

Wirtschaftsstudie von Prof. Dr. Ernst U. von Weizsäcker:

Halbierung der Arbeitslosigkeit durch Energieeffizienz und erneuerbare Energien?

Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung
für die Schweiz im 21. Jahrhundert

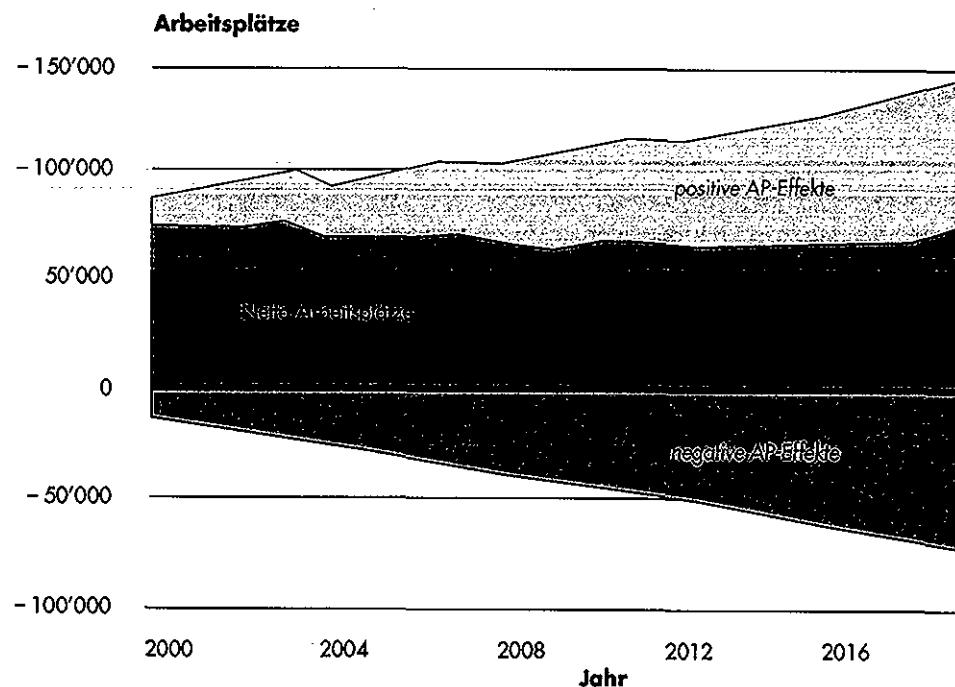
Projektleitung: Dipl.-Phys. H. Lehmann

Unter Mitarbeit von:

Prof. Dr. M. Meliss¹⁾, Dipl.-Ing. E. Balters, Dr. M. Mohr²⁾
Prof. Dr. Ing. H. Unger²⁾, Dipl.-Ing. U. Ziegelmann²⁾

Im Auftrag von:
Schweizerische Arbeitsgemeinschaft Solar 91, Zürich

Mitherausgebende Wirtschaftsverbände und Unternehmungen:
Clima Suisse, Schweizerischer Spenglermeister- und Installateur-Verband (SSIV),
Shell Solar Switzerland, Société Suisse pour l'Energie Solaire (SSES) und SWISSOLAR



SuisseEE Studie

NRW.

¹⁾ Solarinstitut Jülich, FH Aachen, Abt. Jülich

²⁾ Lehrstuhl für nukleare und neue Energiesysteme der Ruhr-Universität Bochum

Wirtschaftsstudie von Prof. Dr. Ernst U. von Weizsäcker:

Halbierung der Arbeitslosigkeit durch Energieeffizienz und erneuerbare Energien?

Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung
für die Schweiz im 21. Jahrhundert

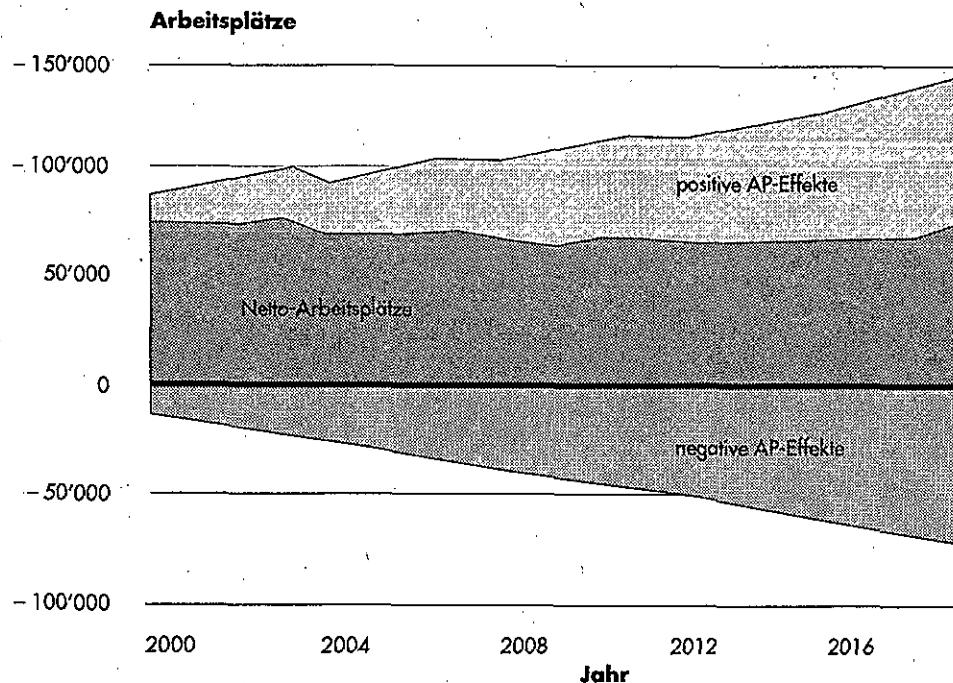
Projektleitung: Dipl.-Phys. H. Lehmann

Unter Mitarbeit von:

Prof. Dr. M. Meliss¹⁾, Dipl.-Ing. E. Balters, Dr. M. Mohr²⁾
Prof. Dr. Ing. H. Unger²⁾, Dipl.-Ing. U. Ziegelmann²⁾

Im Auftrag von:
Schweizerische Arbeitsgemeinschaft Solar 91, Zürich

Mitherausgebende Wirtschaftsverbände und Unternehmungen:
Clima Suisse, Schweizerischer Spenglermeister- und Installateur-Verband (SSI),
Shell Solar Switzerland, Société Suisse pour l'Energie Solaire (SSES) und SWISSOLAR



SuisseEE Studie

Vorwort

Die vorliegende Untersuchung ist im Auftrag der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft Solar 91 vom deutschen Wuppertaler Institut unter der Leitung von Prof. Dr. Ernst U. von Weizsäcker, erstellt worden. Das BFE hat sich mit einem finanziellen Beitrag an dieser Arbeit beteiligt. Neben der möglichen zukünftigen Entwicklung der erneuerbaren Energien werden schwergewichtig die Arbeitsplatzeffekte der Solarinitiative abgeschätzt. Die Autoren gelangen zum Schluss, dass in der mittleren Variante weltweit netto rund 63'000 Arbeitsplätze geschaffen werden können. Eine Untersuchung der Arbeitsgemeinschaft Ernst Basler & Partner (B&P)/Ecoplan kam im Jahre 1996 auf rund 10'000 zusätzliche Arbeitsplätze in der Schweiz aufgrund der Solarinitiative. Die unterschiedlichen Ergebnisse sind im wesentlichen auf unterschiedliche Annahmen, Modellsätze und neuere Untersuchungsergebnisse zurückzuführen:

- In der vorliegenden Untersuchung des Wuppertal Instituts wird für die Solarinitiative mit einer Hebelwirkung von rund 9,5 gerechnet. Ernst Basler & Partner/Ecoplan sind von einer wesentlich tieferen Hebelwirkung von 3,1 ausgegangen. Auf Seite i-16 der Zusammenfassung wird von den Autoren festgehalten, dass die langfristig ausgerichtete Solarinitiative (Laufzeit: 20 Jahre) grundsätzlich nicht mit dem Programm Energie 2000 oder dem Investitionsprogramm der Jahre 1997/1998 (Konjunkturprogramm) verglichen werden darf. Bei den beiden letztgenannten Programmen wurden bedeutend weniger Geld eingesetzt. Es werden deshalb vorwiegend wirtschaftliche oder nur knapp unwirtschaftliche Investitionen beschleunigt bzw. ausgelöst, was zu einer höheren Hebelwirkung führt: Mit relativ geringen Mitteln können beachtliche Investitions- und Beschäftigungseffekte erzielt werden (die Hebelwirkung des Investitionsprogramms Energie 2000 beträgt im Durchschnitt 9,5). Beim Investitionsprogramm 1997 - 99 beträgt die Hebelwirkung 10,8 und beim Konjunkturprogramm des Bundes von 1993 betrug sie 13,25 (vgl. Weizsäcker-Studie S. i-18; 3 - 5 und 3 - 73; BBl. 1994 II., S. 791).
- Bei der Solarinitiative würden teilweise auch Technologien gefördert, die aus heutiger Sicht im Vergleich zu bestehenden konventionellen Technologien noch unwirtschaftlich sind. Dies führt in diesen Wirtschaftsbereichen einerseits zu einer tieferen Hebelwirkung und zu geringeren ausgelösten Gesamtinvestitionen. Aufgrund der neueren Erfahrungen aus dem Energie 2000-Programm können Energieprogramme mit verschiedenen Unterbrüchen ebenfalls zu tieferen Hebelwirkungen und damit geringen Gesamtinvestitionen führen. Bei den neusten kantonalen Programmen im Bereich der Haustechnik wird ein Hebelsatz 24,4 ausgewiesen

(vgl. Fenstersanierungen im Kanton Basel-Stadt 1997/98; Weizsäcker, 3 - 73; Schweiz. Solarpreis 1998/99, Seite 78).

- Die Auswirkung auf die Arbeitsplätze hängt entscheidend auch vom Gesetzgeber ab. Werden die Mittel vor allem für die Sanierung der Dächer, Fenster und Fassaden eingesetzt, wo Beschäftigte mit relativ geringen Löhnen die Regel sind, können zweifelsohne erheblich mehr Arbeitsplätze geschaffen werden. Hierzu kommt, dass diese Arbeitsplätze - mit Ausnahme allenfalls importierter Materialien - praktisch nur in der Schweiz anfallen. Genau umgekehrt verhält es sich, wenn ein unübersichtliches Programm die rasche Durchsetzung neuester Erfahrungen nicht optimal fördert. Dies entspricht freilich weder dem Sinn der Solarinitiative noch der Förderabgabe. Entscheidend ist die Ziel- und Zwecksetzung des Gesetzgebers. Strebt er ein ehrgeiziges und zukunftsweisendes Energieprogramm mit möglichst effizienter Energienutzung und erneuerbaren Energien, geringen Emissionen und externen Kosten und hoher Investitionen an, werden die positiven Effekte verstärkt.
- Der vom Wuppertal Institut angewandte Modellansatz berechnet die Arbeitsplatzeffekte aufgrund der Solarinitiative nicht nur für die Schweiz, sondern gesamthaft - und damit auch im Ausland. Ernst Basler & Partner/Ecoplan haben nur die in der Schweiz realisierbaren Arbeitsplatzeffekte geschätzt und ausgewiesen. Die Studie von Prof. von Weizsäcker verweist auf verschiedene Untersuchungen in vergleichbaren Regionen in Europa. Sie basiert auch auf den neuesten empirischen Zahlen aus den Energie 2000-Programmen. Angesichts des extrem hohen Anteils der Energieimporte in der Schweiz von 83 - 85%, bedeutet eine Belastung der nicht erneuerbaren Energieträger in erster Linie einen Arbeitsplatzabbau in den Herkunfts ländern dieser Energieträger (Erdölexportstaaten, internationale Transporte usw.). Wenn ein Land wie die Schweiz über keine nicht erneuerbaren Energieträger verfügt, werden durch eine Energieabgabe auf nicht erneuerbaren Energien auch keine einheimischen Energieträger belastet. Andererseits profitiert die Schweiz erheblich mehr von den positiven Arbeitsplatzeffekten, weil die Sanierung der Gebäudehüllen und die Investitionen im Baubereich im Inland erfolgen. Indessen spielt auch hier die Gesetzgebung eine wichtige Rolle: Werden Produktionsbetriebe in der Schweiz gebaut, so kann die Wertschöpfung z.B. bei der Photovoltaik oder bei anderen High-Tech-Bereichen um 30 - 40% höher sein in der Schweiz, als wenn grössere Technologieeinheiten importiert werden müssen. In diesem Bereich weist die Studie auf neue Investitionschancen mit bis zu 350'000 Arbeitsplätzen in Europa (vgl. Weizsäcker, 3-2) aufgrund jährlicher Exporte von neuen Technologien für Entwicklungsländer (1 Mio. Dörfer ohne Strom und genügend sauberes Trinkwasser).

- Für Betrieb und Unterhalt von Anlagen haben Ernst Basler & Partner / Ecoplan weder die positiven (aufgrund von Anlagen mit erneuerbaren Energien, v.a. Holz) noch die negativen (aufgrund des geringeren Energieverbrauchs) Arbeitsplatzeffekte geschätzt. Gemäss der Untersuchung des Wuppertal Instituts entfallen auf diesen Bereich rund 35 Prozent der in der Schweiz aufgrund der Solarinitiative geschaffenen Arbeitsplätze. Erhebliche positive Arbeitsplatz-Auswirkungen haben Betrieb und Unterhalt vor allem im Holz- und Biomassebereich.
- Die von Ernst Basler & Partner / Ecoplan verwendeten Daten entsprechen z.T. nicht mehr dem neusten Stand (z.T. Planungsdaten von 1985). Die Technologien haben sich seither stark entwickelt. Die Preise pro Kilowattstunde (kWh) Strom aus erneuerbarer Energie sind bis heute um 50% gesunken (vgl. Solarstrombörsen 1998/99, Schweiz. Solarpreis 1996, 1998/99). Die Untersuchung Ernst Basler & Partner/Ecoplan weist auf Förderprogramme in den Bereichen öffentlicher Verkehr und Wärmekraftkoppelung hin. Diese eignen sich nicht zum Vergleich bezüglich Schaffung von Arbeitsplätzen. Bei Investitionen im öffentlichen Verkehr ist davon auszugehen, dass nur die Mittel eingesetzt werden können, die die öffentliche Hand spricht. Die Hebelwirkung entfällt, weil sich die Privaten nicht an diesen Investitionen beteiligen. Das Gegenteil liegt bei der Energieabgabe vor: Die Beiträge bilden (bloss) einen Anreiz, damit die Privaten mehr investieren.

Eine abschliessende Beurteilung von Annahmen und Ergebnissen der verschiedenen Untersuchungen ist nicht möglich. Weitere Erkenntnisfortschritte können am ehesten empirische Untersuchungen über die Wirkungen von Förderprogrammen bringen, wie sie zur Zeit bezüglich des Investitionsprogramms Energie 2000 laufen. Aufgrund aller bisherigen Untersuchungen und Erfahrungen mit Energie 2000, kann jedoch als gesichert gelten, dass energiepolitische Förderprogramme zweifellos positive Arbeitsplatzeffekte auslösen werden. Engpässe bei der Qualifikation oder der Zahl der durch ein Förderprogramm benötigten Fachkräfte sind kaum zu erwarten. Stärker spürbar als die Arbeitsplatzwirkungen sind die positiven Umwelteffekte, infolge erheblicher Reduktion der Emissionen vor allem aufgrund des verminderten Verbrauchs nicht erneuerbarer Energien im Gebäudebereich. Diese Effekte sind auch die primären Ziele einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Energiepolitik.

In der bisherigen Diskussion wurde das Interesse oft allein auf den Abgabe-Ansatz fokussiert und dabei das gesamte Umfeld vergessen. Die Schweiz verfügt über 3,4 Millionen Wohnungen in rund 2 Millionen Gebäuden. Laut Schweiz. Gesamtenergiestatistik betragen die Energieverluste zwischen Primär- und Nutzenergie insgesamt rund 60%. Energie 2000-Projekte in mehreren Regionen zeigen, dass Bauten heute erheblich energieeffizienter gebaut werden können und 5 bis

20 Mal weniger nicht erneuerbare Energieträger benötigen als 90% der Schweizer Bausubstanz. Der Stand der Technik ist dem bestehenden Zustand und den tatsächlichen Gesetzesvorschriften weit voraus (vgl. Schweiz. Solarpreis 1998/99 und Solarpreis 1999/2000). Private Initiativen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energie wird noch kaum belohnt. Ziel einer Energieabgabe ist es, Marktwirtschaft und Verursacherprinzip im Energiesektor im Sinne der Volksabstimmungen von 1971 (Umweltschutzartikel) und 1990 (Energieartikel) zum Durchbruch zu verhelfen, damit private und öffentliche Initiativen sich wieder lohnen.

Bundesamt für Energie

Dr. H.L. Schmid
Stv. Direktor

Schweizerische Arbeitsgemeinschaft Solar 91

NR Regine Aeppli Wartmann
Co-Präsidentin

NR Marc F. Suter
Co-Präsident

Gallus Cadonau
Projektleiter

Bern / Zürich, im August 1999

6C/SOL/bfe99Vorwort/bi



Prof. Dr. E. Ulrich von Weizsäcker, Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen, erläutert die ersten Ergebnisse der Wissenschaftsstudie anlässlich der 7. Schweizer Solarpreisveranstaltung in Biel (rechts), mit den CO-Präsidenten Solar 91, Nationalrätin Regine Aeppli Wartmann und Nationalrat Marc F. Suter.

Dank der Auftraggeberin für kritische Untersuchungen und Unterstützung

Im Namen der Arbeitsgemeinschaft Solar 91 möchten wir allen Beteiligten, in erster Linie Herrn Prof. Dr. Ernst-Ulrich von Weizsäcker und dem Gesamtprojektleiter Dipl. Phys. Harry Lehmann sowie Dipl. Ing. Eckehard Balters des Wissenschaftszentrums Nordrhein-Westfalen, Wuppertal für Ihre aufwendigen Untersuchungen und kritischen Studienvergleichen im europäischen Raum aufrichtig danken. Einen ausdrücklichen Dank an alle in der Studie erwähnten Professoren und wissenschaftlichen Assistenten der beteiligten Universitäten und Fachhochschulen. Diese Studie hat einerseits von zahlreichen früheren Arbeiten profitieren können, andererseits hat sie auch einen erheblichen Beitrag zur Arbeitsplatzdiskussion in Zusammenhang mit der rationellen Energienutzung und erneuerbaren Energien in Mitteleuropa beigetragen, in dem sie kritisch sämtliche verfügbaren Fakten überprüfte. Besten Dank auch an Dr. Hannes Baradun für die Spezialuntersuchung "Energie aus Holz-/Biomasse in der Surselva/GR". Unseren Dank richten wir aber auch an die Vertreter des Bundesamtes für Energie (BFE), Herrn Dr. Hans Luzius Schmid, Stv. Direktor (BFE), Herrn Dr. Pascal Previdoli, Bereichsleiter Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG), Herrn Dr. Ruedi Meier, Programmleiter EWG, die ebenfalls dank Ihrer kritischen Würdigung einen erheblichen Beitrag zum Gelingen dieser Studie beigetragen haben. - Diese Studie bedeutet für ein optimistisches Szenario, auch ein recht ehrgeiziges Programm, welches mit der Solarinitiative, bzw. mit einer entsprechenden Energieabgabe bewerkstelligt werden kann.

Nicht zuletzt richten wir unseren aufrichtigen Dank an alle Mitherausgeber und Vertreter der innovativen Wirtschaftsverbände, die diese Studie mitfinanziert haben. Möglicherweise ist es das erste Mal, dass Vertreter des Bundes, eines unabhängigen europäischen Wissenschaftsinsitutes, mehrerer Universitäten, Vertreter innovativer Wirtschaftsverbänden und NGOs gemeinsam, unabhängig und interdisziplinär, einen fundierten, wissenschaftlichen Untersuchungsbericht, mit einem Ziel aller Beteiligten anstreben: Die kritische Suche nach der materiellen Wahrheit. Alle Fakten und Studienunterlagen wurden zuerst einer schonungslosen Kritik unterzogen. Nur Fakten, die diesen Anforderungen Stand hielten, wurden akzeptiert. Die Zukunft erscheint allen Beteiligten zu wichtig, als dass man sich mit bequemen Ergebnissen zufrieden geben durfte.

Namentlich danken wir insbesondere für die kritische Mitwirkung und finanzielle Unterstützung dieser Wirtschaftsstudie Herrn Ständerat Bruno Frick, Präsident SWISSOLAR, Einsiedeln; Dr. Max Meyer, Direktor und Dr. Hans Lichtsteiner, Stabschef Schweizerischer Spenglermeister- und

Installateur-Verband (SSIV), Dietikon; Dir. Luzius Dürr, Verband Clima Suisse, Kantonsrat Zürich; Herrn Peter Suter, dipl. Ing. ETH, Leiter Shell Solar Schweiz, Baar; Dr. Lucien Keller, Präsident Société Suisse pour l'Energie solaire (SSES), Lavigny/VD; Rudolf Locher, Geschäftsführer Schweizer Zentralstelle für Fenster- und Fassadenbau (SZFF), Zürich; Thomas Nordmann, e. Präsident SOFAS, und Christoph Rutschmann, Geschäftsführer Vereinigung für Holzenergie (VHe), Zürich.

Schliesslich freuen wir uns sehr, die Studienfrage bezüglich "Halbierung der Arbeitslosigkeit" - dank 68'000 bzw. 63'000 Arbeitsplätzen - mit einem eindeutigen Ja beantworten zu können: Im Monat Juli 1999 verzeichnete der Schweizer Arbeitsmarkt 90'122 Arbeitslose. Laut Statistik gibt es freilich immer noch 160'000 Stellensuchende.

**Parlamentarische Arbeitsgruppe
Sonnenenergie (PAS)**

Dr. Eugen David, NR
Präsident

NR Regine Aeppli Wartmann
Co-Präsidentin

NR Marc F. Suter
Co-Präsident

Gallus Cadonau
Projektleiter

Schweizerische Arbeitsgemeinschaft Solar 91

Zürich, im August 1999

6C/SOL/bfe99Vorwort/bi

I EINFÜHRUNG UND ZUSAMMENFASSUNG**I-1**

i.1	Vorwort	i-1
i.2	Eine zukunftsfähige Energieversorgung	i-2
i.3	Arbeitsplatzeffekte durch die Einführung effizienter und erneuerbarer Energietechnologien	i-5
i.3.1	Energiegestehungskosten aus Solarenergie und rationeller Energienutzung und Ihre zukünftige Entwicklung	i-6
i.3.2	Jährlich ausgelöste Gesamtinvestitionen	i-10
i.3.3	Beschäftigungseffekte einer verstärkten Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung in der Schweiz	i-11
i.3.4	Diskussion und Vergleich der Arbeitsplatzeffekte mit bestehenden schweizerischen Studien	i-16

1 AKTUELLER STATUS UND MÖGLICHE ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER ERNEUERBAREN ENERGIEN

1-1

1.1 Darstellung des Entwicklungsstandes der erneuerbaren Energietechnologien	1-2
1.1.1 Photovoltaik	1-2
1.1.2 Solarthermie	1-10
1.1.3 Biomasse	1-19
1.1.4 Windenergie	1-24
1.2 Aktueller Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung und ihre historische Entwicklung	1-29
1.2.1 Status der erneuerbaren Energien	1-32
1.2.2 Rationale Energienutzung: Sonnengerechte Architektur	1-36
1.2.3 Wärmepumpen (WP)	1-38
1.2.4 Niedertemperatur- Kollektoranlagen	1-39
1.2.5 Hochtemperatur- Kollektoranlagen	1-40
1.2.6 Wasserkraftwerke	1-40
1.2.7 Windenergieanlagen (WEA)	1-42
1.2.8 Photovoltaik-Generatoren	1-45
1.2.9 Energie aus Biomasse	1-49
1.3 Beispielhafte Auswertung der Entwicklung der erneuerbaren Energien der mit der Schweiz vergleichbaren Länder	1-51
1.3.1 Photovoltaik in Nordrhein-Westfalen (Deutschland)	1-51
1.3.2 Solarthermie im Vergleich zwischen Österreich und Griechenland	1-56
1.3.3 Biomassenutzung in Österreich	1-58
1.3.4 Windenergienutzung in Deutschland und Dänemark	1-59
1.4 Pläne und Diskussionen der Europäischen Union im Bereich der erneuerbaren Energien bis 2010	1-61
1.4.1 Hintergrund	1-61
1.4.2 Das Weißbuch der EU	1-62

**2 AKTUELLER ANTEIL UND POTENTIAL DER ENERGIEEFFIZIENZ UND
DER ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DER SCHWEIZ** 2-1

2.1	Aktueller Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung	2-1
2.2	Technisches Potential der Effizienzsteigerung in allen Wirtschaftssektoren	2-6
2.2.1	Private Haushalte und Dienstleistungssektor	2-6
2.2.2	Industrie	2-10
2.3	Potential der erneuerbaren Energien in der Schweiz	2-16
2.3.1	Photovoltaik und Solarkollektoren	2-16
2.3.2	Holz-, Biogas- und Reststrohnutzung	2-16
2.3.3	Solararchitektur	2-21
2.3.4	Windenergie	2-23

3 ARBEITSPLÄTZE DURCH DIE EINFÜHRUNG ERNEUERBARER ENERGIETECHNOLOGIEN

3-1

3.1 Arbeitsplätze in Europa heute und morgen	3-2
3.1.1 Teres II und Weißbuch der EU	3-2
3.1.2 EUROSOLAR	3-2
3.1.3 Beschäftigungseffekte der Ressortaktivitäten von Energie 2000	3-4
3.1.4 Aktuelle Daten aus dem Investitionsprogramm Energie 2000	3-6
3.2 Nettobeschäftigungseffekte beim Ausbau erneuerbarer Energiesysteme in Nordrhein-Westfalen	3-7
3.2.1 Einleitung	3-7
3.2.2 CO ₂ -Reduktionsmix erneuerbarer Energieträger	3-7
3.2.3 Modifizierte Input-Output-Analyse zur Quantifizierung von Beschäftigungseffekten infolge vorgegebener Investitionen für einen Ausbau neuer Energiesysteme	3-8
3.2.4 Vorgesehene Finanzierungsinstrumentarien	3-10
3.2.5 Bilanzierte Nettoinvestitionen eines Umbaus der Energieversorgungsstruktur zur Reduktion der CO ₂ -Emissionen	3-12
3.2.6 Sektorielle Nettobeschäftigungseffekte	3-14
3.2.7 Verlauf der positiven Bruttobeschäftigungseffekte als Indiz eines resultierenden Strukturwandels	3-16
3.2.8 Beschäftigungseffekte in Nordrhein-Westfalen und im übrigen Bundesgebiet	3-16
3.2.9 Zusatzeffekt infolge verminderter Primärenergieimporte	3-19
3.3 Investitionsvolumen und dadurch verursachte "Brutto"-Arbeitsplatzeffekte in der Schweiz	3-20
3.3.1 Energiegestehungskosten des konventionellen Referenzsystems	3-22
3.3.2 Energiegestehungskosten aus Solarenergie und rationeller Energienutzung	3-22
3.3.3 Entwicklung der Energiegestehungskosten aus Solarenergie und rationeller Energienutzung	3-25
3.3.4 Förderbare Kosten	3-29
3.3.5 Berechnung der Förderquoten	3-30
3.3.6 Berechnung der jährlich ausgelösten Gesamt-Investitionen	3-31
3.3.7 Bruttobeschäftigungseffekte einer verstärkten Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung in der Schweiz	3-36
3.3.8 Abschätzung der Netto-Arbeitsplätze	3-58
3.3.9 Diskussion und kritische Betrachtung der Berechnungsansätze	3-64

3.4 Diskussion und kritische Würdigung der "Netto"-Arbeitsplatzeffekte auf Grund bestehender schweizerischer Studien	3-70
3.4.1 Gegenüberstellung aktueller schweizerischer Studien	3-70
3.4.2 Die EBP-Studie im Vergleich	3-75
3.4.3 Kritikpunkte	3-79

4 FLANKIERENDER MAßNAHMEN ZUR REALISATION DER ERRECHNETEN ARBEITSPLATZEFFEKTE

4-1

4.1	Handlungskonzepte und -optionen für die Energiepolitik	4-1
4.2	Maßnahmen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit	4-2
4.3	Verbesserung der rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen	4-6
4.4	Maßnahmen zur verbesserten Information, Beratung, Aus-, Fort- und Weiterbildung	4-7
4.5	Maßnahmen zur Exportförderung / Entwicklungshilfe	4-8
4.6	Marktorientierte Forschung, Entwicklung und Demonstration von Anlagen und Materialien zur Nutzung erneuerbarer Energien.	4-10
4.7	Eigeninitiativen von Industrie, Öffentlicher Hand und Kommunen	4-11
4.8	Priorität und Dringlichkeit der Maßnahmen	4-11

A1 ZUSAMMENFASSUNG DER SCHWEIZERISCHEN ENERGIESZENARIEN

1-1

A1.1 Szenarien der Schweiz - Annahmen und Rahmenbedingungen - Kurzfassung	1-1
A1.2 Schweizer Szenarien - Allgemeine Rahmenbedingungen	1-6
A1.2.2 Rahmenbedingungen für den Bereich der Privaten Haushalte	1-8
A1.2.3 Rahmenbedingungen für den Tertiären Sektor	1-11
A1.2.4 Rahmenbedingungen für den Bereich der Industrie	1-11
A1.2.5 Rahmenbedingungen für den Bereich Verkehr	1-11
A1.2.6 Strombedarfsdeckung	1-12
A1.3 Rahmenbedingungen der Schweizer Szenarien I, IIa/b, IIIa bis IIId und IV	1-14
A1.3.1 Szenario I: „Beschlossene Maßnahmen“	1-14
A1.3.2 Szenario IIa: Beabsichtigte Maßnahmen	1-16
A1.3.3 Szenario IIb: Beabsichtigte Maßnahmen plus zusätzliche CO ₂ -Abgabe	1-20
A1.3.4 Szenario IIIa: Energie-Umwelt-Initiative	1-24
A1.3.5 Szenario IIIb: Solarinitiative	1-28
A1.3.6 Szenario IIIc: Energie-Umwelt-Solarinitiative	1-35
A1.3.7 Szenario IIId: Modifizierte Solarinitiative	1-38
A1.3.8 Szenario IV: Verschärft auf Nachhaltigkeit ausgerichtete CO ₂ -Reduktion	1-40

A2 DARSTELLUNG VON REGIONALSTUDIEN

1-1

A2.1 Spezialuntersuchung Energie aus Holz-/Biomasse in der Surselva/GR

1-1

A3 LITERATUR

1-1



I EINFÜHRUNG UND ZUSAMMENFASSUNG**i-1**

i.1	Vorwort	i-1
i.2	Eine zukunftsfähige Energieversorgung	i-2
i.3	Arbeitsplatzeffekte durch die Einführung effizienter und erneuerbarer Energietechnologien	i-5
i.3.1	Energiegestehungskosten aus Solarenergie und rationeller Energienutzung und Ihre zukünftige Entwicklung	i-6
i.3.2	Jährlich ausgelöste Gesamtinvestitionen	i-10
i.3.3	Beschäftigungseffekte einer verstärkten Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung in der Schweiz	i-11
i.3.4	Diskussion und Vergleich der Arbeitsplatzeffekte mit bestehenden schweizerischen Studien	i-16

i EINFÜHRUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

i.1 VORWORT DER ATOREN

Die vorliegende Studie wurde im Oktober 1997 von der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft Solar 91, Zürich, in Auftrag gegeben. Das Bundesamt für Energie hat sich an der Studie finanziell beteiligt.

Die vorliegende Studie befaßt sich mit der Frage nach den Kosten und Nutzen, nach den Arbeitsplatzeffekten einer Einführung effizienter und erneuerbarer Energietechnologien in der Schweiz. Um dieses in einen Rahmen zu stellen werden in der Studie auch der aktuelle Stand der erneuerbaren Energietechnologien dargestellt, andere Studien die sich um weitere Aspekte der oben aufgeführten Fragen kümmern erläutert und die Potentiale der erneuerbaren Energietechnologien aufgezeigt.

Die Studie untersucht ausschließlich den Effekt der Einführung des Solarrappens in Höhe von 0,5 Rp./kWh.

Diese Studie ist in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. M. Meliß vom Solar Institut Jülich, FH Aachen und den Herren Dr. M. Mohr, Dipl.Ing. A.Ziegelmann und Prof.Dr.-Ing. H.Unger vom Lehrstuhl für Nukleare und neue Energiesysteme der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt worden. Herr Meliß hat an dem Kapitel 1 "Aktueller Status und mögliche zukünftige Entwicklung der erneuerbaren Energien" mitgearbeitet. Die Kollegen des Bochumer Instituts haben die Berechnung der Bruttoarbeitsplätze nach den vom Wuppertal Institut vorgegebenen Szenarien in Kapitel 3 "Arbeitsplätze durch die Einführung erneuerbarer Energietechnologien" durchgeführt.

Diese Studie ist mehrfach mit den Kollegen der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft Solar 91 und Mitarbeitern des BFE diskutiert worden. Dank gebührt hier insbesondere Herrn Gallus Cadonau, der uns mit Rat, Kritik und Tat bei der Erstellung der Studie zur Seite stand.

Die im Anhang, auf Anregung der Solarinitiative, beigefügte „Spezialuntersuchung Energie aus Holz-/Biomasse in der Surselva/GR“ ist nicht vom Autorenteam erarbeitet worden.

i.2 EINE ZUKUNFTSFÄHIGE ENERGIEVERSORGUNG

Eine zukunftsfähige Energieversorgung für Europa wird sich auf drei Säulen stützen müssen: erstens auf die erneuerbaren Energien, zweitens auf eine effiziente Nutzung der verfügbaren Ressourcen und drittens auf eine bewußte Entscheidung über Grenzen des Konsums, die Suffizienz. Sonne-Effizienz-Suffizienz sind die Eckpfeiler einer zukunftsfähigen Energiewirtschaft.

Eine Anzahl von Szenarien über eine künftige risikoarme und solare Energieversorgung sind bereits erstellt worden, und dies nicht nur in der letzten Zeit. Das Ausmaß, der Zeithorizont und die Kosten, mit denen die erneuerbaren Energien in den Markt eingeführt werden können, hängen stark von politischen Entscheidungen ab.

Um die Potentiale an Sonnenenergie abzuschöpfen (ob weltweit oder in einer Stadt), bedarf es einer dezentral und regional orientierten Energieversorgung. Dies bedeutet die Nutzung der vor Ort verfügbaren Ressourcen an erneuerbaren Energien, an den Küsten oder in bergigen Regionen mehr die Windkraft, in ländlichen Gebieten mehr die Biomasse, in bebauten Gebieten Photovoltaik sowie die passive und aktive Wärmenutzung. Der Austausch der Überschüsse der Regionen mit Hilfe eines überregionalen Netzes ist ein weiteres Merkmal dieser Energieversorgungsstruktur. Dieses Netz kann ein Stromnetz oder aber auch ein Gasnetz sein, in das dezentral eingespeist wird. Der Transport von hochwertiger Biomasse ist eine weitere Möglichkeit. Dieses überregionale Netz dient auch der Speicherung von Überschüssen. Das Speichermedium kann Biogas sein oder auch mit Strom erzeugter Wasserstoff. In zentralen Großkraftwerken wird die Energie erzeugt, die noch zur Bedarfsdeckung fehlt. Zentrale Kraftwerke können Wasserkraftanlagen, Biomassekraftwerke oder thermische Kraftwerke sein. Auch Kraftwerke, die in anderen Regionen erzeugte Brennstoffe wie zum Beispiel Wasserstoff oder Biogas benutzen, sind Teil des zentralen Teilsystems. Die unterschiedlichen Technologien der erneuerbaren Energien müssen sich dabei mit ihren unterschiedlichen Stärken und Schwächen gegenseitig ergänzen.

Das solche zukunftsfähige Energiesysteme grundsätzlich möglich und auch finanziertbar sind ist von der LTI Studie aufgezeigt worden. Dort wurde mittels zweier Szenarien für ein europäisches Energieversorgungssystem, bei dem unter Verzicht auf Atomenergie 80% weniger Kohlendioxid emittiert wird als im Jahre 1990, dieses dargestellt.

Das Fair-Market Szenario der LTI Studie erreicht das Ziel durch die Anpassung der Energiepreise unter Berücksichtigung der externen Kosten, die bei der Verwendung fossiler Brennstoffe, welche im wesentlichen die globale Erwärmung verursachen, entstehen. Rechnet man die externen Kosten zu den Preisen konventioneller Brennstoffe hinzu, so werden viele Energiesparmaßnahmen

ökonomisch vertretbar. Schrittweise wird der Einsatz folgender regenerativer Energieformen billiger als der Einsatz fossiler Brennstoffe und dringen somit in den Energiemarkt vor: Windenergie, Biomasse für Heizzwecke, solarthermische Anlagen, Elektrizität aus Photovoltaik und solarthermischen Kraftwerken, Kleinwasserkraftwerke und Flüssigbrennstoffe aus Biomasse.

Bei dem Sustainable Szenario wird davon ausgegangen, daß der notwendige Übergang durch einen Wertewandel innerhalb der Gesellschaft beginnt, welche dann umfassende Normen und Reglementierungen akzeptiert, die zu einer effizienteren Energienutzung, Anwendungen regenerativer Energien und - in begrenzten Fällen - zum Verzicht oder zur Begrenzung bestimmter Energieformen führen.

Für beide Szenarien kann der Schluß gezogen werden, daß keine prinzipiellen technischen oder finanziellen Hindernisse bestehen. Jedoch sind wesentliche Veränderungen auf ökonomischer, rechtlicher und institutioneller Ebene auf denen Energiesysteme operieren unvermeidbar.

Im Weißbuch der EU wurde vor dem Hintergrund, daß die Kommission der Europäischen Gemeinschaften das Ziel gesteckt hat, den Anteil der erneuerbaren Energien in der EU auf 12% des Bruttoinlandsenergieverbrauchs der EU bis zum Jahre 2010 zu steigern, eine selektive Kosten-Nutzung-Bewertung durchgeführt. Die geschätzten Investitionskosten, die erforderlich sind, um das Ziel zu erreichen, betragen für den Zeitraum 1997 bis 2010 ca. 165 Mrd. ECU. Die Nettoinvestitionen werden auf insgesamt 95 Mrd. ECU geschätzt (6,8 Mrd. ECU pro Jahr). Für den gesamten Energiesektor wird ein Investitionsanstieg von 30% erforderlich sein. Den Schätzungen zufolge könnten dabei brutto 500.000 bis 900.000 Arbeitsplätze geschaffen werden.

Die Netto-Beschäftigungszahlen im Bereich der erneuerbaren Energieträger lassen sich nur schwer prognostizieren. Ausführliche Schätzungen der Netto-Beschäftigungszahlen wurden für die TERES II-Studie durchgeführt. Es wurden für 2010 die Schaffung von 500.000 Nettoarbeitsplätzen prognostiziert, die entweder unmittelbar im Bereich der erneuerbaren Energien oder mittelbar im Zulieferbereich geschaffen werden.

Für 2010 wird eine jährliche Exportleistung von 17 Mrd. ECU pro Jahr vorausgesagt, wodurch möglicherweise bis zu 350.000 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen werden können.

Auf dem "European Congress on Renewable Energy Implementation" (5. - 7. Mai 1997 in Athen) hat der European Solar Council eine Verdreifachung des Beitrages erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2010 als realisierbares Nahziel gefordert. Durch welche Beiträge der verschiedenen Sektoren erneuerbarer Energien dieses Nahziel erreichbar ist und welche Arbeitsplatzperspektiven damit verbunden sind, wurde von EUROSOLAR, ausgehend vom derzeitigen wirtschaftlichen Stand der

Technologien, ihrer erkennbaren Einführungsdynamik und ihres aktuell ermittelbaren Arbeitsplatzpotentials, detailliert beschrieben. Die Ergebnisse dieser Studie lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Bis zum Jahr 2010 ist mit großen politischen Anstrengungen möglich, den Beitrag der erneuerbaren Energien zu verdreifachen, so daß die erneuerbaren Energien im Jahr 2010 einen Beitrag von ca. 20% an der Energieversorgung der Europäischen Union leisten. Die verstärkte Nutzung der erneuerbaren Energien führt zu Investitionen in Höhe von ca. 110 Mrd. ECU, davon entfallen mindestens 20 Milliarden ECU auf den Export. Insgesamt könnten ca. 2 Millionen neue Arbeitsplätze geschaffen werden. Die größten Beschäftigungseffekte sind dabei in den Bereichen der Biomassenutzung und der passiven Sonnenenergienutzung zu verzeichnen.

In Anbetracht der Tatsache, daß die meisten für solch eine Entwicklung benötigten Technologien bereits entwickelt und erprobt sind, stellen sich zum jetzigen Zeitpunkt die Fragen:

- Wie können regenerative Energien in das europäische Energiesystem mit einem ausreichend hohen Verbreitungsgrad integriert werden und funktioniert solch ein System das ganze Jahr?
- Wie kommen wir dorthin?
- Wie hoch sind die Kosten und der Nutzen einer solchen Strategie?
- Welche anderen ökonomische, ökologische und soziale Ziele können auch realisiert werden?
- Welches sind die wesentlichen Hindernisse und Hemmnisse für solch eine Entwicklung?

Die vorliegende Studie befaßt sich mit der Frage nach den Kosten und Nützen, nach den Arbeitsplatzeffekten einer Einführung effizienter und erneuerbarer Energietechnologien in der Schweiz. Die Studie untersucht ausschließlich den Effekt der Einführung des Solarrappens in Höhe von 0,5 Rp./kWh.

i.3 ARBEITSPLATZEFFEKTE DURCH DIE EINFÜHRUNG EFFIZIENTER UND ERNEUERBARER ENERGietechnologien

Durch die Einführung des Solarrappens in Höhe von 0,5 Rp./kWh werden Gelder in Höhe von ca. 880 Mio. Fr. pro Jahr eingenommen. Davon werden ca. 5% für den Vollzug der Initiative verwendet. Von den verbleibenden Mittel sollen 50% für die Förderung der Solarenergienutzung eingesetzt werden. Die übrigen 50% der Mittel stehen für die Förderung der Rationellen Energienutzung zur Verfügung.

Tabelle i-1: Mittelflüsse in die Energienutzungsbereiche im Jahr 2010

		2010	
		Mio. Fr.	%
Solarenergie		418	50
Direkte Sonnenenergie (Wärme)	Kollektoren	141	17
Direkte Sonnenenergie (Strom)	Photovoltaik	60	7
Indirekte Sonnenenergie (Wärme) (Strom)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz, Stroh (WKK), Bio-, Deponie-, Klärgas	77	9
Passive Solarenergie (Wärme)	Solararchitektur, Wand-, Fensterkollektoren, TWD	106	13
		34	4
Rationelle Energieverw.		418	50
Energienutzung am Gebäude (Wärme)	Fenster, Gebäudehülle	21	3
Haustechnik (Wärme)	Wirkungsgrad der Heizanlage, Lüftung mit WRG	31	4
Stromeinsatz (Strom)	Haushalt-, Bürogeräte, Maschinen	136	16
Prozeßwärme Industrie (Wärme)	Zementwerke, Ziegeleien	34	4
Verkehr (Wärme)	Antrieb, Fahrzeugtechnik	26	3
Wärmepumpen (Wärme)	höhere Leistungsziffern, neue WP- Konzepte	20	2
Wärme-Kraft-Kopplung (Strom)	WKK mit fossilem Brennstoff	116	14
Geothermie (Wärme)	höhere Leistungsziffern	34	4

Quelle: /Prognos, November 1996a/

Es ist nicht definiert, mit welcher Förderquote und auf welche Weise die einzelnen Technologiebereiche bezuschußt werden sollen. Für die Berechnungen innerhalb dieser Studie wird deshalb davon ausgegangen, daß die Förderung einmalig als Investitionskostenzuschuß gezahlt

wird. Der Investitionskostenzuschuß soll so hoch bemessen werden, daß die Energiegestehungskosten des Systems nach der Förderung wirtschaftlich sind. Natürlich sind auch andere Modelle, wie das der kostengerechten Vergütung denkbar, aber alle Modelle sind investitionsauslösend, auch wenn Investitionsgelder vorfinanziert werden (wie bei der kostengerechten Vergütung).

Bei der Berechnung der Förderquoten müssen deshalb folgende Aspekte Berücksichtigung finden:

- Entwicklung der Energiegestehungskosten des konventionellen Referenzsystems
- Energiegestehungskosten der betrachteten Technologie
- durchschnittliche Betriebs- und Unterhaltskosten der Technologie
- technologische Weiterentwicklung bis zum Jahr 2020

i.3.1 Energiegestehungskosten aus Solarenergie und rationeller Energienutzung und Ihre zukünftige Entwicklung

Die Energiegestehungskosten aus Solarenergie und aus der rationellen Energienutzung wurden für die jeweiligen Technologiebereiche durch Auswertung von Literaturquellen ermittelt und als Preisspannen dargestellt. Das gleiche gilt für die Betriebs- und Unterhaltskosten der einzelnen Systeme. Diese werden ausgedrückt in Prozent der Investitionskosten und werden bei der Berechnung der jährlich ausgelösten Investitionen mitberücksichtigt.

Wertet man die von verschiedenen Autoren durchgeführten Kostenreduktionsstudien aus, so werden insbesondere bei der Photovoltaik und der Solarthermie Senkungen der Energiegestehungskosten erwartet.

Für die Techniken im Bereich der rationellen Energieverwendung werden mit Ausnahme der Geothermie keine weiteren Kostenreduktionen angenommen. Eine genaue Abschätzung eventuell zu erwartender Kostenänderungen kann aufgrund mangelnder Datenquellen nicht erfolgen. Es wird hier angenommen, daß Kostensteigerungen und -senkungen sich ausgleichen und die Kosten gleich bleiben. Dieser Ansatz ist hier anwendbar, da so nur die minimal zu erwartenden Effekte berechnet werden.

Die Ergebnisse dieser Auswertungen sind in den folgenden Bildern und Tabellen dargestellt.

