

**Wissenschaftszentrum  
Nordrhein-Westfalen**

Institut Arbeit  
und Technik



Kulturwissenschaftliches  
Institut

**Wuppertal Institut für  
Klima, Umwelt, Energie**  
GmbH

## **Kurzstudie**

# Innovative Technologien für Entwicklungsländer: Aktuelle Ansätze zur Energie-, Trinkwasser- und Nahrungsbereitstellung

Im Auftrag des Bundesministeriums für  
wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung

## **Abschlussbericht**

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Dr.-Ing. Manfred Fishedick  
Dipl. Phys.-Ing. Thorsten Ellenbeck  
Unter Mitarbeit von  
Dipl.-Ing. Dietmar Schüwer

Wuppertal – Dezember 2004

# 1 Inhalt

<b>1</b>	<b><u>Inhalt</u></b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b><u>Abstract</u></b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b><u>Einleitung</u></b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b><u>Entwurf einer Screening-Methodik</u></b> .....	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b><u>Inhaltliche Orientierung: Kriterien und Indikatoren</u></b> .....	<b>7</b>
	Indikatoren für das Kriterium „Innovation“ .....	8
<b>4.1.1</b>	<u>Indikatoren für das Kriterium „Anpassung an EL“</u> .....	9
<b>4.2</b>	<b><u>Zielorientierung: Recherchestrategie</u></b> .....	<b>13</b>
<b>4.2.1</b>	<u>Organisationen der Entwicklungszusammenarbeit (Auswahl)</u> .....	15
<b>4.2.2</b>	<u>Organisationen der Technologieförderung (Auswahl)</u> .....	23
<b>4.2.3</b>	<u>Quellen aus dem wissenschaftsjournalistischen Bereich</u> .....	26
<b>4.3</b>	<b><u>Erfassung und Dokumentation</u></b> .....	<b>32</b>
<b>5</b>	<b><u>Zusammenstellung der Technologien</u></b> .....	<b>34</b>
<b>5.1</b>	<b><u>Trinkwasserbereitstellung</u></b> .....	<b>34</b>
<b>5.1.1</b>	<u>Solare Trinkwasserbereitstellung</u> .....	34
<b>5.1.2</b>	<u>Trinkwasserbereitstellung, nichtsolare Technologien</u> .....	48
<b>5.1.3</b>	<u>Abwasserbehandlung</u> .....	53
<b>5.2</b>	<b><u>Energiewandler</u></b> .....	<b>57</b>
<b>5.2.1</b>	<u>Allgemeines zur Energieumwandlung</u> .....	57
<b>5.2.2</b>	<u>Formen der Energieumwandlung</u> .....	58
<b>5.3</b>	<b><u>Energiebereitstellung aus erneuerbarer Energie</u></b> .....	<b>66</b>
<b>5.3.1</b>	<u>Geothermie</u> .....	66
<b>5.3.2</b>	<u>Biomasse</u> .....	67
<b>5.3.3</b>	<u>Wasserkraft</u> .....	72
<b>5.3.4</b>	<u>Solarenergie</u> .....	79
<b>5.4</b>	<b><u>Kühlung und Klimatisierung</u></b> .....	<b>85</b>
<b>5.5</b>	<b><u>Energieeffizienz</u></b> .....	<b>89</b>
<b>5.5.1</b>	<u>Supraleitung</u> .....	89
<b>5.5.2</b>	<u>Allgemeines zur Supraleitung</u> .....	89
<b>5.5.3</b>	<u>Generatoren, Motoren, Transformatoren mit Supraleitern</u> .....	91
<b>5.5.4</b>	<u>Synchrongenerator mit Supraleitern</u> .....	92
<b>5.5.5</b>	<u>Leuchtdioden hoher Lichtstärken (High-Brightness-LEDs)</u> .....	93
<b>5.6</b>	<b><u>Landwirtschaft und Forsten</u></b> .....	<b>94</b>
<b>5.7</b>	<b><u>Hoffnungsträger Algen</u></b> .....	<b>100</b>
<b>5.7.1</b>	<u>Allgemeines</u> .....	100
<b>5.7.2</b>	<u>Übersicht über die verschiedenen Algengruppen</u> .....	102
<b>5.7.3</b>	<u>Nutzung von Algen zur Ernährung</u> .....	105
<b>5.7.4</b>	<u>Algen für die Ernährung in Industrieländern</u> .....	110
<b>5.7.5</b>	<u>Algen für die Ernährung in Entwicklungsländern</u> .....	112
<b>5.7.6</b>	<u>Algen in der Medizin</u> .....	114
<b>5.7.7</b>	<u>Algen in der Landwirtschaft</u> .....	115
<b>5.7.8</b>	<u>Industrielle Nutzung</u> .....	115
<b>5.7.9</b>	<u>Kultivierung von Algen</u> .....	118
<b>5.7.10</b>	<u>Quellenverzeichnis</u> .....	122
<b>6</b>	<b><u>Kurzbewertung der Technologien</u></b> .....	<b>125</b>

## 2 Abstract

Im Auftrag des BMZ werden innovative Technologieentwicklungen in Deutschland und Europa eruiert und bewertet. Ziel ist es, Entwicklungen frühzeitig zu erkennen, die für Entwicklungsländer und die internationale Zusammenarbeit wichtig sein können. Der inhaltliche Schwerpunkt liegt hierbei in den Bereichen Trinkwasser- und Energiebereitstellung.

Die Untersuchung gliedert sich in drei Elemente. Zunächst besteht die Aufgabe darin, eine Screening-Methodik inklusive Kriterien/Indikatoren auszuarbeiten, anhand derer potenziell interessante Ansätze ermittelt werden können.

Im zweiten Schritt wird mit Hilfe dieser Methodik eine Vorauswahl für viel versprechende Projekte vorgenommen. In dieser Auswahl ist bereits eine erste Einschätzung hinsichtlich der möglichen Umsetzbarkeit der Ansätze im Sinne von nachhaltiger Entwicklung, also unter Beachtung ökologischer, ökonomischer und sozialer Kriterien, enthalten.

Im dritten Schritt wird eine zusammenfassende Bewertung der einzelnen Technologien vorgenommen.

Da es sich hier um die Betrachtung neuer, innovativer Technologien handelt, für die der Informationsstand häufig vergleichsweise gering ist, muss die vorgenommene Bewertung vor diesem Hintergrund gesehen werden und kann allenfalls als eine Art grundsätzliche Einschätzung verstanden werden.

Nach Rückkopplung mit dem Auftraggeber wird das Thema „Algen“ näher hinterfragt und in die Arbeit integriert.

### 3 Einleitung

Diese Studie entstand unter dem Eindruck der Erkenntnis, dass trotz umfassender und lange währender Bemühungen in der Entwicklungszusammenarbeit ein Großteil der lokalen Probleme zur Sicherung der Lebensgrundlagen in Entwicklungsländern bisher nicht gelöst werden konnten. Mehr als zwei Milliarden Menschen haben derzeit keinen Zugang zur kommerziellen Energieversorgung; mehr als eine Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser (WETO 2003). Dass aus letzterem unmittelbar eine Gesundheitsgefährdung der Betroffenen abgeleitet werden kann, ist unmittelbar einleuchtend und vielfach belegt.

Dass ein fehlender Zugang zu einer ausreichenden Energieversorgung als gravierendes lokales und letzten Endes globales Problem zu werten ist, bedarf einer weiteren Erläuterung.

Denn zunächst könnte man es als wünschenswert werten, wenn die zunehmende Nutzung von Energie im Sinne der Schonung von Ressourcen und damit verbundener Eindämmung von klimarelevanten Treibhausgasen gar nicht erst gefördert wird. In der Tat führt ein zunehmender Einsatz fossiler Energieträger zu einer Zunahme der lokalen und globalen Umweltbelastungen: In China sind beispielsweise Atemwegserkrankungen die Todesursache Nummer Eins. Gegenwärtige Trends deuten zudem darauf hin, dass im Jahr 2025 knapp die Hälfte der weltweiten Kohlendioxid-Emissionen aus Entwicklungsländern stammen werden.

Andererseits kann daraus noch nicht generell die Schlussfolgerung abgeleitet werden, einer Verbesserung der Energieversorgung in den Entwicklungsländern müsse entgegengewirkt werden.

Denn bei dieser Betrachtungsweise bleiben einige Fakten unberücksichtigt, die unerwünschte Effekte verursachen:

- Gegenwärtig wird beispielsweise in Afrika rund die Hälfte der Energie aus Holz und anderen Formen von Biomasse gewonnen. (Schätzung der Weltbank 1990: Biomasseanteil an Primärenergienutzung: Afrika südlich der Sahara: 85%, Südasien: 60%, Ostasien und pazifischer Raum: 33%, Nordafrika und mittlerer Osten: 27%, Mittel- und Südamerika: 26%. Quelle: BMZ Materialien Nr.96, S.4)

Die häufige Folge sind Entwaldung, Erosion und dauerhafte Verarmung der Böden sowie eine dauerhafte Störung des Wasserhaushalts. Biomasse kann in diesem Sinne nicht als nachwachsender, CO<sub>2</sub>-neutraler Rohstoff verstanden werden. Eine Übernutzung steht dem Leitziel der Nachhaltigkeit entgegen.

- Aus dem hohen Nutzungsgrad von Biomasse insbesondere in den Haushalten resultiert zum anderen ein hohes Maß an ungesunder Luftqualität in Innenräumen. Gerade Frauen und Kinder sind die Leidtragenden: Insbesondere ist eine hohe Kindersterblichkeit darauf zurückzuführen.

- Hinzu kommt, dass ohnehin weltweit etwa zwei Milliarden Menschen der Zugang zu genügend Biomasse zur Befriedigung ihrer primären Bedürfnisse verwehrt ist.

- Eine mangelnde Energieversorgung ländlicher Regionen in Entwicklungsländern muss neben mangelnden Zukunftsperspektiven als eine wichtige Ursache von Migration in die Städte gewertet werden. Die Verstädterung wiederum gilt neben den Faktoren Bevölkerungswachstum, Intensivierung der Landwirtschaft, Industrialisierung, zunehmende Mobilität und Motorisierung als Ursache für den rapide steigenden Energieverbrauch in den EL (in etwa Verdopplung des Endenergieverbrauchs in den EL von 2000 bis 2030, Quelle: IEA, World Energy Outlook, 2002 edition). Als zusätzliche negative Begleiterscheinungen der Verstädterung sind Effekte wie Entwurzelung und Verelendung breiterer Bevölkerungsschichten zu nennen; sie werden heute als zentrale Probleme der Entwicklungsländer überhaupt gewertet.

Entsprechend können von einer qualitativen Verbesserung der Energieversorgung ländlicher Räume positive Effekte erwartet werden: im Sinne einer lokalen Verbesserung der Lebensqualität und, daraus resultierend, eine Eindämmung der fortschreitenden Urbanisierung.

Eine solche Entwicklung kann jedoch im Sinne von Nachhaltigkeit nur dann zielführend sein, wenn eine Erhöhung der Energieströme nicht im gleichen Maße mit Stofffreisetzungen einhergeht. Hier ist generell festzuhalten, dass Umweltbelastungen nicht per se aus der Nutzung von Energie resultieren, sondern mit der Art und Weise zusammenhängen, wie die Nutzung von Energie zu einer Freisetzung von unerwünschten Stoffen führt.

Diese Studie soll als ein Beitrag im Sinne einer solchen nachhaltigen Entwicklung verstanden werden. Sie soll aktuelle, innovative Möglichkeiten von Ressourcen schonenden Technologien aufzeigen, indem sie Neuentwicklungen benennt und - soweit im Rahmen dieser Studie möglich - bewertet.

Was diese Studie nicht leisten kann, sei bereits an dieser Stelle vorweggenommen: Die Ergebnisse so zu transferieren, dass sie vor Ort umgesetzt werden. Doch gerade die Umsetzung ist der Hemmschuh vieler Klimaschutzprojekte: dies zeigt die Alltagserfahrung nicht nur des Wuppertal- Instituts für Klima, Umwelt, Energie.

## 4 Entwurf einer Screening-Methodik

Aufgabe des Screenings ist es, eine Methode bereit zu stellen, mit der potenziell innovative Technologien im vorherrschenden, zunächst wenig überschaubaren Marktgefüge möglichst umfassend, aber effektiv identifiziert und bewertet werden können.

Hierzu ist eine mehrdimensionale Betrachtungsweise erforderlich (siehe Abbildung 4-1).

Zunächst wird die Frage gestellt: „Was soll gesucht werden?“ Sie führt zur Entwicklung von Kriterien bzw. Indikatoren, um Technologien inhaltlich identifizieren und selektieren zu können. Ausgehend von den Kriterien kann später eine Bewertung der Technologien erfolgen.

Die Frage „Wie und wo soll gesucht werden?“ leitet zu einer Recherchestrategie, mit deren Hilfe innerhalb des für diese Kurzstudie zur Verfügung stehenden Zeitaufwands möglichst viele Technologien sondiert werden können. Dies beinhaltet ein Lokalisierungsraaster, welches eingrenzt, bei welchen Personen und Institutionen die gewünschten Entwicklungen verortet werden können.

Schließlich führt die Frage nach einer geeigneten Erfassungsmethode zu Überlegungen zur systematischen Erfassung und Dokumentation der selektierten Technologien.

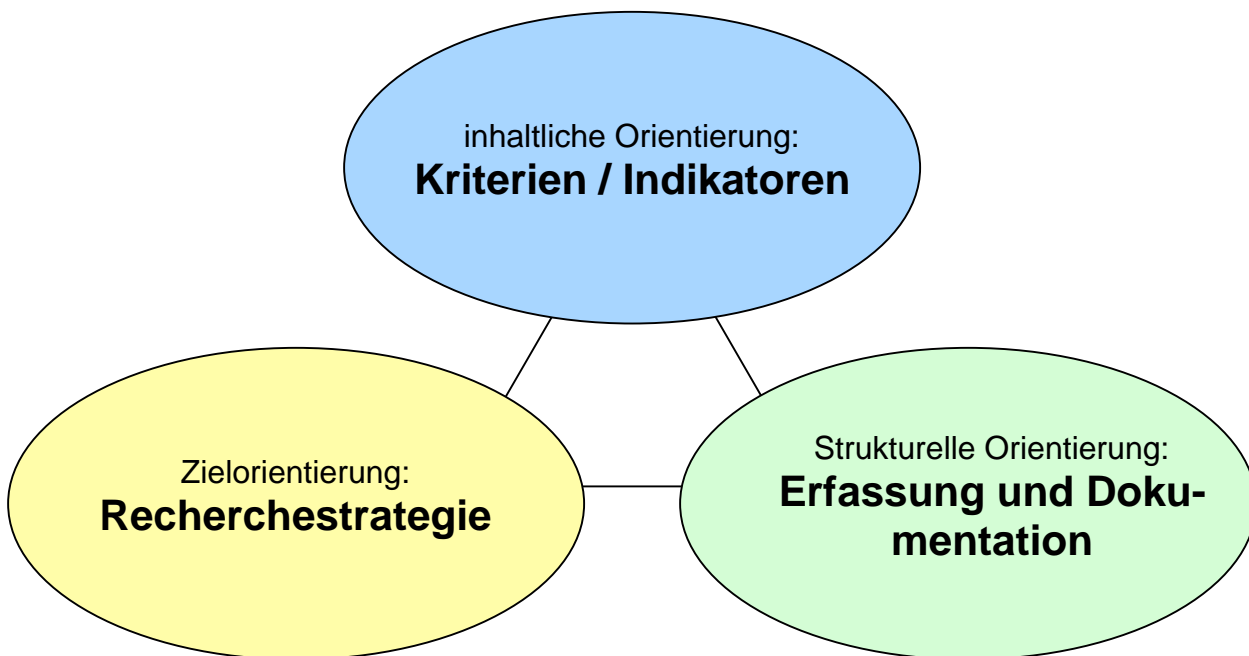


Abbildung 4-1: Komponenten der Screening-Methodik

## 4.1 Inhaltliche Orientierung: Kriterien und Indikatoren

Wie bereits oben benannt, geht es bei diesem Punkt um eine inhaltliche Eingrenzung der gesuchten Technologien. Auftragsseitig ist bereits benannt worden, dass der inhaltliche Schwerpunkt in den Bereichen Trinkwasser- und Energiebereitstellung liegen soll.

Für eine weitere, hinreichende Eingrenzung der Technologien sind jedoch Kriterien (griech. kriterion: Merkmal, Kennzeichen, Prüfstein) erforderlich, um der Fragestellung gerecht zu werden.

Im Sinne dieser Untersuchung relevante Kriterien sind:

- Die gesuchte Technologie soll **innovativ** sein.
- Die gesuchte Technologie soll **nachhaltig** sein und somit auf die Schonung von Ressourcen abzielen.
- Die Technologie soll für die Situation und auf die Bedürfnisse in den Entwicklungsländern **angepasst** sein.

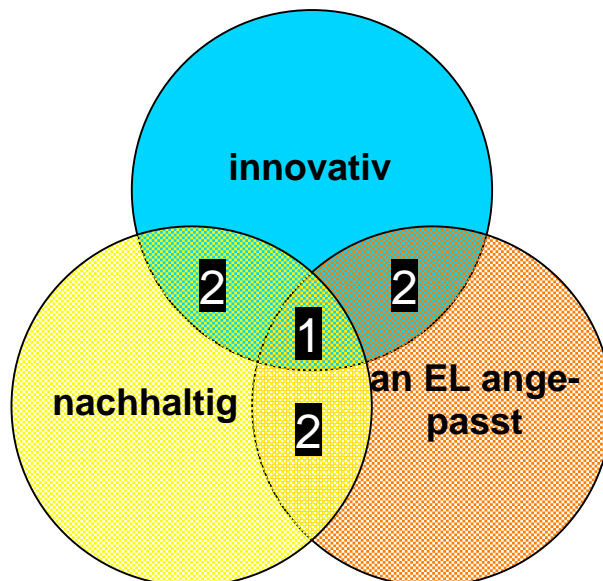


Abbildung 4-2: Kriterien für die Vorauswahl der Technologien

Trifft jedes der genannten Kriterien zu, so ist die Forderung erfüllt (Schnittmenge (1) in Abbildung 3.2). Treffen nur zwei der jeweiligen Kriterien zu (Schnittmenge (2) in Abbildung 3.2) oder sogar auf weniger, so erfüllt die Technologie die Forderung nicht und wird im Rahmen dieser Studie nicht weiter behandelt.

Es bleibt zu klären, aufgrund welcher Merkmale eine Technologie die jeweiligen Kriterien erfüllt. Deshalb werden in den folgenden Kapiteln für jedes der drei Kriterien Indikatoren (lat. indicare = anzeigen, aussagen) erarbeitet.

## Indikatoren für das Kriterium „Innovation“

Innovation wird aus dem Lateinischen (lat. innovatio) abgeleitet und bedeutet allgemein „Erneuerung“ bzw. „Veränderung“ (Duden, Deutsches Universalwörterbuch, Mannheim - Wien - Zürich, Dudenverlag, 1983). Genauer meint dieser Begriff im wirtschaftlichen Bereich die „Realisierung einer neuartigen, fortschrittlichen Lösung für ein bestimmtes Problem, bes. die Einführung eines neuen Produkts oder die Anwendung eines neuen Verfahrens.“

Wesentlich an dieser Definition ist die Nutzung der Begriffe „Einführung“ und „Anwendung“. Daraus lässt sich folgern, dass eine Technologie auch dann als innovativ bezeichnet werden kann, wenn die Formulierung der Idee für das Produkt oder das Verfahren in der Vergangenheit liegt, ihre Anwendung jedoch aktuell ansteht oder durchgeführt wurde.

Als Beispiel für diesen Fall sei das Aufwindkraftwerk genannt. Die eigentliche Idee für dieses Kraftwerk kam bereits Anfang des 20sten Jahrhunderts auf. Ein Demonstrationskraftwerk ging erst in den 1990er Jahren in Spanien in Betrieb. Ein erstes kommerziell betriebenes Objekt in Australien befindet sich momentan in der Bauphase. Die Fertigstellung ist für das Jahr 2005 anvisiert. Dieses Produkt lässt sich aufgrund der Definition als innovativ bezeichnen, obwohl sich seine Entwicklungsgeschichte bereits über Dekaden erstreckt.

Die Definition enthält im übrigen keine Hinweise auf örtliche Zusammenhänge. Insofern ist eine Technologie nicht als innovativ zu bezeichnen, wenn sie bereits in einem Land oder in einer Region eingeführt wurde, in einer anderen jedoch noch nicht. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass die Technologie als Stand der Technik bezeichnet werden kann.

Als innovativ werden im Rahmen dieser Untersuchung auch Technologien bezeichnet, deren Entwicklungsstand noch keine Markteinführung zulässt. Es werden 5 Phasen definiert, die den Stand der Entwicklung zwischen Idee und Markteinführung ermöglichen:

- **Phase 1**, Planungs- und Modellphase:

Theoretische Vorwegnahme eines gewünschten Effekts. Ziel ist es, eine möglichst fundierte Erwartung zu formulieren, mit welchem Aufwand welche Effekte erreicht werden können. Fundiert heißt, dass die Technologie vom derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnissstand ausreichend beschrieben werden kann.

- **Phase 2**, Entwicklungsphase:

Anhand von Modellen oder Prototypen wird die theoretische Erwartung unter Laborbedingungen experimentell überprüft.

- **Phase 3**, Test- und Demonstrationsphase:

In einem ersten Feldtest wird die Funktionalität des Produkts oder Verfahrens überprüft.

- **Phase 4**, Anwendungs- und Evaluierungsphase:

In weiteren Feldtests wird die Anwendbarkeit des Produkts oder Verfahrens geprüft. Ziel ist es, eine gesicherte Aussage über die für die Finanzierung und den Dauerbetrieb des Produktes erforderlichen finanziellen, materiellen und personellen Ressourcen machen zu können sowie den Nutzen des Produktes klar benennen zu können.

- **Phase 5**, Entwicklung einer Strategie zur Markteinführung:

Es gilt aufzuzeigen, welche Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen, um die Technologie in den Entwicklungsländern zur Anwendung zu bringen.



## 4.1.1 Indikatoren für das Kriterium „Anpassung an EL“

### 4.1.1.1 Zum Begriff Entwicklungsland

Der Begriff Entwicklungsland wird für Länder verwendet, die wirtschaftlich und gesellschaftlich im Vergleich zu den westlichen Industrieländern einen erheblich Rückstand vorweisen. Die Wirtschaft in Entwicklungsländern basiert überwiegend auf der Landwirtschaft und dem Export von Rohstoffen. Die Entwicklungsländer sind durch bestimmte Merkmale gekennzeichnet, die in unterschiedlichen Ausprägungen vorkommen. Charakteristisch sind unter anderem ein niedriges Pro-Kopf-Einkommen und eine ungleiche Verteilung des Einkommens, wodurch sich eine kleine reiche Bevölkerungsschicht und eine extrem große arme Bevölkerungsschicht gegenüberstehen. Zudem sind Entwicklungsländer durch überwiegende Armut gekennzeichnet, d.h. die elementaren Grundbedürfnisse wie Ernährung, Gesundheit, Wohnung und Ausbildung werden nur unzureichend befriedigt. Eine hohe Arbeitslosenquote, schnelles Bevölkerungswachstum, eine hohe Geburtenrate, schlechte medizinische Versorgung, daraus resultierend eine hohe Sterberate (niedrige Lebenserwartung), schlechte Bildung und eine hohe Analphabetenquote sind zusätzliche Indikatoren für Entwicklungsländer. Katastrophale Probleme schafft die allerorten zu beobachtende Migration der Landbevölkerung in die urbanen Ballungsräume ohne gleichzeitiges Mitwachsen der dortigen Infrastruktur. Der gegenwärtige Trend geht dahin, dass im Jahr 2025 bereits fünf Milliarden Menschen (heute: 2,4 Mrd.) in Megastädten leben werden (Bericht der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung ...“, Deutscher Bundestag, 2000, S. 67).

Ursachen für die aufgeführten Effekte sind u.a. natürliche Faktoren (Klima, fehlende Bodenschätze), fehlende Infrastruktur, Kapitalmangel, Mangel an qualifizierten Arbeitskräften, Bevölkerungsexplosion und Absinken der Terms-of-Trade. Die Auslandsverschuldung in den Entwicklungsländern ist generell sehr hoch. Da sich die genannten Merkmale gegenseitig beeinflussen, spricht man auch vom Teufelskreis der Armut,

Gegenwärtig zählt der Ausschuss für Entwicklungshilfe der OECD weltweit 150 Länder und Gebiete zu den Entwicklungsländern. Hinzu kommen 36 Länder und Gebiete, denen ein Übergangstatus zugewiesen wird. Diese Zahl beinhaltet auch GUS-Staaten sowie mittel- und osteuropäische Länder (BMZ, Referat 404: Liste der Entwicklungsländer und -gebiete 2003, Stand vom 27.11.2002).

### 4.1.1.2 Zum Begriff Nachhaltigkeit

Aufgrund des Brundtland-Berichts von 1987 berief die Generalversammlung der Vereinten Nationen die UNO-Konferenz über Umwelt und Entwicklung (UNCED) ein, bekannt als der Erdgipfel vom 3.-14.6.1992 in Rio de Janeiro. Die Brundtland-Kommission definierte 1987 in ihrem Bericht den fortan als Leitbild genutzten Begriff Nachhaltigkeit ("sustainable development") über zwei Hauptaspekte:

- Die Befriedigung der Grundbedürfnisse (essential needs) der Armen weltweit,
- Das Verfolgen eines Entwicklungsmusters, das die begrenzten Naturressourcen auch zukünftigen Generationen erhält. (deutsche Übersetzung: Hrsg.: Volker Hauff, Eggenkamp-Verlag, Greven 1987)

Eine Konkretisierung dieser Definition für den Energiesektor findet man im Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages (Ducksache 14/2687, „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung“, Berlin 2002, S. 60 ff., S. 142 ff.). Hier wird unter dem Leitbild „nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung“ im wesentlichen verstanden:

„Die schonende Nutzung und Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen (Life-Support-Systeme) sowie die soziale und wirtschaftliche Entwicklung. Entsprechend sollen **ökologische, soziale und ökonomische Ziele** formuliert und möglichst weit gehend in Einklang gebracht werden.“ Da „intakte Naturgrundlagen Voraussetzung sind für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung“, stehen zunächst ökologische Aspekte im Vordergrund.

An erster Stelle steht das Leitziel, bis Mitte des Jahrhunderts den absoluten und Pro-Kopf-Energieverbrauch in den Industrieländern deutlich zu senken und gleichzeitig den Lebensstandard weltweit – auch in Entwicklungs- und Schwellenländern – zu erhöhen.

Als Mittel zur Zielerfüllung wird die Entwicklung und breite Einführung von vorrangig energieeffizienten, aber auch emissionsarmen bzw. emissionsfreien Technologien „entlang der gesamten Umwandlungskette von der Erschließung über die Produktion von End- und Nutzenergie bis zur Nachfrage nach Energiedienstleistungen“ gesehen. Explizit werden wesentliche Beiträge auf lokaler und regionaler Ebene erwartet, insbesondere auch durch die Zusammenarbeit von Akteuren aus unterschiedlichen „Produktionsstufen und Gewerken“. Die Kommission zielt hierbei auf demokratische Prozesse ab, bei der nicht Markt und Wettbewerb, sondern die Nachhaltigkeit im Fokus der Interessen stehen sollen.

#### **Ökologische Ziele (stichwortartig):**

- Stabilisierung des Weltklimas, konkret:
  - Senkung der weltweiten Klimagasemissionen um weltweit 50% bis 2050 (gegenüber 1990),
  - Senkung der Klimagasemissionen in den Industrieländern um 80% bis 2050 (gegenüber 1990) auch unter dem Gesichtspunkt, den EL eine nachhaltige Entwicklungsperspektive zu ermöglichen.
- Senkung der Schadstoffemissionen, insb. der Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickoxide und Ammoniak, die zur Versauerung von Böden und Gewässern beitragen
- Steigerung der Gewässerqualität, insb. Im Bereich Bergbau, Wasserkraftwerke, energ. Kühlwassernutzung
- Vermeidung der Produktion von hochradioaktivem Abfall (Mehrheitsauffassung der Kommission)
- Minimierung der Risiken von Großschadensereignissen (z.B. bei Kernkraftwerken und Großwasserkraftwerken)
- Nutzung natürlicher Ressourcen nur in dem Maße, wie es den natürlichen Reproduktionsraten bzw. Substitutionsmöglichkeiten entspricht
- Effizientere Nutzung von Stoffströmen
- Vermeidung des Anstiegs des Flächenverbrauchs für Siedlungen, Gewerbe, Rohstoffabbau und Verkehr
- Erhalt der biologischen Vielfalt.

**Soziale Ziele (stichwortartig):**

- Bezahlbarer und sicherer Zugang zu den Dienstleistungen im Energiebereich
- demokratische Entscheidungsstrukturen im Energiesystem zum Ausgleich von Marktmacht und zur Konfliktvermeidung
- Schutz von Leben und Gesundheit der im Energiebereich Beschäftigten
- Wahrung und Weiterentwicklung von Arbeitnehmerinteressen
- Nachhaltige Energienutzung als Lehrstoff in der Aus- Fort- und Weiterbildung.

**Ökonomische Ziele (stichwortartig, bzgl. EL):**

- Der Export aus Industrieländern von Know-how, Anlagen, Maschinen und Fahrzeugen auf einem hohen technischen Niveau soll es den EL ermöglichen, gewisse technische Entwicklungsstufen zu überspringen (Entwicklungseffekt des „leap-frogging“). Dadurch soll der Einsatz modernster Technologien für ein nachhaltiges Energiesystem bereits während ihres Entwicklungsprozesses ermöglicht werden.
- Entgegenwirken einer durch Bevölkerungswachstum, politischen Polarisierung und Verteilungskämpfen um Energie und Wasser indizierten Destabilisierung der Weltwirtschaft
- Deutschland als Industrieland mit erheblichen Innovationspotenzialen fällt die Rolle zu, der Industrie Rahmenbedingungen zu schaffen, „dass sie Innovationsmotor für neue Technologien und für Energieeffizienz entlang der gesamten Umwandlungskette werden kann.“

#### 4.1.1.3 Zum Begriff Ressource

Eine Ressource ist nach (Duden) ein natürlich vorhandener Bestand von etwas, was für einen bestimmten Zweck, besonders zur Ernährung und zur wirtschaftlichen Produktion, ständig benötigt wird. Hierzu können zum einen materielle Güter gezählt werden (z.B. Boden, Trinkwasser, fossile Energieträger, Baustoffe, Holz, Mineralien, Lebensmittel, Flora und Fauna im weitesten Sinne), aber auch immaterielle Güter wie Arbeit, Bildung, Wissen und Kapital, da diese mit der Bereitstellung von Ressourcen unmittelbar und notwendigerweise zusammenhängen.

Voß fasst in seiner Nomenklatur die Ressourcen Wissen, Information und Kreativität zur Ressource „Gestaltungsfähigkeit“ zusammen (s.o., S.3).

Will man dem Anspruch nach Ressourcenschonung im Sinne dieser Studie gerecht werden, so können gemäß den Ausführungen zur Definition des Nachhaltigkeitsbegriffs nur die aufgeführten materiellen Ressourcen gemeint sein, während die immateriellen Ressourcen im Gegenteil sogar einer Förderung bedürfen, wie im folgenden Abschnitt deutlich wird.

#### 4.1.1.4 Zum Begriff der angepassten Technologien

Unter Technik versteht man zunächst generell alle „Mittel und Verfahren, die dazu dienen, die Kräfte der Natur für den Menschen nutzbar zu machen“. Der Begriff der Technologie, der von der Technik abgeleitet ist, bedeutet „Gesamtheit der Kenntnisse, Fähigkeiten und Möglichkeiten auf dem Gebiet der Produktionstechnik“. (Duden Bedeutungswörterbuch, 2. Aufl, Mannheim / Wien / Zürich 1986, S. 365).

Im Rahmen der wirtschaftlichen Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Entwicklungsländern mehrten sich Forderungen nach technologischen Entwicklungsmöglichkeiten, die sich verstärkt nach den Bedürfnissen und Erfordernissen vor Ort richten. Es formierte sich der zwangsläufig unscharfe Sammelbegriff der „angepassten Technologie“, der von den Verfassern des Brace Research Institute`s Handbook of Appropriate Technology anhand folgender Forderungen beschrieben wurde:

- Angepasste Technologien sollen im Einklang mit örtlichen, kulturellen und wirtschaftlichen Bedingungen stehen, d.h. den menschlichen, materiellen und kulturellen Ressourcen der Gemeinschaft.
- Die Maschinen und Produktionsprozesse sollen von der Bevölkerung in Stand gehalten bzw. kontrolliert werden.
- Angepasste Technologie soll, wo immer möglich, örtlich verfügbare Ressourcen verwenden.
- Falls importierte Ressourcen und Technologien verwendet werden, soll die Gemeinschaft eine gewisse Kontrolle haben.
- Angepasste Technologie soll, wo immer möglich, örtlich verfügbare Energiequellen nutzen.
- Sie soll umweltfreundlich sein.
- Sie soll kulturelle Zerrüttungen minimieren.
- Sie soll flexibel sein, damit die Gemeinschaft sich nicht selbst in Systeme hineinbegibt, die sich später als ineffektiv und unpassend herausstellen.
- Forschungs- und Leistungsaktivitäten sollen, wo immer möglich, integriert und am Ort ausgeführt werden, damit die Relevanz der Forschung für die Wohlfahrt der örtlichen Bevölkerung, die Maximierung der örtlichen Kreativität, die Mitwirkung der Ortsansässigen bei technologischen Entwicklungen und die Synchronisation der Forschung mit Feldaktivitäten sichergestellt wird. (Louven, E. : Technologietransfer und angepasste Technologien, Tübingen, 1982).

Laut E. Spiegel sollen angepasste Technologien

- möglichst viele Arbeitsplätze schaffen,
- niedrige Kapitalkosten verursachen,
- eine hohe gesamtwirtschaftliche Produktivität aufweisen,
- einheimische Rohstoffe und Energiequellen nutzen,
- Produkte herstellen, die den Bedürfnissen der Masse der Bevölkerung entsprechen und für sie erschwinglich sind,
- zur gerechteren Einkommensverteilung beitragen,
- die Notlage der auf dem Lande lebenden Bevölkerung berücksichtigen und ihr Einkommen erhöhen,

- den spezifischen klimatischen Bedingungen angepasst sein und
- die Umwelt nicht belasten. (Spiegel, E., Einleitung, in: Technologietransfer oder Technologie der Entwicklungsländer, Hrg. Kübelstiftung, Bensheim - Auerbach 1974, S. 8 f.)

Die Beschreibung der „angepassten Technologie“ ist eine Erweiterung des älteren Begriffs des britischen Wirtschaftswissenschaftlers E.F. Schumacher der „intermediate technology“ (mittlere Technologie), die durch vier zentrale Merkmale charakterisiert wurde: Geringe Größe (smallness), Einfachheit (simplicity), niedrige Kapitalkosten (capital-cheepness) und Umweltfreundlichkeit (environment-friendliness). (Schumacher, E.F., Die Rückkehr zum menschlichen Maß, Hamburg 1983).

Hinter den aufgeführten Formeln steht letztlich der Gedanke, dass im Gegensatz zu der kapitalintensiven und arbeitssparenden Importtechnologie eine den technologischen Bedürfnissen und Fähigkeiten der EL angepasste Technologie entwickelt werden muss, die vor allem die Kernprobleme von Kapitalmangel, Arbeitslosigkeit und geringem technisch - wissenschaftlichem Know-how berücksichtigt. Wird die Produktion auf die Versorgung der einheimischen Bevölkerung mit einfachen Gebrauchsgütern umgestellt, kann arbeitsintensiver produziert, die Marginalität verringert, Kaufkraft gebildet und Technik gelernt werden. Das Konzept der angepassten Technologie orientiert sich am reichlich vorhandenen und ungenutzten Produktionsfaktor Arbeit. (Nuscheler, Franz, Lern- und Arbeitsbuch Entwicklungspolitik, 4. Auflage, Bonn 1996, S. 530 f.)

## 4.2 Zielorientierung: Recherchestrategie

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Frage, wie Personen und Institutionen in Deutschland und Europa identifiziert werden können, die Technologien mit Relevanz für diese Untersuchung entwickeln.

Die Schwierigkeit bei der Lokalisierung von Personen bzw. Institutionen und ihrer Entwicklungen liegt zunächst darin, dass man nicht voraussetzen kann, dass die Technologien medienwirksam präsentiert werden, schon gar nicht im Kontext der Entwicklungszusammenarbeit.

Die Chancen, relevante Technologien identifizieren zu können, steigen mit dem Engagement der entsprechenden Personen, die Ideen einer möglichst breiten Fachöffentlichkeit darzustellen. Zugleich steigen die Chancen, dass die Recherche auf Technologien trifft, die technisch plausibel gelöst sind und Praxisrelevanz haben.

Eine Recherchestrategie kann genau dann effizient durchgeführt werden, wenn es gelingt, eben diese Fachöffentlichkeit möglichst breitbandig abzudecken.

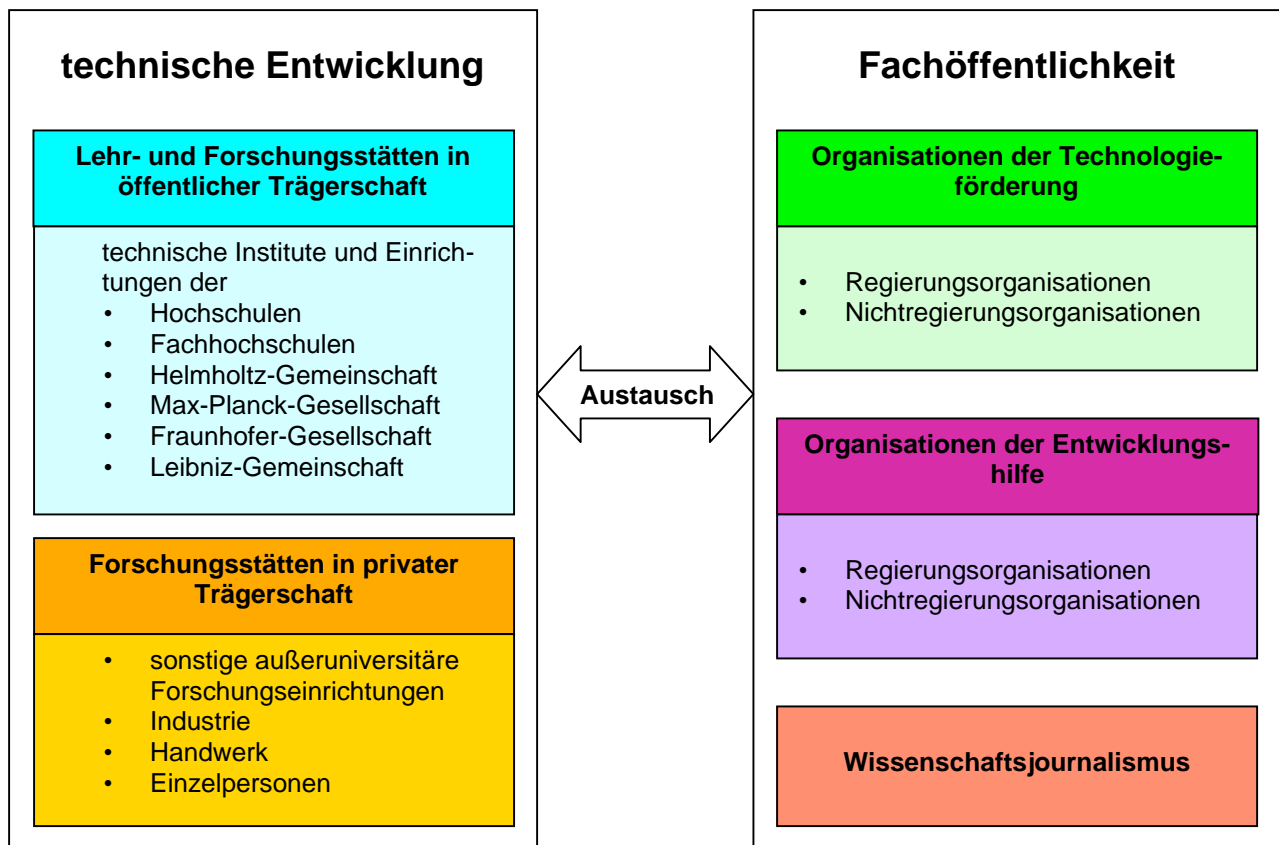


Abbildung 4-3: beteiligte Akteure im Forschungsfeld „Innovative Technologien für EL“

Abbildung 3.3 gibt einen Überblick über die beteiligten Akteure.

In den folgenden Kapiteln werden die drei unter dem Sammelbegriff „Fachöffentlichkeit“ subsumierten Gruppen aufgeschlüsselt. Hierbei ergibt sich die grundsätzliche Unterscheidung einerseits von Gruppen, die eher auf dem Sektor der Entwicklungszusammenarbeit tätig sind und andererseits von Gruppen, die allgemein technologieorientiert arbeiten. Hierbei gibt es zwangsläufig Überschneidungen. Für die weitere Recherche sind insbesondere diejenigen Personen / Institutionen interessant, die sich auf beiden Feldern bewegen.

Hinzu kommt eine Gruppe von Akteuren, die im Rahmen von journalistischen Tätigkeiten Berührungspunkte mit neuen Technologien haben. Zu diesem Bereich wird auch der Bereich der Innovations-, Energie- und Umweltpreise gezählt, weil mit Auslobung dieser Preise u.a. das Ziel der Publikmachung verbunden ist.

Als Medium der Recherche wird vorwiegend das Internet genutzt. Die Vorteile dieser Plattform liegen auf der Hand:

- weltweite Recherche möglich,
- Zeitvorteil,
- vergleichsweise hohe Aktualität,
- Breitbandigkeit einerseits und Möglichkeit der Eingrenzung der Suche andererseits (insbesondere über die Suchmaschine "google",

- hoher Beliebtheitsgrad auch bei Printmedien durch die breite Einführung von Internetredaktionen
- zunehmender Anteil von Dokumenten, die im WWW zur Verfügung stehen.

Neben der Nutzung des Internet dienen als Medium Bücher, Dokumentationen und Fachzeitschriften sowie die telefonische Kommunikation. Ziel ist es, im Laufe dieser Untersuchung zumindest mit ausgesuchten Personen der Fachöffentlichkeit und mit den einzelnen Innovatoren telefonisch Rücksprache zu halten.

Die einzelnen Positionen werden zunächst nicht nach Relevanz, sondern alphabetisch geordnet. Im Laufe der Recherche werden diejenigen Adressaten besonders herausgestellt, die sich als lohnenswerte Quelle erweisen. Dies soll eine spätere Aktualisierung der Studie erleichtern helfen.

## 4.2.1 Organisationen der Entwicklungszusammenarbeit (Auswahl)

### 4.2.1.1 Internationale Organisationen der Entwicklungszusammenarbeit

DAC (Development Assistance Committee) der OECD, <http://www.oecd.org/>

Development first, Development and Climate Projekt; UCEE, RVM, IIED, unterstützt den Dialog und Entscheidungsfindung auf nationalem und internationalem Level zwischen dem privaten und dem politischen Sektor. <http://www.developmentfirst.org/>

Energia - International Network on Gender and Sustainable Energy, <http://www.energia.org>

FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations), <http://www.fao.org/>

FSC Forest Stewardship Council, <http://www.fsc-deutschland.de/>

Gena.net, Leitstelle für Geschlechtergerechtigkeit und Nachhaltigkeit, <http://www.genanet.de>

Humana People to People <http://www.humana.org/>

IIED (International Institute for Environment and Development), <http://www.iied.org/>

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), <http://www.oecd.org>

UNEP Risoe Centre on Energy, Climate and Sustainable Development (URC), <http://uneprisoe.org/>

UNHCR (Flüchtlingshilfswerks der Vereinten Nationen), <http://www.unhcr.de/>

UNICEF (Kinderhilfswerks der Vereinten Nationen), <http://www.unicef.de/>

USAID (U.S. Agency for International Development), <http://www.usaid.gov/>

WHO World Health Organization, <http://www.who.int/en/>

#### 4.2.1.2 Nationale Regierungsorganisationen in der Entwicklungszusammenarbeit

BAFG (Bundesanstalt für Gewässerkunde), <http://www.bafg.de>

BMBF (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie), <http://www.bmbf.de/>

BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), angegliedert an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA), <http://www.bgr.de/>

BMU (Umweltbundesamt) <http://www.umweltbundesamt.de>

BMZ (Bundesministerium für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit), Bonn, <http://www.bmz.de/>

CDG (Carl Duisberg Gesellschaft), mit der DSE (Deutschen Stiftung für internationale Entwicklung) 2002 zu inWEnt fusioniert!

DEG (Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft mbH), <http://www.deginvest.de>

GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit mbH), Eschborn, <http://www.gtz.de/>

IHP/OHP-Sekretariat der Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hydrologisches Programm (IHP) der Unseco und Operationelles Hydrologisches Programm (OHP) der WMO), <http://ihp.bafg.de/>

InWEnt, Internationale Weiterbildung und Entwicklung gGmbH, <http://www.inwent.org/>

ITUT, (Internationales Transferzentrum für Umwelttechnik), <http://www.itut-ev.org/>

KfW Bankengruppe, <http://www.kfw.de/DE/Entwicklungszusammenarbeit/Inhalt.jsp>

UBA (Umweltbundesamt, <http://www.uba.de>

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, <http://www.wupperinst.org/>

#### 4.2.1.3 Nationale Nichtregierungsorganisationen in der Entwicklungszusammenarbeit

Die folgende Liste folgt dem Index der Nichtregierungsorganisationen aus dem Projekt „Bengo“ des Deutschen Paritätischen Wohlfahrtsverbandes, Adresse: <http://www.paritaet.org/bengo/7/ngoindex.htm>.

Zu allen Einträgen existiert eine Kurzdarstellung, die eine Einordnung nach Themenschwerpunkten und Aktivitäten in den EL ermöglicht.



