsächliche Knappheiten wider, angemessene Technologien sind verfügbar
Ausweitung der Holzproduktion	Lokal angepasste Technologie, klare Regelung der Verfügungsrechte, um genügend Anreize für Investitionen zu schaffen
Biogasanlagen	Genügend Wasser, Rohmaterial räumlich konzentriert, Gär-Rückstände rentabel einsetzbar
Biotreibstoff-Gewinnung	Geringe Flächenkonkurrenz, genügend Arbeitskräfte vorhanden, möglichst weites Verhältnis aus gewonnener zu eingesetzter Energie, Entsorgung der Gär-Rückstände
Stromerzeugung	Netzanschluss oder lokale Abnahme gewährleistet, Preise mittelfristig einschätzbar.

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Eine interessante, aber komplizierte Frage ist die nach der angemessenen Technologiestufe, insbesondere in Regionen mit einem **sehr niedrigen Stand der volkswirtschaftlichen Entwicklung** und entsprechend begrenzter industrieller Kapazität. Einerseits bietet sich vielen Entwicklungsländern die Chance, jetzt bereits in hochmoderne Anlagen zu investieren und damit einen technologischen Sprung nach vorn zu machen, bei dem ein Effizienzniveau erreicht werden könnte, das zum Teil über dem der Industrieländer liegt<sup>18</sup>. Andererseits ist in diesen Ländern Kapital besonders limitierend, und es besteht gerade bei weniger entwickelten Ländern dann wenig Chance, die Technologieentwicklung im eigenen Land zu fördern. In dem Maße, wie kleinere Kraftwerke konkurrenzfähig werden, oft sogar die Investitionskosten pro erzeugte Energieeinheit geringer sind als bei zentralen Großkraftwerken, spricht viel für einen solchen technologischen Sprung. Keinesfalls sollte jedoch zu früh mit der Verbreitung noch nicht ausgereifter und genügend an die lokalen Bedingungen angepasster Technologien begonnen werden. Im gesamten Fragekomplex nach der optimalen Technologiewahl besteht deshalb noch erheblicher Forschungsbedarf.

Eine Gruppe von Ländern, die ***Small Islands Developing States (SIDS)***, befindet sich insofern in einer speziellen Lage, dass sie von Klimaveränderungen überproportional betroffen sind. In den internationalen Foren drängen sie daher auf Klimaschutzpolitik. Gleichzeitig sind sie selbst bisher in hohem Maße von importierten fossilen Energieträgern abhängig. Diese Importe

<sup>18</sup> Dieser Prozess wird auch als „technological leap frogging“ bezeichnet.

sind mit hohen Kosten verbunden und unterminieren auf die Dauer ihre politische Glaubwürdigkeit in internationalen Verhandlungen. Zahlreiche SIDS sind daher aktiv bemüht, den Anteil regenerativer Energien spürbar zu erhöhen. Im Hinblick auf regenerative Energien bieten die Inseln auch ein besonderes Anwendungspotenzial. Auf Grund des vergleichsweise geringen Verbrauchs haben die meisten Elektrizitätsversorgungssysteme von Inseln auch bisher nicht die Skalenerträge fossiler Energieträger ausnutzen können. Dadurch sind hier regenerative Energieträger eher konkurrenzfähig als in größeren Systemen. Es gibt bislang viele Kleinprojekte im Bereich regenerativer Energieträger, vor allem für Solarenergie (Photovoltaik oder zur Warmwasserbereitung), Windgeneratoren, Gezeitenkraftwerke und für den Einsatz von Biomasse, insbesondere zur Stromerzeugung. Bioenergie wird z.B. auf Mauritius in relativ großem Stil genutzt. Dort sind inzwischen alle Zuckerfabriken mit Bagassekraftwerken, bzw. kombinierten Kohle-Bagassekraftwerken ausgestattet, und die Bioenergieträger deckten im Jahr 2000 20% des gesamten Elektrizitätsbedarfs (vgl. Hebrard 1999).

## 7 Empfehlungen

---

Auf der Basis der ausgewerteten Projekterfahrungen, der Literatur und insbesondere der Expertengespräche werden hier Empfehlungen abgeleitet, wie die unterschiedlichen Hemmnisse bei der Implementierung von Energieprojekten des „Clean Development Mechanism“ überwunden werden können. Dabei werden zunächst Empfehlungen zur allgemeinen Konzeption von Fördermaßnahmen abgeleitet. In den folgenden Abschnitten werden Empfehlungen auf drei verschiedenen Ebenen gemacht: Allgemeine Fördermöglichkeiten, die auch international umgesetzt werden können, Empfehlungen für die Energiesektorpolitik, sowie Empfehlungen für Förderprojekte im Energiebereich im Rahmen des Clean Development Mechanisms.

### 7.1 Empfehlungen für die Konzeption

Für die Konzeption von Maßnahmen im Bioenergiebereich lassen sich drei allgemeine Empfehlungen ableiten: Mehr Nutzerorientierung, die Systembetrachtung des Energiesektors, einschließlich einer sowohl regional wie auch im Zeitablauf differenzierten Planung, und schließlich die Ausrichtung auf katalysierende Maßnahmen.

Mehr **Nutzer(innen)orientierung**<sup>19</sup> impliziert die Suche nach der Lösung eines konkreten Anwendungsproblems statt nach technisch akzeptablen Maßnahmen: Wichtig ist ein Wechsel des Ausgangspunktes der Betrachtung. Ziel sollte nicht der Einsatz energiesparender Technologien oder die technische Lösung eines Energiesparproblems sein, sondern eine möglichst energieeffiziente Lösung eines konkreten Anwendungsproblems. Der große Unterschied besteht darin, dass im ersten Fall eine bestimmte Technik oder Technologie den Ausgangspunkt der Betrachtung darstellt. Aspekte wie Benutzerfreundlichkeit, manchmal sogar Funktionalität, rücken in den Hintergrund. Im zweiten Fall hingegen liegt der Ausgangspunkt der Betrachtung in der konkreten Anwendung aus Sicht der Anwender(innen) und darauf aufbauend kann unter allen möglichen technischen Lösungen die effizienteste ausgesucht werden (Vgl. auch Grupp 1996). Welche grundsätzlichen Anforderungen eine Innovation erfüllen muss, um für die Anwender(innen) attraktiv zu erscheinen, lässt sich aus den in Kapitel 2 dargestellten Variablen ableiten, die aus der Diffusionsforschung stammen. Welche Anforderungen entscheidend sind, sollte im konkreten Einzelfall ermittelt werden.

---

<sup>19</sup> Die umständliche geschlechtsneutrale Schreibweise wird gewählt, um immer wieder daran zu erinnern, dass gerade von Maßnahmen im Energiesektor oftmals Frauen betroffen sind.