Tabelle i-2: Energiegestehungs- und Betriebskosten regenerativer Energien und rationeller Energienutzung

		EGK ^{a)}	BK (% IK) ^{a)}	Nutzungsdauer
		Fr./kWh	%	a
Direkte Sonnenenergie (Wärme)	Flachkollektoren	0,08-0,47	1	
	Röhrenkollektoren	0,47	1	
	unvergl. Kollektoren	0,05-0,08	1	
	Heutrocknung	0,03	1	
	Preispanne gesamt	0,03-0,47	1	20
Direkte Sonnenenergie (Strom)	Photovoltaik	0,8-1,52	1	20
Indir. Sonnenenergie (Strom)	Altholz	0,04-0,45	8	
	Restholz	0,04-0,45	8	
	Waldholz	0,04-0,45	8	
	Deponie-/Klärgas	0,11-0,22	4	
	Preispanne gesamt	0,04-0,45	7	20
Indir. Sonnenenergie (Wärme)	Altholz	0,05-0,21	8	
	Restholz	0,07-0,1	8	
	Waldholz	0,07-0,1	8	
	Stroh (W)	0,06-0,12	8	
	Biogas (W)	0,02-0,11	4	
	Preispanne gesamt	0,02-0,21	7	20
Passive Solarenergie ¹⁾		0,11-0,21	0	20
Energienutzung am Gebäude ²⁾	Fenster und Gebäudehülle	0,0-0,09	0	20
Haustechnik ³⁾	Heizanlage (W)	0,01	10	
	Lüftung WRG (W)	0,19	5	
Stromeinsatz ⁴⁾		0,01-0,14	0	10
Prozeßwärme Industrie ⁵⁾		0,09	5	20
Verkehr ⁶⁾		0,03-0,1	0	10
Wärmepumpen ⁷⁾		0,07-0,2	4	15
WKK mit fossilen ET ⁸⁾		0,04-0,3	8	20
Geothermie ⁹⁾		0,02-0,21	2	20

^{a)} EGK = Energiegestehungskosten, BK = Betriebskosten, IK = Investitionskosten

Quellen: 1) EBP, Oktober 1996; 2) IWU, September 1997; Altner; et al, 1995; Stadtwerke Gelsenkirchen, November 1995; 3) IWU, September 1997; Stadtwerke Gelsenkirchen, November 1995; 4) Weizsäcker, E.U. von, 1997; Ökoinstitut, Wuppertal-Institut, 1994; 5) Weizsäcker, E.U. von, 1997; Altner; et al, 1995; Prognos; et al., Dezember 1994; 6) EBP, Oktober 1996; 8) EBP, Oktober 1996; Nussbaumer, T., Juli 1997; Prognos; et al., Dezember 1994; 9) EBP, Oktober 1996; Meliš, M., 1998; Teres II, 1996

Tabelle i-3: Entwicklung der Energiegestehungskosten regenerativer Energien und rationeller Energienutzung 1997 bis 2020 in Fr./kWh

	1997		2010		2020	
	von	bis	von	bis	von	bis
Direkte Sonnenenergie (Wärme)	0,03	0,47	0,03	0,31	0,03	0,13
Direkte Sonnenenergie (Strom)	0,80	1,52	0,40	0,75	0,13	0,30
Indir. Sonnenenergie (Strom)	0,04	0,45	0,04	0,39	0,03	0,33
Indir. Sonnenenergie (Wärme)	0,02	0,21	0,02	0,19	0,02	0,19
Solarpassiv	0,11	0,21	0,11	0,21	0,11	0,21
Fenster und Gebäudehülle	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09
Haustechnik	0,01	0,19	0,01	0,19	0,01	0,19
Stromeinsatz	0,01	0,14	0,01	0,14	0,01	0,14
Prozeßwärme Industrie	0,01	0,09	0,01	0,09	0,01	0,09
Verkehr	0,03	0,10	0,03	0,10	0,03	0,10
Wärmepumpen	0,07	0,20	0,07	0,20	0,07	0,20
WKK mit fossilen ET	0,04	0,30	0,04	0,30	0,04	0,30
Geothermie	0,02	0,21	0,02	0,20	0,02	0,19

Quellen : EBP, Oktober 1996; IWU, September 1997; Altner; et al, 1995; Stadtwerke Gelsenkirchen, November 1995; Weizsäcker, E.U. von, 1997; Ökoinstitut, Wuppertal-Institut, 1994; Prognos; et al., Dezember 1994; EBP, Oktober 1996; EBP, Oktober 1996; Nussbaumer, T., Juli 1997; Meliß, M., 1998; Teres II, 1996; AG Solar '91, Oktober 1997; EUREC, November 1994a; und eigene Berechnungen

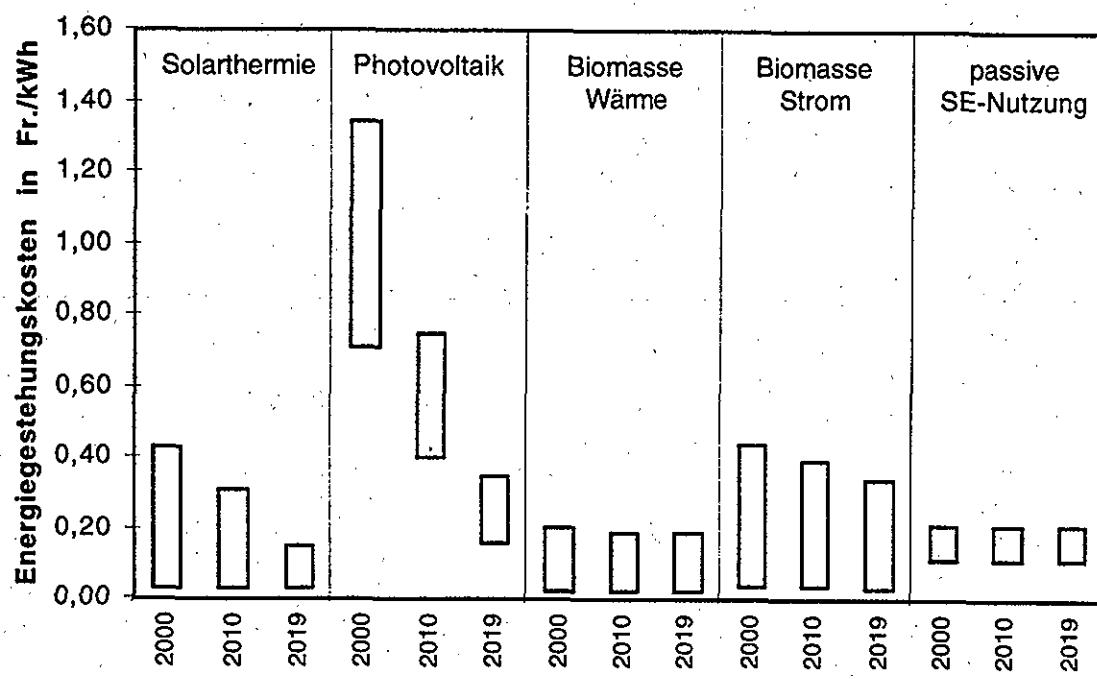


Abb. i-1: Kostenentwicklung der Solarenergie (WI-SuisseEE Studie)

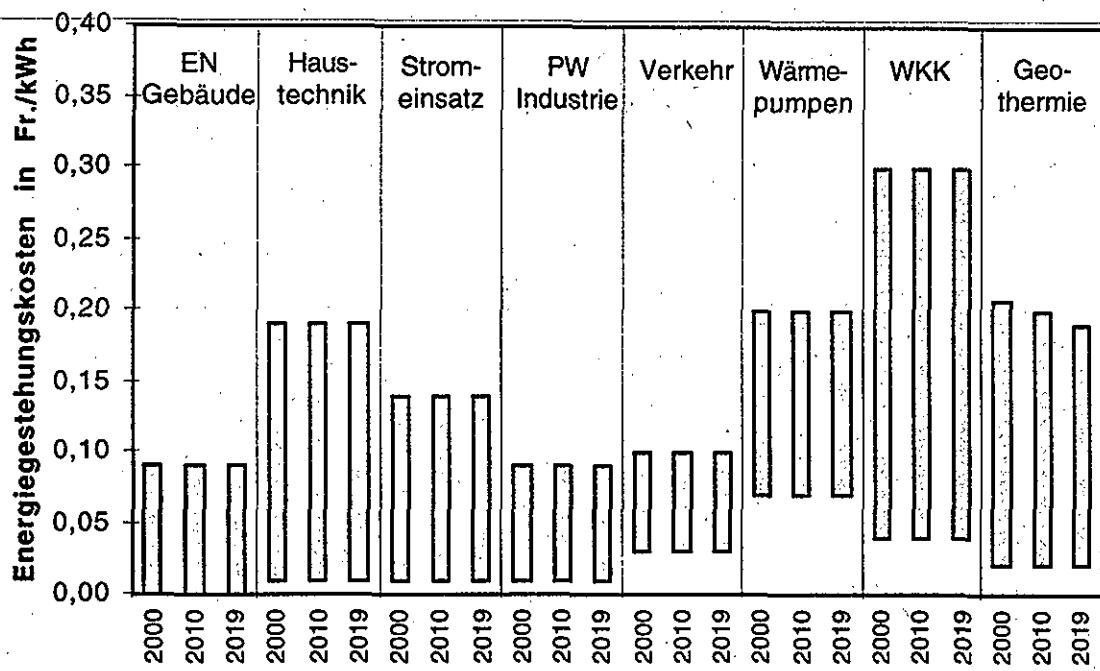


Abb. i-2: Kostenentwicklung rationeller Energieverw. (WI-SuisseEE Studie)

i.3.2 Jährlich ausgelöste Gesamtinvestitionen

Bei dem gewählten Berechnungsansatz wurden für die jeweiligen Techniken Preisspannen angegeben. Aufgrund dessen ergeben sich für die ausgelösten Gesamtinvestitionen ebenfalls Bandbreiten. Nachfolgend wird deshalb von einem optimistischen und einem pessimistischen Ausbauszenario gesprochen. Das optimistische Ausbauszenario berücksichtigt nur die Förderung der jeweils kostengünstigsten Techniken, was zur Folge hat, daß mit den Fördergeldern maximale Investitionen ausgelöst werden könnten. Das pessimistische Ausbauszenario stellt im Gegensatz dazu die Minimalvariante dar, bei der die kostenungünstigsten Techniken gefördert werden und somit die Fördermittel nur eine minimale auslösende Wirkung auf Investitionen besitzen. Den Mittelwert dieser beiden Szenarien bildet das sog. mittlere Ausbauszenario.

Beim optimistischen Ausbauszenario liegen die Gesamtinvestitionen zu Beginn des Betrachtungszeitraumes im Jahr 2000 bei ca. 8 Mrd. SFr., im Jahr 2010 bei ca. 10,7 Mrd. SFr. und zum Ende des Betrachtungszeitraumes im Jahr 2019 bei ca. 14 Mrd. SFr. Die jährlichen Investitionen für die Installation von Anlagen bleiben über den gesamten Zeitraum annähernd konstant und betragen im Mittel 7,9 Mrd. SFr. Die jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten hingegen steigen kontinuierlich bis auf einen Wert von 5,7 Mrd. SFr. im Jahr 2019 an.

Aus der Division der ausgelösten Investitionen (ohne Betriebs- und Unterhaltskosten) und den eingesetzten Fördermitteln läßt sich die Hebelwirkung der eingesetzten Fördermittel berechnen. Für das Jahr 2000 und 2010 ergibt sich eine Hebelwirkung von 9,4, für das Jahr 2019 eine Hebelwirkung von 10.

Beim pessimistischen Ausbauszenario liegen die Gesamtinvestitionen zu Beginn des Betrachtungszeitraumes im Jahr 2000 und 2010 bei ca. 4,7 Mrd. SFr., zum Ende im Jahr 2019 bei ca. 5,8 Mrd. SFr. Die jährlichen Investitionen für die Installation von Anlagen nehmen bis zum Jahr 2015 kontinuierlich ab, begründet durch die Tatsache, daß im Laufe der Zeit immer kostenungünstigere Techniken, d.h. solche Techniken, deren Energiegestehungskosten im oberen Bereich der Preisspanne liegen, gefördert werden. Die jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten hingegen steigen kontinuierlich bis auf einen Wert von 1,8 Mrd. SFr. im Jahr 2019 an.

Im Jahr 2000 liegt die Hebelwirkung der eingesetzten Fördermittel bei 5,5, im Jahr 2010 liegt der Faktor niedriger bei 4,1, im Jahr 2019 ist eine Hebelwirkung von 4,7 zu verzeichnen.

In einem mittleren Szenario betragen im Jahr 2000 die ausgelösten Gesamtinvestitionen ca. 6,4 Mrd. SFr. Über den betrachteten Zeitraum von 20 Jahren werden im Durchschnitt jährlich Anlagen mit einem Kostenvolumen von 5,9 Mrd. SFr. errichtet. Die Aufwendungen Betriebs- und

Unterhaltskosten steigen kontinuierlich bis auf einen Wert von ca. 3,75 Mrd. SFr. im Jahr 2019 an. Im Jahr 2000 liegt die Hebelwirkung der eingesetzten Fördermittel bei 7,4, im Jahr 2010 liegt der Faktor niedriger bei 6,8, im Jahr 2019 ist eine Hebelwirkung von 7,4 zu verzeichnen.

i.3.3 Beschäftigungseffekte einer verstärkten Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung in der Schweiz

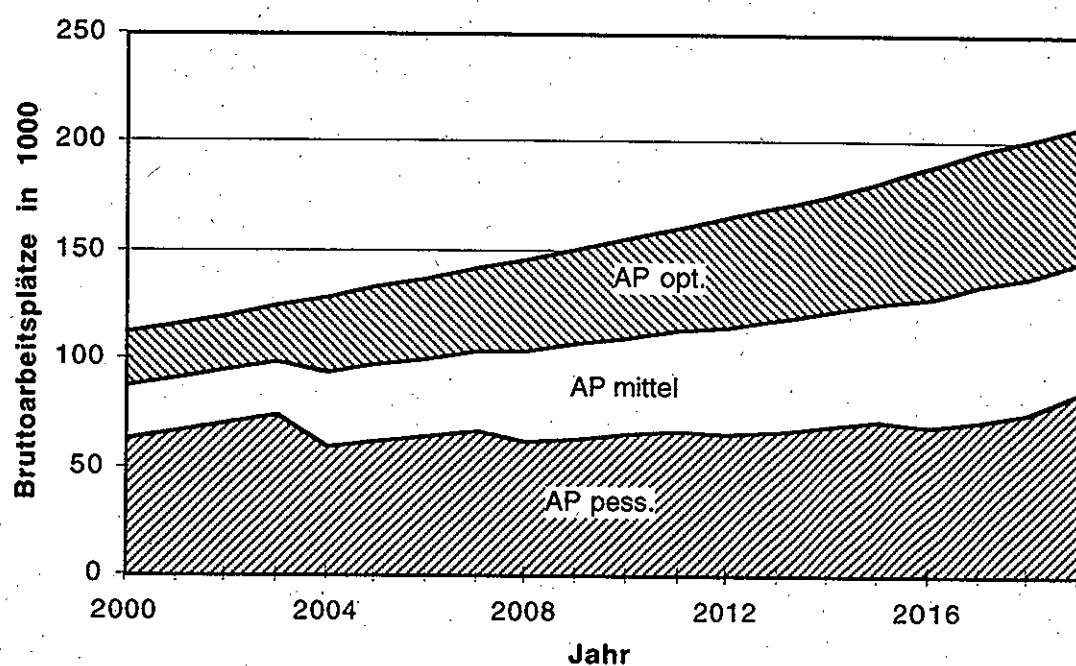
Infolge der Einführung des Solarrappens in Höhe von 0,5 Rp/kWh und der sich hieraus zu berechnenden Einnahme von rd. 880 Mio. Fr. pro Jahr werden sich aufgrund der vorgesehenen Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung auf der Verwendungsseite positive gesamtwirtschaftliche Effekte ergeben. Ohne die negativen Effekte auf der Erhebungsseite zu berücksichtigen, werden im folgenden die resultierenden Bruttobeschäftigungseffekte bis auf Sektorenebene analysiert und dahingehend ausgewiesen, inwiefern sie durch Neuinvestitionen bzw. laufende Betriebskosten ausgelöst werden.

Dabei wird auf ein statisches Input-Output-Modell zurückgegriffen, welches einerseits die notwendigen Vorleistungslieferungen aller 37 unterschiedenen Wirtschaftsbereiche berücksichtigt und andererseits um den sogenannten "Keynes'schen Einkommensmultiplikator" erweitert, auch die resultierenden Arbeitsplatzeffekte eines gesteigerten Volkseinkommens in der Schweiz abbilden kann. Zu berücksichtigen ist dabei, daß ein Teil des durch den "Solarrappen" in der Schweiz erhobenen Finanzvolumens infolge der aktuellen, branchenspezifischen Importquoten zu positiven Beschäftigungseffekten in den Importländern führen wird. Im Rahmen dieser Studie wird auf eine Quantifizierung dieser Arbeitsmarktauswirkungen verzichtet.

Den jährlichen Verlauf der resultierenden Bruttobeschäftigungseffekte und deren durchschnittliche sektorielles Verteilung für beide Szenarien zeigt Abbildung i-3.

Dabei wird ersichtlich, daß sich die Gesamtzahl der neu geschaffenen Arbeitsplätze im pessimistischen Szenario über den betrachteten Zeitraum ausgehend von rd. 60.000 im Jahr 2000 bis auf rd. 85.000 im Jahr 2019 nur leicht positiv verändert. Das optimistische Szenario hingegen zeigt eine stetig steigende Gesamtzahl neu geschaffener Arbeitsplätze, wobei sich die Höhe der insgesamt ausgelösten Effekte innerhalb der betrachteten 20 Jahre ausgehend von rd. 112.000 neuen Arbeitsplätzen bis auf rd. 207.000 neu beschäftigte Personen nahezu verdoppelt. Das mittlere Szenario zeigt eine stetig steigende Gesamtzahl neu geschaffener Arbeitsplätze, wobei sich

die Höhe der insgesamt ausgelösten Effekte ausgehend von rd. 88.000 neuen Arbeitsplätzen innerhalb der betrachteten 20 Jahre auf rd. 145.000 erhöht.



Mittlere sektorelle Verteilung

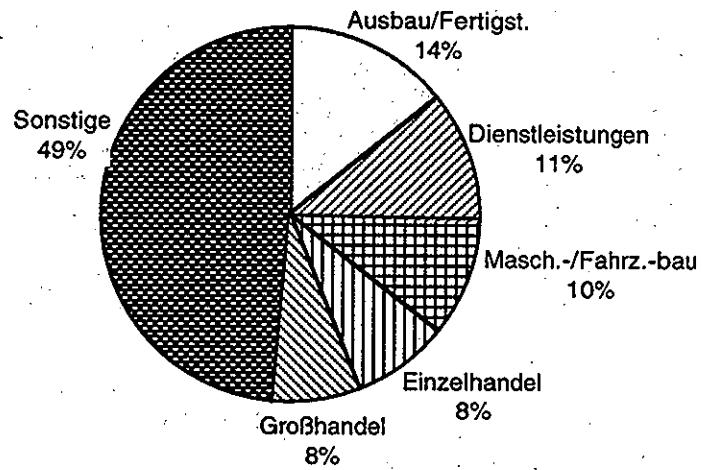


Abbildung i-3: Verlauf der jährlichen Bruttobeschäftigungseffekte im pessimistischen, optimistischen und mittleren Szenario einer Einführung des Solarrappens und deren mittlere sektorelle Verteilung
Quelle : WI-SuisseEE Team, 1998

Die aus den Aktivitäten der Solarinitiative resultierenden Netto-Arbeitsplätze können im Rahmen dieser Studie nur abgeschätzt werden. Die Netto-Arbeitsplatzeffekte werden nicht branchenspezifisch aufgeschlüsselt. Eine Unterscheidung zwischen im In- oder Ausland entstehenden Arbeitsplatzeffekten kann aus methodischen Gründen nicht getroffen werden. Es wird nur die Gesamtheit der entstehenden Verdrängungseffekte betrachtet. Aussagen über die sich möglicherweise ändernde Import-Export-Struktur der Schweiz infolge des verstärkten Einsatzes erneuerbarer Energien können nicht getroffen werden.

Analysiert man allerdings die sektorelle Struktur der erzeugten Bruttarbeitsplätze so wird ersichtlich, daß ein großer Teil dieser Arbeitsplätze nur vor Ort (also in der Schweiz) aktiv sein können. Insbesondere gilt dies für die geschaffenen Arbeitsplätze aus den Kosten des Betriebes und des Unterhalts der Anlagen aus erneuerbaren Energien, diese sind im Mittel aller drei Szenarien bei ca. 35% der Arbeitsplätze.

Bei einer detaillierteren Analyse erkennt man weitere große Arbeitsplatzpotentiale die in jedem Fall in der Schweiz entstehen werden. Zum Beispiel kann im realistischen Szenario mit einem positiven Bruttobeschäftigungseffekt auf der Verwendungsseite in Höhe von rd. 112.000 neu beschäftigten Personen im Durchschnitt des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren gerechnet werden. Dabei entfallen ca. 16.000 neue Arbeitsplätze auf den Sektor "Ausbau gewerbe/Fertigstellung", wobei ca. 40% dieser Beschäftigungseffekte neue Arbeitsplätze durch die laufenden Betriebskosten verursacht werden. An zweiter Stelle profitiert die Wirtschaftsbranche "Allgem. Dienstleistungen, Consulting" von einer Förderung regenerativer und rationeller Energietechniken. In diesem Sektor werden durchschnittlich ca. 13.000 neue Arbeitsplätze entstehen. Dabei liegt der Anteil der durch Betriebskosten ausgelösten Beschäftigungseffekte in diesem Sektor bei lediglich ca. 14 %. Im Bauhauptgewerbe entstehen ca 9000 neue Arbeitsplätze, fast ausschließlich durch Investitionen. Im "Einzelhandel" entstehen ca. 9.000 neu geschaffenen Arbeitsplätze (ca. 23 % infolge von Betriebskosten ausgelöst). Dieses sind Branchen die im wesentlichen vor Ort, dort wo die Anlagen erneuerbarer Energie installiert werden arbeiten müssen.

Die weiteren hauptsächlich profitierenden Wirtschaftsbereiche sind "Maschinen-/Fahrzeugbau" mit ca. 11.000 Beschäftigten (durch Betriebskosten ausgelöster Anteil: ca. 17 %), sowie "Großhandel" mit ca. 9.000 neuen Beschäftigten (ca. 42 % durch laufende Betriebskosten ausgelöst). Die restlichen ca. 45.000 neuen Arbeitsplätze werden bei einem durch Betriebskosten ausgelösten Beschäftigtenanteil von ca. 26 % in den übrigen 31 Sektoren (z.B. Elektronik, Transport etc.) auftreten. Bei diesen Branchen hängt der Anteil der Arbeitsplätze wesentlich davon ab inwieweit die Schweiz selber Produzent der Anlagentechnologien wird.

Des Weiteren kann die Elastizität des Arbeitsmarktes nicht genau erfaßt werden. Ein Förderprogramm wie die Solarinitiative, mit einem jährlichen Fördermittelaufkommen von 880 Mio. Franken, wird nicht sprunghaft, sondern über den Zeitraum mehrerer Jahre, eingeführt werden. Dies bedingt, daß sich sowohl die ausgelösten Investitionen als auch die positiven und negativen Arbeitsplatzeffekte nicht sprunghaft einstellen werden. In der Realität werden mehrere Jahre vergehen, bis das Förderprogramm in vollem Umfang wirksam wird. Aus methodischen Gründen konnte die Einführungsphase des Förderprogramms nicht modelliert werden. Die Berechnungen dieser Studie basieren auf der Annahme, daß die Fördergelder in vollem Umfang zur Verfügung stehen und vollständig von Seiten der Investoren abgefragt werden.

Ausgehend von den ausgelösten Investitionen in den einzelnen Technologiebereichen im mittleren Szenario lassen sich unter Berücksichtigung der mittleren Energiegestehungskosten die Energieeinsparungen bzw. -substitutionen in den Bereichen Wärme und Strom berechnen. Die Substitution bzw. Einsparung von Strom oder Wärme führt in den Bereichen der Mineralöl-, Gas- und Elektrizitätswirtschaft zu Minderumsätzen.

Die Minderumsätze werden als Bruttoumsätze angegeben, d.h. Steuern und Abgaben werden nicht explizit herausgerechnet. Zur Abschätzung der direkten Negativeffekte werden die Minderumsätze in den Bereichen der Elektrizitäts-, Gas- und Mineralölwirtschaft mit den spezifischen Brutto-Wertschöpfungskoeffizienten dieser Branchen verknüpft. Die Brutto-Wertschöpfungskoeffizienten können auf Basis des Produktionskontos des Bundesamtes für Statistik geschätzt werden. Die verwendeten Wertschöpfungskoeffizienten wurden /Infras, September 1997/ entnommen. Der Wertschöpfungskoeffizient für den Bereich Wärme ergibt sich aus einem gewichteten Mittelwert der Wertschöpfungskoeffizienten der Bereiche Mineralölwirtschaft und Elektrizitätsversorgung. Er beträgt 180.000 Franken pro Person. Die Gewichtung erfolgte gemäß den Berechnungen in /Infras, September 1997/. Der spezifische Wertschöpfungskoeffizient für den Bereich Elektrizität wurde zu 265.000 Franken pro Person angenommen.

Berücksichtigt man bei der Ermittlung der spezifischen Wertschöpfungskoeffizienten die verschiedenen Steuersätze, die auf die einzelnen Energieträger erhoben werden, so ergeben sich Wertschöpfungskoeffizienten von 215.000 Fr./Pers. im Bereich der Elektrizität (Steuersatz 30%) und 166.000 Fr./Person im Bereich Wärme (Steuersatz 0%). Für den Bereich Verkehr liegt der spezifische Wertschöpfungskoeffizient bei 110.000 Fr./Pers (Steuersatz 80%). Die Fiskalverluste wurden mit 100.000 Fr./Pers. veranschlagt.

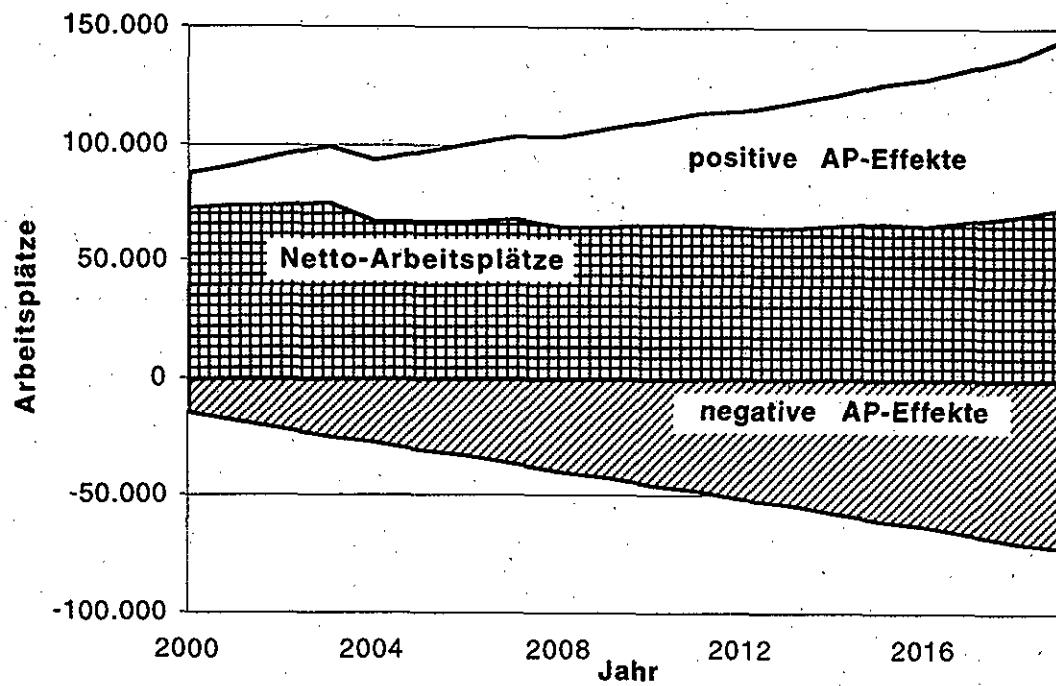


Abbildung i-4: Bilanz positiver und negativer Beschäftigungseffekte (ohne Berücksichtigung von Fiskalverlusten) einer Einführung des Solarrappens (mittleres Szenario)

Quelle : WI-SuisseEE Team, 1998

Als Energieimportquote wird ein Pauschalwert von 30% angesetzt (Infras, September 1997). Für die Abschätzung der Netto-Arbeitsplätze wurde davon ausgegangen, daß die entstehenden Minderausgaben in vollem Umfang beschäftigungswirksam werden.

Für den betrachteten Zeitraum von 20 Jahren ergeben sich maximale Energieeinsparungen bzw. -substitutionen in Höhe von insgesamt ca. 90 TWh (ca. 50 TWh bei Wärme und ca. 40 TWh bei Strom). Analog dazu entwickeln sich die Umsatzeinbußen in der Energieversorgungswirtschaft. Diese belaufen sich für den Zeitraum von 20 Jahren auf insgesamt ca. 153 Mrd. Franken.

Infolge dessen liegen die negativen Beschäftigungseffekte bei durchschnittlich 44.000 Arbeitsplätzen. Bilanziert man die positiven (ca. 112.000) und die negativen Brutto-Arbeitsplatzeffekte so ergeben sich für das betrachtete Szenario ohne Berücksichtigung der Fiskalverluste positive Netto-Beschäftigungseffekte in Höhe von durchschnittlich 68.000 Arbeitsplätzen. Werden die Fiskalverluste mitberücksichtigt, liegen die positiven Beschäftigungseffekte in der Höhe von durchschnittlich 63.000 Arbeitsplätzen.

i.3.4 Diskussion und Vergleich der Arbeitsplatzeffekte mit bestehenden schweizerischen Studien

Die Annahmen und Ergebnisse von fünf schweizerischen Veröffentlichungen und der WI-SuisseEE Studie zeigt die folgende Tabelle im Überblick. Die Studien stützen sich zum Teil auf empirisch ermittelte Daten aus aktuellen Förderprogrammen in der Schweiz (Infras, Econcept), zum anderen auf Perspektivrechnungen (Infras, EBP, Suter), die potentielle Fördermöglichkeiten und die sich daraus ergebenden Beschäftigungseffekte (z.B. Erhebung des Solarrappens) sowie der hier vorgestellten Ergebnisse. Allen gemeinsam ist die Tatsache, daß die Beschäftigungswirkungen nicht exakt quantifiziert werden können, da immer nur Abschätzungen an Hand von Modellrechnungen und Erfahrungswerten aus anderen Förderprogrammen erfolgen können.

Ein Vergleich der Studien zu Beschäftigungseffekten durch die Einführung erneuerbarer Energien und rationeller Energieverwendung muß den unterschiedlichen Charakter der jeweiligen Fördermaßnahme bzw. des Förderprogrammes berücksichtigen. Ein langfristiges Förderprogramm wie die Solarinitiative kann nicht direkt mit einem Impulsprogramm, wie das Investitionsprogramm Energie 2000, verglichen werden.

Ein Impulsprogramm beabsichtigt die kurzfristige Förderung von Technologien, die nahe der Wirtschaftlichkeit sind. In diesem Fall können mit geringem Förderaufwand (geringes Fördervolumen, geringe Förderquoten) Mittel große Wirkungen in Bezug auf die getätigten Investitionen erreicht werden. Von einer solchen kurzfristigen Anschubfinanzierung sind keine langfristigen und anhaltenden Effekte in Bezug auf Arbeitsplätze zu erwarten.

Ein Technologieförderprogramm wie die Solarinitiative setzt auf eine langfristig angelegte Förderstrategie und berücksichtigt Technologien, die aus heutiger Sicht noch nicht wirtschaftlich im Vergleich zu konventionellen Technologien sind. Ein solches Förderprogramm bewirkt anhaltende Effekte in Bezug auf Arbeitsplätze und die schrittweise Einführung neuer Technologien in das bestehende Energiesystem. Vor diesem Hintergrund, der verschiedenen Strukturen der Programme (mit unterschiedlichen Hebelwirkungen) können Ergebnisse der dargestellten Studien nur bedingt miteinander verglichen werden.

Die Studien von /Infras, September 1997/, /Econcept, Juli 1996/ und /Infras, Mai 1997/ basieren auf den Auswertungen des Impulsprogrammes Energie 2000 bzw. Perspektivrechnungen zum Investitionsprogramm 97/99. Alle drei Studien analysieren die Wirkungen von Impulsprogrammen. Diese sind gekennzeichnet durch eine geringere Laufzeit und geringere finanzielle Mittel als z.B. bei der Solarinitiative. Die Impulsprogramme haben zum Ziel, bestehende wirtschaftliche

Energiesparpotentiale auszuschöpfen. /Infras, September 1997/ und /Econcept, Juli 1996/ betrachten die Beschäftigungswirkungen des Impulsprogrammes Energie 2000. Das Förderprogramm Energie 2000 gliedert sich in die Ressorts Wohnbauten, Gewerbe, Industrie, Spitäler, Treibstoffe und Regenerierbare Energien. Im Gegensatz zu der Solarinitiative und der WI-Studie wird hier der Schwerpunkt der Aktivitäten auf den Bereich der rationellen Energienutzung gelegt und untersucht. Die Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, daß ca. 7,5 Arbeitsplätze pro Mio. Franken netto geschaffen werden. In /Infras, Mai 1997/ werden die Wirkungen des Investitionsprogrammes des Bundes untersucht. Die Förderung erfolgt in den drei Bereichen Gebäudesanierungen, Heizung, Lüftung, Klima sowie erneuerbare Energien. Die Hebelwirkungen in den Bereichen liegen zwischen 10 (Gebäudesanierungen und Heizung, Lüftung, Klima) und 6 (erneuerbare Energien). Die Arbeitsplatzintensitäten liegen zwischen 11,1 und 12,5 pro Mio. Franken Investitionen. Auf Grund der relativ niedrigen Förderquoten, die typisch für ein Impulsprogramm sind, ergeben sich hohe Hebelwirkungen bei den ausgelösten Investitionen und hohe Arbeitsplatzeffekte.

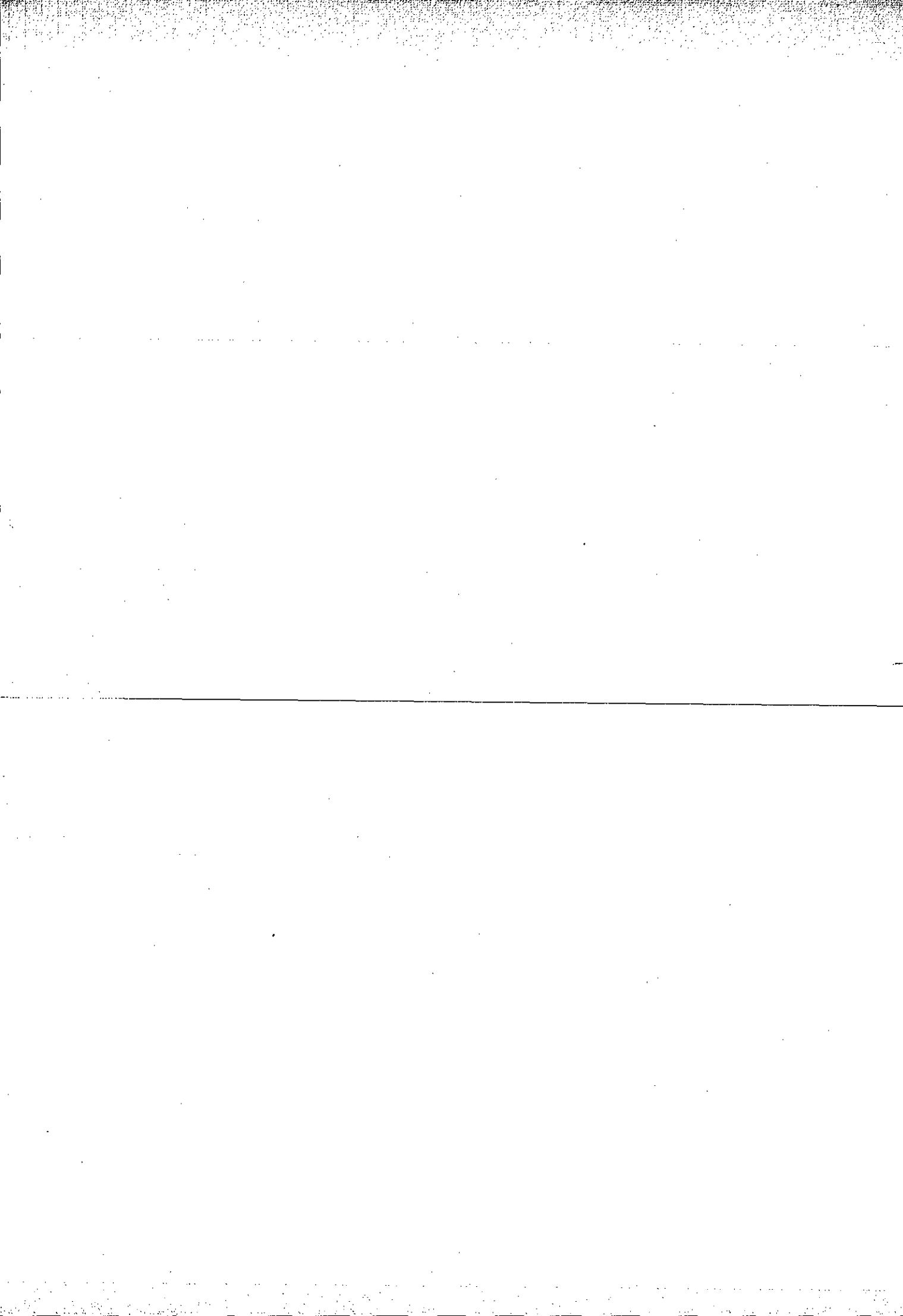
Inwieweit die Arbeitsplätze, die innerhalb eines Impulsprogrammes geschaffen werden sollen von dauerhafter Natur sind läßt sich nicht quantifizieren. Die Elastizität des Arbeitsmarktes bleibt unberücksichtigt, so daß nicht mit Sicherheit Aussagen darüber getroffen werden können, ob die ausgelösten Investitionen in der Kürze des Förderprogrammes beschäftigungswirksam werden können.

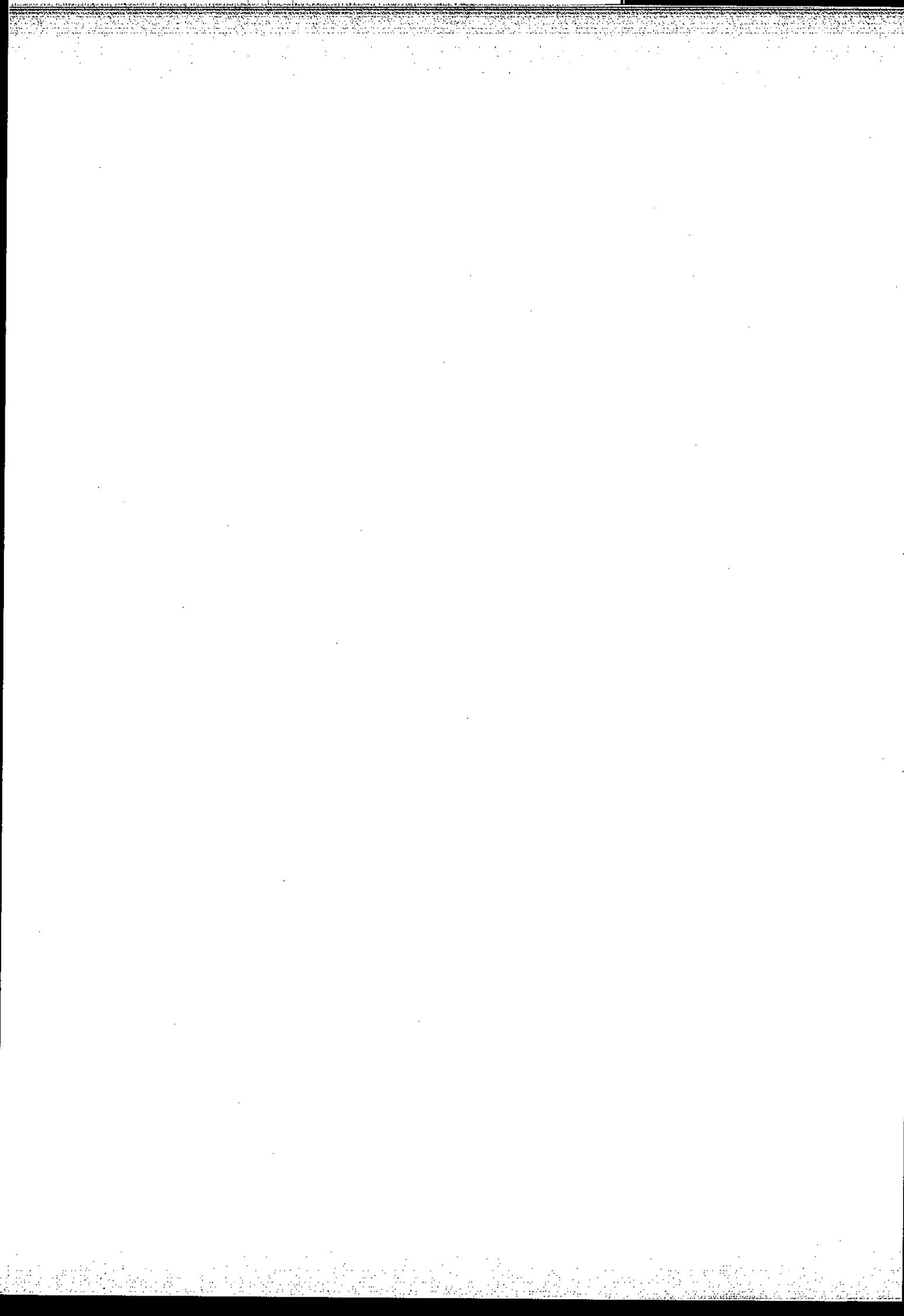
Die Berechnungen von /EBP, Oktober 1996/ zu den Auswirkungen der Solarinitiative weichen stark von allen anderen hier genannten Studien ab. Die Untersuchungsergebnisse weisen 4,1 Arbeitsplätze pro Mio. Franken. Grund dafür sind die z.T. verschiedenen Annahmen für die Berechnungen, die sich im wesentlichen in den unterschiedlichen Energiegestehungskosten, den unterschiedlichen Förderkonzepten und der Methodik zur Abschätzung der Netto-Arbeitsplatzeffekte darstellen.

Die Annahmen von /Suter, M.F., August 1996/ berücksichtigen keine branchen- und technologiespezifischen Details. Es werden pauschale Hebelsätze, die in der Größe zwischen 8 und 13,25 liegen, für die Berechnung herangezogen und mit den jeweils angenommenen Fördermitteln multipliziert. Die angenommenen Hebelsätze basieren aus Untersuchungen von Solarpreisprojekten, geförderten BEW-Projekten, Branchenerhebungen führender Schweizer Gewerbeverbände (Hebelsatz für Photovoltaik 0,4-5, Solarthermie 6-12, Holz 16) sowie auf den Bericht des Bundesrates zum Impulsprogramm. Die Untersuchungen kommen zu dem Schluß, daß zwischen 9,9 und 11,3 Arbeitsplätze pro Mio. Franken ausgelöst werden.

Tabelle i-4: Beschäftigungseffekte rationeller Energienutzung und erneuerbarer Energien in der Schweiz - Übersicht

Quellen	Förderbeitrag Mio. Fr. p.a.	Hebel- wirkung ^{*)}	Investitionen Mio. Fr. p.a.	Arbeitsplätze pro Jahr	Arbeitsplätze pro Mio. Fr. ^{*)}
Auswertung der Erfahrungsberichte bzgl. des Förderprogrammes Energie 2000					
Infras, September 1997	15,1	13,3	202	1.520	7,5
Econcept, Juli 1996			216 (1990 - 1995)	1.100 (in 1995)	
Perspektivrechnungen bzgl. der Beschäftigungswirkungen					
Infras, Mai 1997 in 97-99	64		524	6.500 brutto	12,4
EBP, Oktober 1996	840	3,1	2.600	10.700	4,1
Suter, M.F., Aug. 96 Solar 91/Solarpreis 97	200	8	1.600	16.000	10
Variante 1 (SWISSO-LAR 1997-Programm)	200	13,25	2.650	30.000	11,3
V. 2 (Bundesrat/Impulsprogramm, IP-1993)	528	8	4.224	42.000	9,9
V. 3 (0,3 Rp/kWh-gem. SWISSOL/E-2000/IP-97)	1.056	8	8.448	84.000	9,9
V. 4 (0,6 Rp/kWh-gem. SWISSOL/E-2000/IP-97)	1.056	13,25	13.992	158.000	11,3
WI-SuisseEE Studie, 1998					
pess. Szenario	880	min: 5,3 max: 6,9 Ø: 5,9	4.400 5.800 5.000	59.000 85.000 68.000	13,4 14,6 13,6
opt. Szenario	880	min: 9,7 max: 16,8 Ø: 13,1	8.100 14.000 10.900	112.000 207.000 155.000	13,8 14,7 14,2
mittl. Szenario (Berechnung der Brutto-AP)	880	min: 7,7 max: 11,9 Ø: 9,5	6.500 10.000 7.900	88.000 146.000 112.000	13,5 14,6 14,1
mittl. Szenario (Abschätzung der Netto-AP)	880	Ø: 9,5	7.900	68.000	8,6



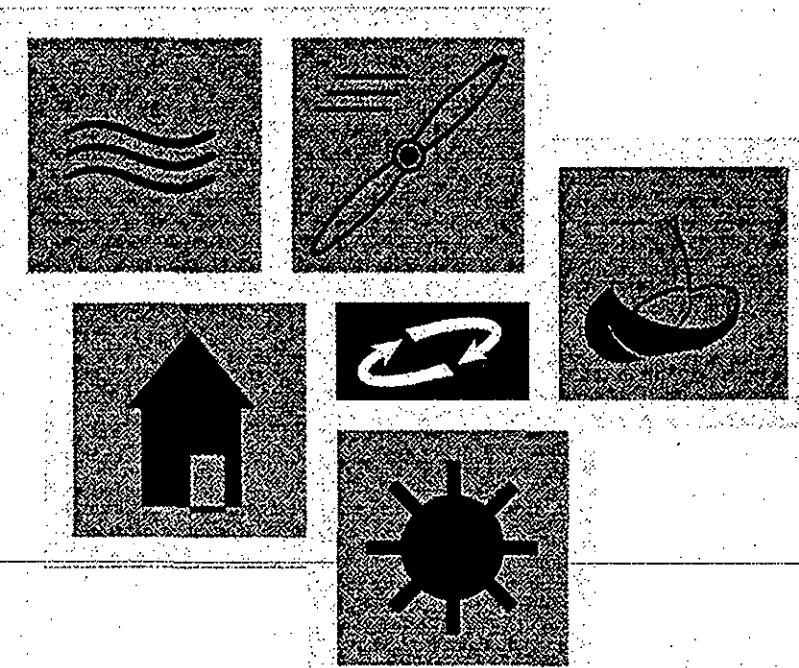


1 AKTUELLER STATUS UND MÖGLICHE ZUKÜNTIGE ENTWICKLUNG DER ERNEUERBAREN ENERGIEN

1-1

1.1	Darstellung des Entwicklungsstandes der erneuerbaren Energietechnologien	1-2
1.1.1	Photovoltaik	1-2
1.1.2	Solarthermie	1-10
1.1.3	Biomasse	1-19
1.1.4	Windenergie	1-24
1.2	Aktueller Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung und ihre historische Entwicklung	1-29
1.2.1	Status der erneuerbaren Energien	1-32
1.2.2	Rationelle Energienutzung: Sonnengerechte Architektur	1-36
1.2.3	Wärmepumpen (WP)	1-38
1.2.4	Niedertemperatur- Kollektoranlagen	1-39
1.2.5	Hochtemperatur- Kollektoranlagen	1-40
1.2.6	Wasserkraftwerke	1-40
1.2.7	Windenergianlagen (WEA)	1-42
1.2.8	Photovoltaik-Generatoren	1-45
1.2.9	Energie aus Biomasse	1-49
1.3	Beispielhafte Auswertung der Entwicklung der erneuerbaren Energien der mit der Schweiz vergleichbaren Länder	1-51
1.3.1	Photovoltaik in Nordrhein-Westfalen (Deutschland)	1-51
1.3.2	Solarthermie im Vergleich zwischen Österreich und Griechenland	1-56
1.3.3	Biomassenutzung in Österreich	1-58
1.3.4	Windenergienutzung in Deutschland und Dänemark	1-59
1.4	Pläne und Diskussionen der Europäischen Union im Bereich der erneuerbaren Energien bis 2010	1-61
1.4.1	Hintergrund	1-61
1.4.2	Das Weißbuch der EU	1-62

1 AKTUELLER STATUS UND MÖGLICHE ZUKÜNSTIGE ENTWICKLUNG DER ERNEUERBAREN ENERGIEN



1.1 DARSTELLUNG DES ENTWICKLUNGSSTANDES DER ERNEUERBAREN ENERGIETECHNOLOGIEN¹

1.1.1 Photovoltaik

1.1.1.1 Funktionsprinzip

Photovoltaik ist die Umwandlung von Licht in Strom. Im einzelnen funktioniert eine Photozelle wie folgt: Nachdem ein Lichtquant (Photon) die ersten Schichten der Solarzelle durchquert hat, wird es in der positiv-leitenden Schicht (p-Region) des Halbleitermaterials absorbiert. Ist die Energie des Photons hoch genug, dann ist es imstande, ein Elektron von seinem Platz im Halbleitermaterial zu entfernen und so ein Paar entgegengesetzter Ladungsträger zu erzeugen, nämlich ein negativ geladenes Elektron und eine positiv geladene Leerstelle, ein sogenanntes Defektelektron. Diese beiden Ladungsträger werden durch das elektrische Feld getrennt, so daß sich in der negativ-leitenden (n-leitend) Schicht der Solarzelle Elektronen konzentrieren und in der positiv-leitenden Schicht Löcher. Verbindet man nun diese beiden Schichten von außen durch einen Stromverbraucher, dann fließen die Elektronen wieder auf die positiv-leitende Seite der Solarzelle und schließen dort die Löcher (sie rekombinieren mit den Löchern). Anschließend beginnt der Prozeß von vorne. Es fließt ein elektrischer Strom, solange Sonne auf den Halbleiter scheint.

Verbindet man mehrere Solarzellen elektrisch miteinander, erhält man die nächst größere Einheit photoelektrischer Energieumwandlung, ein Solarmodul. Dieses Modul wird durch Glas und Kunststoff vor äußeren Einflüssen geschützt.

Meistverwandtes Material für die Solarzellen ist Silizium in monokristalliner, multikristalliner oder amorpher Struktur.

Solarzellen können in unterschiedlichen Größen eingesetzt werden, angefangen von kleinen Einheiten mit niedriger Watt Leistung in Taschenrechnern und Uhren bis hin zu großen Anlagen mit höherer Megawatt Leistung.

Zur Zeit kommt eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien für eine photovoltaische Energieumwandlung in Frage. Man unterscheidet zwischen auf Silizium basierenden Halbleitern,

¹ Dieser Teil der Studie stellt die Situation Mitte 1998 wieder, in einigen Bereichen (z.B. Wind) hat sich die Situation stürmisch weiterentwickelt.

Verbindungshalbleitern und elektrolytischen Grundstoffen für eine photovoltaische Energieumwandlung. Innerhalb der Materialiengruppen kann man die verschiedenen Solarzellentypen nach der Kristallisationsstruktur ihrer Ausgangsmaterialien klassifizieren. Man unterscheidet üblicherweise zwischen mono- oder einkristallinen und multikristallinen Solarzellen. Aus Silizium werden auch amorphe Zellstrukturen produziert, die heute als eine kostengünstige Alternative betrachtet werden.

Silizium ist nach wie vor das in der Photovoltaik am häufigsten verwendete Material. Die höchsten Wirkungsgrade in der Siliziumtechnologie werden mit experimentellen monokristallinen Solarzellen erreicht, die nach dem Zonenschmelzverfahren hergestellt worden sind. Bisher können nur im Labormaßstab mit hocheffizienten Silizium-Solarzellen Wirkungsgrade von ca. 24% erzielt werden /Luther J., et al., 1997/. Dieses hochreine Material ist für die kommerzielle Anwendung allerdings sehr teuer. Für die Breitenanwendung von Photovoltaikzellen wird preiswerteres Material eingesetzt. Das Grundmaterial heutiger Silizium-Photovoltaikmodule ist »Abfall« aus der Siliziumproduktion für die Elektronikindustrie.