- [123 Neue Energie gGmbH](#)  
[Acción Humana - Alexander M. Valentin-Dallmer](#)  
[action five e.V., Bonn](#)  
[Action Five e.V., Freiburg](#)  
[action medeor - Stiftung](#)  
[action medeor e.V. Deutsches Medikamenten-Hilfswerk](#)  
[Adivasi Koordination in Deutschland e.V.](#)  
[Ärzte der Welt e.V. - Médecins du Monde Deutschland](#)  
[Ärzte für die Dritte Welt e.V.](#)  
[Afghanisch-Deutscher Ärzteverein e.V.](#)  
[AFGHANISTAN Hilfs- und Entwicklungsdienst "AHED"](#)  
[Afghanistanhilfe vor Ort e.V.](#)  
[africa action / Deutschland e.V.](#)  
[Afrika Projekt e.V.](#)  
[Afrika-Freundeskreis Bayreuth e.V.](#)  
[Afrikanische Jugendhilfe e.V.](#)  
[Afrikanische Ökumenische Kirche e.V.](#)  
[Agape e.V.](#)  
[Agenda Eine Welt](#)  
[Agablanca e.V. - Hilfe für kolumbianische Kinder](#)  
[AJUDA heißt Hilfe e.V.](#)  
[Aktion Bombay e.V.](#)  
[Aktion Canchanabury - Leprahilfe Hans Reinhardt e.V.](#)  
[AKTION DRITTE WELT gGmbH - ADW](#)  
[Aktion Humane Welt e.V.](#)  
[AKTION KINDERHILFE MÜNSTER e.V.](#)  
[Aktion Kolumbienhilfe e.V.](#)  
[Aktionsgemeinschaft der Belegschaft MAN Bochum e.V.](#)  
[Aktionsgemeinschaft EMAS Trinkwasser und Krankenhaus Chamaca Bolivien e.V.](#)  
[Aktionsgemeinschaft Solidarische Welt e.V.- ASW -](#)  
[Aktionskreis Ostafrika e. V.](#)  
[Aktionskreis Pater Beda für Entwicklungsarbeit e.V.](#)  
[Albert-Schweitzer-Verband der Familienwerke und Kinderdörfer e.V.](#)  
[Alfons Goppel-Stiftung](#)  
[Amberger Fördergemeinschaft Dr. Lupp e.V.](#)  
[amilcar-cabral-gesellschaft e.v.](#)  
[AMREF Gesellschaft für Medizin und Forschung in Afrika e.V.](#)  
[Apotheker ohne Grenzen Deutschland e. V. - AoG](#)
- [APROSAS - Solidarität mit den Mayas in Guatemala e.V.](#)  
[Arbeiter Samariter Bund Deutschland e.V. - ASB](#)  
[Arbeitsgemeinschaft Alternativ Handeln e. V.](#)  
[Arbeitsgemeinschaft Behindertenhilfe & Projektentwicklung e.V. \(ab&p\)](#)  
[Arbeitsgemeinschaft für Schulungen in Regenerativer Energietechnik e.V.](#)  
[Arbeitsgemeinschaft Regenwald und Artenschutz e.V. - ARA](#)  
[Arbeitskreis Dritte Welt e.V.](#)  
[Arbeitskreis Dritte Welt Haaren e.V.](#)  
[Arbeitsstelle Weltbilder Agentur für interkulturelle Pädagogik](#)  
[arche noVa e.V. - Initiative für Menschen in Not](#)  
[Architekten über Grenzen e.V.](#)  
[Associação dos Moçambicanos na Alemanha \(AMA.\) - Mosambikanischer Verein in Deutschland e.V.](#)  
[Association des Amis de Poa - Sektion Lemgo im Freundeskreis des Marianne-Weber-Gymnasiums e.V.](#)  
[Aufbau Eritrea e.V.](#)  
[Ausbildungshilfe Indien e. V.](#)  
[Ave Togo e.V.](#)  
[Awadani e.V. - Kurdisches Forum Deutschland](#)  
[AWD - Stiftung Kinderhilfe](#)  
[Ayubowan Sri Lanka Partnerschaftsverein Osthofstein - Tiaranagama. e.V.](#)  
[AYUDAME - Kinderhilfswerk Arequipa / Peru e.V.](#)  
[Azalay - Brücke von Mensch zu Mensch Hilfe zur Erhaltung der nomadischen Lebensform e.V.](#)  
[Balay sa Gugma - Straßenkinderprojekt e.V.](#)  
[BAOBAB - Infoladen Eine Welt e.V.](#)  
[BasisGesundheitsDienst - BGD](#)  
[Bauen und Begegnen e.V.](#)  
[Bayerisch-Togoische Gesellschaft e.V](#)  
[Behindertenhilfe Nigeria e.V.](#)  
[Behinderung und Entwicklungszusammenarbeit e.V.](#)  
[Berlin Hilft e.V. \(BH\)](#)  
[BICE Deutschland e.V. Internationale Kinderrechtsorganisation](#)  
[Bielefelder Hilfsprojekte für Afrika e.V.](#)  
[BISER International e.V. - Sektion Deutschland](#)  
[Bnita e.V.](#)
- [Bolivianisches Kinderhilfswerk e.V.](#)  
[BORDA e.V. - Bremer Arbeitsgemeinschaft für Überseeforschung und Entwicklung](#)  
[Brasilien - und Uganda - Hilfe e.V.](#)  
[Brasilieninitiative Freiburg e.V.](#)  
[Brasilieninitiative Nordeste e.V. zur Förderung von Ausbildung und sozialer Hilfe](#)  
[Brochier Kinderfonds Stiftung](#)  
[Brot für die Welt Aktion des Diakonischen Werkes der EKD](#)  
[Brücke der Freundschaft e.V.](#)  
[Brücke der Kulturen - bridge of cultures e.V.](#)  
[Bürgerpartnerschaft Dritte Welt Idstein e.V.](#)  
[Bundesvereinigung Lebenshilfe für Menschen mit geistiger Behinderung e.V.](#)  
[Burkina Faso Initiative Belm e. V.](#)  
[Burma Büro e.V.](#)  
[Calcutta Rescue Deutschland e. V.](#)  
[Campo Limpo - Solidarität mit Brasilien e. V.](#)  
[CARE Deutschland e.V.](#)  
[CARGO e.V.](#)  
[CCF Kinderhilfswerk e.V.](#)  
[Ceylon-Direkthilfe e.V. \(CDH\)](#)  
[Children of Nepal e.V.](#)  
[Christ Endtime Movement International - CETMI e.V.](#)  
[Christen in der Offensive e.V.](#)  
[Christliche Initiative Internationales Lernen e.V.](#)  
[Christoffel Blindenmission e.V.](#)  
["Connect" e.V. - Hilfe für Ruanda](#)  
[Connect plus e.V.](#)  
[Cornhouse Stiftung International](#)  
[Cuba-Solidarität Würzburg e.V.](#)  
[DBSH Institut zur Förderung der Sozialen Arbeit e.V.](#)  
[DESWOS - Deutsche Entwicklungshilfe für soziales Wohnungs- und Siedlungswesen e.V.](#)  
[Deutsch-Afrikanische Gesellschaft e.V. \(DAFRIG\)](#)  
[Deutsch-Burkinische Freundschaftsgesellschaft e.V.](#)  
[Deutsche Gesellschaft der Freunde Botswanas - DGFB \(German - Botswana Friendship Association\)](#)  
[Deutsche Humanitäre Stiftung](#)  
[Deutsche Minenräumer, e.V. - DEMIRA](#)  
[Deutsche Pfadfinderschaft Sankt Georg e.V. - DPSG](#)

- [Deutsche Stiftung für UNO-Flüchtlingshilfe e.V.](#)
- [Deutsche Stiftung Weltbevölkerung \(DSW\)](#)
- [Deutsche Welthungerhilfe e. V.](#)
- [Deutscher Baltistan-Förderkreis e.V.](#)
- [Deutscher Caritasverband e.V. - Caritas international](#)
- [Deutscher Frauenring e.V.](#)
- [Deutscher Hilfsverein für das Albert-Schweitzer-Spital in Lambarene e.V.](#)
- [Deutscher Initiativkreis für das Verbot von Landminen](#)
- [Deutsches Blindenhilfswerk e. V.](#)
- [Deutsches Rotes Kreuz - Generalsekretariat](#)
- [Deutsch-Ghanaischer Freundschaftskreis e.V. - Verein für interkulturelle Begegnung](#)
- [Deutsch-Ghanaischer Verein "Projekt Ningo" e.V.](#)
- [Deutsch-Indische Kinderhilfe e.V.](#)
- [Deutsch-Indische Zusammenarbeit e.V. Ecumenical Sangam](#)
- [Deutsch-Kamerunischer Freundeskreis e.V.](#)
- [Deutsch-Libanesische Zusammenarbeit e.V.](#)
- [Deutsch-Libanesischer Verein e.V. \(DLV\)](#)
- [Deutsch-Marokkanische Paritätische Gesellschaft e.V.](#)
- [Deutsch-Mosambikanische Gesellschaft e.V.](#)
- [Deutsch-Namibischer Hilfsfonds "Quandt" e.V.](#)
- [Deutsch-Nepalische Hilfsgemeinschaft e.V.](#)
- [Deutsch-Palästinensischer Frauenverein e.V.](#)
- [Deutsch-Russischer Austausch e.V. - DRA](#)
- [Deutsch-Somalischer Verein e.V.](#)
- [Deutsch-Tansanische Freundschaftsgesellschaft e.V. \(DETAf\)](#)
- [Deutsch-Tansanische Partnerschaft e.V.](#)
- [Deutsch-Togoischer-Freundeskreis e.V.](#)
- [Deutsch-Togolesische Gesellschaft e.V. Societe Allemande-Togolaise \(SAT\)](#)
- [DEWI SARASWATI Hamburg - Patenschaftskreis für die Ausbildung chancenarmer Kinder e.V.](#)
- [DGB Bildungswerk e.V. - Nord-Süd-Netz](#)
- [Dialog International - Fördergemeinschaft für demokratische Friedens-Entwicklung e.V.](#)
- [Diapo - Hand in Hand e.V.](#)
- [Die Stütze e.V.](#)
- [Die Wissensbrücke e.V.](#)
- [Direkthilfe für Rusinga-Insel e.V.](#)
- [Dorf der Freundschaft Vietnam e.V.](#)
- [Dortmunder helfen Kurden e.V. - DhK](#)
- [Drei Schulen - Eine Welt e.V.](#)
- [Dritte-Welt-Kreis Panama e.V.](#)
- [EarthLink e.V. - The People & Nature Network](#)
- [EG-SOLAR e.V.](#)
- [Ein Bücherbus in Nicaragua e.V.](#)
- [Eine Hilfe für Ghana e.V.](#)
- [Eine Welt Gruppe Arolsen e.V.](#)
- [Eine Welt Gruppe der Sophiengemeinde Berlin](#)
- [Eine Welt Haus e.V.](#)
- [Eine Welt Kreis e.V., Berchtesgaden](#)
- [Eine Welt Kreis St. Nikolaus Wolbeck e.V.](#)
- [EIRENE - Internationaler Christlicher Friedensdienst e.V.](#)
- [Entwicklungshilfe: Technische Bildung im Königreich Marokko e.V.](#)
- [Entwicklungspolitische Gesellschaft e.V. - EpoG](#)
- [Esperanza - Hilfe zur Selbsthilfe für Mittelamerika e.V.](#)
- [Euro - Kasachstan Tranfer e.V. - EKT](#)
- [Evangelischer Förderkreis Malawi e.V.](#)
- [FIBRA - Förderinitiative Brasilienfreunde e.V.](#)
- [Flüchtlingshilfe Langen e.V.](#)
- [Flüchtlingskinder im Libanon e.V.](#)
- [FOCUS e.V. - Verein zur Förd. der Partnerschaft zw. Viernheim und der Gemeinde Satonévri in Burkina Faso](#)
- [Förder- und Freundeskreis Städtepartnerschaft Sebaco \(Nicaragua\) - Recklinghausen e.V.](#)
- [Förderer der Partnerschaft der Anne-Frank-Schule Lennestadt mit Schulen in Mosambik e.V.](#)
- [Förderungsgemeinschaft Ngelani-Waisenkinder](#)
- [Förderkreis Burkina Faso e.V.](#)
- [Förderkreis Hogar Don Bosco e.V.](#)
- [Förderkreis Rancho Santa Fe e.V.](#)
- [Förderkreis Sahel e.V.](#)
- [Förderkreis St. Jakobus Weiskirchen e.V.](#)
- [Förderkreis Wandumbi - Kinder helfen Kindern](#)
- [Förderkreis "Wasser für Nigeria" e.V.](#)
- [Förderung internationaler Begegnung Reiki - Nigeria e.V.](#)
- [Förderverein der Beruflichen Schule Butzbach e.V.](#)
- [Förderverein der Freiherr-vom-Stein-Schule - Europaschule Gladenbach e.V.](#)
- [Förderverein der Pfarre St. Marien für](#)
- [Entwicklung und Frieden e.V.](#)
- [Förderverein für Jugendbildung und Wirtschaftsbeziehungen Norddeutschland-Kaliningrad e.V.](#)
- [Förderverein Habitat for Humanity in Deutschland e.V.](#)
- [Förderverein Hilfe für Yatenga e.V.](#)
- [Förderverein Partnerschaft-Tansania e.V. an der Alexander-von-Humboldt-Schule - Europaschule](#)
- [Förderverein Piela-Bilanga e.V.](#)
- [Förderverein Sankt Josef Waisenhaus Paraguay 1996 e.V.](#)
- [Förderverein Sierra Leone e.V.](#)
- [Forum Eine Welt Gauting e.V.](#)
- [Forum Kinder in Not e.V.](#)
- [FORUT Entwicklungshilfeorganisation deutscher Guttempler e. V.](#)
- ["Frauen in Kenia", FINK - Frauen-Forschungs-und Praxis-Projekt \(FFPP\) der Fachhochschule Fulda](#)
- [Freie Lebensstudien-Gemeinschaft gem. e.V.](#)
- [Freunde der Christen im Libanon e.V.](#)
- [Freunde der Erziehungskunst Rudolf Steiners e.V.](#)
- [Freunde der Indios von Peru e.V.](#)
- [Freunde Djibos e.V.](#)
- [Freunde Nepals e.V.](#)
- [Freunde und Förderer des Kinderheims Kathiawar Balashram, Indien e.V.](#)
- [Freunde von Nouna e.V.](#)
- [Freundeskreis Afghanistan e.V.](#)
- [Freundeskreis Bareka - Brücke zur Dritten Welt e.V.](#)
- [Freundeskreis Christlicher Mission e.V.](#)
- [Freundeskreis des indischen Kinderdorfs St. Boniface Anbham e.V.](#)
- [Freundeskreis Dritte Welt e.V.](#)
- [Freundeskreis Freiburg-Tuzla e.V.](#)
- [Freundeskreis Indien - Hilfe zur Selbsthilfe Interkulturelle Begegnung e.V. \(FKI\)](#)
- [Freundeskreis Mali e.V.](#)
- [Freundeskreis Nepalhilfe e.V. - Darmstadt](#)
- [Freundeskreis Nicaragua zur Förderung der Städtepartnerschaft zwischen Dorsten und Waslala e.V.](#)
- [Freundeskreis Oaxaca e.V.](#)
- [Freundeskreis Partnerschaft Übersee e.V.](#)
- [Freundeskreis Peru Amazonico e.V.](#)
- [Freundeskreis Pretoria Community Ministries e.V.](#)
- [Freundschaftsverein Wadern - Toma e.V.](#)
- [Friedenskreis Halle e.V.](#)

[Friedrich-Ebert-Stiftung](#)  
[GAB - Gesellschaft für Arbeits- und Berufsförderung mbH](#)  
[Gambia Initiative e.V.](#)  
[GEAMOC e.V. - German Educational Assistance to Malawian Orphan Children](#)  
[GEKO e.V.](#)  
[Gemeinschaft Sant' Egidio e.V.](#)  
[German Pharma Health Fund e.V. \(GPHF\)](#)  
[Gesellschaft der Freunde des Sahrauischen Volkes e.V.](#)  
[Gesellschaft für bedrohte Völker e.V.](#)  
[Gesellschaft für medizinisch-technische Zusammenarbeit e.V.](#)  
[Gesellschaft zur Förderung des Nord-Süd-Dialogs e.V.](#)  
[Gesellschaft zur Förderung konkreter Entwicklungsprojekte \(GFE\) e.V.](#)  
[Gesellschaft zur humanitären Unterstützung der Palästinenser e.V. \(GHUPE.V.\)](#)  
[Ghana - Netzwerk](#)  
[Ghana Community Niederbayern e.V.](#)  
[Gilde "Kreuz des Südens" e.V.](#)  
[Goldener Lotus - Hilfswerk Bengalen e.V.](#)  
[Häuser für Menschen e.V.](#)  
[HaitiCare e.V.](#)  
[Haiti-Hilfe Schramberg e.V.](#)  
[Haiti-Med e.V.](#)  
[Hammer Forum e.V. Humanitäre medizinische Hilfe für Kinder aus Kriegs- und Krisengebieten](#)  
[HAND IN HAND International e.V. Verein für Begegnung und Zusammenarbeit](#)  
[Handicap International e.V.](#)  
[Handwerksförderung Ost-Afrika e.V. \(HOAV\)](#)  
[HAUKARI e.V. Arbeitsgemeinschaft für internationale Zusammenarbeit](#)  
[Hedwig und Robert Samuel-Stiftung](#)  
[Heil-Bronnen für Ghana e.V.](#)  
[Heim-statt Tschernobyl e.V.](#)  
[Helft Nicaraguas Kindern e.V.](#)  
[HELP - Hilfe zur Selbsthilfe e.V.](#)  
[Helping Hands e.V.](#)  
[Helping Hands for Africa e.V.](#)  
[Hermann-Gmeiner-Fonds Deutschland e.V.](#)  
[Herz von Haiti e.V.](#)  
[HEYVA SOR A KURDISTANE e.V.](#)  
[Hilfe für Aidswaisen in der Katholischen Diözese Masaka / Uganda](#)  
[Hilfe für Behinderte in Namibia e.V.](#)  
[Hilfe für Burkina Faso e.V.](#)  
[Hilfe für die Massai e.V.](#)  
[HILFE FÜR GUASMO e.V.](#)  
[Hilfe für Kinder in Chatterhat-Indien e.V.](#)  
[Hilfe für Kleinbauern in Togo e.V.](#)  
[Hilfe für Namibia e.V.](#)  
[Hilfe von Mensch zu Mensch e.V.](#)  
[Hilfe zur Selbsthilfe - Dritte Welt e.V.](#)  
[Hilfe zur Selbsthilfe / Up Micro Loans](#)  
[Hilfsaktion Noma e.V.](#)  
[Hilfsaktion Samé e.V.](#)  
[Hilfsaktion Sang Vert e.V.](#)  
[Hilfsaktion Togo/Togoville e.V.](#)  
[Hilfsfonds Padre Miguel e.V.](#)  
[Hilfsgüter und Partnerschaft für Afrika e.V.](#)  
[Hilfsorganisation der Oromo Relief Association in der Bundesrepublik Deutschland e.V.](#)  
[Hilfswerk der Deutschen Lions e.V.](#)  
[HOPE e.V.](#)  
[Human Help Network e.V.](#)  
[Humanitäre Aufbauhilfe e.V. Köln/Zwickau HAH](#)  
[Humanitäre Cubahilfe e.V. - HCH](#)  
[Humanitärer Verein für Kasachstan e.V.](#)  
[IBIS - Interkulturelle Arbeitsstelle für Forschung, Dokumentation, Bildung und Beratung e.V.](#)  
[!Impact on Health e.V.](#)  
[Indianerhilfe in Paraguay e.V. \(IP\)](#)  
[Indienhilfe e.V.](#)  
[Indienhilfe e.V. \(Kelkheim\)](#)  
[Indienhilfe Sieburg Prem Sadan e.V.](#)  
[Indien-Hilfswerk e.V.](#)  
[Indien-Nothilfe e.V.](#)  
[Informationsbüro Nicaragua e.V.](#)  
[Initiative Südafrika e.V. gemeinsam entdecken, lernen, handeln](#)  
[Initiativen Afrika e.V.](#)  
[INKOTA-netzwerk e.V.](#)  
[Institut für Internationale Zusammenarbeit des deutschen Volkshochschul-Verbandes e.V. \(IIZ/DVV\)](#)  
[\(!\)NTACT - Internationale Aktion gegen die Beschneidung von Mädchen und Frauen e.V.](#)  
[Interkultura e.V.](#)  
[Internationale Entwicklung und Soziale Arbeit \(IESA\) e.V.](#)  
[Internationale Humanitäre Hilfsorganisation - IHH e.V.](#)  
[Internationaler Hilfsfonds e.V.](#)  
[Internationaler Landvolkdienst der KLB e.V. \(ILD\)](#)  
[Internationaler Verband Westfälischer Kinderdörfer e.V.](#)  
[Internationales Hilfswerk für Rehabilitation - Aktionsgemeinschaft für Menschen mit Behinderungen e.V.](#)  
[Internationales Institut zur Entwicklungsförderung der Jugend e.V. \(EDEJU\)](#)  
[Internationales Katholisches Missionswerk missio e.V.](#)  
[Internationales Netzwerk für Kultur- und Artenvielfalt e.V. - INKA](#)  
[Inti Runa, Hilfe für Bedürftige in Bolivien e.V.](#)  
[IPAK - Zukunft für Bosniens Jugend e.V.](#)  
[Iringa Hilfe e.V.](#)  
[ISA Indische Solidaritätsaktion e.V.](#)  
[Itmen e.V.](#)  
[JUGEND DRITTE WELT e.V.](#)  
[Jugend-, Missions- und Sozialwerk e.V.](#)  
[Jugendhilfe Afrika 2000 e.V. \(JHA 2000\)](#)  
[Jugendhilfe Ostafrika e.V.](#)  
[Jugendrotkreuz des DRK-Landesverbandes Westfalen-Lippe e.V.](#)  
[Jugendumweltbüro - JANUN e.V. Region Hannover](#)  
[justiceF](#)  
[Kai-Henning-Fonds "Dinner for Two" e.V.](#)  
[Kamerun-Freundeskreis "EKITE" e.V.](#)  
[KarEn - Verein zur Förderung alternativer Energien in der Karibik e.V. Berlin](#)  
[Karl Kübel Stiftung für Kind und Familie](#)  
[Katachel e.V. Verein für Humanitäre Hilfe in Afghanistan](#)  
[KATE - Kontaktstelle für Umwelt & Entwicklung Centro de Ecologia & Desarrollo](#)  
[KATE-Kontaktstelle für Umwelt & Entwicklung e.V.](#)  
[Katholische Landjugendbewegung Deutschlands e.V.](#)  
[Kékéli e.V.](#)  
[Kernen-Masvingo-Gesellschaft e.V.](#)  
[KiKo e.V. \(Kinderhilfe für Kolumbien\)](#)  
[Kinder- und Jugendring Bonn e.V. \(KJRB\)](#)  
[kinder unserer welt e.V.](#)  
[Kinderdorf VIVO in Togo e.V.](#)  
[Kindergarten "Linden" in Gambia - Partner für Afrika e.V.](#)  
[Kindergarten Mühlheim an der Ruhr in Gambia e.V. - Partner für Afrika -](#)  
[KINDERHILFE CHILLÁN Lebach e.V.](#)  
[Kinderhilfe Cusco-Peru e.V.](#)  
[Kinderhilfe KAKADU e.V. \(Kinder Aller](#)

- Kontinente Aus Deutschland Unterstützt  
Kinderhilfe Senegal 1994 e.V.  
Kinderhilfswerk für die Dritte Welt e.V.  
Kindernothilfe Bangalore e.V.  
Klima-Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der Regenwälder / Alianza del Clima e.V.  
Komitee Bildung und Freiheit Darmstadt e.V.  
Komitee Cap Anamur - Deutsche Not-Ärzte e.V.  
Komitee zur Förderung medizinischer und humanitärer Hilfe in Afghanistan e.V.  
Kongo für Kivu e.V.  
Krankenhaus Ruanda e.V.  
Kuratorium Tuberkulose in der Welt e.V.  
Kurdistan Kultur Zentrum e.V.  
Landshuter Arbeitskreis Partnerschaft mit der Dritten Welt e.V.  
Landwirtschaft und Oekologisches Gleichgewicht mit Osteuropa - LOGO e.V.  
Lateinamerika-Arbeitskreis tierra unida e.V. Potsdam  
Lateinamerika-Zentrum e.V.  
Lebendige Kommunikation mit Frauen in ihren Kulturen (KFK) e.V.  
Lebenschancen International e.V.  
Lebenshilfe für Afrika e.V.  
LEBENSMISSION e.V. "Jesus für Haiti"  
Lepra-Mission, Freundeskreis der Aussätzigenarbeit e.V.  
Lernen - Helfen - Leben e.V.  
Licht in Lateinamerika (LiL)  
Lichtbrücke e.V.  
Liga für Hirtenvölker (League for Pastoral Peoples) (LPP)  
Löwe für Löwe e.V.  
Ma'at e.V.  
Madagaskar - Help e.V.  
MALI-HILFE e.V.  
Malteser Hilfsdienst e.V. / Auslandsdienst  
MANGO - Medizinische Aktionen in Guinea - e.V.  
Marie-Schlei-Verein e.V.  
materra - Stiftung Frau und Gesundheit - e.V.  
Mati e.V. - Selbstbestimmte Dorfentwicklung in Bangladesch  
mediCuba-Deutschland e.V.  
Medizinische DirektHilfe in Afrika e.V. (MDH)  
Medizinische Hilfe für Äthiopien e.V.  
Medizinische Hilfe für Viet-Nam e.V.
- Mennonitisches Hilfswerk e.V.  
Missionsgemeinschaft des Apostels Paulus e.V.  
Missionszentrale der Franziskaner e.V. (MZF)  
Mostar Friedensprojekt e.V.  
Mumbo Self-Help Development e.V.  
Mutter und Kind in Tanzania - Hilfe zur Selbsthilfe e.V.  
Naira e.V.  
Najdeh e.V.  
NaturFreunde Deutschlands e.V.  
Naturland - Verband für naturgemäßen Landbau e.V.  
Nehemia-Christenhilfsdienst e.V.  
Nepal Projektförderung e.V.  
Nepal-Hilfe Aachen e.V.  
NETZ - Partnerschaft für Entwicklung und Gerechtigkeit e.V.  
Netzwerk Behinderung und Dritte Welt  
Netzwerk InterRed Cooperación e.V.  
Neue Horizonte Köln e.V.  
Nicaragua-Verein Oldenburg e.V.  
No More Slum, Lebenshilfe zur Selbsthilfe e.V.  
Nordelbisches Zentrum für Weltmission und Kirchlichen Weltdienst  
Odenwaldschule e.V. - Ghana Projekt-gruppe -  
OIKOS EINE WELT e.V.  
OMED e.V.  
Opportunity International Deutschland  
ORA e.V. Deutscher Hilfsfonds  
Oromiya Relief and Rehabilitation Organisation - ORRO e.V.  
ORT Deutschland e.V.  
Ost-West-Institut für Sozialmanagement e.V.  
OURCHILD e.V. Internationales Kinderhilfswerk  
Pakistanisch-Deutscher Wohlfahrts- und Kulturverein e.V.  
Pan y Arte e.V.  
Para Nicaragua e.V.  
PARMED e.V. - Medizinischer Partner der Dritten Welt  
Partnerschaft Dritte Welt St. Martin Kaiserslautern e.V.  
Partnerschaft Mirantao / Mantiqueira  
Partnerschaft mit Guinea e.V.  
Partnerschaft Piela - Bad Münstereifel e.V.  
Partnerschaft Sahelzone e.V.  
Partnerschaft Shanti-Bangladesh e.V.
- Partnerschaftskreis Nassau - Leo/Burkina Faso e.V.  
Partnerschaftsprojekt in Mosambik e.V. Neuss  
Partnerschaftsverein La Trinidad - Moers e.V.  
Partnerschaftsverein Wiesbaden-Schierstein - Kamenez-Podolski e.V.  
Paten für Kinder in Esmeraldas/San Lorenzo e.V.  
Patuca e.V. Freunde und Förderer für Natur im Regenwald  
Pazifik-Netzwerk e.V.  
Peace Brigades International (PBI) - Deutscher Zweig e.V.  
Peru-Aktion e.V.  
Peter-Hesse-Stiftung SOLIDARITÄT IN PARTNERSCHAFT für EINE Welt  
Philippinenbüro im Asienhaus  
Philsagay Zweig Philippinen von Initiativen Partnerschaft 3. Welt (IP3)  
Pro Mundo Humano  
Pro Paraguay Initiative e.V.  
Pro Planet e.V.  
Projekt Kunsthandwerkschule Lhasa e.V.  
Projekt Theodora Wohlfahrtspflege Klausenburg e.V.  
Projekthilfe Dritte Welt e.V.  
ProKivu e.V.  
Promotiomed e.V.  
PRO-OST, Rußland Hilfe vor Ort  
Quäker-Hilfe e.V.  
Quilombo "Eine Welt" e.V.  
Regenwald Arbeitsgemeinschaft Cameroun e.V.  
Renaissance Osteuropa e.V.  
Rhein-Donau-Stiftung e.V.  
Rotary Deutschland Gemeindienst e.V.  
Ruanda - Komitee e.V.  
Saarländisch-Philippinischer-Freundeskreis e.V.  
Sadhana- Bündnis zur Hilfe für Menschen mit Behinderungen in Indien e.V.  
Sahayapuram Indienhilfe e.V.  
Sambia - Förderverein e.V.  
Samburuhilfe e.V.  
Samhathi - Hilfe für Indien e.V.  
Sandino Partnerschaft e.V.  
Scheune e.V.  
Schulbausteine für Gando e.V.  
Schule für Farakala/Mali e.V.  
Schulprojekt Spinboldak e.V.

- [Schulwälder für Westafrika e.V.](#)
- [Schweißtechnische- und Bildungszentrum gGmbH](#)
- [Selbsthilfegruppe der Bürger Waoundes in Europa e.V.](#)
- [Senegalhilfe-Verein e.V.](#)
- [Senegal-Stiftung](#)
- [Senior Experten Service](#)
- [Shelter for Africa e.V.](#)
- [Shelter Germany e.V.](#)
- [SIMBIOSIS-Mensch und Natur e.V.](#)
- [Society for the Promotion of Rural Development in Africa \(SORUDA\) Germany e.V.](#)
- [Solar Global e.V.](#)
- [Solcito e.V. Verein zur Förderung von Kindergarten und Gemeinwesenzentrum in Chile](#)
- [Solidaritätsdienst-international e.V. \(SODI\)](#)
- [Solidaritätskreis Westafrika e.V.](#)
- [Solwodi e.V. - Solidarität mit Frauen in Not -](#)
- [SONED - Southern Networks for Environment and Development - in Berlin Friedrichshain e.V.](#)
- [Sonnenenergie für Westafrika e.V.](#)
- [SOS - Re. De. Co. e.V. \(Demokratische Republik Kongo\)](#)
- [Sozialdienst des Missionswerkes der Gemeinde Gottes e.V. - Kinderhilfswerk Bergen -](#)
- [Sparkassenstiftung für internationale Kooperation](#)
- [Spenden für die Ärmsten e.V.](#)
- [Spendenprojekt Liberia](#)
- [Spes viva e.V. Gemeinnütziges Hilfswerk auf Gegenseitigkeit](#)
- [Stiftung Ausbildungshilfe Ruanda](#)
- [Stiftung fuer Kinder](#)
- [Stiftung Hilfe am Mitmenschen](#)
- [Stiftung Karin Vorberg e.V.](#)
- [Stiftung Kinder in Afrika](#)
- [Stiftung Menschen für Menschen e.V.](#)
- [Stiftung Sankt Barbara](#)
- [Studienförderung Passo Fundo e.V.](#)
- [Süd Nord Forum e.V.](#)
- [Südamerika-Zentrum Hannover e.V.](#)
- [Südost Europa Kultur e.V.](#)
- [Support Africa e.V.](#)
- [Susila Dharma - Soziale Dienste e.V.](#)
- [TALIDE e.V.](#)
- [Tansaniahilfe Erfurt e.V.](#)
- [Tanzania-Kreis Halberstadt e.V.](#)
- [Tanzania-Network.de e.V.](#)
- [TaT- Transferzentrum für angepasste Technologien](#)
- [Technologie Transfer Marburg in die Dritte Welt e.V. \(TTM\)](#)
- [Terra Mae e.V.](#)
- [TERRA TECH e.V.](#)
- [TERRE DES FEMMES](#)
- [terre des hommes Deutschland e.V.](#)
- [Themba - Gesellschaft zur Förderung Bedürftiger im südlichen Afrika e.V.](#)
- [Tibetbaum Projekt Karma Kagyu Gemeinschaft Deutschland e.V Hauptsitz in Langenfeld](#)
- [Tierärzte ohne Grenzen e.V.](#)
- [Tikaré e.V. - Verein zur Förderung der Partnerschaft mit Tikaré und Guibaré in Burkina Faso](#)
- [Together - Hilfe für Uganda e.V.](#)
- [Togo-Freunde Hannover e.V.](#)
- [Togohilfe e.V.](#)
- [Togoverein e.V.](#)
- [Transfer Medizinischer Versorgung e.V.](#)
- [Tukolere wamu - Gemeinsam für eine Welt e.V.](#)
- [Ubuntu Afrikaprojekte e.V.](#)
- [Überlebenshilfe Sudan e.V.](#)
- [Ugandakreis Heiligenstadt e.V.](#)
- [Unabhängiges Institut für Umweltfragen \(UfU\) e.V.](#)
- [Undugu Freundeskreis e.V.](#)
- [UNESCO-Club Frankenthal e.V.](#)
- [United Social Care + Health e.V.](#)
- [UNSERE KLEINEN BRÜDER UND SCHWESTERN E.V.](#)
- [¡Vamos! Verein zur Förderung der Partnerschaft zwischen Christen in Lateinamerika und Europa e.V.](#)
- [Verein der Freunde von Mauretania e.V.](#)
- [Verein der Togofreunde e.V.](#)
- [Verein Entwicklungshilfe Baden-Württemberg e.V.](#)
- [Verein für Internationale Medizinische Zusammenarbeit e.V.](#)
- [Verein für Partnerschaft mit Ai Kwang Won, Schorndorf e.V.](#)
- [Verein "Hilfe zur Selbsthilfe Walldorf e.V."](#)
- [Verein zur Erforschung und Förderung von Volksbildung und internationaler pädagogischer Zusammenarbeit e.V.](#)
- [Verein zur Förderung behinderter Kinder und Jugendlicher in Guinea e.V.](#)
- [Verein zur Förderung behinderter Kinder und Jugendlicher in Südamerika e.V. \(VFbKJ in Südamerika e.V.\)](#)
- [Verein zur Förderung der Deutsch-Nepalesischen Völkerverständigung e.V. - Nepalhilfe Aham -](#)
- [Verein zur Förderung der Kultur und der Wissenschaft in Afrika e.V.](#)
- [Verein zur Förderung der Städtepartnerschaft Gießen-San Juan del Sur/Nicaragua. qipanic e.V.](#)
- [Verein zur Förderung der Städtepartnerschaft Köln - Corinto / El Realejo e.V.](#)
- [Verein zur Förderung einer Städtepartnerschaft Saarbrücken-Diriamba e.V.](#)
- [Verein zur Förderung entwicklungswichtiger Vorhaben e.V.](#)
- [Verein zur Förderung kultureller Entwicklung in Ägypten e.V.](#)
- [Verein zur Förderung sozialer Projekte in Charkhali, Bangladesh e.V.](#)
- [Verein zur Förderung von Entwicklungsprojekten in Haiti e.V.](#)
- [Verein zur Förderung von Schule, Alphabetisierung und Gesundheit in Hispaniola e.V.](#)
- [Verein zur Förderung von Selbsthilfegruppen in Lateinamerika e.V.](#)
- [Verein zur Unterstützung der Zahnmedizinischen Versorgung in Ländern der 3. Welt e.V.](#)
- [Verein zur Unterstützung von Schulen für afghanische Flüchtlingskinder e.V.](#)
- [Vietnam Bildung - Kultur e.V. \(VBK\)](#)
- [Vietnamesische Interkulturelle Fraueninitiative in Deutschland \(ViFi\) e.V.](#)
- [Vive Zene e. V. Dortmund](#)
- [W. P. Schmitz-Stiftung](#)
- [Wadi e.V. - Verband für Krisenhilfe und solidarische Entwicklungszusammenarbeit](#)
- [Weltfriedensdienst e.V.](#)
- [Welthaus Bielefeld e.V.](#)
- [Weltnotwerk e.V. - Solidaritätsaktion der katholischen Arbeitnehmerschaft Deutschlands](#)
- [Werkhof e.V.](#)
- [Wilhelm-Oberle-Stiftung](#)
- [World University Service. Deutsches Komitee e.V.](#)
- [World Vision Deutschland e.V.](#)
- [Zahnmedizinische Entwicklungshilfe e.V. \(ZME\)](#)
- [Zomba Hospital Projekt e.V.](#)
- [Zukunftsstiftung Entwicklungshilfe](#)

Weitere Nicht-Regierungsorganisationen, die nicht in o.a. Liste verzeichnet sind:

Afrikagruppe deutscher Geowissenschaftler

Agenda Transfer - Agentur für Nachhaltigkeit GmbH, <http://www.agenda-transfer.de/>

Andheri Hilfe, <http://www.andheri-hilfe.de/>

Artefact, <http://www.artefactweb.de/>

AT Verband (Verband zur Förderung angepasster, sozial- und umweltverträglicher Technologien e.V., <http://members.aol.com/atverband/>

Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz, <http://www.bbu-online.de/>

BUND, <http://www.bund.net/>

BUNDjugend, <http://www.bundjugend.de/>

Christl. Aktion Mensch-Umwelt

Deutsche Umwelthilfe e.V., <http://www.duh.de/>

Deutscher Entwicklungsdienst, <http://www.ded.de/>

Deutscher Frauenrat, <http://www.frauenrat.de/>

Deutscher Naturschutzring, <http://www.dnr.de/>

EED (Evangelischer Entwicklungsdienst), <http://www.eed.de/>

Eine Welt Netz NRW, <http://www.eine-welt-netz-nrw.de/>

Eine Welt Netz Hamburg, BERTA, <http://www.ewnw-hamburg.de/framesetEWNW.htm>

Ev. Akademie Iserlohn, <http://www.kircheundgesellschaft.de/Akademie/>

FAKT GmbH, <http://www.fakt-consult.de>

FEST (Forschungsstätte der der Evangelischen Studiengemeinschaft e.V.), <http://www.fest-heidelberg.de>

Forum Umwelt und Entwicklung, <http://www.forumue.de/>

FrauenUmweltNetz - Life e.V., <http://www.frauenumweltnetz.de/>

Germanwatch, <http://www.germanwatch.org/>

Global Nature Fund, <http://www.globalnature.org/>

GRÜNE LIGA, <http://www.grueneliga.de/>

Heinrich-Böll-Stiftung, <http://www.boell.de/>

Institut für Kirche und Gesellschaft, <http://www.kircheundgesellschaft.de/>

Kirchliches Forschungsheim, <http://www.forschungsheim.de/>

Klimabündnis, <http://www.klimabuendnis.org/kommune/225.htm>

Kritische Ökologie, <http://www.kritische-oekologie.de/>

MeHiPro e.V., <http://www.mehipro.org/>

Misereor, <http://www.misereor.de/>

Missionszentrale der Franziskaner, <http://www.mzf.org/>

NABU (Naturschutzbund e.V.), <http://www.nabu.de/>

NAJU (Naturschutzjugend), <http://www.naju.de/>

Naturfreundejugend, <http://www.naturfreundejugend.de/>

Öko-Institut e.V., Freiburg Darmstadt, Berlin <http://www.oeko.de/>

Robin Wood, <http://www.robinwood.de>

Servicestelle Kommunen in der Einen Welt/InWent, <http://www.service-eine-welt.de/>

SNOW, Süd-Nord-Ost-West-Netzwerk e.V., <http://www.s-n-o-w.de/>

Stiftung Entwicklungs-Zusammenarbeit Baden-Württemberg (SEZ), <http://www.sez.de/>

Süd-Süd-Nord Bildungsnetzwerk, <http://www.dersueden.ath.cx/kuba/>

Urgewald , <http://www.urgewald.de/>

Verband Entwicklungspolitischer Nichtregierungsorganisationen (VENRO), <http://www.venro.org/>

WWF (World Wildlife Fund), <http://www.wwf.de/> .

## 4.2.2 Organisationen der Technologieförderung (Auswahl)

### 4.2.2.1 Internationale Organisationen der Technologieförderung

CADDET Energy Efficiency website <http://www.caddet.co.uk/>

Community for Energy Environment & Development COMMEND (COMMunity for ENergy environment & Development), ein Projekt von SEI-Boston und 4 führenden internationalen Institutionen zu nachhaltiger Energieentwicklung. <http://www.seib.org/commend>

Europäische Kommission zu Energieforschung (Energy Research)  
[http://europa.eu.int/comm/research/energy/gp/gp\\_pubs\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/energy/gp/gp_pubs_en.html)

European Business Council for a Sustainable Energy Future, <http://www.e5.org/home.php>

Eurosolar, <http://www.eurosolar.org/>

International Energy Agency. Die International Energy Agency ist eine eigenständige Agentur mit Verbindung zur OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development ). Die Mitgliedsregierungen suchen gemeinsam nach Möglichkeiten zum Umgang mit Ölknappheit. Ein Schwerpunkt sind erneuerbare Energien. [www.iea.org](http://www.iea.org)

International Solar Energy Society (ISES), Die in mehr als 50 Ländern präsenste NGO unterstützt ihre Mitglieder bei der Förderung von Nachhaltiger Energietechnologie, sowie bei Umsetzung und Bildung  
<http://www.ises.org>

Johannesburg Renewable Energy Coalition (JREC), Hintergrundinformationen und Infos über vergangene und kommende Veranstaltungen. <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/ctf/home>

MSI Mola Solaire International, <http://www.mola-solaire-international.com/>

North-South Network for Renewable Energies, inwent, [http://www.global-agenda21.net/english/foren/re\\_overview.html](http://www.global-agenda21.net/english/foren/re_overview.html)

REEEP (Renewable Energy & Energy Efficiency Partnership), wurde beim Weltgipfel für Nachhaltige Entwicklung in Johannesburg (2002) von der britischen Regierung ins Leben gerufen und bietet Regierungen einen offenen und flexiblen Rahmen, in dem sie gemeinsam ihre EE-Ziele verfolgen können. <http://www.reeep.org>

World Council for Renewable Energy, <http://www.wcre.org/>

World Wind Energy Association, <http://www.wwindea.org/>

#### 4.2.2.2 Nationale Organisationen der Technologieförderung

Arbeitskreis Energie & Umwelt der UNI Hamburg, unabhängiges Forum, [http://www.rrz.uni-hamburg.de/Energie\\_und\\_Umwelt/](http://www.rrz.uni-hamburg.de/Energie_und_Umwelt/)

Arbeitsgemeinschaft Solar NRW, ein Programm des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung, NRW, <http://www.ag-solar.de>

bine (Bürgerinformation Neue Energietechniken), <http://bine.fiz-karlsruhe.de/>

Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Sitz am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe, <http://www.tab.fzk.de/>

Bund der Energieverbraucher, <http://www.energienetz.de/>

Bundesverband Bioenergie, <http://www.bioenergie.de/>

Bundesverband Solarindustrie, <http://www.bsi-solar.de/>

Bundesverband Windenergie, <http://wind-energie.de/>

Center for International Cooperation Bonn GmbH, <http://www.cic-bonn.org/>

Centrales Agrar-Rohstoff- und Entwicklungs-Netzwerk C.A.R.M.E.N, <http://www.carmen-ev.de/>

Club zur ländlichen Elektrifizierung C.L.E. e.V., <http://www.cle-export.de/>

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), bundesweites Kompetenzzentrum für Energieeffizienz, national und international, <http://www.dena.de>



Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS) , <http://www.dgs-solar.org/>

Energieagentur NRW, Information und Vermittlung bedarfsorientierter und umfassender Hilfestellung zur ökonomischen Energieverwendung sowie zum Einsatz unerschöpflicher Energiequellen, <http://www.ea-nrw.de>

Exportinitiative Erneuerbare Energien der dena (Deutsche Energieagentur), <http://www.exportinitiative.de/>

Forschungsverbund Sonnenenergie, Kooperation der außeruniversitären Forschungsinstitute in Deutschland auf dem Gebiet der Erneuerbaren Energien. <http://www.fv-sonnenenergie.de/>

Forum für den Transfer von Zukunftstechnologien in Entwicklungsländer, [www.solartransfer.de](http://www.solartransfer.de)

Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V., <http://www.fee-ev.de/>

Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme (ISE), Karlsruhe <http://www.ise.fhg.de>

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), <http://www.isi.fhg.de>

Gate (German Appropriate Technology and Ecoefficiency Programme), Technology-Forum der GTZ, <http://www5.gtz.de/gate/atforum.afp>

Geothermische Vereinigung e.V. , <http://www.geothermie.de/>

Inventus GmbH, <http://www.inventusgmbh.de/>

KfW-Bankengruppe (ehem. Kreditanstalt für Wiederaufbau) Förderschwerpunkt Energie und Umwelt, <http://www.kfw.de/DE/Entwicklungszusammenarbeit/Frderschwe51/Energieund99/Erneuerbar.jsp>

Klima-Bündnis, <http://www.klimabuendnis.org/start.htm>

Klima-Institut Potsdam <http://www.pik-potsdam.de>

Netzwerk Erneuerbare Energien Nord-Süd, <http://www.ee-netz.de>

Niedrig-Energie-Institut <http://www.NEI-DT.de>

Solarenergie-Förderverein e.V. (SFV)

Interessenvertretung der dezentralen Solarstromerzeuger, <http://www.sfv.de/>

Solarstadt Gelsenkirchen, <http://solarstadt.gelsenkirchen.de>

Sonnenseite von Franz Alt, <http://www.sonnenseite.com>

Transferzentrum für angepasste Technologien GmbH, Rheine, <http://www.tat-zentrum.de>

Wirtschaftsverband Windkraftwerke e.V. (WVW), <http://www.wvwindkraft.de/>

Wissenschaftspark Gelsenkirchen GmbH, Zukunftsenergien im Ruhrgebiet, <http://www.wipage.de>

### 4.2.3 Quellen aus dem wissenschaftsjournalistischen Bereich <http://www.ee-netz.de/links.html> - [top#top](#)

#### 4.2.3.1 Internetportale

Becker, Thomas: ausführliche Linkliste zum Thema Energie (Zeitschriften, Energieversorger, EE...), <http://www.energielinks.de>

Blockheizkraftwerk-Infozentrum <http://www.bhkw-infozentrum.de>

BOXER – Infodienst Regenerative Energien, umfassende Datenbank, <http://www.boxer99.de>

Energieportal24, Informationen speziell zum Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technik sowie generell zum Thema Erneuerbare Energien.

<http://www.energieportal24.de>

erneuerbare energien Kommunikations- und Informationsservice GmbH, Messen und Kongresse rund um die Themen erneuerbare Energien und energie-effizientes Bauen und Sanieren. Aktuelle News, Links, Jobbörse, Umfragen etc..

<http://www.energie-server.de>

ETH Zürich, Ausgewählte Links zu Alternativen Energien, <http://www.ethbib.ethz.ch/link/061.html>

Innovationsreport der IDEA TV Ges. für kommunikative Unternehmensbetreuung mbH Bad Homburg,

<http://www.innovationsreport.de>

International Conference for Renewable Energies, Offizielle Seite zur Konferenz vom 1.-4. Juni 2004 in Bonn von BMZ und BMU, <http://www.renewables2004.de>

IWR (Internationale Wirtschaftsforum Regenerative Energien), unterstützt die industriegewirtschaftliche Seite der regenerativen Energietechniken, insbesondere mittelständische Unternehmen, <http://www.iwr.de>

Inter Press Service Nachrichtenagentur, Sammlung von Artikeln zum Thema Energie und Entwicklungsländer - lesen kostenpflichtig, <http://www.energie.ipsgermany.info>

Jahrbuch Erneuerbare Energien (Linksammlung), <http://www.jahrbuch-erneuerbare-energien.de/link.html>

Learnline - Bildungsserver NRW, <http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/links/renener.htm>

Martinot, Eric - Programmmanager beim GEF, zum Thema "Erneuerbare Energien in Entwicklungsländern"; Märkte, Politik, Investitionen und zukünftige Entwicklungen.

<http://www.martinot.info>

Nachschlagwerk zum Thema Energie, unter der Federführung der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) entstanden.

<http://www.thema-energie.de>

Solarserver, Solar-Magazin mit Nachrichten und Berichten aus Technik, Wirtschaft und Politik: Solarstrom, Solarwärme, Solararchitektur, erneuerbare Energien, <http://www.solarserver.de/>

Terminkalender zum Thema Energie des Internationalen Wirtschaftsforums Regenerative Energien (IWR), <http://www.energiekalender.de>

Top50solar, Linkliste Solarenergie, <http://www.top50-solar.de/>

Wasserstoff-Seiten <http://www.wasserstoff.de/>

WIRE (Weltweites Informationssystem zu Erneuerbaren Energien), Initiative der International Solar Energy Society (ISES). <http://wire0.ises.org/>

Weitere Energielinks <http://members.aol.com/beenetcl/>

Wichmann, Peter: Fachbücher, Lehrbücher, Leitfäden, Tagungsbände, Dissertationen, etc. zu erneuerbaren Energien mit eigenen Rezensionen, <http://www.energiefachbuchhandel.de/>

Wissensportal Energie, <http://www.wissensportal-energie.de>

Zentral- und Landesbibliothek Berlin, Links zu Erneuerbaren Energien, <http://www.zlb.de/linksammlungen/2.30.2.6.0.html>

#### 4.2.3.2 Fachzeitschriften

Photon  
Sonne, Wind und Wärme  
Neue Energie  
DPG-Mitteilungen  
...

#### 4.2.3.3 Innovations-, Energie- und Umweltpreise

##### a) internationale Auslobungen

[Asahi Glass Foundation](#) Blue Planet Prize

[CHEMVIRON](#) Chemviron-Carbon-Preis

[CLIMATE IS BUSINESS e-ward](#) CLIMATE IS BUSINESS e-ward

[Conservation Foundation](#) Staats- und Europapreise "Conservation Award"

energy globe <http://www.energyglobe.info/>

[Europäische Union](#) Umweltschutzpreise der EU-Kommission für die Industrie

[Deutsches Presse- und Informationsbüro "Henry Ford European Conservation Awards"](#)  
Henry Ford European Conservation Awards

[Italgas Prize](#) Italgas Prize for Research and Technological Innovation

[KLIMA-BÜNDNIS ALIANZA DEL CLIMA e.V.](#) PR-Preis Klimaschutz, Climate Star 2002

[Recycling Award](#) Europäischer Preis für die Kreislaufwirtschaft

[The Goldman Environmental Foundation](#) Goldman Environmental Prize

[The Right Livelihood Awards Administrative Office](#) The Right Livelihood Award ("Alternativer Nobelpreis")

[The Rolex Awards for Enterprise](#) The Rolex Awards for Enterprise

[Takeda Foundation](#) Takeda Environment Award

[Tyler Prize](#) Tyler Prize

[United Nations Environmental Programme \(UNEP\)](#) UNEP Sasakawa Environment Prize, The Global 500 Roll of Honour for Environmental Achievement

[VOLVO](#) VOLVO Environment Price

world technology network: world technology award, <http://www.wtn.net/new/index.html>

[YEER](#) Young Europeans Environmental Research (YEER)

[Zayed International Prize for the Environment Nomination Form](#) Zayed International Prize for the Environment Nomination Form

## **b) Nationale Auslobungen**

[Behörde für Umwelt und Gesundheit](#) Hamburger Solarpreis der Solarinitiative Nord, Architektur Preis 2003 der Initiative Arbeit und Klimaschutz, Passivhaus-Preis der Initiative Arbeit und Klimaschutz

[Ministerium für Umwelt \(Baden-Württemberg\)](#), Umweltpreis an Kommunen, Umweltpreis für Unternehmen

[Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft \(NRW\)](#)

Öffentlichkeitsarbeit für eine nachhaltige Entwicklung, Umweltschutzpreis NRW-Handwerk, Umweltpreis Gartenbau, Umweltpreis im Rahmen der Internationalen Pflanzenmesse, Literaturpreis Umwelt

[Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz](#)

Umweltpreis des Landes Rheinland-Pfalz, Sonderpreis Umwelt und Handwerk

[Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten \(MUNF - Schleswig-Holstein\)](#)

Umweltpreis 2000 des MUNF

[MKMV Messe und Kongreßgesellschaft mbH](#)

Umweltpreis der Ministerin für Bau, Landesentwicklung und Umwelt des Landes Mecklenburg-Vorpommern; Umweltpreis des Oberbürgermeisters der Hansestadt Rostock; Umweltpreis der Industrie- und Handelskammer Rostock

[Niedersächsische Umweltstiftung](#)

Umweltpreis der Niedersächsischen Umweltstiftung

[Sächsisches Staatsministerium für Umwelt- und Landesentwicklung](#)

Kommunenumweltpreis; Umweltpreis für Vereine, Verbände, Schulen und erwachsene Einzelpersonen; Sächsischer Jugendumweltpreis; Sächsischer Jugendumweltpreis Umwelt und Verkehr; Sächsischer Unternehmerpreis

[Umweltministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern](#)

Umweltpreis des Umweltministers des Landes Mecklenburg-Vorpommern

[Wirtschaftsministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern](#)

Technologiepreis des Landes Mecklenburg-Vorpommern; Nachwuchs-Innovationspreis

[Abwassertechnische Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall](#)

Ernst-Kuntze-Preis; Karl-Imhoff-Preis

[Adolf-Martens-Fonds e.V.](#)

Adolf-Martens-Preis

[Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch \(ASUE\) e.V.](#)

Preis der Deutschen Gaswirtschaft für rationellen Energieeinsatz

[ASU](#)

ASU-Umweltpreis

[B.A.U.M. e.V.](#)

B.A.U.M.-Umweltpreis; Umwelt-Online-Award

[Bayerische Landesstiftung](#)

Umweltpreis

[Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften](#)

Preis der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften - gestiftet von der Gottlieb Daimler- und Karl Benz Stiftung

[bremen initiative](#)

Bremer Partnerschaftspreis

[Bruno-H.-Schubert-Stiftung](#)

Bruno-H.-Schubert-Preis

[Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. \(BDI\)](#)

Umweltschutzpreis des BDI für die Industrie

[Capital \(Zeitschrift\) / WWF - Umweltpreis](#)

“Ökomanager des Jahres der Umweltstiftung WWF-Deutschland und des Wirtschaftsmagazin Capital

[Deutsche Gesellschaft für Umwelterziehung e.V.](#)

Blaue Europa-Flagge

[Deutsche Bundesstiftung Umwelt](#)

Deutscher Umweltpreis

[Deutsche Wildtierstiftung](#)

Forschungspreis der Deutschen Wildtierstiftung

[Deutscher Reisebüro und Reiseveranstalter Verband](#)

Internationale DRV-Umweltauszeichnung

[Deutsche Umweltstiftung](#)

Buchpreis "Lesen für die Umwelt"; Hoffungspreis

[Dr. Götze Land & Karte](#)

DR GÖTZE GEO-PREIS

[DGfL Deutsche Gesellschaft für Logistik e.V.](#)

DGfL-Preis für Logistik und Umwelt

[Effizienz-Agentur NRW](#)

Effizienz-Preis NRW

[EUROSOLAR e.V.](#)

Deutscher und Europäischer Solarpreis

[Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. \(fbr\)](#)

Preis: fbr-Förderpreis (nationale (internationale) Ausschreibung)

[FOCUS Teleport GmbH](#)

Innovationspreis Berlin/Brandenburg

[Förderkreis für Raum- und Umweltforschung \(FRU\)](#)

FRU-Förderpreis (internationale Ausschreibung)

[Gesellschaft Cusanus-Preis e.V.](#)

Cusanus-Preis

[Hanse-Umweltpreis](#)

Hanse-Umweltpreis in Zusammenarbeit mit der Firma Globetrotter Ausrüstung

[Hartmannbund](#)

Friedrich-Thieding-Preis

[Hochschule Anhalt](#)

GIS in der Umweltplanung

[Innovationspreis Berlin/Brandenburg](#)

Innovationspreis Berlin/Brandenburg

[Johann-Wolfgang-Goethe-Universität](#)

Umweltschutzpreis - Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann WolfgangGoethe-Universität Frankfurt am Main e.V. Procter & Gamble-Preis (gestiftet 1972)

[Gesellschaft der Freunde und Förderer der Umweltmedizin](#)

Leo-Brandt-Preis

[Martin-Ott-Stiftung](#)

Umweltpreis

[Mohn Media](#)

Mohn Media Umweltpreis / Umweltstipendium

[NABU](#) Natur- und Umweltpreis 2003

[Natur- & Umweltpark Güstrow \(NUP\)](#)

Umweltpreis der Kinder- und Jugendliteratur

[Öko-Institut Freiburg](#)

greenhirn Preis für angewandte Umweltforschung; Forschungspreis für angewandte Ökologie

Philip-Morris GmbH

Philip-Morris-Forschungspreis "Herausforderung Zukunft"

Ruhrgas AG / Essen

Deutscher Architekturpreis

Sächsische Akademie der Wissenschaften

Kurt-Schwabe-Preis

Stiftung Arbeit und Umwelt der IG Bergbau, Chemie, Energie

Umweltpreis 20xx

Stiftung Ökologie Landbau

Karl Werner Kieffer-Preis

Stiftung Zukunftserbe

Preis für Nachhaltige Produkte

Umweltstiftung Weser-Ems

Umweltpreis der Umweltstiftung Weser-Ems

Umweltzentrum Freital / Umweltbildungshaus Johannishöhe

Coole Ideen STATT heißer Luft

Unternehmensgruppe TÜV Rheinland /Berlin-Brandenburg

Rheinlandpreis für Umweltschutz

VDI Koordinierungsstelle Umwelttechnik (VDI-KUT)

Preis der VDI-KUT

Verein für Technische Holzfragen e.V.