Für die Ausgestaltung von CDM-Maßnahmen bedeutet dies, dass nur solche Maßnahmen, die für die Anwender(innen) attraktiv sind, Aussichten auf Erfolg haben, auch im Hinblick auf die Einsparung von CO<sub>2</sub>.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die **Systembetrachtung des Energiesektors**. Energieträger sind in hohem Maße austauschbar - jegliche Preisveränderung eines Energieträgers führt zu Veränderungen des Gesamtgefüges. Die Systembetrachtung impliziert, dass **alle Optionen** bei der Lösung eines Energieproblems **einbezogen**, und die Rückwirkungen auf andere Energieträger berücksichtigt werden müssen. Darüber hinaus ist eine Stufenplanung sinnvoll. Wichtig ist es, die Trends für die mittel- und langfristige Planung zu berücksichtigen. Konkret heißt dies, Technologien auszuwählen, die sich an die zukünftigen Veränderungen anpassen können. Dieses Argument gilt gleichermaßen bei der Ausgestaltung des institutionellen Kontexts. Dieser sollte Planungssicherheit garantieren, um eine mittel- und langfristige, aber flexible Planung der einzelnen Unternehmen und Haushalte zu ermöglichen. Zu betonen ist, dass angesichts des enormen Gesamtbedarfs an umweltfreundlicher Energie einzelne **Projekte nur katalysierende Funktion** haben können. Die Anpassung des politisch-institutionellen Rahmens ist der wichtigste Faktor. Erreicht werden muss ein sich selbst tragender Diffusions- und Innovationsprozess, der eine an den jeweiligen Bedürfnissen und Präferenzen ausgerichtete Technologie voraussetzt, wie sie (nur) durch partizipative Technologieentwicklung erreicht werden kann (vgl. Cabraal 2000).

## 7.2 Allgemeine Fördermöglichkeiten

Allgemeine Fördermöglichkeiten im Bereich regenerativer Energien sowie speziell zu Bioenergieträgern ergeben sich in den Bereichen Informationszugang, Technologieentwicklung und Ausbildungsverbesserung.

### Informationszugang

Eine Hauptrestriktion für den Einsatz neuer Technologien im Energiebereich ist der Mangel an Informationen bei den potentiellen Nutzern bzw. Unternehmen, die im Energiebereich investieren könnten. Mit dem Ziel, den Informationsaustausch zu fördern, gibt es bereits unterschiedliche **Informationsnetzwerke**: z.B. das RWEDPA (Regional Wood Energy Development Programme in Asia) in Süd- und Südostasien, das Latin America Dendroenergy Network in Lateinamerika, die beide u.a. von der FAO unterstützt werden (Lamb 1994 und FAO 1997). Zu nennen sind weiterhin AFREPREN, ein afrikanischer Zusammenschluss, um Vertreter(innen) aus Politik, Energiebereitstellung und Wissenschaft zusammenzubringen, der durch die schwedische Entwicklungshilfeorganisation SIDA unterstützt wird, sowie eine Vielzahl von Internetseiten (Hvelplund/Worrell 1999). Die GTZ bietet Informationsaustausch zu regenerativen Energiequellen über das Programm GATE an, wobei versucht wird, auch den

Austausch zwischen verschiedenen Organisationen in den Entwicklungsländern selbst zu fördern. 1991 wurde in Indien die International Energy Initiative gegründet, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, die Informationsverbreitung und den Austausch insbesondere auch über handlungsorientierte Projekte durchzuführen (IEI vgl. Goldemberg/Macedo 1996: S. 46). Eine weitere wichtige Informationsplattform sind die verschiedenen Energieprogramme der Weltbank.

Auch im Rahmen der Klimakonvention werden neue Institutionen zum Informationsaustausch geschaffen. Auf der siebten Vertragsstaatenkonferenz der Klimakonvention in Marrakesch (COP7) wurde eine Expertengruppe gebildet, die die Entwicklung eines Technologie-Informationssystems voranbringen und Technologiebedarfs-Erhebungen in Entwicklungsländern durchführen soll.

Institutionen, die den Informationsaustausch fördern wollen, sind also in vielen Bereichen bereits vorhanden bzw. werden zurzeit neu geschaffen. Wichtig erscheint jedoch, dass diese Institutionen in stärkerem Maße auf eine nutzerorientierte, nachhaltige Energieversorgung drängen und sich für eine entsprechende Berücksichtigung auf der internationalen und nationalen Agenda einsetzen. Auch sollten wesentlich mehr Studien und Untersuchungen im Energiebereich durchgeführt werden. So kommt etwa ein SIDA-Gutachten für AFREPREN zu dem Schluss, dass weiterhin großer Forschungsbedarf für die Implementierung von Energieprojekten besteht. Es fehlen insbesondere vergleichende Studien zur Nachfrage nach Energie und zu geeigneten Ansätzen, Nutzer(innen) in den Planungsprozess mit einzubeziehen (Hvelplund/ Worrell 1999).

### Technologieentwicklung

In Bezug auf die **Technologieentwicklung** gibt es unterschiedliche Vorschläge, wie diese international gefördert werden kann. Manche Autoren führen an, dass für viele regenerative Technologien grundlegende Forschung gemeinsam durchgeführt werden sollte, etwa in einer entsprechenden Internationalen Agentur. Aufbau und Finanzierung könnten vergleichbar mit der Internationalen Atomagentur bzw. mit den Internationalen Agrarforschungszentren sein. Ein anderer Vorschlag sieht sogenannte *Regional Centers of Excellence* vor. In den einzelnen Ländern und Lokalitäten müssten die Technologien dann nur noch gemeinsam mit den Nutzer(inne)n an die jeweiligen lokalen Bedingungen angepasst werden. Mittels solcher Zentren lässt sich Forschungserfahrung gut bündeln, und junge Forscher aus verschiedenen Ländern können sich, unter erfahrener Anleitung, auf den Aufbau entsprechender Forschungskapazitäten in ihren jeweiligen Ländern vorbereiten. Wichtig wäre hierbei, dass die Anwendungsorientierung im Mittelpunkt steht, da diese Ausbildungskomponente sonst kontraproduktiv wirkt.

### Ausbildung

Forschungszentren und Universitäten leisten einen wesentlichen Beitrag zur Ausbildung von Forschern. Insbesondere aus der agrar- und forstwirtschaftlichen Forschung können

wissenschaftliche Erkenntnisse zur Kostensenkung bei der Energieerzeugung aus Biomasse erwartet werden. Das Energienutzungspotenzial sollte dazu als eine Variable mit in neue Programme für Forschung und wissenschaftliche Ausbildung eingehen. Darüber hinaus scheint es auch vielversprechend, in Entwicklungsländern die Ausbildung der Berater und der Bevölkerung im Hinblick auf die Bioenergie zu verbessern. Entsprechende Curricula können international entwickelt und verbreitet und in den einzelnen Ländern jeweils angepasst werden. Ebenfalls international gefördert werden könnte die Integration von Inhalten über eine nachhaltige Energieversorgung und über Möglichkeiten zur Steigerung der Effizienz bei den Nutzer(inne)n in die Grundschulbildung.