Konzentratorzellen sind ein weiteres Konzept zur Steigerung der Zellenwirkungsgrade. Bei dieser Sonderform der Modulkonstruktion wird über der Photozelle ein Spiegel- oder Linsensystem angeordnet. Das einfallende Sonnenlicht wird damit gebündelt und konzentriert auf die darunterliegende photoelektrische Schicht geleitet. Solche Systeme müssen der Sonne nachgeführt werden, weil sie nur die direkte, gerichtete Solarstrahlung nutzen können. Da bei dieser Technik erhebliche Anforderungen an die Reinheit des Materials und seine Fähigkeit, elektrische Energie zu erzeugen, gestellt werden, wird zur Zeit nur monokristallines Material aus Silizium oder Galliumarsenid verwendet.

Normalerweise besteht eine Solarzelle aus einer p-dotierten und einer n-dotierten Schicht. Beide Schichten des Kristalls müssen gezielt und gesteuert »verunreinigt« (dotiert) werden, damit sie ihre Eigenschaften erhalten. Bei den von Rudolf Hezel entwickelten MIS-I-Zellen kann auf eine n-dotierte Siliziumschicht verzichtet werden. Der für die Funktionsweise so wichtige pn-Übergang wird ersetzt durch einen Kontakt, der mit einem Metall (Aluminium), einem Isolator (Siliziumoxyd) und einer p-dotierten Siliziumschicht hergestellt wird, wodurch das erforderliche elektrische Feld entsteht. Diese Zellenkonstruktion erfordert weniger Herstellungsschritte als die herkömmlicher Siliziumzellen, und der Material- und Energieaufwand bei der Produktion ist geringer. Es wird erwartet, daß die Produktionskosten um zwanzig Prozent zurückgehen, wenn man diesen Vorteil kombiniert mit der bei Nukem entwickelten Großmodultechnik, die es erlaubt, Module mit einer Fläche von bis zu drei Quadratmetern statt des sonst üblichen halben Quadratmeters herzustellen /Hoffmann, W., Goethe, R.; 1993/.

Dünnenschichtzellen brauchen wesentlich weniger Material als »Dickschichtzellen«. Schon Schichten von wenigen Tausendstel Millimeter Dicke absorbieren mehr als 90 Prozent des Sonnenlichts. Der zweite entscheidende Vorteil liegt darin, daß die Zellen einfach in einer großtechnischen Produktion hergestellt werden können und als Schicht auf großflächige Substrate aufgetragen werden können. Das heute am weitesten verbreitete Dünnenschichtmaterial ist amorphes Silizium (a-Si). Die aktive Schichtdicke, in der das Sonnenlicht absorbiert wird, ist bei diesem Material typischerweise einen Tausendstel Millimeter dick /Fuhs, W., 1993/. Hohe Wirkungsgrade werden mit Multi-junction Zellkonstruktionen erreicht. Diese Zellen werden aus mehreren photoaktiven Schichten aufgebaut, die übereinander gestapelt werden. Jede Schicht holt sich ihre Energie aus einem bestimmten Wellenlängenbereich des Lichtes. Das Sonnenlicht wird also beim Durchgang durch die Schichten sukzessive absorbiert und in Photostrom umgewandelt. Die Schichten bestehen aus unterschiedlichen Siliziumlegierungen oder werden mit anderen Halbleitermaterialien kombiniert. Solche Strukturen werden auch als Tandem- oder Tripelsolarzellen bezeichnet, je nachdem, wie viele Schichten aufeinander folgen.

Das Problem der amorphen Solarzellen ist, daß der Wirkungsgrad nachläßt, sobald sie dem Licht ausgesetzt werden (Degradation). Der Wirkungsgrad fällt derzeit noch beträchtlich ab, und zwar meistens in den ersten hundert Betriebsstunden. Mit geeignetem Zellendesign ist zu erreichen, daß der Wirkungsgrad sich bei 85 bis 90 Prozent des Anfangswertes stabilisiert /Bloss, W.H., et al., Oktober 1993/.

Aber auch polykristallines Silizium läßt sich in dünnen Schichten auf preiswerte Substrate auftragen. Einige Forscher verwendeten erfolgreich Graphit oder graphitummantelte Keramik als Trägersubstrat. Glassubstrate konnten bisher nicht verwendet werden, da die Siliziumschichten bei zu hohen Temperaturen aufgetragen werden müssen. Mit einer Schichtdicke von einem zehntel Millimeter auf einem Keramiksubstrat wurde ein Wirkungsgrad von 15,7 Prozent erreicht. Verlängert man den Weg, den das Licht in der Zelle zurücklegt, durch effiziente Einkopplung und Streuung des Lichts sowie durch einen Reflektor auf der Rückseite der Zelle (Lichtfallengeometrie), dann könnte die Schichtdicke auf zwei bis drei Hundertstel Millimeter verringert werden. Bisher ist das Problem aber noch ungelöst, wie diese dünnen polykristallinen Schichten hergestellt werden sollen /Karg, F. H., 1993/.

Außer dem amorphen Silizium lassen sich auch sogenannte Verbindungshalbleiter als dünne Filme auf ein beliebiges Substrat auftragen und photovoltaisch nutzen, zum Beispiel auf Stahlblech, Fensterglas oder Dachziegeln. Stoffe wie Galliumarsenid (GaAs), Cadmiumtellurid (CdTe) und Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) sind in der Diskussion. Diese Halbleiter sind meist polykristallin, mit Ausnahme von Galliumarsenid, das auch monokristallin hergestellt wird. Ihr Wirkungsgrad

lässt nicht mit der Zeit nach. Galliumarsenid-Tandemzellen erreichen einen Wirkungsgrad von 35 Prozent, zur Zeit der höchste Wert in der Photovoltaik. Da Galliumarsenid aber sehr teuer ist, werden diese Zellen nur für Sonderanwendungen wie die Raumfahrt und konzentrierende Systeme in Betracht gezogen.

Für dünne, polykristalline Schichten von Verbindungshalbleitern in nicht konzentrierenden Systemen verwendet man heute insbesondere Zellen aus Cadmium-Indium-Diselenid und Cadmiumtellurid. Im Labor konnte der Wirkungsgrad bereits deutlich verbessert werden. In Zusammenarbeit verschiedener europäischer Labors entstand eine CIS-Zelle mit einem Umwandlungsfaktor von 16,9 Prozent. Nicht schlechter sind die Erfolge der Forscher mit CdTe; Wirkungsgrade bis zu 15,8 Prozent sind erreicht worden.

Licht kann auch in elektrischen Strom umgewandelt werden, wenn es auf eine Grenzschicht zwischen einem Halbleiter und einem Elektrolyten fällt. Eine Neuentwicklung, die Nano-Solarzelle von Michael Grätzel, soll in dem eigens gegründeten Institut für angewandte Photovoltaik (INAP) in Gelsenkirchen zur Marktreife gebracht werden. Das Sonnenlicht wird von einem Farbstoff eingefangen, der auf einer Titandioxyd-Schicht (TiO_2) haftet. Die TiO_2 -Partikel haben einen Durchmesser von 10 bis 20 Nanometer (Millionstel Millimeter); daher der Name Nano-Solarzelle. Wenn Licht auf den Farbstoff fällt, injiziert er Elektronen in das Leitungsband des Halbleiters Titandioxyd. Diese Elektronen werden über den einen der beiden elektrischen Anschlüsse der Zelle, die Kollektorelektrode, gesammelt und fließen von dort in einen äußeren Stromkreis zum Stromverbraucher. Die Gegenelektrode führt die Elektronen der Zelle wieder zu und schließt damit den Stromkreis. Der Farbstoff (Sensibilisator) und die Gegenelektrode werden durch einen flüssigen Elektrolyten voneinander getrennt. Dessen Aufgabe ist es, die Elektronen wieder auf den Sensibilisator zu transportieren, der nach der Elektroneninjektion positiv aufgeladen wurde.

Da der Elektrolyt flüssig ist, werden hohe Anforderungen an die Dichtigkeit des Systems gestellt. Deshalb gehört es zu den Zielen der Entwicklungsarbeiten an der Nano-Solarzelle, einen geeigneten Festelektrolyten zu finden. Der Wirkungsgrad dieser Zellen liegt nach Angaben des Herstellers derzeit bei 10 Prozent. Bei diffuser Strahlung steigt die Effizienz sogar auf 12 Prozent der eingestrahlten Energie. Diese Tatsache macht die Nano-Solarzelle für mitteleuropäische Breiten interessant. Die Ausbeute lässt sich noch weiter steigern, indem, wie bei den Tandem- oder Tripelzellen, verschiedene für bestimmte Wellenlängen sensible Farbstoffe kombiniert werden. Ein Vorteil ist auch, daß die Effizienz der Zelle nicht abfällt, wenn sie sich im Sonnenlicht aufheizt. Nano-Solarzellen könnte man deshalb zum Beispiel in Gebäudefassaden integrieren, und es wäre nicht notwendig, hinter den Modulen Luft zur Kühlung strömen zu lassen. Nicht zuletzt kann man den Farbstoff flexibel wählen und so bestimmen, welcher Frequenzbereich des Sonnenlichts zur

Stromerzeugung genutzt wird. Die erreichten Fortschritte bezüglich der Farbstoffstabilität und der Produktion von Modulen größerer Abmessungen lassen hoffen, daß Pilotproduktionen in einigen Jahren möglich sein werden.

1.1.1.2 Kosten der Photovoltaik

Die Energiegestehungskosten für photovoltaisch erzeugten Strom weisen eine große Bandbreite auf (siehe Tabelle 1-1). Günstige Anlagen produzieren Strom bei Energiegestehungskosten von 0,8 bis 1,1 Fr./kWh /AG Solar '91, Oktober 1997/, /Altner; et al., 1995/ und /Meliß, M., 1998/ nennen Kosten von 0,88 bis 1,52 Fr./kWh. Für die Schweiz lagen die Durchschnittskosten laut /SOFAS, Juli 1997/ bei 1,42 Fr./kWh. Die neuesten Anlagen aus der Schweiz in Suglio (180 kW_p) und Alpnoch (94 kW_p) liefern Solarstrom zu einem Preis von ca. 0,8 Fr/kWh /AG Solar 91,1998/. Die große Preisspanne ist aus noch mangelndem Kenntnisstand bei manchem Installateur, aus sehr unterschiedlichen Anlagengrößen und verschiedenen Aufstellungsverfahren zu erklären.

Tabelle 1-1: Energiegestehungskosten netzgekoppelter PV-Anlagen

Fr./kWh	Standort / Ertrag
0,8 - 1,1 ¹⁾	Schweiz / 875 kWh/kW _p
0,88 - 1,52 ²⁾	Deutschland / 875 bis 1250 kWh/kW _p
1,42 ³⁾	Schweiz / 825 kWh/kW _p
1,45 - 1,67 ⁴⁾	Deutschland / 800 bis 925 kWh pro kW _p

Quellen: 1) AG Solar '91, Oktober 1997; 2) Altner; et al., 1995; Meliß, M., 1998; 3) SOFAS, Juli 1997; 4) eigene Berechnungen nach dem NRW Modell zur kostengerechten Vergütung, Anlagen kleiner 5 kW_p, 1998.

Die Investitionskosten netzgekoppelter PV-Anlagen verteilen sich auf verschiedene Anlagenkomponenten. Die größten Kostenfaktoren sind die Solarmodule (50% bis 65%), die Wechselrichter (12% bis 14%) und die Montagekosten (9% bis 15%) /Lutz, H.-P., August 1996/. Die Kostenverteilung ist in Tabelle 1-2 für verschiedene Anlagengrößen dargestellt. Es zeigt sich, daß mit zunehmender Anlagengröße die Kosten pro installiertem Kilowatt sinken. Eine 1 kW-

Anlage kostet ca. 15.500 Fr./kW, eine 5 kW-Anlage weist spezifische Investitionskosten in Höhe von ca. 12.000 Fr./kW auf.

Tabelle 1-2: Aufteilung der Anlagendurchschnittskosten

	1 kW- Anlage	%	2 kW- Anlage	%	3 kW- Anlage	%	4 kW- Anlage	%	5 kW- Anlage	%
Solarmodule	7680	49,7	15360	57,8	23040	61,7	30720	63,2	38400	64,0
Montagekosten	2400	15,5	3200	12,0	4000	10,7	4800	9,9	5600	9,3
Wechselrichter	2160	14,0	3680	13,8	4800	12,9	6400	13,2	8000	13,3
Verkabelung, Schalter, Zähler	1844	11,9	2180	8,2	2516	6,7	2956	6,1	3436	5,7
Aufdachmon- tagegestell	800	5,2	1600	6,0	2400	6,4	3200	6,6	4000	6,7
Sonstiges	560	3,6	560	2,1	560	1,5	560	1,2	560	0,9
Gesamtkosten in SFr.	15444		26580		37316		48636		59996	
Gesamtkosten in SFr. pro kW	15444		13290		12439		12159		11999	

Quelle: /Lutz, H.-P., August 1996/.

1.1.1.3 Mögliche technologische Entwicklungen

Heutzutage ist Photovoltaik in der Regel nur für einige Stand-Alone Systeme und in der Dritten Welt wirtschaftlich einsetzbar. Für die netzgebundene Stromerzeugung ist sie zu teuer². Einer der Hauptgründe dafür sind hohen Produktionskosten für Solarmodule. Es existieren viele zukünftige Entwicklungen, die das Potential besitzen, die Kosten für Photovoltaik zu senken. Der Grund dafür, daß bisher keine drastische Kostenreduktion bei der Produktion von Modulen eingetreten ist, ist die noch fehlende Massenproduktion. Darüber hinaus hat die Verbesserung des Solarzellenwirkungsgrades erheblichen Einfluß auf die Stromgestehungskosten. Ein dritter Aspekt bei der künftigen Kostenreduktion sind die aus dem F+E-Bereich stammenden neu zu erwartenden Technologien, wie Dünnschichtzellen.

² Hierbei darf nicht vergessen werden, daß in den heutigen Energiepreise die ökologischen Kosten nicht enthalten sind und die Preisgestaltung durch Subventionen und Steuern verzerrt ist.

Vier Bereiche sind aus dem F+E-Bereich zu nennen:

1. Rohmaterial und Zellfabrikation

Neben den üblichen Materialien, wie mono-, polykristallines und amorphes Silizium existieren eine Menge weiterer neu erforschter Materialien mit höheren Wirkungsgraden. Für die Materialien GaAs, InP, Cu(Ga, In)(S, Se)₂, CdTe/CdS, FeS₂, b-FeSi₂, WS₂, WSe₂, MoS₂ und einige weitere Tandemstrukturen sind umfangreiche Untersuchungen durchgeführt worden. Der generelle Vorteil dieser PV-Zellen sind die geringen Materialkosten. Diese liegen in dem geringeren Materialbedarf, dem ausreichenden Rohstoffangebot, den flexiblen Design- und den guten Bearbeitungsmöglichkeiten begründet. Auf der anderen Seite sind die Herstellungskosten oft höher als bei Si-Zellen, oftmals gibt es Probleme bzgl. der Toxizität des Materials und der Fabrikationsprozesse sowie wegen der komplexen Technologie.

Ein anderes Preissenkungspotential liegt in neuen Fertigungsmethoden, wie z.B. dem Sägen im Multi-Wire-Verfahren, dem Ziehen von Zellen und der Automatisierung.

2. Konzentratoren

Wenn Konzentratortechniken oder Techniken mit Sonnennachführung in Betrieb gehen würden, könnte das Problem der Versorgung mit Halbleitermaterial und damit das Kostenproblem reduziert werden. Ein weiterer Vorteil dieser Technologie ist die Umweltverträglichkeit, da die energetischen Amortisationszeiten auf weniger als 1 Jahr reduziert würden. Ein Nachteil dieser Technologie ist die relativ große Größe einer Moduleinheit, welches die Anwendungsmöglichkeiten in dem bisher etablierten Markt reduziert. Ein weiteres Problem liegt in der möglichen Deformierung der Module durch Wind und Gravitation. Die Forschung muß dies auf ein akzeptables Maß begrenzen.

3. Module

Die Bemühungen sollten sich auf Standardisierung, Zuverlässigkeit und Umweltaspekte, wie Material- und Energieeinsatz und die Möglichkeiten der Wiederaufbereitung zurückgenommener Wafer aus gebrauchten Modulen, konzentrieren.

Bei der konventionellen Modulproduktion führen weitere Verbesserungen auf den Gebieten der Zellverschaltung und der Einbettung zu begrenzter Kostenreduzierung. Für beides werden bessere Automatisierungsverfahren benötigt, um Arbeitskosten zu senken.

Ein spezieller Forschungsaspekt liegt auf der Untersuchung gebäudespezifischer Module. Hierfür ist es notwendig, die Solarmodultechnologie mit Dachdecktechnologien zu kombinieren. Das Resultat muß ein architektonisch, technisch und ökonomisch befriedigendes Produkt sein, was folgende Anforderungen erfüllt:

- wetterbeständig
- mechanisch robust und haltbar
- einfach zu installieren und zu reparieren
- zuverlässige elektrische Verbindungen
- Einhaltung der Sicherheitsstandards
- ästhetische Integration, vorzugsweise für verschiedene Dach- und Wandtypen

Indem PV-Module zur Gebäudeintegration andere Dach- oder Fassadenmaterialien substituieren, können diese die Kosten stark reduzieren. Heutzutage sind gebäudeintegrierte Systeme an Fassaden im Vergleich zu anderen gängigen teuren Fassadenmaterialien wirtschaftlich einsetzbar.

4. PV-System-Technologie

Für alle anderen Systemkomponenten sind drastische Kostenreduzierungen erforderlich, um mit dem Fortschritt bei der Modultechnologie Schritt zu halten. F+E-Bemühungen sollten die Verbesserung der Systemzuverlässigkeit und der Standardisierung zum Ziel haben. Standardisierung ist notwendig, um die Komponenten verschiedener Hersteller miteinander kompatibel zu machen und um eine problemfreie Überwachung und Betriebsführung zu gewährleisten. Die Standardisierung von festen und nachgeführten Aufständen führen ebenfalls zu Kostensenkungen.

Ein wichtiger Punkt ist die Qualitätsverbesserung und die Kostensenkung bei der Spannungsaufbereitung. Hier muß die Zuverlässigkeit von Wechselrichtern verbessert werden. Bei einer größeren Nachfrage an Solarsystemen werden die Kosten für die Wechselrichterproduktion sinken.

Für gebäudeintegrierte Systeme gilt es, ein ästhetisch ansprechendes Erscheinungsbild und öffentliche Akzeptanz zu schaffen. Die Idee von Solarhäusern sollte verbreitet werden.

1.1.1.1 Mögliche zukünftige Kostenentwicklung

Zahlreiche Studien gehen davon aus, daß sich die Kosten für photovoltaisch erzeugten Strom mittelfristig (bis 2010) um 40 bis 60% reduzieren. Langfristig (bis 2020) werden in den Prognosen Kostenminderungen von 55 bis 75% gesehen. Grund für die starke Kostendegression sind sinkende Modul- und Komponentenpreise auf Grund von Massenproduktion sowie höhere Energieausbeute durch verbesserte Systemwirkungsgrade.

Tabelle 1-3: Geschätzte Kostenreduktion für photovoltaisch erzeugten Strom

2010	2020
50-60% ¹⁾	
40%	55% ²⁾
45%	bis 70% ³⁾
50% ⁴⁾	
	75% ⁵⁾

Quellen: 1) Altner; et al., 1995; 2) Weinreich, S., LTI-Research-Team, Februar 1996; 3) Teres II, 1996; 4) Kommission der Europäischen Gemeinschaften, November 1997; 5) EUREC, November 1994a

1.1.2 Solarthermie

1.1.2.1 Funktionsprinzip

Solarthermische Systeme sind Anlagen, die die Sonnenstrahlung in Nieder-, Mittel- und Hochtemperaturwärme umwandeln. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen passiven und aktiven Systemen³. Passive Anlagen (z.B. Thermosiphon-Anlagen) verwenden keine aktiven Elemente wie Pumpen, Ventile, Kontrollgeräte oder dergleichen. Der Energiefluß wird durch natürliche Kräfte angetrieben, also durch Konvektion, Strahlung und Wärmeleitung. Unter den aktiven Systemen unterscheidet man konzentrierende und nicht konzentrierende. Konzentrierende

³ Innerhalb dieser Studie werden die vielfältigen solarthermischen Nutzungsmöglichkeiten von Solarenergie durch eine „Niedrig-Energie-Solar-Architektur“ nicht behandelt.

solarthermische Anlagen bündeln die Sonnenstrahlen beispielsweise mit Parabolspiegeln auf einen Absorber und können so Prozeßtemperaturen bis 1000 Grad Celsius erreichen. Bei nicht konzentrierenden Systemen wird die Sonnenstrahlung direkt vom Absorber in Wärme umgewandelt. Diese nicht konzentrierenden solarthermischen Systeme, zum Beispiel Sonnenkollektoren, eignen sich für den Niedertemperaturbereich bis 100 Grad Celsius. Kombinationen von Kollektoranlagen mit Wärmepumpen ermöglichen solare Kühlungssysteme, die besonders für Länder mit hohen Temperaturen von Interesse sind.

Die Vielzahl der Anwendungsgebiete hat auch sehr unterschiedliche Kollektortechniken hervorgebracht. Der einfachste Kollektor besteht aus einer schwarzen, nicht abgedeckten Kunststoffabsorbermatte, die von einem Wärmeträgermedium durchströmt wird, das heißt, von einem gasförmigen oder flüssigen Stoff, der Wärme besonders gut aufnimmt. Weil die Betriebstemperatur relativ niedrig ist, sie kann nur geringfügig über der Umgebungstemperatur liegen, wird dieser Kollektortyp in Mitteleuropa hauptsächlich verwendet, um das Wasser in Schwimmbädern zu erwärmen.

Flachkollektoren bestehen aus Metallabsorbern, die in ein wärmegedämmtes Gehäuse eingebettet sind. Der Absorber besteht aus Aluminium-, Kupfer- oder Stahlblechen. Die thermischen Eigenschaften des Absorbers verbessern sich, wenn eine selektive Schicht auf den Absorber aufgebracht wird. Diese Schicht wird in der Regel mit galvanischen Verfahren aufgetragen und besteht aus feinsten Metall-Keramik- oder Metall-Kohlenstoff-Dispersionen, deren Absorptionsvermögen im Spektrum der Sonnenstrahlung hoch ist und die im infraroten Bereich besonders schlecht abstrahlen, weshalb die Strahlungswärmeverluste besonders klein sind. Damit der Absorber nicht zuviel Energie nach vorne, in Richtung der einstrahlenden Sonne, verliert, können zusätzliche Glasscheiben oder transparente Wärmedämmmaterialien (TWD) zwischen Absorber und die gläserne Deckscheibe eingelegt werden. Als Wärmeträgermedium wird je nach Anwendungsgebiet Wasser, mit Beimengungen von Glykol zum Schutz gegen das Einfrieren der Kollektoren im Winter, Öl oder Luft verwendet.

Vakuumkollektoren haben gegenüber den einfachen Flachkollektoren den Vorteil, daß deutlich weniger Wärme durch Konvektion und Wärmeleitung verloren geht. Aus Stabilitätsgründen befinden sich die Absorberstreifen in evakuierten Glaskollektoren. Bei Vakuumflachkollektoren muß aus diesem Grund die Frontscheibe durch Distanzhalter abgestützt werden. Wegen der besseren thermischen Eigenschaften sind die Wirkungsgrade von Vakuumkollektoren bei höheren Betriebstemperaturen besser als die gewöhnlicher Flachkollektoren. Sie können deshalb nicht nur zur Brauchwassererwärmung eingesetzt werden, sondern auch zur Raumheizung und zur Erzeugung von Prozeßwärme.

Bei den beschriebenen Kollektortypen werden die notwendigen Speicher außerhalb des Kollektors als separater Teil der Anlage installiert. Das ist anders bei Speicherkollektoren. Sie sind so gebaut, daß die Mantelfläche des Speichers zugleich als Absorber dient. Vor allem in Israel und Australien werden diese Systeme hergestellt und vertrieben.

Solaranlagen bestehen neben den beschriebenen Kollektoren aus weiteren Komponenten wie Speichern, Regelungssystemen, Umwälzpumpen und Verteilern. Zwei der am weitesten verbreiteten Systeme sind die Zweikreis- und Thermosiphonanlagen.

Im Primärkreislauf der Zweikreisanlage wird das Wärmeträgermedium durch den Kollektor erwärmt. Über einen Wärmetauscher wird die Energie an den Sekundärkreislauf abgegeben, das heißt an den Brauchwasserspeicher. Der Wärmetauscher der Solaranlage befindet sich meist im unteren (kühleren) Teil des Speichertanks. Ein zweiter Wärmetauscher befindet sich im oberen, wärmeren Teil, aus dem das Brauchwasser entnommen wird, und ist mit der konventionellen Heizung (Öl oder Gas) gekoppelt.

Der große Vorteil von Thermosiphonanlagen gegenüber den Zweikreissystemen besteht darin, daß auf die Regelung und die Umwälzpumpe verzichtet werden kann. Das im Kollektor erwärmte Wärmeträgermedium steigt durch den Dichteunterschied an den höchsten Punkt des Solarkreislaufes. Dort gibt es seine Energie über einen Wärmetauscher an das Brauchwasser ab. Das abgekühlte Fluid sinkt wiederum durch den Dichteunterschied auf den tiefsten Punkt des Solarkreislaufes ab, und der Prozeß beginnt von neuem.

Soll die Sonnenwärme in Zukunft einen größeren Anteil an der Energieversorgung übernehmen, dann muß diese Technik auch zur Gebäudebeheizung eingesetzt werden. Das Problem ist, daß die Sonne dann am meisten scheint, wenn Heizungswärme am wenigstens gebraucht wird, und umgekehrt. Es wird also nötig, Sonnenwärme saisonal zu speichern. Für Ein- oder Zweifamilienhäuser sind die Kosten hoch. Baut man hingegen Speicher, die nicht nur einem einzelnen Haus, sondern einem Nahwärmesystem dienen, senkt das die Preise entscheidend.

Solare Nahwärmesysteme mit saisonalen Speichern bestehen im wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Kollektorfeld
- saisonaler Speicher
- Wärmeverteilnetz
- Pump- und Regelungseinrichtungen

- Back-up-System zur Nachheizung

Das Kollektorfeld besteht aus der Verschaltung von konventionellen Flachkollektoren. Die Kollektorfelder werden dabei in Größenordnungen von mehreren hundert bis tausend Quadratmetern ausgeführt.

Große Speicher von mehreren tausend Kubikmetern Inhalt dienen der langzeitigen (saisonalen) Speicherung. Bei saisonalen Speichern werden folgende Bauarten unterschieden:

- Erdbeckenspeicher
- Erdsondenspeicher
- Aquifer
- Kavernenspeicher

Als Erdbeckenspeicher bezeichnet man Gruben, die abgedichtet sind und mit einer Wärmedämmung versehen werden. Sie lassen sich nur dort anlegen, wo der Grundwasserspiegel niedrig ist, denn sonst sind die Wärmeverluste zu hoch, und die Dichtungsfolie kann vom Grundwasser nach oben gedrückt werden (aufschwimmen). Wird das Erdreich direkt als Speicher verwendet, spricht man von Erdsondenspeichern. Be- und entladen wird über Sonden, die senkrecht nach unten und waagerecht durch das Erdreich verlaufen. Diese Speichertechnik ist derzeitig noch in der Entwicklung.

Es ist auch möglich, das Grundwasser zum Speichern der Solarwärme zu nutzen; solch einen Speicher nennt man ein Aquifer. Das kalte Wasser wird einem Brunnen entnommen, über den Kollektorkreislauf erwärmt und über einen zweiten Brunnen in den Aquifer zurückgeleitet. Voraussetzung ist, daß das Grundwasser nur langsam fließt oder der Speicher vom normalen Grundwasserstrom getrennt ist.

Dem Wärmeverteilsystem kommt bei solaren Nahwärmekonzepten eine zentrale Bedeutung zu. Man kann drei Arten von Wärmeverteilsystemen unterscheiden:

- 2-Leiter-Netz konventioneller Art mit zentraler Heizwärmeerzeugung und dezentraler Brauchwassererwärmung in der Übergabestation
1. 2-Leiter-Netz nach dem schwedischen GRUDIS-System mit zentraler Brauchwassererwärmung und dezentraler Heizwärmerwärmung in der Übergabestation
 2. 4-Leiter-Netz mit zentraler Heiz- und Brauchwassererwärmung

Das Verlegen in Neubaugebieten ist weitaus günstiger als eine nachträgliche Installation in bebautem Gelände. Durch die kostengünstigen Verlegemethoden von flexiblen, bereits isolierten Rohren können die Gesamtkosten niedrig gehalten werden.

Bei bestehenden Fernwärmesystemen ist zu überprüfen, ob das Temperaturniveau, auf dem das bestehende Netz gefahren wird, eine Einbindung von solar erzeugter Wärme zuläßt. Ist das Temperaturniveau höher als die Temperatur des Solarspeichers, kann die Solaranlage bestenfalls zur Vorwärmung benutzt werden.

Für alle solaren Nahwärmesysteme muß eine Vorbedingung erfüllt sein: Damit der Energiebedarf in Bereiche gedrückt wird, die durch solch eine Wärmeversorgung abgedeckt werden können, müssen die Gebäude, die beheizt werden sollen, mindestens nach dem Niedrigenergiehaus-Standard gebaut sein, mit einer optimalen Ausrichtung nach der Sonne und entsprechend geformten Dächern, in die die Kollektoren integriert werden können.

1.1.2.2 Kosten der Solarthermie

Der Preis für eine Kilowattstunde Wärmeenergie aus einer Kollektoranlage liegt heute in der Schweiz bei ständig fallendem Preis zwischen 0,47 Fr./kWh (Röhrenkollektoren) und 0,35 Fr./kWh (Flachkollektoren). Bei unverglasten Kollektoren (Schwimmbadabsorber) liegt der Preis bei ca. 0,08 Fr./kWh. Kollektoren zur Heutrocknung erzeugen Wärmenergie für ca. 0,03 Fr./kWh /SOFAS, Juli 1997/.

Tabelle 1-4: Kosten für solarthermische Systeme in der Schweiz

	Kosten		Verkäufe in 1996 m ²	Marktvolumen	
	Fr./m ²	Fr./kWh		Mio. Fr.	%
Röhrenkollektoren	2.400	0,47	849	2,0	4,4
Verglaste Flächkollektoren	1.600	0,35	22.415	35,9	79,4
Unverglaste Kollektoren	280	0,08	21.978	6,2	13,7
Kollektoren zur Heutrocknung	50	0,03	22.000	1,1	2,4

Quelle: /SOFAS, Juli 1997/

Wie das Öko-Institut, Freiburg in seiner Marktübersicht analysiert, liegen die solaren Wärmekosten in Deutschland für unverglaste Kollektoren zwischen 0,06 und 0,08 Fr./kWh /Öko-Institut e.V. (Hrsg.), September 1997/. Große Solaranlagen produzieren Warmwasser für 0,11 bis 0,14 Fr./kWh. Solare Nahwärme kostet zwischen 0,08 und 0,34 Fr./kWh. Kleine Solaranlagen liefern

Wärme für Warmwasser für ca. 0,18 bis 0,40 Fr./kWh. Die Energiekosten für die solare Raumheizungsunterstützung liegen zwischen 0,20 und 0,48 Fr./kWh. Nach Zahlen der AG Solar 91 können in Mehrfamilienhäuser bei der Verwendung von Flachkollektoren, zur Brauchwassererwärmung, schon Preise von 0,15 Fr./kWh erreicht werden. Nach Zahlen der ESIF (1998) ist in Mitteleuropa mit einem Gestehungspreis von 0,07 Fr./kWh bis zu 0,26 Fr./kWh zu rechnen.

Tabelle 1-5: Solare Wärmekosten

		solare Wärmekosten in Fr./kWh ^{a)}
große Solaranlagen	unverglaste Kollektoren	0,06 - 0,08
	große WW-Anlagen	0,11 - 0,14
	Nahwärme mit Kurzzeitspeicher	0,08 - 0,18
	Nahwärme mit Langzeitspeicher	0,21 - 0,34
	Brauchwassererwärmung	0,18 - 0,40
	Raumheizungsunterstützung	0,20 - 0,48

^{a)} Berechnung für den Standort Freiburg (Globalstrahlung: 1.184 kWh/m²a)
Quelle: /Öko-Institut e.V. (Hrsg.), September 1997/

Die größten Kostenfaktoren bei solaren Brauchwasseranlagen sind die Kollektoren mit 36%, der Speicher mit 25% und die Montagekosten in der Höhe von 21% der Gesamtkosten (siehe Tabelle 1-6).

Tabelle 1-6: Durchschnittliche Kostenaufteilung bei Brauchwasseranlagen	
Kollektorfeld	36%
Speicher	25%
Montage	21%
Solarstation	8%
Leitungen	4%
Sonstiges	6%

Quelle: /Öko-Institut e.V. (Hrsg.), September 1997/

Bei Anlagen zur Raumheizungsunterstützung ist das Kollektorfeld mit 44% der mit Abstand größte Kostenfaktor. Die Speichergruppe und die Montagekosten verursachen zusammen ca. 43% der Gesamtinvestitionskosten (siehe Tabelle 1-7).

Tabelle 1-7: Durchschnittliche Kostenaufteilung bei Anlagen zur Raumheizungsunterstützung

Kollektorfeld	44%
Speichergruppe	28%
Montage	15%
Ausstattung	5%
Leitungen	3%
Sonstiges	5%

Quelle: /Oko-Institut e.V. (Hrsg.), September 1997/

Die Kosten für solare Brauchwasserbereitungsanlagen im europäischen Vergleich werden in Tabelle 1-8 gezeigt. In südeuropäischen Ländern (Griechenland und Portugal) ist der Systempreis mit 395 bis 500 ECU auf Grund der kostengünstigeren Ausstattung der Anlagen deutlich geringer (kleinere Kollektorfläche, kleinerer Warmwassertank, einfache Verschaltung, keine Vorsorgemaßnahmen gegen Frost). Im nördlichen Europa (Österreich, Dänemark, Deutschland, Niederlande und Schweden) sind die Systemkosten in Höhe von 500 bis 1000 ECU wesentlich höher.

1.1.2.3 Mögliche technologische Entwicklungen

Künftige technische Weiterentwicklungen sind in mehreren Bereichen zu erwarten. Die Verwendung transparenter oder transluzenter Wärmedämmmaterialien (TIM = transparent insulating materials) als Absorberabdeckungen bewirkt eine Steigerung des Anlagenwirkungsgrades im Temperaturbereich über 80°C. Die guten Wärmedämmegenschaften dieser Materialien ermöglichen die Realisierung transparent isolierter Speicher und integrierte Speicher-Kollektor-Systeme, die in Zentraleuropa ohne zusätzlichen Frostschutz betrieben werden können. Heute verfügbare TIMs sind Aerogele, Honeycombs (TIM mit Wabenstruktur) oder Kapillarstrukturen. Derzeit bestehen bei diesen Materialien noch Probleme bezüglich der Hitzebeständigkeit in Temperaturbereichen über 120°C. Die zu entwickelnden integrierten Systeme werden einfacher, billiger und haltbarer sein als bisherige Solaranlagen. Die Nutzungsgrade werden durch die Verwendung besserer Materialien steigen, ohne daß sich dabei die Kosten wesentlich

erhöhen. Verbesserte Regelungen für den Betrieb von Kollektoranlagen, wie die sog. Low-Flow-Technik und temperaturgeschichtete Wärmespeicher werden weitere Effizienzsteigerungen bei Solaranlagen bewirken /Andrew, A., LTI-Research-Team, 1995/.

Tabelle 1-8: Preise für solare Brauchwassersysteme in Europa (1996)

	Kollektor -fläche m ²	Warmwasser- speicher L	Investitions- kosten*)		mögliche Fördermittel
			Ecu	SFr. **)	
Österreich	6 bis 8	300	5.250	8.400	25 bis 50%
Dänemark	5	300	4.560	7.296	1.245 Ecu
Italien	3	200	2.800	4.480	Steuervergünstigung möglich
Deutschland	6	300 bis 400	6.300	10.080	20 bis 60%
Griechenland	2,4	150	950	1.520	keine
Niederlande	2,8	200	2.500	4.000	500 Ecu
Portugal	4	300	2.000	3.200	Steuervergünstigung möglich
Schweden	10	500	5.050	8.080	25%

*) Investitionskosten inkl. MWSt.; **) Umrechnung: 1 ECU ≈ 1,6 SFr, neuere Zahlen (1998) der ESIF zeigen eine Preispinne in Mitteleuropa von 0,07-0,26 Fr/kWh auf
Quelle: /ESIF, Februar 1996/

Die Kosten für Solarsysteme können in drei Bereichen gesenkt werden:

- Produktionskosten können durch Investitionen in moderne Produktionsmethoden und Design neuer, an Massenfertigung angepaßter Produkte gesenkt werden.
- Marketingkosten können durch die Errichtung gut organisierter Vertriebsnetze und durch öffentliche Informationskampagnen durch staatliche Agenturen vermindert werden.
- Installationskosten können durch besser aufeinander abgestimmte Gesamtsysteme und gut ausgebildete Installateure verringert werden.

Weitere Kostenreduktionen werden erreicht, wenn solare und konventionelle Heizsysteme als ein komplettes Produktpaket angeboten werden. Die Kosten für den solaren Teil des Systems werden dann nur durch die Kosten für Solarkollektoren, die in Massenproduktion gefertigt wurden, und

deren Installation bestimmt, während der solare Warmwassertank, der Wärmetauscher, die Verrohrung und das intelligente Kontrollmanagement bereits zur Standardausstattung des konventionellen Energieerzeugungssystems gehören.

1.1.2.4 Mögliche zukünftige Kostenentwicklung

Mittelfristig (bis 2010) können Kostendegressionen in der Größenordnung von 30 bis 60% erwartet werden. Langfristig gesehen (bis 2020) sind Kostensenkungen um bis zu 70% möglich.

Tabelle 1-9: Geschätzte Kostenreduktion für solare Brauchwassererwärmung

2010	2020
60% ¹⁾	
30% ²⁾	70% ²⁾
50% ³⁾	

Quellen: 1) Altner; et al., 1995; 2) Andrew, A., LTI-Research-Team, 1995; 3) Kommission der Europäischen Gemeinschaften, November 1997

Erfahrungen aus den Niederlanden zeigen, daß sich die Kosten für Solaranlagen schon heute um bis zu 40% reduzieren lassen, wenn diese als Standardausstattung bei der Gebäudeplanung von Beginn an miteinkalkuliert werden (siehe Tabelle 1-10).

Tabelle 1-10: Kosten für Solaranlagen in den Niederlanden (1994)

	Kosten			
	Einzelanlage		integrierte Anlage	
	ECU	SFr. ^{*)}	ECU	SFr. ^{*)}
Kosten für durchschnittl. Solaranlage (2,8 m ²) inkl. Installation und VAT	1.760 - 2.940	2.816 - 4.704	1.290 - 1.410	2.064 - 2.256
Durchschnittliche Kosten pro m ²	840	1.344	480	768

^{*)} eigene Berechnung: 1ECU ≈ 1,6 SFr.

Quelle: /ESIF, Februar 1996/

1.1.3 Biomasse

1.1.3.1 Funktionsprinzip

Biomasse ist chemisch gespeicherte Sonnenenergie. Sie entsteht durch die Photosynthese in den grünen Pflanzen und ist der natürliche Energierohstoff des Lebens. Biomasse technisch als Energierohstoff zu nutzen, erzeugt einen geschlossenen Kreislauf. Bei der Photosynthese wird mit Hilfe von Sonnenlicht aus Wasser und Kohlendioxid Kohlenwasserstoffe (Glucose) erzeugt. Später, bei der Verbrennung, entsteht aus den Kohlenwasserstoffen wieder die gleiche Menge Wasser und Kohlendioxid. Biomassenutzung ist also CO₂-neutral; sie beeinflußt nicht den für das Erdklima so wichtigen Kohlendioxidaushalt der Atmosphäre. Wird die Asche nach einer energetischen Nutzung der Biomasse auf den Anbauflächen verteilt, kann auch der Nährstoffkreislauf weitgehend geschlossen werden.

Nutzung von Biomasse ist dann regenerativ oder erneuerbar, wenn der Kohlenstoffkreislauf von der Bindung bis zur Freisetzung und zu einer erneuten Bindung sich in für Menschen überschaubaren Zeiträumen schließt. Dies unterscheidet die Biomasse grundsätzlich von den fossilen Energieträgern, in denen der Kohlenstoff vor mehreren Jahrmillionen gebunden worden ist. Soll Biomasse als erneuerbare Energiequelle genutzt werden, bedeutet dies praktisch, daß nur so viel verbraucht werden darf, wie gleichzeitig, möglichst in der Region der Nutzung, nachwächst. Nicht zuletzt hat die Biomasse einen bedeutenden Vorzug gegenüber anderen erneuerbaren Energiequellen: Sie ist eine speicherbare und transportierbare Energieressource, und sie ist steuerbar, das heißt, ihr Output ist nicht tages- und jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen wie Wind, Wasser und Sonne. Biomasse kann in vielfältigen Erscheinungsformen genutzt werden, zum Beispiel in Form von Holz, Reststroh, Grünmasse oder organischen Abfällen, und kann die unterschiedlichsten Energienachfragen befriedigen.

Als Energiequelle wird Biomasse auf dem Weg der sogenannten Biokonversion genutzt: Entweder wird direkt Wärme gewonnen, oder die Biomasse wird in einen Energieträger umgewandelt, der sowohl ein Feststoff sein kann als auch eine Flüssigkeit oder ein Gas. Man unterscheidet physikalische, thermochemische und biologische Umwandlungsverfahren.

Zu den physikalischen Verfahren gehören die mechanische Verdichtung, zum Beispiel das Pressen von Stroh oder Holz zu Pellets oder Briketts, oder die Extraktion von Pflanzenölen. Eine anschließende Verbrennung in einem Blockheizkraftwerk würde unter die thermochemischen Verfahren fallen. Bei der thermochemischen Umwandlung wird der Biomasse Wärme zugeführt, und es werden chemische Reaktionen ausgelöst. Zu den thermochemischen Verfahren zählen die

Verbrennung, die Vergasung und die Verflüssigung. Bei der Vergasung entsteht Synthesegas aus Methan und Kohlenmonoxyd, und das Produkt der Verflüssigung ist Methanol. Im Gegensatz zu den heißen thermischen Verfahren läuft die biologische Konversion bei niedrigen Temperaturen ab. Einzellige Mikroorganismen erzeugen in einem Gärprozeß entweder Biogas oder Äthanol.

Generell können zwei Kategorien von Biomasse energetisch genutzt werden, nämlich organische Reststoffe und eigens für diesen Zweck angebaute Energiepflanzen.

Zur ersten Kategorie gehören Rest- und Abfallstoffe aus der Landwirtschaft (Gülle, Restmasse wie Getreidestroh, Reishülsen usw.), aus der Holz- und Forstwirtschaft (Bruchholz, Durchforstungsholz, Holz mit Qualitätsmängeln, Späne, Papier usw.) und aus Haus und Gewerbe, sowie Klärschlämme.

Flüssigmist, ein Abfallprodukt der Tierhaltung, wird heute ungenutzt auf die Felder verteilt und bildet eine Quelle für die hohe Nitratbelastung der Gewässer durch die Landwirtschaft. Diese Gülle könnte statt dessen, vermischt mit anderen landwirtschaftlichen Abfallprodukten, in Gärbehältern von Bakterien zu Biogas verarbeitet werden. Eine Biogasanlage kann etwa 1,5 Kubikmeter Gas pro Tag und Großviecheinheit liefern (eine GVE entspricht 5 bis 6 Schweinen, 1,1 Rindern oder 250 Hühnern). Zieht man noch den Eigenverbrauch der Anlage zum Heizen des Kästen ab, so verbleibt ca. ein Kubikmeter pro Tag und GVE. Der Energiegehalt von einem Kubikmeter Biogas entspricht dem von 0,6 Litern Heizöl oder 5,5 bis 7 Kilowattstunden. Dieses Biogas kann dann verstromt, verheizt oder in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Strom und Wärme umgewandelt werden.

Dieser Strom kann gleichmäßig und bedarfsgerecht das ganze Jahr über geliefert werden, da Biogas in Tanks gespeichert werden kann und die Quelle des Biogases, der Flüssigmist, auch ganzjährig zur Verfügung steht. Das Herstellen von Biogas kann nicht nur niederneuerbare Energien sparen helfen, es hat weitere Vorteile. Ganz nebenbei wird aus stinkendem Flüssigmist ein deutlich geruchsärmeres Restsubstrat, das als Dünger ganzjährig genutzt werden und damit industriell erzeugten Stickstoffdünger ersetzen kann, dessen Produktion ja schließlich auch Energie kostet. Da der Stickstoff im Substrat in einer Form vorliegt, in der ihn die Pflanzen leicht aufnehmen können, geht die Belastung des Grundwassers mit Nitraten zurück.

Reststroh, Holzreste und Sägespäne aus der Landwirtschaft und der Industrie werden in einigen europäischen Ländern zum Heizen und zur Produktion von Strom genutzt.

Die zweite Kategorie der Biomasse sind die Energiepflanzen. Das sind solche Pflanzen, die von vornherein mit dem Ziel angebaut werden, sie als Energiequelle oder als Industrierohstoff zu

verwenden. Darunter fallen auch die sogenannten »Dual use«-Pflanzen, die sowohl als Nahrungsmittel als auch als Energiepflanze eingeordnet werden können. Zuckerhaltige Pflanzen (Zuckerrohr, Zucker- und Futterrüben), aber auch stärkehaltige Pflanzen (Kartoffeln, Getreide, Mais und Maniok) sind »Dual use«-Pflanzen und können einerseits zu Äthanol vergoren und als Energiepflanzen genutzt werden oder andererseits als Lebensmittellieferanten dienen, wobei große Mengen Reststoffe übrigbleiben, die wiederum energetisch verwendbar sind. Pflanzenöle aus Raps, Flachs, Hanf und Sonnenblumen können ebenfalls als energetische Rohstoffe eingesetzt werden.

Reine Energiepflanzen sind zum Beispiel schnell wachsende Hölzer oder Schilfgräser. Man unterscheidet zwischen C3- und C4-Pflanzen. Sogenannte Kurzumtriebswälder bestehen aus den C3-Pflanzen Weide, Pappel oder Eukalyptus, die nach 3 bis 14 Jahren erntereif sind, oder aus halmgutförmigen Ein- oder Mehrjahreskulturen von Miscanthus, Schilfgräsern und anderen C4-Pflanzen mit Ernteperioden zwischen einem und drei Jahren.

C3-Pflanzen werden so genannt, weil beim Prozeß der Photosynthese das erste stabile Produkt nach der Fixierung des Kohlendioxyds ein Molekül mit drei Kohlenstoffatomen ist (Phosphoglycerinsäure). Dementsprechend haben C4-Pflanzen ihren Namen, weil das erste stabile Produkt nach der Fixierung des Kohlendioxyds ein Molekül mit vier Kohlenstoffatomen ist (Oxalessigsäure). Die C4-Pflanze verarbeitet Wasser, Licht und Nährstoffe effektiver als eine C3-Pflanze. Der Wirkungsgrad der Umwandlung von Licht (Sonnenenergie) in Biomasse kann bei C4-Pflanzen bis zu 6,7 Prozent betragen; C3-Pflanzen erreichen höchstens 3,3 Prozent. Allerdings brauchen C4-Pflanzen für die Photosynthese höhere Temperaturen als C3-Pflanzen. Einige C4-Pflanzen können als Energielieferant wie auch als Rohstofflieferant für die Industrie genutzt werden. Ein weiterer Vorteil der C4-Pflanzen ist, daß einige von ihnen auch auf degradierten Böden wachsen. Die meisten C4-Pflanzen brauchen sehr viel Wasser. Heute sind schon rund 1700 C4-Pflanzen bekannt, und viele werden landwirtschaftlich genutzt.

Neuere Techniken der Biomasse-Nutzung wie die Vergasertechnik, bei der die Biomasse durch Wärme in ein brennbares Gas verwandelt und dann in Gasturbinen oder Motoren verbrannt wird, versprechen einen deutlich höheren Wirkungsgrad als in den heutigen Anlagen und eine Erweiterung des Brennstoffspektrums. Bei den größeren Systemen mit mehr als zehn Megawatt ist Brasilien führend; Finnland und Dänemark zielen mit ihren Entwicklungen auf den Bereich unter zehn Megawatt und Indien auf den Markt der Kleinstanlagen im Kilowatt-Bereich. Die Vergasertechnik verspricht auch eine deutliche Preissenkung.

1.1.3.2 Kosten der Biomassenutzung

Heute schon sind die Preise für Wärme und Strom aus Biomasse im Bereich der Wirtschaftlichkeit. Die Kosten für Wärmeerzeugung mit Holz, Stroh und Biogas liegen zwischen 0,02 und 0,21 Fr./kWh. Elektrischen Strom aus Holz und Deponie- bzw. Klärgas herzustellen, ist teurer, da der apparative Aufwand höher ist. Je nach eingesetzter Technik liegen hier die Kosten zwischen 0,04 und 0,45 Fr./kWh.