Wilhelm-Klauditz-Preis für Holzforschung und Umweltschutz

VGB Forschungsstiftung

Heinrich-Mandel-Preis für Kraftwerkstechnik

Weleda AG

Weleda-Preis

Wuppertal Institut für Klima . Umwelt . Energie

Wuppertaler Energie- und Umweltpreis

Zeitschrift auto, motor und sport

Paul-Pietsch-Preis Wirtschaft

Innovationspreis der deutschen Wirtschaft, [www.innovationspreis.com/](http://www.innovationspreis.com/)

Innovationspreis - Berlin/Brandenburg, [www.innovationspreis.de/](http://www.innovationspreis.de/)

Oberfränkische Innovationspreis, [www.innovationspreis-oberfranken.de/](http://www.innovationspreis-oberfranken.de/)

Innovationspreis Ruhrgebiet, [www.innovationspreis-ruhrgebiet.de/](http://www.innovationspreis-ruhrgebiet.de/)

Innovationspreis beider basel, [www.innovationspreis.ch/](http://www.innovationspreis.ch/)

Innovationspreis Bio-Lebensmittel-Verarbeitung, [www.innovationspreis-bio-verarbeitung.de/](http://www.innovationspreis-bio-verarbeitung.de/)

Innovationspreis Leipzig, [www.bic-leipzig.de/ip/](http://www.bic-leipzig.de/ip/)

Innovationspreis Berlin-Brandenburg, Technologiestiftung Berlin,  
[www.technologiestiftung-berlin.de/technologiestiftung/aktivitaeten/innovationspreis\\_g.html](http://www.technologiestiftung-berlin.de/technologiestiftung/aktivitaeten/innovationspreis_g.html)

Innovationspreis ZENIT eV., [www.uni-duesseldorf.de/Forschung/existenz/wettbewerb/innovation](http://www.uni-duesseldorf.de/Forschung/existenz/wettbewerb/innovation)

RIO Innovationspreis, Technologie-Centrum Hannover u.a., [www.braunschweig.ihk.de/in/dez/in\\_dezember\\_02\\_aktuelles.htm](http://www.braunschweig.ihk.de/in/dez/in_dezember_02_aktuelles.htm)

Innovationspreis, Brandenburgischen Energie Technologie Initiative (ETI),  
[www.bbu.de/aktuell/wowi/aw186.html](http://www.bbu.de/aktuell/wowi/aw186.html)

Innovationspreis Energie ZukunftsAgentur Brandenburg (ZAB), [www.zab-brandenburg.de/5076.htm](http://www.zab-brandenburg.de/5076.htm)

## 4.3 Erfassung und Dokumentation

Inhalt dieses Kapitels ist die Erstellung einer Systematik zur Erfassung und Dokumentation der sondierten Innovationen. Die Vorgehensweise soll folgenden Anforderungen gerecht werden:

- 1) Übersichtliche Gestaltung; Gliederung nach thematischem Hintergrund
- 2) Einheitlichkeit
- 3) Kurze und prägnante Darstellung
  - a. der an einer Innovation beteiligten Akteure
  - b. der Wirkungsweise der Technologie
  - c. des Entwicklungsstands der Technologie
  - d. des Innovationsgrads
  - e. der Nachhaltigkeit
  - f. der Möglichkeiten der Anpassung an EL.
- 4) Erweiterbarkeit, Aktualisierbarkeit.

Die Realisierung dieser Anforderungen wird nachstehend erläutert:

### **Zu 1) Übersichtliche Gestaltung; Gliederung nach thematischem Hintergrund**

Es erfolgt eine grobe Aufgliederung in die Themengebiete

- Energie (Energieumwandlung, Energieeffizienz),
- Wasser (Trinkwasserbereitstellung, Abwasserbehandlung)



- Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
- Sonstige Technologien.

## **Zu 2) Einheitlichkeit**

Die Erfassung erfolgt nicht in Form einer Datenbank, sondern in einem 2-dimensionalen Raster in Form einer Excel-Tabelle. Dies ermöglicht zum einen eine einheitliche, gleichzeitig aber auch übersichtliche Darstellung der einzelnen Technologien und ermöglicht späteren Nutzern eine leichte Modifikation mit wenig Know-how.

Mit einer Seriendruckfunktion kann aus dieser Tabelle für jede Technologie ein Stammdatenblatt erstellt werden. Zusätzlich können zur Selektion nach verschiedenen Kategorien die in Excel gebräuchlichen Filter genutzt werden.

## **Zu 3) Kurze und prägnante Darstellung**

- a. der an einer Innovation beteiligten Akteure

Aufnahme der Hauptansprechpartner mit Kontaktadressen, Internet- und E-mail-Adresse, Aufnahme der institutionellen Zusammenhänge, Aufnahme von Referenzen für die technische Einschätzung.

- b. der Wirkungsweise der Technologie

Aufnahme der dieser Technologie zugrunde liegenden physikalischen Prozesse, der erforderlichen Komponenten sowie der für Fertigung und den Betrieb notwendigen Ressourcen. Technisch nicht plausible Produkte oder Verfahren werden verworfen.

- c. des Entwicklungsstands der Technologie

Einordnung des Produkts oder Verfahrens in eine von 5 Entwicklungsphasen gemäß Kapitel 3.1.1.

- d. des Innovationsgrads

Abgrenzung zum bisherigen Stand der Technik, Darstellung der Genese und des Entwicklungsstandes der jeweiligen Technologie, Darstellung ihrer Bedeutung und ihrer Potenziale in technologischer Hinsicht.

- e. der Nachhaltigkeit

Abgleich mit den für Nachhaltigkeit formulierten Indikatoren, Darstellung der Bedeutung und Potenziale in Hinblick auf Nachhaltigkeit

- f. der Möglichkeiten der Anpassung an EL

Abgleich mit den für Anpassung an EL formulierten Indikatoren, Darstellung der Bedeutung und Potenziale in Hinblick auf die Anpassung auf EL.

## **Zu 4) Erweiterbarkeit, Aktualisierbarkeit**

Diese Untersuchung wird sowohl in schriftlicher als auch digitaler Form geliefert. Die digitale Form ermöglicht die direkte Verfolgung von Hyperlinks und soll auf diese Weise eine rasche Aktualisierung der relevanten Daten ermöglichen.

## 5 Zusammenstellung der Technologien

### 5.1 Trinkwasserbereitstellung

#### 5.1.1 Solare Trinkwasserbereitstellung

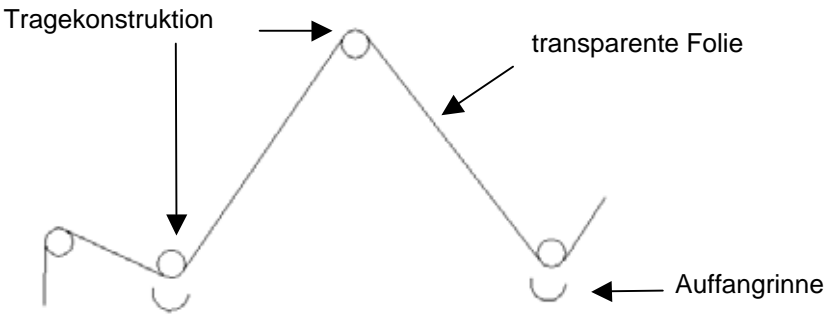
Anmerkung: Eine Zusammenstellung von Solarpumpen wurde aktuell veröffentlicht in der Photon International, Ausgabe November 2003.

<b>Projekt:</b>	5.1.1.1 Solare Trinkwasserentkeimung SODIS
<b>Kategorie:</b>	Solarenergie, solare Trinkwasserbereitstellung, solare Entkeimung
<b>Ansprechpartner:</b>	EAWAG (Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology) CH-8600 Dübendorf Herr Weglin, 0041-1-823/5019 Frau Mayrhofer 0041-1-823/5073 Herr Dasen 0041-1-823-5372
<b>sonst. Akteure:</b>	SANDEC Water & Sanitation in Developing Countries
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.sodis.ch">www.sodis.ch</a>
<b>Referenzen:</b>	diverse
<b>Quelle:</b>	diverse
<b>Ziel:</b>	Trinkwasserentkeimung für die Ärmsten der Armen
<b>Wirkungsweise:</b>	Handelsübliche PET-Flaschen werden mit biologisch bedenklichem Wasser gefüllt, verschlossen und mindestens fünf Stunden lang der Sonne ausgesetzt. Sowohl Erwärmung als auch eindringende UV-Strahlung tragen zur Keimabtötung bei.  Bei schwebstoffhaltigem Wasser wird eine Vorabfilterung durch Tücher hindurch empfohlen. Allein durch die letztere Maßnahme wurden bereits bei Cholera-Epidemien im asiatischen Raum gute Erfahrungen gemacht, weil die

	<p>Erreger in Lebewesen makroskopischer Größenordnung besonders konzentriert auftreten können.</p> <p>An den genauen keimabtötenden Mechanismen dieser einfachen Methode wird gerade geforscht. Offensichtlich herrscht eine gewisse Unsicherheit über die genauen Anwendungsempfehlungen.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	<p>Die simple Methode ist bestechend, die Erfolge groß, es besteht jedoch noch Forschungsbedarf, inwieweit die Keimabtötung vollständig erfolgt und ob z.B. Zysten ebenfalls ausreichend abgetötet werden können.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Es wurden bereits seit 1991 zahlreiche Labor- und Feldtests durchgeführt. Mittlerweile wird SODIS zusammen mit anderen Organisationen breit in EL eingeführt: in Asien, Afrika und Lateinamerika.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>hoch: simpelste Technik mit hohem Nutzen.</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>Die PET-Flaschen stehen auch in den EL ausreichend zur Verfügung und können mehrfach wieder verwendet werden.</p>
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>hoch.</p>

<b>Projekt:</b>	<p>5.1.1.2 Solare Entsalzungsanlage „Watercone“</p>
<b>Kategorie:</b>	<p>Solarenergie, solare Trinkwasserbereitstellung, solare Entsalzung</p>
<b>Ansprechpartner:</b>	<p>Zeltec Engineering GmbH Niederkasselner Str. 14 51147 Köln Porz Tel.: 02203/9 6668 0</p> <p>Auf den Schimmel 19 53773 Hennef <a href="mailto:zeltec@zeltec.de">zeltec@zeltec.de</a></p>
<b>Weitere Infos:</b>	<p><a href="http://www.watercone.com">www.watercone.com</a></p>
<b>Quelle:</b>	<p>WI-intern</p>
<b>Ziel:</b>	<p>Meerwasserentsalzung, Trinkwassergewinnung auf Haushaltsebene</p>
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Der Solarcone besteht aus drei Teilen:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>einer dunklen Bodenwanne aus recyceltem Polycarbonat;</li><li>einem hohlkegelförmigen Deckel aus transparentem PC mit nach innen eingeschlagenen unteren Rand und flaschenähnlicher Öffnung an der Spitze;</li><li>einem Stopfen zum Verschließen des Deckels.</li></ol> <p>Salzhaltiges Wasser, Schlamm o.ä. wird in die Bodenwanne gefüllt und abgedeckt. Sonneneinstrahlung bewirkt Erwärmung und Verdunstung des</p>



<p><b>technische Prüfung:</b></p>	<p>Wassers, das anschließend am kühleren Deckel kondensiert. Der eingestülpte Rand des Deckels wirkt als Auffangrinne. Das Destillat kann durch Kippen des Behälters in eine Flasche oder andere Behälter gegossen werden.</p> <p>Der Verkaufspreis ist angesetzt mit etwa 50 \$ US pro Stück.</p> <p>Der Watercone ist gut durchdacht, praktisch in der Anwendung, robust, langlebig, aber, da aus dem Markenprodukt Macrolon der Bayer AG hergestellt, recht teuer. Anders als bei SODIS (Projekt 5.1.1.1) eignet sich das Gerät nicht nur zur Entkeimung, sondern auch zur Entsalzung und Gewinnung von Wasser aus Schlamm o.ä.</p> <p>Eine Alternatividee mit dem selben Wirkungsmechanismus, aber als Low-Cost-Variante, wurde bereits 1996 von dem Physiker Erwin Schaefer, St. Aygulf, Frankreich, zum damaligen Wuppertaler Energie- und Umweltpreis eingereicht. Es ist anzunehmen, dass die eigentliche Idee viel älter ist und den Überlebentechniken von Reisenden und Soldaten entstammt. Das Wirkprinzip erfordert einen beckenförmigen Untergrund, der möglichst dunkel gefärbt ist (z.B. schwarze Folie) und eine stangenartige Konstruktion zum zeltförmigen Aufspannen einer Folie, an der das verdunstete Wasser kondensieren kann. Zwei Rinnen dienen zum Auffangen des Wassers. Bei Versuchen von Schaefer im Mittelmeerraum betrug die Ausbeute zwischen 4 und 10 Litern Reinwasser pro Quadratmeter und Tag. Diese Variante ist nicht so haltbar wie der Watercone, lässt sich aber mit einfachsten Mitteln und in beliebiger Größe ausführen.</p> <p>Die alternative Folienanlage von E. Schaefer im Querschnitt:</p>  <p>Das Diagramm zeigt einen Querschnitt einer zeltartigen Folienanlage. Eine Tragekonstruktion (bestehend aus drei vertikalen Stangen) hält eine transparente Folie in Form eines Zeltes auf. Die Folie ist an den Enden der Stangen befestigt und bildet zwei Rinnen, die als 'Auffangrinne' beschriftet sind. Ein Pfeil zeigt auf die 'transparente Folie'.</p>
<p><b>Entwicklungsstand:</b></p>	<p>Der Watercone ist fertig entwickelt und steht auf dem Markt zur Verfügung.</p>
<p><b>Innovationsgrad:</b></p>	<p>hoch, aber teuer.</p>
<p><b>Nachhaltigkeit:</b></p>	<p>unbestritten. Die Lebensdauer ist mit 5 Jahren bei täglicher Nutzung prognostiziert, Der Watercone ist zu 100% recyclebar. Die Schale ist zu beinahe 100% aus recyceltem Material hergestellt.</p>
<p><b>Anpassung an EL:</b></p>	<p>Hoch. Es ist keine Pumpenergie erforderlich, die Robustheit hoch, der Gebrauch einfach. Der geplante Preis ist mit 50 \$US allerdings sehr hoch angesetzt.</p>

<b>Projekt:</b>	5.1.1.3 Solare Wasserentkeimung mit Titandioxid
<b>Kategorie:</b>	Solarenergie, solare Trinkwasserbereitstellung, solare Entkeimung
<b>Ansprechpartner:</b>	University of Nottingham Prof. Gianluca Li Puma  TU Karlsruhe Dr. Zwiener Kaiserstraße 12 76131 Karlsruhe 0721-6082788  EAWAG (Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology) CH-8600 Dübendorf
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.nottingham.ac.uk">www.nottingham.ac.uk</a> <a href="http://www.eawag.ch">www.eawag.ch</a>
<b>Quelle:</b>	<a href="http://www.innovationsreport.de">www.innovationsreport.de</a> , Nachricht vom 24.10.2002, Presstext Austria,
<b>Ziel:</b>	Trinkwasserentgiftung- und Entkeimung, Abwasserbehandlung
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Durch die Bestrahlung des unschädlichen Weißpigments Titandioxid (TiO<sub>2</sub>) mit UV-Licht werden Radikale freigesetzt, die in der Lage sind, chemische Substanzen zu zersetzen und Keime abzutöten. Verantwortlich für diesen Vorgang ist die photokatalytische Wirkung des TiO<sub>2</sub>, durch die H<sub>2</sub>O-Moleküle in OH<sup>-</sup> - und H<sup>+</sup> -Ionen aufgebrochen werden, die als freie Radikale wirksam werden. Am wirkungsvollsten hat sich das Hydroxy-Radikal OH<sup>-</sup> erwiesen.</p> <p>Der Mechanismus wird in der Fachterminologie zu den „Advanced Oxidation Prozesses (AOP)“ gezählt.</p> <p>Da die Lebensdauer der Radikale relativ kurz ist, versucht man eine möglichst große reaktive Oberfläche bereit zu stellen. Dies gelingt dadurch, das kleinste Partikel des Titandioxid in dem zu reinigenden Wasservolumen in Form einer Dispersion verteilt werden.</p> <p>Bei den einzelnen Forschungsgruppen werden mit dem Einsatz von TiO<sub>2</sub> verschiedene Bestandteile von kontaminiertem Wasser unter die Lupe genommen: zum einen Rückstände aus der pharmazeutischen Industrie (Karlsruhe, Nottingham), zum anderen aber auch Pestizide, Atrazin, Phosphate, Erdöl, Blei, TNT und pathogene Keime (Nottingham, EAWAG).</p> <p>Im Nottinghamer Verfahren wird die Dispersion derart durch eine Düse gepumpt, dass eine regenschirmartige Fontaine entsteht. Diese Fontaine wird der Sonneneinstrahlung oder einer UV-Lampe ausgesetzt, so dass örtlich konzentriert Hydroxy-Radikale freigesetzt werden. Das TiO<sub>2</sub> kann in einem Abklingbecken wieder gewonnen werden.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	Die Desinfektion mit Titandioxid wird bereits seit mehreren Jahren untersucht. Nach und nach werden unterschiedliche Anwendungsfelder erschlossen. Von der Deutschen Stein AG werden beispielsweise Fliesen mit TiO <sub>2</sub> beschichtet, um die Raumluft in Operationssälen steril zu halten. Andere Forscher haben eine Technik entwickelt, um Freibäder mit beschichteten Schwimmbadfolien

	<p>chlorfrei zu entkeimen (JUSTaddWATER-Technologie, M. Böhme, T. Mayer, Großzimmern). Der prinzipielle Nutzen der Technologie ist unstrittig. Es gilt nun, praxistaugliche Verfahren vorzulegen, insbesondere solche, die alleine mit Sonnenlicht als UV-Spender auskommen.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Die laufenden Forschungsvorhaben konzentrieren sich einerseits auf die Frage, ob die bei den Reaktionen entstehenden Folgeprodukte ausreichend unschädlich gemacht werden können und andererseits auf die Frage, ob die natürliche Sonneneinstrahlung alleine ausreicht, um die erwünschten Effekte zu erzielen.</p> <p>In den Forschungseinrichtungen existieren diverse Versuchsanlagen, jedoch nach derzeitigem Kenntnisstand keine, die im Feldtest in EL bereits im Einsatz sind.</p> <p>Alternative Verfahren:</p> <p>Nicht die Oxidation, sondern die Reduktion von toxischen Substanzen macht sich ein nanotechnologisches Verfahren zu Nutze: die Verteilung von metallischen Eisenpartikeln in einer Größenordnung von einem bis 100 nm. Mit diesem Verfahren können hochgiftige Stoffe wie Trichlorethylen, PCBs oder Dioxine auch ohne Sonneneinwirkung zersetzt werden (<a href="http://www.nsf.gov">www.nsf.gov</a>, <a href="http://www.wkap.nl/journals/nano">www.wkap.nl/journals/nano</a>).</p> <p>Ebenfalls an Photokatalysatoren forschen Horst Kisch an der Universität Erlangen-Nürnberg und Wilhelm Maier am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim. Ihnen ist es gelungen, den Arbeitsbereich des Titandioxids in den sichtbaren Wellenlängenbereich auszudehnen, indem sie geringe Mengen an Chloriden bzw. Kohlenstoffen zusetzen (Spektrum der Wissenschaft, Feb. 2002).</p> <p>An der Duquesne-Universität in Pittsburgh hat man inzwischen ein Röstverfahren entwickelt, bei dem Titandioxid mit Kohlenstoffatomen angereichert wird. Angeblich lässt sich somit die Photoabsorption bis in den sichtbaren Wellenlängenbereich hinein steigern, den Wirkungsgrad somit verachtfachen und insbesondere die Wasserstoffproduktion mit einem Wirkungsgrad von 8,5 % möglich machen.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>hoch. Es werden Geräte zur gleichzeitigen Entkeimung und Entgiftung entwickelt, die für den Einsatz bei größeren Wassermengen geeignet sind.</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>In Nottingham wird eine Versuchsanlage umgerüstet, so dass sie sich zur Entgiftung und –entkeimung von Brunnen eignet.</p>
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>Diese Form der Trinkwasseraufbereitung stellt eine aktuelle High-Tech-Entwicklung dar. Sie ist zwar einerseits voraussichtlich nicht vor Ort produzierbar, ist aber andererseits speziell auf EL zugeschnitten.</p>

<b>Projekt:</b>	5.1.1.4 Solare modulare Wasseraufbereitung
<b>Kategorie:</b>	Solarenergie, solare Trinkwasserbereitstellung, solare Entkeimung
<b>Ansprechpartner:</b>	Herbert Kunze Sonne + Energie GmbH Schroeckstr. 6 86152 Augsburg 0821/5084810 <a href="mailto:info@SundE.de">info@SundE.de</a>
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.SundE.de">www.SundE.de</a>
<b>Referenzen:</b>	Belobigung beim Wuppertaler Energie- und Umweltpreis 2002  Umweltsonderpreis des Businessplan-Wettbewerbs der Wirtschaftsjunioren Bayern 2001
<b>Quelle:</b>	Wuppertaler Energie- und Umweltpreis
<b>Ziel:</b>	Substitution teurer und energieaufwendiger Verfahren wie Umkehrosmose (reverse osmosis RO), konventionelle thermische Verfahren (z.B. Verdampfungsverfahren) und Elektrodialyse (ED). Solare Trinkwasserversorgung im häuslichen und kommerziellen Bereich.
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Ähnlich wie der Watercone (a.a.O.) nutzt diese Entwicklung schwarze Absorberflächen in einem geschlossenen Behälter, um Salzwasser zu verdunsten. Der wesentliche Unterschied ist, dass das verdunstete Wasser durch Konvektion an die Rückseite der Verdunsterplatte transportiert wird, wo es unter Wärmeabgabe kondensiert. Durch diesen Mechanismus erreicht ein Modul mit dem Querschnitt von 1,4 m x 1 m in sonnenreichen Regionen ca. 20 Liter pro Tag, arbeitet also sehr effektiv.</p>  <p>Anstatt des üblichen Chargenbetriebes mit Befüllen, Entleeren und Reinigen arbeitet die Wasseraufbereitungsanlage mit einem Durchflussmechanismus. Für den SEC (= Solare Entsalzung Classic) wurden ausschließlich Kunststoffe verwendet, um Korrosion auszuschließen. Das Produkt ist gezielt als Massenprodukt entwickelt worden, das je nach Wasserbedarf zu Modulreihen zusammengesetzt werden kann. Entsprechend ist es nicht nur für den Hausgebrauch, sondern auch für größere Gebäude (z.B. Hotels) und Siedlungen interessant.</p>  <p>Das Gerät hat keine bewegliche Teile oder Filter, die regelmäßig ausgetauscht werden müssten. Durch Destillation wird eine immer gleich bleibende Wasserqualität erreicht. Auf technisch anspruchsvolle und dadurch auch besonders fehleranfällige Bauteile wurde verzichtet.</p>

<b>technische Prüfung:</b>	Ähnlich wie der Watercone (Projekt 5.1.1.2) wird das Gerät aus Polycarbonat hergestellt. Dieses Material ist hitzebeständig, UV-stabil, thermisch gut isolierend, lebensmittelecht und kostengünstig, zugleich ist es umweltverträglich beim Recycling. Zur einfachen Herstellung des Geräts hat die Sonne + Energie GmbH ein Aluminium-Werkzeug entwickelt. Die Produktion von SEC kann dann jeder Tiefziehbetrieb, der eine ausreichend große Maschine besitzt, in Auftragsarbeit ausführen. Im Produktionsbereich entstehen somit lediglich die Werkzeugkosten und die Kosten der Erprobung der Werkzeugform.
<b>Entwicklungsstand:</b>	2003 wurden bereits einige Hundert Anlagen verkauft, inzwischen werden die industrielle Massenproduktion und der internationale Vertrieb aufgebaut. Die modulare solare Wasseraufbereitung ist für Deutschland bereits patentiert, für den amerikanischen Markt wurde ebenfalls ein Patent angemeldet.
<b>Innovationsgrad:</b>	hoch.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	hoch.
<b>Anpassung an EL:</b>	Ein Modul kostet derzeit noch etwa 200 Euro. Die Lebensdauer ist auf 15 Jahre ausgelegt. In fünf Jahren täglichen Betriebs können somit 36.500 Liter Wasser entsalzt werden. Dies entspricht einem Preis von etwa 5,50 Euro pro Kubikmeter Wasser.

<b>Projekt:</b>	5.1.1.5 Solare Entsalzung im MEH-Verfahren
<b>Kategorie:</b>	Solarenergie, solare Trinkwasserbereitstellung, solare Entsalzung
<b>Ansprechpartner:</b>	ZAE Bayern Fraunhofer ISE Projektleiter: Matthias Rommel <a href="mailto:rommel@ise.fhg.de">rommel@ise.fhg.de</a>  T.A.S. GmbH & Co. KG Weiserstraße 15 81373 München
<b>sonst. Akteure:</b>	Sultan Qaboos University, Muscat, Sultanate of Oman IFF Kollmannsberger KG, Vertrieb thermoSolar, Saal an der Donau Förderung mit Mitteln der EU
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.muc.zae-bayern.de">www.muc.zae-bayern.de</a>
<b>Referenzen:</b>	Energy Globe Award 2002 für Pilotanlage in Oman
<b>Quelle:</b>	Informationsdienst Wissenschaft <a href="http://www.idw-online.de">www.idw-online.de</a>
<b>Ziel:</b>	Substitution teurer und energieaufwendiger Verfahren wie Umkehrosmose (reverse osmosis RO), konventioneller thermische Verfahren (z.B. Verdamp-



	<p>fungsverfahren) und Elektrodialyse (ED), Auslegung für den kommerziellen Bereich</p>
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Diese solarthermische Entsalzungsanlage basiert auf einer Be- und Entfeuchtung einer Konvektionswalze feuchter Luft (Multi Effekt Humidification, MHD). Innerhalb einer thermisch isolierten Box wird auf etwa 80°C solar aufgeheiztes Wasser bei Umgebungsdruck an Verdunstungsflächen verdampft. Die Verdampfungsenthalpie wird mittels eines Kondensators teilweise wieder zurück gewonnen. Am Kondensator fällt reines Destillat ab, das (mit geringen Anteilen von Meerwasser zur Deckung des Kaliumbedarfs) als Trinkwasser genutzt werden kann.</p> <p>Die Bestandteile des Systems sind ausschließlich aus Kunststoffen hergestellt, um Korrosion vorzubeugen. Die Anlage ist aufgebaut aus einer thermischen Einheit, bestehend aus Rohren mit integrierter Pumpe und Solarkollektor sowie Verdunster, Kondensator und Auffangwannen, die in der Box untergebracht sind.</p> <p>Die Anlage benötigt lediglich 15% bis 25% der Energie, die zur Destillation mittels Verdampfung notwendig wäre. Dies bedeutet etwa 100 bis 180 kWh Wärmeeinsatz pro m<sup>3</sup> Wasser.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	<p>plausibel, insbesondere Korrosion wird wirkungsvoll vorgebeugt. Die Alterungsbeständigkeit hängt von den verwendeten Kunststoffen und insbesondere den Dichtungen ab.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Das Verfahren wurde bereits in den 90er Jahren unter Laborbedingungen getestet. In zwei Pilotanlagen im Sultanat Oman und auf Gran Canaria wird das Verfahren für den Markt vorbereitet.</p> <p>Die Anlage in Oman nutzt 40 m<sup>2</sup> Vakuumflachkollektoren und einen thermischen Wasserspeicher für den 24-Stundenbetrieb. Die Anlage auf Gran Canaria soll innerhalb einer dreijährigen Bauzeit fertig gestellt werden; sie ist mit 50 m<sup>2</sup> Kollektorfläche auf eine Bereitstellung von 1000 Litern Trinkwasser pro Tag ausgelegt.</p> <p>Als Alternativenanwendung wurde die Aufbereitung von Industrieabwässern, z.B. aus galvanischen Betrieben, getestet. Erste Erfahrungen wurden mit der Rückgewinnung von Salzsäure gemacht, die aus der mit Metallen versetzten Prozesslösung zurückgewonnen wird.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>Die Hauptentwicklung besteht in einer Wirkungsgradsteigerung der Solarkollektoren, die aus Korrosionsgründen aus Kunststoff hergestellt wurden. Kunststoffe sind auf Grund ihrer schlechten thermischen Eigenschaften prinzipiell wenig geeignet, die solare Wärme zu absorbieren und effizient an das Meerwasser zu übertragen. Die auf metallischen Absorbern mittlerweile gängige selektive Beschichtung (Suncollect) mittels traditioneller galvanischer Verfahren kann hier nicht angewendet werden.</p> <p>Dieses Problem konnte mit der Anwendung von Sputterverfahren gelöst werden. Dieses Verfahren bietet zumindest gegenüber Hochvakuumverfahren den Vorzug relativ geringen Energieeinsatzes, da die Prozesskammer (der Rezipient) nur im Bereich des Grobvakuums evakuiert werden muss. In der Kombination mit der Verwendung von Kunststoffmaterialien ergibt sich insgesamt ein preisgünstiges Produkt mit niedrigem Energieeinsatz und neuen Anwendungsmöglichkeiten bei der Anwendung für aggressive Medien.</p>

	<p>Die Anlage hat allerdings prinzipiell einen höheren Wärmebedarf als das MSF (Multi Stage Flush)-Verfahren, das aktuell von Wolfgang Scheffler mit Parabolspiegeln kombiniert wird, sich jedoch noch in der Entwicklung befindet (<a href="http://www.terra-network.de/projekt-solar-meerwasser.htm">www.terra-network.de/projekt-solar-meerwasser.htm</a>). Bei dem MSF-Verfahren der PCA GmbH, Heusweiler wird lediglich ein Wärmebedarf von 100 kWh/m<sup>3</sup> Trinkwasser angegeben.</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>Unbestritten. Es fallen allerdings noch Fremdenergiekosten für den Pumpenbetrieb an.</p>
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>Ziel der Entwickler ist es, Wasserpreise von 25 Euro pro Kubikmeter zu erreichen. Dies scheint gegenüber anderen solar betriebenen Anlagen recht hoch.</p>
<b>Projekt:</b>	<p>5.1.1.6 Solarkocher / Solardörrier „ULOG“</p>
<b>Kategorie:</b>	<p>Solarenergie, solare Trinkwasserbereitstellung, solares Kochen</p>
<b>Ansprechpartner:</b>	<p>Gruppe ULOG Morgartenring 18 CH – 4054 Basel</p> <p>(Uli, Lisa, Oehler, Grimm)</p> <p>ULOG-Solar e.V. Kirchstr. 39 67691 Hochspeyer/Pfalz Tel.: 06305-994706 <a href="mailto:info@ulog-solar.de">info@ulog-solar.de</a></p>
<b>sonst. Akteure:</b>	<p>Förderung durch / Zusammenarbeit mit</p> <p>Solare Brücke e.V. Berghof 112 D-83734 Hausham</p> <p>GloboSol Förderverein für solare Kleintechnologie Postfach 5 CH-4011 Basel</p>
<b>Weitere Infos:</b>	<p><a href="http://www.ulog.ch">www.ulog.ch</a></p>
<b>Quelle:</b>	<p>Diverse, eingereicht bei den Wuppertaler Energie- und Umweltpreisen 2000, 2002</p>
<b>Ziel:</b>	<p>Substitution von Biomasse und anderer Brennstoffe zum Kochen</p>
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Von der Gruppe Ulog wurden mehrere Varianten eines Solarkochers und ein Modell zur Dörrung, also Konservierung von Lebensmitteln, entwickelt. Die Materialien sind in Grenzen variabel. Entweder Papp-, Korb-, Polyester-, Lehm-, Blech- oder Holzmaterialien bilden eine möglichst wärmeisolierte Kiste, die mit einem doppelverglasten Deckel verschlossen wird. Die Kiste wird innen mit schwarzem Blech ausgekleidet. Abhängig von der Intensität</p>

	<p>der Sonneneinstrahlung heizt sich das Innere der Kiste durch den Treibhaus-effekt auf Temperaturen zwischen 100 und 200°C auf. Je nach Güte der Dämmung ist der Ofen von den Außentemperaturen unabhängig.</p> <p>Ein zusätzlicher, auf der Innenseite reflektierender Deckel (z.B. aufgeklebte Alufolie) kann so positioniert werden, dass dort Sonnenlicht reflektiert und in den Ofen geführt wird.</p> <p>Während beim Standardmodell der Glasdeckel gegen die Horizontale geneigt ist, ist er beim Tropenmodell aufgrund des überwiegend steilen Strahlungseinfalls horizontal ausgeführt. Der Ofen kann zum Kochen und Backen genutzt werden. Er funktioniert bei sonnigem Wetter auch im alpinen Winter; die Kochzeit beträgt je nach Einstrahlungsverhältnissen und Befüllungsgrad 2 bis 4 Stunden.</p> <p>Von den Initiatoren werden fertige Geräte und Bauanleitungen vertrieben bzw. kostenlos weitergereicht. Tipps helfen, die Effizienz des Kochers zu erhöhen, z.B.: Nutzung von Steinen als Wärmespeicher, ein Kochbuch und Wohnungshinweise.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	<p>Effektive Kochertechnik mit einfachsten Mitteln. Reicht nach Erfahrungsberichten für zwei Mahlzeiten pro Tag für eine Familie.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Die Kocher werden seit den 80er Jahren gefertigt. Für unterschiedliche Anforderungen (Standort, Größe, Reiseausführung, etc.) stehen Bauanleitungen zur Verfügung.</p> <p>In Norwegen wurden inzwischen ähnliche Kocher entworfen, die sich durch eine bessere Isolation auszeichnen, aus edleren Materialien hergestellt werden und entsprechend aufwendiger in der Fertigung sind (<a href="http://www.suncook.no">www.suncook.no</a>).</p> <p>Ein preisgünstiges Modell mit mehreren schwenkbaren Reflektordeckeln wurde von einer Projektgruppe der FH Gießen-Friedberg inzwischen zur Serienreife entwickelt (<a href="http://www.solarcookers.co.za">www.solarcookers.co.za</a>) und wird insbesondere in Südafrika verwendet.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>Einerseits enorme Bedeutung, andererseits seit den 80er Jahren etablierte Technik.</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>Potenzial von enormer Bedeutung, insbesondere dort, wo hohe Sonneneinstrahlung vorherrscht. Aufgrund traditionsbehafteten Kochverhaltens reichen solche Solarkocher jedoch alleine nicht aus, um Holzeinschlag zu verhindern.</p> <p>Hier ist ein Potenzial für Scheffler-Spiegel (a.a.O.) zu sehen: Aus Einzelsegmenten gefertigte, nachführbare Parabolspiegel (ca. 7 bis 8 m<sup>2</sup>), die durch ein Loch in Haus- oder Hüttenwand Licht auf die traditionelle Kochstätte fokussieren. Die Gruppe Ulog gibt als Einsparpotenzial für Brennholz eine Größenordnung von 2 bis 3 Tonnen pro Jahr an.</p>
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>Fertigung, Pflege und Reparatur der Kocher in den EL sind im Grunde unproblematisch. Jedoch bedarf es einiger Initiative und Anleitung vor Ort. Polierte Aluminiumbahnen verschiedener Dicke können von einer Firma aus Ennepetal geliefert werden. Die Akzeptanz ist nach Auskunft der Initiatoren dort gut, wo Brennstoffe zugekauft werden müssen. Immer dort, wo Brennholz selbst eingeschlagen werden kann, wird in der Regel auch Holz bevorzugt.</p>

<b>Projekt:</b>	5.1.1.7 Scheffler-Spiegel
<b>Ansprechpartner:</b>	Dipl. Phys. Wolfgang Scheffler Graf-von-Weidenberg-Straße 6 89344 Aislingen Tel.: 09075-701338 <a href="mailto:Solarebruecke-1@t-online.de">Solarebruecke-1@t-online.de</a>
<b>sonst. Akteure:</b>	Solare Brücke e.V. Berghof 112 83734 Hausham Tel. 08025/7192 Fax 08025/7195 <a href="mailto:solarebruecke@t-online.de">solarebruecke@t-online.de</a> diverse
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.solare-bruecke.org">http://www.solare-bruecke.org</a>
<b>Quelle:</b>	diverse, u.a. Wuppertaler Energie- und Umweltpreis 2000
<b>Ziel:</b>	Substitution von Biomasse und anderer Brennstoffe, Anwendung in Großküchen
<b>Wirkungsweise:</b>	Fokussierung direkter Sonnenstrahlung auf Kochtöpfe und Verdampferrohre.
<b>technische Prüfung:</b>	<p>Der Scheffler-Spiegel ist ein Fix-Fokus-Parabolspiegel, der der Sonne nachgeführt werden kann, ohne seinen Stand zu verändern. Er wird überwiegend in einer Spiegelgröße von 7 bis 8 m<sup>2</sup> gebaut. Als Materialien werden Stahlprofile, Glasspiegel und Montagematerial verwendet. Im Fokus ist real eine maximale Temperatur von etwa 1000°C erreichbar. Bei Verwendung von Normalglasspiegeln ist eine Kochleistung zwischen 1,7 kW bis 2,5 kW erreichbar. Pro Paraboloid können bis zu drei (geschwärzte) Kochtöpfe genutzt werden.</p> <p>Im Mittel können in einer Stunde 22 Liter kaltes Wasser zum Kochen gebracht werden.</p> <p>In Indien wurden 1988/89 84 Schefflerspiegel zum Bau der „größten Solarküche der Welt“ eingesetzt: Es können 18.000 Menschen bekocht werden.</p> <p>Die Spiegel können mittels eines mechanischen Uhrwerks auch automatisiert der Sonne nachgeführt werden. Als Spiegeloberfläche können auch Spiegelfolien genutzt werden. Teilweise werden Wärmespeicher aus z.B. 50 kg Eisen aufgeheizt, so dass auch nachts gekocht werden kann (!) oder nachmittags zwei Kochstellen genutzt werden können.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	Das Gerät ist ausgereift. Mittlerweile sind einige Hundert Exemplare gebaut worden, insbesondere in afrikanischen Ländern.
<b>Innovationsgrad:</b>	Die Schefflerspiegel werden seit 1986 gefertigt und eingesetzt. Insofern ist die Entwicklung nicht neu. Für Großküchen werden inzwischen ähnliche Produkte gefertigt, die die Geometrie von Parabolrinnenkollektoren nutzen (z.B. Hamburger Solarboiler des Hamburger Klimaschutzfonds, a.a.O.). Diese sind effizienter, erfordern aber auch andere Materialien (großformatige,

hochreflektive Bleche), die teurer und nicht leicht verfügbar sind. Mit diesen Solarboilern (6 m<sup>2</sup>) können in Bangladesh immerhin etwa 200 Liter Wasser pro Sonnenstunde entkeimt werden.

Da der Fokus bei Schefflerspiegeln außerhalb des Kochers liegt, besteht jedoch auch Brandgefahr, Blendgefahr und insbesondere eine Gefährdung für Kleinkinder, weshalb Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden müssen. Der Vorteil der Kocher liegt in der Möglichkeit der Nutzung traditioneller Kochstellen; eine Beifeuerung mit anderen Brennstoffen ist möglich.

Momentan führt die EG-Solar Entwicklungsarbeiten zum Einsatz von Scheffler-Spiegeln für die Meerwasserentsalzung durch. Das Verfahren sieht Verdampfung mittels vier Kondensationsstufen (multiple stage flash MSF) vor, [www.terra-network.de/projekt-solar-meerwasser.htm](http://www.terra-network.de/projekt-solar-meerwasser.htm).

**Alternativen:**

Bei anderen Entwicklungen, z.B. den Solarkochern SK 12 und SK 14 (Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung München; EG Solar, Vertrieb über [www.sun-and-ice.de](http://www.sun-and-ice.de)), liegt der Brennpunkt innerhalb des Spiegels, so dass der Ort des Kochens hierhin verlagert wird. Kosten 120 – 240 Euro, bisher etwa 20.000 Kocher weltweit verbreitet. In Hörstel, Nähe Schweinfurt, wurde aktuell im Jahr 2004 ein ähnlicher Solarkocher entwickelt, der im Schattenzentrum ein Loch mit etwa 30 cm Durchmesser aufweist. Dadurch kann die Rollenbreite des Aluminiums klein gehalten werden. Es werden Partner in den EL für die Herstellung vor Ort gesucht (Hermann Determeyer, [www.solarchance.de](http://www.solarchance.de)). Kosten etwa 90 – 120 Euro.

Im Gegensatz zu den genannten Initiatoren verzichtet das Ehepaar Fredmüller aus Ratingen auf einen hohen Herstellungsgrad vor Ort und setzt auf Kostenminimierung und komplette Bausätze, um die Kocher vor Ort möglichst schnell einsetzen zu können. Dabei sind die Kocher äußerst robust gefertigt. Kosten momentan 50 bis 100 Euro, Kostenminimierung bei Massenfertigung in Hamburg auf 30 Euro möglich ([www.solarkocher-ratingen.de](http://www.solarkocher-ratingen.de)).

**Nachhaltigkeit:**

Immens hohe Bedeutung insbesondere für Küchen, in denen viele Menschen bekocht werden und kleine Kocher (z.B. Gruppe Ulog, a.a.O.) nicht genügend Wärmeleistung erzielen.

**Anpassung an EL:**

Die verwendeten Materialien sind zumindest in den EL so gängig, dass ein Nachbau des Kochers verhältnismäßig günstig erfolgen kann.

**Projekt:**

5.1.1.8 Hamburger Solarboiler

**Kategorie:**

Solarenergie, solare Trinkwasserbereitstellung, solares Kochen

**Ansprechpartner:**

Hamburger Klimaschutz-Fonds e.V.  
Gerhard Knies,  
Sayed Faruque Shah  
Stauffenbergstr. 15  
22587 Hamburg  
Fon: 040-8663154

<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.klimaschutz.com">www.klimaschutz.com</a>
<b>Quelle:</b>	Wuppertaler Energie- und Umweltpreis 2000
<b>Ziel:</b>	Trinkwasserbereitstellung, Substitution von Biomasse und konventionellen Brennstoffen
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Der Hamburger Solarboiler nutzt eine Parabolrinne aus spiegelndem Aluminiumblech (2,4 m lang, 2,5 m breit beim 1. Prototyp) als Linienkonzentrator für direktes Sonnenlicht. In einem Absorberrohr (Kochrohr, Volumen ca. 10 Liter beim 1. Prototyp) kann Wasser in einigen Minuten auf über 200°C erhitzt und entkeimt werden. Der Siedepunkt wird in diesem Boiler garantiert erreicht, weil das Wasser aus dem Kochrohr nur durch den Dampf des kochenden Wassers herausgedrückt werden kann. Eine Entkeimung ist somit konstruktiv gesichert.</p> <p>Ein Operateur überwacht und reguliert die Wasserzu- und abfuhr und sorgt manuell für die einachsige Drehung der Parabolrinne zur Ausrichtung auf den aktuellen Sonnenstand (3 Grad alle 12 Minuten).</p> <p>In einem nachgeschalteten Wärmetauscher werden ca. 75% der Wärme des ausfließenden entkeimten Wassers auf das einfließende Rohwasser übertragen. Die Leistung des Kollektors liegt bei einer angenommenen Spiegelfläche von 6 qm, voller Direktstrahlung der Sonne und Wärmerückgewinnung bei 200 Liter/Std. Damit wäre bei 1000 Sonnenscheinstunden, was durchaus realistisch für Bangladesch ist, eine Jahresdurchschnittsleistung von 200.000 Liter erreicht.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	Die wichtigsten Elemente, die Leistungsmerkmale des Kollektors sowie die Funktionalität des Kochrohrs (selbsttätiger Wasserausstoß durch Dampfüberdruck und selbsttätiges Einsaugen von Rohwasser durch Dampfunterdruck), sind an Prototyp-Komponenten erprobt und bestätigt worden. Trotz noch nicht optimierter Isolation des Kochrohrs wurde eine Stillstandstemperatur von 210 Grad Celsius beim ersten Versuch in Hamburg erreicht.
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Der Bau von Prototypen des Kollektors und des Kochrohrs konnte in einer Beschäftigungsgesellschaft für Arbeitslose („Ökologische Technik e.V.“) durchgeführt werden. Materialkosten werden vom Hamburger Klimaschutz-Fonds e.V. getragen. Am Bau eines voll funktionsfähigen Prototypen haben ab August 2000 mit finanzieller Unterstützung durch den Hamburger Klimaschutz-Fonds zwei Ingenieure aus Bangladesch teilgenommen. Das dabei erworbene Know-how konnte beim Bau weiterer Geräte in Bangladesch umgesetzt werden.</p> <p>Für die Entwicklung des speziellen Wärmetauschers (Pulsbetrieb) ist eine Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Hamburg-Harburg zustande gekommen. Nach Angaben der Entwickler kann die Anlage noch weiter optimiert werden, wie z.B. die thermische Isolierung des Kochrohrs, Effizienzsteigerung des Wärmetauschers.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	hoch, insbesondere für große Solarküchen. Durch die erzeugten hohen Temperaturen ergeben sich prinzipiell auch zahlreiche andere Einsatzmöglichkeiten, z.B. eine Koppelung an Adsorptionskältemaschinen, Trocknung/Konservierung von Nahrungsmitteln, etc.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	Ausgangspunkt und Motivation für die Entwicklung des Hamburger Solarboilers war die in Bangladesch bestehende Trinkwasserproblematik. Dort ist zwar Oberflächenwasser in ausreichender Menge vorhanden, kann aber

aufgrund seiner starken Belastung durch Krankheitserreger nicht ohne weiteres genutzt werden. Aus diesem Grund hat UNICEF seit 1990 zahlreiche Tiefbrunnen bohren lassen. Dadurch konnte für 97% der Bevölkerung die Wasserversorgung sichergestellt werden. Wissenschaftliche Untersuchungen aus dem Jahre 1998 haben jedoch ergeben, dass das aus Tiefbrunnen gewonnene Wasser generell hohe Arsenkonzentrationen aufweist und auf Grund der damit verbundenen erheblichen Gesundheitsgefährdungen zur Trinkwasserversorgung nicht in Frage kommt.

Das Trinkwasser für die 100 Millionen Menschen muss daher zwangsläufig aus dem in der Regel stark verkeimten Oberflächenwasser gewonnen werden. Die notwendige Entkeimung kann konventionell durch Abkochen mit Brennstoffen wie z.B. Kerosin oder durch Desinfektion mit Hilfe teurer Chemikalien gewährleistet werden. Hier bietet die solare Trinkwasserentkeimung eine nachhaltige Alternative.

Ein Solarboiler kann in Bangladesch im Tagesmittel ca. 600 Liter Wasser entkeimen (entspricht 200.000 Liter/Jahr), also ca. 300 Personen versorgen. Wenn nur 10% der Bevölkerung von Bangladesch (also 12 Mio. Menschen) mit Solarkraft gereinigtes Trinkwasser erhalten sollten, benötigt man 40.000 Solarboiler.

**Anpassung an EL:**

Das Gerät zur Trinkwasserentkeimung ist als angepasste Technik so konzipiert, dass es komplett an seinem Einsatzort (Bangladesch), aber auch in anderen Ländern hergestellt werden kann. Zum Bau des Gerätes sind nur Blecharbeiten erforderlich. Einige Materialien müssen jedoch importiert werden (Spiegel-Alu z.B. Fa. Alanod, Ennepetal, Alu-Rohre und Profile vom Weltmarkt).

Zum Abkochen mit Kerosin benötigt man etwa 0.01 Liter Kerosin pro Liter Wasser (100 Kcal). 1 l Kerosin entspricht 10.000 Kcal und kostet etwa. 50 ct. Die Brennstoffkosten pro Liter Wasser liegen demnach bei 0,5 ct.

In einem Jahr könnte ein Solarboiler vom Zuschnitt des ersten Prototypen also 1000 Euro Brennstoffkosten sparen. Wenn das Gerät für ca. 500 Euro gebaut werden kann (so die Schätzungen für Material und Produktion in Bangladesch), hat er sich nach einem halben Jahr amortisiert. Damit ist der Betrieb in Bangladesch wirtschaftlich selbsttragend möglich.