Ein sehr weitgehender allgemeiner Vorschlag bezieht sich auf die weitere Ausgestaltung der CO<sub>2</sub>-Kontingente in der Klimakonvention. Einige Nichtregierungsorganisationen fordern globale, jeweils gleich hohe, handelbare Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Kontingente. Davon erhofft man sich die Schaffung kaufkräftiger Nachfrage in den Entwicklungsländern unter anderem auch für regenerative Energien. Wenn dieser Vorschlag auch nicht durchsetzbar erscheint, zeigt er doch auf, wie weitreichend das Spektrum von Maßnahmen sein kann.

### 7.3 Politische Rahmenbedingungen in Entwicklungsländern

Neben der Umsetzung der oben genannten allgemeinen Fördermaßnahmen im jeweiligen Land kann die nationale Energiepolitik, selbst ohne umfangreiche staatliche Investitionen, entscheidende Impulse setzen. Im Folgenden werden Politikmaßnahmen<sup>20</sup> aufgezeigt, die zur Ausdehnung von Bioenergieträgern in Entwicklungsländern beitragen können. Unterstellt wird, dass mit der Energiepolitik die folgenden Ziele verfolgt werden:

- Die Nachhaltigkeit der Energieversorgung zu erhöhen.
- Den Zugang ärmerer Haushalte zu ermöglichen.
- Die Energieversorgung im ländlichen Raum zu verbessern.

Zur Erreichung dieser Ziele muss die **Wettbewerbsfähigkeit** regenerativer Energieträger **erhöht** werden. Sollten durch entsprechende Subventionen oder Zölle Preisverzerrungen zugunsten fossiler Energieträger bestehen, trägt ein Abbau dieser Förderung dazu bei, die Benachteiligung insbesondere auch moderner Anwendungen von Bioenergie zu reduzieren. Gleichermaßen können Externalitäten, v. a. Umweltkosten fossiler Energieträger, internalisiert werden, indem z.B. entsprechende Filter vorgeschrieben oder Steuern zur Deckung der entstehenden Kosten erhoben werden. Wichtig ist, dass der Abbau der Subventionen mit einer Verbesserung der Qualität des Service einhergeht. Wie in Kapitel 6 gezeigt wurde, ist davon

---

<sup>20</sup> Die Maßnahmen beziehen sich auf nationale Umsetzungen; diese lassen sich durch spezielle Projekte der Entwicklungszusammenarbeit entsprechend unterstützen. Es ist anzunehmen, dass die meisten Maßnahmen nicht in den Rahmen des Clean Development Mechanism fallen, jedoch komplementär zu diesem sinnvoll bzw. erforderlich werden könnten.

auszugehen, dass kostendeckende Energiepreise zu einer besseren Kapitalausstattung der Energieanbieter führen. Dieses Kapital kann zum einen zum Ausbau des Versorgungsnetzes beitragen und ermöglicht zum anderen auch eine Erhöhung der Qualität durch verbesserte Wartung und Reparatur. Durch einen Ausbau der Versorgungsnetze verbessert sich der Zugang insbesondere ärmerer Haushalte zu modernen Energieträgern. Durch die höheren Energiepreise lohnt sich auch die Investition in energiesparende Technologien, wie Sparlampen, effizientere Haushaltsgeräte etc. in weit höherem Maße.

Eine weitere **Ausdehnung des Energieangebotes** kann erreicht werden, indem private Anbieter von Energie Zugang zu den bestehenden Netzen erhalten. Wichtig ist hier, zu berücksichtigen, dass Investitionen in Kraftwerke, gleich welcher Art, mit hohen spezifischen Kosten verbunden sind. Solche Investitionen werden also nur erfolgen, wenn ein Minimum an Absatzsicherheit besteht. Maßnahmen, die Anreize zu privater Investition bieten, sind z.B. Abnahmeverträge über mehrere Jahre oder kompetitiv ausgeschriebene Konzessionen für bestimmte Regionen, die ebenfalls für einige Jahre abgesichert sind. Unerlässlich dürfte in diesem Zusammenhang auch die Schaffung oder Förderung der Kapitalmärkte sein.

Die Wettbewerbsfähigkeit regenerativer Energien kann darüber hinaus explizit gefördert werden, etwa indem eine **Mindestquote** an Strom aus regenerativen Energien vorgeschrieben wird. Das Instrument einer Quote hat gegenüber garantierten, erhöhten Abnahmepreisen den Vorteil, dass die regenerativen Energieträger untereinander konkurrieren und der technische Fortschritt gefördert wird. In dem Maße, wie diese Technologien kostengünstiger angeboten werden, kann durch eine Erhöhung der Quote auch der Anteil regenerativer Energieträger erhöht werden, ohne dass die Kosten der Energieversorgung sprunghaft ansteigen.

Alle genannten Maßnahmen können gleichermaßen für noch nicht an ein Versorgungsnetz angeschlossene Regionen umgesetzt werden. Die Kosten werden in diesen Regionen zunächst höher liegen als in den bereits erschlossenen Gebieten, mit der Folge, dass Subventionen erforderlich sein können. Der Erfolg dieser **Subventionen** kann maximiert werden, indem sie für die **Erschließungskosten** verwendet werden und möglichst viele Anbieter um die Subvention konkurrieren. Außerdem sollten die Abnehmer(innen) sowohl am Entscheidungsprozess, insbesondere der Technologiewahl, als auch an der Finanzierung der Maßnahme beteiligt werden.

Die Energiepolitik kann insgesamt dazu beitragen, dass die unter Abschnitt 7.1 genannten Prinzipien stärkere Beachtung finden, indem bei der Ausschreibung von Projekten im Energiebereich entsprechende Auflagen gemacht werden. Verlangt werden kann die explizite empirische Erfassung der jeweiligen Nachfrage nach Energieserviceleistungen, die Auflage, unterschiedliche technische Optionen in der Planung zu berücksichtigen und die **aktive Beteiligung der Nutzer(innen)** bei der Technologiewahl.

Die Einführung und Überwachung von **angemessenen Qualitätsstandards** kann dazu beitragen, die Kosten der Energieversorgung zu senken. Qualitätsstandards sollten an den tatsächlichen Bedarf angepasst sein, da zu hohe Ansprüche die Kosten unnötig erhöhen, zu niedrige das Risiko von Fehlinvestitionen durch nicht funktionierende Technik in sich bergen.

Neben der Förderung der Kapitalmärkte für Unternehmer kann der Staat entweder selbst **Finanzierungsmöglichkeiten** für die Endverbraucher(innen) schaffen, oder Anreize kreieren, die es anderen Institutionen ermöglichen, Kredite zur Verbesserung der Energieversorgung anzubieten (vgl. Box 3, Abschnitt 4.1.2.1).