Tabelle 1-11: Kosten der Biomassenutzung

Art der Nutzung		Fr./kWh
Wärme	Alt-, Rest-, Waldholz	0,02-0,21 ¹⁾
	Stroh	0,06-0,12 ²⁾
	Biogas	0,02-0,11 ³⁾
Strom	Alt-, Rest-, Waldholz	0,04-0,45 ⁴⁾
	Deponie- und Klärgas	0,09-0,22 ⁵⁾

Quellen: 1) Nussbaumer, T., Juli 1997; Meliß, M., 1998; Teres II, 1996; EUREC, November 1994b; 2) Lehmann, H., 1995; Altner; et al., 1995; 3) Lehmann, H., 1995; Altner; et al., 1995; Prognos; et al., Dezember 1994; EUREC, November 1994 b; 4) Nussbaumer, T., Juli 1997; Altner; et al., 1995; 5) Lehmann, H., 1995; Teres II, 1996

1.1.3.3 Mögliche technologische Entwicklungen

Die verschiedenen Verfahren zur energetischen Nutzung von Biomasse befinden sich derzeit in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Techniken zur Verbrennung von Biomasse sind für Anlagengrößen von 20 kW bis 100 MW heute ausgereift. Technische Weiterentwicklungen sind im Bereich von keramischen Gasturbinen im Leistungsbereich zwischen 100 bis 500 kW zu erwarten, bei denen Biomasse in pulverisierter Form als Brennstoff eingesetzt wird. Andere Bestrebungen werden dahin gehen, Biomasse in großen Heizzentralen und zum Betrieb von Stirlingmotoren einzusetzen /EUREC, November 1994b/.

Die unterschiedlichen Vergasungstechniken für Biomasse finden heutzutage ihren Einsatz bei Motoren und Gasturbinen. Künftige Verbesserungen sind in den Bereichen größerer Vergasungskapazitäten, höherer Wirkungsgrade bei der Stromproduktion, verbesserter Abgasreinigungsmethoden und höherer Brennstoffqualität zu erwarten.

Die Pyrolysetechnik befindet sich noch weitgehend im Stadium der Forschung. Nebst Arbeiten zur Optimierung des Pyrolyseprozesses haben die laufenden Forschungsanstrengungen vor allem geeignete Verfahren zur Veredelung der Pyrolyseöle zum Ziel. Entscheidend für den praktischen

Einsatz ist neben dem Wirkungsgrad auch, wieweit das produzierte Pyrolyseöl vor der Lagerung und Nutzung noch aufbereitet werden muß. Weitere Ziele der Forschung sind u.a. besseres Zündverhalten, Mischbarkeit mit fossilen Treibstoffen und Verminderung der Aggressivität /Nussbaumer, T., Juli 1997/.

Biochemische Konversionsverfahren (Hydrolyse, Fermentation, Destillation) sind heute kommerziell einsatzfähig. Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit dem Einsatz neuer Hefen, Bakterien und Pilze bei der Destillation/Fermentation. An der Entwicklung neuer Hydrolyse- und Fermentationsverfahren, sowie neuer Bioreaktoren und neuer Arten von Mikroorganismen zur Fermentation wird derzeit gearbeitet.

1.1.3.4 Mögliche zukünftige Kostenentwicklung

Bis zum Jahr 2010 werden für die Wärme- bzw. Stromproduktion aus Biomasse Kostensenkungen zwischen 5% bis 60% angenommen (siehe Tabelle 1-12). Die möglichen Kostensenkungen sind für die einzelnen Techniken sehr unterschiedlich. So werden für C4-Pflanzen und Holz sowie Deponiegas lediglich Kostenreduktionen von 5% bis 15% angenommen /Reetz, T., LTI-Research-Team, Oktober 1995; Teres II, 1996/. Diese Techniken sind weitestgehend ausgereift und lassen deshalb keine signifikanten Preissenkungen mehr erwarten. Größere Kostenreduktionen von 20% bis 60% werden für die Techniken Biogas, flüssige Bio-Brennstoffe, C3- und Energiepflanzen gesehen /Altner; et al., 1995; Teres II, 1996; Reetz, T., LTI-Research-Team, Oktober 1995/. Hierfür sind die oben genannten technologischen Weiterentwicklungen ausschlaggebend.

Tabelle 1-12: geschätzte Kostenreduktion für Strom und Wärme aus Biomasse

Art	Brennstoff	Kosteneduktion bis 2010
Wärme	C4-Pflanzen	ca. 5% ¹⁾
	Biogas*	40%-45% ²⁾
	flüssige Bio-Brennstoffe	20%-60% ³⁾
	Restholz	10% ³⁾
Strom	Deponiegas	ca. 15% ³⁾
	C3-Pflanzen	ca. 40% ¹⁾
	Energiepflanzen	25%-50% ³⁾

* nur Brennstoffkosten

Quellen: 1) Reetz, T., LTI-Research-Team, Oktober 1995; 2) Altner; et al., 1995;

3) Teres II, 1996

1.1.4 Windenergie

1.1.4.1 Funktionsprinzip

Windenergie ist eine Form der Sonnenenergie. Die Energie der Sonnenstrahlen erwärmt die Erdoberfläche. Doch das geschieht sehr ungleichmäßig. Wasserflächen können enorme Mengen Wärme speichern und langsam wieder abgeben, Eis reflektiert den größten Teil der Energie sofort wieder, Wald und Wiesen, Ackerboden, Sand oder Fels: Sie alle haben ein sehr unterschiedliches thermisches Verhalten. So entstehen auf der Erdoberfläche Zonen mit unterschiedlichen Temperaturen und Luftdrücken. Diese großräumigen Druckunterschiede erzeugen Kräfte, die auf einen Druckausgleich drängen, und setzen dadurch die Luft in Bewegung.

Die Gesamtleistung des Windes auf der Erde liegt bei 4,3 Petawatt (= $4,3 \cdot 10^{15}$ Watt) /Melichow, P., 1974/. Von dieser Energie ist allerdings nur ein kleiner Teil in Bodennähe technisch verwendbar. Durch Reibung mit der Landschaft und dem Bodenbewuchs wird das Potential vermindert; der Wind wird gebremst und abgeschwächt, und zwar über Land stärker als an der Küste oder über der See.

Windkraftanlagen wandeln die Strömung von Luft in mechanische Kraft oder Strom um. Dies geschieht mit Hilfe eines Rotors, der sich entweder, bei den wohl bekannteren Anlagentypen, um eine waagerechte Achse dreht oder um eine senkrechte. Die Anordnung der Rotorachse ist das Unterscheidungsmerkmal für die heute gebauten Windkraftanlagen. Zum Erzeugen von elektrischer Energie werden heute fast ausschließlich Horizontalachsen mit einem, zwei oder drei Flügeln eingesetzt.

Daß man von den typischen, bei uns am ehesten aus Western-Filmen bekannten Vielflüglern (Westernräder) zu Rotoren mit immer weniger Blättern übergegangen ist, hat technische Gründe: Die Rotoren drehen sich umso schneller, je weniger Blätter sie haben; das verringert den Aufwand für Getriebe und Generator, spart Material und senkt die Kosten. Zur Stromerzeugung werden heute schnell drehende Zwei- oder Dreiblattrotoren verwendet. Die Windkraftanlagen zur Stromerzeugung werden entweder durch eine Verdrehung des Rotorblattes um seine Längsachse oder durch die sogenannte Stall-Regelung gesteuert. Bei der Stall-Regelung sind das Rotorblatt und das Profil des Rotorblattes so ausgelegt, daß bei hohen Windgeschwindigkeiten die Luftströmung an den Blättern abreißt. Das verhindert bei stärker werdendem Wind eine Überlastung oder gar Zerstörung. Es existieren Pläne, Rotorblätter mit veränderlichen Profilen zu bauen, so daß der Rotor sich sowohl auf Schwachwind als auch auf Starkwind einstellen kann, ähnlich wie es

Flugzeugflügel tun. Solch eine Windkraftanlage könnte auch die Schwachwindzeiten nutzen, würde deshalb insgesamt einen höheren Ertrag liefern und gleichmäßiger produzieren.

Soll ein Rotor dagegen mechanische Energie zum Pumpen von Wasser oder Mahlen von Getreide bereitstellen, werden langsam laufende Vielflügler eingesetzt. Diese Windkraftanlagen werden entweder mit Bremsen gesteuert, oder sie drehen sich bei Starkwind aus dem Wind heraus.

Die zweite Variante der Windkraftanlagen sind die mit senkrecht stehender Rotorachse. Man unterscheidet zwischen Widerstandsläufern und solchen, die den Auftrieb nutzen. Der Savonius-Rotor ist ein typischer Widerstandsläufer, genauso wie die Anemometer, die zur Windmessung eingesetzt werden. Ihre Flügel setzen dem Wind von vorne einen anderen Windwiderstand entgegen als von hinten, und deshalb drehen sie sich. Diese Maschinen laufen schon bei geringen Windleistungen an, liefern aber eine schlechte Energieausbeute (weniger als 20 Prozent der Windenergie). Die Blätter der Darrieus-Rotoren haben ein Profil, mit dem, wie bei Flugzeugflügeln, der Auftrieb genutzt wird. Einer ihrer Vorteile ist die Wartungsfreundlichkeit: Da die Achse senkrecht steht, hängt der Generator nicht in luftiger Höhe, sondern kann am Boden installiert werden. Die wie bei einem Küchenquirl angeordneten Rotorblätter müssen außerdem nicht dem Wind nachgeführt werden. Der Nachteil ist, daß diese Bauform den Wind nicht dort nutzt, wo er am stärksten bläst, nämlich möglichst hoch über dem Boden. H-Darrieus-Rotoren gleichen diesen Nachteil durch eine höher liegende Anordnung der Blätter aus.

In der EU wird in der Forschung und Entwicklung großer Wert auf Windkraftanlagen mit hoher Leistung – mehr als 1 Megawatt – gelegt. Grund ist die hohe Bevölkerungsdichte in Europa, die es schwer macht, geeignete Aufstellflächen zu finden. Ein Ausweg wäre die Offshore-Montage, also das Aufstellen von Windkraftanlagen in flachen Gewässern vor den Küsten. Die größten heute kommerziell verfügbaren Windkraftanlagen haben eine Spitzenleistung von ca. 1,5 Megawatt. Ob die Einheitsleistung weiter erhöht wird, hängt vom Erfolg der Ein-Megawatt-Klasse ab. Experten erwarten allerdings bis zum Jahr 2050 einen Anstieg der Leistungsobergrenze auf drei bis fünf Megawatt pro Anlage, bei einem Rotordurchmesser von 100 Metern.

In den Vereinigten Staaten arbeitet die Forschung eng mit den Turbinenherstellern zusammen, um Windkraftanlagen mittlerer Größen weiterzuentwickeln. Schwerpunkte der Forschung liegen dort auf der Weiterentwicklung der Rotoren, Analysen zur dynamischen Belastung der Windkraftanlagen und Untersuchungen von Abnutzungs- und Ermüdungseffekten an den verwendeten Materialien. So können nach einer amerikanischen Studie »variable-speed«-Turbinen den jährlichen Energieertrag um 56 Prozent steigern. Anlagen dieser Art sind zwar ans Stromnetz

gekoppelt, arbeiten aber im Gegensatz zu den heute betriebenen Windkraftanlagen unabhängig von der Netzfrequenz.

Unzählige Vielflügler pumpen weltweit Wasser für die Bewässerung von Feldern, insbesondere in den Entwicklungsländern. Es ist unmöglich, abzuschätzen, wie viele dieser Vielflügler es gibt und wieviel mechanische Energie sie erzeugen. Sie gehen in keine Statistik ein, da sie dort hergestellt werden, wo sie auch eingesetzt werden. In Kuba hat man die Zahl dieser Vielflügler auf mehr als 3000 geschätzt.

1.1.4.2 Kosten der Windkraft

Für die derzeit installierten Windkraftanlagen mit Nennleistungen zwischen 300 und 1500 kW liegen die spezifischen Investitionen ab Werk bei ca. 1100 bis 2000 Fr./kW. Zusätzlich zu den Anlagenaufwendungen ab Werk fallen bei der Installation eines Windenergiekonverters standortspezifische Kosten an. Darunter werden die Aufwendungen für das Standortgutachten, die Planung, die Zuwegungen und Erschließung, der Netzanschluß, das Fundament etc. zusammengefaßt. In Abhängigkeit der jeweiligen Standortbedingungen liegen die Ausgaben zwischen 20 und 45% der Investitionen /Kaltschmitt, M.; Wiese, A., 1997/.

Tabelle 1-13: Investitionsnebenkosten von Windkraftanlagen	
Art	%
Netzanschluß	8,7
Fundament	9,1
Interne Verkabelung	5,3
Planung	1,5
Genehmigung	3,4
Infrastruktur	2,0
Grundstückskauf	2,7
Sonstige Nebenkosten	1,8

Quelle: /Kleinkauf, W., 1997/

Die spezifischen Stromgestehungskosten liegen zwischen 0,12 und 0,22 Fr./kWh bei mittleren Windgeschwindigkeiten von 4 bis 5 m/s, zwischen 0,08 und 0,14 Fr./kWh bei Geschwindigkeiten von 5 bis 6 m/s und zwischen 0,06 und 0,10 Fr./kWh über 6 m/s /Kaltschmitt, M.; Wiese, A., 1997/

Tabelle 1-14: Stromgestehungskosten aus Windkraft	
Durchschnittl. Windgeschwindigkeit	Fr./kWh
4 bis 5 m/s	0,12-0,22
5 bis 6 m/s	0,08-0,14
über 6 m/s	0,06-0,10

Quelle: /Kaltschmitt, M.; Wiese, A., 1997/

Die folgende Tabelle zeigt die gegenwärtige Kostensituation in verschiedenen Staaten der Europäischen Union und den Vereinigten Staaten.

Tabelle 1-15: Kosten der Windenergienutzung in verschiedenen Ländern

	Investitions- kosten	Betriebs- und Wartungskosten	Netzanschluß- kosten	Produktionskosten	
	ECU/kW	ECU/a	ECU/kW	ECU/kWh	Rp./kWh [*]
Dänemark	754	14/kW	12	0,029	4,6
Finnland	970-1130	17-28/kW	80-130		
Frankreich				0,060	9,6
Deutschland	980-1175	15/kW	30-170	0,043 bis 0,078	6,9 bis 12,5
Italien				0,060	9,6
Niederlande				0,050	8,0
Spanien				0,050	8,0
Schweden	810	16/kW	70	0,037	5,9
Großbritannien	1190	0,014/kWh	63	0,075	12,0
USA	980	0,010/kWh		0,072	11,5

^{*} eigene Berechnung: 1 ECU \approx 1,6 SFr.; Quelle: /Bräuer, W., LTI-Research-Team, März 1996/

1.1.4.3 Mögliche technologische Entwicklungen

Die Technologien zur Nutzung der Windenergie unterliegen einer rapiden Entwicklung. Das Durchschnittsgewicht von Windturbinen ist innerhalb von 5 Jahren halbiert worden, der

Energieoutput pro Turbine und Jahr hat sich vervierfacht, und die Kosten sind innerhalb von 10 Jahren um den Faktor 10 gesunken /Kommission der Europäischen Gemeinschaften, November 1997/. Bis zum Jahre 2020 werden zwei- oder dreiblättrige Horizontalachsenrotoren die größte Verbreitung finden. Möglicherweise gelangen auch Vertikalachsenmaschinen in den Markt der Megawatt-Klasse auf Grund verbesserter Wirtschaftlichkeit. Der Markt wird durch Windkraftanlagen mit Leistungen von 1 MW und größer gekennzeichnet werden. Diese werden sowohl in Binnenstandorten mit niedrigeren Windgeschwindigkeiten als auch in Off-shore-Windparks eingesetzt werden. Verbesserungen in bezug auf das aerodynamische Design und die Regelungstechnik der Anlagen werden zu Effizienzsteigerungen führen. Die durchschnittliche Turmhöhe wird geringfügig um 5 bis 10 m erhöht, um die besseren Windverhältnisse in größeren Höhe zu nutzen. Generator, Getriebe und Netzanschluß haben bereits heute einen sehr hohen Standard und können nur noch geringfügig verbessert werden. Das gleiche gilt für die Verfügbarkeit der Anlagen. Forschungsvorhaben zur Reduzierung der Lärmemissionen werden gegenwärtig mit Erfolg durchgeführt.

1.1.4.4 Mögliche zukünftige Kostenentwicklung

Die in den letzten Jahren zu verzeichnende Kostensenkung bei der Windenergie wird sich in den nächsten Jahren weiter fortsetzen (siehe Tabelle 1-16). Bis zum Jahr 2010 sind Kostenreduktionen in der Größenordnung von 20% bis 40% zu erwarten. Bis zum Jahr 2020 werden sich die Kosten um bis zu 50% im Vergleich zu heute reduzieren.

Tabelle 1-16: Geschätzte Kostenreduktion für Strom aus Windenergie

2010	2020
30% ¹⁾	
20% ²⁾	
20%-40%	25%-50% ³⁾
25%	40% ⁴⁾

Quellen: 1) Kommission der Europäischen Gemeinschaften, November 1997; 2) Altner, et al., 1995; 3) Teres II, 1996; 4) Bräuer, W., LTI-Research-Team, März 1996

1.2 AKTUELLER ANTEIL DER ERNEUERBAREN ENERGIEN AN DER ENERGIEVERSORGUNG UND IHRE HISTORISCHE ENTWICKLUNG

Die regenerativen Energiequellen bieten ein - gemessen an menschlichen Zeitmaßstäben - unerschöpfliches Energiepotential, das den derzeitigen Energieverbrauch um viele Größenordnungen übersteigt. Von den drei regenerativen Energiequellen, solare Strahlung, Geothermie und Gezeitenkraft, ist die Sonnenenergie die bei weitem größte: Die aus Fusionsprozessen in der Sonne entstehende solare Strahlung beträgt außerhalb der Erdatmosphäre rund $5,6 \cdot 10^6$ EJ/a. Die Sonne strahlt also in nur einer halben Stunde soviel Energie auf die Erde wie hier anthropogen weltweit pro Jahr verbraucht wird.

Die beiden anderen regenerativen Energiequellen sind demgegenüber vergleichsweise klein: Der aus Kernspaltungsprozessen im Innern der Erde resultierende Erdwärmestrom stellt ein Potential von weltweit rund 1.000 EJ/a dar. Das entspricht etwa dem dreifachen Weltenergieverbrauch. Das Potential der aus der Massenanziehung zwischen den Planeten einerseits sowie der Bewegung derselben andererseits resultierenden Gezeitenenergie beträgt weniger als 100 EJ/a, entspricht also nur rund einem Drittel unseres derzeitigen Primärenergiebedarfs.

Die drei regenerativen Energiequellen mit ihren direkten und indirekten Nutzungsmöglichkeiten sind grundsätzlich in der Lage, alle heute benötigten Sekundärenergieträger in Form von Wärme, Strom und Brennstoffen bereitzustellen. Die Frage, warum regenerative Energiequellen, wenn sie über so hohe Potentiale und so vielfältige Nutzungsmöglichkeiten verfügen, heute nicht mehr - wie sie dies in früheren Jahrhunderten getan haben - den überwiegenden Teil unserer Energieversorgung bereitstellen, lässt sich durch den Hinweis auf zwei Grundprobleme klarmachen, denen alle drei regenerativen Energiequellen in mehr oder minder starker Weise unterworfen sind: der geringen Leistungsdichte und den Schwankungen im Energiedargebot.

Das Spektrum der Energiedichte bei den regenerativen Energiequellen reicht, wie Tabelle 1-17 zeigt, von 0,00006 kW/m² bei der Geothermie bis zu ungefähr 100 kW/m² bei der Wellenkraft. Im Vergleich zu den uns geläufigen Energiedichten sind sie also um Faktoren oder sogar Größenordnungen niedriger. Die Konsequenzen sind offensichtlich: Energiewandler zur Nutzung regenerativer Energiequellen benötigen stets große Sammlerflächen. Aber alle Potentialstudien zeigen auf, daß diese Flächen, sei es auf den Dächern des Häuserbestandes (für Solarthermie und Photovoltaik), in der Landwirtschaft (für Biomasse und Windenergie) oder in den Wüstengebieten der Welt ausreichend zur Verfügung stehen um mehrfach die Menschheit mit Energie zu versorgen.

Der zweite physikalische Unterschied eines Teils der regenerativen Energiequellen gegenüber den konventionellen ist die Tatsache ihrer räumlich und zeitlich schwankenden Verfügbarkeit. Tabelle 1-18 zeigt die zeitlichen Schwankungen am Beispiel der Globalstrahlung in Hamburg: die von der Sonne an einem klaren Sommertag je m^2 zugestrahlte Energie ist um den Faktor 25 größer als diejenige an einem trüben Wintertag. Auch hier zeigen Studien auf wie in der Kombination verschiedener Regionen (die EU 15 Staaten) und der verschiedenen Grundtechnologien zur Nutzung erneuerbarer Energie, ganzjährig eine stabile und sichere Energieversorgung, alleine auf Basis der erneuerbaren Energietechnologien möglich ist (siehe hierzu LTI Studie).

Tabelle 1-17: Energiedichten regenerativer Energiequellen

	Energiedichte kW/m ²
Wellen	<100
Extraterrestrische Solarstrahlung	1,35
Windenergie	<3
Globalstrahlung, BRD	0,1
Gezeitenkraft	0,002
Biomasseproduktion	0,0002
Geothermischer Wärmefluß	0,00006
Zum Vergleich	
Kochplatte	<100
Kohle (Verbrennungskammer, Großkraftwerk)	500
Stromkabel	650
Erdgasstrom durch eine große Fernleitung	15 Mio.

Quelle: /Meliß, M., 1998/

Die Konsequenz aus diesem zweiten Nachteil geht in die gleiche Richtung wie die der niedrigen Energiedichte: Um ein Energieversorgungssystem zur Nutzung regenerativer Energiequellen in die Lage zu versetzen, kontinuierlich Energie bereitzustellen, müssen entweder Speicher oder aber Zusatzsysteme (Back-up-Systeme) eingesetzt werden. Beides erhöht die Komplexität des Gesamtsystems und macht dieses aufwendiger.

Die genannten Nachteile führen dazu, daß der überwiegende Teil der heute diskutierten Nutzungsmöglichkeiten regenerativer Energiequellen gegenüber den konventionellen betriebswirtschaftlich gerechnet nicht konkurrieren kann: In marktwirtschaftlichen Wirtschaftssystemen, bei denen der Preis⁴ die Menge der abgesetzten Güter bestimmt, sind die Regenerativen nur teilweise wettbewerbsfähig.

Tabelle 1-18: Solarstrahlung in Hamburg; Zehnjahreszeitraum		
Täglich	40 - 1.000	Wh/(m ² *Stunde)
Saisonal	500 - 6.000	Wh/(m ² *Tag)
Jährlich	740 - 830	kWh/(m ² *Jahr)

Quelle: /Meliß, M., 1998/

Den beiden Nachteilen stehen jedoch ebenso gravierende Vorteile gegenüber: Die Tatsache, daß regenerative Energiequellen global gesehen viel homogener verteilt sind als fossile und nukleare Energiereserven hat nicht nur große Bedeutung in bezug auf die Importabhängigkeit vieler Staaten. Sie gewinnt darüber hinaus auch besondere Bedeutung für die Minimierung der weltweiten Aufwendungen für Energietransporte und die mit diesen Transporten - etwa in Form möglicher Tankerunfälle - verbundenen Risiken. Sie gibt auch Entwicklungsländern die Chance eine eigene Energieversorgung aufzubauen

Der zweite Vorteil ist die kostenlose Bereitstellung der jeweiligen Brennstoffe durch die Natur. Bei ausreichender Lebensdauer der Technik zur Nutzung regenerativer Energiequellen werden dadurch nicht nur die hohen anfänglichen Investitionskosten kompensiert, sondern in der Bilanz auch die energetischen Aufwendungen und Erträge mehrfach ausgeglichen.

Der heute am stärksten diskutierte Vorteil ist jedoch die Tatsache ihrer Umweltverträglichkeit: regenerative Energiesysteme emittieren keine umweltgefährdenden Stoffe⁵ (insbesondere kein Kohlendioxid) und bieten im Betrieb keinerlei Potential für kriegerische Gefahren oder Mißbräuche.

⁴ Hierbei darf nicht vergessen werden, daß in den heutigen Energiepreise die ökologischen Kosten nicht enthalten sind und die Preisgestaltung durch Subventionen und Steuern verzerrt ist.

⁵ Bei einigen Ausnahmen werden geringe Mengen an die Umwelt freigesetzt.

1.2.1 Status der erneuerbaren Energien

Vor zwanzig Jahren wurde der potentielle Beitrag der Regenerativen angesichts der Ölpreiskrisen fast ausschließlich unter dem Aspekt der Versorgungssicherheit und der Ressourcenschonung diskutiert. Heute sind es, auch wenn diese Argumente immer noch gültig sind, nahezu ausschließlich Umweltaspekte. Die Zwischenzeit hat zu einer großen Anzahl von ausgereiften oder weit entwickelten Einzeltechniken geführt. Die Frage nach ihrer wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit läßt sich nicht global, sondern nur einzel-volkswirtschaftlich beantworten. Tabelle 1-19 tut dies am Beispiel der Bundesrepublik Deutschland.

Daraus wird offensichtlich, daß die Randbedingungen für den Einsatz der Regenerativen nicht durch technische Restriktionen gesetzt werden, sondern durch politische. Die Möglichkeiten einer Einflußnahme reichen hier von Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen über Informations- und Ausbildungskampagnen, Anschlußgesetze wie das amerikanische Purpa oder das deutsche Stromeinspeisegesetz, bis hin zu direkten oder indirekten Subventionen bzw. Pönen auf die konventionellen Energieträger. Über das Für und Wider, insbesondere aber das Wieviel solcher Maßnahmen wird weltweit, vor allem aber in den Industrieländern, heftig gestritten.

Die Energieressourcen sind - so Ernst-Ulrich von Weizsäcker zu Recht - zu knapp, um die Energiewirtschaft der Industrieländer auf die Entwicklungsländer zu übertragen. Die fossilen Energierohstoffe sind nicht nur zu schade, um sie in - weltgeschichtlich gesehen - geringen Zeitspannen zu verbrauchen, ihre Nutzung gefährdet darüber hinaus die Umwelt in einem nicht tolerierbaren Umfange. Die friedliche Nutzung der Kernenergie könnte das Ressourcenproblem langfristig zwar nicht lösen, aber mittelfristig entspannen. Allerdings nur unter der Voraussetzung, daß die Menschen klug und vorsichtig mit dieser Technologie umgehen, und sie nicht durch kriegerische Auseinandersetzungen gefährden. Alle Erfahrungen zeigen, daß dies leider nicht der Fall ist. Ungelöst bleibt die Problematik des radioaktiven Abfalls, sowie die Gefährdung sowohl durch kriegerische Auseinandersetzungen als auch durch Kriminalität und Korruption.

Fazit: Regenerative Energiequellen müssen so schnell wie möglich zur Deckung des Energiebedarfs der Welt herangezogen werden. Gleichzeitig muß der Energieverbrauch durch drastische Einsparungen und einen rationellen Umgang erheblich reduziert werden. Welchen Anteil die einzelnen Techniken zur Nutzung regenerativer Energiequellen dann übernehmen, ist eine Frage der Verfügbarkeit von Zeit, Geld, engagierten Menschen und gesamtgesellschaftlichen Wollens.

Tabelle 1-19: Gegenwärtiger Stand der Techniken zur Nutzung regenerativer Energiequellen

Wirtschaftlich auch ohne Förderbeiträge	<ul style="list-style-type: none"> • Großtechnische Wasserkraftnutzung • Solare Warmwasserbereitung: Schwimmbäder, Vorwärmung für zentrale Systeme bei Großverbrauchern • Passive Solarenergienutzung, einfache Maßnahmen
Wirtschaftlich unter derzeitigen Bedingungen (Stromeinspeisegesetz, Förderprogramme)	<ul style="list-style-type: none"> • Kleine und mittlere Wasserkraftanlagen bis zum MW-Bereich • Solartrocknung in der Landwirtschaft • Kleine, dezentrale photovoltaische Systeme • Verbrennung von Biomasse (Stroh, Holz und kommunale Müllverbrennung) • Biogaserzeugung, z.B. kommunale Klärgas- und Deponiegasnutzung • Wärmepumpe (monovalent, elektrisch und verbrennungsmotorisch) • Windkraftanlagen bis zum MW-Bereich • Passive Solarenergienutzung • Integrierte solarthermische Anlagen bei Neubauten
Wirtschaftlich bei zusätzlichen Anreizen	<ul style="list-style-type: none"> • Verstromung von Biomasse (BHKW, KWK, HKW, BG/GT) • Solare Brauchwasserbereitung in privaten Haushalten • Solare Warmluftheizung mit kontrollierter Lüftung • Wärmepumpen (bivalent) • Geothermische Wärmeerzeugung • Passive Solarenergienutzung, aufwendige Maßnahmen und Techniken • Große Windkraftanlagen (Multi-MW-Bereich) • Großtechnische solarthermische Stromerzeugung (z.B. Parabolrinnen Kraftwerke)
Wirtschaftlich nur bei erheblichen Kostensenkungen und/oder drastisch steigenden Energiepreisen	<ul style="list-style-type: none"> • Netzgekoppelte Photovoltaik-Hausanlagen • Solare Raumheizung auf Basis Warmwasser • Brennstoffe aus Biomasse (Ethanol, Methanol, Rapsöl) • Geothermische Stromerzeugung • Großtechnische photovoltaische Stromerzeugung • Großtechnische Biomassevergasung
Zukunftstechnologien	<ul style="list-style-type: none"> • Photochemische Solarenergienutzung • Solarer Wasserstoff

Trotz der nach wie vor teilweise sehr kontrovers geführten Diskussionen um die möglichen und sinnvollen Beiträge einzelner Energietechniken zu unserem Energieträgermix besteht national wie weltweit heute Einigkeit darüber, daß schon aus Zeitgründen dem Nichtverwenden von Energie (Energieeinsparung) bzw. der möglichst effizienten Nutzung aller Energieträger (rationelle Energienutzung) allerhöchste Priorität zukommt. Bezuglich der regenerativen Energietechniken liegt hier das Hauptinteresse im Bereich der passiven Sonnenenergienutzung für die Klimatisierung und Beleuchtung von Gebäuden.

Tabelle 1-20: Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch

	1990	1995
Osterreich	22,1	24,3
Belgien	1,0	1,0
Dänemark	6,3	7,3
Finnland	18,9	21,3
Frankreich	6,4	7,1
Deutschland	1,7	1,8
Griechenland	7,1	7,3
Irland	1,6	2,0
Italien	5,3	5,5
Luxemburg	1,3	1,4
Niederlande	1,3	1,4
Portugal	17,6	15,7
Spanien	6,7	5,7
Schweden	24,7	25,4
Großbritannien	0,5	0,7
Europäische Union	5,0	5,3

Quelle: /Kommission der Europäischen Gemeinschaften, November 1997/

Status und Marktpotential der regenerativen Energietechniken zeigen einen kontinuierlichen Aufwärtstrend /Meliß, M. und Späte, F., Mai 1997b; Weller, T., 1997; Hoffmann, Th., 1997/. So rechnet die jüngste Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft für das Jahr 2010 mit Zuwachsraten von 6 % /Großkurth, H.-M. und Bräuer, W., 1997/. Europaweit könnten bis zu diesem Zeitpunkt 20% der Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energien erfolgen

/EUROSOLAR, August 1997/. Wie Tabelle 1-21 zeigt, wären damit ein Umsatz von mehr als 110 Milliarden ECU und die Schaffung von 2 Millionen neuer Arbeitsplätze verbunden.

Die Frage, wie wirklich langfristig eine zukunftsähnige (sustainable) Energieversorgung aussieht, bleibt damit aber weiter umstritten /Lehmann, H., 1997; Arbeitskreis evangelischer Unternehmer, 1997; Parteien zur Solarenergie, Mai/Juni 1997/. Einig sind sich alle: Es müssen schnellstens Maßnahmen zur Beseitigung von Hemmnissen für eine stärkere Nutzung erneuerbarer Energien ergriffen werden /Diekmann, J. und Eichelbrönnner, M., 1997; Forum für Zukunftsenergien, 1997/ (vergleiche hierzu Kapitel "Flankierende Maßnahmen").

Tabelle 1-21: Energiebeiträge, Umsätze und neue Arbeitsplätze bei einer Verdreifachung des Beitrags Erneuerbarer Energien in der EU bis 2010.

	EU Energie in Mio. TRÖE	Beitrag %	Jahresumsatz in Mrd. ECU	neue Arbeitsplätze
Wind	13,0	0,90	5,0	140.000
Wasser	15,0	1,00	11,0	gleichbleibend
Photovoltaik	0,8	0,07	4,5	157.000
Biomasse ¹	100,0	6,70	40,5	822.000
Gebäude (Solar- kollektoren, Geothermie, Wärmepumpen)	6,1	0,40	2,9	97.000
Zwischensumme ³ davon durch Export	134,4	9,00	63,9 23,0	ca. 1.200.000 ca. 230.000
Passive Nutzung der Sonnenenergie	70,0	4,60	48,0	880 000
<i>Insgesamt, zusätzlich</i>	204,4	13,60	112,0	>2 Mio.
Derzeit vorhanden	106 ²			
Summe	ca. 310,0	20,60		

1) Müll nicht inbegriffen; 2) 7,9 % des Bruttoverbrauchs von 1.338 Mio. TRÖE im Jahr 1994;
3) Abweichungen von der Summe durch Rundungen; Quelle: /Weller, T., 1997/

1.2.2 Rationelle Energienutzung: Sonnengerechte Architektur

Sonnengerechtes Bauen, d. h. die direkte oder indirekte Nutzung der Sonnenstrahlung zur Reduktion der Heizungs- und Lüftungsenergie, ist im Neubau am leichtesten realisierbar. Entsprechendes Fachwissen und den gemeinsamen Wunsch von Bauherren, Architekten und Planern vorausgesetzt (sogenanntes Integrales Planen) müßte sonnengerechte Architektur hier längst Standard sein /Michael, K., 1997; Weiblen, R.-D., 1997; Voss, K., 1997a/. Die Realisierung von "Niedrigenergiehäusern" mit einem Heizbedarf von weniger als $40 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ ist aber heute für praktisch alle Gebäudetypen ohne übermäßigen zusätzlichen Aufwand an Investitionsmitteln erreichbar.

Will man heute ein Wohnhaus, Reihenhaus oder Mehrfamilienhaus bauen, das mit der Hälfte der nach der deutschen Wärmeschutz-Verordnung erlaubten Heizenergie pro Quadratmeter auskommt, dann kosten die wärmetechnischen Änderungen und die passiv-solaren Elemente nur zwei bis fünf Prozent der Bausumme zusätzlich. Es gibt allerdings auch realisierte Beispiele, von Häusern aller Art, die ohne Zusatzkosten einen derart niedrigen Energieverbrauch, durch passive Solarenergienutzung und Dämmung, erreicht haben. Der Energieverbrauch von Gewerbegebäuden läßt sich sogar oft ohne irgendwelche Zusatzkosten erheblich verringern.

Der Altbaubestand weist demgegenüber mit über $220 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ und Jahr im Schnitt noch erheblich höhere Einsparpotentiale auf /Discher, H., 1997/. Zur Erschließung dieser Potentiale können an erster Stelle Wärmedämmmaßnahmen ergriffen werden, wobei in jüngster Zeit vermehrt das Augenmerk auf ökologisch verträglich hergestellte und rezyklierbare Materialien gelegt wird. Im Fensterbau hält die fast revolutionäre Entwicklung an: Die Fenstersysteme erreichen Wärmedurchgangskoeffizienten in der gleichen Größenordnung wie herkömmliches Mauerwerk, lassen aber dennoch den überwiegenden Teil der Sonnenstrahlung als Wärmequelle im Winter ins Innere des Hauses. Zusammen mit den erheblich fortgeschrittenen Wärmedämmmaßnahmen, z.B. auch in Form der transparenten Wärmedämmung lassen sich damit auch im Altbaubestand Niedrigenergiehaus - Standards erreichen /Voss, K., 1997b; Platzer, W., 1997/. Bei der Sanierung von Gebäuden ist es sehr schwer, Kosten anzugeben. Diese hängen von dem Bauzustand und unter anderem von der Lage und Einbindung des Gebäudes ins Umfeld ab.

Schaut man sich den Energieverbrauch von Gebäuden an, die nach den Prinzipien der passiven Solarenergienutzung gestaltet worden sind, und vergleicht ihn mit dem konventioneller Bauten, dann wird das enorme Potential sichtbar, das in dieser »Energiequelle« steckt. Wie groß der Anteil

des Energiebedarfs ist, der mit der Sonne gedeckt werden kann, hängt nicht nur von der Qualität des architektonischen Entwurfs ab, sondern auch von Haustyp und regionalem Klima.

Im Rahmen des Monitor-Projektes der Europäischen Gemeinschaft sind unterschiedliche Haustypen in Europa untersucht worden. Nach dieser Studie deckt bereits heute in den bestehenden Häusern die Sonne 10 bis 15,5 Prozent des Energiebedarfs. Der EG-Studie läßt sich entnehmen, daß Mehrfamilienhäuser im Durchschnitt weitere 30 Prozent ihres Energiebedarfs durch passive Nutzung der Sonnenenergie decken können; in südlichen Breiten Europas können auch Werte um 70 Prozent erreicht werden, und in nördlichen Breiten sind Lösungen untersucht worden, die weitere 40 Prozent Energiegewinn bringen. Bei Einzelgebäuden ermittelte die Studie sogar einen möglichen Sonnenenergiebeitrag von im Durchschnitt mehr als 35 Prozent, in südlichen Gebieten bis zu 60 Prozent.

Die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages »Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre« hat ebenfalls untersucht, wieviel Energie durch wärmetechnische Verbesserungen und eine Bauweise nach den Prinzipien der passiven Solarenergienutzung gespart werden kann. Ihr Ergebnis: Altbauten können bei geeigneter Sanierung siebzig bis neunzig Prozent weniger Heizenergie verbrauchen als heute, und Neubauten, wenn sie entsprechend entworfen und gebaut werden, siebzig bis achtzig Prozent weniger. Voraussetzung dafür sind ein erheblich besserer Wärmeschutz, kontrollierte Lüftung und optimierte Heizungsanlagen. Wenn langfristig in größerem Umfang transparente Wärmedämmung eingesetzt wird, können die Einsparungen bis auf neunzig Prozent angehoben werden. Diese Zahlen werden auch durch andere Studien bestätigt (siehe hierzu auch EUROSOLAR - "Das Potential der Sonnenergie in in der EU", Bonn 1994).

Einige bemerkenswerte Aspekte fallen bei Betrachtung der verschiedenen realisierten Solarbauten auf: daß der Prozentsatz, zu dem der Energiebedarf durch die Sonnenenergie gedeckt werden kann, nicht von der geographischen Lage abhängt, daß die erreichten Deckungsgrade auch bei Neubauten sehr stark streuen und daß selbst der Energieverbrauch gleicher Gebäude an einem Ort sehr unterschiedlich sein kann. Berücksichtigt man die Tatsache, daß es inzwischen in verschiedenen Ländern mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen einige »Nullenergiehäuser« gibt, so drängt sich der Schluß auf, daß der Beitrag, den die Sonne zur Deckung des Energiebedarfs in heute gebauten oder sanierten Gebäuden leisten kann, im wesentlichen von vier Parametern abhängt: von der Qualität und Konsequenz der Umsetzung der Prinzipien solarer Architektur, vom Verhalten der Bewohner, vom Standort der Häuser (Städte, Land) und von den Kosten.

Nach dem heutigen Stand der Technik kann eine Reihe von Gebäuden vollständig mit Solarenergie versorgt werden. Durch die Kombination von wärmetechnischen Maßnahmen und passiv-solaren

Entwurfsprinzipien kann der Energiebedarf so weit gesenkt werden, daß Anlagen zur aktiven Nutzung der Sonnenenergie wie Sonnenkollektoren und Biomasse-befeuerete Heizwerke, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen oder Wärmepumpen die energetische Lücke schließen können. Bei ungünstigen Standorten muß mittels einer guten Isolierung die durch aktive Anlagen benötigte Wärmemenge minimiert werden. In verschiedenen Regionen Europas, insbesondere in den südlichen Ländern aber auch im Norden, wie das Nullenergiehaus in Freiburg zeigt, kann in vielen Fällen auf eine aktive Energieversorgung ganz verzichtet werden. In südlichen Ländern kann ein noch benötigter Kühlauwand auch mittels erneuerbarer Energien geleistet werden, zum Beispiel durch Absorptionskühlsysteme und Wärmepumpen.

1.2.3 Wärmepumpen (WP)

Anfang 1997 waren in Deutschland rund 48.000 Heizungswärmepumpen installiert, was gegenüber dem Vorjahr immer noch einen Rückgang der Absolutzahlen darstellt /Stromthemen, 1997a/. Dies obwohl in 1996 mit 2.310 Anlagen rund 20% mehr Wärmepumpen installiert wurden als im Vorjahr. Der Grund liegt im Tatbestand, daß von der großen Zahl der aus dem ersten Boom des Wärmepumpenmarktes Ende der 70er Jahre stammenden Anlagen immer noch mehr stillgelegt werden als Neuinstallationen erfolgen.

Die Konsolidierung des Wärmepumpenmarktes hat zu erheblich verbesserten Systemen geführt: monovalente Wärmepumpen, die das Erdreich als Wärmequelle nutzen, erreichen Jahresarbeitszahlen von 4, bei der Verwendung von Grundwasser als Wärmequelle sogar 4,5 /Lauer, H. J., 1997/. Das bedeutet, daß die "Edelenergie" Strom nur noch 22% der gesamten Heizwärmeleistung bereitstellen muß. Im Vergleich zu modernen Öl- und Gasheizungen werden mit derartigen elektromotorisch angetriebenen Kompressionswärmepumpen 25 - 40% Primärenergieeinsparungen und 20-50% CO₂-Emmissionsminderungen erreicht.

Die Kosten für Wärmepumpenanlagen variieren je nach Wärmepumpentyp und Wärmequelle zwischen 800 und 2.400 Fr./kW_{th} (1.000 und 3.000 DM/kW_{th}). Sie sind damit zwar in den Investitionskosten teurer als konkurrierende Öl- und Gasbrennwertanlagen, die Wärmegestehungskosten sind aber praktisch identisch /Bressler, G. et al., 1997/. Für beide Heizungssysteme ergibt sich für ein modernes Einfamilienhaus ein Wärmepreis von 19,2 Rp./kWh_{th} (24 Pf./kWh_{th}).

Die hohen Kosten ermöglichen nur im Altbaubestand bivalente Heizungssysteme, bei Neubauten werden heute fast ausschließlich monovalente Systeme eingesetzt /Görliche, P., 1997/. Bei

Niedrigenergiehäusern mit entsprechender Fußbodenheizung und den zunehmend als Wärmequelle eingesetzten Erdreichsonden genügen dabei schon elektrische Wärmepumpenleistungen um 2 kW.

Nicht nur in Deutschland, sondern auch weltweit wird für die Wärmepumpe ein drastisch wachsender Absatzmarkt prognostiziert /Ritter, W. A., 1997/. In wärmeren Ländern wird die Wärmepumpe doppelt genutzt, d. h. sie wird auch zu Kühlzwecken eingesetzt. Angesichts der auch in unserem Lande zunehmenden Komfortansprüche ist zu erwarten, daß diese Doppelnutzung auch auf den hiesigen Wärmepumpenmarkt durchschlägt.

1.2.4 Niedertemperatur- Kollektoranlagen

Fast unbemerkt von der Öffentlichkeit boomt der Markt für thermische Solaranlagen ungebrochen /Schüler, R. et al., 1997/. 1996 wurden in Deutschland mit 360.000 qm Niedertemperaturkollektoren nochmals 20% mehr installiert als im Vorjahr. 58% dieser Kollektoren waren Flachkollektoren, 17% Vakuumröhrenkollektoren, 25% einfache Schwimmbadabsorber. Anfang 1997 waren damit über 1,7 Mio. qm Kollektorfläche in Deutschland installiert. Bis Ende 1997 wird die Zahl von 2 Mio. qm deutlich überschritten werden.

Niedertemperatur-Kollektoranlagen gelten heute für alle Anwendungsbereiche von der Schwimmbadwassererwärmung bis hin zur Heizung als technisch ausgereift. Die Langzeiterfahrungen mit thermischen Solaranlagen sind besser als erwartet: Für die um 1980 errichteten Anlagen kann nach Aussage der ZfS von Lebensdauern in der Größenordnung von 20 Jahren ausgegangen werden /Peuser, F.A. et al., 1997/. Die verbesserten Anlagen der heutigen Generation lassen sogar Lebensdauern von 25 Jahren erwarten. Die Effizienz der Anlagen, d.h. die Ausbeute in kWh/m² · a geht dabei in der Regel um nicht mehr als 5-10% zurück. Besonders bemerkenswert: Die Lebensdauer der selektiven Absorberschichten und ihre Effizienz ist viel besser als zu Beginn der Kollektorentwicklung erwartet. Die Schichten bleiben entweder völlig stabil oder verlieren nur 1-3% an Effizienz. Heutige Entwicklungen konzentrieren sich dabei auf besonders umweltverträgliche Herstellprozesse wie etwa die Vakumbeschichtungstechnik /Stromthemen, 1997b/.

Die Tatsache, daß 1997 mit der Firma Buderus Heiztechnik GmbH einer der Großen im Heizungsmarkt alle Geschäftsanteile der Firma Solardiamant-Systemtechnik GmbH übernommen hat, ist unter Umständen ein Zeichen für noch größere Durchbrüche auf den Markt der Solarthermie /Sonnenenergie und Wärm 技术, 1997b; Koenemann, D., 1997/.

1.2.5 Hochtemperatur- Kollektoranlagen

Arbeitstemperaturen von mehr als 150 °C, wie sie für viele industrielle Produktionsprozesse benötigt werden, können auch von hocheffizienten Flachkollektoren (z.B. Vakuum- Röhren- Kollektoren, Vakuum- Flach-Kollektoren) bereitgestellt werden. Einfacher ist die Erzeugung derartiger Prozeßwärme aber mit Hilfe von Konzentratoren, in erster Linie also Spiegelsystemen, die nur die direkte Strahlungskomponente des Sonnenlichtes verarbeiten können. Obwohl derartige Anlagen damit in Deutschland und in der Schweiz selbst nicht sinnvoll eingesetzt werden können, eröffnet die Entwicklung einer solchen Technologie der Hochtemperaturthermie eine weite Palette von Exportmöglichkeiten. Renommiertestes Forschungsinstitut auf diesem Gebiet ist zweifelsohne das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt mit seiner Hauptabteilung Energietechnik in Köln /DLR, 1997/. In Köln selbst und am DLR - eigenen Testzentrum Almeria in Spanien werden unter anderem im Verbund der Arbeitsgemeinschaft Solar NRW eine Reihe von Untersuchungen zur Solarchemie und zur solaren Materialforschung durchgeführt. Neben dem Sonnenofen selbst wird auch die Parabolrinnenanlage für organische, photochemische Synthesen im Sonnenlicht (PROPHIS) für diese Zwecke eingesetzt /Ortner, J., 1997/.

Solare Hochtemperaturwärme kann auch zur Produktion von Grundstoffen (z.B. Cement) für die Herstellung synthetischer Fasern und technischer Plastiken /Riffelmann, K.-J. und Luedtke, G., 1997/, zur thermischen Behandlung von Sonderabfällen, der Spaltung von Abfallschwefelsäuren oder der Entgiftung organisch belasteter Abgase eingesetzt werden /Funken, K.-H., 1997; Schmidt, S., 1997; Reichert, M., 1997/.

Ein für viele Regionen dieser Welt ebenso interessantes und wichtiges Anwendungsgebiet solarer Hochtemperaturwärme sind die Aufbereitung von Brackwasser und die Meerwasserentsalzung sowie die Bereitstellung von Kälte, die Klimatisierung von Gebäuden oder die Kühlung von Medikamenten und Lebensmitteln /Becker, M. u. Funken, K.-H., 1997; Müller, St. und Zech, St., 1997/.

1.2.6 Wasserkraftwerke

Einen Überblick über die weltweite Nutzung der Wasserkraft im Vergleich zu ihren Potentialen gibt Tabelle 1-22. Es wird ersichtlich, daß heute nur ein Viertel des wirtschaftlichen Potentials dieser umweltfreundlichen und sehr preisgünstigen Energiequelle genutzt wird. Bezogen auf das technische Potential der Welt sind es sogar nur 18%.