Geht man von einer mittleren CO<sub>2</sub>-Emission von 50 g CO<sub>2</sub>/Liter Kochwasser aus, so lassen sich mit einem Solarboiler jährlich 10 Tonnen CO<sub>2</sub> bei einer angenommenen Menge von 200.000 Liter Wasser/Jahr einsparen. Das entspricht etwa der CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch eine 10kW-peak PV Anlage in Deutschland. Wenn also 12 Millionen Menschen in Bangladesch täglich mit 2 Liter Solar-Trinkwasser versorgt werden würden, entspräche das einer Vermeidung von ca. 400.000 Tonnen CO<sub>2</sub>/Jahr.

## 5.1.2 Trinkwasserbereitstellung, nichtsolare Technologien

<b>Projekt:</b>	5.1.2.1 Membranwasserfilter MicroClear
<b>Kategorie:</b>	Trinkwasserbereitstellung, Membrantechnik
<b>Ansprechpartner:</b>	Ulrich Weise Weise Water Systems GmbH & Co. KG Steinbruchstr. 6b 35428 Langgöns Tel: 06447-886555 <a href="mailto:ingbweise@aol.com">e-mail: ingbweise@aol.com</a>
<b>sonst. Akteure:</b>	FH Giessen-Friedberg Fraunhofer Institut Umsicht, Oberhausen ESWE, Wasserwerk Wiesbaden Universität San Salvador in El Salvador
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.weise-water-systems.com">www.weise-water-systems.com</a> <a href="http://www.fh-giessen.de">www.fh-giessen.de</a>
<b>Referenzen:</b>	Sonderpreis beim Wuppertaler Energie- und Umweltpreis 2000
<b>Quelle:</b>	Wuppertaler Energie- und Umweltpreis
<b>Ziel:</b>	Trinkwasserbereitstellung, Entkeimung von Brunnenwasser und Oberflächenwasser insbesondere als mobile Anwendung für Katastrophenschutz o.ä.
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Der MicroClear Wasserfilter besteht aus einem Stapel von Membranen, die eine Porengröße von etwa 0,01 bis 0,1 µm (Millionstel Meter) aufweisen und daher weder Bakterien noch die erheblich kleineren Viren durchlassen. Diese sogenannte Ultrafiltration hat sich bereits in der Lebensmittelchemie und in der Biotechnologie etabliert. Problematisch bei dieser Technik ist, dass sich auf den Membranen Deckschichten bilden, die sich schwer lösen lassen und schließlich zum "fouling" führen können: dem unerwünschten Wachstum bakterieller Kulturen. Ein gängiges, aber kosten- und energieintensives Verfahren zum Lösen dieser Schichten besteht in der Nutzung hoher Drücke (etwa drei bis sechs bar). Damit verbundene Probleme: die hohe mechanische Beanspruchung der Membranen und die Notwendigkeit, teure Druckbehälter sowie energieintensive Kompressoren einzusetzen.</p> <p>Die Neuentwicklung von Ulrich Weise vermeidet diesen Bakterienbefall der Membranen weitgehend. Das Geheimnis des MikroClear-Wasserfilters liegt in einem Reinigungsmechanismus, der mit erheblich weniger Energie auskommt und dennoch wirkungsvoller arbeitet als bisherige Reinigungssysteme. Dies erreicht Weise durch die Nutzung von Scherkräften, die von eingblasenen, aufsteigenden Luftbläschen erzeugt werden und über das von den Bläschen verdrängte Wasser auf die Membranoberfläche einwirken. Voraussetzung für das Auftreten dieser reinigenden Kräfte ist die Ausbildung einer "Pfropfenströmung", die bei einem definiertem Membranabstand im Bereich weniger Millimeter auftritt und eine damit einhergehende geometrische Auslegung des gesamten Filters erforderlich macht. Durch die hohe Wirksamkeit dieses Mechanismus' kann der Filter mit einer Pumpe geringer</p>



Saugleistung betrieben werden, die auf der Reinwasserseite einen leichten Unterdruck erzeugt. Die Arbeitsrichtung der Pumpe wird zyklisch umgekehrt und erzeugt dann einen leichten Überdruck, um den Reinigungsvorgang zu unterstützen. Die (Saug-)Pumpe ist mit einer Leistungsaufnahme von etwa 60 Watt sehr klein dimensioniert; das Luftgebläse nimmt eine elektrische Leistung von ca. 150 Watt auf.

Als zusätzliche Hygienemaßnahme wird der Filter in regelmäßigen Abständen chemisch rückstandsfrei entkeimt.

Im laufenden Betrieb wird der MicroClear-Wasserfilter schlicht in das zu reinigende Wasser (z.B. Flusswasser) getaucht. Die von der Membran entfernten Partikel werden in das Rohwasser zurückgegeben. Abhängig von der Wasserqualität kann ein Modul mit 5,6 Quadratmetern effektiver Membranfläche 150 bis 200 Liter gereinigtes Wasser in der Stunde bereitstellen, entsprechend dem Trinkwasserbedarf von 22 Personen in Deutschland oder - in Entwicklungsländern - sogar von einem ganzen Dorf. Mehrere Module können je nach Gehäuse parallel betrieben werden, um die Wasserausbeute zu erhöhen



Als Anwendung in der Abwasserreinigung ist der Durchsatz höher, denn dort sind die Schwebeteilchen groß im Verhältnis zur Porengröße und setzen die Membrane weniger zu.

**technische  
Prüfung:**

Die Qualität des aus Flusswasser erzeugten Reinwassers entspricht nach Gutachtern der Fachhochschule Giessen-Friedberg in Dauertests bezüglich der Gesamtkeimzahl und der Trübung der Trinkwasserverordnung. Eine weitere Optimierung ist daher nicht notwendig. Nach deutschem Recht müssen zur Trinkwassernutzung zwar noch andere Filter nachgeschaltet werden, die die chemische Unbedenklichkeit sicherstellen, doch ist das Gerät gerade für mobile Einsatzzwecke in chemisch unbelasteter Umgebung als "stand-alone"-Anwendung einsetzbar. Selbst bei sehr hoher Trübung im Zulauf sei eine hohe Betriebssicherheit gewährleistet und die erforderliche Wartung gering.

**Entwicklungsstand:**

Den Praxistest hat das „Wasserwerk in Miniaturformat“ bereits bestanden. In Wiesbaden-Schierstein reinigt es seit Monaten störungsfrei Wasser direkt aus dem Rhein und auch in San Salvador ist seit mehreren Jahren eine Testanlage in Betrieb. Auf der EXPO in Hannover war das Gerät bei der Abwasserreinigung im Einsatz. Seit 1999 wird die Entwicklung des Geräts von der Fachhochschule Gießen-Friedberg wissenschaftlich begleitet. Im dortigen Labor für Wasseraufbereitung und Abwassertechnik wurden bereits drei Diplomarbeiten zu der Entwicklung angefertigt und in an der Universität von Zentralamerika, El Salvador, laufen ebenfalls begleitende Untersuchungen.

Der Preis beträgt stückzahlabhängig in etwa 2.500 Euro komplett mit Gehäuse, das jedoch auch an anderen Orten hergestellt werden kann. Die Lebenszeit wurde mit 5 Jahren angesetzt. Vernachlässigt man die benötigte Pumpenenergie, kostet ein Kubikmeter Wasser demnach etwa 40 ct.

<b>Innovationsgrad:</b>	Hoch, insbesondere als Lösung zur kommunalen Trinkwasserbereitstellung und Abwasserreinigung. Zur Störungsfreiheit des Gerätes hat die von Weise selbst entwickelte Diodenlaserschweißtechnik beigetragen. Mit deren Hilfe werden die Membranen mit der Kunststoff-Trägerplatte dauerhaft und nachhaltig verbunden, ohne Chemikalien oder thermische Verfahren einsetzen zu müssen.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	hoch.
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>Der MicroClear-Wasserfilter ist geeignet, die Trinkwasserversorgung dort sicherzustellen, wo genug Oberflächenwasser zur Nutzung zur Verfügung steht, aber mikrobiologische Verunreinigung eine Nutzung bisher unmöglich machte. Insbesondere die Möglichkeit zur mobilen Anwendung kann für die Katastrophenhilfe oder ähnliche Einrichtungen von Interesse sein. Auch in Deutschland kann der Filter einen Beitrag leisten: zur Nutzung ebenfalls in der Trinkwassergewinnung, in Kläranlagen und sogar zur Schaffung des "abwasserfreien Hauses". Aufgrund der verbrauchernahen Anwendung ist die Aufbereitungstechnik dafür geeignet, ganze Ansiedlungen und Dörfer in den Entwicklungsländern zu versorgen.</p> <p>Ein Manko an der Anlage ist, dass sie ohne Bereitstellung elektrischer Energie nicht ohne Weiteres funktioniert. Hier kann ein Betrieb</p>

<b>Projekt:</b>	5.1.2.2 Enzyme aus Pilzen für die Filterung von Pestiziden
<b>Kategorie:</b>	Wasser; Trinkwasserbereitstellung; Biotechnologie
<b>Ansprechpartner:</b>	Christian Mougin INRA - Institut National de la Recherche Agronomique <a href="mailto:mougin@versailles.inra.fr">mougin@versailles.inra.fr</a>
<b>sonst. Akteure:</b>	Forschergruppe am INRA
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.inra.fr">http://www.inra.fr</a>
<b>Referenzen:</b>	Französische Botschaften in Deutschland / Österreich
<b>Quelle:</b>	<a href="http://www.innovationsreport.de">www.innovationsreport.de</a> , Meldung vom 22.01.2003
<b>Ziel:</b>	Entfernung von Pestizidrückständen aus Trinkwasser
<b>Wirkungsweise:</b>	Entwickelt wurde ein neues Trinkwasserreinigungssystem mit Hilfe von Enzymen aus faserförmigen Pilzen. Die Enzyme werden auf einer Filtrationsmembrane innerhalb eines Reaktors fixiert. Bei Kontakt mit den Enzymen polymerisieren Pestizide und werden durch die Membrane nicht mehr hindurch gelassen. Der Vorteil ergibt sich daraus, dass Filtermembranen mit größerem Lochquerschnitt als bei der Nanofiltration üblich gewählt werden können, um Wasser von Pestiziden zu reinigen. Einerseits verstopfen die

<b>technische Prüfung:</b>	<p>Membranen langsamer (sinkende Wartungskosten), andererseits wird die Mineralqualität des Wassers verbessert.</p> <p>Unklar sind bei dieser Entwicklung mehrere Aspekte: Sind die polymerisierten Pestizide unschädlich? Wie können diese Substanzen entsorgt werden? Wie aufwendig ist dieses Verfahren? Sind oxidierende oder reduzierende Verfahren eine bessere Alternative?</p> <p>Da das Verfahren an die Membrantechnologie gekoppelt ist, treten hier zugleich deren allgemeine Probleme auf: Die Notwendigkeit, bei hohen Drücken zu arbeiten und zur Erzielung hoher Durchflussmengen Pumpen mit hoher Leistung einzusetzen.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	Die Entwicklung des Verfahrens befindet sich noch im Forschungsstadium.
<b>Innovationsgrad:</b>	Neben der sehr aufwendigen Nanofiltration sind bislang wenig Ansätze bekannt, wie Pestizide überhaupt aus Trinkwasser gefiltert werden können. Entsprechend hoch ist hier das Forschungsinteresse.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	Die Entwicklung setzt dort an, wo bereits Wasser mit dem Ausbringen von Pestiziden belastet wurde. Hier ist generell zunächst zu hinterfragen, wie der Eintrag von Pestiziden in Oberflächen- und Grundwasser zukünftig begrenzt bzw. verhindert werden kann.
<b>Anpassung an EL:</b>	Vor einer Aussage über eine Anpassungsfähigkeit an EL muss die Technologie zunächst weiter auf ihre generelle Marktfähigkeit untersucht werden.

<b>Projekt:</b>	5.1.2.3 Kleie als Filter für Arsen und Chlorkohlenwasserstoffe
<b>Kategorie:</b>	Wasser, Abwasserbehandlung, Bioadsorber
<b>Ansprechpartner:</b>	Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB) Dr. Manfred Kühn  GUTec mbH Postfach 1243 74844 Obrigheim <a href="http://www.gutecmbh.de">http://www.gutecmbh.de</a>
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.igb.fraunhofer.de">www.igb.fraunhofer.de</a>
<b>Quelle:</b>	<a href="http://www.innovationsreport.de">www.innovationsreport.de</a> , Meldung vom 11.10.2002, Informationsdienst Wissenschaft
<b>Ziel:</b>	Reinigung von Industrieabwässern, Potenzial zur Reinigung von arsenbelastetem Grundwasser
<b>Wirkungsweise:</b>	Kleie, die als Reststoff beim Mahlen von Getreide anfällt, wird als Adsorber für die Behandlung von Industrieabwässern eingesetzt. Das Adsorbermaterial kann nach Benutzung entweder desorbiert, kompostiert oder einer Verbrennung zugeführt werden.

	<p>Die mobile Versuchsanlage (2,5 x 1,3 x 2)m groß, adsorbiert in Abwässern enthaltenes Arsen und Hexachlorcyclohexane (HCH, aus Schädlingsbekämpfungsmitteln) bis deutlich unter die in Deutschland vorgegebenen Grenzwerte zur Abwasserbehandlung.</p> <p>Arsen lässt sich mit diesem Verfahren fast vollständig, bis auf 0,004 mg/ml, entfernen.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	<p>Die Anlage scheint auch unter dem Aspekt interessant, dass z.B. in Bengalen Grundwasser zum Teil hochgradig mit Arsen belastet ist und deshalb einer Trinkwassernutzung und landwirtschaftlichen Nutzung nicht zugänglich ist.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Eine Anlage in "halbtechnischen" Maßstab ist bei der GUTec mbH in Betrieb. Weitere Bioadsorber werden zur Entfernung von Schwermetallen wie Kupfer, Blei, Cadmium, Zink und Chrom eingesetzt.</p> <p>Weitere Forschungsarbeiten zum Thema Arsen laufen im Rahmen des übergeordneten Projektes «Nachhaltige Wasserwirtschaft in Arsen-belasteten Gebieten Asiens», an dem die Schweizer EAWAG sowie Forschungsgruppen des Instituts für Technology in Massachusetts (MIT), der Universität Tokio (UT) und der Technischen Universität Bangladesh (BUET) beteiligt sind.</p> <p>Derweil laufen an der University of Georgio, USA, Forschungsarbeiten, mit Mitteln der Gentechnik das Erbgut einer Pflanze so zu modifizieren, dass sie Arsen in ihr Gewebe einbaut, ohne sich zu vergiften („Phytoremediation“, Quelle: EurekAlert!). Zwei Gene von Echerichia Coli werden in das Erbgut einer Pflanze der Senfartigen "Arabidopsis" eingebettet. Die Pflanze nimmt arsenhaltiges Wasser auf, baut das Arsen aber nicht wie üblich an Stelle von Phosphor in ihre Zellen ein, sondern bindet es mit Hilfe von Schwefel und entgeht somit einer Vergiftung. Die Pflanzen können später geerntet und entsorgt werden.</p> <p>Die Quelle berichtet, dass die gentechnisch veränderten Pflanzen einsatzbereit seien. An Verbesserungen werde dennoch gearbeitet.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>hoch.</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>unbestritten. Kleie ist zudem ein sehr preisgünstiges Abfallprodukt aus Getreidemühlen (Preis wenige Euro pro Zentner).</p>
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>Hoch interessant wäre eine Prüfung, inwieweit solche Anlagen auch zur Dekontaminierung von arsenbelastetem Grundwasser in Indien und Bangladesh eingesetzt werden können, zumal dort der Reisanbau und zum Teil auch die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung mit kontaminiertem Wasser betrieben wird.</p>

### 5.1.3 Abwasserbehandlung

#### 5.1.3.1 Zur Situation in den EL

Es ist davon auszugehen, dass der Wasserverbrauch weltweit bis zum Jahre 2025 um 650 % steigen wird. Zusätzlich wird kaum die Hälfte des in den städtischen Siedlungen von Entwicklungsländern anfallenden kommunalen Abfalls gesammelt und ordnungsgerecht entsorgt. Als Folge dieser heiklen Situation sterben jedes Jahr 4 Millionen Menschen an Durchfallerkrankungen, Cholera und Typhus [Schertenleib, R.; Gujer, W. (1999): „Auf dem Weg zu neuen Strategien in der Siedlungswasserwirtschaft“, in EAWAG – News, 48d November].

In wasserarmen Gebieten sind Kanalisation und zentralisierte Abwasserreinigung nach westlichen Standards ökologisch und ökonomisch nicht angemessen. Der Grund besteht darin, dass Abfälle zuerst mit kostbarem Frischwasser verdünnt und später durch großen technischen Aufwand gereinigt werden. Arme Länder verfügen oft nicht über die nötigen Finanzen für den Bau und Betrieb der technisch anspruchsvollen Infrastruktur. Die in den Exkrementen enthaltenen Nährstoffe sollten wegen der verbreiteten Unfruchtbarkeit der Böden nicht vernichtet, sondern auf die Felder zurückgeführt werden [bmz; NOVAQUATIS-Broschüre].

Siehe auch: Wilderer, Peter A. und Paris, Stefania (1991): Integrierte Ver- und Entsorgungssysteme für urbane Gebiete, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Abschlussbericht, Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wassergüte- und Abfallwirtschaft, TU München, Garching)

#### 5.1.3.2 Stand der Technik

##### **1. DEWATS-Technologien (Decentralised Wastewater Treatment Systems)**

In Entwicklungsländern gibt es einen großen Bedarf an dezentralen Abwasserreinigungssystemen. Derzeit scheint die Nutzung wartungsarmer dezentraler Technologien eine realistische Option für die armen Länder zu sein. Vorteilhaft dabei ist es, dass die dezentrale Technologie entsprechend den lokalen Gegebenheiten kostengünstig und zuverlässig eingesetzt werden kann. Großer Nachteil jeder Dezentralisierung ist die Notwendigkeit, das technische Wissen an jedem der dezentralen Orte bereitzustellen. Durch zentrale Beratung und Überwachung können jedoch viele Probleme im alltäglichen Betrieb gelöst werden.

Unter DEWATS versteht man Systeme, die für eine dezentrale Anwendung in Entwicklungsländern geeignet sind. Es handelt sich dabei um Faulgruben, Emscherbrunnen, anaerober Filter, Reaktoren in Kaskadenbauweise, horizontale Kiesfilter, anaerobe Becken und Teiche. In der folgenden Tabelle wird ein Überblick über Leistungsfähigkeit, Anwendungsbereich, Vorteile und Nachteile von DEWATS-Systemen gegeben [Sasse, 1998].

Charakteristika von DEWATS [Sasse, 1998].

Anlage	Leistung	Abwasser	Vorteile	Nachteile
<b>Faulgrube</b>	Absetzen, Schlammfäulung und -stabilisierung	Häusliches und alle absetzbaren Abwässer	Einfach in Bau und Betrieb, langlebig, geringer Platzbedarf weil unterirdisch	Beschränkte Klarleistung, Abfluss nicht geruchsfrei
<b>Imhoff-Tank</b>	Absetzen, Schlammfäulung und -stabilisierung	Häusliches und alle absetzbaren Abwässer	Einfach in Bau und Betrieb, langlebig, geringer Platzbedarf weil unterirdisch, geruchloser Abfluss	Weniger einfach als Faulgrube, sehr regelmäßiges Entschlammungen erforderlich
<b>Anaerober Filter</b>	Anaerober Abbau von Schwebstoffen und gelösten Feststoffen	Abgesetztes Abwasser aus Haushalt und Industrie mit engem CSB/BSB Verhältnis	Einfach und ziemlich robust wenn Abwasser gut abgesetzt, hohe Effizienz, geringer Platzbedarf wenn unterirdisch	Teurer als Faulgrube, besonders wenn spezielles Filtermaterial, Verstopfung möglich, Filterspülung nach Jahren, Abfluss nicht geruchlos
<b>Baffled Reaktor</b>	Anaerober Abbau von Schweb- und gelösten Feststoffen	Grob abgesetztes oder hochbelastetes Abwasser aus Haushalt und Industrie mit engem CSB/BSB Verhältnis	Einfach, robust und langlebig, hohe Klarleistung bei hochbelastetem Abwasser, geringer Platzbedarf wenn unterirdisch, besonders kostengünstig bei kleineren Anlagen	Bei großen Abwassermengen größerer Platzbedarf, weniger effizient bei schwachbelastetem Abwasser; längere Einarbeitungszeit wenn ohne Startersubstrat
<b>Horizontaler Kiesfilter (mit oder ohne Pflanzen)</b>	Aerob-fakultativ-anaerober Abbau von gelösten und feinen Schwebstoffen, Entfernung von Pathogenen	Abgesetztes und vorgeklärtes Abwasser, geeignet für Haushalts- und schwachbelastete industrielle Abwässer	Hoher Reinigungsgrad wenn richtig geplant, gefälliges Aussehen in der Landschaft, Wasser bleibt unsichtbar, geruchsarmer Ablauf, preiswert wenn Filtermaterial örtlich vorhanden	Großer, permanenter Platzbedarf, teuer wenn Filtermaterial nicht am Ort erhältlich, Erfahrung und Sorgfalt beim Bau nötig, Kontrolle in den ersten zwei Jahren notwendig
<b>Anaerobe Becken und Teiche</b>	Absetzen, Schlammfäulung und -stabilisierung	Hoch und mittel belastetes industrielles Abwasser	Einfache Bauweise, flexibel in Bezug auf gewünschten Reinigungsgrad, kaum Wartung	Offene Behälter beanspruchen Platz, nie ganz geruchlos, kann sogar stinken, Mücken sind schlecht zu kontrollieren
<b>Aerobe Teiche</b>	Aerob-fakultativer Abbau von Schweb- und gelösten Stoffen, Entfernen von Pathogenen	Schwach belastetes, meist vorgeklärtes Abwasser aus Industrie und Haushalt	Einfach im Bau, hohe zuverlässige Reinigung wenn richtig dimensioniert, beste 'Hygienisierung, kann Teil der natürlichen Landschaft sein, Fischzucht möglich wenn schwach belastet	Großer, permanenter Platzbedarf, Belästigung durch Mücken und Geruch möglich wenn unterdimensioniert, Algenwachstum kann Abfluss-BSB erhöhen

## 2. EcoSan-Technologien (Ecological Sanitation)

Diskutiert werden auch für Entwicklungsländer nachhaltige dezentrale Lösungen, bei denen Urin und Fäkalien vor Ort unverdünnt aufgefangen und in geeigneter Weise in die Landwirtschaft zurücktransportiert werden. Es handelt sich dabei um Komposttoiletten, Trocknungslatrinen und ganzheitliche, separative dezentrale Systeme mit Separationstoiletten (siehe nachfolgende Tabelle). Diese werden EcoSan-Technologien genannt. EcoSan steht für **Ecological Sanitation** [bmz] und entspricht im Wesentlichen den oben ausführlich beschriebenen DESAR-Technologien.

Beispiele von ECOSAN-Technologien [bmz]

Technologie	Einsatz	Kurzbeschreibung
Komposttoiletten, wasserlos	ländlich und städtisch, sofern Verwertung möglich	Die Toilette sitzt auf einem angeschlossenen Kompostbehälter. Die festen Bestandteile werden auf einer Art Siebrost zurückgehalten. Der Urin sickert durch die festen Bestandteile und wird am Behälterboden gesammelt. Durch Belüftung kompostieren die Fäkalien und die Flüssigkeit verdunstet. Der entstandene Kompost dient als Dünger.
Zwei-Kammer-Trocknungslatrine mit oder ohne Urinseparation, wasserlos	ländlich und städtisch, sofern Verwertung möglich	Zwei nebeneinander liegende Kammern werden abwechselnd zum Auffangen der Ausscheidungen benutzt. In der jeweils nicht verwendeten Kammer wird das Substrat durch Wärme, Belüftung und Zugabe trockenen Strukturmaterials getrocknet und damit und durch die Lagerungszeit hygienisiert. Der Urin wird als Sickerwasser aufgefangen oder separat erfasst und direkt als Dünger verwendet. Die getrockneten Fäkalien werden als Bodenverbesserer verwendet.
Ganzheitliche, separative dezentrale Systeme	ländlich und städtisch (bedingt)	Eine Separationstoilette wird zur getrennten Erfassung von Urin und Fäkalien unter möglichst sparsamer Wasserverwendung verwendet. Der Urin wird direkt (oder nach Hygienisierung) als Dünger verwendet. Die Fäkalien werden anaerob unter Biogasnutzung vergoren und als Bodenverbesserer verwendet. Grauwasser wird dezentral mit naturnahen Verfahren behandelt (Pflanzenkläranlagen oder Klärteiche) und wieder verwendet oder versickert (Grundwasseranreicherung). Regenwasser wird als Brauchwasser genutzt oder versickert (Grundwasseranreicherung).
Ökologische Ausrichtung zentraler Systeme	in dicht besiedelten städtischen Räumen	Die ökologische Ausrichtung zentraler Systeme ist durch hauptsächlich drei Maßnahmen durchführbar: Minimierung des Trinkwassereinsatzes als bloßes Transportmittel; Ausrichtung der Klärtechnik auf Hygienisierung statt Nährstoffelimination; Nutzung und Verwertung der hygienisierten Abwässer in der landwirtschaftlichen Bewässerung.

Als weiterführende Literatur sei hier verwiesen auf die Studie „Untersuchung zum internationalen Stand und der Entwicklung alternativer Wassersysteme“ verwiesen, BMBF-Forschungsvorhaben Nr. 02 WA 0074, Institut für Umwelttechnik und Management an der Universität Witten/Herdecke gGmbH, Verfasser: Prof. Dr.-Ing. Dr. rer. pol. Karl-Ulrich Rudolph und Dipl.-Ing. Dirk Schäfer.

Feldforschung insbesondere zum Einsatz der Separationstoilette in Vietnam betreiben Prof. Mathias Becker und Dr. Joachim Clemens vom Institut für Pflanzenernährung in den Tropen und Subtropen der Uni Bonn, Tel.: 0228 – 73-2150, [a.clemens@uni-bonn.de](mailto:a.clemens@uni-bonn.de).

Links zum Thema Separationstoiletten, etc. finden sich z.B. unter <http://www.demotech.org/design/designA.html?d=53>.

Innovative Technologien in der dezentralen Abwasserbehandlung über die aufgelisteten Verfahren hinaus sind zur Verwertung in dieser Studie nicht gefunden worden. Lediglich für zentrale Kläranlagen sei hier die folgende Innovation beschrieben:

<b>Projekt:</b>	5.1.3.3 Abwasserreinigung mit „Biopur“-Verfahren
<b>Kategorie:</b>	Abwasserreinigung, Biofilterung
<b>Ansprechpartner:</b>	VA TECH WABAG
<b>sonst. Akteure:</b>	Technische Universität Wien
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.wabag.com">www.wabag.com</a> <a href="http://www.tuwien.ac.at">www.tuwien.ac.at</a>
<b>Quelle:</b>	<a href="http://www.innovationsreport.de">www.innovationsreport.de</a> , Meldung vom 10.02.2003 <a href="http://www.innovatives-oesterreich.at">www.innovatives-oesterreich.at</a>
<b>Ziel:</b>	Verbesserung der Reinigungsleistung von Kläranlagen, Senkung des Platzbedarfs
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Entwickelt wurde ein neues Verfahren der Biofiltration, wodurch die Dichte der Reinigungsleistung herkömmlicher Klärbecken gesteigert wird. Hierzu werden Biofilterzellen in das Klärbecken eingebracht, die mit porösen Kügelchen gefüllt sind, welche als Lebensraum für Schadstoff-abbauende Bakterien optimiert sind.</p> <p>Die Entwickler erhoffen sich durch die Anwendung des Verfahrens in neuen Anlagen eine Platzersparnis um bis zu drei Vierteln und eine Steigerung der Leistungsdichte alter Anlagen in einer Größenordnung, die den Bau neuer Klärbecken im Falle einer notwendigen Kapazitätserweiterung unnötig macht. Gleichzeitig kann die Reinigungsleistung in bestehenden Anlagen noch weiter verbessert werden.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	Das Verfahren nutzt die Stoffwechselfunktionen von Bakterien aus, die bereits seit geraumer Zeit in biologischen Klärstufen von Kläranlagen genutzt werden. Die Innovation besteht lediglich in der Verfügbarmachung einer größeren wirksamen Oberfläche.
<b>Entwicklungsstand:</b>	Das Verfahren wird bislang in bereits bestehenden Kläranlagen getestet.
<b>Innovationsgrad:</b>	Das Verfahren scheint geeignet, insbesondere an Orten mit wenig Platz oder hohen Grundstückspreisen eine deutliche Verbesserung der Abwasserqualität zu erhöhen.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	unbestritten.
<b>Anpassung an EL:</b>	Das Verfahren scheint insbesondere für urbane Ballungsgebiete interessant.



## 5.2 Energiewandler

### 5.2.1 Allgemeines zur Energieumwandlung

Bei der Bewertung von Technologien folgt diese Untersuchung den allgemeinen Erfahrungssätzen der Wärmelehre (Thermodynamik). Nach diesem Verständnis ist es im Grunde unmöglich, Energie zu „erzeugen“. Die Gesamtenergie  $E$  eines abgeschlossenen Systems ist eine Erhaltungsgröße.

Nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik gibt es kein Perpetuum mobile erster Art, d.h. es existiert keine Maschine, die dauernd Energie erzeugt ohne ihre Umgebung zu verändern. Es können lediglich verschiedene Formen der Energie ineinander umgewandelt werden.

Arbeit und Wärme sind spezielle Formen der Energie. Nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kann eine Energieform jedoch nie vollständig in eine andere umgewandelt werden. Entsprechend existiert kein Perpetuum mobile zweiter Art, also keine Maschine, die Wärme vollständig in Arbeit verwandeln könnte. Aus diesem Grunde bedarf es bei thermodynamischen Maschinen stets mindestens zweier Wärmereservoirs, zwischen denen ein Prozess ablaufen kann, aus dem (i.d.R. mechanische) Arbeit gewonnen wird.

Für ein beliebiges System von Energieumwandlungen folgt daraus unmittelbar die Feststellung: Je öfter ich eine Energieform in eine andere Energieform umwandle, desto niedriger sind die exergetischen Anteile der Energie, also diejenigen Anteile, die ich am Ende der Prozesskette nutzen kann.

In thermodynamischen Maschinen ist der höchstmögliche, theoretisch erreichbare Wirkungsgrad (Verhältnis von Nutzarbeit zu aufgewendeter Arbeit) der Wirkungsgrad des Carnot'schen Kreisprozesses (zwei isotherme und zwei adiabatische Teilprozesse).

Hierbei gilt:  $\eta = 1 - \frac{T_n}{T_h}$  mit

$\eta$  [ ]: Wirkungsgrad, dimensionslos

$T_n$  [K]: niedrige Temperatur, Einheit Kelvin

$T_h$  [K]: hohe Temperatur, Einheit Kelvin.

Alle anderen Prozesse unterliegen, erst recht unter realen Bedingungen, schlechteren Wirkungsgraden. Diese Feststellungen gelten uneingeschränkt für konventionelle als auch für nicht-konventionelle

Energiewandlungssysteme (Sonderfälle Solarzelle, Brennstoffzelle: keine zwei lokale Temperaturniveaus).

Ohne die spezielle Kenntnis einzelner Energieumwandlungsverfahren lässt sich aus den obigen Überlegungen folgern, dass der sinnvollste Kraftwerkstandort zur Bereitstellung elektrischen Stroms dort ist, wo die nicht mehr zur Wärme-Kraftumwandlung nutzbare Abwärme zur industriellen Prozesswärmenutzung, zur Heizungs- und Brauchwassererwärmung, zur Kühlung o.ä. sinnvoll genutzt werden kann. Dies leitet zu den dezentralen Kraft-Wärme-gekoppelten Anlagen, in modularer Ausführung auch als Blockheizkraftwerke (BHKW) inzwischen einschlägig bekannt.

Nur überall dort, wo die anfallende Restwärme nicht genutzt werden kann, erhält die Steigerung der Wirkungsgrade von Kraftwerken (Bereitstellung elektrische Energie, mechanische Energie, auch KFZ) eine hohe Priorität.

Bei allen Kraftwerkstypen gilt generell das Ziel einer Minimierung der Emissionen. Eine Zukunftsfähigkeit ist insbesondere dann gegeben, wenn als Brennstoffe zukunftsfähige Brennstoffe, insb. Biomasse und deren Folgeprodukte wie Biogas, Bioöl und Biodiesel zum Einsatz kommen können.

## 5.2.2 Formen der Energieumwandlung

Die Gewinnung von Elektrizität aus fossilen oder biogenen Brennstoffen wird in konventioneller Weise auf dem Weg über eine Wandlerkette aus Wärmeengewinnung und Verrichtung von Wellenarbeit betrieben. Auch solarthermische Kraftwerke lassen sich unter dem Aspekt in die konventionellen Kraftwerke eingruppiert, als dass sie zunächst Wärme bereitstellen, die in mechanische Arbeit konvertiert werden muss.

Nicht-konventionelle Energiewandlungssysteme sind solche, die nicht wie in herkömmlichen Kraftwerkstypen Energie über den Umweg der mechanischen (Wellen-)Arbeit an Stromerzeugungsgeneratoren weitergeben. Im Schrifttum werden diese unter Begriffen wie „Advanced Energy Conversion“, „Direct Energy Conversion“ oder „Energie-Direkt-Umwandlungsverfahren“ (EDU) subsumiert.

Als echte thermodynamische Direktwandler sind photovoltaische Solarzellen (photoelektrischer Effekt, Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie) oder die Brennstoffzelle (elektrochemische Reaktion, Umwandlung von chemisch gebundener in elektrische Energie) zu nennen.

Das folgende Schema gibt eine Übersicht über verschiedene Wandlungsarten ohne Berücksichtigung des Entwicklungsstandes.

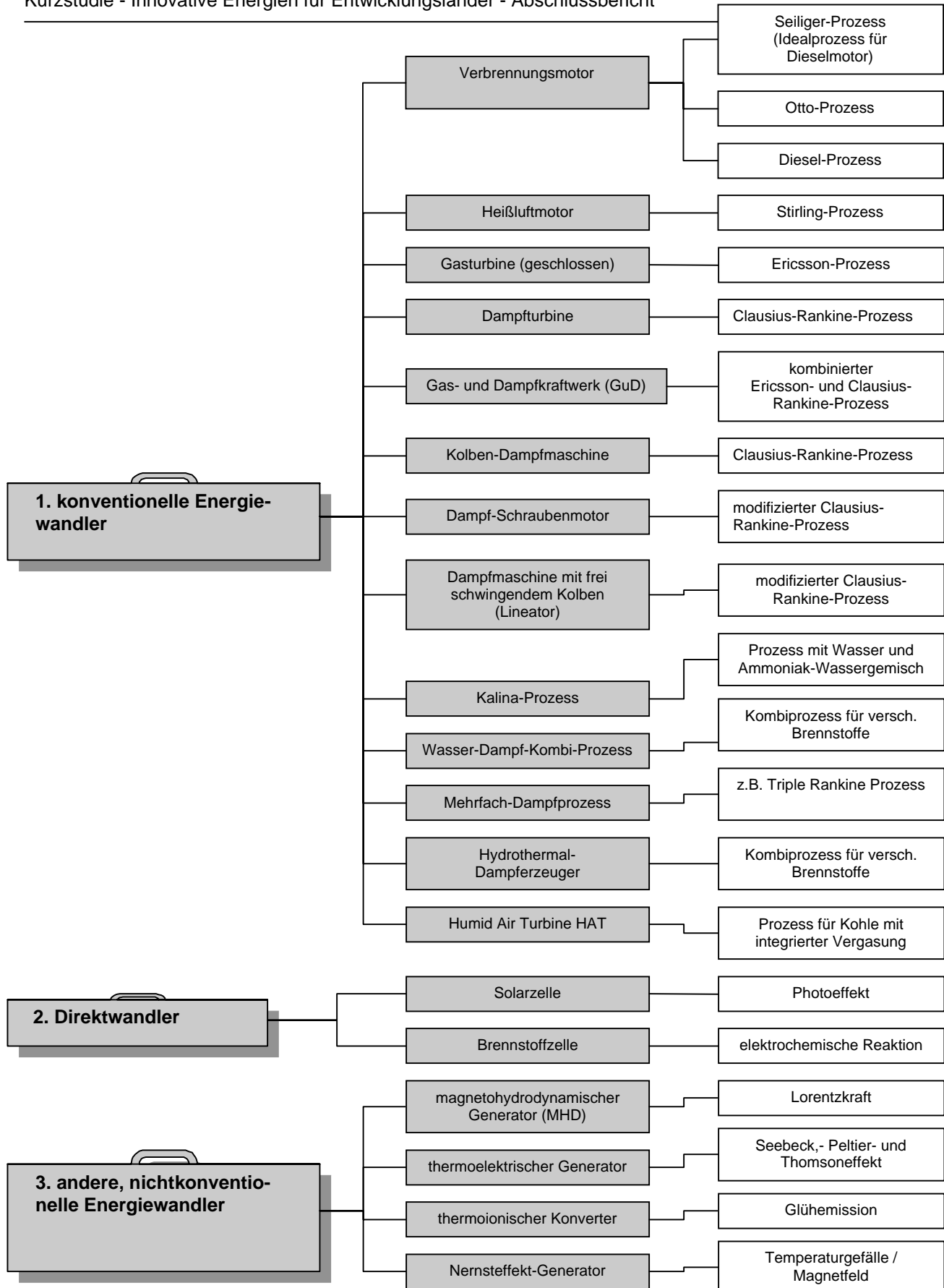


Abbildung -5-1: Systematik der Energiewandlungsprozesse

Auf dem Weg zum fossil befeuerten, emissionsarmen Kraftwerk beschäftigen sich insbesondere die Mitglieder des COORETEC-Forschungsverbundes ([www.cooretec.de](http://www.cooretec.de)) in Deutschland mit der Untersuchung unterschiedlicher Kraftwerkstypen. Die Aktivitäten konzentrieren sich hierbei einerseits auf Wirkungsgradsteigerungen und andererseits auf Strategien der CO<sub>2</sub>-Minderung. Untersucht wurden bzw. werden insbesondere neue Feuerungsarten, die Kombination unterschiedlicher Prozesse und Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-Separation. Für die nicht konventionellen Kraftwerkstypen, wie sie in obigem Schema angeführt sind, lautet das Fazit, dass die Wirkungsgrade unterhalb derjenigen zu erwarten sind, die bereits heute mit konventionellen Kraftwerkstypen erreicht werden. Insofern werden diese Entwicklungen in dieser Untersuchung nicht weiter in Betracht gezogen.

Die Cooretec-Arbeitsgruppe beschäftigt sich insbesondere mit folgenden Konzepten:

- Dampfkraftwerke mit höchsten Wirkungsgraden
- Dampfkraftwerke mit nachgeschalteter CO<sub>2</sub>-Abscheidung
- Dampfkraftwerke mit Verbrennung in einer CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-Atmosphäre, CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Rauchgas (Oxy-Fuel)
- Konventionelle Herstellung der CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-Atmosphäre mit Hilfe von Luftzerlegungsanlagen
- Herstellung der CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-Atmosphäre mit Hilfe von Hochtemperatur-Membranen
- Kombikraftwerke mit höchsten Wirkungsgraden
- Kombikraftwerke mit nachgeschalteter CO<sub>2</sub>-Abscheidung
- Kombikraftwerke mit Abscheidung des CO<sub>2</sub> vor der Verbrennung des Brennstoffs
- Kombikraftwerke mit Verbrennung in einer CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-Atmosphäre, CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Rauchgas (Oxy-Fuel):
- Konventionelle Herstellung der CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-Atmosphäre mit Hilfe von Luftzerlegungsanlagen
- Herstellung der CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-Atmosphäre mit Hilfe von Hochtemperatur-Membranen
- Kombikraftwerke mit vorgeschalteter Kohlevergasung
  - integriert in das Kraftwerk
  - zentral für verschiedene Kraftwerke oder zur Wasserstoffherstellung für andere Zwecke
- Kombikraftwerke mit vorgeschalteter Kohlevergasung und integrierter CO<sub>2</sub>-Abscheidung
- Kombikraftwerke mit vorgeschalteter Kohlevergasung, Vergasung und Verbrennung in CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-Atmosphäre, CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Rauchgas (Oxy-Fuel):
- Konventionelle Herstellung der CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-Atmosphäre mit Hilfe von Luftzerlegungsanlagen
- Herstellung der CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-Atmosphäre mit Hilfe von Hochtemperatur-Membranen
- Druckkohlenstaubfeuerung
- Druckwirbelschichtfeuerung der 2. Generation
- Extern gefeuerte Gasturbinen
- Hybridkraftwerke mit Hochtemperaturbrennstoffzellen
- Hybridkraftwerke mit Hochtemperaturbrennstoffzellen und nachgeschalteter CO<sub>2</sub>-Abscheidung.

Besondere Bedeutung wird der SOFC-Brennstoffzelle insbesondere für den Kombibetrieb beigemessen, da sie Abgastemperaturen aufweist, die für die Nachschaltung von Gasturbinen ausreicht. Die Arbeitsgruppe 4 erwartet bei diesem Kombiverfahren erreichbare elektrische Wirkungsgrade oberhalb des GuD-Prozesses mit einem Potenzial über 65 % im 10 MW-Betrieb. Die Möglichkeit der Brennstoffnutzung ist hier allerdings auf methanhaltige Gase beschränkt.

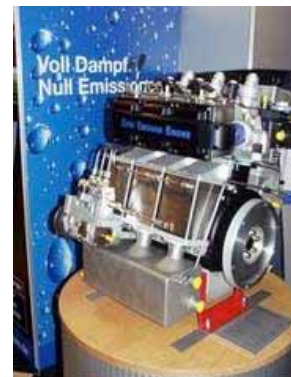
Im folgenden werden aktuelle Innovationen aufgeführt, die sich zum einen gut dezentral mit der Möglichkeit zur Kraft-Wärmekopplung einsetzen lassen und die zum anderen in der Wahl der Brennstoffe eine hohe Wahlfreiheit haben. Insbesondere werden verschiedene Dampfmaschinen aufgeführt, zumal diese Entwicklungen in der Fachwelt erstaunlich wenig diskutiert werden. Selbst auf der i.d.R. fundiert recherchierten site [www.bhkw-infozentrum.de](http://www.bhkw-infozentrum.de) liegen hierzu keine verwertbaren Hinweise vor.

<b>Projekt:</b>	5.2.2.1 Solo-Stirlingmotor 161
<b>Kategorie:</b>	Energie, Energieumwandlung, Stromerzeugung
<b>Ansprechpartner:</b>	SOLO Kleinmotoren GmbH Stuttgarter Straße 41 71069 Sindelfingen Tel: (07031) 301-0 Fax: (07031) 301-202 <a href="mailto:andreas.baumueller@stirling-engine.de">andreas.baumueller@stirling-engine.de</a>
<b>sonst. Akteure:</b>	Energie Baden-Württemberg AG EnBW
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.stirling-engine.de">http://www.stirling-engine.de</a> <a href="http://www.enbw.de">www.enbw.de</a>
<b>Referenzen:</b>	BUNDESPREIS 2003 (Handwerk) für das SOLO STIRLING 161 microKWK-Modul
<b>Quelle:</b>	<a href="http://www.dbu.de">www.dbu.de</a> , VDI-Nachrichten Nr. 20 vom 17.05.02
<b>Ziel:</b>	Erzeugung von Wärme und Strom in Mehrfamilienhäusern, kleinen und mittleren Unternehmen sowie Bürogebäuden als BHKW-Anwendung  Erzeugung von Strom und Kälte in Solar-Dish-Kraftwerken und anderen solarthermischen Kraftwerken
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Der Stirling- oder auch Heißluftmotor ist eine Wärmekraftmaschine, bei der im Gegensatz zu den Kolbenmotoren keine innere Verbrennung eines Arbeitsmittels stattfindet, sondern eine äußere Wärmequelle ausreicht. Dies ermöglicht prinzipiell die Nutzung aller erdenklichen Brennstoffe, sofern die zugeführte Wärme für den Prozess groß genug ist. Stirlingmaschinen haben eine lange Tradition, haben allerdings stets unter Kinderkrankheiten gelitten, die eine breite Einführung letzten Endes verhinderten. Der ideale Stirlingprozess erreicht den Wirkungsgrad nach Carnot, hat also das Potenzial für den besten thermodynamischen Wirkungsgrad überhaupt. Der Vergleichsprozess für den Heißluftmotor besteht aus zwei Isothermen und zwei Isochoren.</p>



	<p>Um in die Nähe des theoretisch erzielbaren Wirkungsgrades zu kommen, ist eine Optimierung der Wärmeübertragung erforderlich, u.a. durch die Nutzung eines einatomigen Arbeitsgases wie Helium. Damit dieses Gas ungehindert Arbeit verrichten kann, erfordert es wiederum temperaturbeständige Dichtungen an den Kolben. Der SOLO-Stirling in V-Bauweise benötigt kein Getriebe, verfügt über ein geschlossenes Schmiersystem und weist lange Wartungsintervalle auf.</p> <p>Die Freiheit bei der Brennstoffwahl hat zu verschiedenen Einsatzgebieten geführt. Der Beginn des Motorenbaus wurde eingeleitet durch die Entwicklung eines Dish-Stirling-Systems in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Schlaich, Bergemann und Partner. Die solare Version des Stirling 161 wird inzwischen in verschiedenen Konzentratoren benutzt. Auf der spanischen Plataforma Solar de Almería laufen seit 1997 sechs Systeme, es wurden zusammen mit den drei Vorgängermodellen (Distal 1 mit SPS V 160) etwa 40.000 Betriebsstunden akkumuliert.</p> <p>Gemeinsam mit der EnBW Energie Baden-Württemberg AG ist inzwischen auch ein gasgetriebenes BHKW-Modul mit einer elektrischen Leistung zwischen 2 und 9 kW bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 20 bis 24 % bis zur Serienreife entwickelt worden. Die Wartungsintervalle werden mit 5000 bis 8000 Betriebsstunden angegeben. Die flammenlose Verbrennung erreicht sehr geringe Emmissionswerte.</p> <p>An einem effizienten Feuerungssystem Für Holzpellets und später auch Holzhackschnitzel wird ebenfalls gearbeitet.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	<p>Der Stirlingprozess ist seit längerem bekannt. Die Stärken liegen im potenziell hohen Wirkungsgrad, für dessen Erlangung jedoch viel Know-how notwendig ist. Die langen Einsatzzeiten in den bisherigen Solar-Dish-Anwendungen haben offenbar gezeigt, dass der Motor tatsächlich anwendungstauglich ist. Obwohl die Wahl der Brennstoffe variabel gestaltet werden kann, ist der Stirling nicht überall einsetzbar. Aufgrund seiner langen Vorwärmzeiten eignet er sich nur bedingt zur Notstromversorgung. Zudem hat er ein schlechtes Regelungsverhalten, so dass er für den Einsatz in Automobilen nicht in Frage kommt. Der Motor reagiert im Übrigen sehr empfindlich auf unzureichende Kühlung. Zur Erreichung hoher Wirkungsgrade muss bei der Dimensionierung insbesondere auf eine niedrige Rücklauftemperatur geachtet werden.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Der Stirling 161 ist inzwischen bis zur Serienreife entwickelt worden. Momentan wird an einer weiteren Effizienzsteigerung des Gasbrenners und dem Ausbau der Peripherie gearbeitet. Auf dem Programm steht ebenfalls der Bau von kleineren Varianten, die für Einfamilienhäuser geeignet sind.</p> <p>Im Rahmen eines von der EU unterstützten Vorhabens in Zusammenarbeit mit den Unternehmen Schlaich Bergermann und Partner sowie MERO Raumsysteme GmbH u.a. wird derzeit eine neue Generation des 10kWel-Dish-Stirling Systems gebaut. Ziel des Vorhabens ist eine Reduzierung der Investitionskosten auf 5.000 Euro/kW. Hierbei kommt der Stirling 161 mit Modifikationen an Receiver, Cavity und Gehäuse wieder zum Einsatz.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>hoch, insbesondere in der Kombination mit der flammlosen Oxidation von Erdgas; ein Patent, das von der Firma WS in Renningen gehalten wird. Der Markteinführungspreis des BHKW-Moduls von etwa 25.000 Euro ist teuer, wird zum Teil aber durch niedrige Wartungskosten und potenziell lange</p>

	<p>Lebensdauer kompensiert. Interessant wäre im Übrigen die Untersuchung, ob der Stirlingmotor in einem linkslaufenden Kreisprozess als Kältemaschine einsetzbar ist.</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	hoch.
<b>Anpassung an EL:</b>	Sowohl für die Verbrennung unterschiedlicher Brennstoffe (zum Teil zukünftige Entwicklungen) als auch in Solar-Dish-Anlagen interessant.
<b>Projekt:</b>	5.2.2.2 Dampfmotor "Zero-Emission-Engine", ZEE Verbundprojekt
<b>Kategorie:</b>	Erzeugung von Wärme und Strom, Blockheizkraftwerk, Auxiliary Power Units
<b>Ansprechpartner:</b>	Enginion AG Gustav-Meyer-Allee 25 13355 Berlin 030-46307-492 <a href="mailto:info@enginion.com">info@enginion.com</a>
<b>sonst. Akteure:</b>	Lehrstuhl für Strömungsmechanik, Uni Erlangen Institut für Mineralogie, Uni Berlin IAV Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr TEA Technologiezentrum Emissionsfreie Antriebe in der IAV MGG Motoren GmbH Greiner Sachsenring-Entwicklungsgesellschaft ...
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.enginion.com">www.enginion.com</a> <a href="http://www.fu-berlin.de">www.fu-berlin.de</a>
<b>Referenzen:</b>	Förderung durch Technologiestiftung Innovationszentrum Berlin
<b>Quelle:</b>	persönliche Kontakte
<b>Ziel:</b>	Strom- und Wärmeversorgung im BHKW
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Die ZEE ist ein weiterentwickelter Kolbendampfmotor, der einem Zweitaktmotor sehr ähnlich sieht. Als Arbeitsmedium verwendet er Dampf, der ähnlich wie auch beim Stirlingmotor durch äußere Verbrennung erzeugt wird. Im Gegensatz zu konventionellen Kolbendampfmaschinen wird der Dampf jedoch nicht ausgeblasen, sondern an einem Kondensator wieder verflüssigt und dem Kreisprozess zugeführt. Die Regelung der Motorleistung erfolgt über die in den Arbeitskolben einströmende Dampfmenge, gesteuert über "Injektoren" genannte Ventile.</p> <p>Während des Prozesses entstehen Temperaturen von etwa 800°C bei Drücken bis 100 bar, weshalb besonders hohe Anforderungen an die Materialien gestellt werden.</p>



	<p>Für die Erzeugung des Dampfes wird ein neuartiger Porenbrenner genutzt, der eine flammlosen Verbrennung von Benzin, Erdgas, Biokraftstoffen, Wasserstoff und sogar Diesel gewährleisten soll. Diese "Caloric Porous Structure Cell" verbrennt den Brennstoff bei Temperaturen von etwa 1200°C nahezu rückstandsfrei. Da bei Betrieb mit Wasserstoff zumindest im Motor keine Emissionen außer Wasser anfallen, entstand der Name Zero Emission Engine.</p> <p>Die Anwendung des Motors soll zunächst als BHKW mit einer Leistung von 6 kW ausgeführt werden. Es ist jedoch bereits angedacht, herkömmliche Kraftfahrzeugmotoren zu ersetzen.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	<p>Die Zero Emission Engine vereint anspruchsvollste Neuentwicklungen miteinander, die jede für sich bereits einen hohen Innovationsgrad besitzen. Fraglich ist allerdings, ob die auftretenden Arbeitsdrücke und Temperaturen tatsächlich von den Materialien auf Dauer bewältigt werden können, sowohl was den Brenner als auch die Komponenten des Dampfmotors betrifft.</p> <p>Zusätzlich bliebe abzuwarten, wie hoch die Betriebskosten ausfallen werden.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Die Entwicklung wurde zunächst Ende der Neunziger Jahre aus einem Forschungsverbund heraus vorangetrieben. Nach dem Beweis der Machbarkeit hat die Firma Enginon Entwicklung und Vertrieb federführend übernommen.</p> <p>Die Umsetzung des BHKW-Projekts erfolgt in enger Zusammenarbeit mit dem Stromversorger EON; mit einer Markteinführung ist in den nächsten Jahren zu rechnen.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	hoch.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	Insbesondere sind die Abgaswerte durch die nahezu rückstandsfreie Verbrennung extrem niedrig.
<b>Anpassung an EL:</b>	Eine Einführung der Entwicklung in EL ist aufgrund des extrem hohen technischen Aufwandes und der damit verbundenen Kosten mittelfristig unwahrscheinlich.
<b>Projekt:</b>	5.2.2.3 Dampfmachine mit Lineator "Lion"
<b>Kategorie:</b>	Erzeugung von Wärme und Strom, speziell im häuslichen Bereich
<b>Ansprechpartner:</b>	OTAG GmbH und Co. KG Zur Hammerbrücke 9 D-59939 Olsberg 0 29 62 / 88 13 39 <a href="mailto:info@otag.de">info@otag.de</a>
<b>sonst. Akteure:</b>	gefördert von der Kreditanstalt für Wiederaufbau
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.otag.de">www.otag.de</a>



<b>Quelle:</b>	persönlicher Kontakt
<b>Ziel:</b>	Strom- und Wärmeerzeugung für Ein- und Mehrfamilienhäuser
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Diese als BHKW-Modul konzipierte Entwicklung nutzt einen Dampfprozess mit frei schwingendem Kolben. Als Brennstoff dient Erdgas, welches in einem Gebläsebrenner verrannt wird und das Arbeitsmittel Wasser in einem Rohrverdampfer erhitzt. Der Dampf wird bei Temperaturen von etwa 300°C und einem Druck bis 30 bar abwechselnd in zwei Expansionsräume geführt und bewegt dadurch einen Kolben periodisch mit etwa 3000 U/min hin und her. Dieser so genannte Lineator beinhaltet einen Permanentmagneten, der durch eine Spule bewegt wird und hierin durch magnetische Induktion mechanische in elektrische Energie umwandelt.</p> <p>Eine nachgeschaltete Leistungselektronik ermöglicht den synchronen Netzparallelbetrieb.</p> <p>Der Dampf, der bereits durch Expansion Arbeit verrichtet hat, wird an einem Kondensator entspannt und wieder dem Prozess zurückgeführt. Der Prozess entspricht in etwa dem Clausius-Rankine-Kreisprozess, wobei keine Pleuel zur Erzeugung von Wellenarbeit genutzt werden.</p> <p>Das fertige Gerät soll etwa 100 kg wiegen, eine elektrische Leistung zwischen 0,6 und 3,0 kW erbringen und thermisch 4,5 bis 16 kW Leistung abgeben können.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	<p>Der Lion besteht durch seine einfache Prozessführung, indem im wesentlichen nur ein einziges Teil hin- und herbewegt wird. Dadurch, dass keine besonderen Anforderungen an das Material bestehen ist zu vermuten, dass der Wartungsaufwand sehr gering ausfallen wird.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Das Gerät befindet sich noch in der Entwicklung und soll im vierten Quartal 2004 in die Serienfertigung gehen. Der Einführungspreis soll bei etwa 12.000 Euro liegen.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	hoch bei niedrigem Aufwand.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	Durch Kraft-Wärme-Kopplung gegeben.
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>Es ist nicht auszuschließen, dass der Lion eine Option für Entwicklungsländer darstellt, zumal die äußere Verbrennung prinzipiell eine Freiheit bei der Wahl der Brennstoffe zulässt.</p>



## 5.3 Energiebereitstellung aus erneuerbarer Energie

### 5.3.1 Geothermie

Gesteinsschichten können entweder oberflächennah als Kältereservoir oder (insbesondere mit zunehmender Tiefe) als Wärmereservoir genutzt werden. Die Temperaturen innerhalb der Erdrinde nehmen, abgesehen von Wärmeanomalien, etwa um 3°C pro 100 m Tiefe zu und ermöglichen zunächst eine rein thermische Nutzung. Für eine Wandlung der Erdwärme in elektrische Energie ist Wasser bzw. Wasserdampf bei Temperaturen über 100°C erforderlich. Die Erschließung von Wärmereservoirien mit solchen Temperaturen hat enorme Entwicklungspotenziale auch in den EL.