Bioenergieträger speziell können von einer **verstärkten Abstimmung** der **Energie-** mit der **Forst-** bzw. **Landwirtschaftspolitik** profitieren. Die Energienutzung sollte deshalb gezielt in Forschung und Beratung mit einbezogen werden. Staatlicherseits unterstützt werden kann auch die Erfassung der bereits existierenden Potenziale für eine optimale Nutzung von Nebenprodukten für die Energiebereitstellung und die gezielte Schaffung bzw. Förderung von Märkten für Biomasse. Eine der wichtigsten Voraussetzung für die Erhöhung des Angebots an Bioenergieträgern, insbesondere aus nachhaltiger Produktion, ist die klare Definition und Absicherung von Nutzungsrechten (vgl. Abschnitt 4.1.2.2).

### 7.4 Empfehlungen für Projekte

Hier sollen keine grundsätzlichen Empfehlungen zur Projektplanung gegeben werden; zu diesem Zweck wird auf die bei Entwicklungsprojekten verwendeten Planungsverfahren verwiesen, wie z.B. das von der GTZ verwendete *Project Cycle Management*. Vielmehr sollen noch einmal einige wichtige Aspekte hervorgehoben werden, die die **Erfolgschancen von Förderprojekten** im Energiebereich erhöhen dürften. Die wichtigste Empfehlung ist, dass die vorgeschlagenen Energieoptionen **aus Sicht der Nutzer(innen) attraktiv** sein müssen. Diese Attraktivität darf nicht nur zu Beginn der Maßnahme bestehen, da die Einführung eventuell durch Subventionen unterstützt wird, sondern muss langfristig zutreffen. Was bei der Ausgestaltung des Innovationsangebots im Einzelnen zu beachten ist, folgt aus der in Kapitel 2 vorgestellten Diffusionstheorie.

Die eingehende **Analyse** des **politisch-institutionellen Kontexts** ist ebenfalls unerlässlich. Wie oben gezeigt wurde, sind die politischen Rahmenbedingungen von entscheidender Bedeutung für den Erfolg des Projektes und liegen meist außerhalb dessen Einflussbereichs. Nur wenn davon ausgegangen werden kann, dass die Institutionen des Landes bzw. einer Region eine ökonomisch und ökologisch kompatible Verbesserung der Energieversorgung ermöglichen, hat ein Projekt überhaupt Chancen auf Erfolg.

Eine Untersuchung der Nachfrage im Projektgebiet und die Ermittlung des Anwendungspotenzials unterschiedlicher Energieträger können entscheidend dazu beitragen,

Fehlschläge auf Grund unangemessener Technologie zu vermeiden. Geeignete Verfahren zur Verbreitung von Informationen über die unterschiedlichen Optionen sind eine Voraussetzung dafür, dass die **Technologie(n)auswahl** in enger Zusammenarbeit mit den Nutzer(inne)n erfolgen kann. Gerade für die Verbesserung der Energieversorgung auf dem Land ergeben sich zunehmend Nischen für den Einsatz der neuen Kleinkraftwerke. Derartige Kraftwerke können vorteilhaft genutzt werden, wenn sie den lokalen Bedürfnissen und Anforderungen gerecht werden. Dies kann am besten durch eine die Nutzer(innen) einbeziehende, partizipative Anpassung der zu verbreitenden Technologien erreicht werden. Angepasst werden muss in mindestens dreierlei Hinsicht:

- Erstens ökonomisch, denn die Energienutzung muss kostengünstig sein.
- Zweitens sozio-kulturell, d.h. etwa, die Technologie sollte anwendungsfreundlich sein und im Idealfall auch noch eine Erhöhung des Sozialprestiges ermöglichen.
- Drittens ökologisch, beispielsweise sollten Gesundheits- und Umweltbelastungen im Idealfall geringer sein als bei der zu ersetzenden Technologie.

Zur Überwindung der Saisonalität und weiteren Unsicherheiten hinsichtlich der Lieferung kann Biomasse mit fossilen Energieträgern kombiniert werden. Dies gilt sowohl für Kraftwerke als auch im gewerblichen Bereich.

Einen erheblichen Anteil der Projektarbeit wird die **Unterstützung des Verbreitungsprozesses** einnehmen. Dabei ist ein ausreichender Zeithorizont von Bedeutung, damit ein genügend großer Beitrag von vornherein durch private Anbieter und über den Markt abgewickelt werden kann. Der Verbreitungsprozess besteht darin, die lokal angepasste Technologie verfügbar zu machen. Dazu dienen Maßnahmen zur Unterstützung des Auf- bzw. Ausbaus eines Produktions- und Vertriebssystems, eventuell auch zur Alphabetisierung und zur Verbesserung der technischen sowie der kaufmännischen Kenntnisse der Anbieter. Ebenso ist von Bedeutung, die Wartung und Reparatur sicherzustellen, den Zugang zu Kredit zu schaffen, sowie ärmeren Haushalten den Zugang zu den neuen Technologien zu ermöglichen.

Die Umsetzung und Implementierung von **Projekten im Rahmen des CDM** wird sich von bisherigen Projekten im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit unterscheiden, da sie zusätzliche Auflagen erfüllen müssen, um die gewünschte Zertifizierung der CO<sub>2</sub> Einsparung zu erhalten. Die genaue Ausgestaltung der erforderlichen administrativen Abläufe steht zum Zeitpunkt der Abfassung dieser Studie jedoch noch aus. Um zu vermeiden, dass aus diesen zusätzlichen Auflagen neue Umsetzungsrestriktionen entstehen, erscheint es wichtig, dass die Projektträger im Inland genügend über die Ziele und Auflagen des CDM informiert werden. Ein Tatbestand, der in der ersten Erprobung des Verfahrens unter *Activities Implemented Jointly* nach Analyse von Beuermann et al. (2000) nicht immer gegeben war.

Weiterhin ist davon auszugehen, dass im Rahmen des CDM zunehmend neue Akteure und Investoren im Energiesektor der Entwicklungsländer aktiv werden. Die Zahl der Fehlinvestitionen könnte niedrig gehalten werden, wenn potenzielle Investoren sich einen leichteren Überblick verschaffen könnten, welche Art von Maßnahmen unter welchen Rahmenbedingungen erfolgreich umsetzbar sind. Insbesondere hinsichtlich der Frage, wie Energiemärkte unter den sich ändernden technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen beschaffen sein müssen, um ein optimales Funktionieren zu gewährleisten, besteht weiterhin erheblicher Forschungsbedarf. Um Fehlschläge zu vermeiden, sollte bei der praktischen Implementierung außerdem sichergestellt werden, dass die Projektträger die umfangreichen **Erfahrungen** aus über 40 Jahren **Entwicklungszusammenarbeit** nutzen können.