In Deutschland ist die Wasserkraft - zumindestens in ihrer großtechnischen Nutzung weitestgehend ausgeschöpft: 1997 wurden ca. 20 TWh/a an Strom bereitgestellt, was einem Anteil von etwa 5% entspricht /Stromthemen, 1997c/. Darüber hinaus erzeugen rund 4.300 Kleinwasserkraftwerke weitere 2 TWh/a Strom. Das technische Potential Deutschlands in Höhe von etwa 25 TWh/a ist also zu rund 90% ausgeschöpft. Das damit erworbene Know How in Produktion und Planung setzt Deutschland in die Lage, weltweit vom weiteren Ausbau der Wasserkraft zu profitieren. So hat beispielsweise Siemens für das zweitgrößte brasilianische Wasserkraftwerk Xingó die gesamte Basis- und Detailplanung für die Generatoren durchgeführt und alle elektrischen Hauptkomponenten einschließlich der Leittechnik geliefert /Haacke, H. et al., 1997/. 1997 wurde die erste Ausbaustufe mit einer Leistung von 3,33 GW fertiggestellt, die jährlich 18,4 Mrd. kWh Strom liefern soll, also in etwa die in Deutschland von Großkraftwerken bereitgestellte Menge Strom. Der Endausbauzustand des Kraftwerks wird 5,55 GW betragen.

Tabelle 1-22: Weltweite Nutzung und Potentiale der Wasserkraft in TWh/a

	Theoretisches Potential	1993	1993	1993
		Technisches Potential	Wirtschaftl. Potential	Produktion
Welt	44282	15434	9990	2391
Europa	4358	1675	1169	763
UdSSR¹⁾	3943	1892	881	235
BRD²⁾	95	25	24	22
Asien	16486	4632	3844	714
Afrika	10118	3604	482	53
Nordamerika	6150	1777	1669	709
Südamerika	5670	3276	2706	414
Ozeanien/Australien	1500	470	120	40

1) Werte anteilig in Europa (25%) und Asien (75%) enthalten; 2) Werte in Europa enthalten; 3) Werte von 1991; Quellen: /Meliß, M., 1976, Duarte, N., Fromm, D., 1997/

Die Baukosten für große Wasserkraftwerke sind mit 2.400 bis 4.800 Fr./kW (3.000 bis 6.000 DM/kW) zwar relativ hoch, aufgrund der langen Lebensdauer der Kraftwerke liegen die Strombereitstellungskosten mit 1,6 bis 4,2 Rp./kWh (2 - 7 DPf./kWh) aber an der untersten Stelle aller Kraftwerkstypen. Kleinwasserkraftwerke (unter 1 MW-Leistung) sind wegen der hohen Anteile der Investitionskosten für Zulauf- und Ablaufbauwerke erheblich teurer: Ihre Investitionskosten liegen zwischen 11.200 und über 14.400 Fr./kW (14.000 und über 18.000,--

DM/kW), was zu Stromerzeugungskosten zwischen 8 und 16 Rp./kWh (10 und 20 Pf./kWh) führt. Für viele Anwendungsfälle sind sie dennoch nicht nur bei uns in Deutschland sondern auch insbesondere in Entwicklungsländern eine kostengünstige Stromerzeugungsalternative /Dumont, U., 1997; Brown, A. (Hrsg.), 1997/.

1.2.7 Windenergieanlagen (WEA)

Angetrieben durch den Ausbau der Windkraftnutzung in Europa und Indien steigt die global installierte Leistung der Windenergieanlagen weiter exponentiell an (Tabelle 1-23, /Wind Directions, 1997/). Ende 1996 waren ca. 43.000 WEA mit einer gesamten installierten Leistung von 6.100 MW_{el} in Betrieb, die ca. 11,9 TWh/a Strom bereitstellten. Den größten Zuwachs wies dabei Deutschland mit über 420 MW pro Jahr auf, gefolgt von Indien (244 MW), Dänemark (200 MW) und Spanien (116 MW). Der WEA-Weltmarkt repräsentierte damit 1996 ein Volumen von weit über 2 Mrd. DM. Die Prognosen für 2000 schwanken zwischen 3 Mrd. und 5 Mrd. DM Umsatz pro Jahr /Windkraftjournal, 1997/. Die USA, bis zum vergangenen Jahr noch Weltmarktführer, werden an dieser Entwicklung wegen des nach wie vor stagnierenden geringen WEA-Absatzes kaum teilnehmen /Hendricks, B., 1997/. Dies gilt auch für die Niederlande, die Anfang der 90er Jahre mit großem Optimismus in die Windkraftnutzung einstiegen /Janse, F., 1997/. Dagegen wird in Dänemark und in Deutschland der Ausbau der Windkraft - unter der Voraussetzung, daß die in beiden Ländern erfolgreichen Stromeinspeisegesetze Fortbestand haben - weiter voranschreiten /de Vries, E., 1997; Aubrey, C., April 1997; Köpke, R., 1997b; Reeker, C., 1997/. Erhebliche Potentiale verspricht man sich in beiden Ländern dabei von der Offshore-Nutzung des Windes.

Das vom ISET in Kassel durchgeführte wissenschaftliche Meß- und Evaluierungsprogramm zum "250 MW-Winddemonstrationsprogramm" des Bundes weist nach, daß Windkraftanlagen nur selten Störungen zeigen /Donnerbauer, R., 1997; ISET, 1997; Durstewitz, M., 1997; Sonnenenergie und Wärmetechnik, 1997c/. Angesichts der Tatsache, daß die überwiegende Zahl gerade der WEA im mittleren und oberen Leistungsbereich (600 bis über 1.000 kW je Anlage) erst wenige Jahre in Betrieb ist, kann über das Langzeitverhalten von WEA und damit auch über ihre Wirtschaftlichkeit nur spekuliert werden. Insgesamt ergeben sich variable Kosten in der Größenordnung von 4,5 bis 6% der Investitionssumme, wobei mehr als die Hälfte davon auf den Bereich Instandsetzung und Wartung entfällt /Kleinkauf, W. et al., 1997 a,b/.

1997 wurde "die alte Königsklasse (500 - 600 kW)" /Sonnenenergie und Wärmetechnik, 1997d/ der WEA durch die neue Leistungsklasse von 1.000 - 1.650 kW abgelöst. Tabelle 1-24 gibt einen Überblick über die zur Zeit am Markt angebotenen Anlagen.

Ein besonderes Problem beim Upscaling der Anlagen ist die Tatsache, daß dabei die Masse von Gondel und Rotor überproportional zunimmt. Hier liegt eine besondere Herausforderung an die Entwicklungingenieure, die von dem Dutzend Konkurrenten auf dem Markt unterschiedlich angegangen wird. Ohne eine solche Reduktion werden sich aber nennenswerte Kostendegressionen bei den MW-Anlagen nicht realisieren lassen /Rehfeldt, K. und Schwenk, B., 1997/.

Tabelle 1-23: Weltweit installierte Windenergieanlagen (nach /Wind Directions, 1997/)

Land	Installiert in 1996 (MW)	Installiert Ende 1996 (MW)
USA	12	1596
Kanada	0,2	21
Süd/Zentral Amerika	22	33,6
Gesamt Amerika	34	1651
Dänemark	200	835
Finnland	1,1	7,2
Frankreich	2,7	5,7
Deutschland	420	1552
Griechenland	1	29
Italien	38	70,5
Irland	3,6	11
Niederlande	50	299
Portugal	10,6	19,1
Spanien	116	249
Schweden	34	103
England	73	273
Übriges Europa	17	43
Gesamt Europa	967	3496
China	35	79
Indien	244	820
Übriges Asien	2,7	12,9
Gesamt Asien	282	912
Australien & Neuseeland	3,5	6,3
Pazifische Inseln	2,7	3
Nord Afrika	0,2	8,8
Mittlerer Osten	1,9	8,8
UdSSR	1	17,7
Sonstige	9,2	44
Gesamt Welt	1292	6104

Der derzeitige Antrieb, die im Verhältnis zur Mittelklasse teureren MW-WEA überhaupt zu betreiben, ist die bessere Ausnutzung der jeweiligen Standorte. Das gleiche Ziel hat die Errichtung von Windparks (z.B. /Aubrey, C., Juli 1997/), wobei exponierte Lagen wie etwa die

Abraumhalden der Kohleförderung besonders lukrative Windenergieausnutzungen ermöglichen /Aachener Nachrichten, 1997/.

Generell ist dabei aber anzumerken, daß Windenergieanlagen im Binnenland deutliche Nachteile gegenüber den günstigeren Aufstellungsbedingungen der Küsten aufweisen /Durstewitz, M. et al., 1997/. Hierzu zählen höhere Stillstandszeiten insbesondere aufgrund von Sturm, Vereisung und Blitzschlag /Neue Energie, 1997/. Die größte Unbekannte im Langzeitverhalten der WEA sind dabei die Rotorblätter, die rund 1/3 der Gesamtinvestitionskosten ausmachen /Ristau, O., 1997/.

Tabelle 1-24: Technische Daten der Megawattanlagen

	L	Lstg. kW	Reg	RD m	RF m ²	Drehzahl U/min	NH m	Preis TDM
AN Bonus 1 MW/54	DK	1000	sa	54,0	2290	14/22	60	a. A.
Autoflug A 1200	D	1200	pk	61,0	2922	13,8/20,7	60	a. A.
Enercon E-66	D	1500	pv	66,0	3421	8 - 20,3	68	2965 ^{a)}
Fuhrländer 1000	D	1000	sk	52,5	2165	15/22	70	1445 ^{b)}
HSW 100/57	D	1050	pk	57,0	2552	15,3/22,9	70	1720
Micon M 2300-1000	DK	1000	sk	54,0	2290	14/21	59	1600
Nedwind NW 55/1000	NL	1000	pk	55,0	2376	16,4/24,6	70	1676
Nordex N 54	D	1000	sk	54,0	2290	14/22	70	1729 ^{c)}
Nordex N 60	D	1250	sk	60,0	2828	12,7/19	68	2200 ^{c)}
Nordtank 1500/64	DK	1500	sk	64,0	3217	17	68	2720 ^{d)}
Tacke TW 1.5	D	1500	pv	65,0	3318	14 - 20	67	2888 ^{e)}
Vestas V66	DK	1650	pk*	66,0	3421	15/19	67	2948 ^{f)}
Windtec 1566	A	1500	pv	66,7	3494	12 - 23,5	65	2572

L: Herkunftsland; Lstg.: Nennleistung; Reg: Leistungs- und Drehzahlregelung: sk: stall, konstante Drehzahl; sa: Aktiv-stall, konst. Drehzahl; pk: pitch, konstante Drehzahl; pk* OptiSlip; pv: pitch, drehzahlvariabel; RD: Rotordurchmesser; RF: Rotorkreisfläche; NH: größte verfügbare Nabenhöhe (bis max. 70 m, größere Nabenhöhen siehe Fußnoten a, d, e)

Preis: Listenpreis in 1000 DM bei der angegebenen Nabenhöhe ohne Projektierung, Fundament, Transport, Montage, Trafo, Netzanschluß; a.A: auf Anfrage

a) Preis inkl. Trafo, 98 m Nabenhöhe auf Anfrage; b) Preis inkl. Montage (ohne Krankosten) und Trafo; c) Preis inkl. Transport und Montage; d) Preis inkl. Transport und Montage, 80 m NH auf Anfrage; e) Preis inkl. Transport, Montage, Trafo, 80 m Nabenhöhe: 3.088 TDM; f) Preis inkl. Transport, Montage, Trafo

1.2.8 Photovoltaik-Generatoren

Wie Tabelle 1-25 zeigt, steigt die weltweite Photovoltaik-Produktion weiterhin mit Wachstumsraten von weit über 10% pro Jahr an (Allnoch, N., 1997; PVIR, 1997; Beneking, C. et al., 1997; Maycock, P. (Hrsg.), 1997). Der Marktanteil Europas ist weiter gesunken und liegt wieder etwa in der gleichen Höhe von Japan. Die Produktion weltweit wird in Kürze in allen Regionen beträchtlich steigen.

Tabelle 1-25: Weltweite Photovoltaik-Produktion in MW

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
EU	4,7	7,1	7,9	9,8	12,1	16	16,9	21,7	21,1	20,6
USA	9,3	13	14,4	16,1	17	18,4	22,3	25,4	34,8	41
Japan	11	10,8	15,1	17,7	18,5	17,3	16,9	16,5	17,4	20,5
Sonstige	2,9	3	3,5	4,5	5,7	5	5,1	6,2	6,4	8,5
Gesamt	27,9	33,9	40,9	48,1	53,3	56,7	61,2	69,8	79,7	90,6

Quellen: (Allnoch, N., 1997; PVIR, 1997; Beneking, C. et al., 1997; Maycock, P. (Hrsg.), 1997), eigene Berechnungen

Tabelle 1-26: PV-Welthandel 1996 nach Technologien und Regionen

Technologie	Kurz- bezeichnung	Produktion 1996 (MW _p)					Anteil (%)
		USA	Japan	Europa	Sonstige	Welt	
Monokristallines Si	Cz-Si	24,1	5,3	12,5	6,5	48,4	54,1
Si-Konzentrator	Si-Konz.	0,7	-	-	-	0,7	0,8
Si-Band	Si-Band	3,0	-	-	-	3,0	3,3
Si auf Billigsubstrat	Si-Film	0,3	-	-	-	0,3	0,3
Multikristallines Si	mc-Si	10,3	9,5	3,9	0,3	24,0	26,8
Kristallines Si	c-Si	38,4	14,8	16,4	6,8	76,4	85,3
Amorphes Si	a-Si:H	1,1	5,2	2,4	3,0	11,7	13,0
Cadmium Tellurid	CdTe	0,4	1,2	-	-	1,6	1,7
		39,9	21,2	18,8	9,8	89,7	100,0

Quellen: (PVIR, 1997; Maycock, P. (Hrsg.), 1997)

Mit über 98% Marktanteil ist Silicium das am häufigsten eingesetzte Halbleitermaterial (Tabelle 1-26). Das mit Hilfe des Czochralski-Ziehverfahrens hergestellte monokristalline Silicium ist dabei vor polykristallinem und amorphem Material führend. Mit den in Tabelle 1-26 aufgeführten Varianten sind die Möglichkeiten des Siliciums allerdings noch bei weitem nicht ausgeschöpft, wie Abbildung 1-1 zeigt /Wettling, W., 1997/. Hochleistungszellen wie die Punktkontaktzelle oder die Lasergrabenzelle (LGBC, Laser Grooved Buried Contact /Müller, St., 1997/) befinden sich in der Entwicklung und nahe an der Industriefertigung. Von den Dünnschichtzellen hat nur die amorphe Siliciumzelle dieses Stadium bereits erreicht. Aber auch hier könnten Galliumarsenid-, Kupfer-Indium- (Gallium-) Selenid- und Kadmiumtellurid-Zellen kurzfristig in industriellem Maßstab gefertigt werden, wenn die entsprechende Nachfrage dies erforderlich machte. Die Siliciumfilm-Solarzelle und die nanokristalline, farbstoffsensibilisierte Solarzelle befinden sich dagegen noch in einem frühen Entwicklungsstadium.

Abbildung 1-1: Entwicklungsreife verschiedener Solarzellentechnologien

Zellentyp/ Technologie	Kurz- beschrei- bung	Kleine Laborzelle	Große Laborzelle	Labor- Pilot- produktion	Industrie- Pilot- produktion	Industrie- fertigung
Kristallines Silicium/ Siebdruck	Cz-Si mc-Si			████████████████		
Kristallines Silicium/ Hochleistungszelle	Punktkontakt Lasergraben/LGBC PERL/LBSF			████████████████		
Dünnschichtzelle	a-Si:H GaAs CIS/CIGS CdTe			████████████████		
Silicium-Filmzelle	c-Si-Film	████████				
Graetzelzelle	nc-dye	████				

Quelle: /Wettling, W., 1997/

Auf keiner der großen Photovoltaik-Konferenzen in 1997 war indes zu erfahren, ob und wann kristallines Silicium als Solarzellenmaterial durch ein anderes Material und ggf. welches ersetzt

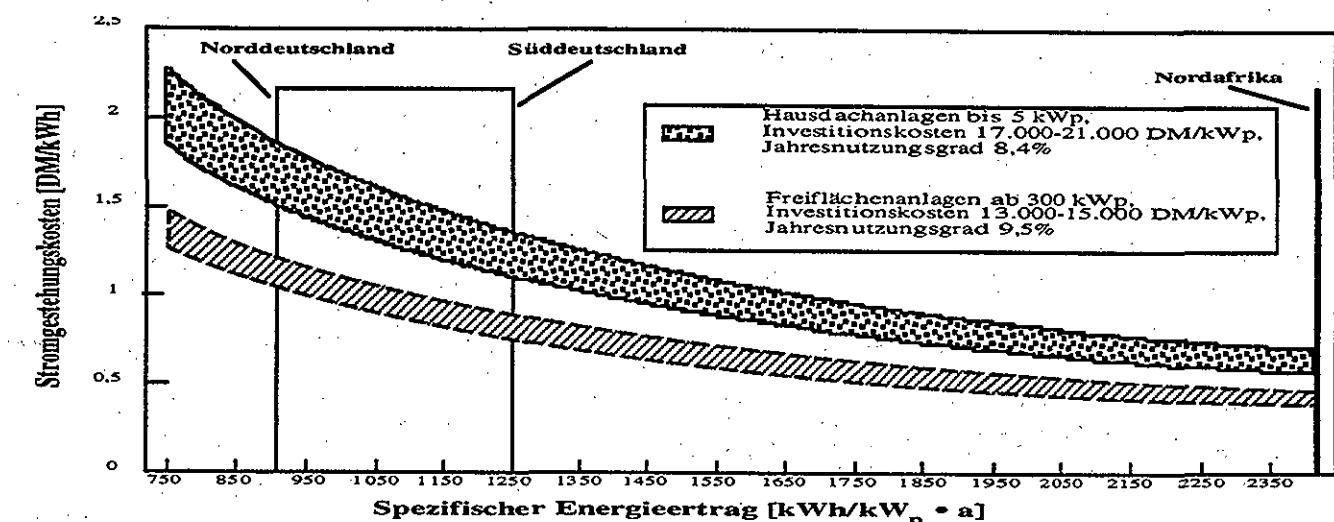
wird. Sowohl auf der 14. Europäischen Photovoltaik-Konferenz in Barcelona /Stöhr, M., 1997/ als auch auf dem PV-Symposium in Staffelstein /Berner, J., 1997/ wurde aber auf neue Wirkungsgradrekorde und Kostensenkungspotentiale hingewiesen. Die gegenwärtige Marktsituation zeigt jedoch steigende statt sinkende Preise: So erhöhte beispielsweise Siemens Solar ihre Großhändlerpreise um 5-10%, wobei wie von den Mitbewerbern auf die immense Verteuerung des Rohsiliciums verwiesen wurde /S&W News, 1997a; Kreutzmann, A., 1997/. Der Preis für Solar-Grade-Silicium liegt 1997 mehr als doppelt so hoch wie 1995. Jährlich bezieht die Photovoltaik-Branche etwa 1.000 Tonnen dieses Materials aus den Abfällen der Halbleiterindustrie. Hier sind allerdings die Herstellungsprozesse so effizient geworden, daß viel weniger Ausschuß anfällt, von dem überdies noch ein steigender Anteil von der Elektronikindustrie selbst als Testwafer eingesetzt wird.

Aus Tabelle 1-25 wird ersichtlich, daß die Weltproduktion an Photovoltaik in 1997 die 100 MW-Grenze überschritten hat. Die in 1996 international begonnenen Bemühungen um den Aufbau einer eigenen Fertigungsstätte für Solar-Grade-Silicium haben zwar bislang noch keinen Erfolg gehabt, praktisch alle größeren Zellen-Hersteller planen aber eine erhebliche Ausweitung ihrer Produktionskapazitäten. Große Hoffnungen setzt man bei dem geplanten Ausbau auf entsprechende Förderprogramme wie das 100.000-Dächer-Programm in Deutschland, das 500.000-Dächer-Programm für die europäische Union oder das Eine-Millionen-Dächer-Programm für die USA. Die für diese Programme vorgesehenen netzgekoppelten Anlagen erreichen bislang aber lediglich Marktanteile von 11%. Viel interessanter erscheinen daher Anwendungsgebiete in sonnenreichen Entwicklungsländern, wo Solar-Home-Systeme, Photovoltaik-Wasserpumpen, Dorfstromversorgungsanlagen und sonstige netzferne Systeme schon heute in der Regel wettbewerbsfähig sind. Sie stellen weit mehr als 1/3 des gesamten Weltmarktes.

In Deutschland dürfte Ende 1996 die installierte Photovoltaik-Leistung eine Größenordnung von 14 MW_p erreicht haben /Schott, Th., 1997/. Rund 40% davon entfielen auf die Anlagen "1000-Dächer-Programms". Hier kann nach Abbildung 1-2 theoretisch mit spezifischen Energieerträgen zwischen 900 und 1250 kWh/kW_p und Jahr gerechnet werden /Staiß, F., 1996/. Die in der Abbildung gezeigten Werte stellen allerdings kaum erreichbare Obergrenzen dar: Die Erfahrung des 1000-Dächer-Programms beispielsweise zeigen, daß eine signifikante Anzahl von Photovoltaik-Anlagen weitaus geringere Energieerträge liefert /Grochowski, J. et al., 1997/. 26 von 172 Photovoltaik-Anlagen in Niedersachsen beispielsweise lieferten 1994 Energieerträge von weniger als 600 kWh/kW_p a. Entsprechende Analysen ergaben als Ursache Leistungsdefizite der Module gegenüber den Herstellerangaben, Teilabschattungen der Generatoren durch Bäume, Wände und Gebäudeteile, Defekte an den gleichstromseitigen Elektroinstallationen sowie Probleme mit den Wechselrichtern /Grochowski, J. et al., 1997/. Eine passive Nachführung mit Hilfe von V-Treg-

Konzentratoren könnte zumindest bei den Freiflächenanlagen zu 60-100% höheren Ausbeuten führen und damit die Stromerzeugungskosten um 20-30% reduzieren /Klotz, F., 1997/.

Abbildung 1-2: Stromgestehungskosten für kleine Hausdachanlagen und größere Freiflächenanlagen



Quelle: /Staiß, F., 1996/

Neben vielen kleineren Anwendungen unterschiedlicher Art /Stromthemen, 1997e; Sonnenenergie & Wärmetechnik, 1997; Elektrizitätswirtschaft 1997; Aachener Zeitung, 1997; S&W News, 1997b/ standen im vergangenen Jahr besonders Photovoltaik-Fassaden im Schwerpunkt des Interesses. Werden derartige Gebäudehüllen bereits in der frühen Planungsphase berücksichtigt, so können die Vorteile der Mehrfachnutzung (Wetterschutz, Wärmedämmung, Tageslichtnutzung und Abschattung, Gestaltung, Schallschutz, elektromagnetische Schirmdämpfung und Energieerzeugung) finanziell soweit zu Buche schlagen, daß PV-Fassaden mit hochwertigen Alternativen konkurrieren können /Humm, O., 1997; Bendel, Ch. et al., 1997/.

Systeme im Leistungsbereich zwischen 100 und 200 W_p etwa für die Bewässerung, Weidetränken und -zäune, die Fischteichbelüftung und andere sind auch in unserem Lande häufig schon wirtschaftlich. Dies gilt insbesondere im ländlichen Raum für eine Vielzahl von Standorten, an denen elektrischer Netzstrom nicht zur Verfügung steht. Bei kleinem Energiebedarf zwischen 100 und 500 kWh/a konkurrieren Photovoltaik-Anlagen hier gegen Batteriesysteme, die in aller Regel höhere Energiebereitstellungskosten aufweisen /Oheimb, R. und Strippel, M., 1997/.

1.2.9 Energie aus Biomasse

Die Potentiale, die sich dafür in Form von Rückstands- und Abfallbiomasse oder aus speziell eingerichteten Energieplantagen ergeben, sind erheblich /Marutzky, R., 1997; Wittermann, J., 1997/.

In den letzten Jahren hat insbesondere das Interesse an Feuerungsanlagen für Holz deutlich zugenommen. Neue Werkstoffe, intelligente Regelungssysteme und neue Verfahren der Brennstoffaufbereitung erlauben es, heute Holz auf vielfältige Art und Weise zu nutzen /Strehler, A., 1997/. Für Holzfeuerungsanlagen bis 100 kW liegen die Anschaffungspreise derzeit im Bereich von 200 bis 2.000,- DM je kW Feuerungsleistung. Je nach Auslastung und Lebensdauer sowie Annahmen über die interne Verzinsung ergeben sich daraus Kapitalkosten in Höhe von 1,5 bis 15 Pf./kWh_{th}. Hinzu kommen Betriebskosten in Höhe von 2 bis 4 Pf./kWh_{th} und Brennstoffkosten von mindestens 3 Pf./kWh_{th} (entsprechend 100,- DM je Tonne bzw. 30 DM je Ster bei Scheitholz). Der letztgenannte Wert erhöht sich für Energiepflanzen auf Brennstoffpreise in der Größenordnung von 6 bis 8 Pf./kWh. Insgesamt ergeben sich also Energiekosten in Höhe von 6,5 bis 27 Pf./kWh_{th}, die lediglich im unteren Bereich mit den Kosten für eine vergleichbare Ölfeuerung (bis 10 Pf./kWh_{th}) konkurrieren können /Strehler, A., 1997/.

Auch bei größeren Einzelanlagen sowie kleineren Heiz- oder Heizkraftwerken kann der Brennstoff Holz heute nur in Ausnahmefällen mit den billigen fossilen Alternativen, insbesondere Importkohle konkurrieren /Wiedemann, N., 1997; Weidlich, H.-G., 1997; Kirst, R., 1997; Sontow, J. et al., 1997; Nitsche, R., 1997/. Von besonderer Bedeutung ist dabei darüber hinaus die Bedarfsstruktur der jeweiligen Wärmeversorgungsgebiete. So zeigt beispielsweise die Analyse eines konkreten Kraftwerksstandortes trotz Anfalls großer Mengen biogener Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft und gleichzeitiger Existenz eines lokalen Nahwärmenetzes, daß die Kosten des Biomasse-Blockheizkraftwerkes 30,- DM/MWh teurer sind als diejenigen eines konventionellen Erdgas- BHKW /Hansen, U. et al., 1997/. Grund ist die starke Abhängigkeit der Wärmegestehungskosten von der zu geringen Auslastung der Energieerzeugungsanlage.

In Europa existieren mindestens 100 Holzvergasungsanlagenhersteller und - betreiber im Leistungsbereich von < 5 MW_{th} /Oettel, E., 1997/. Für den kleinen Leistungsbereich unterhalb von 2 MW_{th} wurden vier ausgewählte Systeme detaillierter untersucht. Dabei zeigte sich, daß in diesem Technologiegebiet noch erhebliche Entwicklungsschritte in Richtung optimierter Vergasungstechnik, Gasreinigung, Automation und Kontrolle sowie Emissionsminderung bestehen.

Kleine Blockheizkraftwerke im Leistungsbereich von 5 bis 20 kW_{el} könnten beispielsweise auch mit Rapsöl betrieben werden. Neben der Umesterung der Öle zu Rapsmethylester (RME) bietet sich auch die unmittelbare Verwendung des hochviskosen, kaltgepreßten Rapsöles an /Brautsch, M., 1997/. Versuche mit drei unterschiedlichen Systemen und drei unterschiedlichen Rapsölkraftstoffen zeigen einen noch erheblichen Wartungsaufwand und die Notwendigkeit weiterer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.

Auch Biogas kann neben der direkten thermischen Verwertung über entsprechend umgerüstete Industriemotore zur Stromerzeugung bzw. Kraft- Wärmekopplung eingesetzt werden /Köttner, M., 1997/. Nach Angaben des Fachverbandes Biogas e.V. hat die Biogastechnologie in Deutschland in den letzten zwei Jahren mit dem Zubau von 250 Anlagen und der Schaffung von nahezu 700 Arbeitsplätzen ihren bisher größten Aufschwung erfahren.

1.3 BEISPIELHAFTE AUSWERTUNG DER ENTWICKLUNG DER ERNEUERBAREN ENERGIEN DER MIT DER SCHWEIZ VERGLEICHBAREN LÄNDER

1.3.1 Photovoltaik in Nordrhein-Westfalen (Deutschland)

1.3.1.1 Das Modell der kostendeckenden Vergütung

Der Ansatz ging dahin, alle Kosten zu vergüten, die dem Inhaber bei der Errichtung bzw. dem wirtschaftlichen Betrieb einer Wind-, Biomasse- oder Photovoltaikanlage entstehen. Dies bedeutet, daß für die kWh Strom aus einer PV-Anlage bis zu zwei Mark und für die kWh aus Windenergieanlagen bis zu 25 Pfennig gezahlt werden sollten (statt ca. 17 Pf. pro kWh nach dem Stromeinspeisungsgesetz). Die Differenz zwischen diesen höheren Sätzen und den Mindestsätzen nach dem Stromeinspeisungsgesetz sollten die Stadtwerke zahlen. Das Stromeinspeisegesetz schreibt Mindestvergütungen fest, welche die jeweiligen Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen (EVU) für den Strom bezahlen müssen, der aus Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ins öffentliche Netz in ihrem Versorgungsgebiet eingespeist wird. Die Vergütung orientiert sich am Durchschnittserlös aller EVU aus der Stromabgabe an Letztverbraucher im jeweils vorletzten Kalenderjahr. Dieser wird der amtlichen Bundesstatistik entnommen. Strom aus Anlagen, die ausschließlich Windkraft und Sonnenenergie nutzen, wird mit mindestens 90 Prozent des Durchschnittserlöses vergütet. Strom aus Anlagen mit einer Leistung bis 500 kW, die ausschließlich Wasserkraft, Deponie- und Klärgas, Produkte oder Abfallstoffe der Land- und Forstwirtschaft sowie aus der gewerblichen Be- und Verarbeitung von Holz nutzen, wird mit mindestens 80 Prozent vergütet. Die kostengerechte Vergütung stellt ein Zusatzgeld dar, das über das Stromeinspeisegesetz hinausgeht. Die entstehenden Mehrkosten sollte das Versorgungsunternehmen jedoch nicht aus der eigenen Tasche, d.h. aus dem erwirtschafteten Gewinn, tragen. Vielmehr sollten die Mehraufwendungen, die über den Anteil des Stromeinspeisegesetzes hinausgehen, auf die Strompreise umgelegt werden. Sofern Versorgungsunternehmen eigene Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern bauten, so die Argumentation, würden die Kosten schließlich auch in die Tarife bzw. Preise für die Endverbraucher eingehen.

Mit dem Modell einer erhöhten Einspeisevergütung betritt Nordrhein-Westfalen - und andere Länder - danach neues Terrain bei der Förderung erneuerbarer Energieträger. Den EVU im Lande werden durch die Preisaufsicht im NRW-Wirtschaftsministerium neue und attraktive

Handlungsspielräume eröffnet, um mit eigenen Programmen einen erhöhten Beitrag zur Stromerzeugung aus Sonne, Wasser, Wind und Biomasse zu erzielen.

Derartige Angebote einer erhöhten Einspeisevergütung stellen eine freiwillige Leistung des jeweiligen EVU dar. Das Wirtschaftsministerium kann die Stromversorger insbesondere wegen fehlender rechtlicher Grundlagen nicht zwingen, an diesem Modell teilzunehmen.

Zum 1. Juni 1994 veröffentlichte das Wirtschaftsministerium NRW die "Grundsätze der Strompreisaufsicht zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern". Darin stellt es wesentliche Eckpunkte dieses Modells vor. Es geht dabei um die Frage, in welchem Rahmen und unter welchen Bedingungen von der Preisaufsicht eine Genehmigung zur Tariferhöhung erteilt werden kann, damit die Stromversorger aus diesen Mehreinnahmen eine erhöhte Einspeisevergütung finanzieren können.

Die wesentlichen Eckpunkte der Grundsätze sind:

- Das Wirtschaftsministerium setzt eine Obergrenze von einem Prozent für eine Strompreisanhebung fest. Die durch die erhöhte Einspeisevergütung entstehenden zusätzlichen Kosten für das EVU dürfen über höhere Strompreise der Tarif- und Vertragskunden umgelegt werden. Diese zweckgebundene Preiserhöhung darf jedoch nicht höher als 1 Prozent bemessen sein.
- Wenn ein EVU Einspeisevergütungen zahlen möchte, die über die Vergütung nach dem Stromeinspeisegesetz hinausgehen und diese Mehrkosten für das Unternehmen durch eine Strompreiserhöhung finanzieren will, muß es ein schlüssiges Konzept einreichen.
- Die über die Strompreiserhöhung eingenommenen Mittel sollen möglichst nicht nur für die erhöhte Einspeisevergütung einer Nutzungsart verwendet werden. Vielmehr soll sichergestellt werden, daß in der Regel kein Energieträger mehr als die Hälfte der über die Preiserhöhung eingenommenen Mittel des EVU beansprucht.
- Sofern Zuschüsse der öffentlichen Hand beantragt werden, sind diese bei der Bemessung der erhöhten Einspeisevergütung zu berücksichtigen.
- Die Grundsätze sollen nach 3 Jahren hinsichtlich ihrer Auswirkungen sowie der Höhe der Obergrenzen von einem Prozent überprüft werden.

Die Förderung durch die öffentliche Hand (also Programme des Bundes, der Länder und vereinzelt kommunale Programme) und das Modell einer erhöhten Einspeisevergütung verfolgen ein gemeinsames Ziel: Beide sollen einen Beitrag leisten zur Kostendegression bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern.

1.3.1.2 Berechnung der Einspeisevergütung und sonstige Förderbedingungen

Die Musterrechnungen orientieren sich an dem Grundsatz, daß die Anlagen privater Betreiber nicht anders bewertet werden sollen als Anlagen, die von den EVU selbst errichtet und betrieben werden. Daher werden ebenso, wie es in der Elektrizitätswirtschaft für Anlageninvestitionen allgemein üblich ist, je ein Anteil Fremdkapital (60 Prozent) und Eigenkapital (40 Prozent) zugrunde gelegt, die mit einer Verzinsung von acht Prozent bzw. 6,5 Prozent in Ansatz gebracht werden. Steuerliche Effekte bleiben hingegen außer Betracht. Sämtliche Kosten für erneuerbare Energieanlagen werden über die mittlere Lebensdauer der Anlagen in Jahresbeträge umgerechnet (Annuitätenmethode). Ausgehend von den individuellen Standortgegebenheiten wird dem Stand der Technik entsprechend in den Musterrechnungen eine durchschnittliche "Stromernte" errechnet. Die Obergrenze der Einspeisevergütung errechnet sich mittels der Division der jährlichen Kosten durch die jährlichen Stromerträge.

Einige EVU möchten jedoch die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern nicht (allein) durch längerfristig erhöhte Einspeisevergütungen fördern, sondern vielmehr durch direkte und einmalige Investitionszuschüsse. Auch bei dieser Förderform sind Obergrenzen einzuhalten, wenn anschließend eine Umlage auf die Strompreise erfolgen soll. Die Obergrenze eines einmaligen Investitionszuschusses durch das EVU erfolgt in Abhängigkeit von Fördermitteln der öffentlichen Hand und den Vergütungen nach dem Stromeinspeisungsgesetz. Von der Gesamtinvestitionssumme werden die Fördermittel der öffentlichen Hand in Abzug gebracht. Die Obergrenze des Investitionszuschusses liegt dort, wo sich aus der Summe von öffentlichen Fördermitteln plus Investitionszuschüssen eine Einspeisevergütung errechnet, die die Vergütung nach dem Stromeinspeisungsgesetz erreicht.

Die Anlagenbetreiber sind bei der letztgenannten Lösung in höherem Maße gewillt, ihre Anlagen stets in einem optimalen Betriebszustand zu halten, um so ein Maximum an Stromausbeute zu erzielen; bei Anlagendefekten besteht ein höherer wirtschaftlicher Anreiz, die Anlage wieder instandzusetzen. Eurosolar und die Verbraucher-Zentrale NRW sind jedoch der Meinung, daß nicht der einmalige Investitionszuschuß, sondern eine erhöhte Einspeisevergütung das geeignete Instrument darstellt.

Zwischen EVU und privatem Anlagenbetreiber wird ein Vertrag geschlossen, in dem sich das EVU verpflichtet, über die definierte Laufzeit (PV-Anlagen 20 Jahre, WKA 15 Jahre, Anlagen zur Nutzung von Biomasse sowie Wasserkraft entsprechend der erwarteten Lebensdauer) eine erhöhte Einspeisevergütung zu zahlen. Diese Einspeisevergütung kann in der Regel ohne jährliche Anpassungen über die gesamte Laufzeit zugesagt werden. Der Betreiber verpflichtet sich, den

erzeugten Strom aus dieser Anlage vollständig und ausschließlich ins Netz seines EVU einzuspeisen. Ein Eigenverbrauch ist nicht vorgesehen /Verbraucher-Zentrale NRW (Hrsg.), 1996/.

1.3.1.3 Auswirkungen der kostendeckenden Vergütung

Die Entwicklung der Photovoltaik-Leistung in Städten mit kostendeckender Einspeisevergütung ist in Tabelle 1-27 dargestellt. Bei den unten aufgeführten Städten und Gemeinden wurde die kostendeckende Vergütung zwischen 1995 und 1997 eingeführt. Seit Einführung der kostendeckenden Vergütung ist die Zahl der PV-Anlagen in diesen Städten und Gemeinden um das 2,5-fache gestiegen, nämlich von 223 auf 573 Anlagen (Stand Mai 1997). 352 Anlagen befanden sich zu diesem Zeitpunkt noch in der Planung. Die installierte Leistung hat sich in den letzten 2 Jahren auf das 5-fache erhöht, nämlich von 459 kW auf 2393 kW an (5.203 kW inkl. der sich in Planung befindenden Anlagen). Diese Zahlen zeigen eindeutig, welche Effekte geeignete flankierende Maßnahmen, hier ist es die kostendeckende Vergütung von Solarstrom, zur Einführung erneuerbarer Energien auslösen können. Im Vergleich dazu liegen andere Regionen, in denen keine kostengerechte Vergütung für Strom aus Photovoltaikanlagen gezahlt wird, mit ihren Installationszahlen deutlich niedriger.

Für den Bereich der Windenergienutzung sind die Auswirkungen der kostengerechten Vergütung schwieriger abzuschätzen. Die Energiegestehungskosten aus Windenergie liegen im Bereich der Wirtschaftlichkeit, so daß die Zusatzeffekte der kostengerechten Vergütung, die über das Stromeinspeisegesetz hinausgehen, nicht klar bewertet werden können.

Bei der Biomassenutzung sind die Auswirkungen der kostengerechten Vergütung schwer quantifizierbar. Es sind wenig Anlagen bekannt, da die kostengerechte Vergütung meist in Städten gezahlt wird. Die hohe Zahl der Akteure im ländlichen Raum würde einen hohen organisatorischen Aufwand zur Datenerhebung erforderlich machen.

Tabelle 1-27: Entwicklung der Photovoltaik-Leistung in Städten mit kostendeckender Einspeisevergütung (Stand Mai '97)

	KV einge- führt am	Strompreisanhebung wegen KV je kWh	Photovoltaik- Anlagen								
			realisiert	geplant	vor KV- Einführung		nach KV Einführung		noch geplant	Summe	
					Zahl	kW	Zahl	kW			
Aachen	01.06.1995				21	57,6	60	219	46	618	895
Balingen	01.01.1996	0,3 Pf.		2	3	16	50,2	15	130	183	
Bonn	01.08.1995	0,15 Pf.			4	7,8	23	668,2	25	80,1	756
Dachau	24.04.1996				3	7,49	9	32,4	18	60	100
Freising	01.10.1993	0,15 Pf.			2	2,13	30	50			52
Fürstenfeldbruck	01.01.1996	0,1 Pf.			9	20	44	100			120
Gütersloh	01.01.1996	0,2 Pf.			7	32,7	65	270		210	513
Haltern	01.01.1996				2	6,5	14	38	12	70	115
Hamburg	01.07.1995				124	222	75	270	70	430	922
Hammelburg	20.12.1993	0,1 Pf.			1	1,8	9	15			17
Herzogenrath, Würselen	01.06.1995				8	17	55	165			182
Lemgo	01.07.1995	0,125 Pf.			4	8,5	27	118	10	27	154
Lippstadt	01.03.1996				3	10	10	16	8	16	42
Lübeck	01.06.1996				6	7,3	4	11,6	7	18,5	37
Nürnberg	01.01.1996				2	4	46	105	58	130	239
Pforzheim	01.02.1996	0,3 Pf.			2	7	7	26,7	1	40	74
Remscheid	01.04.1995				1	1,5	9	25,7	10	202	229
Roth	01.01.1996				1	3,96	2	3,5	7	15,5	23
Schorndorf	01.01.1996						5	19,5			20
Schwabach	01.01.1997				1	2	10	16	8	16	34
Soest	01.01.1996				3	11,2	15	52	13	60	123
Traunstein	01.04.1996	0,03 Pf.			1	3	4	8	4	8	19
Ulm	01.01.1996	0,1 Pf.			5	5	33	102	32	123	230
Wedel	01.01.1996				3	3	5	11,09	8	47	61
Würzburg	01.04.1997				8	15				50	65
Städte insgesamt					223	459	577	2393	352	2351	5203

Quelle: /Neue Energie, August 1997/

1.3.2 Solarthermie im Vergleich zwischen Österreich und Griechenland

Exzellente Beispiele der Solarenergienutzung sind in Griechenland seit 2000 Jahren bekannt. Das von Archimidis entwickelte konzentrierende System ist eines davon. Die neue Ära für solarthermische Systeme in Griechenland begann vor ca. 20 Jahren. Einige der Pioniere waren Zyprioten. Auf Grund der Tatsache, daß solare Brauchwasseranlagen in Zypern weit verbreitet waren, gab es viele Zyprioten, die nach der türkischen Invasion nach Griechenland emigrierten, ihre Erfahrungen in diesem Bereich als Hersteller und Nutzer weiter. Fast alle griechischen Haushalte benutzten elektrische Warmwasserbereiter. Der steigende Preis für Elektrizität trug dazu bei, den solarthermischen Markt zu entwickeln. Auf Grund der Ölkrise wuchs der Markt wie in vielen anderen Ländern stetig an. In den Jahren 1984 bis 1986 unterstützte die griechische Regierung eine großangelegte Werbekampagne, was die Verkaufszahlen auf 185.000 m² verglaster Kollektorfläche hochschnellen ließ. In dieser Zeit schätzte man die Zahl der Hersteller auf ca. 300 Firmen. Alle Systeme wurden mit Ausnahme einiger Anlagen, die hauptsächlich aus Israel importiert wurden, in Griechenland produziert. Seit 1987 hat der Markt abgenommen. Gründe hierfür waren die verlangsamte Neubaurate im Gebäudebereich, der sinkende Ölpreis, sinkende Strompreise, der Wegfall aller finanziellen Anreize und Fördermittel sowie begrenzte Budgets für Werbekampagnen und Weiterentwicklungen bei den Herstellern, die unter den abnehmenden Verkaufszahlen Einbußen hinnehmen mußten. Angesichts dieser Schwierigkeiten auf dem nationalen Markt haben sich die Hersteller sowohl um den Export als auch um Aktivitäten im Bereich der Forschung und Entwicklung gekümmert. Dies führte dazu, daß im Jahre 1994 35% der Produktion in den Export gingen. Zum Vergleich: Im Jahre 1991 betrug die Exportrate weniger als 5%. Mitte 1995 betrug die installierte Kollektorfläche ca. 2.000.000 m². Ungefähr 95% davon wurden für die solare Brauchwasserbereitung eingesetzt. Die meisten Systeme sind Thermosiphonanlagen. Insgesamt werden ca. 600.000 Haushalte bei einer solaren Deckungsrate von ca. 80% versorgt. 15% aller Haushalte verfügen über eine Solaranlage. Verglichen mit Zypern oder Israel, wo 90% der Haushalte mit einer Solaranlage ausgestattet sind, ist dieser Wert angesichts des Potentials allerdings gering /ESIF, Februar 1996/.

Der Solarmarkt in Österreich verzeichnete in den vergangenen 20 Jahren ebenfalls starke Schwankungen. Dem Boom in den Jahren nach der Ölpreiskrise im Jahre 1973 folgte die Stagnation des Marktes zu Beginn der achtziger Jahre. Der erste Boom in den siebziger Jahren entstand angesichts des Umstandes begrenzter natürlicher Ressourcen und der Abhängigkeit von Energieimporten. Die Erwartungen bezüglich der Nutzung alternativer Energiequellen war dementsprechend hoch. Ein ehrgeiziges Solarenergie-Forschungsprojekt wurde aufgelegt und ein

Netzwerk von Solarenergie-Teststationen eingerichtet. Eine große Anzahl Firmen drang auf den Markt, konnte aber in vielen Fällen keine zufriedenstellenden Solarsysteme liefern. Nichtsdestotrotz war das Interesse der Verbraucher an dieser alternativen Form der Energienutzung recht hoch. Der Markt wurde ein zweites Mal durch den Anstieg des Ölpreises im Jahre 1979 und durch umfangreiche Marketingaktivitäten stimuliert. Die Diskussion über und die Abstimmung in einem Referendum gegen die Nutzung der Atomenergie im Jahr 1978 erweckte zusätzliches Interesse an der Solarenergienutzung. Im Jahr 1980 unterstützte die Regierung die Solarenergie durch finanzielle Maßnahmen wie z.B. steuerliche Anreize. Im ersten Jahr die Nachfrage an solaren Warmwassersystemen stark an. Die weltweite Rezession zu Anfang der achtziger Jahre führte zu einem Abschwung der Nachfrage. In den Jahren 1981 bis 1984 ging der Umsatz um 2/3 zurück. Innerhalb der letzten 5 Jahre konnte eine stark zunehmende Nachfrage verzeichnet werden, nachdem sich die Nachfrage ab 1987 wieder moderat entwickelt hatte. Diese Entwicklung wurde stark durch einen "unkonventionellen" Technologietransfer beeinflußt. Dieser Prozeß beinhaltet die Verbreitung von Solartechnik durch sogenannte Selbstbau-Gruppen. Diese entwickelten einen Selbstbau-Kollektor und gründeten die "ARGE Erneuerbare Energien". Diese Gemeinschaft vermittelte das Know-how zur Organisation der Selbstbau-Gruppen, bot Weiter- und Ausbildungsseminare an und verlieh Werkzeug für die Selbstmontage von Kollektoren. 1986 produzierten die Selbstbaugruppen der Steiermark genausoviel Kollektoren, wie alle kommerziellen Anbieter in Österreich zusammen /ESIF, Februar 1996/.

Tabelle 1-28: Nutzung der Solarthermie im Vergleich zwischen Österreich und Griechenland

Jahr	gesamte installierte Kollektorfläche in 1000 m ²	
	Österreich	Griechenland
1989	357	1300
1990	434	1450
1991	551	1600
1992	682	1700
1993	828	1800
1994	1028	1900
1995	1240	2000
1996	1460	k.A.

Quelle: /Eurostat, 1996; ESIF, Februar 1996; AG Erneuerbare Energie, September 1997/

1.3.3 Biomassenutzung in Österreich

Österreich deckt ca. 24% seines Bruttoinlandsenergieverbrauchs durch erneuerbare Energien. Großen Anteil daran hat zum einen die Stromproduktion aus Wasserkraft, zum anderen die Nutzung von Biomasse zur Strom- und Wärmeproduktion. In den vergangenen 10 Jahren wurden in Österreich verschiedene Programme auf Bundes- und Landesebene zur Förderung der Biomassenutzung durchgeführt. Anlagen zur Biomassenutzung werden in großem Maßstab bei der Wärmeproduktion eingesetzt. Im Jahre 1994 betrug die Primärenergieproduktion 3.109 ktoe (siehe Tabelle 1-29). Die Stromproduktion betrug zu diesem Zeitpunkt ca. 2.871 GWh /Eurostat, 1996/.

Tabelle 1-29: Entwicklung der Biomassenutzung in Österreich

Jahr	Stromerzeugung	Primärenergieproduktion
	GWh	ktoe
1989	1993	2976
1990	2100	2976
1991	2288	2976
1992	2423	3015
1993	2543	3021
1994	2871	3109

Quelle: /Eurostat, 1996/ 1 ktoe = 11,63 GWh

Weitverbreitet sind in Österreich Anlagen zur Hackschnitzelfeuerung. Insgesamt beträgt die registrierte Zahl ca. 20.300 wobei der zahlenmäßige Schwerpunkt bei Anlagen im Leistungsbereich <100 kW liegt. Die installierte Leistung der Anlagen betrug insgesamt 1.969 MW /Jonas, A., Februar 1997a/. Die Zahl der Biomasse-Fernwärmeanlagen betrug im Jahr 1996 305 Stück, bei einer Gesamtleistung von 434 MW /Jonas, A., Februar 1997b/.

Tabelle 1-30: Anzahl der Hackschnitzelheizungen in Österreich

Jahr	Kategorie			Summe
	< 100kW	100kW - 1000kW	über 1 MW	
1982-1990	7952	1265	160	9377
1991	1548	180	14	1742
1992	1501	150	14	1665
1993	1443	134	15	1592
1994	1479	151	20	1650
1995	1579	172	23	1774
1996	2280	214	34	2528
Gesamtanzahl	17782	2266	280	20328
Gesamtleistung	770 MW	633,5 MW	565,5 MW	1969 MW

Quelle: /Jonas, A., Februar 1997a/

1.3.4 Windenergienutzung in Deutschland und Dänemark

Die Nutzung der Windenergie in Deutschland hat in den Jahren seit 1990 maßgeblich unterstützt durch Förderprogramme der Länder und des Bundes - insbesondere durch das "250 MW Wind-Programm" wurden enorme Fortschritte gemacht. Entscheidend gefördert wurde diese Entwicklung durch das Stromeinspeisegesetz vom Dezember 1990. Dieses regelt die Abnahme und Vergütung von Strom aus erneuerbaren Energien (z.B. Wind, Sonne, Wasser) durch die öffentlichen Energieversorgungsunternehmen (EVU). Für Strom aus Windkraft beträgt die Vergütung 90% des Durchschnittserlöses je kWh aus der Stromabgabe der EVU an Endverbraucher. Der Aufschwung der Windenergienutzung in Deutschland zeigt sich anhand mehrerer Aspekte. So haben die günstigen Rahmenbedingungen nicht nur einen Einfluß auf die Installationsrate neuer Windenergieanlagen, sondern wirken sich auch auf die Verbesserung der Anlagentechnik und letztendlich auf die Reduktion der Produktionskosten aus /Kleinkauf, W., 1997/. Im internationalen Vergleich ist Deutschland Spatenreiter bei der Windenergienutzung. Ende 1997 konnte die installierte Leistung auf 2.081 MW erhöht werden.