Dort, wo das Tiefengestein erhebliche Anteile an Wasser führt, ist es ausreichend, das Gestein anzubohren und den entweichenden heißen Wasserdampf zu "ernten". Solche geothermischen Kraftwerke finden sich bereits in über 60 Nationen, vor allem in den USA, Island, Mexiko und Japan. In den EL werden geothermische Kraftwerke insbesondere auf den Philippinen, in El Salvador, Nicaragua, Costa Rica und Kenia betrieben. Hier stellen diese Kraftwerkstypen bereits zwischen 5 und 20 Prozent der Stromversorgung.

In Deutschland konnte bislang aufgrund niedriger Temperaturen nur die thermische Nutzung realisiert werden.

#### **Aktuelle Entwicklung: Das HDR-Verfahren**

Die Nutzung von geothermischer Energie ist bislang dort an ihre Grenzen gestoßen, wo im Untergrund kein heißes Wasser bzw. Dampf zur Nutzung zur Verfügung steht. Hier setzt das Hot-Dry-Rock-Verfahren (HDR) an, das aktuell weltweit in einigen Pilotprojekten umgesetzt wird, beispielsweise im deutschen Bad Urach, zum anderen in der Wüste des Cooper-Bassins, Australien. Im Bad Uracher Projekt ist bereits im Jahr 2002 die erste Kernbohrung in bis zu etwa 4500 Metern Tiefe erfolgt, die zweite Bohrung wird momentan (2003) getätigt.

Das HDR-Verfahren sieht vor, die Strecke zwischen zwei Tiefenbohrungen als natürlichen Wärmetauscher zu nutzen. Durch die eine Bohrung wird Wasser eingepresst, welches durch das aufgebrochene Gestein zum Endpunkt der anderen Bohrung gelangt, auf dem Weg dorthin ausreichend Wärme aus dem heißen Gestein aufnimmt, so dass es unter Druck als Heißwasser in der zweiten Bohrung aufsteigt und bei der Entspannung im Kraftwerk (OCR-Verfahren oder Dampfturbine) zur Verfügung steht. Idealerweise nutzt man hierbei bereits bestehende Kluftsysteme im kristallinen Gestein, die mit zusätzlich initiierten Rissen zu einem geschlossenen Zirkulationssystem mit hoher Wasserdurchlässigkeit verbunden werden.

Das in die erste Bohrung eingepresste Wasser erreicht im deutschen Projekt eine Temperatur von etwa 160 bis 175°C. Die Nutzung soll bereits im Jahr 2004 erfolgen und Stromgestehungskosten von etwa 7,5 ct möglich machen. In einer ersten Stufe soll das Wärmereservoir mit einer elektrischen Anlagenleistung von etwa einem Megawatt genutzt werden, in Australien sind es 280 MW.

Die erforderliche Pumpleistung ist insbesondere aufgrund des Strömungswiderstandes im Gestein zwischen den Bohrendpunkten enorm (bis 50 % der Bruttoleistung) und reduziert die Nettoleistung des Kraftwerks erheblich. Der Wirkungsgrad der geothermischen Stromerzeugung liegt deshalb lediglich bei ca. 10 %, da die Vorlaufemperatur vergleichsweise niedrig bleibt. Wesentlich höhere systemische Wirkungsgrade sind erzielbar, wenn die Wärme zu Heiz- und Kühlzwecken genutzt werden kann.

Für die einzelnen Technologien sei verwiesen auf die einschlägigen Quellen, u.a.:

[www.geothermie.de](http://www.geothermie.de)  
[www.erdwaerme-systeme.de](http://www.erdwaerme-systeme.de)  
[www.fh-gelsenkirchen.de](http://www.fh-gelsenkirchen.de)  
[www.stadtwerke-straubing.de](http://www.stadtwerke-straubing.de)  
[www.bine.info](http://www.bine.info)  
[www.dlr.de](http://www.dlr.de)  
[www.gfz-potsdam.de](http://www.gfz-potsdam.de).

## 5.3.2 Biomasse

### 5.3.2.1 Nutzung von Biomasse im häuslichen Bereich

An derzeitigen Forschungsvorhaben seien genannt:

ITAS, Forschungsbereich „Effiziente Ressourcennutzung“, Projekt: Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen, Leiter: Dr. Ludwig Leible,

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)  
Postfach 3640  
76021 Karlsruhe  
07247 / 82 - 4869  
[leible@itas.fzk.de](mailto:leible@itas.fzk.de)  
<http://www.itas.fzk.de/mahp/leible/leible.htm>.

Einen Überblick über Nutzungsarten von Biomasse und deren Potenziale gibt der Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages, Drucksache 14/9953 der 14. Wahlperiode vom 12. 09. 2002 wieder, im Internet veröffentlicht u. a. [unter www.loy-energie.de/download/1409953.pdf](http://www.loy-energie.de/download/1409953.pdf).

Dort sind auch Ergebnisse von Simone Ullrich und Martin Kaltschmitt vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung IER an der Universität Stuttgart eingeflossen, die sich speziell mit dem Thema verbesserter Biomassekonversionsanlagen in Haushalt und Kleingewerbe, insbesondere Holz- und Kohlebrennöfen, auseinandergesetzt haben.

Biomasse-Info-Zentrum (BIZ)  
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)  
Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt  
Dr.-Ing. Joachim Fischer  
Universität Stuttgart  
Heßbrühlstr. 49a  
70565 Stuttgart  
0711/7813-909, -908  
[info@biomasse-info.net](mailto:info@biomasse-info.net)  
[www.biomasse-info.net](http://www.biomasse-info.net)

Die Autoren geben den Hinweis, dass der Kocher mit der Bezeichnung „Chulha“ aus Pakistan mit Holz und biogenen Reststoffen äußerst effektiv arbeitet, Ansicht unter [http://www.geda.org.in/systems/sd\\_impchl\\_typchulha.htm](http://www.geda.org.in/systems/sd_impchl_typchulha.htm).

Verschiedene Haushaltsöfen im Vergleich findet man unter den Veröffentlichungen des Haushaltsenergieprogramms der GTZ im Internet unter <http://www.gtz.de/hep/deutsch/d09b.htm>.

Für die Nutzung von fester Biomasse in Haushalten ist neben der rein thermischen Verwertung zum Kochen und Heizen sowie der Produktion von Dung (siehe Kapitel Wasser, Abwasserbehandlung) auch die Biogaserzeugung in häuslichen Biogasanlagen interessant.



Bei der Herstellung von Biogas wird der Mist der Tiere anaerob vergoren, wobei Methangas entsteht. Dieses kann in der Küche zum Kochen verwendet werden, wodurch der Bedarf an Brennholz sinkt.

Der Mist verwandelt sich durch die anaerobe Fermentation in einen hochwertigen Dünger, der gegenüber dem unaufbereiteten Dung mehrere Vorteile aufweist:

- Fehlen von unangenehmen Gerüchen
- hohe Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe
- Abtöten von Krankheitserregern, Parasiten und Unkrautsamen.

In Nicaragua und Costa Rica werden solche Anlagen aus einer 1,5 Meter tiefen und breiten und 3 Meter langen Grube hergestellt, die möglichst luftdicht ausgemauert wird. Über dieser Grube wird eine luftdichte Abdeckung aus einer Kunststoffolie errichtet, in der sich das entstehende Gas sammeln kann und mittels einer Rohrleitung zur Küche geleitet werden kann. Das Methan wird zum Kochen und auch zum Heizen genutzt. Eine derartige Anlage spart jährlich etwa 3 Tonnen Brennholz und trägt so entscheidend dazu bei, die Abholzung der Wälder einzudämmen. (Bild: KfW).

Die Anlagen funktionieren gut bei Umgebungstemperaturen von 20-30°C. Der Anteil an Trockensubstanz sollte sehr gering ausfallen, max. 10 % . In der Regel muss Wasser zugegeben werden, um optimale anaerobe Verhältnisse sicherzustellen.

Der Kot einer Kuh bringt nach 14 Tagen über 2 KWh Energie. Die gleiche Menge lässt sich mit 10 Mast Schweinen oder 100 Legehennen erzeugen.

Zum Kochen wird die Düse eines normalen Gasbrenners etwas aufgebohrt um den geringen Druck zu kompensieren. In China und Brasilien werden inzwischen Biogaslampen hergestellt.

Die Biogasnutzung ist doppelt nachhaltig: zum einen durch die Vermeidung von Treibhausgasen beim natürlichen Verfall, zum anderen durch Substitution von Brennstoffen. Die Technologie kann allerdings nur dort angewendet werden, wo genügend Wasser vorhanden ist und das Umgehen mit Fäkalien nicht geächtet wird. Ein effektiver Beitrag in ländlichen Regionen.

Weitere Informationen finden sich u.a. bei

<http://www.eirene.org>,

<http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~q61/wasserkraft.html>

<http://www.ethlife.ethz.ch>

## **b) Biogasnutzung auf kommerziellen Niveau**

Mit dem komplexen, aber diskussionswürdigen Thema, auch in Entwicklungsländern Diesel mit Pflanzenölen zu substituieren, setzt sich neben dem o.a. Bericht auch das Wissenschaftlich-Technische Zentrum WTZ für Motoren- und Maschinenzentrum Roßlau auseinander ([www.wtz.de](http://www.wtz.de)).

Im Bereich der kraftwerkstechnischen Verwertung von festen biogenen Reststoffen gab es in jüngster Zeit neben den herkömmlichen Feuerungsverfahren mit schlechten elektrischen Nutzungsgraden im Kleinkraftwerksbereich zahlreiche Neuentwicklungen, die einen hohen Verstromungs- und Gesamtnutzungsgrad zum Ziel haben. Im Mittelpunkt der Entwicklung stehen Vergasungsverfahren, die eine Nutzung der entstehenden Prozessgase in Gasmotoren, Zündstrahlmotoren sowie GuD-Kraftwerken zum Ziel haben. Deren Technologien sind jedoch sehr komplex und die unmittelbare Relevanz speziell für EL wird nicht unmittelbar deutlich. Einige Technologien sollen hier stichwortartig genannt werden:

An Vergasungsverfahren werden u.a. diskutiert:

- Wirbelschicht-Dampf-Vergasung: [www.bb-power.at](http://www.bb-power.at)
- Carbo-V-Vergasung: [www.fee-ev.de](http://www.fee-ev.de)
- IUTA-Kombireaktor-Verfahren
- UMSICHT-Verfahren (Zirkulierende Wirbelschicht, ZWS)
- Doppelfeuervergasung
- Imbert-Verfahren
- Sauerstoff-Schmelz-Verfahren (2sv).

Eine Marktübersicht findet sich unter <http://www.oeko.de/service/bio/dateien/de/bio-marktuebersicht-2001.pdf>.

## Konvertierung von Biomasse in sekundäre, transportable Energieträger

- Holzpellets: [www.aktion-holzpellets.de](http://www.aktion-holzpellets.de)
- Biodiesel, Biobenzin aus ganzen Pflanzen, „sun-fuel“ (Fischer-Tropsch-Synthese): [www.cutec.de](http://www.cutec.de), [www.ben-online.de/Biogene\\_Treibstoffe/](http://www.ben-online.de/Biogene_Treibstoffe/), kritisch: [www.solarinfo.de](http://www.solarinfo.de)
- Gas-To-Liquid (GLT)-Kraftstoffe: [www.inp-greifswald.de](http://www.inp-greifswald.de)
- Bioöl, Holzkohle und Gas aus fester Biomasse (Pyrolyse): [www.dynomotive.com](http://www.dynomotive.com)
- Biodiesel aus Altspeiseöl: [www.seea.government.bg](http://www.seea.government.bg), [www.emil-mann.de](http://www.emil-mann.de)
- Synthetisiertes Benzin (Octan) aus Methangas über das Zwischenprodukt Dimethylether: [mc.ioc.ac.ru/institutes/petrochem.html](http://mc.ioc.ac.ru/institutes/petrochem.html), [www.informnauka.ru/eng](http://www.informnauka.ru/eng)
- Ganzballenstrohvergaser: [www.strohvergaser.de](http://www.strohvergaser.de)
- Biogas und Dung aus Tiermist: [www.farmatic.de](http://www.farmatic.de)
- Biogas in der Brennstoffzelle: [www.fnr.de](http://www.fnr.de)
- Bio-Alkohol als Kraftstoffbeimischung: [www.landwirtschaft.bayern.de/stmelf/m\\_5/bioethanolstudie\\_kurzfassung.pdf](http://www.landwirtschaft.bayern.de/stmelf/m_5/bioethanolstudie_kurzfassung.pdf), <http://dir.agrar.de/agrar.de/Energie/>.

Viel versprechende Neuentwicklungen liegen insbesondere in der Nutzung von Bakterien zur Herstellung von Wasserstoff aus Küchenabfällen (Mikroben-Brennstoffzellen). Forscher des Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE) in Kyoto untersuchen in Kooperation mit Sharp ([www.sharp-world.com](http://www.sharp-world.com), [www.neasia.nikkeibp.com](http://www.neasia.nikkeibp.com), [www.rite.or.jp](http://www.rite.or.jp)) Colibakterien und andere Mikroben, die Wasserstoff aus Glukose gewinnen und in eine Brennstoffzelle einspeisen. Ziel ist die Entwicklung von Systemen zur Anwendung in Häusern und kleinen Büros. Die Mikroben-Brennstoffzellen sollen aus einem Stack und einer Vorrichtung zur Kultivierung der Mikroben bestehen.

Das Bakterium *Rhodospirillum rubrum* kann darüber hinaus direkt Elektronen von seinem Futter, der Glukose, auf den Pol einer Batterie übertragen, ohne Wasserstoffproduktion und –verbrennung zwischenschalten. Den Angaben der Wissenschaftler Swades Chaudhuri und Derek Lovley von der University of Massachusetts zufolge erreichen die Bakterien eine Effizienz in der Energieumwandlung von 80 Prozent (!). Die Biobrennstoffzelle läuft mit verschiedenen Sorten Zucker, auch Xylose, das in Holz und Stroh vorkommt (Meldung in [www.spiegel-online.de](http://www.spiegel-online.de) vom 08.09.03, aus [www.nature.com/nbt](http://www.nature.com/nbt)).

Nach Sichtung zahlreicher Entwicklungen haben sich als innovative Technologien im Bereich der Biomasseverwertung im Wesentlichen zwei Entwicklungen als lohnenswert herauskristallisiert. Dies ist zum einen der Stirlingmotor der Firma Solo, der aufgrund seines abgeschlossenen Arbeitsvolumens unabhängig vom Brennstoff betrieben werden kann (a.a.O.) und zum anderen eine Anlage zur Biogaszeugung, die als transportable High-Tech-Lösung nicht nur relativ unaufwendig transportiert, vor Ort installiert und betrieben, sondern dort auch als Versuchs- und Anschauungsmodell im Rahmen eines aufzubauenden Technologietransfers in den EL genutzt werden kann.

<b>Projekt:</b>	5.3.2.2 Mobile Container-Biogasanlage Amega duplo
<b>Kategorie:</b>	Energie, Biomasse, Biogaserzeugung
<b>Ansprechpartner:</b>	Schmack Biogas AG Bayernwerk 8 D-92421 Schwandorf Telefon: +49 (0) 94 31/ 751 - 0 Telefax: +49 (0) 94 31/ 751 - 204 eMail: <a href="mailto:info@schmack-biogas.com">info@schmack-biogas.com</a>
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.schmack-biogas.com">www.schmack-biogas.com</a>
<b>Referenzen:</b>	Deutscher Solarpreis 2000, Eurosolar e.V. Sonderpreis für Umweltinnovation 2001 des Bayerischen Wirtschaftsministeriums
<b>Quelle:</b>	diverse
<b>Ziel:</b>	Erzeugung von Strom und Wärme aus tierischen und pflanzlichen Reststoffen
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Die Biogasanlage Amega Duplo ist auf kleinere und mittlere landwirtschaftliche Betriebe zugeschnitten. Bisher rechnete man mit einem rentablen Betrieb von Biogasanlagen erst ab ca. 100 Großvieheinheiten (GV). Das neue System ermöglicht nun als erstes seiner Art einen wirtschaftlichen Einsatz bei ca. 50 bis 60 Großvieheinheiten. Dementsprechend groß ist der Kreis potenzieller Abnehmer.</p> <p>Sämtliche Komponenten sind in zwei Standard-Rollcontainern untergebracht. In der ersten Einheit befindet sich der Fermenter, ein Behälter mit Spezialrührwerk, in dem die Gülle vergoren wird. An dem oben aufgesetzten Gasdom kann das erzeugte Biogas gesammelt und abgeführt werden. In der zweiten Einheit sind ein Gasspeicher, die Regelungstechnik und ein Blockheizkraftwerk (BHKW) installiert, das Wärme und Strom liefert. So einfach die Anlage per Schiff, Bahn oder LKW zu transportieren ist, so einfach lässt sie sich auch in Betrieb nehmen oder – im Bedarfsfalle – wieder abbauen und an anderer Stelle errichten. Die Inbetriebnahme kann an einem einzigen Tag erfolgen. Durch diese beschleunigte Montage werden zusätzlich Kosten eingespart.</p> <p>Die Anlage verfügt über ein Fermentervolumen von 50 m<sup>3</sup> und kann mit einem Generator mit 5,5 oder 11 kW<sub>el</sub> betrieben werden. Die thermische Leistung beträgt 12 oder 20 kW<sub>th</sub>.</p> <p>Dies bringt Stromerträge von 130 - 260 kWh/Tag und einen nutzbare Wärme von 170- 300 kWh/Tag.</p> <p>Auf ein Jahr gerechnet fällt für einen Betrieb mit 50 Kühen eine Menge von ca. 900 Tonnen Rindergülle an. Zusammen mit ca. 130 Tonnen pflanzlicher Silage zur optimalen Vergärung ergibt die Anlage einen Stromertrag von 90.000 Kilowattstunden und zusätzlich einen Wärmeertrag von 86.000 Kilowattstunden pro Jahr.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	In der Entwicklung steckt viel Erfahrung, so dass es möglich wurde, Standards größerer Anlagen kleiner zu dimensionieren.

<b>Entwicklungsstand:</b>	Das Produkt ist ausgereift und wird seit dem Jahr 2000 vertrieben.
<b>Innovationsgrad:</b>	Die Innovation liegt zum einen in der modularen und transportablen Ausführung, welche die Anlage exporttauglich macht, als auch in der Größe, die in Deutschland zu einer wesentlichen Ausweitung des Kundenkreises geführt hat. Das Investitionsrisiko für die Landwirte wird minimal, da die Anlage jederzeit kostengünstig und in funktionstüchtigem Zustand abtransportiert werden kann. Dieser Aspekt spielt bei vielen Betrieben eine große Rolle, denn oft ist die Hofnachfolge nicht geklärt oder der Fortbestand des Betriebes ist aus anderen Gründen fraglich. Eine Amortisationszeit von 10 bis 15 Jahren bei fest installierten Anlagen bedeutet in diesen Fällen eine zu lange Kapitalbindung. Die Mobilität der Anlage ermöglicht ganz anderen Finanzierungsansätze: Kapitalfonds oder Leasing sind denkbare Modelle. Im einen Fall werden Investoren gewonnen, die am Hofgeschäft nicht direkt beteiligt sind, aber Kapital bereitstellen wollen, im anderen Fall hat der Betreiber eine geringe Bindung an die Anlage.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	unbestritten.
<b>Anpassung an EL:</b>	Die Biogasanlage ist, weil in Standardcontainern untergebracht, fit für den Export ins Ausland. Es bleibt zu zeigen, dass die Technik in den EL bezahlbar ist.

### 5.3.3 Wasserkraft

<b>Projekt:</b>	5.3.3.1 Turas Wasserrad
<b>Kategorie:</b>	Stromwandler, Wasserkraft
<b>Ansprechpartner:</b>	Bega Wasserkraftanlagen GmbH Dipl. Ing. Thomas Günther Herderallee 30 44791 Bochum
<b>sonst. Akteure:</b>	Projekt an der Universität Siegen: „Wasserkraft für Äthiopien“
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.bega-wasserkraft.de">http://www.bega-wasserkraft.de</a>
<b>Referenzen:</b>	Bayerischer Staatspreis 2000
<b>Quelle:</b>	Wuppertaler Energie- und Umweltpreis 1996 („Schulerpreis“)
<b>Ziel:</b>	dezentrale Stromversorgung
<b>Wirkungsweise:</b>	Die technische Schwierigkeit bei der elektrischen Nutzung des Wasserrades ist, seine niedrige Drehzahl bei extrem hohen Drehmomenten auf übliche Generatordrehzahlen zu transferieren (Übersetzungsverhältnis von etwa 1:100).



Die Fa. Bega setzt als Lösung dieses Problems moderne Planetengetriebe ein, die diese Drehmomente beherrschen. Zudem kommen nicht rostende Metalle wie Edelstahl oder seewasserfeste Aluminiumlegierungen in Kombination mit CNC-gesteuerter Blechbearbeitung zum Einsatz.



Namensgebend für das TURAS - Wasserrad ist das integrierte Radnabenplanetengetriebe, auch TURAS - Getriebe genannt. Es wird üblicherweise in schweren Baumaschinen eingesetzt und ist daher äußerst robust und langlebig. Das TURAS - Getriebe wird zum zentralen Bauteil des TURAS - Wasserrades. Dadurch werden Fertigung und Montage des TURAS - Wasserrades gegenüber traditioneller Bauweise erheblich vereinfacht. Neben der traditionellen Bauart mit zweiseitiger Lagerung ist auch ein Wasserrad mit integriertem Getriebe und einseitiger Lagerung im Programm.

Es werden überwiegend Wasserräder in einer Leistungsgröße von 10 kW gefertigt; Steigerungen auf 30 kW sind machbar.

**technische Prüfung:**

Das Wasserrad ist äußerst robust und weitgehend unempfindlich gegenüber Gewässerverunreinigung. Der Wirkungsgrad insbesondere im Teillastbereich ist sehr hoch. Die Wartung reduziert sich größtenteils auf eine jährliche Ölnachfüllung im Getriebe. Zum Netzparallelbetrieb werden vorwiegend asynchron arbeitende Generatoren eingesetzt, deren elektrischer Wirkungsgrad zwischen 85 und 93 Prozent anzusiedeln ist.

**Entwicklungsstand:**

Die Firma Bega Wasserkraft besteht seit 1993 und hat sich auf den Bau von Wasserrädern spezialisiert. Bisher wurden etwa 50 Exemplare für neue Anlagen gefertigt und ca. 30 bereits bestehende Anlagen auf Stromerzeugung umgerüstet. Es wurden bisher nur Anlagen für Deutschland und die angrenzenden Nachbarländer

**Innovationsgrad:**

Das Wasserrad war über Jahrhunderte hinweg die wichtigste Arbeitsmaschine der Menschheit. Allein in Deutschland waren über 100 000 Wasserräder an Getreidemühlen, Sägewerken, Hämmern und in mehr als hundert weiteren Handwerksbetrieben im Einsatz, die inzwischen größtenteils brach gefallen sind.

Mit dem Aufkommen der Turbinen und der elektrischen Generatoren tat die Wasserkraft den Schritt von der direkten mechanischen Nutzung zur anteiligen Energieversorgung in länderübergreifenden Verbundnetzen. Mit der Turbine konnten Wasserkraftpotentiale erschlossen werden, die aufgrund der Wassermengen und Fallhöhen dem Wasserrad nicht zugeführt werden konnten. Auf der anderen Seite sind Turbinenanlagen in kleinen Leistungsbe-  
reichen zu unwirtschaftlich. Diese Nische kann das Wasserrad ausnutzen.

**Nachhaltigkeit:**

unbestritten. Lebensdauer jenseits von 20 Jahren.

**Anpassung an EL:**

Alle für den Bau und Betrieb des Wasserrades erforderlichen Komponenten stehen grundsätzlich auch in den EL zur Verfügung, auch die Getriebe. Für den Bau der Wasserräder ist ein hohes Maß an Arbeitskraft erforderlich, weshalb die Geräte in Deutschland nur relativ teuer herstellbar sind. Der Preis inklusive Montage liegt in Deutschland bei etwa 1000 Euro pro

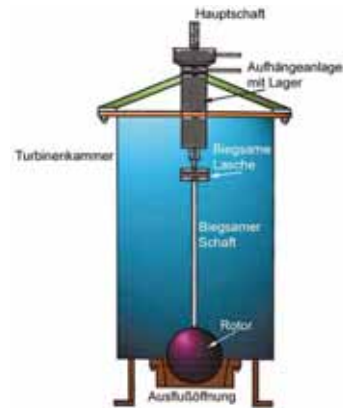
installiertem Kilowatt Leistung, wobei die Vorbereitung vor Ort nicht inbegriffen ist. Der Eigentümer der Firma hat Anfragen aus aller Welt, kann jedoch personell eine Vor-Ort-Montage nicht gewährleisten. Er ist bereit, Technologietransfer in die EL zu leisten, hat dafür jedoch keine geeigneten Ansprechpartner.

Im Himalayastaat Nepal werden etwa 25 000 Wassermühlen (Ghattas) betrieben, mit denen Mais oder Gerste gemahlen werden. Die Leistung dieser Anlagen beträgt etwa 0,75 Kilowatt. Ghattas könnten durch Generatoren zur Stromerzeugung ergänzt und so Basis einer dezentralen Stromversorgung im ländlichen Raum werden.

<b>Projekt:</b>	5.3.3.2 Wasserradschnecke
<b>Kategorie:</b>	Stromwandler, Wasserkraft
<b>Ansprechpartner:</b>	RITZ-ATRO Pumpwerksbau GmbH Max-Brod-Straße 2 90471 Nürnberg
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.Ritz-Atro.de">http://www.Ritz-Atro.de</a>
<b>Referenzen:</b>	Bisher durch Nutzung als Pumpe bekannt
<b>Quelle:</b>	Persönlicher Kontakt
<b>Ziel:</b>	dezentrale Stromversorgung
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Eine ähnliche Generatortechnik wie beim TURAS- Wasserrad wird auch bei der Wasserradschnecke genutzt, um niedrige Drehzahlen auf hohe Generatordrehzahlen zu bringen.</p> <p>Ähnlich ist wie beim Wasserrad werden ebenfalls nur zwei Achslager und ähnlich wenig mechanisch bewegte Teile benötigt. Neu hingegen ist, dass die Wasserführung bei dieser Entwicklung nicht radial, sondern axial erfolgt, so dass die schraubenförmig geführte Schaufel in eine Drehbewegung versetzt wird.</p> <p>Die Wasserradschnecke ist eine Weiterentwicklung der Jahrtausende alten Schraube des Archimedes, die in ihrer ursprünglichen Variante als Schneckenpumpe mechanisch angetrieben wurde, um Wasser auf ein höheres Niveau zu pumpen.</p> <p>Wasserkraftschnecken des Herstellers können ab einer Leistung von einem Kilowatt nutzbar gemacht werden. Die Drehzahlen der Wasserkraftschnecken sind niedrig, sie liegen zwischen <math>80 \text{ min}^{-1}</math> bei kleinen und <math>20 \text{ min}^{-1}</math> bei großen Schnecken.</p> <p>Es können Fallhöhen bis 10 Meter bei 3,8 Metern Durchmesser und elektrische Leistungen bis 300 kW genutzt werden.</p>

<b>technische Prüfung:</b>	<p>Der technische Charme der Entwicklung liegt in der robusten Ausführung mit wenigen mechanisch bewegten Teilen. Der Wirkungsgrad ist laut Hersteller angeblich höher als bei Wasserrädern vergleichbarer Leistung und kleinen Turbinen, was allerdings zu beweisen wäre. Turbinen liefern grundsätzlich einen hohen Wirkungsgrad, da die Richtung des Wassers nach Auftreffen auf der Turbinenschaufel umgelenkt wird: Genutzt wird annähernd der doppelte Impuls.</p> <p>Andererseits kommt die Wasserradschnecke ohne ein Feinrechen aus, welches die Geschwindigkeit des anströmenden Wassers bremsen würde. Ein weiterer Pluspunkt: Die hohe Fischverträglichkeit. Fische können die Wasserradschnecke zwar nicht als Fischtreppe nutzen, werden jedoch auch nicht durch Feinrechen und Stoßkanten am Abschwimmen gehindert.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Die Firma Ritz Atro existiert seit 1969 und ist als mittelständiges Unternehmen im Pumpwerksbau etabliert und nach ISO 9001 zertifiziert. Die Produkte sind nach Ermessen des Verfassers ausgereift. Es sind bisher jedoch erst wenige Anlagen in Betrieb.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>Die Wasserradschnecke ist unter anderem deshalb als deutlicher Konkurrent zum Wasserrad zu sehen, weil es mit wenig baulichen Veränderungen des Gewässers auszukommen.</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>Unbestritten.</p>
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>Das Know-How sowie das Patent liegen wie bei vielen anderen Entwicklungen in Deutschland. Es spricht objektiv nichts dagegen, die Wasserradschnecke in EL zu fertigen und einzusetzen.</p>
<b>Projekt:</b>	<p>5.3.3.3 Kugelwasserturbine SETUR</p>
<b>Kategorie:</b>	<p>Wasserkraftwerk</p>
<b>Ansprechpartner:</b>	<p>Eva Kudrnova Technology Centre AS CR Rozvojova 135 16502 Prague 6 Czech Republic +420-220-390713 <a href="mailto:kudrnova@tc.cas.cz">kudrnova@tc.cas.cz</a></p>
<b>sonst. Akteure:</b>	<p>Patent- und Innovationsagentur PINA NRW GmbH Henning Beselin Technologiezentrum Dortmund Emil-Figge-Straße 76 4227 Dortmund 0231-9742-551 <a href="mailto:info@pina.de">info@pina.de</a></p>
<b>Weitere Infos:</b>	<p><a href="http://www.redaktion.net/transferbrief/alt/9803/s4.htm">www.redaktion.net/transferbrief/alt/9803/s4.htm</a> <a href="http://www.setur.sk">www.setur.sk</a></p>
<b>Quelle:</b>	<p><a href="http://www.innovationsreport.de">www.innovationsreport.de</a>, Meldung vom 26.08.2003</p>

<b>Ziel:</b>	Wasserkraftwerke für kleine Leistungsbereiche auf Haushaltsebene
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Die Entwicklung ist für kleine fließende Gewässer mit Durchflussmengen ab 10 Litern pro Sekunde und Gefälle ab etwa einem Meter Höhe konzipiert. Sie besteht aus einer zylinderförmigen Turbinenkammer, in die das von oben einströmende Wasser auf eine Kreisbahn gezwungen wird. In die Ausflussöffnung im Boden der Kammer hängt ein insgesamt kugelförmiger Rotor, bestehend aus einzelnen scheibenförmigen Lamellen. Dort strömt das ausfließende Wasser vorbei und setzt den Rotor in Bewegung, dessen Welle über eine biegsame Lasche nach oben aus dem Zylinder herausgeführt wird.</p> <p>Der Generator wird außerhalb der Turbinenkammer an einem Montagegestell angeflanscht und über ein einfaches Kettengetriebe angetrieben. Es wird wahlweise 12 V oder 24V Gleichstrom mit unterschiedlicher Leistung bereitgestellt.</p> <p>Genutzt wird zum einen die potenzielle (Lage-) Energie, zum anderen die kinetische Energie des einlaufenden Wassers.</p> <p>Die tschechischen Entwickler haben mehrere Prototypen an individuelle Anwendungen angepasst. Der elektrische Leistungsbereich erstreckt sich auf bis zu 375 Watt mit einer Zylinderhöhe von 1,8 Metern und einem Durchsatz von etwa 40 Metern pro Sekunde. Der geschätzte Wirkungsgrad der Anlage beträgt 40 bis 50 Prozent.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	<p>Die Entwicklung ist recht aktuell und sicherlich noch verbesserungsbedürftig. Unklar ist beispielsweise, welche Maßnahmen durchgeführt müssen, um die Anlage bauseits installieren zu können. Ebenfalls ist unklar, wie schnell sich der Rotor mit Treibgut zusetzen kann. Von den verwendeten Komponenten wird schließlich die Lebensdauer der Anlagen abhängen.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Es wurden einige Prototypen gefertigt. Aktuell werden Vertriebspartner gesucht.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>Im Kleinleistungsbereich unter 1 kW besetzt die Entwicklung eine Nische, die in Deutschland kaum zur Stromerzeugung genutzt wird. Es ist allerdings davon auszugehen, dass herkömmliche Wasserräder, die ja auch unterschlägig betrieben werden können, mit ihrem deutlich höheren elektrischen Wirkungsgrad besser für die Ausnutzung dieser Nische geeignet sind. Der Vorteil der Entwicklung kann allerdings darin liegen, dass sie mit einfacheren Mitteln hergestellt werden kann und besser zu transportieren ist.</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>Die Anlage ist auf den reinen Inselbetrieb ausgelegt. Auf Grund ihrer kleinen Leistung ist sie nur für wenige Verbraucher geeignet und in etwa mit Solar-Home-Systems zu vergleichen.</p>
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>Die Transportabilität der Anlage könnte durchaus eine Anwendung in den EL ermöglichen; ein Bau vor Ort wäre auf Grund der leicht verfügbaren Materialien durchaus möglich.</p>



<b>Projekt:</b>	5.3.3.4 Wellenkraftwerk Wavedragon
<b>Kategorie:</b>	Wasserkraft, Wellenkraft
<b>Ansprechpartner:</b>	TU München Lehrstuhl für Fluidmechanik Dipl.-Ing. Sven Riemann <a href="mailto:riemann@lhm.mw.tu-muenchen.de">riemann@lhm.mw.tu-muenchen.de</a>
<b>sonst. Akteure:</b>	Armstrong Technologies Associates, GB Universität Aalborg
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.wavedragon.net">www.wavedragon.net</a> <a href="http://www.koessler.com">www.koessler.com</a>
<b>Referenzen:</b>	
<b>Quelle:</b>	Handelsblatt, 12.6.2003 <a href="http://www.innovationsreport.de">www.innovationsreport.de</a> , Meldung vom 11.03.2003 diverse
<b>Ziel:</b>	Umwandlung von Meereswellen- in elektrische Energie
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Das Wellenkraftwerk Wavedragon geht auf eine Erfindung des Dänen Friis-Madsen aus den 80er Jahren zurück. Es ist eine gezeitenunabhängige Anlage, die auf luftgefüllten Pontons schwimmt und mit Hilfe von modifizierten Kaplan-turbinen der Firma Kössler Strom erzeugt. Der Wavedragon wird auf dem Meeresboden verankert. Er verfügt über zwei ausladende Reflektorarme, die Meereswellen über eine Rampe in ein Aufangbecken lenken, das oberhalb des Meeresspiegels liegt. Dort läuft es durch die Turbinen ab, welche ihre mechanische Energie an Generatoren weitergeben. Somit gehört es zur Klasse der "overtoppig converters", welche die potenzielle (Lage-) Energie des Wassers nutzen. Ein Unterseekabel führt die erzeugte elektrische Energie an Land.</p>  <p>Eine Meereswelle erzeugt am anvisierten Standort im Schnitt 70 Kilowatt Energie pro Meter. Im Winter sind es etwa doppelt so viel.</p> <p>Das Kraftwerk wurde zunächst im Maßstab 1:50 in Laborbecken getestet. Ein Prototyp ist im Maßstab 1:4,5 im Sommer 2003 im dänischen Nordseefjord Nissum Bredning vertäut worden und wird während einer Zeit von zwei Jahren auf Material, Funktion und Auslegung überprüft. Seine Breite beträgt 57 m, das Sammelbecken fasst ein Wasservolumen von fünf m<sup>3</sup>. Bei einem Gewicht von 237 Tonnen und einer Fallhöhe von 0,7 m soll es eine Nennleistung von 20 kW<sub>el</sub> ergeben. Der Prototyp soll Daten liefern, um je nach Wellensituation eine geeignete Dimensionierung des für 2006 geplanten Bau des Originals zu ermöglichen.</p> <p>Dieser Typ soll dann etwa 5000 m<sup>3</sup> Wasser aufnehmen können und bei drei Metern Fallhöhe eine Nennleistung von 4 MW erbringen. Die Entwickler wollen mittelfristig einen ganzen Kraftwerkspark mit bis zu 100 Typen etwa 25 km vor der dänischen Küste aufbauen.</p>

<b>technische Prüfung:</b>	Es ist zu zeigen, ob der Wavedragon den mechanischen Belastungen auf der hohen See standhalten kann. Ebenso ist zu eruieren, ob die Materialauswahl für das aggressive Seeklima geeignet ist. Die verwendeten Turbinen entsprechen dem Stand der Technik.
<b>Entwicklungsstand:</b>	siehe oben.
<b>Innovationsgrad:</b>	hoch. Der Wavedragon ist der erste Kraftwerkstyp, der im Stande ist, Meereswellenenergie in elektrische Energie zu konvertieren.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	unbestritten. Im Gegensatz zur Windenergie liefern Wellenkraftwerke kontinuierlich Strom. Das Nutzungspotenzial verspricht, dass bis zu 10% des derzeitigen Energiebedarfs weltweit durch Wellenenergie gedeckt werden könnte.
<b>Anpassung an EL:</b>	Prinzipiell ist es möglich, Meereswellen in Küstennähe an zahlreichen Standorten in Küstennähe zu nutzen. Der Strom soll zunächst für 8 ct, später für 4 ct pro Kilowattstunde angeboten werden können.

### 5.3.3.5 Weitere Kraftwerkstypen für die Nutzung von Wellen- und Strömungskraft

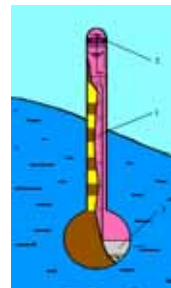
Inzwischen entsteht vor der Küste von Lynmouth/Devon/England das erste Gezeitenkraftwerk bzw. Strömungskraftwerk der Welt, das offshore installiert wird. Projektträger sind die beiden britischen Unternehmen Marine Current Turbines und Seacore. Die unter Wasser liegenden Rotoren sollen sich bis zu 20 mal in der Minute drehen und keine Gefahr für die Unterwasserfauna darstellen. Die Anlagenleistung beträgt zwischen 500 und 1000 kW<sub>el</sub>. Angedacht ist ein ganzer Park solcher Anlagen in der Zukunft. Siehe [www.marineturbines.com](http://www.marineturbines.com), [www.seacore.co.uk](http://www.seacore.co.uk), [news.bbc.co.uk](http://news.bbc.co.uk).



Ebenfalls einige Neuheiten entwickeln die schottischen schottischen Firmen Wavegen und Ocean Power Delivery. Neben dem Wellenkraftwerk LIMPET (Land Installed Marine Powerd Energy Transformer) entwickeln die Firmen momentan eine Offshore-Lösung, die aus einer Aneinanderkettung mehrerer schwimmender langer Tonnen besteht, die sich mit dem Wellengang bewegen.

Die aufgenommene mechanische Energie wird auf ein Hydrauliköl übertragen, welches wiederum einen Generator antreibt. Ein Prototyp wird momentan am European Marine Energy Centre in Orkney getestet. Siehe [www.oceanpd.com](http://www.oceanpd.com).

In der Auswahl der besten 50 Einsendungen für den Energy Globe Award 2002 war eine Idee aus Russland, die Float Wave Electric Power Station (FWEPS), die von ihren Entwicklern bereits auf einigen Konferenzen weltweit präsentiert wurde. Die Idee der Applied Technologies Company (ATC) in Moskau ist es, bojenförmige Einheiten mit einer elektrischen Leistung in der Größenordnung von 10 kW in einem Array angeordnet auf offener See zu verteilen. Im Inneren der Bojen befindet sich eine frei gelagerte Einheit, die das Bestreben hat, sich stets senkrecht zu stellen, während die Boje selbst durch die Wellenbewegung periodisch gezwungen wird, zu pendeln. Durch einen Pleuel kann diese Pendelbewegung in Rotationsbewegung umgesetzt werden, welche einen Generator antreibt. Die Idee wird unter anderem unterstützt von Mitgliedern des ICEU - International Centre for Energy and Environmental Technology, der Queen's University of Belfast, UK, der Foundation Oceanis, Sagres, Portugal und dem Centre for Renewable Energy Sources (CRES), Griechenland.



Siehe Dr. Alexander A. Temeev, Moskau, [atemeev@orc.ru](mailto:atemeev@orc.ru), [www.atecom.ru](http://www.atecom.ru).

### 5.3.4 Solarenergie

Bei der Nutzung der elektromagnetischen Sonneneinstrahlung zur Bereitstellung von elektrischer Energie ist zu unterscheiden zwischen der direkten, photovoltaischen Wandlung in Solarzellen (siehe auch Energiewandler) und der Nutzung in solarthermischen Anlagen, die sich durch den Zwischenschritt der Erzeugung von Wärme kennzeichnen.

Weitere Forschungsschwerpunkte auf dem Sektor der Solarenergienutzung liegen auf dem Feld der direkten Erzeugung von Wasserstoff mit Hilfe von Titandioxid und anderer Photokatalysatoren und der Nutzung von Phytoplankton zur Energiegewinnung.

In diesem Kapitel werden photovoltaische und solarthermische Konzepte behandelt.

#### 5.3.4.1 Photovoltaik

Die solare Stromerzeugung mit Hilfe der Photovoltaik gilt insbesondere für die netzunabhängige Stromversorgung in ländlichen Regionen von EL als Hoffnungsträger. Genutzt wird sowohl der direkte als auch der diffuse Anteil der Globalstrahlung. Heute marktgängige Photovoltaikmodule lassen eine Lebensdauer von 20 Jahren und länger erwarten. Der marktübliche Preis für Photovoltaikmodule ist inzwischen auf unter drei Euro pro kWp gefallen. Dennoch ist an einen flächendeckenden Einsatz von Photovoltaik in Entwicklungsländern nicht zu denken, solange Dieselgeneratoren z.B. bei der Versorgung von Dörfern inklusive einer Installation von Stromnetzen noch erheblich billiger sind.

Solar-Home-Systems werden in der Regel zur reinen Versorgung von Gleichstromverbrauchern eingesetzt, wobei auch Akkumulatoren zur Energiespeicherung eingesetzt werden. Die Zuschaltung von Wechselrichtern macht eine Nutzung von Standard-Elektrogeräten möglich. In Hybridsystemen kann bei Bedarf ein zusätzlicher (meist dieselbetriebener) Generator zugeschaltet werden. Auch die Kombination mit Windkraftanlagen oder beliebiger anderer Energiewandler ist möglich.

Zum Einsatz kommen bislang fast ausschließlich Module aus Siliziumzellen mit Zellwirkungsgraden zwischen 11 und 16 Prozent, wobei polykristalline und monokristalline Materialien überwiegen. Diesen Solarzellen der „ersten Generation“ ist gemein, dass sie aus größeren Blöcken herausgesägt werden, wobei eine nicht unerhebliche Menge des erst energiezehrend eingeschmolzenen Siliziums verloren geht. Die herausgesägten Wafer sind zudem recht dick (zwischen 0,2 und 0,4 mm), um sie im weiteren Prozessverlauf noch handhaben zu können. Das EFG-Verfahren (Edge Finement Growth), bei dem die Zellen aus der Schmelze gezogen werden, spart zumindest die Sägeverluste ein.

Demgegenüber zeichnen sich Dünnschichtzellen durch wesentlich energiesparendere Herstellungsverfahren aus. Diese Zellen der „zweiten Generation“ werden aus amorphem Silizium oder Verbindungshalbleitern aus der 3. und 5. Hauptgruppe des Periodensystems zusammengestellt und werden mit Hilfe unterschiedlicher Depositionsverfahren auf Substrate (Glas, Kunststoffe, Stahlfolie) direkt aufgetragen. Trotz ihrer noch überwiegend schlechten Wirkungsgrade werden sie auf Grund ihrer potenziell günstigen Herstellungskosten zunehmend den Markt erobern.

Den bislang höchsten Wirkungsgrad der einfach-lagigen Dünnschichtzellen besitzt die CIS-Solarzelle, die aus Kupfer-Indium-Schwefel-Verbindungen besteht und mittlerweile von der Würth-Solar GmbH & Co. KG in Marbach am Neckar und der Leipziger Firma Solarion hergestellt wird. Sie ist mit einem Zellwirkungsgrad je nach Qualität zwischen 8 und 12 Prozent bei hoher Langzeitstabilität bereits mit polykristallinen Zellen vergleichbar. Demgegenüber liegt die Cadmium-Tellurid (CdTe)-Zelle bei etwa neun Prozent und die Zelle aus amorphem Silizium zwischen sechs und acht Prozent.

Die Forschungsarbeiten bei den Zellen der ersten und zweiten Generation sind sehr breit gefächert. Zum einen gehen die Bemühungen in Richtung Effizienzsteigerung bei gleichzeitiger Senkung der Marktpreise. Die Deutsche Shell Solar strebt z.B. bei Steigerung der Wirkungsgrade von kristallinen Zellen Modulpreise von 1.700 Euro pro kWp an. Die im Auftrag der Europäischen Union 1996 erstellte APAS-Kostenstudie kommt für die multikristalline Zelltechnologie auf einen erreichbaren Wert von 910 Euro pro kWp bis zum Jahr 2020.

Zum anderen versucht man insbesondere die Langzeitstabilität von Materialien in der Dünnschichttechnik zu erhöhen. Zudem werden weitere Verbindungshalbleiter für die Anwendung erschlossen, beispielsweise Cadmiumsulfid, Galliumarsenid und Indiumphosphid. Ob die Dünnschichtzellen zu deutlich niedrigeren Kosten als kristalline Zellen herstellbar seien werden bleibt abzuwarten.