## Literaturverzeichnis

---

- Abbott, Vivienne, 1999: *Summary of Review Study on: Dissemination and Commercialisation of Rural Stoves*, GTZ Frankfurt/Wuppertal.
- Alam, Manzoor/Sathaye, Jayant/Barnes, Douglas, 1998: Urban Household Energy Use in India: Efficiency and Policy Implications. In: *Energy Policy*, Vol. 26(11), S. 885-891.
- Ali, Gaafar El Faki, 1994: *Studies on Consumption of Forest Products in the Sudan. Woodfuel Consumption in the Household Sector*, Khartoum.
- Amoo-Gottfried, K./Hall, D. O., 1999: A Biomass Energy Flow Chart for Sierra Leone. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 16, Amsterdam, S. 361-376.
- Anderson, Dennis: 1996: Energy and the Environment: Technical and Economic Possibilities. In: *Finance and Development*, Vol. 33, No. 2.
- ARTS/FARA, 1992: *Conserving Biomass Energy in Sub-Saharan Africa: An Assessment of Experience*, Washington D. C.
- Barbier, Edward, 1997: The Economic Determinants of Land Degradation in Developing Countries. In: *The Royal Society*, No. 352, S. 891-899.
- Barnes, Douglas /Floor, Willem, 1999: Biomass Energy and the Poor in the Developing World In: *Journal of International Affairs*, Vol. 53(1), New York, S. 237-259.
- Barnes, Douglas /Openshaw, Keith/Smith, Kirk/van der Plas, Robert, 1994: What Makes People Cook with Improved Biomass Stoves?. A Comparative International Review of Stove Programs. In: *World Bank Technical Paper Energy Series*, No., 242, Washington D.C.
- Barnes, D./Openshaw, K./Smith, K./van der Plas, R., 1993: The Design and Diffusion of Improved Cooking Stoves. In: *The World Bank Research Observer*, Vol. 8(2), S. 120-141.
- Beuermann, Christiane/Langrock, Thomas/Ott, Dr. Hermann E., 2000: *Evaluation of (non-sink) AIJ-Projects in Developing Countries (Ensadec)*, GTZ Frankfurt/Wuppertal.
- Bhagavan, M. R./Griappa, S., 1995: Biomass, Energy and Economic and Natural Resource Differentiation in Rural Southern India. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 8 (3), S. 181 – 190.
- BMZ, o. Jahr: Renewable Sources of Energy. In: <http://www.gtz.de/uvp/publika/English/vol224.htm>. *Environmental Handbook, Volume II: Agriculture, mining/energy, trade/industry*.
- BMZ, 1999: Erneuerbare Energien für nachhaltige Entwicklung und Klimaschutz. In: *Materialien*, Nr. 100, Bonn.

- BMZ/GTZ, 1997: Energie in der deutschen Entwicklungszusammenarbeit. In: *Materialien*, Nr. 96, Bonn.
- Braunbeck, O./Bauen, A./Rosillo-Calle, F./Cortez, L., 1999: Prospects for Green Cane Harvesting and Cane Residue Use in Brazil. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol.17, Amsterdam, S. 495-506.
- Brown, Sandra, 1997: Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer. In: *FAO Forestry Paper*, No. 134, Rome.
- Brandes, W./Recke, G./Berger, T., 1997: *Produktions- und Umweltökonomik – traditionelle und moderne Konzepte*. Stuttgart.
- Cabraal, Anil, 2000: *Alternative Energy: From Mainstreaming to Scaling Up Impact, Expertengespräch*, 2000
- Chidumayo, Emmanuel N., 1997: Woodfuel and Deforestation in Southern Africa - a Misconceived Association. In: *Renewable Energy for Development*, Vol. 10(2), Stockholm.
- Cornland, Deborah, 1997: Alcohol Fuels for Environment - A Viable Alternative in Developing Countries? In: *Renewable Energy for Development*, Vol. 10(3), Stockholm.
- De la Torre Ugarte, D./Ray, D., 2000: Biomass and Bioenergy Applications of the POLYSYS Modeling Framework. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 18, Amsterdam, S. 291-308.
- De Villa, Jill Gale, 1993: *Energy End Use*, Manila.
- Dutt, Gautam/Ravindranath, N. H., 1994: Bioenergy Alternatives for Cooking. In: De Villa, Jill Gale (Ed.): *Energy End Use*, Manila.
- EC (Europäische Commission) & UNDP, 1999: *Energy As a Tool for Sustainable Development für African, Caribbean and Pacific Countries*. Brüssel.
- Faaij, A. et al., 1997: Gasification of Biomass Wastes and Residues for Electricity Production. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 12(6), Amsterdam, S. 387-407.
- FAO, 1997: Regional Study on Wood Energy Today and Tomorrow in Asia. In: *APFSOS Working Paper*, No. 34, Rome, Bangkok.
- FAO, 1995: Report of the Regional Expert Consultation on Gender and Wood Energy in Asia. Chiang Mai, Thailand, 28 – 30.06.1995. In: *RWEDP Report*, No. 22, Bangkok.
- Foley, G. et al., 1997: *The Niger Household Energy Project*, World Bank Technical Paper No. 362, Washington D. C.
- Gabra, Muhammad, 1995: Sugarcane Residual Fuels - a Viable Substitute for Fossil Fuels in the Tanzanian Sugar Industry. In: *Renewable Energy for Development*, Vol. 8(2), Stockholm.
- Giampietro, M./Ulgiati, S./Pimentel, D., 1997: Feasibility of Large-Scale Biofuel Production. Does an Enlargement of Scale Change the Picture? In: *BioScience*, Vol. 47(9), S. 587–599.