In Dänemark spielt die Windenergienutzung ebenfalls eine bedeutende Rolle. 1990 setzte sich Dänemark ein 20%ige CO₂-Minderung bis zum Jahre 2005 als Ziel. In diesem Zusammenhang

wurden erneuerbare Energien (Wind, Biomasse und Solarthermie) besonders gefördert. Seit 1985 wurden beispielsweise 3 Programme mit einer Gesamtkapazität von 400 MW durchgeführt. 85% der Anlagen sind in privater Hand. Der Rest ist in Besitz der Energieversorgungsunternehmen. Ähnlich wie in Deutschland verkaufen die Betreiber der Windkraftanlagen den Strom an das EVU zu festgesetzten Preisen (0,5 bis 0,6 DKK) /Danish Technological Institut, November 1997/. Dänemark ist einer der Hauptproduzenten von Windkraftanlagen. Von der Ende 1996 weltweit installierten Gesamtleistung von 6056 MW betrug der Anteil dänischer Windkraftanlagen ca. 65% (3981 MW). Insgesamt sind weltweit ca. 18.100 dänische Windkraftanlagen installiert /Wind Power Note, November 1997/. Schätzungen gehen davon aus, daß in der dänischen Windkraftanlagen-Industrie 10.600 direkte und indirekte Arbeitsplätze gebunden werden /Danish Technological Institut, November 1997/.

Dänemark liegt in Europa an der zweiten Stelle der Windenergienutzung. Ende 1996 betrug die installierte Leistung 855 MW.

Tabelle 1-31: Windenergienutzung in Deutschland und Dänemark (MW)

Jahr	Deutschland	Dänemark
1989	22	263
1990	62	343
1991	110	413
1992	180	458
1993	332	491
1994	643	532
1995	1137	619
1996	1546	791
1997	2081	1.100 *)

*) Schätzung der Danish Wind Turbine Manufacturers Association

Quellen: /Eurostat, 1996; Rehfeldt, K., Februar 1997.; Wind Power Note, November 1997, DEWI, Februar 1998/

1.4 PLÄNE UND DISKUSSIONEN DER EUROPÄISCHEN UNION IM BEREICH DER ERNEUERBAREN ENERGIEN BIS 2010

1.4.1 Hintergrund

Erneuerbare Energieträger werden gegenwärtig in der Europäischen Union ungleichmäßig und in unzureichender Weise genutzt. Obwohl viele erneuerbare Energieträger in großen Mengen verfügbar sind und trotz ihres beträchtlichen wirtschaftlichen Potentials ist der Anteil der erneuerbaren Energieträger am gesamten Bruttoinlandsenergieverbrauch der Europäischen Union mit weniger als 6% äußerst gering (siehe Tabelle 1-20).

Als ersten Schritt zur Entwicklung einer Strategie zur Förderung erneuerbarer Energieträger legte die Europäische Kommission am 20.11.1996 ein Grünbuch vor. Eine umfassende öffentliche Debatte setzte sich Anfang 1997 mit der Frage auseinander, welche Art prioritärer Maßnahmen auf der Ebene der Gemeinschaft und der Mitgliedstaaten eingeleitet werden könnten. Die Institutionen der Gemeinschaft haben zu dem Grünbuch ausführliche Stellungnahmen abgegeben und sich dazu geäußert, welche Elemente als wesentlich anzusehen sind, welche Maßnahmen eine künftige Gemeinschaftsstrategie zur Förderung erneuerbarer Energieträger vor allem enthalten sollte und welche Rolle der Gemeinschaft hierbei zukommt.

Der Rat und das Europäische Parlament bestätigten in ihren Entschlüsse, daß hinsichtlich der erneuerbaren Energieträger Handlungsbedarf besteht, um ein nachhaltiges und umweltverträgliches Wirtschaftswachstum zu verwirklichen und eine Strategie zu entwickeln, die langfristig zu größerer Wettbewerbsfähigkeit und zu einem hohen Anteil von erneuerbaren Energiequellen an der Energieversorgung führt. Ziel sollte die Erhöhung des Anteil erneuerbarer Energiequellen am Gesamtenergieverbrauch der EU bis zum Jahr 2010 auf mindestens 15% sein.

Eine solche umfassende Strategie sollte auf einigen grundlegenden Schwerpunktsetzungen beruhen. Hierzu zählen die Festlegung von Zielen für die einzelnen Mitgliedstaaten, das Konzept eines gemeinschaftlichen energiebezogenen Steuermodells, freien Zugang zum Netz ohne Diskriminierungen, verbunden mit einer Mindestvergütung, die die Versorgungsunternehmen für Strom aus erneuerbaren Energiequellen entrichten müssen. Hinzu kommen die Grundzüge eines Plans zur Errichtung eines Europäischen Fonds für erneuerbare Energiequellen, ein Konzept für ein Gemeinschaftsprogramm zur Förderung erneuerbarer Energiequellen mit 1.000.000 zusätzlichen Photovoltaik-Kleinanlagen auf Dächern, 15.000 MW Windenergie und 1.000 MW Energie aus Biomasse sowie die Forderung nach einer Gebäuderichtlinie, einem Plan zur verstärkten Nutzung

der Strukturfonds, einem Konzept zur besseren Nutzung von Biomasse land- und forstwirtschaftlichen Ursprungs und einer Exportstrategie für Technologien für erneuerbarer Energiequellen. Flankierend wird die Harmonisierung von Normen für erneuerbare Energieträger, geeignete ordnungspolitische Maßnahmen im Hinblick auf Marktimpulse, die Verbreitung von Information, um das Vertrauen des Marktes zu vergrößern, und die Durchführung von Sonderaktionen, um fundierte Verbraucherentscheidungen zu ermöglichen, vorgeschlagen.

Eine Strategie zur Umsetzung der oben genannten Ziele und Forderungen wurde von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften im nachfolgend beschriebenen Weißbuch der EU erarbeitet.

1.4.2 Das Weißbuch der EU

1.4.2.1 Ziele des Szenarios

Im Weißbuch der EU wird die Strategie zur Erhöhung des Marktanteils erneuerbarer Energieträger auf 12% in den EU15-Staaten und ein entsprechender Aktionsplan dargestellt. Die Beiträge der einzelnen erneuerbaren Energieträger und die einzelnen Marktsegmente wurden vorläufig abgeschätzt (siehe Tabelle 1-32). Hierbei handelt es sich um die Projektion einer Möglichkeit, wie der angestrebte EE-Gesamtzuwachs verwirklicht werden kann. Dem Szenario zufolge wäre der wichtigste Beitrag zum EE-Zuwachs von der Biomasse (90 Mio. t RÖE) zu erwarten, deren derzeitige Menge verdreifacht würde. Die zweitgrößte Zunahme ist mit einem Beitrag von 40 GW von der Windenergie zu erwarten. Auch bei den thermischen Solarkollektoren wird eine erhebliche Zunahme erwartet. Bis zum Jahr 2010 soll eine Kollektorfläche von 100 Mio. m² installiert werden. Geringe Beiträge werden von der Photovoltaik (3 GWp), Erdwärme (1 GWe und 2,5 GWth) und Wärmepumpen (2,5 GWth) erwartet. Wasserkraft wird wahrscheinlich die zweitwichtigste erneuerbare Energiequelle bleiben. Bei einer bescheidenen Zunahme (13 GW) wird sich ihr Anteil auf dem heutigen Stand stabilisieren. Schließlich könnte die passive Nutzung der Sonnenenergie maßgeblich dazu beitragen, die Nachfrage nach Energie zum Heizen und Kühlen von Gebäuden zu senken. In diesem Sektor gilt ein Beitrag von 10%, der einer Brennstoffeinsparung von 35 Mio. t RÖE entspricht, als erreichbar.

Tabelle 1-32: Beiträge der einzelnen Sektoren - Szenario für 2010

Energieträger	Anteil in der EU 1995	Prognose: Anteil 2010
Windenergie	2,5 GW	40 GW
Wasserkraft	92 GW (82,5 GW)	105 GW (91 GW)
	Kleine Anlagen (9,5 GW)	(14 GW)
Photovoltaik	0,03 GWp	3 GWp
Biomasse	44,8 Mio. TROE	135 Mio. TROE
Erdwärme Wärme einschl. Wärmepumpen	0,5 GW 1,3 GWth	1 GW 5 GWth
	therm. Solarkollektoren	6,5 Mio. m ²
Passive Sonnenenergienutzung		35 Mio. TROE
Sonstige		1 GW

Mögliche Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien auf ca. 12% bis ins Jahr 2010.

Quelle: /Kommission der Europäischen Gemeinschaften, November 1997/

1.4.2.2 Investitionsvolumen des Szenarios

Insgesamt werden für den Zeitraum 1997 bis 2010 Investitionsausgaben in Höhe von schätzungsweise 165 Mrd. ECU (ca 300 Mrd SFr.) erforderlich sein, um das Gesamtziel zu erreichen (siehe Tabelle 1-33). Noch bedeutsamer sind jedoch die Nettoinvestitionen; sie werden auf 95 Mrd. ECU geschätzt. Dem ist jedoch entgegenzuhalten, daß bei den Brennstoffkosten ganz erhebliche Einsparungen erzielt werden können. Tabelle 1-33 enthält einen Vergleich dieser Zahlen mit den Gesamtinvestitionen im Energiesektor im selben Zeitraum. Grundlage dieses Vergleichs ist das "Kontinuitäts-Szenario" der Kommissionsstudie "Die Energie in Europa bis zum Jahre 2010" /Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 1996/. Wenn man in Betracht zieht, daß in diesem Szenario die Investitionskosten für erneuerbare Energieträger bereits enthalten sind, belaufen sich die zusätzlichen Nettoinvestitionen, die erforderlich sind, damit der Aktionsplan voll zur Geltung kommt, auf 74 Mrd. ECU. Für die Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energieträger wird für den gesamten Energiesektor ein Investitionsanstieg von etwa 30% erforderlich sein. Den Schätzungen zufolge könnten dabei brutto 500.000 bis 900.000 Arbeitsplätze geschaffen werden. Im Jahre 2010 könnten Brennstoffkosten in Höhe von 3 Mrd. ECU eingespart werden. Für den Zeitraum 1997 bis 2010 würden insgesamt Brennstoffkosten in Höhe von 21 Mrd. ECU eingespart. Der Anteil der importierten Brennstoffe würde um 17,4 % zurückgehen. Die CO₂-Emissionen würden bis zum Jahr 2010 um 402 Mio. t pro Jahr reduziert.

Tabelle 1-33: Geschätzte Investitionskosten und Nutzen der Gesamtstrategie; Szenario für 2010

Gesamtinvestitionen Energiesektor	249 Mrd. ECU
davon EE	39 Mrd. ECU
Gesamtinvestitionen EE im Aktionsplan	165 Mrd. ECU
Nettoinvestitionen EE im Aktionsplan	95 Mrd. ECU
Nettoinvestitionen EE pro Jahr im Aktionsplan	6,8 Mrd. ECU
Zusätzliche Nettoinvestitionen auf Grund der EE	74 Mrd. ECU
Zunahme der Gesamtinvestitionen im Energiesektor	29,7 %
Schaffung von Arbeitsplätzen	500.000 bis 900.000 (brutto)
Eingesparte Brennstoffkosten im Jahre 2010	3 Mrd. ECU
Eingesparte Brennstoffkosten insgesamt 1997-2010	21 Mrd. ECU
Reduzierung der Einfuhren (Bezugsjahr 1994)	17,4 %
CO2-Reduzierung (Bezugsjahr 1997) (Bezug: Prä-Kyoto-Szenario für 2010)	bis zu 402 Mio. t/a 250 Mio. t/a
Jährlicher Nutzen auf Grund der CO2-Reduzierung	5 bis 45 Mrd. ECU

Quelle: /Kommission der Europäischen Gemeinschaften, November 1997/

1.4.2.3 Vorrangig eingestufte Maßnahmen

In Weißbuch werden zahlreiche, als vorrangig eingestufte Maßnahmen genannt, die darauf ausgerichtet sind, Hindernisse zu überwinden und das Gleichgewicht zugunsten der erneuerbaren Energieträger wiederherzustellen, damit das Ziel von 12 % bis zum Jahr 2010 verwirklicht werden kann. Zusammenfassend sind folgende Maßnahmen zu nennen:

- Fairer Zugang erneuerbarer Energieträger zum Elektrizitätsmarkt
- Steuer- und Finanzmaßnahmen
- Eine Initiative zum Einsatz von Bioenergie im Verkehr sowie zur Wärme- und Stromerzeugung
- Verbesserte Vorschriften im Gebäudebereich und ihre Auswirkungen auf Stadt- und Regionalplanung

1.4.2.4 Zentrale Aktionen

Folgende zentrale Aktionen werden für eine Förderung im Rahmen der Kampagne vorgeschlagen:

- eine Million Photovoltaik-Anlagen (50% in der EU, 50% in Entwicklungsländern)
- 10.000 MW aus großen Windparks
- 10.000 MWth aus Biomasse-Anlagen
- Integration erneuerbarer Energieträger in 100 Gemeinden

Eine erste Schätzung geht davon aus, daß die Kampagne im Zeitraum 1998 bis 2010 mit Investitionen in Höhe von 20,5 Mrd. ECU verbunden sein könnte (siehe Tabelle 1-34). An öffentlichen Mitteln aus allen verfügbaren Quellen (auf europäischer, nationaler, regionaler und lokaler Ebene) sind als Anstoß für die Kampagne Fördermittel in Höhe von 4 Mrd. ECU bzw. 300 Mio. ECU pro Jahr zu veranschlagen. Gleichzeitig ist hervorzuheben, daß bei den Brennstoffkosten bis zum Jahre 2010 Einsparungen in Höhe von 3,3 Mrd. ECU erzielt werden können. Der externe Nutzen wird auf etwa 2 Mrd. ECU pro Jahr geschätzt.

Tabelle 1-34: Geschätzte Kosten-Nutzen-Bewertung der Förderkampagne

Aktion im Rahmen der Kampagne	neu installierte Kapazität	Gesamt-investitions-kosten	eingesetzte öffentliche Mittel	eingesparte Brennstoff-kosten	CO ₂ -Reduktion
		Mrd. ECU	Mrd. ECU	Mrd. ECU	Mio. t/Jahr
1.000.000 PV Anlagen	1.000 MW _p	3	1	0,07	1
10.000 MW Windparks	10.000 MW	10	1,5	2,8	20
10.000 MWth Biomasse	10.000 MW _{th}	5	1	-	16
Integration in 100 Gemeinden	1.500 MW	2,5	0,5	0,43	3
Summe		20,5	4	3,3	40

Quelle: /Kommission der Europäischen Gemeinschaften, November 1997/

1.4.2.5 Umsetzung und Überwachung des Aktionsplans

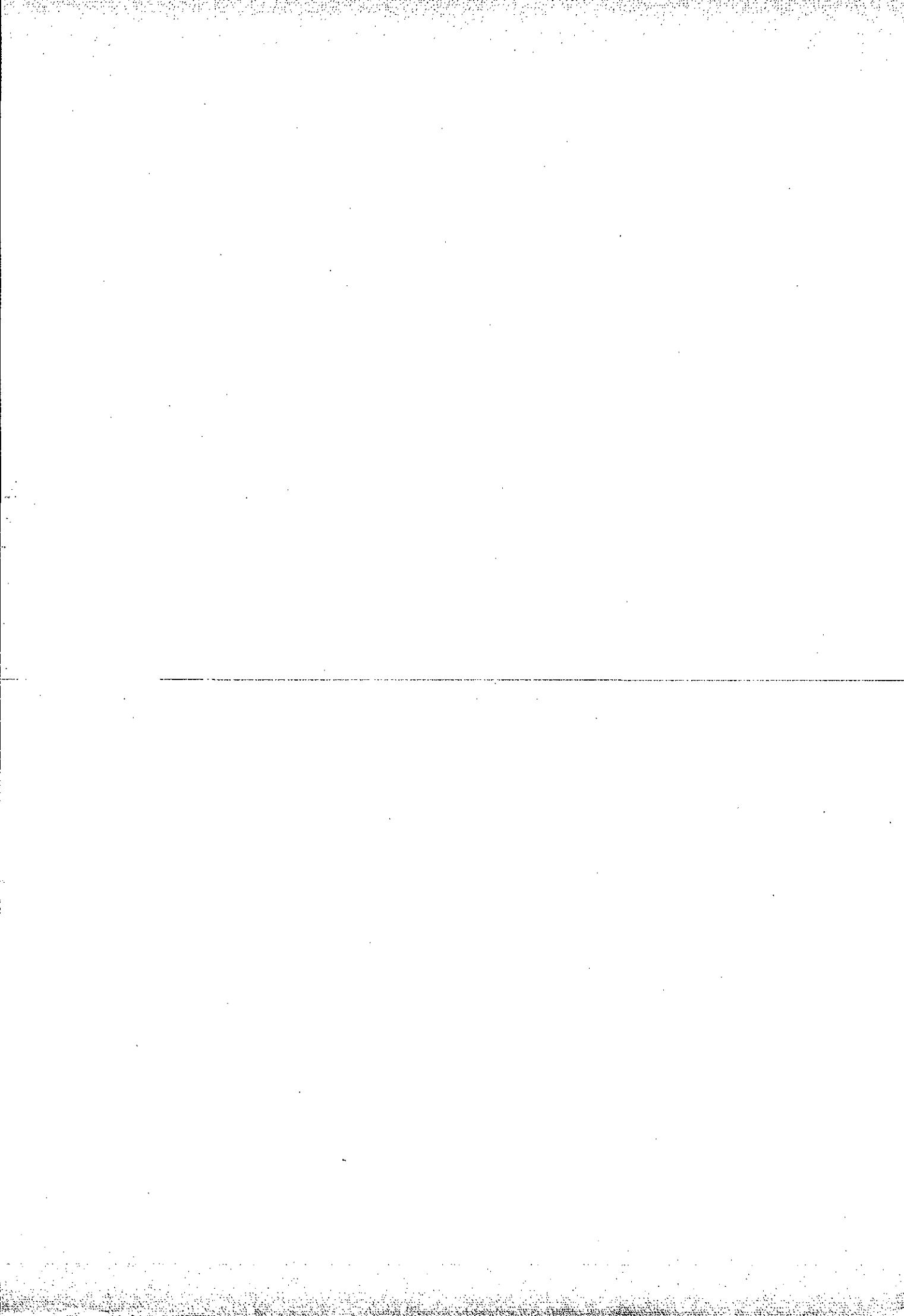
Während der Umsetzung der im Weißbuch dargelegten Strategie wird eine ständige Überwachung der laufenden Aktivitäten notwendig sein, um die bei der Marktdurchdringung durch erneuerbare Energieträger erzielten Fortschritte intensiv zu beobachten und die Koordinierung der in den Zuständigkeitsbereich der Gemeinschaft bzw. der Mitgliedstaaten fallenden Programme zu gewährleisten und zu verbessern. In diesem Zusammenhang spricht viel für eine Verbesserung der Koordinierung und der Datenerhebung in bezug auf die zur Förderung erneuerbarer Energieträger

durchgeführten Maßnahmen sowie für die Ausarbeitung eines einheitlich, konsensfähigen, auf dem Substitutionsprinzip beruhenden statistischen Verfahrens. Im Rahmen des ALTENER II-Programms wird deshalb in der EU ein Überwachungssystem entwickelt, das in der Lage ist, alle Fördermaßnahmen der Gemeinschaft für erneuerbare Energieträger ebenso zu erfassen wie die einzelstaatlichen Maßnahmen und die in den einzelnen Sektoren erzielten Fortschritte. Um ein effektives Follow-up und eine entsprechende Umsetzung innerhalb der Kommission durchzusetzen, soll die interne Koordinierung intensiviert werden.

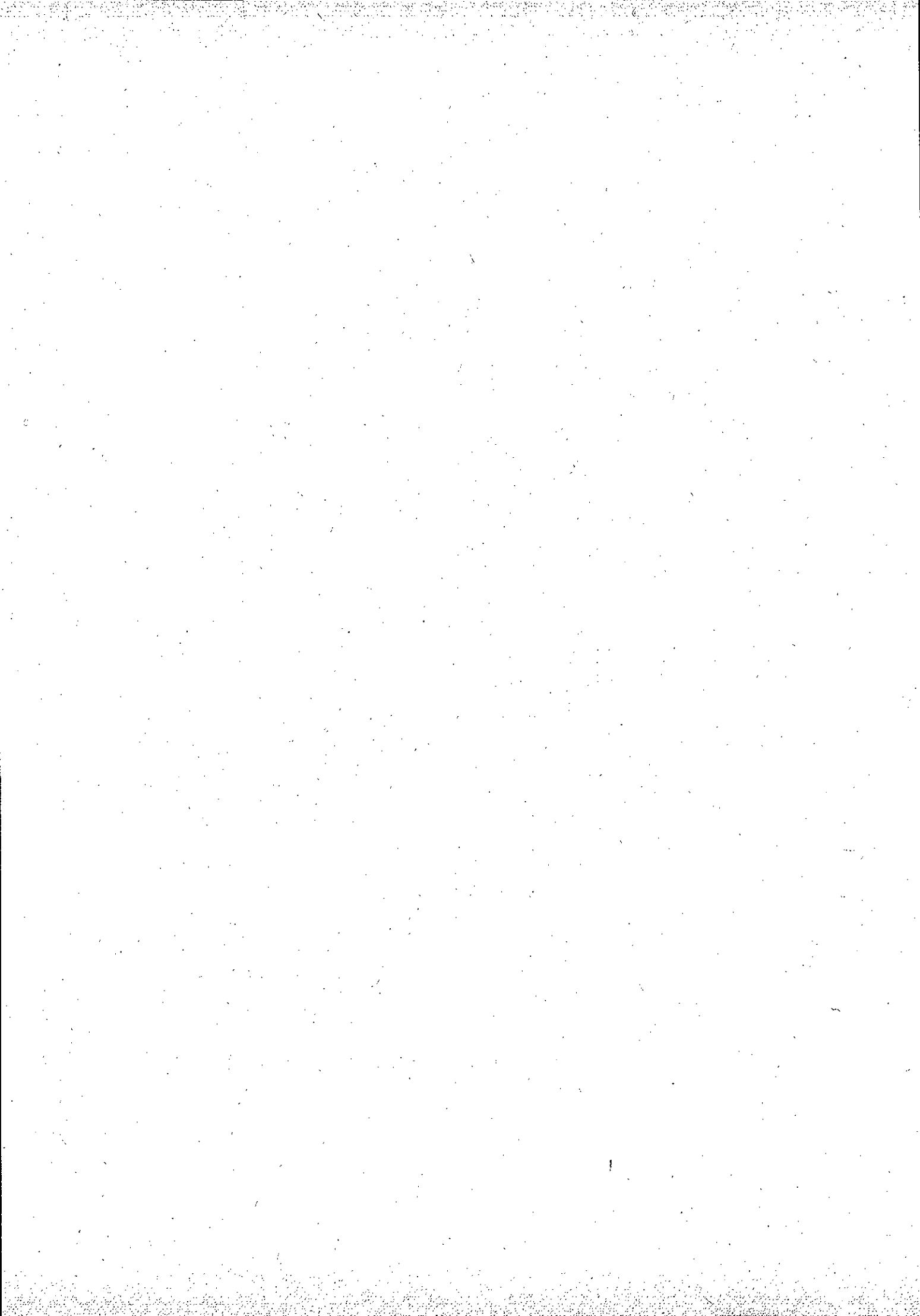
Eine Arbeitsgruppe aus Vertretern der Kommission und der Mitgliedstaaten soll eingerichtet werden, deren Aufgabe darin besteht, die eingeleiteten Maßnahmen zu überprüfen und die auf allen Ebenen getroffenen energiepolitischen Entscheidungen auf ihre Auswirkungen auf den Einsatz erneuerbarer Energieträger zu bewerten.

Alle zwei Jahre soll eine Mitteilung an das Europäische Parlament, an den Rat, den Wirtschafts- und Sozialausschuß und den Ausschuß der Regionen vorgelegt werden, um den Erfolg der Strategie zu bewerten und einen neuen Weg und/oder neue Aktionen vorzuschlagen, sofern es sich abzeichnet, daß die im Hinblick auf einzelne Zielsetzungen erzielten Fortschritte hinter den Erwartungen zurückzubleiben scheinen.

Dieses Weißbuch ist derzeit in der Diskussion durch Parlament, Kommission und Ministerrat.



2 AKTUELLER ANTEIL UND POTENTIAL DER ENERGIEEFFIZIENZ UND DER ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DER SCHWEIZ	2-1
2.1 Aktueller Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung	2-1
2.2 Technisches Potential der Effizienzsteigerung in allen Wirtschaftssektoren	2-6
2.2.1 Private Haushalte und Dienstleistungssektor	2-6
2.2.2 Industrie	2-10
2.3 Potential der erneuerbaren Energien in der Schweiz	2-16
2.3.1 Photovoltaik und Solarkollektoren	2-16
2.3.2 Holz-, Biogas- und Reststrohnutzung	2-16
2.3.3 Solararchitektur	2-21
2.3.4 Windenergie	2-23



2. AKTUELLER ANTEIL UND POTENTIAL DER ENERGIEEFFIZIENZ UND DER ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DER SCHWEIZ

2.1 AKTUELLER ANTEIL DER ERNEUERBAREN ENERGIEN AN DER ENERGIEVERSORGUNG

Im Jahr 1996 betrug der Endenergieverbrauch der Schweiz ca. 822 Petajoule (PJ) oder 228 Terawattstunden (TWh). Im Vergleich zum Jahr 1995 ist der Endenergieverbrauch um 2,5% gestiegen (siehe Tabelle 2-1). Den größten Anteil daran haben Erdölprodukte mit ca. 498 PJ (61%) gefolgt von Elektrizität mit ca. 175 PJ (21%). An dritter Stelle liegt Erdgas mit 102 PJ (12%). Der Anteil von Holz beträgt 2%. Mit jeweils 1% sind Kohle, Fernwärme und Industrieabfälle am Endenergieverbrauch beteiligt.

Tabelle 2-1: Gesamter Endverbrauch an Energieträgern in PJ

Energieträger	Endverbrauch in PJ		Veränderung in %	Anteil in %	
	1995	1996		1995	1996
Erdölprodukte	488,15	498,56	+ 2,1	61	61
Elektrizität	172,38	175,29	+ 1,7	21	21
Gas	95,54	102,48	+ 7,3	12	12
Kohle	7,91	5,95	-24,8	1	1
Holz	17,52	18,02	+ 2,9	2	2
Fernwärme	11,97	12,48	+ 4,3	1	2
Industrieabfälle	8,45	9,02	+ 6,7	1	1
Total	801,92	821,8	+ 2,5	100	100

Quelle: /Bundesamt für Energiewirtschaft, 1996a/

Den größten Anteil am Verbrauch haben die privaten Haushalte und der Verkehr mit jeweils 31% am Endenergieverbrauch. Der Anteil von Gewerbe, Landwirtschaft und Dienstleistungen liegt bei 20 %, der Endenergieverbrauch der Industrie liegt bei 18 % (siehe Tabelle 2-2).

Tabelle 2-2: Aufteilung des Endverbrauchs nach Verbrauchergruppen in TJ

Verbrauchergruppe	Endverbrauch in		Veränderung in %	Anteil in %	
	1995	1996		1995	1996
Haushalte	243,1	252,71	+ 4,0	30	31
Industrie	148,97	149,12	+ 0,1	19	18
Gewerbe,	155,29	162,85	+ 4,9	19	20
Landwirtschaft, Dienstleistungen					
Verkehr	254,56	257,12	+ 1,0	32	31
Total	801,92	821,8	+ 2,5	100	100

Quelle: /Bundesamt für Energiewirtschaft, 1996a/

Im Jahr 1996 betrug die Elektrizitätserzeugung (ohne Sonnenenergie) 53.366 GWh. Davon wurden 53,9 % durch Wasserkraftwerke gedeckt, 43% durch Kernkraftwerke und 3,1% durch konventionelle, thermische Kraftwerke. Abgesehen von der Wasserkraft spielten erneuerbare Energien bei der Stromproduktion so gut wie keine Rolle. Insgesamt wurden im Jahr 1996 598 GWh Strom aus erneuerbaren Energieträgern produziert. Den größten Beitrag daran hatten Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA), Deponiegas-, Klärgas- und Biogasanlagen zur Nutzung von Abfällen und Abwässern mit insgesamt 575 GWh. Photovoltaik- und Windenergieanlagen sowie die Stromproduktion aus Biogas und Holz aus Landwirtschaft und Industrie trugen mit insgesamt ca. 23 GWh zur Stromproduktion bei.

Tabelle 2-3: Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in GWh

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Photovoltaik	1	2	3	4	5	6	6
Holz, Biogas	7	8	12	9	13	12	17
Wind	0,1	0,1	0,05	0,04	0,09	0,14	0,52
KVA, Deponiegas, Biogas aus Abfall	338	332	373	390	446	465	498
Klärgas, Biogas aus Abwasser	59	61	63	66	70	72	77
Total	405	403	451	470	534	555	598

Quelle: Eicher + Pauli AG, 1997

Die Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern betrug im Jahr 1996 ca. 6.383 GWh. Den größten Anteil daran hatte die Energieträger Holz und Biogas mit 3.641 GWh. Die Wärmeerzeugung aus Abfällen und Abwässern (KVA, Deponiegas, Klärgas, Biogas) betrug insgesamt 1.718 GWh. Solarkollektoren stellten ca. 198 GWh Wärme bereit.

Tabelle 2-4: Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien in GWh

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Solarkollektoren	88	104	121	140	158	179	198
Wärmepumpen	557	601	635	672	717	772	826
Holz, Biogas	2904	3003	3128	3219	3305	3445	3641
KVA, Deponiegas, Biogas aus Abfall	1242	1355	1373	1319	1332	1478	1471
Klärgas, Biogas aus Abwasser	206	213	222	231	237	240	247
Total	4998	5276	5480	5580	5749	6114	6383

Quelle: Eicher + Pauli AG, 1997

Stellt man die Energieproduktion (Wärme und Strom) aus erneuerbaren Energien (inklusive Wasserkraft) dem gesamten Endenergieverbrauch gegenüber, so zeigt sich, daß der Anteil der erneuerbaren Energien ca. 14% des Endenergieverbrauchs ausmacht. Ohne den Anteil der Wasserkraft deckt der Beitrag der erneuerbaren Energien ca. 3% des Endenergieverbrauchs der Schweiz.

Die Zahl der Installationen von Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energien und deren Entwicklung über den Zeitraum von 1990 bis 1996 ist in Tabelle 2-5 dargestellt. Bei den Solarkollektoren ist ein stetiger Anstieg der Installationszahlen zu verzeichnen. Bei Röhren- und Flachkollektoren ist die installierte Fläche zwischen 1990 und 1996 von 43.565 m² auf 155.005 m² gestiegen. Dies entspricht einer Flächenzunahme um den Faktor 3,6. Bei unverglasten Kollektoren stieg die Zahl der Installationen in dem selben Zeitraum von 54.978 m² auf 151.964 m². Dies entspricht einer Flächenzunahme um den Faktor 2,8.

Die installierte Nennleistung von Photovoltaikanlagen hat sich im Zeitraum von 1990 bis 1996 mehr als vervierfacht. Die installierte Leistung stieg von 2,16 MW_p auf 9,092 MW_p.

Bei den elektromotorisch betriebenen Wärmepumpen stieg die installierte Leistung um 38% von 648 MW auf 897 MW an. Die Leistung von gas- oder dieselmotorisch betriebenen Wärmepumpen ging zwischen 1990 und 1996 um ca. 6% von 27 MW auf 25,4 MW zurück.

Die Gesamtleistung von Anlagen zur Holzenergienutzung sank zwischen 1990 und 1996 um 8,5% von 10.566 MW auf 9.668 MW ab. Ausschlaggebend hierfür ist, daß die Leistungsabnahme bei Gebäudeheizungen stärker ausfällt als die Leistungszunahme bei den Einzelraumheizungen und den automatischen Feuerungen. Die Anzahl der Biogasanlagen in der Landwirtschaft nahm zwischen 1990 und 1996 kontinuierlich ab, so daß sich die Anlagenzahl von 102 auf 87 verringerte. Die Zahl der Biogasanlagen im Gewerbe- und Industriebereich stieg von 0 auf 7 Anlagen an. Ein deutlicher Zuwachs der installierten Leistung ist bei Deponiegasanlagen zu verzeichnen. Hier stieg die installierte Anlagenleistung im Zeitraum zwischen 1990 und 1996 von 3,2 MW auf 8,9 MW an. Die Leistung von Klärgas-WKK-Anlagen stieg von 11,7 MW auf 16,7 MW.

Tabelle 2-5: Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz 1990-1996

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Sonnenkollektoren: installierte Kollektorfläche in m²							
Röhren-/Flachkollektoren	43.565	57.900	75.248	92.385	110.680	132.138	155.005
unverglaste Kollektoren	54.978	67.035	77.579	91.633	109.422	129.758	151.964
Koll. für Heutrocknung	505.000	564.000	623.000	668.000	714.000	738.000	760.000
	0	0	0	0	0	0	0
Photovoltaikanlagen: installierte Nennleistung in MWp							
Netz + Insel	2,16	3,48	4,91	6,13	7,192	8,133	9,092
Wärmepumpen: installierte Heizleistung in MW							
Elektromotor-WP	648,0	678,9	720,9	783,0	839,8	897,0	k.A.
Gas-/Dieselmotor-WP	27,0	28,3	27,6	26,7	26,5	26,5	25,4
Holzenergienutzung: installierte Heizleistung in MW							
Einzelraumheizung	5.145	5.303	5.437	5.533	5.654	5.758	5.858
Gebäudeheizungen	4.800	4.610	4.351	4.053	3.718	3.325	2.892
Autom. Feuerungen	621	675	725	766	794	858	918
Total	10.566	10.588	10.513	10.351	10.165	9.941	9.668
Biogasanlagen: Anlagenzahl							
Landwirtschaft	102	98	97	85	87	85	87
Gewerbe/Industrie	0	0	1	1	3	6	7
Deponie- und Klärgasanlagen: installierte elektrische Nennleistung in MW							
Depanegas-WKK-Anl.	0,17	0,17	0,17	0,17	1,63	1,61	1,61
DG-Verstromungsanlagen	3,03	4,25	5,11	6,48	6,48	6,85	7,29
Depanegas Total	3,20	4,42	5,28	6,65	8,11	8,46	8,90
Klärgas-WKK-Anlagen	11,7	12,5	13,5	14,3	14,9	15,9	16,7

Quelle: /Eicher + Pauli AG, 1997/

2.2 TECHNISCHES POTENTIAL DER EFFIZIENZSTEIGERUNG IN ALLEN WIRTSCHAFTSSEKTOREN

2.2.1 Private Haushalte und Dienstleistungssektor

Die Ergebnisse verschiedener Arbeitsgruppen haben gezeigt, daß drastische Effizienzsteigerungen mit gegenwärtig geläufigen Materialien und Techniken realisierbar sind. Ein verbessertes Design würde zu höherer Energieeffizienz führen. In vielen Fällen ist dies eine Voraussetzung für die Einsetzbarkeit der Produkte. Vergleichsweise moderate Investitionen in Effizienzverbesserungen führen oft zu großen ökonomischen Gewinnen. Die eingesparte Energie ist in vielen Fällen billiger als der zusätzliche Energieeinsatz bei Betrieb auf traditionelle Weise. Beispielsweise ergaben sich für Effizienzmaßnahmen in Brasilien Hebelwirkungen mit dem Faktor 40 bei den eingesparten Energiekosten /Geller, H., 1991/. In einem Bericht von /Nørgård, 1989/ werden Untersuchungsergebnisse dargestellt, auf welche Weise und in welchem Umfang die Effizienz bei technischen Anwendungen größerer Haushalte, wie Waschmaschinen, Geschirrspülmaschinen, Wäschetrockner und Öfen, gesteigert werden kann. Des Weiteren werden verschiedene Koch- und Waschgewohnheiten als eine weitere Form der Effizienzsteigerung beschrieben. Generell trifft Nørgård die Aussage, daß die theoretische Grenze für Elektrizitätsintensitäten bei nur 1/50 des heutigen Standards liegt /Nørgård, J.S., 1983/. Beispielsweise konvertieren Leuchtstoffröhren nur ca. 15% der eingesetzten elektrischen Energie in Licht /Nørgård, J.S., 1986/. Diese sind zwar effizienter als konventionelle Glühbirnen, aber auch in diesem Bereich sind noch weitere Verbesserungen möglich.

Der vielfach genannte Kritikpunkt, daß komplett neue Technologien zu Effizienzverbesserungen eingesetzt werden müssen, wird von Nørgård widerlegt. Seine Untersuchungsergebnisse beziehen sich nur auf heutige bekannte Technologien.

In verschiedenen elektrischen Anwendungsbereichen sind unter Verwendung der effizientesten verfügbaren Technologien Effizienzverbesserungen bis zum Faktor 3,1 gegenüber den durchschnittlichen am Markt verfügbaren Technologien möglich. Würde elektrische Energie für Niedertemperaturanwendungen durch andere Energieformen ersetzt, so könnte der Stromverbrauch laut Nørgård um den Faktor 4 gesenkt werden /Nørgård, J.S., 1983/. In einem Feldtest im Jahre 1992 wurden sofortige Stromeinsparungen in Höhe von 47% bei den teilnehmenden Haushalten verzeichnet. Dies wurde erreicht durch die Auswechselung der existierenden Geräte, durch die besten am Markt verfügbaren Technologien und durch geringfügige Veränderung des Benutzerverhaltens /Nørgård, J.S., Gydesen, A., 1994/. Die Kosten für Energieeinsparungen im

Bereich der privaten Haushalte liegen je nach verwendeter Technologie zwischen 0 und 7 Rp./kWh (0 - 0,045 ECU/kWh) /Nørgård, 1989; IEA, 1991/.

Im Bereich der privaten Haushalte sind Einsparungen in den verschiedensten Bereichen möglich. Bei der Beheizung von Gebäuden sind Reduktionen von 70-90% möglich. Der Heizenergiebedarf von Niedrig-Energie-Häusern liegt typischerweise in der Größe von ca. 40 kWh/m²a. Sogenannte Null-Energie-Häuser können mit heute bestehenden Technologien zu einem Preis von ca. 3500 DM/m² erstellt werden. Die Zusatzkosten für solch ein Haus betragen im allgemeinen 2,2 bis 4 Prozent. Durch die Substitution von Glühlampen durch Leuchtstofflampen können bei der Beleuchtung Einsparungen von bis zu 80% erreicht werden. Der Einsatz von elektronischen Bauteilen kann in diesem Bereich zu einem Effizienzgewinn von bis zu 10% führen.

Beim Kochen sind unter Verwendung der besten verfügbaren Technologien und der Änderung der Kochgewohnheiten Einsparungen von 43 bis 60% möglich. Technisch verbesserte Waschmaschinen führen zu Effizienzgewinnen von 40-70% im Vergleich zu durchschnittlichen Geräten.

Die folgende Liste zeigt die Möglichkeiten für Effizienzsteigerungen im Bereich der privaten Haushalte und des Dienstleistungssektors:

Technologie:	typische Effizienzverbesserungen:
Aircondition	Pumpen, Ventilatoren, Luftein- und Luftauslässe, natürliche Ventilation, Nutzung großer Gebäudemassen, Optimierung der Luftführung durch Simulation
Raumheizung	Isolierglasfenster, passive Solarwärmennutzung, Solarwalls, verbesserte Isolierung (Wände, Fenster, Dächer, Böden, Türen), Nutzung großer Gebäudemassen, Ersatz elektrisch betriebener Heizungen durch andere Wärmequellen
Raumheizungssysteme	drehzahlvariable Pumpen, Nutzung von Schwerkraft/Konvektion, Rohrleitungsdesign, Reibungsverluste, Tag-Nacht-Betrieb, Thermostatventile, Benutzerverhalten, bessere Verbrauchsregelung, Trennung von der Warmwasserbereitung, Nahwärmesysteme

Raumkühlung	verbesserte Isolierung (Wände, Fenster, Dächer, Böden, Türen), Kühlung durch Bepflanzung, passive Abschattungselemente, Sonnenschutzverglasung, Nutzung großer Gebäudemassen, Erdreichwärmetauscher, District Cooling
Raumkühlungssysteme	drehzahlvariable Pumpen, Rohrleitungsdesign, Reibungsverluste, Tag-Nacht-Betrieb, Benutzerverhalten, Nutzung großer Gebäudemassen, District Cooling anstatt einzelner Einheiten, bessere Verbrauchsregelung
Warmwasser (15-65°C)	Solarkollektoren, individuelle Vorgaben, Wassersparvorrichtungen, Benutzerverhalten, Vor-Ort-Erwärmung anstatt Speichertanks
Heißwasser (65-100°C)	Solarkollektoren, Isolierung, Vor-Ort-Erwärmung anstatt Speichertanks
Kaltwasser	individuelle Vorgaben, Wassersparvorrichtungen, Benutzerverhalten
Kühlwasser	Absorptionstechniken, District Cooling
Beleuchtung	Leuchtstofflampen anstatt Glühlampen, Elektronik, Tag-Nacht-Betrieb, Sensorsteuerung, verbesserte Tageslichtnutzung, Lichtlenksysteme, Benutzerverhalten
PC und andere Büroausstattung	Ventilatoren, LCD-Bildschirme, Niederspannungsversorgung, Integration elektronischer Bauteile, Stand-By-Betrieb, ferro-elektrische Speicherbausteine
Laserdrucker,	Niedertemperatur-Toner, verbesserter Stand-By-Betrieb, Ersatz
Kopier-/ Faxgeräte	durch Tintenstrahldrucker
Kaffeemaschinen	Thermoskannen anstatt Glaskannen, automatische Entkalkung
Elektronik	Miniaturisierung, verbesserter Stand-By-Betrieb
Waschmaschinen	separater Warmwasseranschluß, Niedertemperatur-Waschmittel, höhere Schleuderzahlen, Wasserstandssensoren, Strahlsysteme, Ultraschallmethoden, Wärmeisolierung

Geschirrspülmaschinen	separater Warmwasseranschluß, Niedertemperatur-Waschmittel, Wasserstandssensoren, Ultraschallmethoden, Wärmeisolierung
Verkehr, Motoren	Motoren, Reibungsverluste, Design, einstellbare Geschwindigkeit, Leichtmetallbauweise
Batterien	Aufladung durch Photovoltaik, LiFe-Batterien
Brennstoffzellen	verschiedene Technologien, Filter für synthetische Gase zum Schutz vor Verunreinigungen

Einen Überblick über Stromsparpotentiale im Dienstleistungssektor zeigt Tabelle 2-6. Hier werden die Einsparpotentiale der besten verfügbaren Techniken (BAT) und verbesserter Effizienztechnologien (EAT) im Vergleich zum Durchschnitt (Basisjahr 1986) aufgezeigt. Maximale Effizienzgewinne sind im Bereich der Elektronik und der Ventilation zu erwarten. Das Einsparpotential liegt bei bis zu 85 Prozent gegenüber dem heutigen Durchschnitt.

Tabelle 2-6: Stromsparpotentiale im Dienstleistungssektor

Energieintensitäten in % (100 = Ø Verbrauch 1986)	BAT ¹⁾	EAT ²⁾
Pumpen	76-49	51-40
Ventilation	65-30	48-15
Kühlen	65-63	30-29
Motoren	90-56	71-40
Beleuchtung	90-62	50-30
Elektronik	100-50	20
Raumkühlung	50	25
Niedertemperaturwärme	60-50	30-20
Hochtemperaturwärme	90-55	80-40
Sonstige	90-75	75-60

1) Beste verfügbare Technologie, 2) verbesserte Effizienztechnologie; bald marktfähig oder am Ende der Entwicklungsphase

Quelle: Nørgård, J.S., Viegand, J., 1994/

2.2.2 Industrie

Im Bereich der Industrie wird zwischen den allgemein anwendbaren Einspartechniken und den branchenspezifischen Einspartechniken unterschieden /Radgen, P., Tönsing, E., 1994/.

Allgemein anwendbare Einspartechniken gibt es in den Bereichen:

- Bereitstellung von Antriebsenergie.
- Prozeßwärmeverzeugung
- Wärmerückgewinnung
- Raumwärme und Beleuchtung

Der Strombedarf der Industrie für elektrische Antriebe wird in Deutschland auf 60 bis 70% des gesamten industriellen Strombedarfs geschätzt. Rund 75% der industriellen Antriebe über 10 kW erfordern die Variierbarkeit der Leistung bzw. der Drehzahl. Dies kann durch Regelung der Betriebsspannung (bei drehzahlkonstanten Drehstrommotoren) oder mit Frequenzumrichtern (bei drehzahlvariablen Drehstrommotoren) realisiert werden. Einsparungen ergeben sich dabei hauptsächlich in den Teillastbereichen zwischen 10 und 50% der Nennleistung /Radgen, P., Tönsing, E., 1994/.

Durch den Einsatz wirkungsgradverbesserter Elektromotoren, insbesondere im Bereich bis 50 kW Nennleistung, sind noch Einsparungen von einigen Prozentpunkten zu erwarten.

Auf die Prozeßwärmeverzeugung entfällt ein großer Teil des Brennstoffverbrauchs, in Deutschland sind dies 85% des Brennstoffverbrauchs der Industrie. In diesem Bereich sind Energieeinsparungen durch elektronische Brennerregelungen, bessere Isolierung von Öfen, Kesseln, Rohrleitungen sowie einer Feuerraumoptimierung zu erwarten. Ebenso sind Verbesserungen im Bereich der elektrischen Prozeßwärmeverzeugung möglich.

Durch eine Reihe organisatorischer und technischer Maßnahmen lässt sich im Raumwärmebereich noch erheblich Energie einsparen.

Zu den rein organisatorischen Maßnahmen gehört die Vermeidung von unnötigen Verbrauch, der durch Überheizen von Räumen und Hallen, Temperaturregelung durch Öffnen von Fenstern und Türen, fehlende Raumtemperaturabsenkung in nicht genutzten Räumen und in Lagerhallen entsteht.

Als technische Einsparmöglichkeiten kommen vor allem die folgenden in Frage:

- Verringerung von Wärmeverlusten durch verbesserte Wärmedämmung
- Unterteilung der Hallen nach benötigter Nutzhöhe in Verbindung mit der Reduzierung der Hallenhöhe durch Zwischendecken
- Ersatz von Warmlufttorschleieren entweder durch Kaltlufttorschleieren oder durch selbsttätige Hallentore
- Abschattung der direkten Sonneneinstrahlung im Sommer zur Entlastung der Klimaanlage
- Reduzierung der Vorlauftemperatur der Heizsysteme bzw. Isolierung der im Freien und in nicht genutzten Räumen liegenden Heizwasserleitungen zur Verringerung der Wärmeverluste
- Verwendung neuester Brennertechnik
- Wahl der spezifisch optimalen Wärmeerzeugungsart (zentral oder dezentral) und des günstigsten Energieträgers
- gezielte Strahlungsheizung bei niedriger Arbeitsplatzdichte in hohen Hallen
- Optimierung der Heizkörperauslegung in Bezug auf eine möglichst geringe Vorlauftemperatur des Heizsystems
- Optimierung der Auslegung der Heizungsregelung
- Energierückgewinnung aus Abluft, Abwasser und der Abwärme von Beleuchtungseinrichtungen
- passive Solarnutzung
- aktive Solarnutzung über Kollektoren auf den Hallendächern, z.B. mit Direkteinspeisung in die zentrale Warmluftheizung
- Nutzung der Umgebungs- und Abwärme mit Wärmepumpen

Technische Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs für die Brauchwassererwärmung sind:

- niedrige Warmwasser-Vorlauftemperaturen
- Wahl des optimalen Verteilungssystems
- kurze Rohrleitungslängen durch optimierte Leitungsführung und/oder möglichst verbrauchsnahe Erzeugung
- hohe Wärmedämmung von Rohrleitungen und Warmwasserspeichern
- Wahl geringstmöglicher Leitungsquerschnitte

- bedarfsangepaßter Betrieb von Zirkulationsleitungen
- geringe wärmespeichernde Massen bei Durchlauferhitzern

Der Energiebedarf für Beleuchtungszwecke wird außer von der Lampentechnik u.a. auch durch die Gestaltung der Leuchten und der lichttechnischen Gestaltung von Räumen und Gebäuden beeinflußt. Von den technischen Einsparmöglichkeiten bei den Lampen erscheinen die Dreibandenlampe, das elektronische Vorschaltegerät sowie die Kompakt-Leuchtstofflampen am erfolgversprechendsten.