Bei allen Forschungsbemühungen ist eine Effizienz- oder Kostenrevolution in der Solartechnik allerdings nicht in Sicht, auch wenn die beinahe wöchentlich durch die Newsticker laufenden Meldungen internationaler Forschungsgruppen Neuentdeckungen und Neuentwicklungen verkünden. Bislang ist nicht davon auszugehen, dass eine postulierte dritte Generation von Solarzellen die beiden ersten alsbald verdrängen wird, zumal Wirkungsgradsteigerungen bezahlbar bleiben müssen.

Dabei ist sich die Fachwelt sicher, dass der 1961 von Shockley und Queisser postulierte Solarzellenwirkungsgrad in der Nähe von 30 Prozent nicht das Ende der Fahnenstange bedeutet. Theoretisch seien mit



Tricks durchaus Wirkungsgrade in einer Größenordnung von 80 Prozent möglich, so die Verfasser eines Fachartikels im Physik Journal Nr. 2/2003.

Eines muss jedoch bei der Interpretation von Wirkungsgraden berücksichtigt werden: Dieser Wert wird bei einer Zelltemperatur von 25°C gemessen. Unter realen Bedingungen liegt diese Temperatur meist wesentlich höher, weshalb die Rekombinationsrate der in der Zelle getrennten Ladungsträger ansteigt und den Wirkungsgrad senkt.

### Einzelne Neuentwicklungen

Ein Hoffnungsträger, die mit einer Dispersion aus Farbstoff, Titandioxid und Wasser gefüllten Graetzelle, hat sich z.B. bislang als nicht marktfähig erwiesen, da man trotz großer anfänglicher Hoffnungen und mittlerweile einem Jahrzehnt an Forschungsarbeit kein tragfähiges Konzept für die Auskopplung der elektrischen Energie gefunden hat. Sollte es dennoch gelingen, die Wirkungsgrade von nunmehr etwa drei auf über zehn Prozent zu steigern, so steht eine äußerst preiswerte und aus überwiegend umweltfreundlichen Materialien hergestellte Zelle zur Verfügung. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE hält immerhin Wirkungsgrade um 12 Prozent für möglich.

Bei der Herstellung von organischen Solarzellen, die aus kostengünstigen Kunststoffen im Siebdruckverfahren produziert werden können, ist man seit Jahren ebenfalls nicht wesentlich weiter gekommen. Sowohl beim Fraunhofer ISE als auch in Princeton wird beispielsweise erst ein Zellwirkungsgrad von drei Prozent erreicht..

Tandemzellen sind Solarzellen hoher Wirkungsgrade, die mit Hilfe mehrerer verschiedener Halbleitertypen unterschiedliche Wellenlängenbereiche des Sonnenenergiespektrums ausnutzen. Aufgrund des höheren Aufwands sind sie allerdings entsprechend teuer und vorerst nur eine Option für Anwendungen, wo es auf eine hohe Leistungsdichte ankommt. Tandemzellen sind bislang die einzigen Zellen, bei denen die Shockley-Queisser-Grenze zumindest im Labor überwunden werden konnte. Kommerzielle Tandemzellen verfügen mittlerweile über Wirkungsgrade von über 20 Prozent, die sich mit der Kombination weiterer Halbleiter noch weiter steigern lässt. Forscher am Forschungszentrum Jülich sind derweil dabei, eine Zellfertigung für Dünnschichtsolarmodule aus amorphem Silizium in Stapeltechnik aufzubauen, bei denen ein stabiler Zellwirkungsgrad von immerhin 11,2 erreicht wurde.

Mit nur einem einzigen Halbleitermaterial kommen hingegen zumindest in der Theorie Systeme aus, die nach dem thermo-photovoltaischen Prinzip (TPV) arbeiten. Hierbei wird ein Zwischenabsorber von der Sonnenstrahlung aufgeheizt. Dahinter liegt die eigentliche Solarzelle, an die nur Strahlung in einem möglichst schmalen Wellenlängenbereich weitergegeben wird. Dieses Konzept scheitert bislang allerdings an diversen Schwierigkeiten, beispielsweise der Entwicklung eines selektiven Emitters und die Einbettung in ein möglichst vollständig reflektierendes Gehäuse.

Während Tandemzellen darauf abzielen, die Halbleiter auf das einfallende Lichtspektrum abzustimmen, könnte mit Hilfe der Up- and Down-Conversion ein Weg gefunden werden, das Lichtspektrum zu monochromatisieren und somit auf die spezifischen Eigenschaften eines Halbleiters abzustimmen. Da herkömmliche Zellen für dieses Verfahren genutzt werden können, konzentriert sich die Suche auf konversionsfähige, lumineszierende Materialien.

Derweil werden am Bayrischen Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) Solarzellen aus Siliziumwaffeln entwickelt. Im so genannten PSI-Verfahren wird Silizium auf einem waffelartigen Substrat aufgetragen, so dass sich eine Struktur mit höheren Wirkungsgraden ergibt als bei herkömmlichen amorphen Zellen. Die Siliziumwaffeln können von ihrer Unterlage gelöst werden. So ist es möglich, das Substrat für die Herstellung weiterer Zellen wieder zu verwenden.

Einen Überblick über die vielfältigen Aktivitäten des Hahn-Meitner-Instituts ([www.hmi.de](http://www.hmi.de)) in Berlin-Wannsee auf dem Gebiet der Grundlagenforschung für Solarzellen gibt die Ausgabe 12/2003 des Solarstrom-Magazins Photon. Besonders interessant scheint das Vorhaben, amorphes Silizium zu rekristallisieren und so die Rekombinationsrate freier Ladungsträger wirksam zu senken. Das Forschungsziel, bis zum Jahr 2008 zunächst einen Wirkungsgrad von sechs Prozent zu erreichen, ist allerdings ein Indikator für das Ausmaß der noch erforderlichen Forschungsarbeit.

Weitere Informationen:

[www.ag-solar.de](http://www.ag-solar.de)

[www.solarthemen.de](http://www.solarthemen.de)

[www.photon.de](http://www.photon.de)

[www.eduvinet.de](http://www.eduvinet.de)

[www.bine.de](http://www.bine.de)

[www.siemens.de](http://www.siemens.de)

[www.dlr.de](http://www.dlr.de)

[www.ise.fhg.de](http://www.ise.fhg.de)

[www.fz-juelich.de](http://www.fz-juelich.de)

[www.ksu.edu](http://www.ksu.edu)

[www.princeton.edu](http://www.princeton.edu)

[www.angewandte.org](http://www.angewandte.org)

[www.uni-erlangen.de](http://www.uni-erlangen.de)

[www.wuerth-solar.de](http://www.wuerth-solar.de)

[www.uni-jena.de](http://www.uni-jena.de)

[www.science-and-more.de](http://www.science-and-more.de)

Spektrum der Wissenschaft, 4/2002

Physik Journal 2/2003.

#### 5.3.4.2 Solarthermie

Neben der speziellen Verwendung solarthermischer Anlagen, wie sie in dieser Untersuchung an verschiedenen Stellen benannt werden (Wasseraufbereitung, Trocknung, Solarkocher, Kühlung, etc.) liegt das Potenzial solarthermischer Anlagen überwiegend in der thermischen Unterstützung von Prozessketten (Beispiele: Heizungs- und Brauchwassererwärmung, Luftherwärmung, Brennstoffvorwärmung in Kraftwerken, Vorwärmung in der Wasserdampf- oder Kohlenstoffreformierung von Kohlenwasserstoffen zur Wasserstoffherzeugung). Hier sind insbesondere Solarkollektorsysteme von Bedeutung, die den diffusen und direkten Anteil der Globalstrahlung nutzen.

Eine andere Anwendungsmöglichkeit liegt in der Bereitstellung elektrischer Energie, wobei diese Anlagen als dezentrale Kraftwerke für Entwicklungsländer im Bereich des Sonnengürtels eine interessante Perspektive darstellen. Das Innovationspotenzial liegt hier, wie bereits allgemein formuliert worden ist, in systemischen Lösungen, bei denen die für die Umwandlung in elektrische Energie nicht mehr nutzbare Abwärme zu Kühlzwecken, für solar unterstützte Entsalzungsanlagen, etc. genutzt verwendet werden kann und der systemische Wirkungsgrad entsprechend auf über 80 Prozent gesteigert werden kann.

Als bisher erprobte und in Zukunft einsetzbare Kraftwerkstypen können insbesondere solche genannt werden, die vorwiegend den direkten Anteil der Globalstrahlung zur Lichtkonzentration mittels Spiegeln und Linsensystemen nutzen und als Bestandteile hybrider Systeme in Dampf- oder kombinierte Gas- und Dampfprozesse eingebunden werden.

#### **a) Parabolinnenkraftwerke**

Seit 1984 in Kalifornien erprobt, verwenden sie in der Regel synthetisches Öl als Wärmeträgermedium, das in den linienförmigen Brennpunkten von verspiegelten Parabolinnen auf etwa 400°C erhitzt wird. Die herkömmlichen SEGS (Solar Electricity Generating Systems) werden zukünftig durch Direktverdampfer (DISS, Direct Solar Steam) mit Temperaturen bis 550°C ersetzt werden, vor allem, weil man sich dadurch eine Senkung der Stromgestehungskosten um etwa ein Drittel auf zunächst 14, mittelfristig jedoch 5 ct /kWh (in Südeuropa) erhofft.

In Deutschland sind an dieser Entwicklung das DLR (Dr. Hennecke) sowie das ZSW (Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung) beteiligt. Eine Effizienzsteigerung der Anlagen mit sinkenden Kosten könnte durch den Ersatz der teuren Spiegelreflektoren durch Fresnel'sche Linsen der Solar Heat & Power Europe GmbH mit Sitz in Mühlheim a.d.Ruhr stattfinden (Compact Linear Fresnel Arrays, CLFR). Die Linsen haben einen höheren optischen Wirkungsgrad und sind günstiger herzustellen.

Pilkington Solar/Flabeg gilt als einer der führenden Hersteller auf diesem Sektor. In Belgien engagiert sich das Unternehmen Solarmundo ebenfalls im Bereich der Parabolinnenkraftwerke. Für ein 50 MW-Kraftwerk in Ägypten veranschlagt das Unternehmen Stromgestehungskosten von etwa 7,5 ct pro kWh.

#### **b) Solarturmkraftwerke**

Die Solarturmkraftwerke sind längst nicht so ausgereift wie die Parabolinnenkraftwerke, stellen aber die Kombi- Kraftwerkstechnologie mit den höchsten erreichbaren Wirkungsgraden. Hierzu wird mittels eines Arrays von zweiachsig nachgeführten Spiegeln Sonnenlicht auf einen "Receiver" in der Spitze eines Turmes gerichtet, in dem ein herkömmlicher Gas- und Dampfprozess mit solarer Wärme unterstützt wird. Tagsüber wird die Gasturbine mit heißer, verdichteter Luft betrieben, wobei die Restwärme an den nachgeschalteten, geschlossenen Dampfprozess geführt wird. Bei ungenügender solarer Strahlungsleistung kann die Gasturbine mit Erdgas betrieben werden. Die Forschungsarbeiten laufen auf der Plataforma de Almeria (PSA) und werden vom DLR (Dipl.-Ing. Reiner Buck) begleitet.

### c) **Paraboloidkraftwerke**

Ebenfalls auf der PSA werden Dish/Stirling-Systeme getestet, wobei die Firmen Schlaich Bergermann und Partner (Konzept, Architektur) und SOLO (Stirlingmotor. a.a.O.) mitgewirkt haben. Für den Wärmeübergang zwischen Absorberfläche und Stirlingmotor wurde ein Wärmerohr (Heatpipe) der Universität Stuttgart mit Anteilen an Natrium eingesetzt, an dem ein Brenner für eine Erdgaszuführung gekoppelt ist.

In einer neuen Generation von Dish/Stirling-Kraftwerken kommt der ausgereifte SOLO Stirling 161 (a.a.O.) zum Einsatz. Das DLR, Institut für Technische Thermodynamik (Dr. Ing. Laing, Dr. Köhne), begleitet die Forschungsarbeiten.

### d) **Aufwindkraftwerke**

Aufwindkraftwerke unterscheiden sich von den anderen Konzepten grundlegend. Bei ihnen steht ein hoher Kamin im Zentrum eines am Rand luftdurchlässigen Daches, durch welches die von außen einströmende Luft sowohl durch direkte als auch diffuse Sonneneinstrahlung erwärmt wird und durch den Kamin in hohe, kalte Luftschichten abfließt. Windturbinen im Inneren des Turms dienen als Konverter für elektrischen Strom. Wassergefüllte Wärmespeicher sorgen für einen nächtlichen Betrieb.



Nach dem Bau eines Prototyps in Spanien wird aktuell ein erster kommerzieller Typ in der Wüste Australiens gebaut. Der Turm soll 1000 m hoch werden und für eine elektrische Leistung von 200 MW ausgelegt sein. Ab 2006 soll er jährlich etwa 1400 Gigawattstunden elektrische Energie abgeben. Die Investitionskosten von 650 bis 700 Millionen \$US stehen einer zu erwartenden langen Lebensdauer mit geringen Betriebskosten gegenüber. Maßgeblich beteiligt sind die Firmen Schlaich Bergermann und Partner, SolarMillenium und das australische Unternehmen EnviroMission.

Insbesondere die Kraftwerkstypen b) und c) können mit ihrer Fähigkeit zu solarer Dampfeinspeisung und solarer Heißluftherzeugung herkömmliche Turbinenkraftwerke bei wachsenden Marktanteilen und entsprechend sinkenden Kosten bzw. steigender Preise der fossilen Energieträger nach und nach bis zu 100 Prozent unterstützen. Eine zusätzliche Option ist die Veredelung von Erdgas zu Synthesegas mit höherer Energiedichte bei Temperaturen über 800°C.

Mittelfristig, technisch aber bereits heute machbar, könnte solar erzeugter Strom aus dem Sonnengürtel mittels der Hochspannungsgleichstromübertragungstechnik (HGÜ) nach Europa transferiert werden, wobei die dabei anzusetzenden Verluste in der Größenordnung von 15 Prozent durch die höhere solare Einstrahlungsleistung in diesen Ländern kompensiert werden würde.

Weitere Informationen:

[www.dlr.de](http://www.dlr.de)

[www.bine.info](http://www.bine.info)

[www.vdi.de](http://www.vdi.de)

[www.spiegel-online.de](http://www.spiegel-online.de)

[www.fv-sonnenenergie.de](http://www.fv-sonnenenergie.de)

[www.enviromission.com.au](http://www.enviromission.com.au)

[www.solarmillennium.de](http://www.solarmillennium.de)

[www.sbp.de](http://www.sbp.de)

[www.solarmundo-power.com](http://www.solarmundo-power.com).

## 5.4 Kühlung und Klimatisierung

Insbesondere dort, wo Wärme aus der Sonnenkollektortechnik, aus solarthermischen Kraftwerken oder als Abwärme von Stromerzeugungsanlagen verfügbar ist, hat die Sorptionskälteerzeugung ein umfangreiches Einsatzpotenzial. Diese Technologie ist seit langem bekannt und war bereits vor der flächendeckenden Einführung der Kompressionskältemaschine verbreitet.

Neue Sorptionsmittel führten inzwischen zu einem Innovationsschub. So gelang es den Mitarbeitern des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg, durch eine solar gestützte Klimatisierungsanlage mit einer Leistung von 400 Watt Pumpenenergie eine herkömmliche Anlage mit einer elektrischen Leistung von 25 kW zu ersetzen. Als Sorptionsmittel wurde Silikagel (Siliziumdioxid-Granulat) eingesetzt (Quelle: Neue Energie 7/2002, weitere Infos unter [www.idw-online.de](http://www.idw-online.de), [www.solar-cooling.de](http://www.solar-cooling.de), [www.intersolar.de](http://www.intersolar.de)).

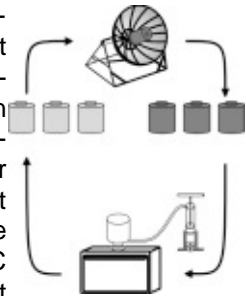
Eine weitere Neuentwicklung in diesem Bereich ist die sorptionsgestützte Kühlung durch wässrige Salzlösung. (Quelle: BINE-Informationssdienst, [www.bine.info](http://www.bine.info)).

Mit dem Einsatz der Wasserstrahlkältemaschine (DSKM) in Kombination mit Parabolrinnenkollektoren beschäftigen sich das Deutsche Forschungszentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln-Porz und Fraunhofer UMSICHT in Oberhausen. In Köln wurde hierzu die Testanlage SOPRAN errichtet (u.a. [www.ag-solar.de](http://www.ag-solar.de)).

Ein weiteres Projekt befasst sich mit der hybriden Kälteerzeugung durch eine Kombination aus Adsorptions- und Kompressionskältemaschinen mit Solarkollektoren (Universität Dortmund, Prof. Schramek, Fakultät Bauwesen (ebenfalls [www.ag-solar.de](http://www.ag-solar.de))).

Im Folgenden werden zwei Innovationen ausführlicher vorgestellt, die insbesondere für die Anwendung in EL interessant erscheinen.

<b>Projekt:</b>	5.4.1.1 Solarkühlbox mit Zeolith (Vakuumsorption)
<b>Kategorie:</b>	Solare Kühlung, Sorptionskühlung, Lebensmittel, Medikamente
<b>Ansprechpartner:</b>	<p>EG-SOLAR e.V.                  - Solares Kühlen -                  Heckenstraße 17                  84558 Kirchweidach                  0 86 23 / 91 99 23  <a href="mailto:solkuel@t-online.de">solkuel@t-online.de</a></p> <p>Zeotech GmbH                  Max-Planck-Str. 3                  D-85716 Unterschleissheim / Germany                  Tel.: +49 89 3 10 44 84                  Fax: +49 89 3 10 44 85                  E-Mail: <a href="mailto:info@zeo-tech.de">info@zeo-tech.de</a></p>
<b>sonst. Akteure:</b>	Förderung durch Bayerisches Wirtschaftsministerium
<b>Weitere Infos:</b>	<p><a href="http://www.eg-solar.org">www.eg-solar.org</a>  <a href="http://www.zeo-tech.de">www.zeo-tech.de</a>  <a href="http://www.sun-and-ice.de">www.sun-and-ice.de</a></p>
<b>Referenzen:</b>	diverse
<b>Quelle:</b>	<a href="http://www.eg-solar.org">www.eg-solar.org</a>
<b>Ziel:</b>	Lebensmittel- und Medikamentenkühlung in Entwicklungsländern
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Die Entwicklung besteht aus einer Kühlbox mit Kühlaggregat, Handpumpe sowie einem Parabol-Sonnenkollektor SK14. Als Kältemittel wird Wasser genutzt, als Sorptionsmittel das ungiftige Mineral Zeolith in separaten Behältern à vier Kilogramm Trockenmasse.</p> <p>Die Kälteerzeugung erfolgt ohne Elektrizität. Betriebsweise: Zunächst verbindet man einen Zeolithbehälter mit dem Verdampfer. Dem System wird durch die Vakuumpumpe die Luft entzogen. Durch den erzeugten Unterdruck wird der Dampfdruck des Wassers heraufgesetzt. Die hierzu nötige Energie wird dem Wasser entzogen - es kühlt sich immer mehr ab und gefriert schließlich. Bei 22 °C Umgebungstemperatur bleibt die 55 Liter fassende Box etwa 84 Stunden lang 0°C bis 6°C kalt, zum Herunterkühlen von warmem Boxeninhalte verkürzt sich diese Zeit allerdings.</p> <p>Der Zeolith absorbiert das abgegebene Wasser. Wenn er gesättigt ist, wird der Behälter vom Verdampfer getrennt und durch einen frischen ersetzt. Nach einigen Pumpenhüben ist die Luft erneut aus dem System entfernt; die Kühlung geht weiter. Der Behälter mit dem gesättigten Zeolith wird im SK14 etwa 4 Stunden lang ausgeheizt, das Mineral also</p>



<b>technische Prüfung:</b>	<p>getrocknet. Das Mineral kann unbegrenzt oft wieder verwendet werden. Für Schlechtwetterperioden sind Reservebehälter vorgesehen.</p> <p>Der Parabolspiegel kann ansonsten zum Sterilisieren von medizinischen Instrumenten oder einfach nur Wasser genutzt werden.</p> <p>Die Box ist zweckmäßigerweise mit Deckel nach oben ausgeführt, um beim Öffnen keine kalte Luft zu verlieren.</p> <p>Im Auftrag der Entwickler wurde von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft der Gesellschaft für praktische Energiekunde e.V., Dipl.-Ing. Christina Hutter, ein vergleichendes Gutachten zu einem fotovoltaischen Kompressorkühlschrank erstellt. Danach liegt die benötigte Solarenergie zur Kühlung mit dem System der EG Solar 45 % unter dem Wert für den Kompressorkühlschrank (schlechterer Nutzungsgrad der Photovoltaik). Als Installationskosten wurden hier für das System der EG Solar 900 Euro, für das PV-betriebene System 2.850 Euro abgeschätzt.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	Das Gerät ist ausgereift und wird vertrieben.
<b>Innovationsgrad:</b>	hoch. Kühlung völlig ohne elektrische Energie.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	Im Gegensatz zu fotovoltaisch betriebenen, konventionellen Kühlanlagen fallen keine Bleiakkus zur Entsorgung an. Es entstehen weder bei der Herstellung noch bei der Anwendung noch bei einer späteren Entsorgung Umweltprobleme, da das Sorptionspaar Wasser/Zeolith umweltneutral ist.
<b>Anpassung an EL:</b>	Das Gerät ist eigens für Entwicklungsländer konzipiert, für den mobilen Einsatz hervorragend geeignet und lässt sich vor Ort ohne großen Werkzeugaufwand herstellen. Defekte Kompressor-Kühlschränke können wieder nutzbar gemacht werden. Die Bedienung ist einfach, der Wartungsaufwand unerheblich, Betriebskosten fallen keine an. Bei Aufstockung des Kühlaggregats können auch größere Boxen oder Kühlkammern gekühlt werden.
<b>Projekt:</b>	5.4.1.2 Energiesparendes Abtausystem für Sole-Kälteanlagen „Defro Power Pack“
<b>Kategorie:</b>	Konventionelle Kühlsysteme, Abtauautomatik, Energieeffizienz
<b>Ansprechpartner:</b>	-°COOL EXPERT- Friedhelm Meyer F.&E. Besenacker 14 35108 Allendorf/Eder 06452/9290 - 0 <a href="mailto:info@cool-expert.de">info@cool-expert.de</a>
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.cool-expert.de">www.cool-expert.de</a>

<b>Quelle:</b>	Wuppertaler Energie- und Umweltpreis 2000
<b>Ziel:</b>	Energiesparendes Abtausystem für zentrale Kälteanlagen
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Mit Kälteanlagen, die große Luftmassen umwälzen, können die Temperaturen von Hallen wirksam gesenkt werden, um frisch geerntete Lebensmittel wie Obst und Gemüse frisch zu halten und den Reifeprozess zu verlangsamen. Ein unerwünschter Nebeneffekt dieser ansonsten effektiven Kühlmethode ist die Vereisung der jeweiligen Kühler durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit. Die isolierende Wirkung des Eises unterbindet bei Kühlanlagen den Übergang der Kälte auf die zu kühlende Luft. Die Folge: Der Kühler kann bei zunehmender Vereisung immer weniger Kühlleistung aufbringen. Die Anlage muss deshalb in regelmäßigen Intervallen, u.U. mehrmals täglich, abgetaut werden.</p> <p>Herkömmliche Abtausysteme arbeiten entweder mit einer am jeweiligen Kühlaggregat angebrachten elektrischen Heizung oder heizen das flüssige Kühlmittel zentral auf, bis sämtliche Kühler abgetaut sind. Beide Verfahren haben massive Nachteile: Eine elektrische Abtauheizung benötigt eine immense elektrische Leistung, überheizt große Teile des Kühlers, während andere Bereiche schlecht abgetaut werden, erhitzt dabei auch das flüssige Kühlmittel, gibt einen hohen Wärmeanteil ungenutzt an die (zu kühlende) Umgebung ab und fördert die Korrosion.</p> <p>Ein unerwünschter Nebeneffekt ist zudem die Vereisung von Flächen in der Umgebung der Kühlanlage durch Kristallisation von Wasserdampf aus dem Abtauvorgang, der insbesondere dann entsteht, wenn Tauwasser auf die bis zu 300°C aufgeheizten Rohrheizkörper tropft. Weiterhin ist ein störungsfreier Abtauvorgang nicht gewährleistet, weil die elektrische Heizung die Anschlussrohre des Lüfters oft nicht erreicht. In diesen Bereichen kann die Anlage von Abtauvorgang zu Abtauvorgang immer mehr zufrieren: Ein zusätzlicher Wartungsaufwand wird erforderlich.</p> <p>Die zentrale Erwärmung des Kältemittels gestaltet sich energetisch noch ungünstiger, da nicht nur die vereisten Stellen, sondern die gesamte Kühlanlage aufgeheizt wird. Beim nächsten Kühlvorgang muss dem System diese Wärme zusätzlich entzogen werden. Hier könnten Wärmerückgewinnungsanlagen zum Einsatz kommen, wenn sie nicht schlichtweg zu teuer wären. Ein zusätzlicher Effekt setzt diesem Verfahren Grenzen: Die modernen FCKW-freien und somit klimafreundlichen, wässrigen Sole-Kältemittel, werden bei Temperaturen über 20°C zunehmend korrosiv. Sie sind zum Transport großer Wärmemengen also gar nicht geeignet.</p> <p>Meyers Methode sorgt dafür, dass nur das flüssige Kältemittel im jeweiligen Kühler zum Zwecke des Abtauens erwärmt wird. Die Temperatur der Sole wird hierbei unterhalb von 15°C gehalten, um Korrosionsschutz zu gewährleisten. An jede Kühlereinheit wird ein separater „Defro Power Pack“ angekoppelt, so dass für jeden Kühler ein individuell regelbarer Abtaukreislauf entsteht. Ein spezieller Abtausensor am Kühler leitet das Abtauverfahren ein. Zunächst wird der Kältemittelkreislauf mit einem Magnetventil unterbrochen und der Ventilator am Luftkühler wird ausgeschaltet. Der Defro-Powerpack bildet nun mit dem Luftkühler einen Ersatzkreislauf (Bypass) mit einer integrierten Zirkulationspumpe und einem indirekten elektrischen Wärmeüberträger. Die derart aufgewärmte Sole zirkuliert nun so lange durch den Kühler, bis ein dort angebrachtes Thermostat das Ende des Abtauvorgangs signalisiert. Nun wird die Heizung abgeschaltet, die Zirkulation abgebrochen und das Magnetventil im Kühlkreislauf wieder geöffnet. Kalte</p>



	<p>Sole kann nun wieder nachströmen. Wenn der Kühler hinreichend kalt ist, sorgt die Steuerung dafür, dass der Ventilator wieder anspringt: Die Anlage kühlt nun die Raumluft wie gewohnt ab.</p> <p>Je nach Größe der abzutauenden Luftkühler stellt Meyer vier verschiedene Größen des Defro Power Packs zur Verfügung. Die Leistung der Geräte variiert zwischen 0,75 kW bis 12 kW (Kilowatt) und kann so den Erfordernissen der Kühlanlage individuell angepasst werden.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	<p>Die Methode ist plausibel und hat sich inzwischen bewährt. Die eingesetzten Mittel sind gängige Technik. Es ist zu vermuten, dass Friedhelm Meyer das effizienteste Abtauverfahren entwickelt hat, das derzeit auf dem Markt existiert. Der Betrieb ist vollständig wartungsfrei.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Die Entwicklung ist erprobt und wird seit Ende der 90er Jahre als Einzelanwendung zur Nachrüstung von Kühlanlagen vertrieben. Eine Kooperation mit großen Kühlgeräteherstellern zum (sinnvollen) Direkteinbau in neue Kühlanlagen hat sich noch nicht ergeben.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>hoch. Große Energieeinsparpotenziale.</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>durch massive Energieeinsparung gekennzeichnet: Einsparung von elektrischer Energie von etwa 80 Prozent gegenüber der Benutzung von handelsüblichen elektrischen Abtauheizungen.</p>
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>Die Entwicklung ist für den industriellen Einsatz vorgesehen; überall dort, wo Lebensmittel in großem Stil gekühlt werden müssen.</p>

## 5.5 Energieeffizienz

### 5.5.1 Supraleitung

### 5.5.2 Allgemeines zur Supraleitung

Supraleitung ist ein quantenmechanischer Effekt, bei dem der Gleichstromwiderstand unterhalb einer kritischen Temperatur  $T_c$  und einer kritischen magnetischen Feldstärke  $H_c$  auf einen extrem kleinen Wert absinkt. Bisher findet die Supraleitung Anwendung bei der verlustfreien Stromübertragung und Herstellung von Magnetspulen hoher Flussdichte, beispielsweise bei Kernspintomographen in der diagnostischen Medizin.

Bislang erfordern technisch verwertbare Supraleiter flüssiges Helium als Kältemittel, das eine Siedetemperatur bei 4,2 K (Kelvin) aufweist. Die Herstellung von LHe (Liquid Helium) ist sehr verfahrens- und energieaufwendig, weshalb die Bemühungen der Kryophysik seit Mitte des 20sten Jahrhunderts das Ziel verfolgen, technisch verwertbare Materialien zu finden, die Sprungtemperaturen oberhalb der „magischen“ Grenze von 77 K aufweisen: die Siedetemperatur verflüssigter Luft (Liquid Nitrogen  $LN_2$ ).

Solche Hochtemperatursupraleiter (HTSL) sind inzwischen auch gefunden worden. Das zur Zeit am besten untersuchte HTSL-System ist  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ . Es zeigt keramische Eigenschaften. Je nach Sauerstoffgehalt der Probe beträgt die Sprungtemperatur 60 - 93 K.

Die Forschungsarbeiten konzentrieren sich weltweit auf Verfahren zur Herstellung solcher HTSL, die in der Lage sind, Ströme in einer technisch erforderlichen Größenordnung zu tragen (kritische Stromdichten  $J_c$  von mehr als einem MA/cm<sup>2</sup>) bzw. örtlich auftretenden Magnetfeldern Stand zu halten.

Die Arbeiten konzentrieren sich insbesondere folgende Verfahren:

- Sinterverfahren: Schichtweises Aufwachsen atomarer Lagen
- Epitaktische HTSL-Filme: Filmwachstum auf einkristallinen Substraten. Durch diese einkristallinen Schichten wird die Anisotropie der HTSL ausgenutzt.  $J_c$  erhöht sich. Als Substrate werden Ni, SrTiO<sub>3</sub>, LaHCCO<sub>3</sub> oder auch Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> verwendet.
- Texturierung, eine weitere Methode, um die kritische Stromdichte zu vergrößern. Durch gesteuerte Kristallisation wird die regellose Verteilung der Kristallite in eine orientierte Verteilung der Kristallachsen um eine vorgegebene Richtung umgewandelt. Diese Methode der Texturierung wird auf kompakte HTSL-Keramiken angewendet.

Ebenfalls auf der PSA werden Dish/Stirling-Systeme getestet, wobei die Firmen Schlaich Bergemann und Partner (Konzept, Architektur) und SOLO (Stirlingmotor. a.a.O.) mitgewirkt haben. Für den Wärmeübergang zwischen Absorberfläche und Stirlingmotor wurde ein Wärmerohr (Heatpipe) der Universität Stuttgart mit Anteilen an Natrium eingesetzt, an dem ein Brenner für eine Erdgaszuführung gekoppelt ist.

In einer neuen Generation von Dish/Stirling-Kraftwerken kommt der ausgereifte SOLO Stirling 161 (a.a.O.) zum Einsatz. Das DLR, Institut für Technische Thermodynamik (Dr. Ing. Laing, Dr. Köhne), begleitet die Forschungsarbeiten.

Für weitere Kontakte sei verwiesen auf:

Bergische Universität Wuppertal  
Fachbereich Physik  
Forschungsgruppe HTSL  
Prof. Dr. B. Mönter  
Gaussstr. 20  
42097 Wuppertal  
0202- 439-2661  
[moenter@uni-wuppertal.de](mailto:moenter@uni-wuppertal.de)

Cryoelectra Gesellschaft für kryoelektrische Produkte mbH,  
Prof. Piel, Wuppertal  
Wettinerstr. 6h  
42287 Wuppertal  
0202-571038  
[Nico.Pupeter@cryoelectra.de](mailto:Nico.Pupeter@cryoelectra.de)

IFW Dresden  
Dr. Bernhard Holzapfel  
0351-4659-455  
[b.holzapfel@ifw.dresden.de](mailto:b.holzapfel@ifw.dresden.de)

### Entwicklungen unter Anwendung der Supraleitung

Ebenfalls auf der PSA werden Dish/Stirling-Systeme getestet, wobei die Firmen Schlaich Bergemann und Partner (Konzept, Architektur) und SOLO (Stirlingmotor. a.a.O.) mitgewirkt haben. Für den Wärmeübergang zwischen Absorberfläche und Stirlingmotor wurde ein Wärmerohr (Heatpipe) der Universität Stuttgart mit Anteilen an Natrium eingesetzt, an dem ein Brenner für eine Erdgaszuführung gekoppelt ist.

In einer neuen Generation von Dish/Stirling-Kraftwerken kommt der ausgereifte SOLO Stirling 161 (a.a.O.) zum Einsatz. Das DLR, Institut für Technische Thermodynamik (Dr. Ing. Laing, Dr. Köhne), begleitet die Forschungsarbeiten.

<b>Projekt:</b>	5.5.3 Generatoren, Motoren, Transformatoren mit Supraleitern
<b>Kategorie:</b>	Energiewandler, Energieeffizienz, Supraleiter
<b>Ansprechpartner:</b>	Siemens AG Forschungszentrum Erlangen Dr. Norbert Aschenbrenner
<b>sonst. Akteure:</b>	Förderung durch das Bundesforschungsministerium
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.siemens.de/newsdesk">www.siemens.de/newsdesk</a>
<b>Quelle:</b>	<a href="http://www.innovationsreport.de">www.innovationsreport.de</a> , Meldungen vom 10.08.2002 und 07.04.2003
<b>Ziel:</b>	Senkung von Gewicht und Baugröße herkömmlicher Energiewandler, Erhöhung der Wirkungsgrade
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Es werden aktuell Synchrongeneratoren im Leistungsbereich von 1 MW<sub>el</sub> und mehr entworfen. In den Läufern kommen supraleitende Spulen zur Anwendung. Die Temperatur des Kühlmittels (flüssiges Neon) liegt bei 27 K. Die Supraleiter bestehen aus der Keramik „BSCCO“ mit den Elementen Wismut, Strontium, Kalzium, Kupfer und Sauerstoff.</p> <p>Die thermische Isolation wird, da technisch gar nicht anders möglich, durch einen Vakuum-Mantel sichergestellt.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	Die BSCCO-Bänder sind in der deutschen Forschungslandschaft einschlägig bekannt und getestet. Nachteilig sind die hohen Kosten des Materials, da die erwünschte Supraleitung insbesondere an der Kontaktfläche zu Silber auftritt. Da die Bänder jedoch im Pulver-Walzverfahren relativ einfach zu fertigen sind, kann mit ihnen die konkrete Anwendung in der Energietechnik erprobt werden, bevor günstigere HTSL in einem Temperaturbereich oberhalb 77 K zur Verfügung stehen.

<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Siemens baut aktuell den Prototyp eines Schiffsgenerators in Kombination mit einer Gasturbine mit 4 MW Leistung. Das Aggregat hat nur ein Viertel der Größe von herkömmlichen Generatoren sowie die Hälfte des Gewichts.</p> <p>Zusätzlich wird ein Transformator, Leistung 1 MW, mit HTSL-Bändern speziell für Regionalbahnen gefertigt, der einen Wirkungsgrad von 98% aufweisen soll, 8% mehr gegenüber einem vergleichbaren konventionellen Transformator in herkömmlichen Triebwagen.</p> <p>Ein bereits 2001 fertig gestellter Motor mit einer Leistung von 400 KW erreichte einen Wandlungswirkungsgrad von etwa 97% ohne spezielle Optimierungsmaßnahmen. Eine zusätzliche Innovation in der erforderlichen Kältebereitstellung liegt in der Entwicklung einer geeigneten Kältemaschine.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>Die Anwendung der HTSL in der Energietechnik ist sehr aktuell. Es stellt sich bei dem eingesetzten Typ des HTSL jedoch die Frage nach den Herstellungskosten, dem erforderlichen Kältemiteleinsatz und die hierfür bereitzustellende Energie.</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>momentan schwer abzuschätzen</p>
<b>Anpassung an EL:</b>	<p>momentan schwer abzuschätzen</p>

<b>Projekt:</b>	5.5.4 Synchrongenerator mit Supraleitern
<b>Kategorie:</b>	Energiewandler, Energieeffizienz, Supraleiter
<b>Ansprechpartner:</b>	Planungsbüro Frank Belitz Knauerstr. 9 90443 Nürnberg
<b>sonst. Akteure:</b>	Gutachter Dr. Thomas A. Peters Consulting für Membrantechnologie und Umwelttechnik Broichstr. 91 41482 Neuss 02131-228963 <a href="mailto:dr.peters.consulting@t-online.de">dr.peters.consulting@t-online.de</a>
<b>Quelle:</b>	WI-intern
<b>Ziel:</b>	Senkung von Gewicht und Baugröße herkömmlicher Stromerzeugungsgeneratoren, Erhöhung der Wirkungsgrade insbesondere im Kleinleistungsbereich
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Der inzwischen beim Europäischen Patentamt angemeldete Synchrongenerator ist konzipiert für die direkte Koppelung an eine Mikrogasturbine mit hohen Drehzahlen (&gt;30.000 U/min) und zeichnet sich durch die Kombination mehrerer wirkungsgradsteigernder Komponenten aus.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Der Rotor ist einpolig ausgeführt und trägt nur einen Permanentmagneten. Die Lagerung erfolgt magnetisch, wie es bei Turbomolekular-</li></ul>

<b>technische Prüfung:</b>	<p>pumpen in der Hochvakuumtechnik gängige Praxis ist. Dort werden Umdrehungszahlen &gt; 40.000 U/min erreicht, wobei die Rotoren in der Anwendung wesentlich stärkeren Unwuchten ausgesetzt als im Falle dieser Entwicklung.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Der Luftraum zwischen Rotor und Stator wird evakuiert, der Stator ist also keinerlei Reibungsverlusten ausgesetzt.</li><li>• Die Koppelung an die Gasturbine erfolgt ebenfalls magnetisch, weshalb eine komplette Vakuumisolierung des gesamten Generators möglich wird.</li><li>• Die Statorspulen werden mit HTSL versehen, so dass eine hohe Leistungsdichte gegeben ist und das Volumen des Generators klein gehalten werden kann.</li></ul>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Die Konzeption bietet insbesondere in Kombination mit einer Gas- bzw. Mikrogasturbine und den dadurch zur Verfügung gestellten hohen Drehzahlen das Potenzial für eine Stromerzeugungseinheit mit höchsten erreichbaren Wirkungsgraden im Kleinleistungsbereich der Kilowattklasse. Dabei muss berücksichtigt werden, dass Synchrongeneratoren in dieser Größenordnung bereits einen Wirkungsgrad in der Nähe von 95% erreichen.</p> <p>Insgesamt liegt das höchste Wirkungsgradpotenzial hier nicht unbedingt in der Wirkungsgradsteigerung des Generators selbst, sondern in einer Optimierung der gesamten Prozesskette. Hier ist wiederum entscheidend, inwiefern die Abwärme der vorgeschalteten (Mikro-)Gasturbine zusätzlich zur elektrischen Energie genutzt werden kann.</p> <p>Der Turbogenerator wird sich unter dem Vorbehalt einer kostengünstigen Marktverfügbarkeit von HTSL bei einer Temperatur in der Nähe von 77K insbesondere dort positionieren können, wo es auf geringes Gewicht und Volumen ankommt (Flugzeug- und Schiffsbau).</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	bisher nur konventionell
<b>Nachhaltigkeit:</b>	hoch
<b>Anpassung an EL:</b>	momentan schwer abzuschätzen

### 5.5.5 Leuchtdioden hoher Lichtstärken (High-Brightness-LEDs)

Ebenfalls auf der PSA werden Dish/Stirling-Systeme getestet, wobei die Firmen Schlaich Bergermann und Partner (Konzept, Architektur) und SOLO (Stirlingmotor. a.a.O.) mitgewirkt haben. Für den Wärmeübergang zwischen Absorberfläche und Stirlingmotor wurde ein Wärmerohr (Heatpipe) der Universität Stuttgart mit Anteilen an Natrium eingesetzt, an dem ein Brenner für eine Erdgaszuführung gekoppelt ist.

In einer neuen Generation von Dish/Stirling-Kraftwerken kommt der ausgereifte SOLO Stirling 161 (a.a.O.) zum Einsatz. Das DLR, Institut für Technische Thermodynamik (Dr. Ing. Laing, Dr. Köhne), begleitet die Forschungsarbeiten.  
Physik Journal 2/2003, S. 47ff  
Spektrum der Wissenschaft 11/2001

## 5.6 Landwirtschaft und Forsten

<b>Projekt:</b>	5.6.1.1 Solarer Tunneltrockner
<b>Kategorie:</b>	Solarenergie, Luftkollektor, solares Trocknen von Lebensmitteln
<b>Ansprechpartner:</b>	Innotech Ingenieurgesellschaft mbH Weilemer Weg 27 D-71155 Altdorf <a href="http://www.innotech-ing.de">www.innotech-ing.de</a> <a href="mailto:info@innotech-ing.de">info@innotech-ing.de</a>  Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie – Institut für Nachhaltige Technologien AEE-INTEC Postfach 142 A-8200 Gleisdorf/Styria/Austria 0043-3112/5886 <a href="mailto:office@aee.at">office@aee.at</a> <a href="http://www.aee.at">www.aee.at</a>
<b>sonst. Akteure:</b>	Dr.-Ing. Werner Mühlbauer, Dr. Albert Esper, Dr. Markus Bux, Institut für Agrartechnik in den Tropen und Subtropen der Universität Hohenheim Institut 495 Garbenstraße 9 D-70599 Stuttgart 0711/459-2490 <a href="http://www.uni-hohenheim.de">www.uni-hohenheim.de</a>
<b>Weitere Infos:</b>	Erneuerbare Energie 1/2001
<b>Quelle:</b>	diverse
<b>Ziel:</b>	Kommerzielle Konservierung von Lebensmitteln durch Trocknung als Alternative zur Frischvermarktung, insb. bei saisonaler Überproduktion, Verbesserung der Lebensmittelqualität, Reduzierung der Trocknungsdauer, Erreichen von Exporttauglichkeit

<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Die traditionelle Sontentrocknung ist in aller Regel kein geeignetes Verfahren, um Früchte und andere Lebensmittel zu trocknen. Negative Begleiterecheinungen sind insbesondere der Befall von Insekten, Mikroorganismen und Schimmelpilzen, wobei letztere eine Anhäufung von hochgradig giftigen Mykotoxinen bewirken können. Die Ausschussquote ist sehr hoch.</p> <p>Die solaren Tunnelrockner beugen diesen Effekten durch eine Verkürzung der Trocknungszeit auf etwa die Hälfte vor.</p> <p>Die Anlagen sind mehrere Meter breit, einige Meter lang und bestehen im Wesentlichen aus sechs Komponenten:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. eine tischartige Konstruktion mit großer Fläche</li><li>2. ein Solarmodul (50 Wp Leistung) zur Stromversorgung eines Ventilators</li><li>3. ein Luftkollektor zur Erwärmung der mit dem Ventilator zugeführten Luft</li><li>4. evtl. eine Gas-Zusatzheizung für andauernde Regenperioden</li><li>5. ein Trocknungsbereich für die Lebensmittel</li><li>6. ein alles überdeckendes Zeltdach zur Luftführung und zum Schutz gegen Niederschlag</li></ol> <p>Die Komponenten sollen bewirken, dass unabhängig von Wettereinflüssen eine optimale Trocknungstemperatur von empirisch ermittelten 60°C eingehalten wird. Der Ventilator hat hierbei kühlende Funktion, Luftkollektor und Zusatzheizung führen zur Erwärmung.</p> <p>Die Anwendung erstreckt sich auf Früchte, Gemüse, Kräuter, Heilpflanzen, Gewürze, Fleisch, Fisch, Samen, Blumensamen (bei 35°C in Deutschland, <a href="http://www.zae-bayern.de">www.zae-bayern.de</a>, <a href="http://www.solareinkauf.de">www.solareinkauf.de</a>).</p>
<b>technische Prüfung:</b>	<p>Der Tunnelrockner hat in einem Trocknervergleichstest in Almeria 1995 die beste Bewertung erhalten.</p>
<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Der Tunnelrockner wird in Deutschland für etwa 4000 Euro vertrieben, in Sri Lanka und der Türkei aber bereits zwischen 750 und 1500 Euro hergestellt. In Thailand beträgt der Preis etwa 2250 Euro inklusive Zusatzheizung.</p> <p>Inzwischen sind auch Solartrockner größeren Stils zur Trocknung von Holz im Einsatz: Das Unternehmen Thermo-System in Altdorf errichtete in Kooperation mit der Universität Hohenheim und dem brasilianischen Forstunternehmen CAF Anlagen zur Trocknung des empfindlichen Eucalyptus-Holzes von brasilianischen Eucalyptus-Pflanzungen. Das Holz wird binnen zwei bis vier Wochen auf einen für die Möbelproduktion erforderlichen Restfeuchtegehalt von 10% bis 12% getrocknet. Durch den Anbau dieser Holzart verspricht man sich ein Zurückdrängen des Raubbaus im brasilianischen Regenwald (VDI-Nachrichten, 12.01.2001).</p> <p>Ein ähnlicher Solartrockner auf Gewächshaus-Basis mit einem Zusatzgebläse wurde zur Trocknung von Hartholz entwickelt von Dr. Dieter Steinmann, Dept. of Wood Science, Private Bag X1, RSA-Matieland, 7602 South Africa, Tel. 0027-21 808 3319, <a href="mailto:des@sun.ac.za">des@sun.ac.za</a>; best 50 beim Energy Globe Award 2002.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	<p>hoch, wenn auch bereits Mitte der 90er Jahre entwickelt</p>
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>hoch: wesentlicher Beitrag zur lokalen Sicherstellung der Ernährung durch Minimierung der Nachernteverluste.</p>

<b>Anpassung an EL:</b>	hoch: ist preisgünstig, kann vor Ort hergestellt, vertrieben und repariert werden.
<b>Projekt:</b>	5.6.1.2 Biologischer Pflanzenschutz durch Mikroorganismen
<b>Kategorie:</b>	Landwirtschaft und Ernährung, Biotechnologie
<b>Ansprechpartner:</b>	Dr. Peter Lüth, PROPHYTA Biologischer Pflanzenschutz GmbH Wismar
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.prophyta.de">www.prophyta.de</a>
<b>Quelle:</b>	<a href="http://www.dbu.de">www.dbu.de</a> , Preisträger des Jahres 2002
<b>Ziel:</b>	Substitution chemischer Pestizide
<b>Wirkungsweise:</b>	Dr. Peter Lüth und seine Mitarbeiter erkannten das Potenzial des Pilzes <i>Coniothyrium minitans</i> als biologisches Pflanzenschutzmittel. Mit dem daraus entwickelten Produkt kann die Sclerotinia-Fäule, die an vielen Kulturpflanzen hohe Ertrags- und Qualitätsverluste verursacht und bislang nur mit chemisch-synthetischen Mitteln zu bekämpfen war, wirkungsvoll eingeschränkt werden. Inzwischen wurden noch weitere pflanzenschutzwirksame Pilzarten identifiziert.
<b>technische Prüfung:</b>	Von diesen neuartigen Pflanzenschutzmitteln gehen keine negativen Nebenwirkungen auf den Naturhaushalt und das Grundwasser aus, da sie gezielt auf spezifische Schaderreger wirken. Damit wurde eine umweltschonende, anwenderfreundliche und preiswerte Kategorie von Pflanzenschutzmitteln entwickelt.
<b>Entwicklungsstand:</b>	Mit der Zulassung des Pflanzenschutzmittels 1997 wurde die Entwicklung des ersten biologischen Fungizids Deutschlands abgeschlossen. Heute hat das Unternehmen 17 Mitarbeiter. Ein Produkt gegen Nematoden, die speziell Bananenstauden befallen, befindet sich in der Phase der Markteinführung.
<b>Innovationsgrad:</b>	Hoch. Ohne Pflanzenschutzmaßnahmen würde jedes Jahr ein Großteil der Ernte durch Schädlinge vernichtet werden. Die meisten der heute eingesetzten Pflanzenschutzmittel sind auf chemisch-synthetischer Basis hergestellt und haben eine breiter gestreute biologische Wirkung. Sie wirken nicht nur auf Schaderreger, sondern auch auf Nützlinge. Ferner können von chemischen Pflanzenschutzmitteln negative Nebenwirkungen auf den Naturhaushalt und das Grundwasser ausgehen.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	hoch.
<b>Anpassung an EL:</b>	hoch.