- Goldemberg, J./Macedo, I., 1996: Brazilian Alcohol Program: An Overview. In: IIEC (Ed.): *Examples in Action. Sustainable Energy Experiences in Developing and Transition Countries*, S. 40-46.
- Grupp, Michael, 1996: Solar Cookers. They're Better than their Reputation! In: *Gate Magazine*, No. 2.
- GTZ, 2000a: *PPP im Infrastrukturbereich: Wasser, Energie, Transport*, Eschborn.
- GTZ, 2000b : *Promotion d'Artisans dans le Cadre du Projet Foyers Améliorés de la GTZ au Mali (1988 – 1999)*, Bamako. Projektevaluierung.
- GTZ (a): *Biogas Cost and Benefits/Benefits and Impacts of Biogas Technology. Improvement of Sanitary and Health Conditions*. In: <http://gate.gtz.de/biogas/costben/impact.html>.
- GTZ (b): *Biogas Cost and Benefits/Macroeconomic Evaluation*. In: <http://gate.gtz.de/biogas/costben/macroecon.html>.
- GTZ (c): *Biogas Cost and Benefits/the Benefits For Biogas Users*. In: <http://gate.gtz.de/biogas/costben/benefit.html>.
- GTZ (d): *Biogas Country Report/Biogas Technology in Tanzania*, in: <http://gate.gtz.de/biogas/reports/tansania.html>.
- GTZ (e): *Biogas Country Report/Biogas Technology in Orissa/India*. In: <http://gate.gtz.de/biogas/reports/orissa.html>.
- GTZ (f): *Biogas Country Report/Biogas Technology in India*. In: <http://gate.gtz.de/biogas/reports/india.html>.
- GTZ (g): *Biogas Country Report/Biogas Technology in Nepal*. In: <http://gate.gtz.de/biogas/reports/nepal.html>.
- GTZ (h): *Biogas Country Report/Biogas Technology in the Ivory Coast*. In: <http://gate.gtz.de/biogas/reports/ivory.html>.
- GTZ (i): *Biogas Country Report/Biogas Technology in Burundi*. In: <http://gate.gtz.de/biogas/reports/tunisia.html>.
- GTZ (j): *Biogas Country Report/Biogas Technology in Morocco*. In: <http://gate.gtz.de/biogas/reports/morocco.html>.
- Hall, D. O., 1991: *Biomass Energy*, in: *Energy Policy*, Oct. 1991, S. 711-737.
- Hanegraaf, M. /Biewinga, E./Van der Bijl, G., 1998: Assessing the Ecological and Economic Sustainability of Energy Crops. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 15, Amsterdam, S. 345-355.
- Hebrard, L., 1999: Renewable Energy in Mauritius. In: *Proceedings from Global Conference on Renewable Energy Islands*, organized by Forum for Energy and Development FED, Aéro.

- Hektor, Bo, 2000: Planning Models for Bioenergy: Some General Observations and Comments. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 18, Amsterdam, S. 279-282.
- Hemstock, S. L./Hall, D. O., 1995: Biomass Energy Flows in Zimbabwe. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 8(3), Amsterdam, S. 151-173.
- Hosier, R. H./Kipondya, W., 1993: Urban Household Energy Use in Tanzania. In: *Energy Policy*, May 1993, S. 454 – 473.
- Howes, M./Endagama, P., 1995: *Farmers, Forests and Fuel. Towards a new biomass energy strategy in Sri Lanka*, London.
- Hvelplund, Frede/Worrell, Ernst, 1998: *Sida-Supported Programme within the African Energy Policy Research Network, AFREPREN*, Sida Evaluation 99/5, Stockholm.
- IIEC, 1998a: *Renewable IPPs for Southeast Asia. Final Report*, Bangkok.
- IIEC, 1998b: *The Market for Energy Efficiency Technology and Services in the Philippines*, Washington D. C.
- Intarangi, A./Kiatpakdee, W., 2000: *The Experience on Biogas Technology in Thailand: From Development to Delivery*. Vortrag auf der Expo 2000 Global Dialogue: The Role of the Village in the 21<sup>st</sup> Century: Crops, Jobs and Livelihood. ZEF Bonn.
- Izaguirre, Ada, 1998: Private Participation in the Electricity Sector-Recent Trends. In: *Public Policy for the Private Sector*, Note 154, World Bank Group, Washington D.C.
- Karottki, Rene/Olesen, Gunnar Boye: *Biogas in India: A Sustainable Energy Success Story*. In: <http://www.ecouncil.ac.cr/rio/focus/report/english/inforse.htm>.
- Kauzeni, A./Masao, H./Sae, E./Shechambo, F./Ellegard, A., 1998: *Bioenergy Options. Multi-disciplinary Participatory Method for Assessing Bioenergy Options for Rural Villages in Tanzania*, Stockholm.
- Kench, B., 2000: *Physical or Financial Transmission Rights? An Experimental Study for Electric Power Transmission Institutions*. Vortrag auf der 4. Jahrestagung der Internationalen Gesellschaft für Neue-Institutionen-Ökonomie, ISNIE, Tübingen.
- Khuller, A., 1999: Cogeneration on the Indian Sugar Industry. In: *Renewable Energy for Development*, Vol. 11(1), Stockholm, S. 5-10.
- Kjellström, Björn/Arvidson, Anders, 1996: Large-Scale Biomass Energy Technologies: The Swedish Experience and its Relevance to Africa. In: *Renewable Energy for Development*, Vol. 9, No. 3/4, Stockholm.
- Kuhlmann, E., 1988: Energiesparverhalten privater Haushalte: Bestimmungsgrößen und Beeinflussungstechniken. In: *Torniepoth* 1988, S. 35-37.
- Lamb, Robert, 1995: *Forests, Fuel and the Future – Wood Energy for Sustainable Development - Forestry Topics Report No. 5*. In: <http://www.fao.org/docrep/V9728E/V9728E00htm#Contents>, FAO Forestry Department, Rome.

- Landes, D.S., 1983: *Der entfesselte Prometheus. Technologischer Wandel und industrielle Entwicklung in Westeuropa von 1750 bis zur Gegenwart*, München.
- Larson, E./Worrell, E./Chen, J., 1996: Clean Fuels from Municipal Solid Waste for Fuel Cell Buses in Metropolitan Areas. In: *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 17, S. 273-298.
- Leach, M./Fairhead, J., 1999: Challenging Environmental Orthodoxies: The Case of West African Deforestation. In: *Renewable Energy for Development*, Vol. 11(1), Stockholm, S. 1.
- Lin, Dai, 1998: The Development and Prospective of Bioenergy Technology in China In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 15: 2, Amsterdam, S. 181-186.
- Masera, O./Saatkamp, B./Kammen, M., 2000: From Linear Fuel Switching to Multiple Cooking Strategies: A Critique and Alternative to the Energy Ladder Model. In: *World Development*, Vol. 28(12), S. 2083-2103.
- Marchaim, Uri, 1992: *Biogas Processes for Sustainable Development, Rome* (<http://www.fao.org/docrep/T0541E/T0541E00.htm>).
- Mellqvist, F./Palm, L., 1996: Co-generation of Power and Heat from Sawmills in Zimbabwe. In: *Renewable Energy for Development*, Vol. 9, No. 3/4, Stockholm.
- Mitchell, C. P., 2000: Development of Decision Support Systems for Bioenergy Applications. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 18, Amsterdam, S. 265-278.
- Miyamoto, Kazuhisa, 1997: Renewable Biological Systems for Alternative Sustainable Energy Production. In: *FAO Agricultural Services Bulletin*, No. 128.
- Nii, Ji-Qin/Nyns, Edmond-Jaques, 1996: New Concept for the Evaluation of Rural Biogas Management in Developing Countries. In: *Energy Conversation Management*, Vol. 37(10), S. 1525-1534.
- Office of Environment/United States Agency for International Development, 1993: *Project Assistance Completion Report. Renewable Energy Field Testing*, Project No. 263-0123.2, Cairo.
- Qaim, M., 1996: Solarkocher für Entwicklungsländer – Erfahrungen, Grenzen, Potenziale. In: *BMZ Aktuell*, No. 060, Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Bonn, S. 4-25.
- Ravindranath, N. H., 1993: Biomass Gasification: Environmentally Sound Technology for Decentralized Power Generation, a Case Study from India. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol.4 (1), S. 49-60.
- Reddy, A., 1981: A Strategy für Resolving India's Oil Crisis. In: *Current Science*, Vol. 50(2) S. 50-53.