Bei vielen Wärmeprozessen fällt Abwärme in einer Form an, die sich grundsätzlich für eine Nutzung zur Deckung von weiterem Energiebedarf eignet. Diese Abwärme ist entweder an einen Stoffstrom gebunden (konzentriert) oder entsteht bei ausreichend hohen Temperaturen. Für die Nutzung von Abwärme gibt es grundsätzlich drei Möglichkeiten:

- die Nutzung im selben Prozeß (Rückführung)
- die Nutzung an anderer Stelle im Betrieb
- die Abgabe von Wärme an dritter Stelle

Bei den branchenspezifischen Einspartechniken sind folgende mögliche Technologien zu nennen (Radgen, P., Tönsing, E., 1994):

Branche	Einspartechnologie
Steine- und Erden-Industrie:	Wirbelschichtöfen in der Zementindustrie, Katalysator- und Enzymeinsatz, Einsatz von Gleichstrom-Gegenstrom-Regenerativ-Öfen, Gutbettwalzenmühlen, Mahlen unter Ultraschall, kontinuierliches Ausschleusen von gemahlenem Material
Eisenschaffende Industrie:	Wärmerückgewinnung beim Sinterprozeß, Einblasen von Kohlenstaub und Kunststoffabfällen in den Hochofen, Gichtgasentspannungsturbine am Hochofen, Wärmerückgewinnung aus der Hochofenschlacke, Gewinnung von Konvertgas bei der Blasstahlerzeugung, Warm- und Direkteinsatz im Walzwerk, Optimierung der Winderhitzersteuerung mit Prozeßrechnern, Optimierung der Steuerung von Walzwerksöfen mit Prozeßrechnern, endabmessungsnahe Gießen, Direktreduktion, Schmelzreduktion, Verminderung des

	Reduktionsmittelbedarfs durch moderne Ofentechnologie, Anwendung von Gleichstrom-Lichtbogenöfen
NE-Metallerzeugung:	QSL-Verfahren bei der Primärbleigewinnung, verbesserte Elektrolyse, vermehrte Herstellung von Sekundäraluminium, Altakkumulatoraufbereitung bei der Sekundärbleiverarbeitung
Chemische Industrie:	Ofenoptimierung bei der Aluminiumoxid-Herstellung, selektives Steam-cracken bei der Erzeugung von Olefinen, Druckwechselabsorptionsanlage bei der Gewinnung reinen Wasserstoffs, verbesserte Membran-Elektrolysezellen, zunehmende Substitution von Diaphragma- und Amalgaverfahren durch das Membranverfahren bei der Chlorherstellung, Trockenkalkprozeß bei der Sodaproduktion, Integration einer Gasturbine bei der Olefinherstellung, Online-Optimierung bei der Olefinproduktion
Papier- und Druckindustrie:	kontinuierliche Zellstoffkochung, Bleiche mit reduziertem Wasserverbrauch, neue Holz-Schliffverfahren, erhöhter Altpapiereinsatz, Verbesserungen bei der Stoffmahlung, Optimierungen beim Stoffpumpen, Erhöhung des Papier- Trockengehaltes vor Eintritt in die Trockenpartie, Abluftfeuchteregelung an Trockenhauben, Feuchteprofilkorrektur, Mikrowellentrocknung, Verringerung der benötigten Luftwechselraten, elektronische Steuerung von Antrieben
Textil- und Ledergewerbe:	wärmetechnische Sanierung der Gebäude, Kreislaufführung von Waschwässern, Einsatz von Wärmepumpen, Einsatz von Kraft- Wärme-Kopplung, Wärmerückgewinnung mit Hilfe von Wärmeübertragern, elektronische Steuerung von Antrieben
Nahrungs- und Genußmittelindustrie:	Verbesserung des Kesselwirkungsgrades und der Wärmeverteilung, Milcherhitzer mit hoher Wärmeausnutzung, Mehrstufenverdampfer mit thermischer oder mechanischer Brüdenverdichtung, Wärmerückgewinnung bei der Sprühtrocknung, Abwärmenutzung durch Wärmespeicheranlagen bei nicht-kontinuierlichen Herstellungsverfahren, gasmotorischer Direktantrieb für Kältemaschinen, Brüdenverdichter oder Druckluftkompressoren unter Nutzung der Abwärme, Einsatz von

Wärmepumpen, Nutzung der Abwärme von Druckluft- und Kältekompessoren, Verbesserung der Isolierung, Vermeidung längerer Auskühlperioden durch häufige Sudfolgen, Prozeßoptimierung durch Mikroelektronik und Verbesserung an den Dampferzeugern

Unter Berücksichtigung der oben genannten Maßnahmen wurden die spezifischen Brennstoff- und Stromverbräuche für die einzelnen Industriebranchen in Deutschland Einsparpotentiale in /Radgen, P., Tönsing, E., 1994/ bis zum Jahr 2050 prognostiziert. Die Ergebnisse dieser Prognose sind in Tabelle 2-7 dargestellt. Die Tabelle gibt Auskunft über die Energieintensitäten pro Wertschöpfungseinheit (MJ/ECU) im Vergleichsjahr 1990 und deren Entwicklung in zwei verschiedenen Szenarien bis zum Jahr 2050. Die Standardvariante berücksichtigt den zu erwartenden technologischen Fortschritt, die Effizienz-Variante berücksichtigt neben dem allgemeinen Fortschritt zusätzliche Anstrengungen zur gezielten Effizienzsteigerung wie sie oben beschrieben wurden. Es zeigt sich, daß in einigen Industriebereichen Einsparungen und Effizienzverbesserungen in Bezug auf Strom und Brennstoffe in Höhe von bis zu 78% möglich sind.

Für die Übertragung der Ergebnisse von Deutschland auf die Schweiz sind nicht nur technische, sondern auch wirtschaftliche und strukturelle Randbedingungen, die die Entwicklung der spezifischen Energieverbräuche beeinflussen, zu berücksichtigen. Eine Prognose für die Schweiz konnte im Rahmen dieser Studie nicht geleistet werden. Dennoch geben die unten aufgeführten Ergebnisse einen Trend an, in welcher Größenordnung sich Einsparungen und Effizienzsteigerungen bewegen können.

Tabelle 2-7: Prognose der spezifischen Energieverbräuche für Deutschland nach Branchen für das Jahr 1990

Branche		Energieintensität in MJ/ECU						prozentuale Einsparung gegenüber 1990			
		1)		Standard		Effizient		Standard		Effizient	
		1990	2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050	
Eisenschaffende Industrie	Strom	4,76	4,64	5,02	4,35	4,50	3	-5	9	5	
	Brennstoffe	31,20	20,42	13,03	18,65	9,78	35	58	40	69	
Chemische Industrie	Strom	2,78	2,13	1,51	1,46	1,24	23	46	47	55	
	Brennstoffe	13,47	9,49	5,37	8,71	4,37	30	60	35	68	
NE-Metall- Erzeugung	Strom	7,30	3,75	1,94	3,57	1,63	49	73	51	78	
	Brennstoffe	4,50	4,02	2,99	3,66	2,37	11	34	19	47	
Steine und Erden	Strom	2,79	2,20	2,05	2,07	1,68	21	27	26	40	
	Brennstoffe	16,69	13,52	10,26	12,30	8,55	19	39	26	49	
Nahrungs- und Genußmittel	Strom	0,97	0,89	0,96	0,82	0,86	8	1	15	11	
	Brennstoffe	3,22	2,18	1,60	1,79	1,24	32	50	44	61	
Papier- und Druckindustrie	Strom	3,40	2,74	1,77	2,45	1,40	19	48	28	59	
	Brennstoffe	4,81	3,01	1,85	2,56	1,48	37	62	47	69	
Textil- und Ledergewerbe	Strom	1,54	1,41	1,24	1,32	1,05	8	19	14	32	
	Brennstoffe	3,38	2,19	1,24	1,76	1,06	35	63	48	69	
Sonstige Industrie	Strom	0,54	0,50	0,44	0,46	0,37	7	19	15	31	
	Brennstoffe	0,66	0,43	0,24	0,34	0,21	35	64	48	68	

Quellen: 1) /Radgen, P., Tönsing, E., 1994/ 2) eigene Berechnungen

2.3 POTENTIAL DER ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DER SCHWEIZ

2.3.1 Photovoltaik und Solarkollektoren

Das Potential von photovoltaischen und solarthermischen Anlagen definiert sich in einem Land wie die Schweiz fast ausschließlich aus den verfügbaren Dach- und Fassadenflächen. Die Bestimmung der solar nutzbaren Dach und Fassadenflächen ist in der Vergangenheit für einige europäische Regionen mit sehr viel Arbeit aus unterschiedlichen Grunddaten und Karten erfolgt. Dabei ist eine Korrelation zwischen der Bevölkerungsdichte und der Dachfläche beobachtbar¹. Mittels dieser Korrelation lassen sich die verfügbaren Dach und Fassadenflächen ermitteln. (siehe Tabelle)

Das energetische Potential ergibt sich aus dem Mix an Technologien, die auf diesen Flächen, eingesetzt werden. Es bietet sich an die Flächen auf Nichtwohngebäuden vornehmlich für Photovoltaik mit Netzanbindung zu nutzen. Auf den Wohngebäuden sollte prioritär Solarkollektoren installiert werden.

2.3.2 Holz-, Biogas- und Reststrohnutzung

2.3.2.1 Holz

Die Waldfläche der Schweiz beträgt ca. 1,2 Mio. Hektar (siehe Tabelle 2-8). Der Holzvorrat wird laut Schweizerischem Landesforstinventar mit 365 Mio m³ beziffert. Jährlich wachsen ca. 8 Mio. m³ Holz im schweizerischen Wald nach, d.h. theoretisch könnten jährlich 8 Mio. m³ Holz geschlagen werden, ohne daß sich die Waldfläche verkleinert. Im Jahr 1996 betrug die inländischer Holzproduktion insgesamt ca. 4 Mio. m³. Davon wurden 900.000 m³ Brennholz, 940.000 m³ Restholz der 1. und 2. Verarbeitungsstufe und 180.000 m³ des übrigen Holzanfalls als Energieholz verwendet (insgesamt 2,02 Mio. m³).

Aus den 8 Mio. m³ Holz, die pro Jahr im Schweizer Wald nachwachsen, kann gemäß Schweizerischem Landesforstinventar ein jährliches Potential an Schaftholz (Baumstamm ohne Äste) von rund 6,8 Mio. m³ abgeleitet werden /Esposito, R., et al., November 1995/.

¹ Siehe Dachflächen und Fassadenflächen für die solare Nutzung in Europa; H. Lehmann, Wuppertal Institut 1999; noch unveröffentlicht

Dachflächenpotentiale der Schweiz

Kantone	Nichtwohngebäude				Wohngebäude			
	Dächer		Fassaden		Dächer		Fassaden	
(1989)	per cap (m2)	Total (km2)	per cap (m2)	Total (km2)	per cap (m2)	Total (km2)	per cap (m2)	Total (km2)
1. Zürich	5,9	6,8	3,4	3,9	5,8	6,7	5,7	6,6
2. Bern	8,5	7,9	4,7	4,4	6,6	6,2	6,1	5,7
3. Luzern	8,1	2,5	4,5	1,4	6,5	2,0	6,0	1,9
4. Uri	9,0	0,3	5,0	0,2	6,8	0,2	6,1	0,2
5. Schwyz	8,7	0,9	4,8	0,5	6,6	0,7	6,1	0,7
6. Obwalden	9,0	0,3	5,0	0,1	6,7	0,2	6,1	0,2
7. Nidwalden	8,7	0,3	4,8	0,2	6,6	0,2	6,1	0,2
8. Glarus	9,0	0,3	5,0	0,2	6,7	0,2	6,1	0,2
9. Zug	7,3	0,6	4,1	0,3	6,3	0,5	5,9	0,5
10. Freiburg	8,7	1,8	4,8	1,0	6,6	1,4	6,1	1,2
11. Solothurn	7,6	1,7	4,2	1,0	6,4	1,4	6,0	1,3
12. Basel-Stadt	4,9	0,9	3,3	0,6	4,0	0,8	5,0	1,0
13. Basel-Land	6,4	1,5	3,6	0,8	6,0	1,4	5,8	1,3
14. Schaffhausen	7,9	0,6	4,4	0,3	6,4	0,5	6,0	0,4
15. Appenzell Appenzell- Außerrhoden	8,1	0,4	4,5	0,2	6,5	0,3	6,0	0,3
Appenzell- Innerrhoden	9,0	0,1	5,0	0,1	6,7	0,1	6,1	0,1
16. St. Gallen	8,1	3,4	4,5	1,9	6,5	2,7	6,0	2,5
17. Graubünden	9,0	1,5	5,0	0,8	6,8	1,1	6,2	1,0
18. Aargau	7,3	3,6	4,1	2,0	6,3	3,1	5,9	2,9
19. Thurgau	8,2	1,6	4,5	0,9	6,5	1,3	6,0	1,2
20. Tessin	8,8	2,5	4,9	1,4	6,7	1,9	6,1	1,7
21. Waadt	8,3	4,8	4,6	2,6	6,5	3,7	6,0	3,5
22. Wallis	9,0	2,2	5,0	1,2	6,7	1,6	6,1	1,5
23. Neuenburg	8,2	1,3	4,5	0,7	6,5	1,0	6,0	1,0
24. Genf	4,9	1,8	3,3	1,2	5,1	1,9	5,4	2,0
25. Jura	9,0	0,6	5,0	0,3	6,7	0,4	6,1	0,4
Bund	7,5	50,2	4,2	28,3	6,2	41,7	5,9	39,5

Quelle : H. Lehmann, Wuppertal Institut; 1999

Dies ergäbe, bei gleichbleibendem Prozentanteil des Energieholzes von 50%, allein aus der Waldnutzung ein theoretisches Energieholzpotential von 3,4 Mio. m³ pro Jahr.

Tabelle 2-8: Holzvorrat und Holznutzung

Waldfläche in 1000 ha ³⁾	1.205
Holzvorrat in 1000 m ³ ²⁾	365.128
jährlich nachwachsender Wald in 1000 m ³ ²⁾	8.000
Gesamtnutzung inländ. Wald in 1000 m ³ ⁴⁾	3.995
Energieholz gesamt in 1000 m³¹⁾	2.020
davon:	
Brennholz in 1000 m ³ ¹⁾	900
Holzanfall außer Wald in 1000 m ³ ¹⁾	180
Restholz 1. Verarbeitungsstufe in 1000 m ³ ¹⁾	610
Restholz 2. Verarbeitungsstufe in 1000 m ³ ¹⁾	330

Quellen: 1) Schweizerische Gesamtenergiestatistik, 1996; 2) Schweizerisches Landesforstinventar, 1985; 3) Schweizerische Forststatistik, 1996; 4) BUWAL, Eidgenöss. Forstdirektion

2.3.2.2 Biogas

Der Vieh- und Geflügelbestand der Schweiz betrug im Jahr 1996 ca. 1,3 Mio. Großvieheinheiten (siehe Tabelle 2-9). Eine Großvieheinheit (GVE) entspricht beispielsweise einem Rind oder 5 Schweinen oder 250 Hühnern. Täglich entstehen etwa 1,5 m³ Biogas pro GVE. Der Heizwert von Biogas beträgt ca. 20 MJ/m³ oder 5,6 kWh/m³. Abzüglich des Gasbedarfs von ca. 30% für die Fermenterbeheizung verbleibt für die energetische Nutzung eine Gasmenge von ca. 1 m³/GVE und Tag. Damit ergibt sich für die Schweiz ein theoretisches Biogaspotential von 1,3 Mio. m³ Biogas pro Tag oder 475 Mio. m³ Biogas pro Jahr. Dies entspricht einer Energiemenge von ca. 26 Mio. MJ pro Tag oder 9.500 Mio. MJ jährlich.

Tabelle 2-9: Vieh- und Geflügelbestände in Großvieheinheiten (GVE) 1996

	GVE Total	Rindvieh	Tiere der Pferdegattung	Schweine	Schafe	Ziegen	Geflügel
Schweiz	1.336.189	1.055.220	28.050	162.383	42.652	6.914	40.969
Zürich	78.030	65.889	3.061	4.582	2.245	162	2.090
Bern	256.247	209.706	6.202	27.462	4.660	1.262	6.954
Luzern	147.797	102.108	1.537	38.616	1.471	284	3.780
Uri	9.997	8.471	16	309	939	239	22
Schwyz	37.922	31.234	426	3.565	2.004	262	431
Obwalden	16.108	13.266	144	1.774	418	101	404
Nidwalden	12.269	9.406	64	2.106	344	119	229
Glarus	9.673	8.638	89	405	277	74	190
Zug	17.212	13.892	327	2.185	335	28	445
Fribourg	106.141	87.315	1.368	9.725	1.455	206	6.071
Solothurn	34.031	28.222	1.252	2.880	920	76	682
Basel-Stadt	331	251	4	64	6	2	4
Basel-Landschaft	21.534	18.003	841	1.460	598	68	565
Schaffhausen	9.877	7.845	182	1.373	194	9	273
Appenzell A. Rh.	20.059	16.058	193	2.467	804	109	429
Appenzell I. Rh.	14.701	10.240	50	2.742	359	84	1.225
St. Gallen	127.952	98.542	1.333	20.766	3.922	409	2.980
Graubünden	56.330	46.244	1.000	683	7.031	967	406
Aargau	75.092	57.995	2.267	9.401	1.456	96	3.877
Thurgau	85.265	56.929	1.300	22.169	1.393	86	3.388
Ticino	13.387	8.080	573	720	2.169	1.421	423
Vaud	87.330	75.992	2.319	3.644	1.220	227	3.928
Valais	31.293	21.407	539	361	7.681	526	780
Neuchâtel	28.347	25.590	611	1.431	145	31	539
Genève	3.249	1.818	584	505	217	5	121
Jura	36.015	32.077	1.770	987	389	60	733

Quelle: Bundesamt für Statistik, Eidgenössische Betriebszählung

2.3.2.3 Reststroh

Die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche der Schweiz betrug im Jahr 1996 ca. 1,1 Millionen Hektar. Die offene Ackerfläche umfaßte ca. 309.000 ha. Auf einer Fläche von 196.000 ha wurde sowohl Brot- als auch Futtergetreide (Weizen, Roggen, Gerste, Dinkel, Hafer etc.) angebaut. Blattfrüchte, wie Zuckerrüben, Kartoffeln, Futterrüben, Silo- und Grünmais sowie Soja und Raps, wurden auf einer Fläche von insgesamt ca. 110.000 ha angepflanzt.

Tabelle 2-10: Landwirtschaftliche Nutzfläche nach Kategorien, 1996

	Fläche in ha
gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche der Schweiz	1.082.876
Landwirtschaftliche Nutzfläche im Ausland	6.665
Offene Ackerflächen	308.924
davon:	
Getreide	196.438
Blattfrüchte	109.599
übrige Ackerfläche	2.888
Grünland	740.109
Dauerkulturen	23.617
übrige landwirtschaftliche Nutzfläche	10.226

Quelle: Bundesamt für Statistik, Eidgenössische Betriebszählung

Bisher wird Stroh hauptsächlich als Viehfutter und Düngemittel verwendet. Deutsche Studien gehen davon, daß 29% des geernteten Strohs für energetische Zwecke verwendet werden könnte /Meliß, M., 1985/. Eine andere Studie beziffert das weltweite Potential der Strohverbrennung mit 25% /Hall, D., et al., 1993/. Für die folgende Potentialabschätzung wird davon ausgegangen, daß 25% des geernteten Strohs für energetische Zwecke genutzt werden kann. Der Heizwert wird zu 14,3 GJ/t (20% Feuchte) angenommen.

Als durchschnittlicher Getreideertrag wird ein Wert von 4,98 t/ha pro Jahr angenommen /Eurostat, 1994/. Das Verhältnis von Stroh zu Getreide beträgt 1,26:1 /Hartmann, A., Strehler, A., 1995/.

Für die Berechnung des theoretisch nutzbaren Strohpotentials ist die Getreideanbaufläche relevant. Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Parameter beträgt der Getreideertrag dieser Fläche

ca. 978.000 t Getreide pro Jahr. In Abhängigkeit der Schnitthöhe können 85% des Strohs geerntet werden. Bei einem Stroh-Getreide-Verhältnis von 1,26 : 1 bedeutet dies ein Strohpotential von 1,05 Mio. t pro Jahr. Unter der Voraussetzung, daß 25% des Strohs für energetische Zwecke genutzt werden kann, ergibt sich ein Potential zur energetischen Strohnutzung in Höhe von etwa 262.000 t pro Jahr. Bei einem Heizwert von 14,3 Gigajoule pro t Stroh errechnet sich eine Energiemenge in Höhe von 3746 Terajoule pro Jahr.

Tabelle 2-11: Abschätzung des Strohpotentials

Getreideanbaufläche in ha	196.438
spez. Getreideertrag in t/ha	4,98
Getreideertrag in t	978.261
Verhältnis Stroh : Getreide	1,26 : 1
Strohertrag in t (85% theoretisch nutzbar)	1.047.718
Stroh für energetische Nutzung in t (bei 25%)	261.930
Heizwert Stroh in GJ/t	14,3
theoretisches Energiepotential aus Stroh in TJ	3.746

2.3.3 Solararchitektur

Für die Berechnung der schweizerischen Energieszenarien wurde der Gebäudebestand der Schweiz für das Jahr 1990 detailliert beschrieben /Prognos, November 1996/. Auf diesen Daten basierend, wird das Potential der Solararchitektur im Wohnungssektor der Schweiz, wie nachfolgend beschrieben, abgeschätzt. Der Betrachtungszeitraum bezieht sich auf die Jahre 1990 bis 2030.

Im Jahr 1990 wurden in der Schweiz 3,16 Millionen Wohnungen registriert. Der Bestand an Ein- und Zweifamilienhäusern (1+2 FH) belief sich auf 1,12 Mio. Wohnungen. Die Zahl von Wohnungen in Mehrfamilienhäusern (MFH) betrug insgesamt 1,89 Millionen (s. Tabelle 2-12). Die Energiebezugsfläche betrug im Jahr 1990 370 Mio. m². Der spezifische Heizenergiebedarf wurde mit durchschnittlich 415 MJ/m² angegeben. Für die zukünftige Entwicklung des Wohnungsbestandes wird eine Zunahme der Energiebezugsfläche bis zum Jahr 2030 auf insgesamt 537 Mio. m² angenommen. Dies entspricht einer Zuwachsrate im Neubaubereich von ca. 1,2% pro Jahr. Es wird angenommen, daß die Sanierungsrate im Altbau bestand genauso hoch ist, d.h. jährlich werden 1,2% des Bestandes wärmetechnisch saniert.

Tabelle 2-12: Strukturelle Zusammensetzung des Bestandes an Wohnungen und Energiebezugsflächen 1990

	1+2 FH	kleine MFH	große MFH	sonstige Gebäude	Summe
Wohnungen Mio.	1,12	0,64	1,25	0,15	3,16
Energiebezugsfläche, Mio. m ²	169	68	117	17	370
Ø Größe, m ²	151	107	93	111	117
Ø Heizenergiebedarf MJ/m ²					415

Quelle: /Prognos, November 1996/

Für den Energieverbrauch im Alt- und Neubaubestand wird ein theoretisches Einsparpotential durch wärmetechnische Maßnahmen und solar-passive Elemente in Höhe von 90% angenommen. Bei Neubauten und bei den zu sanierenden Altbauten wird für die erste Dekade (1990 bis 2000) eine Heizenergiereduktion auf 320 MJ/m²a durch solar-passive und wärmetechnische Maßnahmen erreicht, in der zweiten Dekade (2000 bis 2010) wird der sog. MINERGIE-Standard mit 160 MJ/m²a und in der dritten und vierten Dekade (2010 bis 2030) 80 MJ/m²a realisiert. Dies bedeutet eine Reduktion des Heizenergiebedarfs um ca. 80% im Vergleich zum Gebäudedurchschnitt im Jahr 1990.

Der Berechnungsansatz lässt sich mit Hilfe der folgenden Formel beschreiben:

$$HEB_{\varnothing} = (1 - 2 * r_{NB}) * HEB_{akt.} + 2 * r_{NB} * HEB_{NB}$$

mit:

HEB_{\varnothing} neuer, durchschnittlicher Heizenergiebedarf des Gebäudebestandes unter Berücksichtigung der zugebauten Neubauten und der sanierten Altbauten in MJ/m²a

$HEB_{akt.}$ aktueller durchschnittlicher Heizenergiebedarf in MJ/m²a

HEB_{NB} Heizenergiebedarf der zu erstellenden Neubauten bzw. zu sanierten Altbauten in MJ/m²a

r_{NB} jährliche Neubau- bzw. Sanierungsrate in %

Im Jahr 2030 lässt sich für den Gebäudebestand der Schweiz unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Annahmen ein durchschnittlicher Heizenergiebedarf von ca. 227 MJ/m² pro Jahr errechnen (siehe Abbildung 2-1). Im Vergleich zum Jahr 1990 bedeutet dies eine Reduktion des durchschnittlichen Heizenergiebedarfs im Gebäudebestand der Schweiz in Höhe von ca. 45%.

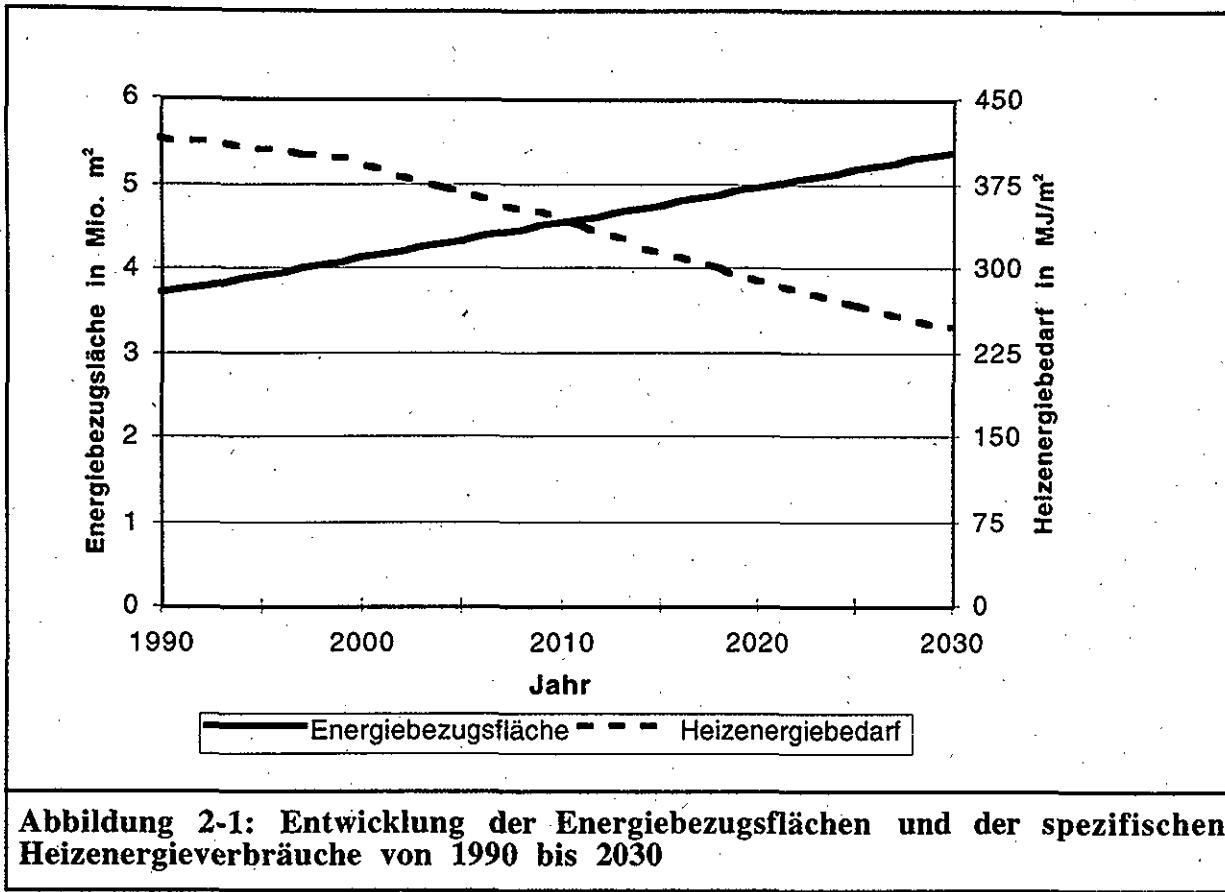


Abbildung 2-1: Entwicklung der Energiebezugsflächen und der spezifischen Heizenergieverbräuche von 1990 bis 2030

Quelle: /Prognos, November 1996/

2.3.4 Windenergie

Im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft sind die Potentialgebiete und das Potential für Windkraftanlagen (WKA) für die ganze Schweiz erarbeitet worden. Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in folgender Studie veröffentlicht:

Horbaty, Robert; Buser, Hans; Kunz, Stefan (Dezember 1996): Windkraft und Landschaftsschutz; Bundesamt für Energiewirtschaft; Bern.

Folgende Ziele wurden bei diesem Projekt verfolgt:

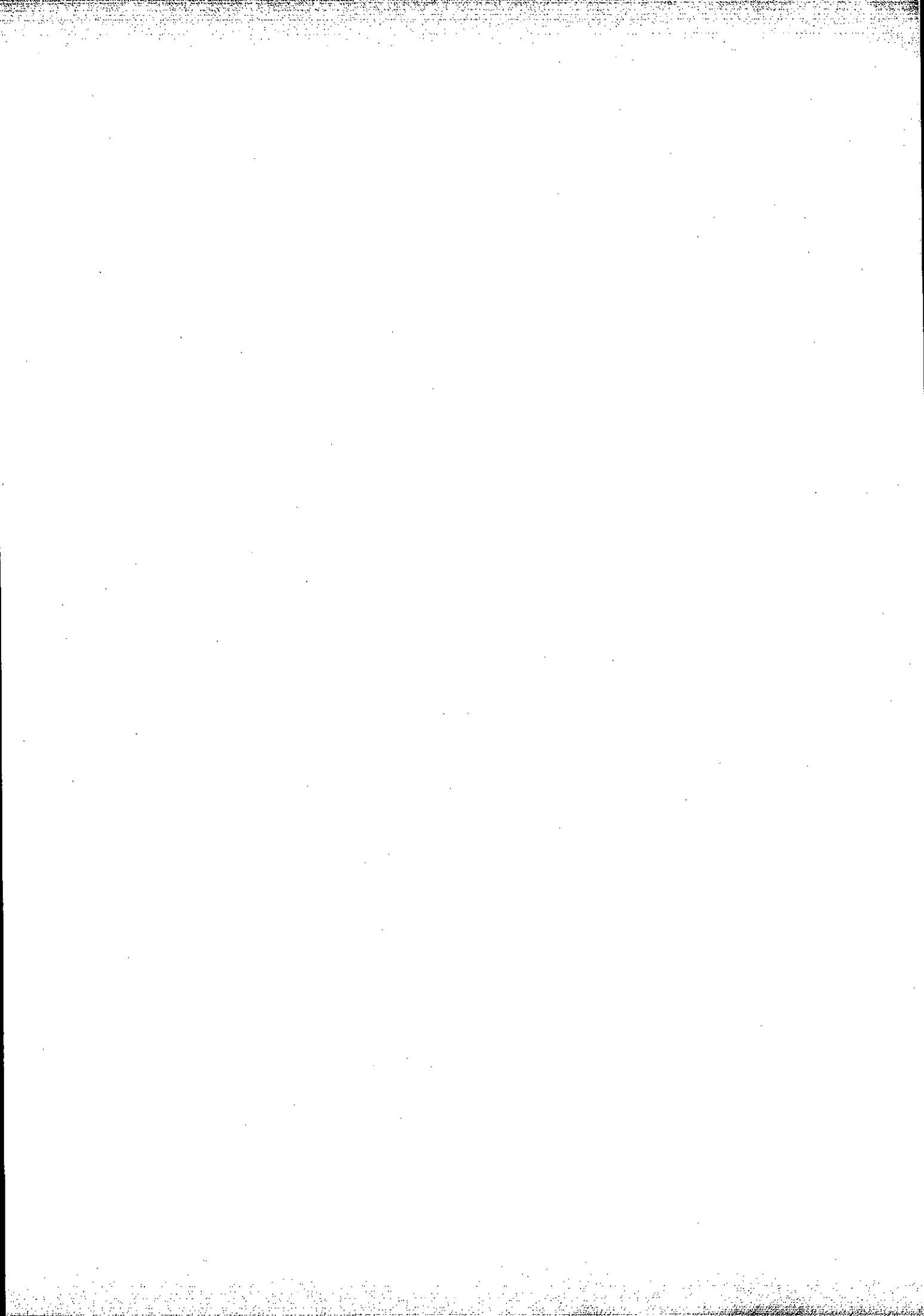
- für die gesamte Schweiz diejenigen Potentialgebiete auszuweisen, die aus Sicht des Landschaftsschutzes und aufgrund der Windverhältnisse für eine Windenergienutzung geeignet sind;
- das Vorgehen und die Resultate soweit als bei den Interessenvertretern von Natur und Landschaft abzustützen;

- Anzahl und Größe möglicher Windkraftanlagen in der Schweiz abzuschätzen;
- Kosten für die Produktion der Windenergie abzuschätzen.

Zur Ermittlung der Potentialgebiete der Schweiz wurde ein geographisches Informationssystem (GIS) verwendet. Dabei wurden Gebiete, die sich aufgrund ihrer Lage grundsätzlich eignen, in Rasterzellen von jeweils 250 m Seitenlänge unterteilt. Für jede Zelle wurde eine Bewertung bezüglich der Windverhältnisse und des Landschaftsschutzes abgegeben. Die daraus resultierenden provisorischen Potentialgebiete der Schweiz wurden anhand einer Stichprobe von 21 Gebieten überprüft. Gleichzeitig wurden für diese Gebiete die Erschließungsdistanzen und die Einspeisemöglichkeiten für den Strom abgeschätzt. Die Resultate der Feldbegehung führten zu Korrekturen bei den Berechnungen im GIS und zu den definitiven Potentialgebieten der Schweiz. Diese diente als Grundlage für die Abschätzungen des Produktionspotentials und der Stromgestehungskosten.

Die bis zum Jahr 2030 installierbare Leistung wird mit 1.565 MW beziffert. Die Energieproduktion würde 1.628 GWh betragen.

Aufgrund der kleinräumigen Verhältnisse der Schweiz wurde angenommen, daß nur 250 kW- und 500 kW-Anlagen installiert werden. Ferner wurde eine Verzehnfachung der heutigen Windproduktion bis zum Jahr 2000 angenommen und eine weitere Verzehnfachung bis zum Jahr 2010 als realistisch angesehen. Das gesamte Potential könnte bis zum Jahr 2030 ausgeschöpft werden.

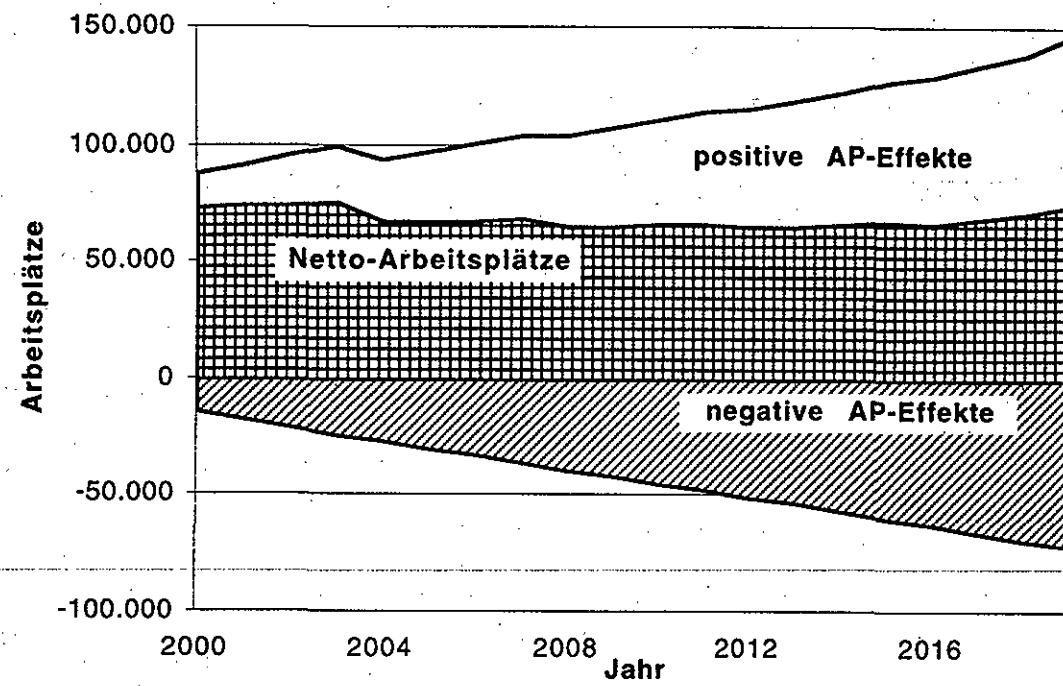


3 ARBEITSPLÄTZE DURCH DIE EINFÜHRUNG ERNEUERBARER ENERGIETECHNOLOGIEN	3-1
3.1 Arbeitsplätze in Europa heute und morgen	3-2
3.1.1 Teres II und Weißbuch der EU	3-2
3.1.2 EUROSOLAR	3-2
3.1.3 Beschäftigungseffekte der Ressortaktivitäten von Energie 2000	3-4
3.1.4 Aktuelle Daten aus dem Investitionsprogramm Energie 2000	3-6
3.2 Nettobeschäftigungseffekte beim Ausbau erneuerbarer Energiesysteme in Nordrhein-Westfalen	3-7
3.2.1 Einleitung	3-7
3.2.2 CO ₂ -Reduktionsmix erneuerbarer Energieträger	3-7
3.2.3 Modifizierte Input-Output-Analyse zur Quantifizierung von Beschäftigungseffekten infolge vorgegebener Investitionen für einen Ausbau neuer Energiesysteme	3-8
3.2.4 Vorgesehene Finanzierungsinstrumentarien	3-10
3.2.5 Bilanzierte Nettoinvestitionen eines Umbaus der Energieversorgungsstruktur zur Reduktion der CO ₂ -Emissionen	3-12
3.2.6 Sektorielle Nettobeschäftigungseffekte	3-14
3.2.7 Verlauf der positiven Bruttobeschäftigungseffekte als Indiz eines resultierenden Strukturwandels	3-16
3.2.8 Beschäftigungseffekte in Nordrhein-Westfalen und im übrigen Bundesgebiet	3-16
3.2.9 Zusatzeffekt infolge verminderter Primärenergieimporte	3-19
3.3 Investitionsvolumen und dadurch verursachte "Brutto"-Arbeitsplatzeffekte in der Schweiz	3-20
3.3.1 Energiegestehungskosten des konventionellen Referenzsystems	3-22
3.3.2 Energiegestehungskosten aus Solarenergie und rationeller Energienutzung	3-22
3.3.3 Entwicklung der Energiegestehungskosten aus Solarenergie und rationeller Energienutzung	3-25
3.3.4 Förderbare Kosten	3-29
3.3.5 Berechnung der Förderquoten	3-30
3.3.6 Berechnung der jährlich ausgelösten Gesamt-Investitionen	3-31
3.3.7 Bruttobeschäftigungseffekte einer verstärkten Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung in der Schweiz	3-36
3.3.8 Abschätzung der Netto-Arbeitsplätze	3-58
3.3.9 Diskussion und kritische Betrachtung der Berechnungsansätze	3-64

3.4 Diskussion und kritische Würdigung der "Netto"-Arbeitsplatzeffekte auf Grund bestehender schweizerischer Studien**3-70**

3.4.1	Gegenüberstellung aktueller schweizerischer Studien	3-70
3.4.2	Die EBP-Studie im Vergleich	3-75
3.4.3	Kritikpunkte	3-79

3 ARBEITSPLÄTZE DURCH DIE EINFÜHRUNG ERNEUERBARER ENERGIETECHNOLOGIEN



Bilanz positiver und negativer Beschäftigungseffekte (ohne Berücksichtigung von Fiskalverlusten)

3.1 ARBEITSPLÄTZE IN EUROPA HEUTE UND MORGEN

3.1.1 Teres II und Weißbuch der EU

Im Weißbuch der EU wurde vor dem Hintergrund, daß die Kommission der Europäischen Gemeinschaften das Ziel gesteckt hat, den Anteil der erneuerbaren Energien in der EU auf 12% des Bruttoinlandsenergieverbrauchs der EU bis zum Jahre 2010 zu steigern, eine selektive Kosten-Nutzung-Bewertung durchgeführt.

Die geschätzten Investitionskosten, die erforderlich sind, um das Ziel zu erreichen, betragen für den Zeitraum 1997 bis 2010 ca. 165 Mrd. ECU. Die Nettoinvestitionen werden auf insgesamt 95 Mrd. ECU geschätzt (6,8 Mrd. ECU pro Jahr). Für den gesamten Energiesektor wird ein Investitionsanstieg von 30% erforderlich sein. Den Schätzungen zufolge könnten dabei brutto 500.000 bis 900.000 Arbeitsplätze geschaffen werden.

Die Netto-Beschäftigungszahlen im Bereich der erneuerbaren Energieträger lassen sich nur schwer prognostizieren. Ausführliche Schätzungen der Netto-Beschäftigungszahlen wurden für die TERES II-Studie durchgeführt, und zwar unter Verwendung des im Rahmen des Joule II-Programms entwickelten Marktdurchdringungsmodells SAFIRE. Das Modell prognostiziert für 2010 die Schaffung von 500.000 Nettoarbeitsplätzen, die entweder unmittelbar im Bereich der erneuerbaren Energien oder mittelbar im Zulieferbereich geschaffen werden.

Für 2010 wird eine jährliche Exportleistung von 17 Mrd. ECU pro Jahr vorausgesagt, wodurch möglicherweise bis zu 350.000 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen werden können.

3.1.2 EUROSOLAR

Auf dem "European Congress on Renewable Energy Implementation (5. - 7. Mai 1997 in Athen) hat EUROSOLAR und der European Solar Council eine Verdreifachung des Beitrages erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2010 als realisierbares Nahziel gefordert. Durch welche Beiträge der verschiedenen Sektoren erneuerbarer Energien dieses Nahziel erreichbar ist und welche Arbeitsplatzperspektiven damit verbunden sind, wird in /Eurosolar e.V., August 1997/, ausgehend vom derzeitigen wirtschaftlichen Stand der Technologien, ihrer erkennbaren Einführungsdynamik und ihres aktuell ermittelbaren Arbeitsplatzpotentials, detailliert beschrieben. Die Ergebnisse dieser Studie lassen sich folgendermaßen zusammenfassen. Bis zum Jahr 2010 ist mit großen politischen Anstrengungen möglich, den Beitrag der erneuerbaren Energien zu verdreifachen, so daß die

erneuerbaren Energien im Jahre 2010 einen Beitrag von ca. 20% an der Energieversorgung der Europäischen Union leisten. Die verstärkte Nutzung der erneuerbaren Energien führt zu Investitionen in Höhe von ca. 110 Mrd. ECU, davon entfallen mindestens 20 Milliarden ECU auf den Export. Insgesamt könnten ca. 2 Millionen neue Arbeitsplätze geschaffen werden. Die größten Beschäftigungseffekte sind dabei in den Bereichen der Biomassenutzung und der passiven Sonnenenergienutzung zu verzeichnen. Eine Übersicht der Studienergebnisse zeigt Tabelle 3-1.

Tabelle 3-1: Verdreifachung des Beitrages erneuerbarer Energien bis 2010

	Energiebeitrag in Mio. TRÖE	Beitrag %	Jahresumsatz in Mrd. ECU	neue Arbeitsplätze
Wind	13	0,9	5	140.000
Wasser	15	1	1	gleichbleibend
Photovoltaik	0,8	0,07	4,5	157.000
Biomasse *	100	6,7	0,5	822.000
Gebäude	6,1	0,4	2,9	97.000
Zwischensumme	134,4	9	63,9	ca. 1.200.000
davon durch Export			23	ca. 230.000
Passive Nutzung der Sonnenenergie	70	4,6	48	880.000
Insgesamt	204,4	13,6	112	> 2 Mio.
Derzeit	106			
Gesamt in 2010	ca. 310	20,6		

*) Müll nicht inbegriffen

Quelle: /Eurosolar e.V., August 1997/

3.1.3 Beschäftigungseffekte der Ressortaktivitäten von Energie 2000

Das Aktionsprogramm Energie 2000 bezweckt, das Verbrauchs- und Investitionsverhalten zu verändern, um brachliegende Spar- und Produktionsmöglichkeiten zu mobilisieren sowie die Zahlungsbereitschaft eines Teils der Investoren/Konsumenten für erneuerbare Energien und Sparmaßnahmen abzuschöpfen.

Das Programm besitzt eine Laufzeit von 10 Jahren (1990 bis 2000).

Die Aktivitäten des Programmes werden auf acht Ressorts verteilt:

1. Ressort öffentliche Hand
2. Ressort Wohnbauten
3. Ressort Gewerbe
4. Ressort Industrie
5. Ressort Dienstleistungen
6. Ressort Spitäler
7. Ressort Treibstoffe
8. Ressort Regenerierbare Energien

Die Ressortaktivitäten Energie 2000 weisen Impulscharakter auf. Die Informations- und Marketingmaßnahmen von Energie 2000 zielen darauf ab, Informationslücken zu schließen und Netzwerke zu bilden. Dadurch kann bei relativ wirtschaftlichen Energieeffizienzmaßnahmen der entscheidende Impuls für die Realisierung gegeben werden.

Im September 1997 wurden die Ergebnisse der bisherigen Ressortaktivitäten und die zukünftig zu erwartenden Effekte in folgender Studie veröffentlicht: "Beschäftigungswirkungen der Ressortaktivitäten von Energie 2000 und der erneuerbaren Energien in der Schweiz", Infras (September 1997), Zürich

Die Ergebnisse der Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1996 standen den acht Ressorts von Energie 2000 insgesamt ca. 15 Mio. Franken an direkten Mitteln zur Verfügung. Die damit ausgelösten Aktivitäten haben nach Schätzungen der Ressortleiter im gleichen Jahr Drittinvestitionen in der Größenordnung von 200 Mio. Franken ausgelöst. Dadurch wurden ca. 1500 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen.

Die Beschäftigungswirkungen wurden mit Hilfe eines einfachen partialanalytischen Modells grob abgeschätzt. Von Interesse waren dabei die zusätzlich geschaffenen Arbeitsplätze, welche durch die

Ressortaktivitäten von Energie 2000 bzw. durch den gesamten Bereich erneuerbarer Energien geschaffen bzw. erhalten werden. Hierzu wurden zwei Schätzmodelle verwendet.

Im ersten Schätzmodell werden die zusätzlichen Arbeitsplätze, welche durch die Aktivitäten der acht Ressorts von Energie 2000 zurückzuführen sind, berechnet. Bei der Berechnung zusätzlicher Beschäftigungswirkungen werden sowohl positive als auch negative Teilwirkungen in Betracht gezogen. Als Ergebnis dieser Abschätzungen lassen sich für die acht Ressorts im Jahre 1996 insgesamt 1520 zusätzliche Arbeitsplätze (= Nettoarbeitsplätze) bei einem Investitionsvolumen von 202 Mio. Fr. konstatieren (siehe Tabelle 3-2).

Tabelle 3-2: Angenommene Ressortmittel, Hebelwirkung und Investitionen auf Grund von Ressortaktivitäten für 1996 und 2000

Ressorts Energie 2000	direkte Ressortmittel		Hebelwirkun g		Ausgelöste Investitionen		Arbeitsplätze pro Jahr	
	1996	2000	1996	2000	1996	2000	1996	2000
	Mio. Fr./a				Mio. Fr./a			
öffentliche Hand	3,0	3,0	7	32	20	90	200	840
Wohnbauten	1,4	1,4	2	38	3	50	20	260
Gewerbe	0,6	0,6	19	57	13	40	260	640
Industrie	1,3	1,3	5	38	6	50	60	550
Dienstleistungen	0,9	0,9	3	25	2	20	170	650
Spitäler	0,9	0,9	1	38	1	30	70	310
Treibstoffe	1,8	1,8	2	2	3	3	130	290
Reg. Energien	5,2	5,2	28	54	154	300	610	1060
Total	15,1	15,1	14	40	202	583	1.520	4.600

Quelle: /Infras, September 1997/

Mit Hilfe eines zweiten Schätzmodells wurden die zusätzlichen Arbeitsplätze, die in der Schweiz durch die Energieproduktion mit erneuerbaren Energieträgern insgesamt entstehen geschätzt. Der Impuls besteht hier in der Gesamtheit der Investitionen in erneuerbare Energien, inklusive der nachhaltigen Effekte von früher getätigten Ausgaben. Dieses Modell bildet den Grobrahmen für die Analysen im Bereich erneuerbarer Energien. Es gibt zum ersten Mal ein vollständiges Bild des Wirtschaftssektors erneuerbare Energie in der Schweiz. Zu diesem Zweck werden deshalb nicht nur die zusätzlich entstehenden Arbeitsplätze, sondern auch die Gesamtzahl der mit der Produktion erneuerbarer Energien verknüpften Arbeitsplätze geschätzt.