<b>Projekt:</b>	5.6.1.3 CH <sub>4</sub> -Reduktion durch modifizierten Reisanbau
<b>Kategorie:</b>	Ernährung, Anbaumethode, Treibhausgasminderung
<b>Ansprechpartner:</b>	Prof. Dr. Ralf Conrad Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie Karl-von-Frisch-Str. 35043 Marburg 06421/178-800 <a href="http://www.uni-marburg.de">www.uni-marburg.de</a>  International Rice Research Institute (IRRI), Philippinen
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.irri.org">www.irri.org</a>
<b>Quelle:</b>	Geomax, Ausgabe 3/2003, Beilage der MaxPlanckForschung, Ausgabe 3/2003
<b>Ziel:</b>	Erforschung der CH <sub>4</sub> -Produktion in unterschiedlichen Reisanbaumethoden
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>Die Forscher des Max-Planck-Instituts untersuchten die Entstehung und den Transport von Methan (CH<sub>4</sub>) in bewässerten Reisfeldern simulativ im Labor und in Gewächshäusern. Es wurden Gasaustauschprozesse bei verschiedenen Entwicklungsbedingungen gemessen. Unter der Federführung des IRRI fanden weitere Messreihen in Freilandversuchen in den Ländern China, Indien, Thailand, Indonesien und auf den Philippinen statt. Erwartungsgemäß wurde eine während des Nassanbaus auftretende Methanproduktion durch im Schlamm anaerob lebende methanogene Bakterien („Archaea“) beobachtet, die auch in der Biogaserzeugung zur Methanproduktion genutzt werden.</p> <p>Anbaumethode, Klima und Bodenbeschaffenheit bestimmen das Maß der bakteriellen Methanproduktion. Je länger die Reisfelder ständig unter Wasser stehen, desto höher ist der Betrag der Methanproduktion.</p> <p>Die Entdeckung: Lässt man die Felder zwischenzeitlich trocken fallen, so wird zunächst zwar zunächst eine große Menge gebundenes Methan frei, jedoch wird anschließend die Methanproduktion für ca. vier Wochen (Marburger Laborwert) stark gedrosselt.</p> <p>Im Gesamtergebnis wurde in den kurzzeitig trockengelegten Laborfeldern ca. 50% weniger Methan freigesetzt als auf den ständig bewässerten Feldern. Andererseits nahm die CO<sub>2</sub>-Produktion um etwa 50% zu.</p> <p>Da Methan aber einen um den Faktor 21 höhere Treibhauswirkung hat als CO<sub>2</sub>, ist in der Bilanz mit einfachsten Mitteln die <b>resultierende Klimawirk-samkeit etwa um einen Faktor 12 herabgesetzt</b> worden.</p>
<b>technische Prüfung:</b>	Die Marburger Forschungsgruppe befindet sich mit ihren Messprogrammen in ständigem Wissensaustausch mit den Forschern am IRRI. Insofern kann man die Resultate ernst nehmen, auch wenn die Laborwerte sich nicht immer eins zu eins auf die realen Bedingungen abbilden lassen.
<b>Entwicklungsstand:</b>	Die Forschung des Marburger Max-Planck-Instituts befindet sich in einem kontinuierlichen Prozess. Es ist sicherlich mit weiteren interessanten Ergebnissen zu rechnen. Beispielsweise scheint es auch erheblich zur CH <sub>4</sub> -

	<p>Reduktion beizutragen, wenn die Reisbauern das ungenutzte Reisstroh aus den Feldern nehmen anstatt es dort zu belassen.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	hoch.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	<p>Der Nassreisanbau trägt in erheblichem Maße zur weltweiten CH<sub>4</sub>-Produktion bei. Während die natürlichen Feuchtgebiete mit einer jährlichen Produktionsrate von etwa 115 Mio. Tonnen ins Gewicht fallen, tragen Wiederkäuer mit 80 Mio. (mit Gülle: 105 Mio.) Tonnen und die Reisfelder mit 60 Mio. Tonnen zur Methanproduktion bei.</p> <p>Neben der reinen Treibhausrelevanz ist Methan ursächlich an etwa der Hälfte der Zunahme des Wasserdampfs in den oberen Luftschichten beteiligt. Die Zunahme des in der Stratosphäre befindlichen Wasserdampfes beträgt immerhin 75% in den letzten 45 Jahren (Quelle: Forschungszentrum Jülich 2001).</p>
<b>Anpassung an EL:</b>	Reis ist die überwiegende Nahrungsgrundlage von derzeit etwa 2,5 Mrd. Menschen, Tendenz steigend. Dies zeigt die Größenordnung, in der die vorgeschlagene Änderung der Anbaumethode mit einfachen Mitteln umgesetzt werden könnte, sofern dies vor Ort umsetzbar ist.
<b>Projekt:</b>	5.6.1.4 Precious Woods - Nachhaltige Bewirtschaftung tropischer Regenwälder
<b>Kategorie:</b>	Landwirtschaft und Forsten
<b>Ansprechpartner:</b>	Precious Woods (Schweiz) AG Militärstrasse 90 Postfach 2274 CH-8021 Zürich 0041-1-245 80 10 E-Mail: <a href="mailto:office@preciouswoods.ch">office@preciouswoods.ch</a>
<b>sonst. Akteure:</b>	Diverse Umweltverbände, siehe <a href="http://www.preciouswoods.ch">http://www.preciouswoods.ch</a>
<b>Weitere Infos:</b>	<a href="http://www.preciouswoods.ch">http://www.preciouswoods.ch</a>
<b>Referenzen:</b>	Robin Wood e.V. Gütesiegel des Forest Stewardship Council (FSC)
<b>Quelle:</b>	<a href="http://www.zdf.de">www.zdf.de</a> <a href="http://www.3sat.de">www.3sat.de</a>
<b>Ziel:</b>	nachhaltige Forstwirtschaft in den Tropen, speziell Lateinamerika
<b>Wirkungsweise:</b>	<p>In Itacoatiara, 250 Kilometer östlich von Manaus, hat der Schweizer Konzern Precious Woods 1994 rund 840 Quadratkilometer Land gekauft und betreibt dort, kritisch aus aller Welt beobachtet, nachhaltige Waldfirtschaft. Die Firma hat sich verpflichtet, höchstens alle 25 Jahre 20 Bäume pro Hektar zu fällen und schreibt dennoch im Jahr 2003 erstmals Gewinne in Millionenhöhe.</p> <p>Jede Fällung wird per Satellitenbildern und Fällplänen am Computer von langer Hand vorbereitet. Auf diese Weise will die Firma mit technischen Mitteln eine Strategie umsetzen, die wirtschaftliche Nutzung mit möglichst wenigen ökologischen Folgen kombiniert. Jedes Einschlaggebiet wird durch Satelliten-Peilung ausgemessen und auf der Karte in zehn Areale (250 mal 400 Meter) unterteilt. Darüber kommt ein Gitternetz mit 20 Maschen. Pro Jahr</p>

wird nur in einem der Compartimentos gefällt, das danach erst 25 Jahre später erneut genutzt wird.

Die Forstarbeiter vor Ort erhalten eine Ausbildung, die es ihnen erlaubt, einen Baum möglichst meteregenau in die ebenfalls am Computer vorbestimmte Fällschneise zu legen. Um die Anzahl der befahrenen Stichwege gering zu halten, werden die Bäume in Teilstücken oft über Hunderte von Metern per Seilwinde bis zum Ort des Abtransports aus dem Wald gezogen. Ein Caterpillar nimmt die Stämme in die Zange und schleppt sie über einen schmalen Pfad zur Piste, die ins Sägewerk führt.

Die Forstfläche ist in 25 Einschlaggebiete (Compartimentos) von je rund 2000 Hektar aufgeteilt, die zusammen rund 76 Prozent der Gesamtfläche ausmachen; hinzu kommen absolute Schutzgebiete (16 Prozent), zum Beispiel entlang der Flüsse und um die Quellen, die nicht angerührt werden; etwas mehr als sieben Prozent der Gesamtfläche entfallen auf Wege und Wiesen und die Maniokfelder von 35 Familien, die dort schon länger leben.

Ein Baum wird nur gefällt, wenn er die Mindestanforderungen erfüllt: einen Stammdurchmesser von 50 Zentimetern, geraden Wuchs, marktfähige, nicht unter Naturschutz stehende Sorte. Jeder Baum, der diese Anforderungen erfüllt oder das Potenzial hat, es nach einer längeren Standzeit zu erfüllen, bekommt eine Nummer und seinen Gattungsnamen. Precious Woods bietet momentan 35 Holzarten an.

Nach Angaben von Precious Woods liegen die Kosten von nachhaltiger Holzwirtschaft in den Tropen um rund 20 Prozent über den marktüblichen Sätzen des Raubbaus. Um wirtschaftlicher agieren zu können, werden Halbfabrikate, Ramppfähle (für Hafenanlagen und Küstenschutz), Fensterrahmen und Gartenmöbel hergestellt.

Das gesamte Vorhaben wird von eigenen und unabhängigen Fachleuten regelmäßig begutachtet. Die Zertifizierung durch den FSC bringt im Übrigen strenge Kontrollen des gesamten Produktionsablaufes mit sich.

Precious Woods hat mit der Aufforstung von abgeholzten Flächen in Costa Rica angefangen. Mittlerweile hat sich das Unternehmen zu einer Holding (Precious Woods Holding AG) mit Gesamteinnahmen von rund zwölf Millionen US-Dollar und einem Aktienkapital von 81 Millionen Schweizer Franken entwickelt. Von den rund 900 Aktionären entfallen rund 60 Prozent der Aktien auf institutionelle Anleger (Umweltorganisationen, aber auch Versicherungen). Precious Woods hat zahlreiche Verträge mit amerikanischen und europäischen Großabnehmern für Bau- und Möbelholz abgeschlossen. In Itacoatiara, Brasilien, setzte die Firma das Furnierwerk Carolina wieder in Gang, das sie von malaiischen Eigentümern erworben hatte. Die Asiaten hatten dort zeitweise 1000 Brasilianer beschäftigt, aber seit zwei Jahren rostete das Werk dahin, weil der Nachschub an (illegal eingeschlagenem) Holz versiegt war. Zahlreiche ehemalige Mitarbeiter des Werkes finden dort nun wieder Arbeit. Heute sind die Schweizer die größten Arbeitgeber vor Ort.

**technische  
Prüfung:**

-

<b>Entwicklungsstand:</b>	<p>Die nachhaltige Forst- und Holzwirtschaft von Precious Woods hat sich in den vergangenen drei Jahren erheblich ausgeweitet. Mit dem holländischen Partner Van den Berg bewirtschaften die Schweizer nun auch im brasilianischen Bundesstaat Pará ein forstwirtschaftliches Areal von insgesamt 900 Quadratkilometern. Die genutzte Waldfläche des Unternehmens hat sich somit verdoppelt; bei Belém kam ein hochmodernes Sägewerk hinzu.</p> <p>Ein weiteres Unternehmen, die Gethal-Amazonas, produziert bereits seit 20 Jahren in Itacoatiara Furniere und Sperrholz aus Tropenholz. Der Betrieb ist die Nummer eins im Holzexport Amazoniens, die westfälische Westag &amp; Getalit AG hatte 1996 ein Viertel ihres Aktienkapitals erworben. Die Furnier- und Sperrholzfabrik bezieht ihren Rohstoff aus acht Einschlaggebieten im Umkreis von rund tausend Kilometern. Gethal forstet mittlerweile ebenfalls auf, schlägt selektiv und ist FSC-zertifiziert.</p>
<b>Innovationsgrad:</b>	hoch.
<b>Nachhaltigkeit:</b>	Das Holz ist vom World Stewardship Council (FSC) zertifiziert, das momentan einzige weltweit anerkannte Gütesiegel für nachhaltige Forstwirtschaft.
<b>Anpassung an EL:</b>	hoch. Das brasilianische Umweltamt IBAMA gibt jedes Jahr rund 4,5 Millionen Kubikmeter Tropenholz für den Einschlag frei. Tatsächlich aber werden 30 Millionen Kubikmeter pro Jahr aus Amazonien hinausgeschmuggelt, 80 Prozent aller Holzeinschläge sind illegal.

## 5.7 Hoffnungsträger Algen

### 5.7.1 Allgemeines

Das Reich der Pflanzen ist unterteilt in die Phycobionta (Algen), die Mycobionta (Pilze), die Bryobionta (Moose) und die Cromobionta (Gefäßpflanzen).

Mit den Algen beschäftigt sich die Algenkunde, auch genannt Phykologie (griechisch phykos: Seetang) oder Algologie (lateinisch alga: Tang).

Der Begriff „Alge“ stellt keine echte Verwandtschaftsgruppe im Sinne einer exakten Systematik dar, sondern ist eine heterogene Gruppe von vorwiegend im Wasser lebenden pflanzenartigen Lebewesen, die Photosynthese betreiben.

Die Botaniker unterscheiden mindestens 40.000 Arten, die in Abteilungen eingeordnet werden (geschätzte Anzahl der jeweiligen Arten in Klammern):

1. Abteilung Euglenophyta (800)
2. Abteilung Cryptophyta (120)
3. Abteilung Dinophyta (Dinoflagellaten) (1.000)
4. Abteilung Haptophyta (Kalkalgen) (250)

5. Abteilung Heterokontophyta = Chromophyta = Chrysophyta (9.000 – 14.000)

- Klasse Chloromonadophyceae (10)
- Klasse Xanthophyceae (Gelbgrüne Algen) (400)
- Klasse Chrysophyceae (Goldalgen = Silicoflagellaten) (1.000)
- Klasse Bacillariophyceae (Kieselalgen = Diatomeen) (6.000 – 10.000)
- Klasse Phaeophyceae (Braunalgen) (1.500 – 2.000)

6. Abteilung Rhodophyta (Rotalgen) (4.000 – 4.500)

- Klasse Bangiophycidae
- Klasse Florideophycidae (Rotalgen i.e.S.)

7. Abteilung Chlorophyta (Grünalgen) (7.000)

- Klasse Chlorophyceae (Grünalgen i.e.S.)
- Klasse Zygnematophyceae (Jochalgen) (4.000 – 6.000)
- Klasse Charophyceae (Armluchteralgen) (300)

8. Abteilung Cyanophyta (Blaugrüne Algen)

(div. Quellen, Einteilung nach: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, begr. von E. Strasburger, 33. Auflage, 1991).

Die Abteilung Cyanophyta (Cyanobakterien) nimmt eine Sonderstellung ein. Sie wird häufig von den (eucaryotischen) Algen ausgeklammert, da sie wie Bakterien keinen vollständigen Zellkern besitzen (Procaryoten). Dennoch sind sie traditionell Gegenstand der Algenforschung.

Jenseits dieser Einteilung ist zu unterscheiden zwischen einzelligen und mehrzelligen Mikroalgen sowie den Makroalgen, die im Extremfall bis zu 50 Metern Länge erreichen können. Besonders groß sind Laminarien. Dies sind Braunalgen, die ausgedehnte Tangwälder in den Küstenbereichen der Meere bilden.

Im Meer lebende (marine) Arten und im Süßwasser lebende (aquatische) Arten bilden das Phytoplankton, den pflanzlichen Teil des Planktons. Auch das Phytobenthos, die Pflanzen der Gewässerböden, wird hauptsächlich durch Algen gebildet.

Algen gehören zu den ältesten Organismen unseres Planeten. Bedingt durch ihre Jahrmillionen währende Entwicklung sind Mikroalgen sehr anpassungsfähig und wachsen selbst unter extrem ungünstigen klimatischen Bedingungen wie auf wechselfeuchten Untergründen, in Wüsten- und Gletscherregionen. Im Meer überleben sie bis zu einer Tiefe von mehreren hundert Metern, in heißen Quelltöpfen bis zu 160° Celsius.

Algen sind die wichtigsten Primärproduzenten und Sauerstofflieferanten der Erde. Man schätzt, dass 90% der gesamten Photosynthese und der Freisetzung von Sauerstoff in den Meeren stattfinden.

Algen enthalten – per Definition – den Farbstoff Chlorophyll, der für den Prozess der Photosynthese grundlegend ist. Es gibt verschiedene Typen von Chlorophyll, die mit den Buchstaben a, b und c gekennzeichnet werden. Die Absorptionsmaxima für Chlorophyll a liegen bei den Wellenlängen 430 nm und 662 nm, die für Chlorophyll b bei 453 nm und 642 nm und die bei dem algenspezifischen Chlorophyll c bei 449 nm. Dies bedeutet, dass Sonnenenergie sowohl aus dem blauen als auch aus dem roten Spektralbereich in chemische Energie umgewandelt werden kann.

## 5.7.2 Übersicht über die verschiedenen Algengruppen

### 5.7.2.1 *Euglenophyta*

- ursprünglichste Abteilung der Algen, meist im Süßwasser, häufig, oft auf Untergründen Kolonien bildend, teilweise Algenblüten.
- ausschließlich Flagellaten (begeißelte Einzeller; Flagellum: Geißel)
- Chlorophyll: a, b
- Carotinoide: beta-Carotin, Xanthophylle, u.a. Diadinoxanthin
- Reservestoffe: Öle, Paramylon
- Zellwand: fehlend

### 5.7.2.2 *Cryptophyta*

- meist begeißelte, asymmetrische Einzeller
- ebenfalls sehr ursprüngliche Abteilung
- Chlorophyll: a, c
- sonstige Pigmente: Phycoerythrin, Phycocyanin, Xanthophylle, u.a. Alloxanthin
- Carotine: alpha-, beta-, epsilon- Carotin
- Reservestoffe: Stärke
- Zellwand: fehlend

### 5.7.2.3 *Dinoflagellaten (Pyrrhophyta)*

- Überwiegend Flagellaten der Salz- und Süßgewässer
- wichtigste Primärproduzenten der Meere
- bei Massenvermehrung toxikologisch bedenklich („rote Flut“); ausgeschiedene Toxine können Vergiftungen bei Menschen hervorrufen
- erzeugen das Meeresleuchten
- Chlorophyll: a, b oder c
- Carotinoide: beta-Carotin, einige Xanthophylle
- Reservestoffe: Stärke, Öl
- Zellwand: entweder fehlend, Mucopolysaccharide oder Cellulose

### 5.7.2.4 *Kalkalgen (Haptophyta)*

- überwiegend begeißelte Einzeller der Meere
- enthalten kalkhaltige Schuppen (Coccolithen)
- fossil ab dem Jura bekannt (Bildung von Kalksedimenten)
- teilweise durch Toxinproduktion bekannt

#### 5.7.2.5 *Heterokontophyta (Chromophyta)*

- Durchweg Algen mit ungleich langen Geißeln (heterokonte Begeißelung), daher der Name der Abteilung. Auftreten sämtlicher Organisationsformen von primitiven Formen (Protophyten) bis hin zu pflanzenähnlichen, durch Thalli gekennzeichnete Thallophyten.
- Die unterschiedliche Färbung der einzelnen Klassen wird durch verschiedene Pigmente (Xanthophylle, insbesondere Fucoxanthin) neben den Chlorophyllen hervorgerufen.
- Chlorophyll: a, c
- Reservestoffe: Glukane, Laminarin.

##### 5.7.2.5.1 Klasse: Goldgrüne Algen (Xanthophyceae)

- Einzeller und Arten mit faden- oder schlauchförmigen Thalli, Zellwände häufig mit Kieselsäure imprägniert
- Chlorophyll: a,c
- Carotinoide: beta-Carotin, Diadinoxanthin, Heteroxanthin, Diatoxanthin
- Reservestoff: Laminarin
- Zellwand: Cellulose (bei wenigen Arten), Kieselsäure

##### 5.7.2.5.2 Klasse: Kieselalgen (Bacillariophyta, Diatomeen)

- Starrer, zweischaliger Panzer aus Kieselsäure innerhalb der äußeren Plasmamembran. In versteinelter Form als Diatomeenkalk, der als Filter- und Schleifmittel genutzt wird.
- Gelbbraune Färbung durch Fucoxanthin, ähnlich den Braunalgen
- Vorkommen: alle Gewässertypen, feuchter Erdboden. Als Plankton im Wasser treibend oder an Oberflächen heftend. Wichtiger Bestandteil der Nahrungskette
- Chlorophyll: a,c
- Carotinoide: beta-Carotin, Diadinoxanthin, Diatoxanthin
- Reservestoffe: Laminarin, Mannitol
- Zellwand: Kieselsäure
- Scheibenförmige Kieselalgen (*Centrales*): oft mit Stacheln oder Membranflügeln ausgestattet, dienen als Schwebereinrichtung
- Schiffchenförmige Kieselalgen (*Pennales*) meist auf dem Grund von Gewässern. Häufig in der Mitte der Schalen in Längsrichtung ein strukturierter Spalt (Rhaphe), der durch in ihm strömendem Plasma Bewegungen ermöglicht.

##### 5.7.2.5.3 Klasse: Braunalgen (Phaeophyta)

- überwiegend Thallophyten, oft mit Gliederung in Rhizoid, Cauloid und Phyloid. Bewohner küstennaher Bereiche gemäßigt warmer bis kalter Meere. Fortpflanzungszellen oft begeißelt. Vor allem bekannt für schnelles Wachstum, enorme Größe bis zu 50 Meter und ihr komplex gebautes Gewebe.
- große, flächendeckende Bestände im Watt und an felsigen Küsten kühlerer Meere, z.B. in der Sargassosee (Nordatlantik).
- Chlorophyll a, c
- Carotinoide: beta-Carotin, Fucoxanthin, Violaxanthin
- Reservestoff: Laminarin
- Zellwand: Cellulose, Kieselsäure, Alginate, methylierte Mucopolysaccharide

- Mehrere Arten sind in Ostasien wichtige Lebensmittel, in den Küstenregionen auch als Felddünger verwendet. Genutzt werden u.a.: *Wakame*, *Kombu*, *Kelp* und *Nijiki*. Die Algen werden für Suppen und Brühen oder beim Kochen von Reis, der so schneller gart und Mineralien aufnimmt, verwendet.

#### 5.7.2.5.4 Klasse: Goldalgen (Chrysophyceae)

- meist begeißelte Einzeller, verbreitet in Süß- und Seewasser, wo sie einen wesentlichen Anteil des sogenannten Nanoplanktons ausmachen.
- Chlorophyll: a, c
- Carotinoide: alpha-, beta-, gamma- Carotin, Fucoxanthin, u.a. Xanthophylle
- Reservestoff: Laminaran, Öl
- Cellulose, Kieselsäure, Mucopolysaccharide, oder Wand fehlend

#### 5.7.2.6 Rotalgen (*Rhodophyta*)

- eigenständige Algengruppe, überwiegend im Salzwasser, aufgrund der Pigmentausstattung auch in größeren Tiefen bis 150m, ohne Begeißelung.
  - Chlorophyll a
  - sonstige Pigmente: Phycocyanin / Phycocyanobilin (blaue Färbung) , Phycoerythrin / Phycoerythrobilin (rote Färbung)
  - Carotinoide : beta-Carotin, Lutein
  - Reservestoff: stärkeähnliche Polysaccharide
  - Zellwand: Cellulose, Xylomannane, sulfonierte Polysaccharide (Galactane), Carragenan
  - saure Kohlenhydrate als Bestandteil der Mittellamelle und der Primärzellwände (Agarose, Agaropektin).
  - Die Kalkrotalgen enthalten in ihren Zellwänden Calcit, eine Form des Calciumcarbonats.
  - In der Regel sind Rotalgen benthisch. Sie wachsen meist auf festen Unterlagen (Felsen, Muschelschalen u.a.) und epiphytisch auf anderen Algen, manchmal auch parasitisch. Die Anheftung an die Unterlage geschieht durch differenzierte, rhizoidartige Zellen.
- Rotalgenprodukte: Agar und Carrageenan, wirken als Emulgatoren, Stabilisatoren und Gelbinder sowie als Wirk- und Zusatzstoffe in der Medizin.
- Insbesondere in Japan ein wichtiger Bestandteil der Ernährung. Zum Beispiel Dulse (*Palmaria palmata*) und Nori (*Porphyra tenera*). Nori wird für das Einrollen der Reiskissen bei dem populären Gericht Sushi verwendet und enthält viel Vitamin C (1,5-mal mehr als Orangen) und Beta-Carotin.

#### 5.7.2.7 Grünalgen (*Chlorophyta*)

- vorkommend überwiegend im Süßwasser, daneben auch im Salz- und/oder Brackwasser, im Boden, an Baumstämmen sowie als Symbionten (in Flechten: Symbiose mit Pilzen), wahrscheinlich Ursprungsformen der höheren Pflanzen, stehen denen jedenfalls sehr nahe.
- Viele einzellige Grünalgen lagern sich zu langen Ketten zusammen und sind dann als grünliche Masse in den Gewässern zu erkennen. Nur wenige Arten erreichen hohe Individuenzahlen, deshalb nur selten Beteiligung an Wasserblüten.
- Einige fädige Arten (z. B. Spirogyra-, Mougeotia-, Enteromorpha- und Cladophora-Arten) bilden, wo sie in Massen auftreten, sogenannte Watten aus, die aus einer Vielzahl ineinander verflochtener Fäden



bestehen. Solche, meist an Oberflächen schwimmende Aggregate sind ein Kennzeichen stark eutropher Gewässer.

- am höchsten entwickelt: Armeuchteralgen (im Süßwasser).
- Im Meer: Arten, die große Röhren mit vielen Zellkernen bilden, die bis zu 10 Meter lang werden können. Bei einer Art Einlagerung von Aragonit (Form von Calciumcarbonat) in die Zellwände. Diese Algen leisten bedeutende Beiträge für den Aufbau von Korallenriffen.
- Chlorophyll a, b
- Carotinoide: alpha-,beta-, gamma-Carotin, Lutein, Neoxanthin, Violaxanthin, Zeaxanthin
- Reservestoff: Stärke
- Zellwand: Protein, Polysaccharide, Cellulose, Xylane, Mannane
- Blattartige Grünalgen werden in Ostasien als Suppen- und Gemüsebeilage gegessen. Meersalat (Lattich, *Ulva lactuca*), reich an Calcium, wird in Frankreich knusprig gebraten oder feingehackt Salaten beigemischt. Andere bekanntere Gattung: *Enteromorpha* (Darmtang). Vorkommen jeweils auch in Nord- und Ostsee.
- Weitere häufig kultivierte Grünalge: *Chlorella*. Einzellige Kugelalge, Durchmesser ca. 5 - 10 µm, etwa 10 Arten, in allen Süßgewässern verbreitet, Zellwand unverdaulich, muss nach der Ernte aufgebrochen werden. Dient vorwiegend als Nahrungsergänzung.

#### 5.7.2.8 Blaugrüne Algen (Cyanophyta)

- Mikroalgen, Farbe schwankt zwischen blaugrün und rot violett: hängt ab von den Mengenanteilen der beiden Photosynthesepigmente c-Phycocyanin (blau) und c-Phycocerythrin (rot), die meist die Farbe des Chlorophyll a überdecken.
- etwa 2,5 bis 3 Milliarden Jahre alt, beteiligt an Schaffung der Sauerstoffatmosphäre
- In flachen tropischen Gewässern wachsen sie in übereinanderliegenden Matten (Stromatolithen).
- Manche Süßwasser-Planktonformen der Cyanobakterien, die sich unter günstigen Bedingungen als Algenblüte stark vermehren, scheiden Giftstoffe aus, die Tiere töten können.
- Alge von hoher Bedeutung für den Menschen: Die Korkenzieheralge Spirulina. Arten: platensis (Große K.), abbreviata (Kleine K.), jenniferi (Blaugrüne K.). Zellen etwa 2 - 6 µm lang, 6 - 8 µm breit, bildet Fäden. Windungen der Fäden 25 - 40 µm breit, Umgänge 45 - 60 µm voneinander entfernt. Ursprünglich in den Sodaseen der Subtropen beheimatet (pH 9), zunehmend in Algenfarmen kultiviert. Zellwand besteht aus leicht verdaulichen Mucopolysacchariden.

### 5.7.3 Nutzung von Algen zur Ernährung

Die traditionelle Nutzung von Algen für die Ernährung ist von verschiedenen Kontinenten bekannt:

- In den asiatischen Küstenländern stehen durchweg Makroalgen auf der Speisekarte. Dies sind Braunalgen wie Wakame, Kombu, Hijiki und Arame sowie die Rotalgen Dulse und Nori.
- Die Azteken verwendeten die blaugrüne Mikroalge Spirulina aus dem Texcoco-See, um sonnengetrocknete kleine Kuchen zu backen.
- Noch heute wird dies vom Kanembu-Stamm am afrikanischen Tschad-See praktiziert. Die Kuchen werden dort auf dem Marktplatz als Suppenwürfel zum Kochen angeboten. Die Kinder dieses Stammes zeigen angeblich keine Merkmale von Unterernährung.
- Die blaugrüne Mikroalge „AFA“ wurde angeblich bereits von den Ureinwohnern in Oregon / USA verzehrt.

### 5.7.3.1 Makroalgen

Makroalgen werden überwiegend getrocknet vertrieben. Vorwiegender Verwendungsraum von Speisealgen: Japan, China, die Küsten Nord-, Mittel und Südamerikas. In Europa Frankreich und Irland. Am Bekanntesten: Nori-Algen als Bestandteil der Maki-Sushi-Rollen in japanischen Restaurants und Snackbars.

Makroalgen enthalten einen hohen Anteil an essenziellen Stoffen. Die Vitamin-C-Konzentration liegt beispielsweise bei den Meeresalgen Nori und Dulse 1,5mal höher als in Orangen und ist auch auf Grund des hohen Eisenanteils für Veganer interessant.

Ihr Beta-Carotin-Gehalt ist im Durchschnitt höher als der in Karotten.

Hinsichtlich des Nährstoffgehalts gibt es bei den verschiedenen Arten eine große Bandbreite. Der Beta-Carotin-Gehalt von *Nori* liegt nach Durchsicht verschiedener Angaben von Händlern im Internet zwischen 6 und 13 Milligramm pro 100 Gramm Trockensubstanz, während *Wakame* lediglich 0,14 Milligramm davon aufweist.

Selbst innerhalb einer Art können die Konzentrationen an Vitaminen und Mineralstoffen enorm schwanken. Da die Kulturbedingungen, der Frischezustand und die Konservierungsmethoden die Nährstoffkonzentrationen stark beeinflussen, ist der tatsächliche Gehalt schwer einzuschätzen. In der BRD sind frische Makroalgen nur selten zu bekommen; in der Regel muss auf getrocknetes Meeresgemüse aus Asien-shops oder Reform- und Bioläden zurückgegriffen werden.

Der Jodgehalt einiger Algen macht das Meeresgemüse für das Jodmangelgebiete wie auch Deutschland interessant. Nur ein Gramm frische *Kombu* kann die von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung DGE für Erwachsene empfohlene Jodzufuhr von 200 Mikrogramm pro Tag decken. Anfang des 19. Jahrhunderts wurden aus diesem Grund große Mengen Braunalgen an europäischen Küsten, insbesondere in Frankreich, Spanien und Portugal gesammelt. Als andere Jodquellen wie z. B. Chilesalpeter erschlossen wurden, verlor die Jodgewinnung aus Algen jedoch an Bedeutung.

Der Jodgehalt von Algen ist im Übrigen ebenfalls keine verlässliche Größe und gerade deshalb auch sehr problematisch. Nicht selten variieren die Werte von 5 bis 4600 Mikrogramm pro Gramm Trockensubstanz. Zudem sind innerhalb einer Art extreme Schwankungen zu beobachten. So wird der durchschnittliche Jodgehalt der *Kombu* mit 300 bis 1100 Mikrogramm pro 100 Gramm Trockensubstanz angegeben. Bei derartigen Schwankungen

ist die empfohlene Jodzufuhr schnell um ein Vielfaches überschritten. Bereits die tägliche Aufnahme von einem Milligramm Jod kann zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Daher dürfen Meeresalgen mit mehr als 20 Milligramm Jod pro Kilogramm in Deutschland nur mit einem Warnhinweis vermarktet werden. Darüber wacht das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV). Die Stiftung Warentest hat trotz dieser Vorgaben in 3 von 20 untersuchten Proben Jodgehalte über diesem Grenzwert in ungekennzeichneten Proben gemessen (test, Ausgabe September 2002).

Der oftmals bedenklich hohe Jodgehalt von Meeresalgen und die zum Teil erheblichen Nährstoffschwankungen sind nicht die einzigen Probleme bei der Algennutzung durch den Menschen. Vor allem Blei, Quecksilber, Cadmium, Arsen und Benzpyren können je nach Herkunft in gesundheitlich bedenklichen Konzentrationen auftreten. Dies wird einerseits als Argument gegen eine verstärkte Nutzung von Algen für die Ernährung gesehen, da der tatsächliche Gehalt dieser als hochproblematisch geltenden Stoffen nicht kontrolliert werden könne, dient andererseits aber auch als Hoffnungsträger für Alternativmediziner, den Körper mit Hilfe von Algen entgiften zu können.

Makroalge	Jodgehalt [mg/100 g getrocknete Algen]
Nori	5 - 8
Dulse	8
Meeressalat	25
Wakame	10 - 20
Hijiki	30 - 50
Arame	60 - 80
Kombu	100 - 500

Zur Keimabtötung und Konservierung werden in asiatischen Ländern landwirtschaftliche Produkte häufig einer radioaktiven Bestrahlung unterzogen, wovon Algen nicht ausgeschlossen sind. Dieses Verfahren ist umstritten.

Alle diese Argumente tragen dazu bei, die Mikroalgen *Chlorella* und *Spirulina*, die natürlicherweise nicht im Meer, sondern in Süßwasserseen zu Hause sind, verstärkt unter kontrollierten Bedingungen zu kultivieren.

Die gängigsten Makroalgen im Einzelnen:

#### 5.7.3.1.1 Die Rotalge Nori

Die Rotalge Nori (*Porphyra tenera*) wird vor den Küsten Japans kultiviert. Nori-Blätter werden zum Einrollen der Maki-Sushi-Rollen verwendet. Nach der Ernte wird die Alge zur Herstellung der hauchdünnen Blätter zerkleinert, gepresst, getrocknet und geröstet. Im genormten Format von 19 x 21 cm kommen die 2,5 Gramm leichten Blätter in den Handel. Daneben ist Nori als Gewürz für Fisch- und Gemüsesuppen oder Salat erhältlich. Wie auch für Sushi muss Nori vor dem Verzehr nicht gekocht werden. Rotalgen haben allgemein einen niedrigeren Jodgehalt als Braunalgen und sind deswegen für die menschliche Ernährung in der Regel unproblematisch.

#### 5.7.3.1.2 Die Rotalge Dulse

Dulse (*Palmaria palmata*) wächst in den Gezeitenzonen des Atlantiks auf Steinen, Muscheln oder großen Tangen. In der Bretagne und in Irland wird Dulse seit Jahrhunderten gegessen. Jenseits und diesseits des Atlantik wird sie zu Snacks, Suppen und Salaten zubereitet. Dulse kann nach kurzem Einweichen ungekocht gegessen werden. Für Rotalgen typischer, relativ geringer Jodgehalt. Hohe Anteile an Eisen, Fluor und B-Vitaminen.

#### 5.7.3.1.3 Die Grünalge Meeressalat

Die Grünalge Meeressalat oder Lattich (*Ulva lactuca*) wächst in Flachwasserbereichen der Meere und im nährstoffreichen Brackwasser auf Steinen aufsitzend oder frei treibend. In Frankreich wird sie frisch oder wieder aufgeweicht zum Marinieren von Fisch oder als Umhüllung beim Dünsten sowie als Zutat in Salat, Suppe oder Gebäck verwendet.

#### 5.7.3.1.4 Die Braunalge Wakame

Die Braunalge Wakame (*Undaria pinnatifida*) ist nach Nori die wichtigste japanische Speisealge. Sie wird inzwischen ebenfalls in der Bretagne kultiviert. Eine ähnliche Art ist *Alaria esculenta*, die ebenfalls in Europa bekannt ist. Beide Arten gedeihen im strömungsreichen Wasser unterhalb der Gezeitengrenze. Die generativen Teile sind als *Mekabu* im Handel erhältlich. Sie haben einen stärkeren Geschmack, erfordern aber auch sehr lange Kochzeiten. Die würzig-aromatische Wakame gibt es auch als Instantprodukt. Wakame enthält im Verhältnis zu anderen Braunalgen wenig Jod (etwa 10 mg/100 g Trockensub-

stanz) und ist deshalb auch zum häufigen Verzehr geeignet. Die enthaltene Alginsäure trägt angeblich zur Entgiftung und Entschlackung des Körpers bei, die Quellen sind allerdings unklar.

#### 5.7.3.1.5 Die Braunalge Hijiki

Hijiki oder Hiziki (*Hizikia fusiformis*) wird vorwiegend in Japan als Nahrungsmittel genutzt. Die Alge schmeckt leicht süßlich. Vor dem Genuss muss Hijiki relativ lange eingeweicht und gekocht werden. Hijiki hat einen mittleren Jodgehalt, ist reich an Eisen, Kalzium und Alginsäure.

#### 5.7.3.1.6 Die Braunalge Arame

Arame (*Eisenia bicyclis*) ist eine pazifische Braunalge, schmeckt wie Hijiki durch die Zuckerart Mannit leicht süßlich. Sie wird vorgekocht und muss deshalb vor dem Verzehr nur kurz eingeweicht und gekocht werden. Arame gilt wie Hijiki als Stärkungsmittel für Haare, Haut und Nägel. Problematisch ist der hohe Jodgehalt.

#### 5.7.3.1.7 Die Braunalge Kombu

Kombu (*Laminaria japonica*) gedeiht ebenfalls in den Gewässern Japans, wo sie auch in großen Mengen kultiviert wird. Nahe Verwandte (*L. digitata* und *L. saccharina*) werden auch an der europäischen Atlantikküste erfolgreich vermehrt.

Kombu enthält angeblich die meisten Mineralstoffe und Vitamine aller Speisealgen. Außer zum Kochen der für Japan typischen Suppe *Dashi* eignet sich die Alge auch zum Frittieren und als Gewürz. Die Alge wird auch zur Teebereitung genutzt. Tee heißt auf japanisch „Cha“, „Kombucha“ bedeutet entsprechend Algentee.

Andere Laminariaarten, die im englischen Sprachgebrauch als Kelp bezeichnet werden, haben besonders hohe Jodgehalte. Deswegen sind sie in Deutschland zum Verkauf als Lebensmittel nicht zugelassen. Man erhält sie in Naturkostläden nur als Badezusatz.

Seetange oder Kelp sind eine natürliche Quelle des Weichmachers und Geschmacksverstärkers Glutaminsäure, der in synthetischer Form als Glutamat bekannt ist.

#### 5.7.3.2 Mikroalgen

Unter den Mikroalgen ist die traditionelle Nutzung der blaugrünen Algen (Cyanophyten) *Spirulina*, *AFA* und der Grünalge *Chlorella* als Lebensmittel bekannt. Diese Algen werden heute in großen Mengen kultiviert und als Nahrungsergänzungsmittel vertrieben.

Cyanophyten enthalten Vitamin B<sub>12</sub> (Cobalamin). Die Menge kann je nach Algensorte mit tierischen Quellen konkurrieren. Ob dieses Mangelvitamin für den menschlichen Stoffwechsel nutzbar ist, ist allerdings umstritten.

#### 5.7.3.2.1 Die blaugrüne AFA-Alge

Die AFA-Alge (=lat. aphanizomeon flos-aqua = unsichtbar lebende Wasserblume) wächst u.a. im alkalische Klamath-Lake (Oregon / USA). Die hohen Mineralienanteile stammen aus der Vulkanasche aus der Umgebung des Sees. Die Algen werden von Booten aus geerntet, getrocknet und weltweit als Nahrungsergänzungsmittel vertrieben.

Die AFA-Alge enthält neben den algentypischen Bestandteilen Vitamine, Spurenelemente wie Zink, Jod, Kalzium, Kieselsäure, Mangan, Selen, Mangan, essentielle Fett- und Aminosäuren.

Die Alge wird stark beworben. Die Händler schreiben ihr allgemein gesundheitsfördernde Wirkungen zu, u.a. auch verbesserte Hirn- und Gedächtnisleistungen.

Das Kanadische Gesundheitsministerium und das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) warnen ausdrücklich vor dem Gebrauch der AFA-Alge als Nahrungsergänzungsmittel und als Medizin aus zweierlei Gründen:

Zum einen wird die Alge aufgrund als Therapiemöglichkeit eingesetzt (obwohl sie als Arzneimittel in Deutschland nicht zugelassen ist). Die AFA-Alge wird insbesondere zur alternativen Behandlung von neurologischen Störungen wie dem ADHS (Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitätssyndrom) bei Kindern oder bei der Demenzerkrankung Alzheimer propagiert. Die Wirksamkeit ist keinesfalls geklärt. Wenn nun gleichzeitig die konventionelle ärztliche Behandlung abgebrochen wird, kann sich das Leiden erheblich verschlimmern. Vor allem für Kinder können lebensbedrohliche Situationen entstehen.

Zum anderen enthalten AFA-Algen nach Angaben des BgVV Toxine, die zwei verschiedene Wirkungen haben. Eines wirkt diesen Angaben zufolge als Nervengift, das Krämpfe oder Lähmungserscheinungen auslösen kann. Bei Lähmung der Atemmuskulatur kann es im Extremfalle zum Erstickungstod kommen. Das andere Toxin namens Microcystin wirkt als Lebergift. Es bringt die Leberzellen zum Schrumpfen, in den Zwischenräumen sammelt sich Blut an und es kommt zum Kreislaufschock. Microcystin wird nur sehr langsam vom Körper abgebaut und kann sich daher bei regelmäßigem Algenverzehr in der Leber ansammeln. Weitere allgemeine unerwünschte Wirkungen sind Magen-Darm-Beschwerden (Übelkeit, Erbrechen, Durchfall), Gelbsucht und Antriebslosigkeit.

#### 5.7.3.2.2 Die grüne Chlorella-Alge

Der Name der Süßwasser-Grünalge *Chlorella pyrenoidosa* stammt von ihrem hohen Gehalt an Chlorophyll. Sie ist die älteste bekannte Pflanze mit einem echten Zellkern, eine einzellige Mikroalge mit der härtesten Zellwand aller Algen.

Die Zellulose-haltige Zellwand muss bei der Herstellung aufgebrochen werden, um die Inhaltsstoffe freizusetzen. Eine traditionelle Nutzung von *Chlorella* zur Ernährung ist dem Verfasser nicht bekannt, ist aber auch nicht auszuschließen. Wahrscheinlicher ist, dass die Alge in Fernost als Nahrungsergänzung bzw. zu medizinischen Zwecken genutzt wurde.

### 5.7.3.2.3 Die blaugrüne Spirulina-Alge

Die spiralenförmige Mikroalge *Spirulina* (i.d.R. *spirulina platensis*) wird seit Jahrtausenden in unterschiedlichen Kulturen als Lebensmittel verwendet. Massenhafte natürliche Vorkommen von *Spirulina* sind stark alkalische, salz- und sodahaltige Seen in Zentralafrika (Rift Valley in Kenia, Tschad Seen), in Zentralamerika (Valley of Mexiko, Lake Texcoco) sowie in Burma.

An den afrikanischen Seen ist *Spirulina* die Hauptnahrungsquelle der Flamingos, deren Gefieder von den Pigmenten der Alge ihre charakteristische Farbe erhält.

Traditionell wird *Spirulina* von der einheimischen Bevölkerung Zentralafrikas und -amerikas in getrockneter Form in verschiedenen Gerichten als Nahrungszusatz (*dihe* in Nigeria, *techuitlatl* in Mexiko) und in Soßen verzehrt. Beim Volk der Kanembu in Nigeria ist dieses Produkt Bestandteil in 70 % aller Gerichte. Es wird zu Soßen aus Tomaten, Chillis und diversen Gewürzen verarbeitet, die zusammen mit dem Grundnahrungsmittels Hirse gegessen werden. Hergestellt werden die Spirulinakuchen durch Sontrocknung. Die Algen sind auch bei Hitze lager- und transportfähig und lange haltbar.

Neben den natürlichen Vorkommen und industriellen Algenfarmen gibt es kleinere Spirulinafarmen auf



Dorfebene mindestens in Peru, Togo (Bild links), Senegal und Indien, wobei die Ernte der regionalen Nahrungsmittelergänzung zu Gute kommt. Spirulinafarmen können auf unfruchtbarem Land errichtet werden und sind die produktivsten Agrarsysteme überhaupt: Die Ergiebigkeit beträgt bis zu 10 Tonnen reines Eiweiß pro Jahr und Hektar. Zum Vergleich: Mit Sojabohnen erreicht man etwa 1 Tonne, mit Rindfleisch etwa 100 kg Eiweiß je Hektar.

*Spirulina* enthält ein große Bandbreite an lebensnotwendigen (essentiellen) Vitalstoffen, d.h. an Stoffen, die vom menschlichem Körper nicht selbst synthetisiert werden

können und deshalb mit der Nahrung aufgenommen werden müssen. Auf Grund der großen Bandbreite der Inhaltsstoffe (Mineralstoffe und Spurenelemente, Fettsäuren, Polysaccharide, Vitamine) wird *Spirulina* weltweit, überwiegend jedoch in den Tropen und Subtropen, in Algenfarmen kultiviert. Jährlich werden 3.000 Tonnen *Spirulina* Biomasse zur Nahrungsergänzung in den Industriestaaten verkauft. Darüber hinaus werden die Kosmetikbranche, die Pharmazie sowie die Tiernahrungshersteller mit *Spirulina* beliefert.

Der tatsächliche Nährstoffgehalt in *Spirulina* ist stark abhängig von den Kultivierungs- und Erntebedingungen.

Nährstoffgehalte in Spirulina:	
Eiweiß:	63%
Kohlenhydrate:	18%
Fette (Lipide):	5%
Mineralasche:	7%
Feuchtigkeit:	5%

### 5.7.4 Algen für die Ernährung in Industrieländern

Fest steht: Algen sind außerordentlich nährstoffreich. Unter den pflanzlichen Landbewohnern gibt es keine Vertreter, die gemessen an ihrer Trockenmasse so vitamin- und mineralstoffreich sind wie Algen. Zudem enthalten sie große Mengen an Eiweiß- und Ballaststoffen.

Während frische und getrocknete Algen in asiatischen Ländern zur traditionellen Esskultur gehören, findet das „Meeresgemüse“ außerhalb dieses Kulturkreises wenig Anklang. Ausschlag gebend sind der fremdartige, fischige Geschmack und die ungewohnte Konsistenz. Stattdessen werden zunehmend Nahrungsergänzungsmittel ( in aller Regel aus den im Süßwasser lebenden Mikroalgen ) angeboten. Die im Handel erhältlichen Tees, Dragees, Kapseln und Pulver sind laut Hersteller frei von Schadstoffen,

schmecken nicht nach Meer und enthalten definierte Jodwerte. In den USA zählen getrocknete Süßwasseralgen mittlerweile zu den meistverkauften Nahrungsergänzungsmitteln überhaupt.

In Industrieländern ist beim überwiegenden Teil der Bevölkerung zu erwarten, dass Möglichkeiten einer ausreichenden Versorgung mit allen lebenswichtigen Nährstoffen ganzjährig zur Verfügung stehen. Entsprechend stellt sich die Frage nach der Sinnhaftigkeit einer zusätzlichen Einnahme von Algenpräparaten.

Sowohl der AFA-Alge, *Chlorella* als auch *Spirulina* werden von vielen Seiten gesundheitsfördernde Eigenschaften zugeschrieben. Da sich viele dieser Eigenschaften bei allen drei Typen ähneln, wird im Folgenden exemplarisch *Spirulina* behandelt.

Das Internet quillt förmlich über von thematischen Seiten verschiedener Hersteller, Händler, esoterischer Zirkel und Kräuterküchen. Die Suchmaschine „Google“ listet zum Stichwort „spirulina“ etwa 880.000 Einträge auf. Geworben wird meist mit Formulierungen, die Spirulina eine allgemein gesundheitsfördernde Wirkung unterstellen. Hierzu exemplarisch folgende Zitate:

- „*Verschiedene Studien, z.B. am Institut für Immunologie und Genetik, Krebsforschungszentrum in Heidelberg u.a., belegen unzweifelhaft die hohe Wirksamkeit dieses Naturproduktes.*“

- „*Spirulina-Algen werden heute noch bei Kindern in Tschernobyl eingesetzt, die unter verschiedenen Formen der Verstrahlung leiden und mit Spirulina sehr oft ein verbessertes Allgemeinbefinden erlangen konnten.*“

„*Durch die natürliche und harmonische Zusammensetzung der Algenwirkstoffkomplexe sind sowohl deren Aufnahme als auch deren Wirkungseffizienz im Körper der synthetischer Monopräparate überlegen.*“

Neben diesen Allgemeinplätzen werden *Spirulina* folgende konkrete Effekte unterstellt (ohne Vollständigkeit):

- Verbesserung der Befindlichkeit bei Stresssituationen und körperlichen Belastungen
- Die basischen Eigenschaften wirken der allgemeinen Übersäuerung des Körpers entgegen
- Verbesserung der Verdauung durch Stimulierung und Schutz der natürlichen Darmflora
- Aktivierung der körpereigenen Abwehrkräfte und Stärkung des Immunsystems
- Der Inhaltsstoff Phycocyanin nimmt angeblich Einfluss auf die Stammzellen des Rückenmarks und so auf die Blutbildung.
- Vorbeugende Wirkung gegenüber Erkrankungen wie Krebs, Alzheimer, Rheuma, Diabetes, Aids, Erkrankungen des Herz- Kreislauf- Systems, u.a. Arteriosklerose, Herzinfarkt
- Stabilisierung von Herz und Kreislauf, Senkung des Cholesterinspiegels
- Entlastung des Körpers von toxischen Stoffen ( Entgiftung von Schwermetallen z.B. durch Absorption von Quecksilber als Bestandteil des Zahnamalgam)
- Unterstützend zur Behandlung von immunsuppressiven Zuständen wie u.a. nach Infekten, Chemotherapien und Stresssituationen
- Die Kohlenhydrate Agar, Carrageen und Alginat, wie sie in Algen enthalten sind, können Schwermetalle und radioaktive Substanzen „komplexieren“.

Eine solche Wirksamkeit vorausgesetzt, bleibt zu hinterfragen, ob die erwünschten Effekte in der Regel nicht auch durch konventionelle Mittel, insbesondere eine ausgewogene Ernährung, sichergestellt werden können.

Die in Kapsel- und Tablettenform erhältlichen Endprodukte der Mikroalgen werden in Europa zu Preisen gehandelt, zu denen man bei entsprechendem Zugang eine abwechslungsreiche und hochwertige Lebensmittelversorgung sicherstellen kann, die den Gehalt solcher Nahrungsergänzungsmittel schlicht kompensiert.<sup>1</sup> Entsprechend lautet auch die Generalkritik der Ernährungssachverständigen: Nahrungser-

---

<sup>1</sup> Ausnahmen sind solche Stoffe, deren ausreichende Aufnahme weder durch Algen noch eine vollwertige Ernährung kaum befriedigend sichergestellt werden kann. Beispiele: Folsäure, Vitamin B<sub>12</sub>, Zink.

gänzungsmittel würden zur Kaschierung einer ungesunden Ernährung missbraucht und davon ablenken, dass eine gezielte und abwechslungsreiche Zusammenstellung der Lebensmittel den Bedarf aller notwendigen Nährstoffe auch ohne solche Präparate deckt.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) merkt entsprechend an:

*„Grundsätzlich sind Nahrungsergänzungsmittel für gesunde Personen, die sich normal ernähren, überflüssig. Bei ausgewogener Ernährung bekommt der Körper alle Nährstoffe die er braucht, eine zusätzliche Zufuhr einzelner Nährstoffe ist deshalb normalerweise nicht erforderlich. Eine einseitige, unausgewogene Ernährungsweise kann nicht durch Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln ausgeglichen werden.“*

*In bestimmten Situationen kann eine gezielte Ergänzung der Nahrung mit einzelnen Nährstoffen sinnvoll sein. Diese Situationen sind in Deutschland aber relativ selten.“*

Das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin hat sich mit Zweifeln an positiven Effekten einer Verabreichung insbesondere von Algen zu Wort gemeldet. In einer Stellungnahme aus dem Jahr 2001 heißt es:

*„Es muss angenommen werden, dass die durch täglich 1 oder mehrere Tabletten zugeführte Menge an Proteinen, Vitaminen und anderen Nährstoffen nur sehr gering ist. Eine Verbesserung der Protein- bzw. der Nährstoffversorgung ist daher nicht anzunehmen und eine ernährungsphysiologisch sinnvolle Ergänzung der Nahrung fraglich. "Spezialsituationen" für Kranke oder Gesunde, bei denen der Verzehr der Alge hilfreich sein kann und denen nicht durch andere Nahrungsmittel Rechnung getragen werden kann, sind für uns nicht erkennbar.“*

Algenpräparate werden zunehmend als Schlankheitskur angepriesen, Zitat: „...nur 36 Kalorien in 10 g: auch für Menschen interessant, die fasten oder abnehmen möchten...“ Der DGE ist dies in zweierlei Hinsicht ein Dorn im Auge. Zum einen fehlt die mäßig energiereduzierte, vollwertige Mischkost und zum anderen die regelmäßiger körperliche Bewegung. Nur eine energiereduzierte Mischkost, so die DGE, deren Energiegehalt ca. 500 kcal unter dem Richtwert für die Energiezufuhr der jeweiligen Altersgruppe liegt, kann alle essentiellen Nährstoffe (Ausnahme Jod, bei bestimmten Personengruppen auch Folsäure) in ausreichender Menge bereitstellen.