- Reddy, A., 1993: Revisiting a Strategy for Resolving India's Oil Crisis. In: De Villa, Jill Gale (Ed.): *Energy End Use*, Manila.
- Reusswig, F., 1994: *Lebensstile und Ökologie. Gesellschaftliche Pluralisierung und alltags-ökologische Entwicklung unter besonderer Berücksichtigung des Energiebereichs. Institut für sozial-ökologische Forschung*, Frankfurt a.M.
- Rogers, Everett M., 4. Aufl. 1995: *Diffusion of Innovations*, New York.
- Roos, A./Rakos, C., 2000: The Limits of Modelling. Experiences with Bioenergy in Practise - Could Models have Predicted this Outcome? In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 18, Amsterdam, S. 331-340.
- Roos, A./Graham, R./Hektor, B./Rakos, C., 1999: Critical Factors to Bioenergy Implementation. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 17, Amsterdam, S. 113-126.
- Sckeyde, A., 1993: *Biogastechnologie in Burundi. Eine empirische Studie der Adoption und Diffusion im Innovationsprozeß*. Saarbrücken, Fort Lauderdale.
- Senelwa, Kingiri/ Sims, Ralph E. H., 1999: Opportunities for Small Scale Biomass-Electricity Systems in Kenya. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 17, Amsterdam, S. 239-255.
- Shell Renewables: Biomass, in: <http://www.shell.com/library/publication>.
- Shuhua, G./Zulin, S./Daxiong, Q., 1996: The Biogas Plant Program on Livestock Farms in China, IIEC (ed) *Examples in Action. Sustainable Energy Experiences in Developing and Transition Countries*, S. 74-79.
- Simonis, 2000: *Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Expertengespräch*.
- Simpson, D.R./Sedjo, R.A., 1996: Paying for the Conservation of Endangered Ecosystems: A Comparison of Direct and Indirect Approaches. In: *Environment and Development Economics*, 1 S. 241-257.
- Sudha, P./Ravindranath, N.H., 1999: Land Availability and Biomass Production Potenzial in India. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 16, Amsterdam, S. 207-221.
- Svenningsson, Per Johan, 1995: Improved Brick Kilns in Bolivia. In: *Renewable Energy for Development*, Vol. 8,(2), Stockholm.
- Svenningsson, Per Johan, 1994: Woodfuel Use by Small Industries in Tanzania. In: *Renewable Energy for Development*, Vol. 7(1), Stockholm.
- Thiemann, 2000: *Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft mbH, Expertengespräch*.
- Tripathi, Arun K./Iyer, P. V. R./Kandpal, Tara Chandra, 1999: Biomass Gasifier Based Institutional Cooking in India: A Preliminary Financial Evaluation. In: *Biomass and Bioenergy*, No. 17, Amsterdam, S. 165 – 173.
- Tugwell, F., 1990: Prospects and Problems of Biomass Energy Development in the Third World. In: *Proceedings of 1990 Conference on Biomass for Utility Applications*, Electric Power Institute, Oct. 1990.

- UNDP, 1997: *Energy after Rio: Prospects and Challenges*. In: <http://www.undp.org/seed/eap/rio.chapter1.html>.
- Varela, M./Lechón, Y./Sáez, R., 1999: Environmental and Socioeconomic Aspects in the Strategic Analysis of a Biomass Power Plant Integration. In: *Biomass and Bioenergy*, No. 17, Amsterdam, S. 405-413.
- Wagner, P., 1996: The Biggest Work Place in the World: The Kitchen. Household Energy Programmes. In: *Gate Magazine*, [http://gate.gtz.de/gate\\_mag/gate\\_96\\_2/Texte/focus\\_9.html](http://gate.gtz.de/gate_mag/gate_96_2/Texte/focus_9.html), Nr. 2, Eschborn.
- Walter, A./Cortez, L., 1999: An Historical Overview of the Brazilian Bioethanol Program. In: *Renewable Energy for Development*, Vol. 11(1), Stockholm, S. 2-4.
- WEC, World Energy Council, 1994: *Energy for Tomorrow's World*, London.
- Winrock International/Biomass Energy Systems and Technology Project, 1997: Biomass Fuel from Woody Crops for Electric Power. In: *Bioenergy Systems Report*, Arlington.
- Woods, J./Hall, D. O., 1994: *Bioenergy for Development – Technical and Environmental Dimensions*, FAO Environment and Energy Paper 13, Rome.
- World Bank, 2000: *Energy and Development Report. Energy Services for the Worlds Poor*. In: [http://www.worldbank.org/html/fpd/esmap/energy\\_report2000/index.htm](http://www.worldbank.org/html/fpd/esmap/energy_report2000/index.htm).
- World Bank, 1996: *Rural Energy and Development. Improving Energy Supplies for Two Billion People*, Washington D. C..
- World Bank, 1992: *Weltentwicklungsbericht*, Washington D.C.
- World Resource Institute, Climate Change, Clean Development Mechanism. *Making Small Projects Competitive in the Clean Development Mechanism. A proposal for discussion to the UNFCCC Parties*. In: [http://www.wri.org/cdm/fast\\_track.html](http://www.wri.org/cdm/fast_track.html).
- World Resource Institute, Facts and Figures: *Environmental Data Tables*. In: <http://www.wri.org/facts/data-tables-energy.html>.
- Yokoyama, Shin-ya/Ogi, Tomoko/Nalampoon, Anan, 2000: Biomass Energy Potenzial in Thailand. In: *Biomass and Bioenergy*, Vol. 18, Amsterdam, S. 405-410.