### 5.7.5 Algen für die Ernährung in Entwicklungsländern

Es gibt einige Hinweise, die die Kultivierung von Algen in Entwicklungsländern sinnvoll erscheinen lassen:

- In den Entwicklungsländern ist Proteinmangel zusammen mit Vitamin- und Mineralstoffmangel die Hauptursache für Mangelernährung besonders bei Kindern. Der von der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) angegebene minimale tägliche Proteinbedarf von 31 g ist beispielsweise in etwa 50 g *Spirulina* enthalten.

- Studien der FAO stellen Vitamin A-Mangel an etwa 14 Millionen Kindern weltweit fest. Pro Jahr erblinden eine halbe Million Kinder als Folge von Vitamin A-Mangel; 300 000 sterben daran. Der durchweg hohe Gehalt an Beta-Karotin (Provitamin A) in Algen kann helfen, diesen Bedarf zu decken.

- Nach Angaben der WHO sind neun von zehn Menschen in Entwicklungsländern anämisch, als Folge von Eisenmangel. Auch in diesem Falle können Algen - je nach Quelle - einen Beitrag leisten.



Es gibt jedoch eine Reihe von essenziellen Vitalstoffen, die in Algen nur in unbedeutenden Mengen vorhanden sind, wie folgende Tabelle am Beispiel der auch als „Superalge“ gepriesenen *Spirulina* deutlich macht:

**Nährwerttabelle der Spirulina-Alge, exemplarisch der Marke „GreenValley“ aus Kalifornien:**

\* empfohlene Tagesmenge nach der Deutschen Gesellschaft zur Ernährung

\*\*Verwertbarkeit fraglich

<b>Vitamine</b>	<b>per 10 Gramm:</b>	<b>Empfehlung*</b>
Beta-Karotin:	10 mg	6 – 12 mg
Vitamin C:	0,5 mg	100 - 150 mg
Vitamin D	-	5 – 10 µg
Vitamin E:	1 mg	12 - 15 mg
Thiamin, B-1:	0,31 mg	1,2 – 1,4 mg
Riboflavin, B-2:	0,35 mg	1,2 – 1,5 mg
Niacin:	1,46 mg	13 - 18 mg
Vitamin B-6:	80 µg	1,2 – 1,6 mg
Vitamin B-12**:	3,2 µg	3 - 4 µg
Folsäure:	1 µg	400 - 600 µg
Biotin:	0,5 µg	30 - 60 µg
Pantothensäure:	10 µg	6 mg
Inositol:	6,4 mg	-
<b>Mineralien</b>	<b>per 10 Gramm:</b>	<b>Empfehlung*</b>
Kalzium:	100 mg	1000 -1200mg
Eisen:	15 mg	10 - 30 mg
Magnesium:	40 mg	300 - 400 mg
Natrium:	60 mg	550 mg
Kalium:	120 mg	2000 mg
Phosphor:	90 mg	800 – 1250 mg
Zink:	0,3 mg	7 - 11 mg
Mangan:	0,5 mg	2 – 5 mg
Kupfer:	120 µg	1,5 bis 3,0 mg
Chrom:	28 µg	30 – 100 µg
Selen:	2 µg	30 bis 70 mg
<b>Pigmente</b>	<b>per 10 Gramm:</b>	<b>Empfehlung*</b>
Phycocyanin:	1500mg	-
Chlorophyll:	115mg	-
Karotinoide:	37mg	-

Fettsäuren & Lipide	per 10 Gramm:	Empfehlung*
Gamma-Linolensäure:	135mg	-
Glycolipide:	200mg	-
Sulfolipide:	10mg	-

Ein Beispiel für die unzureichende Abdeckung des menschlichen Nährstoffbedarfs durch Algen ist Folsäure. Die Fachwelt ist sich anscheinend einig, dass ein Großteil der Bevölkerung weltweit und auch in Deutschland mit Folaten unterversorgt ist. Die empfohlene Mindestmenge pro Tag und Kopf wird von der DGE und anderen Organisationen mit 400 µg angegeben. Bei Schwangeren liegt dieser Wert deutlich höher. Um diese Mengen zu erreichen, werden weltweit häufig Grundnahrungsmittel mit Folsäure angereichert und zudem für Schwangere eine Nahrungsergänzung empfohlen (Koletzki, Pietrzik: Gesundheitliche Bedeutung der Folsäurezufuhr. Deutsches Ärzteblatt, Jg. 101, Heft 23 vom 4. Juni 2004). Ähnlich geringe Beiträge liefert Spirulina beispielsweise zur ausreichenden Versorgung mit Zink und Selen.

Daraus folgt, dass Algen nicht alle an sie gestellte Erwartungen erfüllen können. Eine möglichst ausgewogene Ernährung ist auch bei Zuführung von Algen unverzichtbar. Man kann jedoch festhalten, dass Algen als konzentriertes Nährstoffreservoir in Mangelsituationen geeignet sind, zumindest einen Teil des Vitalstoffbedarfs bereitzustellen.

Im Unterschied zu den Industrieländern kann in Entwicklungsländern sowohl von der Menge als auch von der Zusammensetzung oft keine gesunde Ernährung sichergestellt werden. Deshalb erscheint es logisch, dass lagerfähige Nährstoffkonzentrate in Form von Mikro- als auch von Makroalgen eine große Bedeutung für die zukünftige Ernährung erlangen können, sofern Möglichkeiten der Kultivierung erschlossen und die Algen auch tatsächlich in das Ernährungsrepertoire der Bevölkerung übernommen werden.

### 5.7.6 Algen in der Medizin

In der westlichen Schulmedizin spielen hauptsächlich Extrakte aus Algen eine Rolle, die als Wirkstoffe und periphere Stoffe in Salben und Medikamenten Verwendung finden.

Beispiele sind:

- Das Polysaccharid Alginat wird u.a. aus den Braunalgen *Macrocystes pyrifera* (Kalifornien) und Laminaria-Arten (Westeuropa), gewonnen. Dient der Herstellung von fettfreien Salbengrundlagen, für spezielle pharmazeutische Anwendungen (u.a.: Retardierung der Arzneistoffliberation, Tablettsprengmittel). Arzneilich zur lokalen Blutstillung (Bildung unlöslichen Calciumalginats).
- Thalli von *Fucus vesiculosus* (Blasentang) oder *Ascophyllum nodosum* (Knotentang) werden medizinisch verwendet bei Schilddrüsenerkrankungen (hoher Jod-Gehalt), Fettsucht, Übergewicht, Arterienverkalkung und Verdauungsstörungen.
- Gewinnung von Terra silica (Kieselerde) aus Kieselalgenablagerungen des Tertiärs und Pleistozäns (etwa 4,6 Millionen Schalen pro ml); verwendet in der pharmazeutischen Analytik.
- Agar: Polysaccharid mit den 2 Teilkomponenten Agarose und Agaropektin. Die Gewinnung erfolgt aus ca. 40 verschiedenen Rotalgenarten, den sog. "Agarophyten", bevorzugt aus Arten der Gattungen

*Gelidium* und *Gracilari*, verwendet insbesondere als mildes Laxans (Quellungsdruck) sowie als Nährmedium in der Mikrobiologie.

- Carrageenan: Polysaccharid vorkommend als Grundsubstanz der Zellwände bei einer Vielzahl von Rotalgen. Gewinnung bevorzugt aus Arten der Gattungen *Gigartina* und *Chondrus*, bei denen es 50-70 % des Trockengewichtes beträgt. Verwendet zur Therapie von Magengeschwüren (kompetitive Hemmung der Wirkung von Pepsin) sowie in Form des Produktes Carrageen ("Irländisches Moos", gebleichte Thalli von *Chondrus crispus* und *Gigartina stellata*) als Mucilaginosum bei Husten. Verwendung auch bei der Herstellung von Milchprodukten, in der kosmetischen und Industrie sowie der Druck- und Textilindustrie.

Die Algen selbst spielen auf trotz vieler anderer Verlautbarungen im Internet keine Rolle in der Medizin (siehe Kapitel „Algen als Nahrungsergänzung“). Mit anderen Worten: Therapeutische Wirkungen von Algen konnten nach dem Ermessen des Verfassers bisher nicht nachgewiesen werden. Entsprechend sind sie arzneimittelrechtlich nicht zugelassen.

Dass Algen zu gewissen Anteilen in der Lage sind, Fehlernährungen auszugleichen, fällt im westlichen Medizinverständnis nicht unter das Kapitel „Medizin“, sondern unter das Kapitel „Ernährung“.

Algen finden in der traditionellen chinesischen Medizin seit 5.000 Jahren Verwendung. Dies ist jedoch nur bedingt ein Hinweis auf die Wirksamkeit im schulmedizinischen Verständnis.

Zu den kontraproduktiven Aspekten siehe das Kapitel über die AFA-Alge.

### 5.7.7 Algen in der Landwirtschaft

In Ostasien, aber auch in Großbritannien und an der Bretagne werden Braunalgen in küstennahen Gebieten als Kompostdünger genutzt. Dadurch lässt sich insbesondere die Wasserspeicherkapazität des Bodens verbessern. Saure Böden werden durch die Düngung mit Kalkrotalgen gepuffert, in Frankreich als „*Maerl*“ bekannt.

Vieh lässt man an Meeresküsten in Ostasien und in Europa gerne an Küstenstandorten grasen. Angeblich verbessern sich Wachstum, Milch- und Fleischqualität.

### 5.7.8 Industrielle Nutzung

Von der Nahrungsmittelindustrie werden Rot- und Braunalgen schon über mehrere Jahrzehnte hinweg genutzt. Im 17. bis 19. Jahrhundert wurde durch Veraschung von Meeresalgen Natrium und Kalium gewonnen. Aus den Zellwänden lassen sich gelbildende Polysaccharide gewinnen. Zu ihnen gehören die Zusatzstoffe Agar-Agar, Carrageen und Alginsäure, die als Binde- und Verdickungsmittel oder als Stabilisator verwendet werden, Endprodukte sind z.B. Milchprodukte wie Kakaogetränke, Eiscremes, Pudding, Soßen, Tortenguss und Getränke, aber auch als Imprägniermittel und Filmbeschichtungen. Es werden alleine 15 Millionen Tonnen Alginate jährlich für wirtschaftliche Zwecke geerntet.

#### 5.7.8.1 Algen in der Kosmetik

Algen werden nicht nur heilende Wirkungen zugeschrieben, sondern auch kosmetische. Wenn man der Werbung Glauben schenkt, sind diese Wirkungen äußerst vielseitig: Algenprodukte glätten, reinigen, beruhigen, fördern die Durchblutung, spenden Feuchtigkeit, straffen, klären, beleben, stärken, regulieren

die Talgdrüsenfunktion, erfrischen, wirken entzündungshemmend und heilend, entschlackend und regenerierend, fördern die Zellerneuerung und stärken die allgemeine Abwehrkraft der Haut. Die Kosmetikindustrie produziert entsprechende Extrakte aus Algen in zahlreichen Produkten wie Cremes, Badezusätzen oder Shampoos. In Beauty-Farmen und Wellness-Centern gibt es ein erweitertes Angebot an Körperpackungen, Anti-Aging-Ampullen, Peelings, Gesichtsmasken, Sprudelbäder und mehr. Der Frage der Wirksamkeit soll hier nicht weiter nachgegangen werden.

#### 5.7.8.2 Algenwachstum zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung

Botaniker an der Universität Jena haben mit industrieller Unterstützung eine Pilotanlage errichtet, in der Mikroalgen in flachen Dachkonstruktionsteilen aus Polycarbonat gezüchtet werden können. Dieses Verfahren soll zur Fixierung von Kohlendioxid aus industriellen Abgasen verwendet werden, wobei gleichzeitig aus der Biomasse Ketacarotinoide gewonnen werden. Im Blickpunkt des Interesses steht die einzellige Alge *Haematococcus* mit einem Anteil von 2-4 Prozent Carotinoiden in der Trockenmasse. Angestrebt ist eine industrielle Nutzung. Ansprechpartner sind Prof. Dr. Wolfram Braune und Dr. Christoph Hagen am Institut für Allgemeine Botanik der Universität Jena, Tel.: 03641/949201, b5brwo@rz.uni-jena.de

Auch in anderen Forschungseinrichtungen werden Möglichkeiten zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung durch Algen untersucht. An der Taiwan National University in Taipei, Department of Agricultural Chemistry, werden verschiedene Mikroalgen miteinander verglichen. Im Blickpunkt des Interesses stehen *Anacystis*, *Botryococcus*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Emiliania*, *Monoraphidium*, *Rhodobacter*, *Scenedesmus*, *Spirulina* und *Synechococcus*.

Einen ökonomischen Anreiz bekommen solche Projekte durch den anstehenden weltweiten Handel mit CO<sub>2</sub>-Zertifikaten, der als Instrument zur Eindämmung von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Kyoto-Protokoll festgeschrieben wurde. Pro Kilogramm Trockenmasse aus *Spirulina* könnten beispielsweise 1,5 kg CO<sub>2</sub> aus der Erdatmosphäre zurückgewonnen und in Kohlenhydrate umwandelt werden.

Aus diesem Anlass ebenfalls in der Diskussion ist die Erwägung, künstlich Algenblüten zu induzieren, um die CO<sub>2</sub>-Aufnahmekapazität der Ozeane zu steigern. Dies macht eine Eisendüngung in den mit Eisenverbindungen unterversorgten südlichen Ozeangebieten notwendig. Bisherige diesbezügliche Untersuchungen/Maßnahmen erbrachten aber nicht den gewünschten Erfolg, da maximal 1 % des gebundenen CO<sub>2</sub> zum Meeresboden absinkt. Auswirkungen auf marine Ökosysteme durch großflächige Eisendüngungen sind bisher nicht absehbar, können aber aus mehreren Gründen kontraproduktiv wirken:

Ein Großteil der Algen wird z. B. von Krill aufgenommen und somit das CO<sub>2</sub> mittelfristig wieder freigesetzt (z. B. durch Atmung), der absterbende Rest wird in tiefen Wasserschichten unter Verbrauch von Sauerstoff zu Gasen wie Methan und Distickstoffmonoxid umgewandelt – diese tragen bei Freisetzung zum Treibhauseffekt deutlich stärker bei als CO<sub>2</sub>.

Durch eine erhöhte Photosyntheserate des Phytoplanktons kommt es zur Erwärmung des ozeanischen Oberflächenwassers mit Konsequenzen für die Ozeanzirkulation. Dies nimmt Einfluss auf die Atmosphärenchemie und das Klima, da das Phytoplankton z. B. Dimethylsulfid (DMS) produziert, das zur Bildung von Wolkenkondensationskernen führt. Es bleibt zu bedenken, dass marine Ökosysteme – sowohl im klein-, als auch großskaligen Bereich – bisher nur in Teilen verstanden sind. Vor allem in Bezug auf die Rückwirkungen verschiedener Effekte aufeinander ist das vorhandene Wissen noch spärlich, obwohl in den vergangenen Jahren hier Fortschritte gemacht wurden.

### 5.7.8.3 *Algen in der Raumfahrt*

Die NASA und das Nationale Raumfahrtlaboratorium in Japan erforschen biologische Lebenserhaltungssysteme mit Mikroalgen. Insbesondere Spirulina soll ausgeatmetes Kohlendioxid der Astronauten sowie aufbereitete Abfälle in genügend Sauerstoff, Protein und Energie für menschliches Leben im Weltraum umwandeln. Die Algen sollen auch als Nahrung für die Fischproduktion in Raumfahrtstationen dienen.

### 5.7.8.4 *Algen als Filter für Schwermetalle*

Als weitere Anwendungsmöglichkeit kommen Algen als Filter von Schwermetallen in Betracht, da sie nach dem Absterben eine negativ geladene Zellmembran behalten und mit (positiv geladenen) Schwermetallionen eine Bindung eingehen können. Durch diese Biosorption können Verfahren der Abwasserbehandlung (Fällung, Elektrolyse, Membrantrennverfahren) ergänzt werden. Die Biosorption funktioniert beispielsweise bei Blei, Nickel, Zinn, Cadmium und Kupfer. Aktuelle Forschungsarbeiten laufen u.a. an der Technischen Universität Berlin, Fakultät III – Prozesswissenschaften.

### 5.7.8.5 *Algen für die Energieerzeugung*

Mittlerweile ist es einigen Forschungsgruppen in den USA und auch an der Universität Bonn gelungen, Grün- und Blaualgen (Cyanobakterien) als Wasserstoffproduzenten zu gewinnen. Dies wird primär dadurch erreicht, dass den Algen Sauerstoff und Schwefel vorenthalten wird. In Bonn können auf diese Weise in einem 200-Liter-Aquarium rund fünfzig Liter Wasserstoff pro Tag erzeugt werden. Für die Wasserstoffherzeugung verantwortlich ist das Protein Hydrogenase.

Um die Ausbeute an Wasserstoff zu erhöhen suchen die Forscher nach Wegen, um Algen mit möglichst hohen Anteilen dieses Enzyms zu finden. Da sich Meerwasserkulturen leichter steril halten lassen, versucht man Meeresalgen mit hohen Anteilen an Hydrogenase zu gewinnen. Dies erfolgt mit Methoden der Züchtung und Gentechnik U.a. ist es gelungen, das Gen mit dem Bauplan der Hydrogenase aus verschiedenen Grünalgen zu isolieren, was weltweit hohe Beachtung gefunden hat.

Universität Bonn, Botanisches Institut, Arbeitsgruppe Molekulare Biochemie, Dr. Thomas Happe, 0228/73-2075, [t.happe@uni-bonn.de](mailto:t.happe@uni-bonn.de), [www.uni-bonn.de](http://www.uni-bonn.de).

### 5.7.8.6 *Algen als UV-Schutz*

Forscher des Alfred-Wegener-Instituts in Bremerhaven untersuchen die Fähigkeiten einzelner Algenarten, sich gegen UV-Strahlung zu schützen. Sie fanden bei verschiedenen Algenarten Substanzen, die alle Sonnenschutzfunktion besitzen, aber chemisch völlig unterschiedlich sein können. Am interessantesten für die Forscher waren Stoffe aus Rotalgen, die als Mycosporin-ähnliche Aminosäuren (MAAs) bezeichnet werden. Diese Moleküle absorbieren UV-Strahlung und geben die aufgenommene Energie dann in Form von Wärme wieder ab, womit sie die Zellen vor Schädigungen schützen.

<http://www.3sat.de/3sat.php?http://www.3sat.de/nano/cstuecke/09407/>

## 5.7.9 Kultivierung von Algen

### 5.7.9.1 Kultivierung von Makroalgen

Nur ein geringer Teil der auf dem europäischen Markt angebotenen Algen kommt aus der Bretagne, das meiste Meeress Gemüse – getrocknet oder in Pulverform – wird aus Übersee importiert. Die überwiegend künstlich angelegten Meereskulturen befinden sich hauptsächlich in China, Japan, Korea, Chile und auf den Philippinen.

Die Algenproduktion in Meerwasserkultur vor den Küsten Japans beschäftigt zehntausende von Fischern, die vor allem die Arten Nori (links im Bild) Kombu und Wakame an Netzen kultivieren. Die Netze werden mit den jungen Algen beimpft. Dabei werden ihre ausgekeimten Sporen um Seile und Netze gewickelt. Diese Netze werden im Flachwasser geschützter Buchten befestigt oder an Bojen treibend verankert. Sind die Algen ausgewachsen, werden sie maschinell abgemäht oder von Hand geerntet. So kann verhindert werden, was bei Ernte aus Wildbeständen oft nicht vermeidbar ist: die Schädigung natürlicher Vorkommen und die Zerstörung von marinen Ökosystemen.

Frankreich, aber auch andere europäische Länder produzieren inzwischen ebenfalls einige Speisealgen für die Gastronomie.

### 5.7.9.2 Kultivierung von Mikroalgen

Mikroalgen werden großtechnisch auf Hawaii, in Kalifornien, Thailand, Taiwan, Indien und China in stark alkalischen Medien kultiviert. Hier ist die Sonneneinstrahlung das ganze Jahr über sehr hoch. Zum optimalen Wachstum benötigt Spirulina neben sehr viel Sonne und Wärme nur mineralsalzhaltiges Wasser mit hohen pH-Werten von 9 bis 11. Solches Brackwasser gibt es in den heißen Ländern oft im Überfluss, im Gegensatz zum wertvollen Süßwasser für die Bewässerung in der Landwirtschaft oder für Trinkwasser. Dieser Aspekt ist von zentraler Bedeutung für die Welternährung und die globale Flächennutzung.

Die bisher größte Algenzuchtanlage wird von der Fa. Cyanotech auf Hawaii betrieben, woraus Nahrungszusatzstoffe und Farbstoffe für die Tierhaltung gewonnen werden. In Deutschland befinden sich Mikroalgenzuchtanlagen bei Klötze/Sachsenanhalt und Bremerhaven.

Bei den Verfahren zur Produktion von Mikroalgen unterscheidet man „saubere Verfahren“ und „Abwasserverfahren“. Die sauberen Verfahren sind durch die Nutzung einer Nährlösung mit definierter, chemischer Zusammensetzung geprägt, in der die Algen wachsen. Als Kultivierungsgefäße dienen Freilandbecken oder geschlossene Behälter (Fermenter). Die Abwasserverfahren sind dadurch gekennzeichnet, dass sie mit vorgeklärtem Abwasser betrieben werden. In diesem entwickeln sich Mischkulturen verschiedener Mikroalgen und Bakterien und können aus hygienischen Gründen nur für die Ernährung von Tieren genutzt werden.

Das optimale Wachstum einer Mikroalgenkultur ist von verschiedenen Randbedingungen abhängig, die je nach Algenart unterschiedlich sein können: Temperatur, Lichtangebot, Nährstoffversorgung und Eintrag mechanischer Energie (Turbulenzzeugung). In künstlichen Kulturen werden der Nährlösung ( $\text{NaHCO}_3$  /  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) mit pH 9 Stickstoff, Kalium, Phosphor (Phosphat), Schwefel (Sulfat), Magnesium und Spurenelemente (Calcium, Eisen, Zink, Mangan, Bor, Kobalt, Molybdän und Kupfer) zugesetzt.

Sobald die Algensuspension eine gewisse Dichte erreicht hat, kann eine bestimmte Menge bzw. Masse an Algen geerntet werden – je nach Art des Organismus durch Filtration, Flokkulation (Zusammenballen der Mikroalgen durch ein Flockungsmittel) oder Zentrifugation. Die feuchte Algenmasse muss für die Konservierung sofort getrocknet werden, da anderenfalls ein rascher Abbauprozess (je nach Sauerstoffangebot durch Rotte- oder Vergärungsprozesse) einsetzt. Sie kann aber auch im noch feuchten Zustand unmittelbar in einer anderen Weise (unter Sterilisation) weiterverarbeitet werden.

In Europa finden künstlich beleuchtete Photobioreaktoren Anwendung. Als Kohlenstoffquelle dient Kohlendioxid, das z.B. industriellen Abgasen entnommen werden kann (siehe Kapitel „Algen zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung“). Der Algentrocknung kann zur Entfernung von Pigmenten oder zur Isolierung einer gereinigten Proteinfraktion eine Extraktion vorgeschaltet werden. Auch dieser Prozess erhöht die Kosten des Gesamtverfahrens und kann darüber hinaus zum Verlust von Vitaminen führen. Ein Prototyp eines autotrophen, sauberen Verfahrens ist das sogenannte „Dortmunder Verfahren“ zur Erzeugung von *Scenedemus*-Trockenpulver. Die in offenen Rundbecken oder Gerinnen kultivierten Algen (*Scenedemus acutus*) werden bei einer Suspensions- Schichtdicke von 15 cm mit einem speziellen Mineraldünger versorgt. Als Stickstoffquelle dienen Harnstoff oder Ammoniak. Kohlenstoffquelle ist reines Kohlendioxid, das über Ausströmer (Diffusionskästen) eingebracht wird. Turbulenz wird mit Hilfe von Schaufelrädern oder Rührarmen erzeugt, welche das Medium ständig in einer Richtung bewegen. Nach Erreichen einer ausreichenden Dichte wird die Suspension über Pumpen einer Durchlaufzentrifuge zugeführt. Das Algenkonzentrat wird auf eine dampfbeheizte Trockenwalze aufgesprüht, wobei die Zellen platzen und damit aufgeschlossen und getrocknet werden. Das entstehende grüne, lockere Pulver wird anschließend licht- und luftdicht verpackt.

Die durchschnittlichen Jahreserträge liegen aufgrund der wechselnden klimatischen Bedingungen in einer Größenordnung von etwa 10 g pro m<sup>2</sup> u. Tag. Maximale Erträge liegen in europäischen Kulturen bei 28 g pro m<sup>2</sup> u. Tag (Dortmund), 35 g pro m<sup>2</sup> u. Tag (Trebou, Tschechien) max. 43 g pro m<sup>2</sup> u. Tag Rupite (Bulgarien). bei einer Kultivierungsdauer von jährlich 220-250 Tagen. In Bulgarien läuft seit 1971 eine kleiner Anlage zur Erzeugung von *Scenedemus*-Algen mit 1.500 m<sup>2</sup> Nutzfläche – der Realertrag wird dort mit einem Wert von 25 g pro m<sup>2</sup> u. Tag angegeben.

Jährlich werden Algen in einer Größenordnung von 10 Millionen Tonnen geerntet und mit einem Umsatz von 5 Milliarden US\$ wirtschaftlich verwertet.

### **Kulturbeckentypen:**

#### **Rundbecken**

Das Rundbecken mit radspeichenförmigem Rührsystem ist der klassische Typ des Kulturbehälters für Algenmassenkulturen. Es wird insbesondere von japanischen Firmen bis zu einem Durchmesser von 32 Metern verwendet. Die Nachteile:

- vergleichsweise hohe Baukosten, da massive Betonbauweise
- aufwendige Systeme für Umwälzung und CO<sub>2</sub>-Eintrag und
- schlechte Ausnutzung des Geländes.

#### **Horizontalgerinne**

Ringförmige Kulturbehälter, in denen die Kulturen durch Schaufelräder ständig umgewälzt werden. Das Horizontalgerinne unterscheidet sich in wesentlichen Merkmalen vom Rundbecken:

- geringere Baukosten, da möglicher Aufbau aus Fertigteilen oder vorkonfektionierten Teilen,
- weitgehend variable Flächengröße,

- hohe Betriebssicherheit,
- leichte Zugänglichkeit aller Beckenteile und
- gute Ausnutzung des Anlagengebietes.

### Schräggerinne

Hier rinnt das Algenmedium bei einer Schichthöhe von nur 4 cm über eine Schrägfläche mit 3° Neigung ab. Wehrförmige Strömungshindernisse aus Edelstahl sorgen für hohe Turbulenz. Nach Auffangen der Suspension in einer Sammelrinne wird sie zurückgeführt, wobei ein Teilstrom über einen Gasaustauscher geleitet und mit CO<sub>2</sub> angereichert wird.



Spirulinafarm in Thailand



Sprulinafarm in New South Wales, Australien

### Betreiber von Farmen für Mikroalgen (Auswahl):

#### BRD: IGV Institut für Getreideverarbeitung GmbH, Bergholz

Photobioreaktoren. Größter deutsche Lieferant für Mikroalgen. Algen-Produkte und -Rohstoffe für Kosmetik und Nahrungsergänzung, [www.igv-gmbh.de](http://www.igv-gmbh.de)

#### BRD: BlueBioTech GmbH, Elmshorn/Büsum:

Photobioreaktoren, Produktion von Mikroalgen für Nahrungsergänzungsmittel, Pharmazie, Futtermittel, Lebensmittelanalytik Kosmetik, in der Medizin als neurophysiologische Blocker, [www.bluebiotech.de](http://www.bluebiotech.de)

#### BRD: Kroon Aqa GmbH, Bremerhafen:

Photobioreaktoren, Produktion der Mikroalgen *Nannochloropsis*, *Isochrysis sp.*, *Tetraselmis* und *Chaetoceros*, [www.kroonaga.de](http://www.kroonaga.de), [info@kroonaga.de](mailto:info@kroonaga.de)



**Bulgarien: Produktionsanlage der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften in Rupite (Mazedonien)**

Schräggerinne, Nutzfläche 1.500 m<sup>2</sup>, Alge: *Scenedemus acutus*. Durchschnittsertrag täglich 25 g/m<sup>2</sup>. Verwendungszweck: Herstellung von Bakteriennährböden. Verkaufspreis (1972): ca. 50 €/kg Algentrockensubstanz.

**Hawaii: Cyanotech Corporation**

Wahrscheinlich weltgrößte Farm auf einer Landzunge aus Lavagestein, 15 – 25 cm tiefe Becken mit Rührvorrichtung, Alge: *Spirulina*. Jährliche Produktion etwa 500 Tonnen auf 350.000 Quadratmetern. Gemisch aus reinem Quellwasser und mineralstoffreichem Meerwasser aus der Tiefsee.

**USA, Kalifornien:**

Farm in der kalifornischen Wüste. Becken mit 15 – 25 cm Tiefe, Alge: *Spirulina*. Genutzt wird das salzhaltige Wasser des Colorado-River.

**Japan: Yakult Institute, Tokyo**

Heterotrophe Fermenterkultur mit Essigsäure als Substrat (50-60 % Substratausnutzung). Alge: *Chlorella* sp., Jahresertrag ca. 120 t. Verwendungszweck: Wachstumsstoffe zur Beschleunigung der Milchfermentation, Extraktionsrest dient veterinärmedizinischen Zwecken. Verkaufspreis (1972): ca. 65 €/kg Algentrockensubstanz

**Japan: Kansai Chlorella Company, Sakaide, Shikoku**

Mäanderförmige Horizontalgerinne aus Beton (photoautotrophe Produktion), Nutzfläche 750 m<sup>2</sup>. Alge: *Chlorella ellipsoidea*. Durchschnittsertrag täglich 10-12 g/m<sup>2</sup>. Verwendung: Herstellung von Algentabletten, u.a. Behandlung von Beschwerden des Magen-Darm-Traktes, Nahrungsergänzung. Verkaufspreis (1972) ca. 65 €/kg Algentrockensubstanz.

**Japan: Chlorella Industries Ltd., Toyota**

Mixotrophe Produktion in Rundbecken unter Zusatz von Essigsäure. Nutzfläche ca. 3.700 m<sup>2</sup>, Alge *Chlorella ellipsoidea*. Durchschnittsertrag täglich 18 -20 g/m<sup>2</sup>, Jahresertrag ca. 20 t. Verwendung: Pulver als Zusatz zu Getränken, Tabletten zur Nahrungsergänzung. Verkaufspreis bezogen auf Endprodukt: 75 €/kg Algentrockensubstanz.

**Japan: Städtische Kläranlage von Chichibu**

Durchsichtige Kunststoffzylinder und flache, nicht umgewälzte Becken, Betrieb auf Abwasserbasis in Kombination mit Chromatium-Bakterien. Alge *Chlorella* sp., Jahresertrag 2-3 t. Verwendungszweck: Zusatz zu Tierfuttermitteln. Verkaufspreis (1972) 20 €/kg Algentrockensubstanz.

**Japan: Okinawa Geffey Co., Ltd., Naha (Okinawa)**

Mixotrophe Produktion in Rundbecken unter Zusatz von Essigsäure, Nutzfläche ca. 5.000 m<sup>2</sup>. Alge: *Chlorella* sp. Jahresertrag 40-50 t. Verwendung: Medizin. Herstellungskosten ca. 9 €/kg Algentrockensubstanz, Verkaufspreis (1972) ca. 13 €/kg Algentrockensubstanz.

**Mexiko: Sosa Texcoco, S.A., Texcoco**

Beikultur ohne besondere Maßnahmen in einem 3,5 km<sup>2</sup> großen Solarverdampfer zur Gewinnung von Soda aus carbonatreichem Wasser. Alge: *Spirulina platensis*  
Jahresertrag ca. 350 t. Verwendung als Zusatz zu Back- und Teigwaren, ferner zur Herstellung von Süßwaren (Verkaufspreis) unbekannt.

**Taiwan: Taiwan Chlorella Manufacture Co., Ltd., Chun-Li, Tan-Yen (Taiwan)**

Mixotrophe Produktion in Rundbecken unter Zusatz von Essigsäure, Nutzfläche 6.000 m<sup>2</sup>. Alge *Chlorella pyrenoidosa*. Tagesertrag täglich 23-28 g/m<sup>2</sup>, Jahresertrag 50-60 t. Verwendungszweck für verschiedene medizinische Anwendungsgebiete, Export nach Japan und USA. Verkaufspreis (1972) 30 €/kg Algentrockensubstanz.

## 5.7.10 Quellenverzeichnis

**Literatur:**

Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin: AFA Algen und AFA Algenprodukte: Stellungnahme des BgVV vom 23.09.2001, [http://www.bgvv.de/cm/208/afa\\_algen\\_und\\_afa\\_algenprodukte.pdf](http://www.bgvv.de/cm/208/afa_algen_und_afa_algenprodukte.pdf)

Chang and Yang: Microalgae for biofixation of carbon dioxide, Bot. Bull. Acad. Sin. (2003) 44: 43-52

Koletzko, B., Pietrzik, K: Gesundheitliche Bedeutung der Folsäurezufuhr. Deutsches Ärzteblatt, Jg. 101, Heft 23 vom 4. Juni 2004

Nachrichtenmagazin „Der Spiegel“ Nr. 34/2000: „Die Kraft der grünen Pampe“

*Pulz, O.; Franke, H.; Köhler, E.*: Biotechnologische Nutzbarkeit von Mikroalgen für die Humanernährung, Lebensmittelindustrie 37 (1990) 6

*Pulz, O.; Hager, U.; Petzold, H.*: Verfahren zur schonenden Trocknung von Biomassen mit Hilfe der Wirbelschichtgranulationstrocknung, DECHEMA/GVC-Tagung „Wirbelschichtreaktoren in der Biotechnologie“, 17.-18.05.1993, Potsdam

Spektrum der Wissenschaft, 08/2000.

Strasburger, E.: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, 33. Auflage, 1991

Todd Lorenz R., Cyanotech Corporation: Blue-green algae and microcystin toxins, Spirulina Pacifica Technical Bulletin 58, 10.05.1999, <http://www.cyanotech.com/pdfs/spbul58.pdf>

UGB - Forum 4/99: Produkte unter der Lupe: Algen, Gemüse aus dem Wasser

UGB - Forum 4/03: Produkte unter der Lupe: AFA-Algen, das blaue Wunder?

**Internetadressen:**

[www.bfr.bund.de/cd/945](http://www.bfr.bund.de/cd/945)

[www.bgvv.de](http://www.bgvv.de)

[www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e44/44.htm](http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e44/44.htm)

[www.biothemen.de](http://www.biothemen.de)

[http://www.crm-online.de/Abschlussbericht\\_DBU.pdf](http://www.crm-online.de/Abschlussbericht_DBU.pdf)

[www.dge.de/Pages/navigation/fach\\_infos/referenzindex.html](http://www.dge.de/Pages/navigation/fach_infos/referenzindex.html)

[ejournal.sinica.edu.tw/bbas/content/2003/1/bot441-07.html](http://ejournal.sinica.edu.tw/bbas/content/2003/1/bot441-07.html)

[www.ernaehrung.de](http://www.ernaehrung.de)

[www.esoportal.de](http://www.esoportal.de) (mit allen Klischees)

[www.hepatitis-c.de/algen.htm](http://www.hepatitis-c.de/algen.htm)

[http://www.pzlc.uni-wuerzburg.de/Seminare/Algen\\_als\\_Nahrungsmittel.pdf](http://www.pzlc.uni-wuerzburg.de/Seminare/Algen_als_Nahrungsmittel.pdf)

[www.uni-bonn.de](http://www.uni-bonn.de)

[www.uni-greifswald.de](http://www.uni-greifswald.de)

<http://science.orf.at>

**Kontaktadressen:**

**Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE)**

Godesberger Allee 18

53175 Bonn

Tel: 0228 / 37 76 - 600

[www.dge.de](http://www.dge.de)

**aid Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e. V.**

Friedrich-Ebert-Straße 3

53177 Bonn

Tel.: 02 28 / 84 99-0

[www.aid.de](http://www.aid.de)

[www.was-wir-essen.de](http://www.was-wir-essen.de)

**Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.**

Postfach 930201

60457 Frankfurt / Main

Tel.: 069 / 976 80 30

[www.dge.de](http://www.dge.de)

**Verband für unabhängige Gesundheitsberatung e.V.**

Keplerstr. 1

35390 Gießen

Tel.: 06 41 / 777 85

[www.ugb.de](http://www.ugb.de)

**Deutsches Institut für Ernährungsforschung**

Potsdam-Rehbrücke

Arthur - Scheunert - Allee 114 -116

14558 Bergholz - Rebrücke

Tel: 033200 / 88-0

[www.dife.de](http://www.dife.de)

## 6 Kurzbewertung der Technologien

In den ersten Kapiteln dieses Berichts wurde ein Kriterienraster entwickelt, um Technologien bezüglich ihrer Eignung zur Lösung von spezifischen Problemen in Entwicklungsländern eingrenzen zu können. Die Begriffe „Innovationsgrad“, „Nachhaltigkeit“ und „Anpassung an EL“ wurden in ihrer Substanz näher untersucht und schließlich als Filter genutzt, um einzelne Technologien aus einem breit gestreuten Pool zu extrahieren. In diesem Kapitel wird eine zusammenfassende Bewertung der extrahierten Technologien vorgenommen.

Eine solche Bewertung vorzunehmen ist nicht immer einfach. Nur Technologien aufzugreifen, deren Machbarkeit alleine deswegen schon feststeht, weil die Idee bereits erfolgreich vermarktet wird, wäre trivial und würde dem Anliegen dieser Studie nicht gerecht werden. In dieser Arbeit wurde deshalb versucht, auch unkonventionelle Ideen aufzugreifen, die noch nicht breit vermarktet werden, sondern sich in einem früheren Entwicklungsstadium befinden.

Die technische Machbarkeit einer jeweiligen Technologie ohne Labormittel zu überprüfen ist unmöglich, da sie experimentelle Methoden voraussetzt. Im Rahmen dieser Studie kann nur deren Plausibilität geprüft werden. Als plausibel kann eine Technologie dann gelten, wenn Idee und Wirkungsweise nachvollziehbar beschrieben werden. Hierzu gehören eine Aussage darüber, welche Ausgangsprodukte zu welchen Endprodukten reproduzierbar umgewandelt werden und eine Aussage darüber, welche Gesetzmäßigkeiten den wirkenden Vorgang bestimmen. In dieser Studie wurden nur solche Technologien benannt, deren technische Plausibilität auf Grund physikalischer Gesetzmäßigkeiten und Erfahrungssätzen im Rahmen des (subjektiven) Sachverständes des Verfassers plausibel erscheinen.

Das Ergebnis dieser Studie fällt entsprechend nüchtern aus. Die mittels des beschriebenen Rasters ausgewählten Technologien rekrutieren sich überwiegend zu einem Kreis der "üblichen Verdächtigen", bei denen sowohl für die Energie- als auch für die Trinkwasserbereitstellung erneuerbare Energiequellen genutzt werden. Gerade bei der Nutzung der Sonnenenergie ist eine Vielfalt von Ideen zu verzeichnen, die oft vor Ort mit einfachen Mitteln umgesetzt werden können. Die breite Palette der "Low-Tech"-Varianten wird von einer übersichtlichen Anzahl von solaren Großkraftwerken ergänzt, die überwiegend mit Hilfe von Spiegeln direkte Anteile von Sonnenlicht konzentrieren und nutzbar machen.

Eine Grobanalyse des potenziellen Nutzens der recherchierten Technologien bringt, gegliedert nach Technologieschwerpunkten, folgende Ergebnisse:

## **5.1 Trinkwasserbereitstellung**

### **5.1.1: Solare Trinkwasserbereitstellung**

Hohes Potenzial:

#### 5.1.1.1 Solare Trinkwasserentkeimung SODIS

- simpel, überall verfügbar, wirkungsvoll für die Ärmsten der Armen

#### 5.1.1.3 Solare Wasserentkeimung mit Titandioxid

- im Entwicklungsstadium, aber mit hohem Potenzial für die kommerzielle Anwendung

#### 5.1.1.4 Solare modulare Wasseraufbereitung

- robuste, marktverfügbare und preiswerte Variante der Meerwasserentsalzung für den häuslichen und kommerziellen Bereich

#### 5.1.1.6 Solarkocher / Solardörrer „ULOG“

- hohes Potenzial zur Substitution von herkömmlichen Brennstoffen im häuslichen Bereich

#### 5.1.1.7 Scheffler-Spiegel

- hohes Potenzial im häuslichen Bereich

#### 5.1.1.8 Hamburger Solarboiler

- hohes Potenzial in Großküchen

Niedriges Potenzial:

#### 5.1.1.2 Solare Entsalzungsvorrichtung „Watercone“

- Prinzip gut, aber zu teuer

#### 5.1.1.5 Solare Entsalzung im MEH-Verfahren

- zu teuer

### **5.1.2 Trinkwasserbereitstellung, nichtsolare Technologien**

Hohes Potenzial:

#### 5.1.2.1 Membranwasserfilter MicroClear

- hohes Potenzial für insb. zur Flusswasseraufbereitung im kommerziellen Bereich

#### 5.1.2.3 Kleie als Filter für Arsen und Chlorkohlenwasserstoffe

- im Entwicklungsstadium, aber viel versprechend für Indien / Bangladesh

Niedriges Potenzial:

#### 5.1.2.2 Enzyme aus Pilzen für die Filterung von Pestiziden

- begrenzter Anwendungsbereich

### **5.1.3 Abwasserbehandlung**

Die Eignung der Technologien erscheint stark von den Verhältnissen vor Ort abhängig. Es ist festzuhalten, dass eine reichhaltige Technologiepalette sowohl im LowTech- als auch im Hightech-Bereich für die dezentrale und die zentrale Fäkalien- und Abwasserbehandlung zur Verfügung steht.

## **5.2 Energiewandler**

Hohes Potenzial:

### 5.2.2.1 Solo-Stirlingmotor 161

- i.d.R. zu teuer als Ersatz für BHKW, aber als Anwendung in solaren Großkraftwerken interessant

### 5.2.2.3 Dampfmaschine mit Lineator "Lion"

- im Entwicklungsstadium, Potenzial zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung prinzipiell auch für die Verfeuerung von fester Biomasse geeignet

Niedriges Potenzial:

### 5.2.2.2 Dampfmotor "Zero-Emission-Engine"

- zu teuer, technische Probleme nicht abschätzbar

Im Bereich der dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung konkurrieren die genannten Technologien beim Betrieb mit flüssigen und gasförmigen Brennstoffen mit handelsüblichen, motorgetriebenen BHKW, die i.d.R. als robust gelten und preisgünstiger hergestellt werden können. In Verbindung mit geringfügigen technischen Änderungen können Dieselmotoren auch mit Pflanzenölen betrieben werden (z.B. als sog. "Elsbett-Motor", ELSBETT Technologie GmbH, Weißenburger Str. 15 91177 Thalmässing, [www.elsbett.de](http://www.elsbett.de)). Der Energieträger Pflanzenöl kann an vielen Orten aus Ölpflanzen (z.B. Rhizinus) gewonnen werden. In Kombination mit Batteriespeichern, DC/DC-Richtern, DC/AC-Richtern und weiteren Stromerzeugern können auf die Verhältnisse vor Ort abgestimmte „Hybridanlagen“ entworfen werden, die genügend Energie für die Entwicklung von kleinindustriellen Anwendungen in den EL liefern können.

## **5.3 Energiebereitstellung aus erneuerbarer Energie**

### **5.3.1 Geothermie**

Grundsätzlich: hohes Potenzial. Das technische und wirtschaftliche Potenzial der geothermischen Nutzung ist gewaltig, jedoch stark abhängig von örtlichen Gegebenheiten. Die oberflächennahe Nutzung setzt in der Regel den Einsatz von Wärmepumpen voraus, um heizfähige Temperaturen erreichen zu können. Die Gewinnung von elektrischer Energie ist damit nicht möglich. Tiefenbohrungen, insbesondere das Hot-Dry-Rock-Verfahren, können zukünftig zur geothermischen Dampferzeugung genutzt werden und erschließen die elektrische Nutzung. Das immense Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie mit langen Nutzungszeiten steht einem hohen Invest gegenüber. Wirtschaftlich bereits heute interessant sind Standorte in der Nähe von tektonischen Störzonen, wo oberflächennahe Thermalwasserreservoirs erschlossen werden können.

### **5.3.2 Biomasse**

Hohes Potenzial:

#### 5.3.2.1 Nutzung von Biomasse im häuslichen Bereich

- hohes Potenzial für die Substitution von Brennholz und fossilen Brennstoffen

#### 5.3.2.2 Mobile Container-Biogasanlage Amega duplo

- beispielhaft als schlüsselfertige Biogasanlage für den kommerziellen Bereich; Einsatz für weniger als 100 Großvieheinheiten. Wirtschaftlichkeit allerdings unklar.

### **5.3.3 Wasserkraft**

Hohes Potenzial:

#### 5.3.3.1 Turas Wasserrad

- robuste, langlebige Technik für die elektrische Energieversorgung von ganzen Dörfern, insb. auch Hybridanlagen

#### 5.3.3.1 neu aufgenommen: Wasserradschnecke

- robustes Kleinwasserkraftwerk in Konkurrenz zum Wasserrad

Niedriges Potenzial:

#### 5.3.3.3 Kugelwasserturbine SETUR

- scheint konzeptionell nicht ausgereift

Die folgenden Kraftwerkstypen erscheinen in technologischer Hinsicht viel versprechend, lassen jedoch noch Fragen nach der Betriebssicherheit und entsprechend der Wirtschaftlichkeit offen:

Das Wellenkraftwerk Wavedragon (9.3.3) und die weiteren beschriebenen Kraftwerkstypen für die Nutzung von Wellen- und Strömungskraft (9.3.4).

### **5.3.4 Solarenergie**

#### **5.3.4.1 Photovoltaik**

Die Anwendung der Photovoltaik ist gegenüber alternativen Stromerzeugungskonzepten bei fehlender Netzanbindung bereits heute eine wirtschaftliche Variante der häuslichen Stromversorgung und markt-gängig, erfordert jedoch auch noch auf mittlere Sicht hohe Investitionen in Forschung und Anlagen. In der Technologie dominieren die kristallinen Solarzellen der „1. Generation“, Kostensenkungspotenziale sind insbesondere bei Dünnschichtzellen der „2. Generation“ zu erwarten.

#### **5.3.4.2 Solarthermie**

Während die photovoltaische Stromerzeugung als Stand der Technik bezeichnet werden kann, stehen solarthermische Kraftwerke erst am Rande der Markteinführung. Insbesondere Parabolrinnenkraftwerke gelten als robust und sind je nach Standort in der Lage, elektrische Energie zwischen 5 und 10 Euro-



cent/kWh zu produzieren. Nach Aussagen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln befinden sich im nördlichen Afrika momentan fünf solcher Kraftwerke in der konkreten Planung.

## **5.4 Kühlung**

Hohes Potenzial

### 5.4.1.1 Solarkühlbox mit Zeolith (Vakuumsorption)

- Funktionsfähigkeit bewiesen, aber immer noch immer im Stadium vor der Markteinführung, momentan laufen Tests in Tansania bzgl. der Anwendbarkeit. Charme: Kühlung für Kleinanwender ohne Strom.

Niedriges Potenzial

### 5.4.1.2 Energiesparendes Abtausystem für Sole-Kälteanlagen „Defro Power Pack“

- verbessert die Energiebilanz herkömmlicher Kühlanlagen von Hallen, bringt aber keinen echten Innovationsschub.

Weitere, in der Studie nicht benannte Verfahren, die eine Renaissance erleben könnten: Die Dampfstrahl-Kältemaschine und die Ab/adsorptionskältemaschine. Beide Verfahren können solare Wärme oder die Abwärme aus anderen Prozessen für die thermische Klimatisierung nutzen. Die DEC-Anlage (Desiccative and Evaporative Cooling) funktioniert ebenfalls mit Hilfe solcher Wärmequellen.

## **5.5. Energieeffizienz**

Hohes Potenzial:

### 5.5.2 Leuchtdioden hoher Lichtstärken (High-Brightness-LEDs)

- wichtige Entwicklung insb. in Kombination mit photovoltaischer Stromerzeugung

Niedriges Potenzial:

### 5.5.1 Supraleitung

- derzeit eher von akademischen Interesse. Der energietechnische Nutzen steht und fällt mit dem Beweis, dass Bänder aus Hochtemperatursupraleitern (kritische Temperatur über 77 Kelvin) mechanisch stabil gefertigt werden können. Generatoren, Motoren und Transformatoren können potenziell mit HTSL effizienter betrieben werden, jedoch zum Preis von umfangreichen Kühlvorrichtungen.

## **5.6. Landwirtschaft und Forsten**

Hohes Potenzial:

### 5.6.1.1 Solarer Tunneltrockner

- hohe Relevanz, einfache Technik

- 5.6.1.5 Precious Woods - Nachhaltige Bewirtschaftung tropischer Regenwälder
  - keine Technologie im konservativen (apparativen) Sinne, aber ein Meilenstein in der nachhaltigen Forstwirtschaft
- 5.6.1.2 Biologischer Pflanzenschutz durch Mikroorganismen
  - perspektivisch hoch interessant
- 5.6.1.4 CH<sub>4</sub>-Reduktion durch modifizierten Reisanbau
  - nicht direkt für die Lösung von Problemen vor Ort, aber zum wirksamen Schutz der Erdatmosphäre interessant

## **5.6. Algen als Hoffnungsträger für Entwicklungsländer**

Hohes Potenzial: bereits gegenwärtig hoch interessant zur Sicherstellung einer gesunden Ernährung der Weltbevölkerung, perspektivisch auch zur solaren Wasserstoffherzeugung.