The following papers have been published so far:

- |        |  |  |
|--------|--|--|
| No. 1  | Ulrike Grote,<br>Arnab Basu,<br>Diana Weinhold               | Child Labor and the International Policy Debate<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>September 1998, pp. 47.   |
| No. 2  | Patrick Webb,<br>Maria Iskandarani                           | Water Insecurity and the Poor: Issues and Research Needs<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>Oktober 1998, pp. 66.  |
| No. 3  | Matin Qaim,<br>Joachim von Braun                             | Crop Biotechnology in Developing Countries: A Conceptual<br>Framework for Ex Ante Economic Analyses<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>November 1998, pp. 24.    |
| No. 4  | Sabine Seibel,<br>Romeo Bertolini,<br>Dietrich Müller-Falcke | Informations- und Kommunikationstechnologien in<br>Entwicklungsländern<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>January 1999, pp. 50.                                  |
| No. 5  | Jean-Jacques Dethier   | Governance and Economic Performance: A Survey<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>April 1999, pp. 62.   |
| No. 6  | Mingzhi Sheng  | Lebensmittelhandel und Kosumtrends in China<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>May 1999, pp. 57.   |
| No. 7  | Arjun Bedi   | The Role of Information and Communication Technologies<br>in Economic Development – A Partial Survey<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>May 1999, pp. 42.        |
| No. 8  | Abdul Bayes,<br>Joachim von Braun,<br>Rasheda Akhter         | Village Pay Phones and Poverty Reduction: Insights from a<br>Grameen Bank Initiative in Bangladesh<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>June 1999, pp. 47.         |
| No. 9  | Johannes Jütting   | Strengthening Social Security Systems in Rural Areas of<br>Developing Countries<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>June 1999, pp. 44.                            |
| No. 10 | Mamdouh Nasr   | Assessing Desertification and Water Harvesting in the<br>Middle East and North Africa: Policy Implications<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>July 1999, pp. 59. |
| No. 11 | Oded Stark,<br>Yong Wang                                     | Externalities, Human Capital Formation and Corrective<br>Migration Policy<br>Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,<br>August 1999, pp. 17.                                |

## ZEF Discussion Papers on Development Policy

- No. 12      John Msuya                      Nutrition Improvement Projects in Tanzania: Appropriate Choice of Institutions Matters  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
August 1999, pp. 36.
- No. 13      Liu Junhai                                  Legal Reforms in China  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
August 1999, pp. 90.
- No. 14      Lukas Menkhoff                          Bad Banking in Thailand? An Empirical Analysis of Macro Indicators  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
August 1999, pp. 38.
- No. 15      Kaushalesh Lal                            Information Technology and Exports: A Case Study of Indian Garments Manufacturing Enterprises  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
August 1999, pp. 24.
- No. 16      Detlef Virchow                            Spending on Conservation of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture: How much and how efficient?  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
September 1999, pp. 37.
- No. 17      Arnulf Heuermann                        Die Bedeutung von Telekommunikationsdiensten für wirtschaftliches Wachstum  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
September 1999, pp. 33.
- No. 18      Ulrike Grote,  
              Arnab Basu,  
              Nancy Chau                              The International Debate and Economic Consequences of Eco-Labeling  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
September 1999, pp. 37.
- No. 19      Manfred Zeller                            Towards Enhancing the Role of Microfinance for Safety Nets of the Poor  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
October 1999, pp. 30.
- No. 20      Ajay Mahal,  
              Vivek Srivastava,  
              Deepak Sanan                            Decentralization and Public Sector Delivery of Health and Education Services: The Indian Experience  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
January 2000, pp. 77.
- No. 21      M. Andreini,  
              N. van de Giesen,  
              A. van Edig,  
              M. Fosu,  
              W. Andah                                Volta Basin Water Balance  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
March 2000, pp. 29.
- No. 22      Susanna Wolf,  
              Dominik Spoden                        Allocation of EU Aid towards ACP-Countries  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
March 2000, pp. 59.

## ZEF Discussion Papers on Development Policy

- No. 23 Uta Schultze Insights from Physics into Development Processes: Are Fat Tails Interesting for Development Research?  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
March 2000, pp. 21.
- No. 24 Joachim von Braun,  
Ulrike Grote,  
Johannes Jütting Zukunft der Entwicklungszusammenarbeit  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
March 2000, pp. 25.
- No. 25 Oded Stark,  
You Qiang Wang A Theory of Migration as a Response to Relative  
Deprivation  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
March 2000, pp. 16.
- No. 26 Doris Wiesmann,  
Joachim von Braun,  
Torsten Feldbrügge An International Nutrition Index – Successes and Failures  
in Addressing Hunger and Malnutrition  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
April 2000, pp. 56.
- No. 27 Maximo Torero The Access and Welfare Impacts of Telecommunications  
Technology in Peru  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
June 2000, pp. 30.
- No. 28 Thomas Hartmann-  
Wendels  
Lukas Menkhoff Could Tighter Prudential Regulation Have Saved Thailand's  
Banks?  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
July 2000, pp. 40.
- No. 29 Mahendra Dev Economic Liberalisation and Employment in South Asia  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
August 2000, pp. 82.
- No. 30 Noha El-Mikawy,  
Amr Hashem,  
Maye Kassem,  
Ali El-Sawi,  
Abdel Hafez El-Sawy,  
Mohamed Showman Institutional Reform of Economic Legislation in Egypt  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
August 2000, pp. 72.
- No. 31 Kakoli Roy,  
Susanne Ziemek On the Economics of Volunteering  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
August 2000, pp. 47.
- No. 32 Assefa Admassie The Incidence of Child Labour in Africa with Empirical  
Evidence from Rural Ethiopia  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
October 2000, pp. 61.
- No. 33 Jagdish C. Katyal,  
Paul L.G. Vlek Desertification - Concept, Causes and Amelioration  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
October 2000, pp. 65.

## ZEF Discussion Papers on Development Policy

- No. 34 Oded Stark On a Variation in the Economic Performance of Migrants by their Home Country's Wage  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
October 2000, pp. 10.
- No. 35 Ramón Lopéz Growth, Poverty and Asset Allocation: The Role of the State  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
March 2001, pp. 35.
- No. 36 Kazuki Taketoshi Environmental Pollution and Policies in China's Township and Village Industrial Enterprises  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
March 2001, pp. 37.
- No. 37 Noel Gaston,  
Douglas Nelson Multinational Location Decisions and the Impact on Labour Markets  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
May 2001, pp. 26.
- No. 38 Claudia Ringler Optimal Water Allocation in the Mekong River Basin  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
May 2001, pp. 50.
- No. 39 Ulrike Grote,  
Stefanie Kirchhoff Environmental and Food Safety Standards in the Context of Trade Liberalization: Issues and Options  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
June 2001, pp. 43.
- No. 40 Renate Schubert,  
Simon Dietz Environmental Kuznets Curve, Biodiversity and Sustainability  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
October 2001, pp. 30.
- No. 41 Stefanie Kirchhoff,  
Ana Maria Ibañez Displacement due to Violence in Colombia: Determinants and Consequences at the Household Level  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
October 2001, pp. 45.
- No. 42 Francis Matambalya,  
Susanna Wolf The Role of ICT for the Performance of SMEs in East Africa – Empirical Evidence from Kenya and Tanzania  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
December 2001, pp. 30.
- No. 43 Oded Stark,  
Ita Falk Dynasties and Destiny: On the Roles of Altruism and Impatience in the Evolution of Consumption and Bequests  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
December 2001, pp. 20.
- No. 44 Assefa Admassie Allocation of Children's Time Endowment between Schooling and Work in Rural Ethiopia  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn,  
February 2002, pp. 75.