Die Autoren der Studie kommen dabei zu folgenden Ergebnissen

- In den Jahren 1990 bis 1996 wurden netto rund 400 Mio. Fr./a im Bereich erneuerbare Energien ausgegeben. Brutto waren es ca. 900 Mio. Fr./a. Für die Jahre 1997 bis 2000 werden die Nettoausgaben auf ca. 700 Mio. Fr./a geschätzt.
- In der Schweiz entstehen im Mittel 1990 bis 2000 durch diese Ausgaben netto ca. 5000 zusätzliche Arbeitsplätze, Tendenz steigend: für den Zeitraum 1996 bis 2000 kann im Durchschnitt mit insgesamt etwa 7000 zusätzlichen Arbeitsplätzen gerechnet werden.
- Die größte Beschäftigungswirkung in der Schweiz geht von den Stückholzfeuerungen aus. Weitere wichtige Beschäftigungsfaktoren sind die automatischen Holzfeuerungen, die elektrischen Wärmepumpen und die solarthermischen Anlagen.
- Die Land- und Forstwirtschaft, die Maschinen- und Fahrzeugindustrie und die Eisenmetallindustrie sind die Branchen, die am meisten profitieren.

3.1.4 Aktuelle Daten aus dem Investitionsprogramm Energie 2000

Die aktuelle Auswertung des Investitionsprogrammes Energie 2000 (Stand: 31.03.1998) zeigt, daß der durchschnittliche Förderbeitrag 10,7% der Investitionen beträgt. Insgesamt lösten 49,90 Mio. Fr. Fördermittel Investitionen in Höhe von 465,12 Mio. Fr. aus.

Tabelle 3-3: Daten des Investitionsprogrammes Energie 2000	
Stand	31.03.1998
Gesamtinvestition beantragt	644,24 Mio. Fr.
Bundesbeitrag beantragt	66,70 Mio. Fr.
Gesamtinvestition bewilligt	465,12 Mio. Fr.
Bundesbeitrag bewilligt	49,90 Mio. Fr.
durchschnittliche Förderquote	10,7%

Quelle: /TNC, Oktober 1998/

3.2 NETTOBESCHAFTIGUNGSEFFEKTE BEIM AUSBAU ERNEUERBARER ENERGIESYSTEME IN NORDRHEIN-WESTFALEN

3.2.1 Einleitung

Anfang 1997 lag die durchschnittliche Arbeitslosenquote in der Bundesrepublik Deutschland bei rd. 12,2 %, wobei sich die Lage - abgesehen von den noch in der Umstrukturierung befindlichen neuen Ländern und den strukturschwachen norddeutschen Bundesländern - auch im Bundesland Nordrhein-Westfalen mit rd. 0,9 Prozentpunkte über dem westdeutschen Mittelwert besorgnisregend darstellt. Infolge der bevorstehenden Rückführung der Steinkohlesubventionen des Bundes einerseits sowie durch die Probleme im Bereich der Montanindustrie andererseits muß mit weiteren Arbeitsplatzverlusten insbesondere in Nordrhein-Westfalen gerechnet werden.

Im Bereich der Energiewirtschaft (einschl. Kohlebergbau) hat das Land Nordrhein-Westfalen mit ca. 180.000 Beschäftigten einen Anteil von fast 40 % an den Erwerbstägigen, wobei die nordrhein-westfälische Beschäftigungsquote im Sektor Kohlebergbau mit über 100.000 Beschäftigten bei rd. 85 % der insgesamt in der Bundesrepublik in diesem Wirtschaftssektor beschäftigten Personen liegt. Somit kommt dem Land Nordrhein-Westfalen auch hinsichtlich der arbeitspolitischen Situation im Bereich der Energieversorgung eine besondere Bedeutung zu. In diesem Beitrag wird detailliert dargestellt, daß sich durch einen Ausbau neuer Energiesysteme, z.B. im Rahmen des Strukturwandels in Nordrhein-Westfalen, nicht nur konventionelle Energieressourcen und die Umwelt schonen lassen, sondern auch positive Beschäftigungseffekte erzielt werden könnten.

3.2.2 CO₂-Reduktionsmix erneuerbarer Energieträger

Die Grundlage der nachfolgend beschriebenen Abschätzung der gesamtwirtschaftlichen Investitions- und Beschäftigungseffekte bildet ein sogenannter "regenerativer Energiemix", in welchem unter Berücksichtigung der Potentiale erneuerbarer Energieträger kostenminimale Ausbaustrategien zur maximalen Reduktion der Kohlendioxidemissionen in Nordrhein-Westfalen dargestellt werden (M. Mohr, 1995). Dabei wurden insgesamt 21 Konzepte zur Nutzung erneuerbarer Energieträger nach ihren CO₂-Grenzkosten kombiniert und für diskrete Kohlendioxidreduktionsgrade ausgewiesen. Mittels einer modifizierten dynamischen Investitionsrechenmethode wurden die z.T. unterschiedlichen Nutzungsdauern der einzelnen Systeme vereinheitlicht, so daß die Strom- bzw. Wärmegestehungskosten der unterschiedlichen Systeme miteinander vergleichbar wurden (vgl. (Busse von Colbe, W., Laßmann, G., 1990)). Die

nominal annuitäisch ausgewiesenen Investitionen belegen, daß das Reduktionsziel der Bundesregierung, die CO₂-Emissionen im Vergleich zu 1990 bis zum Jahr 2005 um 25 % zu senken, nach dieser Abschätzung durch den alleinigen Einsatz regenerativer Energieträger nahezu erreicht werden kann.

Die finanziellen Mittel, welche für einen derartigen Ausbau neuer Energiesysteme in Nordrhein-Westfalen zur Verfügung gestellt werden müßten, wären allerdings erheblich und würden sich bspw. beim maximal möglichen CO₂-Reduktionsgrad (RG) von 24,1 % nominal annuitäisch auf rd. 128 Mrd. DM belaufen (inkl. Kapitaldienst und Ersatzinvestitionen). Dabei entfielen auf die photovoltaische Energiegestehung mit einer Annuität von 81,9 Mrd. DM ein Anteil von 64 % der Gesamtinvestitionen, der RG durch die PV-Anlagen würde jedoch lediglich bei 27 % des Gesamtreduktionsgrades von 48,2 Mio. t CO₂-Minderemission (d.h. RGPV = 6,5 %) liegen. Ebenfalls hohe finanzielle Belastungen ergäben sich durch die Verwendung solarthermischer Systeme. So müßten bspw. bei einem maximalen RG annuitäisch 41,2 Mrd. DM für eine solare Raumwärme- und Brauchwarmwasserbereitstellung verausgabt werden. Biomasse und Windenergie sind dagegen deutlich günstiger, wobei das Gesamtpotential in Nordrhein-Westfalen vergleichsweise gering ausfällt (10,6 Mio. t CO₂-Reduktion).

Die hohen finanziellen Investitionen führen jedoch auch volkswirtschaftlich gesehen zu Folgereaktionen, die im Rahmen dieses Beitrages als gesamtwirtschaftliche Beschäftigungseffekte ausgedrückt werden.

3.2.3 Modifizierte Input-Output-Analyse zur Quantifizierung von Beschäftigungseffekten infolge vorgegebener Investitionen für einen Ausbau neuer Energiesysteme

Die hier dargestellte Quantifizierung der Beschäftigungseffekte erfolgt mit Hilfe einer modifizierten statischen Input-Output-Analyse. Eine Beschreibung dieses Verfahrens findet sich in Kapitel 3.3.7.1. Mit dieser Methode ergeben sich bei einer exogenen Nachfrageänderung sowohl die direkten, als auch die durch die Vorleistungslieferungen hervorgerufenen indirekten Produktions- und Beschäftigungseffekte. Zur Erfassung der Auswirkungen eines verstärkten Konsums der privaten Haushalte durch ein gesteigertes Volkseinkommen wird die o.a. Methode darüber hinaus um den sogenannten "Keynes'schen Einkommensmultiplikator" erweitert. Dieser auf der Konsumquote basierende Multiplikator bildet die Zunahme der Realeinkommen aufgrund einer gesteigerten Investitionsnachfrage und einer dadurch bedingten Steigerung der Produktion und Beschäftigung ab /Felderer, B., Homburg, St., 1994/.

Zur Modellierung der auftretenden jährlichen Kosten, welche im Rahmen eines auf 20 Jahre angesetzten Ausbaus neuer Energiesysteme anzusetzen sind, wurde umfangreiches Datenmaterial insbesondere zu den sektoriellen Kostenstrukturen, den möglichen Fertigungskapazitäten und den evtl. auftretenden Kostendegressionen der untersuchten Energiesysteme analysiert und für die Anwendung für eine Input-Output-Analyse aufbereitet /Ziegelmann, A., Mohr, M., Unger, H., 1995/.

Ausgehend von einem kontinuierlichen Ausbau neuer Energiesysteme während der Ausbauphase von 20 Jahren (dies entspricht der durchschnittlichen Nutzungsdauer der untersuchten Systeme) ergeben sich insbesondere bei hohen RG maßgebliche Beschränkungen insbesondere durch die heute noch fehlenden Fertigungskapazitäten im Bereich solarthermischer und photovoltaischer Energiesysteme. Da diese auch unter Berücksichtigung möglicher Importe zu Beginn der Ausbauphase nicht beseitigt werden können, werden die jeweils vorgesehenen Investitionen auf einen späteren Zeitpunkt bei dann ausreichenden Kapazitäten verschoben.

Hierbei ist jedoch zu beachten, daß angenommene Importe kostenintensiver photovoltaischer Module bzw. solarthermischer Kollektoren aufgrund der notwendigen Rückfinanzierung zu negativen Produktions- und somit Beschäftigungseffekten in der Bundesrepublik Deutschland führen. Unter ausschließlicher Berücksichtigung der bundesdeutschen Fertigungskapazitäten könnten bei einem moderaten Ausbau der vorgesehenen Energiesysteme diese Beschäftigungseffekte in der BRD geschaffen werden und so zu einer wesentlich positiveren Bilanz bei den resultierenden Nettobeschäftigungseffekten führen.

Bei den bereits heute in der Bundesrepublik Deutschland zur Verfügung stehenden Fertigungskapazitäten kann während eines Investitionszeitraumes von 20 Jahren ein CO₂-Reduktionsgrad von maximal 5 % für das Land Nordrhein-Westfalen erreicht werden. Für eine Realisierung des in Nordrhein-Westfalen maximal möglichen CO₂-Reduktionsgrades von RG = 24,1 % könnten die notwendigen Fertigungskapazitäten ungefähr im Jahr 2007 für thermische Solaranlagen bzw. im Jahr 2011 für PV-Systeme bereitgestellt werden. In der Übergangsphase kann das Produktionsvolumen den Kollektor- und Modulbedarf lediglich partiell abdecken.

In Abbildung 3-1 sind die Gesamtkosten, abhängig vom Investitionsjahr beispielhaft für die CO₂-Reduktionsgrade 10 %, 15 %, 20 % und 24,1 % dargestellt. Aufgrund der bei höheren Reduktionsgraden auftretenden Fertigungskapazitätsbeschränkungen im Bereich solarthermischer und photovoltaischer Energiesysteme weisen die jährlichen Kosten bei den beispielhaft ausgewählten Reduktionsgraden einen jeweils charakteristischen Verlauf auf. Der optimistische

Kostenverlauf berücksichtigt zukünftig mögliche Kostenreduktionen, der pessimistische Kostenverlauf geht von heutigen Kostenstrukturen aus.

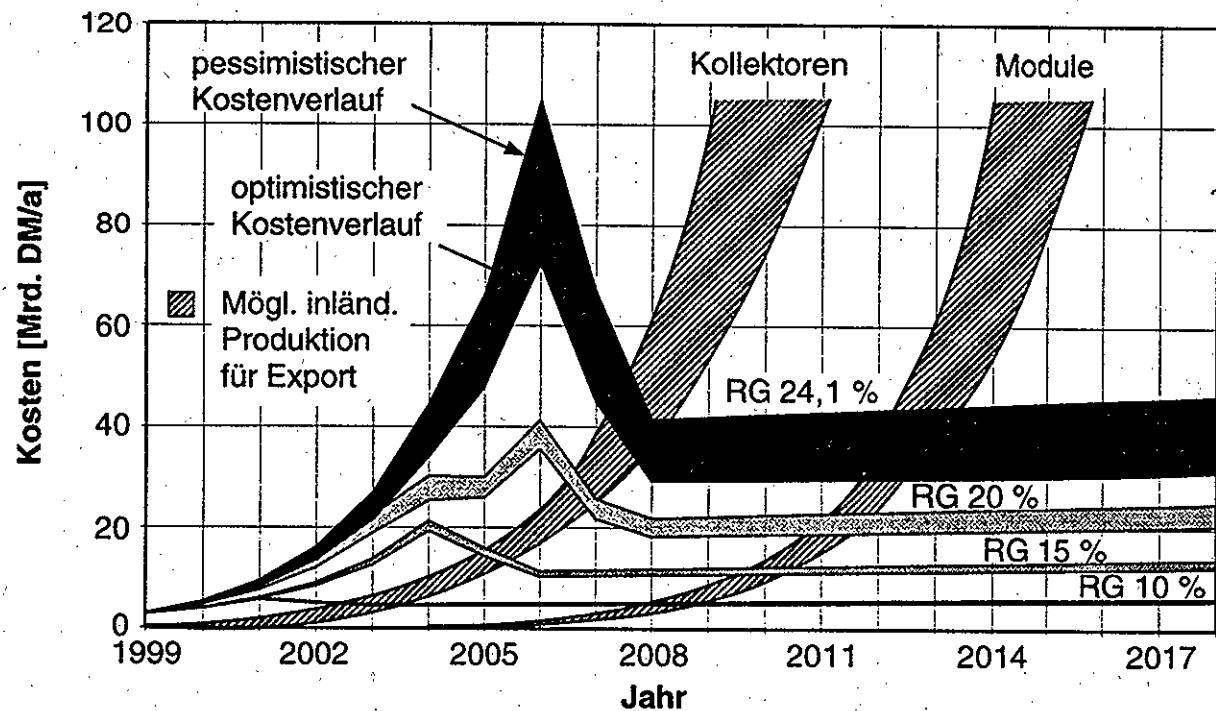


Abbildung 3-1: Investitionsverläufe in Abhängigkeit von ausgesuchten CO₂-Reduktionsgraden und mögliche inländische Produktion von Kollektoren und Modulen durch zusätzliche Exportnachfrage

3.2.4 Vorgesehene Finanzierungsinstrumentarien

Da in diesem Beitrag nicht nur die positiven, sondern auch die negativen Beschäftigungseffekte eines Ausbaus neuer Energiesysteme berücksichtigt werden sollen, muß die Bereitstellung der in Abbildung 3-1 dargestellten Gesamtinvestitionen über verschiedene Finanzierungsinstrumentarien geklärt und in das vorliegende Berechnungsmodell einbezogen werden. Um auch finanziell einen Anreiz für einen Einsatz neuer Energiesysteme zu schaffen, werden zur Finanzierung eines Umbaus der Energieversorgungsstruktur in Nordrhein-Westfalen ausschließlich Instrumentarien aus dem Bereich der konventionellen Energieträger betrachtet. Es werden drei Finanzierungsinstrumentarien betrachtet, die in ihrer Summe ausreichend sind, die erforderlichen finanziellen Mittel für einen Ausbau neuer Energiesysteme bereitzustellen.

3.2.4.1 Rückführung der Steinkohlesubventionen

Im April 1997 hat die Bundesregierung beschlossen, die reinen Erhaltungssubventionen im Bereich des Steinkohlebergbaus (Verstromungs- und Kokskohlenbeihilfe) von derzeit rd. 8 Mrd. DM bis zum Jahr 2005 auf ca. 3,8 Mrd. DM zu kürzen. Um das finanzielle Mittelaufkommen, welches für einen Umbau der Energieversorgungsstruktur durch die Kürzung der Steinkohlesubventionen bereitgestellt werden könnte, zu bestimmen, werden einerseits die aktuelle Kürzungspolitik der Bundesregierung, andererseits aber auch weitergehende Subventionskürzungen berücksichtigt. Im vorliegenden Beitrag wird davon ausgegangen, daß auch die für das Jahr 2005 zugesicherten Subventionen von 3,8 Mrd. DM bis zum Jahr 2010 in einem linearen Prozeß eingestellt werden. So lassen sich für einen Umbau der Energieversorgungsstruktur in Nordrhein-Westfalen ab dem Jahr 2000 stetig steigende Finanzmittel bereitstellen, welche ab dem Jahr 2010 in einer Höhe von rd. 7,3 Mrd. DM zur Verfügung ständen.

3.2.4.2 Stromtariferhöhung

Die Bereitstellung ausreichend hoher Finanzmittel zum Umbau der Energieversorgungsstruktur in Nordrhein-Westfalen lässt sich - über die Rückführung der Steinkohlesubventionen hinaus - durch mögliche Tariferhöhungen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen realisieren. Damit würde ein bereits bestehendes und alle Abnehmergruppen gleichermaßen belastendes Instrumentarium benutzt. Auch diese Annahme könnte einen Teil der Konsensgespräche zwischen Bundesregierung und Opposition darstellen.

Dabei sollte bedacht werden, daß die durchschnittlichen Industriestrompreise mit rd. 16 Pf/kWh an der Spitze der europäischen Strompreise liegen und deshalb eine Erhöhung der Stromtarife, gerade im Hinblick auf stromintensive Branchen, nur in geringem Maße vertretbar erscheint. Bei einem Stromverbrauch im Jahr 1994 von rd. 118 Mrd. kWh (48 % private Haushalte und Kleinverbraucher, 52 % Industrie) /StromDISKUSSION, 1996/ ließen sich bei einer angenommenen Strompreiserhöhung in Höhe von 0,5 Pf/kWh in der Industrie (= 3 %) und 1,5 Pf/kWh (= 6 %) bei den privaten Haushalten im Mittel über die nächsten 20 Jahre rd. 1,27 Mrd. DM/a für einen verstärkten Ausbau regenerativer Energiesysteme in Nordrhein-Westfalen bereitstellen.

3.2.4.3 Energiesteuer

Schließlich wird hier die schon lange in der öffentlichen Diskussion stehende Erhebung einer Energiesteuer betrachtet. Neben dem gewünschten Finanzierungscharakter hätte die Einführung einer Energiesteuer auch eine Lenkungswirkung hin zu erneuerbaren Energieträgern. Dem

Verbraucher würde der Anreiz zur Einsparung fossiler Energieträger durch eine Steuerentlastung gegeben.

Ausgegangen wird hier von einer nicht aufkommensneutralen Energiesteuer, welche auf einem derzeit aktuellen gewichteten mittleren Grundpreis für Endenergie von 9 DM/GJ (Bach, S., 1995) mit einem jährlich möglichst konstant steigendem Steuersatz erhoben wird. Bezogen auf den Verbrauch konventioneller Endenergie in Nordrhein-Westfalen lässt sich abhängig vom Steuersatz ein mögliches Finanzvolumen abschätzen. Unter der Annahme einer zukünftig rückläufigen Entwicklung des konventionellen Primärenergieverbrauchs von rd. 13.700 PJ im Jahr 1995 auf rd. 11.000 PJ im Jahr 2018 (vgl. hierzu (Bach, S., 1995; Eckerle, K., Hofer, P., Masuhr, H.P., 1992)), stünden bei angenommenen jährlich steigenden Steuersätzen in Höhe von 1 %, 3 %, und 5 % in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2018 ca. 8 Mrd. DM, 30 Mrd. DM bzw. 61 Mrd. DM für einen Umbau der Energieversorgungsstruktur zur Verfügung.

3.2.5 Bilanzierte Nettoinvestitionen eines Umbaus der Energieversorgungsstruktur zur Reduktion der CO₂-Emissionen

Um die realen Beschäftigungseffekte eines Ausbaus neuer Energiesysteme quantifizieren zu können, ist es notwendig, sowohl die positiven als auch die negativen Investitionen infolge der vorgesehenen Rückfinanzierung abhängig vom Investitionsjahr und vom betrachteten CO₂-Minderungsgrad bis auf Sektorebene aufzuschlüsseln. Hierzu werden die im regenerativen Energiemix vorgesehenen Investitionen für die betrachteten Energiesysteme unter Berücksichtigung von Kostendegressionspotentialen und Fertigungskapazitäten mit Hilfe von sektorien Kostenstrukturen bis auf Sektorebene unterteilt.

Für die sektorelle Aufschlüsselung der Minderinvestitionen sind zunächst die o.a. Finanzierungsinstrumentarien entsprechend des benötigten Finanzvolumens auszuwählen bzw. den betrachteten RG anzupassen. Hierbei sind lediglich Mittel für den Teil der Investitionen und der Betriebskosten bereitzustellen, welcher die Energiegestehungskosten der bisherigen Energieversorgung übersteigt. Der verbliebene Investitionsanteil wird von den Betreibern selbst getragen und führt zu Minderinvestitionen in den Sektoren der Energiewirtschaft, da konventionelle durch erneuerbare Energieträger substituiert werden.

Während das für einen Umbau der Energieversorgungsstruktur zur CO₂-Emissionsreduktion um 10% jährlich benötigte Finanzvolumen bereits mit Hilfe einer gemäßigten Strompreiserhöhung in Höhe von maximal rd. 0,8 Pf/kWh (Industrie) bzw. rd. 2 Pf/kWh (private Haushalte) in den Jahren 1999 bis 2003 gekoppelt mit einem Teil des Finanzmittelaufkommens aus der

Steinkohlesubventionsreduktion ab dem Jahr 2000 bereitzustellen ist, ist die Rückfinanzierung eines Umbaus der Energieversorgungsstruktur in Nordrhein-Westfalen zur CO₂-Reduktion um 24,1 % nur mit dem aufkommensstärksten Instrumentarium, der Erhebung einer Energiesteuer, zu erreichen. Diese müßte ab dem Jahr 1999 unter Ausnutzung der gesamten Finanzmittel aus der Rückführung der Steinkohlesubventionen mit einer über den Zeitraum von 20 Jahren gemittelten Energiesteuer von rd. 38 % auf den durchschnittlichen Grundpreis von 9 DM/GJ erhoben werden.

Mit Hilfe von Strukturdaten zur sektoriellen Einkommensverwendung der privaten Haushalte und zu sektoriellen Energieverbräuchen im Bereich der Industrie können die nach den o.a. Auslegungen der einzelnen Finanzierungsinstrumentarien resultierenden finanziellen Belastungen auf die Sektoren der Volkswirtschaft verteilt werden. Ebenso läßt sich die durch neue Energiesysteme bereitgestellte Energie mit Hilfe von Strukturdaten zu den anteiligen Energieträgerarten und deren Kosten sektoruell aufschlüsseln. Abschließend lassen sich die positiven Investitionen (System- und Betriebskosten) und die negativen Investitionen (monetärer Aufwand der Betreiber und Mittelaufkommen aus Zuschüssen) bilanzieren und so die realen Nettoinvestitionen des vorgeschlagenen Umbaus der Energieversorgungsstruktur zur Reduktion der CO₂-Reduktion abhängig vom Jahr ausweisen.

Positive Investitionen, d.h. zusätzliche Nachfrageeffekte treten insbesondere in den Bereichen "Maschinenbauerzeugnisse", "Sonstige Dienstleistungen", "Hoch- und Tiefbauleistungen" und "Stahl- und Leichtmetallbauerzeugnisse" sowie bei höheren CO₂-Reduktionsgraden im Sektor "Elektrotechnische Erzeugnisse" auf. Hier spiegeln sich einerseits die zusätzliche Nachfrage nach Systemkomponenten erneuerbarer Energiesysteme andererseits aber auch die Tendenz zu wachsenden Nachfrageeffekten nach Dienstleistungen wider. Da bei hohen CO₂-Reduktionsgraden vor allem in den Ausbau photovoltaischer Anlagen mit einem Investitionsanteil im Sektor "Elektrotechnische Erzeugnisse" von rd. 50 % investiert werden müßte, treten bei RG = 24,1 % mit ca. 6,4 Mrd. DM pro Jahr die höchsten Nachfrageeffekte in diesem Wirtschaftsbereich auf. Mit ca. 14,6 Mrd. DM/a treten gemittelt über den Projektzeitraum von 20 Jahren die höchsten Minderinvestitionen im Bereich "Elektrizität, Dampf, Warmwasser" auf. Nachfrageeinbußen sind darüber hinaus insbesondere in den weiteren Sektoren der konventionellen Energiegestehung "Kohlebergbau", "Gas" und "Mineralölerzeugung" aufgrund der Substitutionseffekte durch erneuerbare Energieträger zu erwarten.

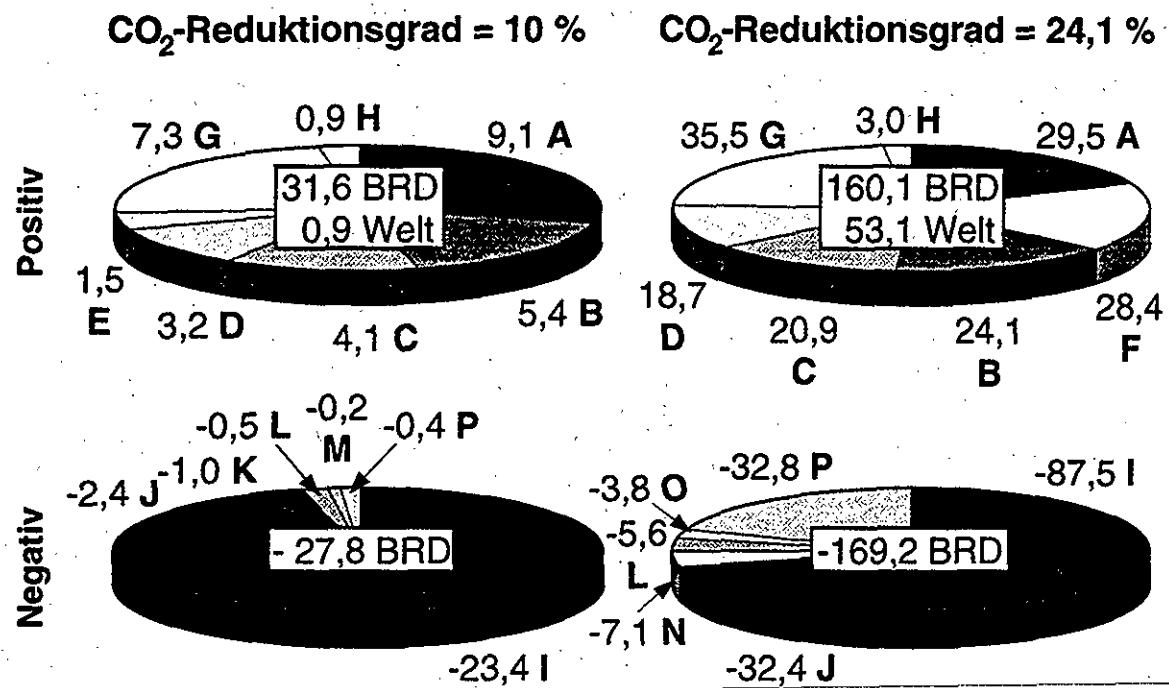
3.2.6 Sektorielle Nettobeschäftigungseffekte

Werden abschließend die bilanzierten Nettoinvestitionen als exogener Nachfragevektor in das modifizierte Input-Output-Modell zur Quantifizierung möglicher Beschäftigungseffekte eingegeben, lassen sich die Nettobeschäftigungseffekte eines Umbaus der Energieversorgungsstruktur in Nordrhein-Westfalen abhängig vom Investitionsjahr und vom CO₂-Reduktionsgrad berechnen. Zu berücksichtigen ist dabei, daß bei einem möglichst raschen Ausbau erneuerbarer Energiesysteme und den dabei zunächst auftretenden Fertigungskapazitätsengpässen ein Teil der vorgesehenen solarthermischen Kollektoren und der photovoltaischen Module - über die heute aktuellen sektorischen Importquoten hinaus - zusätzlich importiert werden müssen. Mit diesen Importen werden im Ausland Beschäftigungseffekte erzielt, während in der Bundesrepublik Deutschland aufgrund der notwendigen Rückfinanzierung der importierten Systeme Nachfrageverluste auftreten. Angewendet auf das benutzte Berechnungsmodell heißt dies, daß die jährlich aufgeschlüsselten bilanzierten Nachfragevektoren in der Summe über alle Sektoren negativ sind. Würde ein Ausbau neuer Energiesysteme in gleichem Umfang, jedoch langsamer unter Berücksichtigung ausschließlich der bundesdeutschen Fertigungskapazitäten, angestrebt, wären die jährlichen Nachfragevektoren in ihrer Summe ausgeglichen. Dies würde zu einem wesentlich positiveren Ergebnis bezüglich der in Deutschland geschaffenen Arbeitsplatzeffekte führen.

Abbildung 3-2 zeigt die über den Investitionszeitraum von 20 Jahren gemittelten resultierenden Beschäftigungseffekte für die beispielhaften CO₂-Reduktionsgrade RG = 10 % und RG = 24,1 % aufgegliedert in sektorelle positive und negative Beschäftigungseffekte. Es wird deutlich, daß abhängig vom CO₂-Reduktionsgrad die Arbeitsplatzeffekte in denselben Wirtschaftsbereichen auftreten, in welchen die o.a. Investitionen aufgrund der Ausgabenstruktur investiert werden. Hinsichtlich der Höhe der Beschäftigungseffekte lassen sich jedoch bemerkenswerte Unterschiede ablesen. Während die Summen der gemittelten Investitionen aufgrund der notwendigen Importquoten (bei raschem Ausbau der erneuerbaren Energiesysteme) für die BRD negativ sind, können im Durchschnitt über den Investitionszeitraum von 20 Jahren vor allem bei niedrigen CO₂-Reduktionsgraden, d.h. vergleichsweise geringer Importquote, wesentlich mehr positive als negative Beschäftigungseffekte quantifiziert werden.

Ein Grund hierfür ist in den durchschnittlichen Arbeitsproduktivitäten bzw. in den sogenannten Beschäftigungskoeffizienten der einzelnen Sektoren zu sehen. Während die positiven Investitionen vor allem in arbeitsproduktiven Wirtschaftsbereichen, wie bspw. der Systemfertigung und den Dienstleistungen, auftreten (durchschnittlicher, gewichteter Beschäftigungskoeffizient: 5,9 Beschäftigte/Mio. DM Produktionswert /Statistisches Bundesamt, 1994/), ist mit einer verringerten

Nachfrage vor allem in Sektoren der konventionellen Energiewirtschaft (durchschnittlicher, gewichteter Beschäftigungskoeffizient: 3,8 Beschäftigte/Mio. DM Produktionswert /Statistisches Bundesamt, 1994/) zu rechnen. Aufgrund dieses Ungleichgewichts zwischen den durchschnittlichen Arbeitsproduktivitäten, aber auch aufgrund abweichender Vorleistungslieferungen zwischen den einzelnen Wirtschaftsbereichen, können bei ausgeglichenem Saldo der Investitionen positive Beschäftigungseffekte erzielt werden.



- Maschinenbauerzeugn. (A)
- Stahlbauerzeugnisse (C)
- Eisen-, Blech- und Metallwaren (E)
- Importe (H)
- Kohlebergbau (I)
- Gas (K)
- Mineralölerzeugn. (M)
- Sonst. Verkehr (O)
- Sonstige Dienstleistg. (B)
- Hoch-, Tiefbauleistg. (D)
- Elektrotechn. Erzeugn. (F)
- Sonstige (G)
- Elektrizität, Dampf (J)
- Eisenbahnleistg. (L)
- Gebietskörperschaft (N)
- Sonstige (P)

Abbildung 3-2: Mittlere sektorielle Nettobeschäftigungseffekte in Abhängigkeit vom CO₂-Reduktionsgrad RG [Angaben in 1.000 Beschäftigte]

3.2.7 Verlauf der positiven Bruttobeschäftigungseffekte als Indiz eines resultierenden Strukturwandels

Während die in Abbildung 3-2 dargestellten Nettobeschäftigungseffekte die volkswirtschaftlichen Auswirkungen eines Ausbaus neuer Energiesysteme im Bereich der Beschäftigungseffekte in der absoluten Bilanz verdeutlichen, ist insbesondere im Falle eines Ausbaus dezentraler Energiesysteme in Nordrhein-Westfalen, einem Bundesland, in welchem ein Strukturwandel nicht nur im Bereich der Beschäftigung positive Auswirkungen hätte, die Kenntnis über die absolute Zahl neu geschaffener (Brutto-) Arbeitsplätze im Bereich innovativer Techniken für eine volkswirtschaftliche Bewertung eines Ausbaus neuer Energiesysteme ausschlaggebend. Da die neu geschaffenen Arbeitsplätze ausschließlich im Bereich der Herstellung und Wartung neuer Energiesysteme bzw. deren Zulieferbranchen entstehen würden, wäre die Gesamtzahl der ausgewiesenen Bruttobeschäftigungseffekte ein Indiz für einen ausgelösten Strukturwandel.

Es zeigt sich, daß über den Ausbauzeitraum von 20 Jahren beim Szenario zur CO₂-Reduktion um 10 % (24,1 %) - infolge der wachsenden Anlagenzahl und der dadurch steigenden Betriebskosten - mit leicht steigender Tendenz rd. 60.000 (rd. 400.000) neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

Hinsichtlich der sektoriellen Gliederung der in der Bundesrepublik Deutschland entstehenden Arbeitsplätze zeigt sich, daß ca. 50 % der neuen Arbeitsplätze im Bereich des "Verarbeitenden Gewerbes" (insbesondere im Bereich des "Maschinenbaus", rd. 40 % im Bereich der "Sonstigen Dienstleistungen" und ca. 10 % in den Wirtschaftsbereichen "Landwirtschaft" und "Energiewirtschaft" entstehen, wobei die prozentuale Verteilung der sektoriellen Beschäftigungseffekte bei beiden betrachteten Ausbauszenarien nahezu identisch ist. Während die neuen Arbeitsplätze im "Verarbeitenden Gewerbe" insbesondere im Bereich der Herstellung einzelner Systemkomponenten geschaffen werden, werden die Arbeitsplatzzugewinne im Bereich der "Sonstigen Dienstleistungen" durch den dezentralen Charakter der Energieanlagen verursacht.

3.2.8 Beschäftigungseffekte in Nordrhein-Westfalen und im übrigen Bundesgebiet

Infolge des Ansatzes zur Berechnung resultierender Beschäftigungseffekte über die Input-Output-Koeffizienten-Tabelle für die Bundesrepublik Deutschland /Statistisches Bundesamt, 1994/ sind die berechneten Arbeitsmarktauswirkungen als Gesamteffekte in der Bundesrepublik Deutschland zu interpretieren. Zur Verteilung der Arbeitsmarkteffekte auf Nordrhein-Westfalen und das übrige Bundesgebiet müssen zunächst die sektoriellen Beschäftigungsanteile der in Nordrhein-Westfalen

Beschäftigten an den im gesamten Bundesgebiet beschäftigten Personen eines jeden Wirtschaftszweiges bekannt sein. Mit der Kenntnis dieser Anteile (z.B. sektorieller Beschäftigtenanteil NRW's im Bereich des Steinkohlebergbaus ca. 82 %) können die in der ganzen Bundesrepublik gleichmäßig auftretenden negativen Beschäftigungseffekte für das Gebiet Nordrhein-Westfalens ausgewiesen werden.

Bei der Zuordnung der positiven Beschäftigungseffekte können die sektoriellen Beschäftigungsanteile z.T. wesentlich erhöht angenommen werden, insbesondere wenn berücksichtigt wird, daß bei einem Ausbau neuer Energiesysteme in Nordrhein-Westfalen vor allem nordrhein-westfälische Unternehmen bei der Installation und Wartung der vornehmlich dezentralen Energiesysteme berücksichtigt werden. So können die sektoriellen Beschäftigungsanteile NRW's in den Bereichen "Hoch- und Tiefbau", "Ausbauleistungen" und "Dienstleistungen" zu 100 % angenommen werden, da der dezentrale Charakter der zu betreibenden Energieanlagen Beschäftigungseffekte in anderen Bundesländern nahezu ausschließt. Darüber hinaus können auch in den Wirtschaftsbereichen "Landwirtschaft", "Handel und Verkehr" und "Produzierendes und Verarbeitendes Gewerbe" die landesspezifischen Beschäftigungsanteile um sogenannte Bewertungszugaben erhöht werden. Unter der Annahme branchentypischer Bewertungszugaben in Höhe von 50, 20 bzw. 10 %-Punkten auf die Beschäftigungsanteile der o.a. Wirtschaftsbereiche lassen sich schließlich die anteiligen Beschäftigungseffekte für das Land Nordrhein-Westfalen und das übrige Bundesgebiet berechnen.

In Abbildung 3-3 ist die Aufteilung der resultierenden Beschäftigungseffekte auf das Land Nordrhein-Westfalen und auf die übrige Bundesrepublik Deutschland dargestellt. Wird davon ausgegangen, daß aufgrund der von der Bundesregierung beschlossenen Rückführung der Steinkohlesubventionen ohnehin mit hohen Arbeitsplatzverlusten im Bereich des Steinkohlebergbaus zu rechnen ist, zeigt sich, daß die resultierenden Arbeitsplatzeffekte eines verstärkten Ausbaus neuer Energiesysteme (ohne "Steinkohlebergbau") für das Land Nordrhein-Westfalen sehr positiv ausfallen würden. So lassen sich gemittelt über den gesamten Investitionszeitraum bei den Ausbauszenarien zur CO₂-Reduktion um 10 % bzw. 24,1 % rd. 16.900 bzw. 65.600 neue Arbeitsplätze berechnen. Hierbei entstehen insbesondere in den Bereichen des "Verarbeitenden Gewerbes" und des "Dienstleistungssektors" rd. 17.700 (93.600) neue Arbeitsplätze beim CO₂-Reduktionsgrad RG = 10 % (RG = 24,1%) und es fallen rd. 1.800 (28.000) Arbeitsplätze vor allem in den Bereichen der konventionellen Energiewirtschaft (ohne "Steinkohlebergbau") weg.

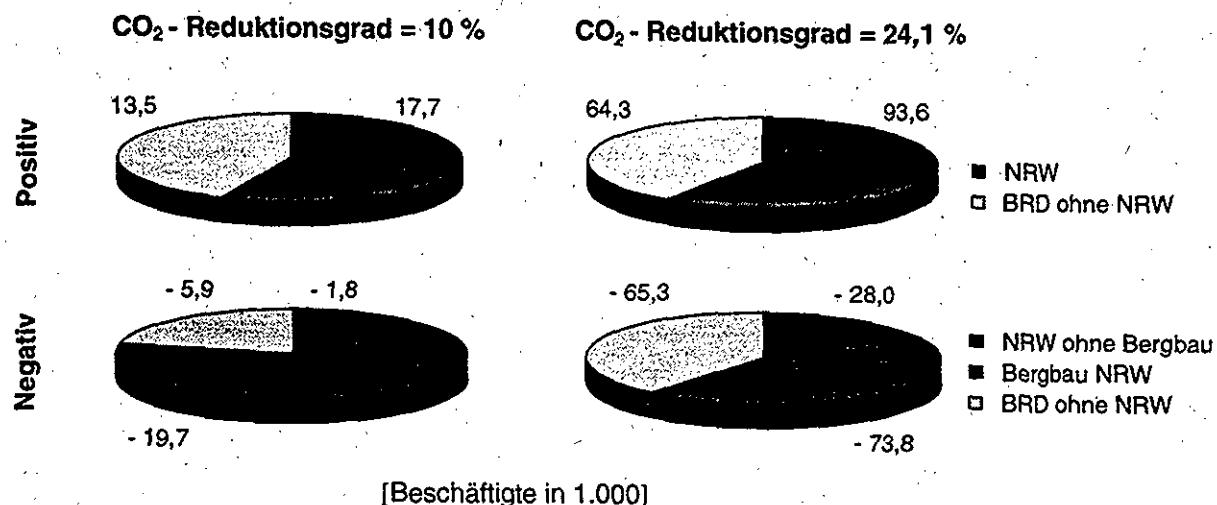


Abbildung 3-3: Aufteilung der Nettobeschäftigungseffekte infolge von Ausbaustrategien neuer Energiesysteme auf Nordrhein-Westfalen und die Bundesrepublik Deutschland

Besondere Beachtung muß jedoch den anzunehmenden Verlusten im Steinkohlebergbau Nordrhein-Westfalens gewidmet werden. In diesem Bereich gehen gemäßigt über den Ausbauzeitraum von 20 Jahren rd. 20.000 (RG = 10 %) bzw. 74.000 Arbeitsplätze (RG ≈ 24,1%) verloren, wobei diese Arbeitsplatzverluste teilweise - Mittelverwendung der zukünftig gekürzten Steinkohlesubventionen dem Ausbau neuer Energiesysteme zuzuordnen sind. Da die Kürzung der o.a. Erhaltungssubventionen jedoch bereits im April 1997 von der Bundesregierung beschlossen wurde, werden diese Arbeitsplatzverluste ohnehin auftreten und können deshalb im eigentlichen Sinne aus dem direkten Wirkungszusammenhang eines Umbaus der Energieversorgungsstruktur herausgerechnet werden (vgl. Abbildung 3-3)

Werden nicht die bilanzierten Beschäftigungseffekte, sondern allein die positiven Bruttobeschäftigungseffekte auf Nordrhein-Westfalen und das übrige Bundesgebiet verteilt, zeigt sich, daß infolge des dezentralen Charakters der neuen Energiesysteme rd. 60 % der resultierenden Beschäftigungswirkungen in Nordrhein-Westfalen und die verbleibenden rd. 40 % im übrigen Bundesgebiet auftreten werden. D.h., daß rund 60 % der zu erwartenden positiven Beschäftigungseffekte einen Strukturwandel in Nordrhein-Westfalen unterstützen, wobei diese ein entscheidendes "Gegengewicht" zu den in den nächsten Jahren voraussichtliche wegfallenden Arbeitsplätzen im nordrhein-westfälischen Steinkohlebergbau bilden könnten.

3.2.9 Zusatzeffekt infolge verminderter Primärenergieimporte

Ein weiterer positiver Effekt im Bereich der Beschäftigungseffekte lässt sich quantifizieren, wenn berücksichtigt wird, daß Primärenergieträger in der Bundesrepublik Deutschland zu einem gewissen Anteil importiert werden müssen und bei der Umsetzung von Ausbaustrategien neuer Energiesysteme infolge der Substitution fossiler durch regenerative Energieträger auf einen Teil der Primärenergieimporte verzichtet werden kann. Infolge des dadurch verbleibenden Finanzvolumens im Bereich der Energiewirtschaft lassen sich zusätzliche Beschäftigungseffekte berechnen. Unter Berücksichtigung der infolge der Fertigungskapazitätsbeschränkungen im Ausbaujahr jeweils umgesetzten Anteile des vorgesehenen Energiemixes, d.h. unter Berücksichtigung der während des Umbaus der Energieversorgungsstruktur stetig steigenden Anlagenzahl, lässt sich abhängig vom gewählten Ausbauszenario und abhängig vom Jahr die durch den Einsatz regenerativer Energiesysteme substituierte Endenergie quantifizieren.

Mit der Kenntnis üblicher Wirkungsgrade bei der Umwandlung von Primär- in Endenergie und der für die Bundesrepublik Deutschland aktuellen Importquoten für Primärenergieträger (Kohle: 13,0%, Gas: 77,4 %, Öl: 97,8 % und Strom: 12,9 % /RWE Energie AG, 1993/) lässt sich die mögliche Minderung der heutigen Primärenergieimporte berechnen. Mit Berücksichtigung der durchschnittlichen Preise für Importenergie kann das daraus in der bundesdeutschen Energiewirtschaft verbleibende Finanzvolumen und mit Hilfe des verwendeten Ansatzes über die Input-Output-Analyse die resultierende Mehrbeschäftigung bestimmt werden. Es zeigt sich, daß beim Ausbauszenario zur CO₂-Reduktion von 10 % - bei steigender Tendenz - im Durchschnitt rd. 900 und im Falle des o.a. Maximalszenarios ca. 3.000 neue Arbeitsplätze geschaffen werden können, wenn die heute üblichen Importquoten für Primärenergieträger auch im Falle eines zukünftig sinkenden Primärenergiebedarfs als konstant angenommen werden.

3.3 INVESTITIONSVOLUMEN UND DADURCH VERURSACHTE "BRUTTO"-ARBEITSPLATZEFFEKTE IN DER SCHWEIZ

Durch die Einführung des Solarrappens in Höhe von 0,5 Rp./kWh werden Gelder in Höhe von ca. 880 Mio. Fr. pro Jahr eingenommen. Davon werden ca. 5% für den Vollzug der Initiative verwendet. Von den verbleibenden Mittel sollen laut Initiativtext 50% für die Förderung der Solarenergienutzung eingesetzt werden. Die übrigen 50% der Mittel stehen für die Förderung der rationellen Energienutzung zur Verfügung. Die Verteilung der Mittel auf die einzelnen Technologiebereiche soll gemäß Tabelle 3-4 erfolgen.

Im Initiativtext ist nicht definiert, mit welcher Förderquote und auf welche Weise die einzelnen Technologiebereiche bezuschußt werden sollen. Für die Berechnungen innerhalb dieser Studie wird deshalb davon ausgegangen, daß die Förderung einmalig als Investitionskostenzuschuß gezahlt wird. Der Investitionskostenzuschuß soll so hoch bemessen werden, daß die Energiegestehungskosten des Systems nach der Förderung wirtschaftlich sind. Natürlich sind auch andere Modelle, wie der kostengerechten Vergütung denkbar, aber alle Modelle sind investitionsauslösend, auch wenn Investitionsgelder vorfinanziert werden (wie bei der kostengerechten Vergütung). Aus diesem Grund kann dieses Modell zur Berechnung der Arbeitsplatzeffekte benutzt werden.

Bei der Berechnung der Förderquoten müssen deshalb folgende Aspekte Berücksichtigung finden:

- Entwicklung der Energiegestehungskosten des konventionellen Referenzsystems
- Energiegestehungskosten der betrachteten Technologie
- durchschnittliche Betriebs- und Unterhaltskosten der Technologie
- technologische Weiterentwicklung bis zum Jahr 2020

Tabelle 3-4: Mittelflüsse in die Energienutzungsbereiche im Szenario IIIb im Jahr 2010

		2010	
		Mio. Fr.	%
Solarenergie	Beispiele	418	50
Direkte Sonnenenergie (Wärme)	Kollektoren	141	17
Direkte Sonnenenergie (Strom)	Photovoltaik	60	7
Indirekte Sonnenenergie (Wärme)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz, Stroh	77	9
(Strom)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz, Stroh (WKK), Bio-, Deponie-, Klärgas	106	13
Passive Solarenergie (Wärme)	Solararchitektur, Wand-, Fensterkollektoren, TWD	34	4
Rationelle Energieverwendung	Beispiele	418	50
Energienutzung am Gebäude (Wärme)	Fenster, Gebäudehülle	21	3
Haustechnik (Wärme)	Wirkungsgrad der Heizanlage, Lüftung mit WRG	31	4
Stromeinsatz (Strom)	Haushalt-, Bürogeräte, Maschinen	136	16
Prozeßwärme Industrie (Wärme)	Zementwerke, Ziegeleien	34	4
Verkehr (Wärme)	Antrieb, Fahrzeugtechnik	26	3
Wärmepumpen (Wärme)	höhere Leistungsziffern, neue WP-Konzepte	20	2
Wärme-Kraft-Kopplung (Strom)	WKK mit fossilem Brennstoff	116	14
Geothermie (Wärme)	höhere Leistungsziffern	34	4

Quelle: /Prognos, November 1996a/

3.3.1 Energiegestehungskosten des konventionellen Referenzsystems

Die Energiegestehungskosten für konventionelle Energiesysteme wurden den Berichten zur Solarinitiative entnommen. Sie sind in Tabelle 3-5 dargestellt. Energiepreissteigerungen wurden bis zum Jahr 2025 mitberücksichtigt.

Tabelle 3-5: Energiekosten für konventionelle Energiesysteme				
Verbraucherkosten Rp./kWh	in 1997	2010	2025	
Strom	18	19	20	
Wärme	11	12	13	

Quelle: /EBP, Oktober 1996a/

3.3.2 Energiegestehungskosten aus Solarenergie und rationeller Energienutzung

Die Energiegestehungskosten aus Solarenergie und aus der rationellen Energienutzung wurden für die jeweiligen Technologiebereiche durch Auswertung von Literaturquellen ermittelt und als Preisspannen dargestellt (s. Tabelle 3-6 sowie Abbildung 3-4 und Abbildung 3-5). Das gleiche gilt für die Betriebs- und Unterhaltskosten der einzelnen Systeme. Diese werden ausgedrückt in Prozent der Investitionskosten und werden bei der Berechnung der jährlich ausgelösten Investitionen mitberücksichtigt. Die derzeitige Kostensituation für Techniken zur Nutzung der Sonnenenergie (Solarthermie, Photovoltaik, Biomasse) wurde in Kapitel 1.1 dieser Studie erläutert.

Im Bereich der Solarthermie (Direkte Sonnenenergie Wärme) treten z.T. große Preisunterschiede, insbesondere bei den Flachkollektoren, zu Tage. Auf Grund der diversen eingesetzten Techniken (z.B. Brauchwarmwasser; solare Nahwärme, Raumheizungsunterstützung) und der streuenden Preise innerhalb der einzelnen Kategorien kommt es bei der Zusammenfassung der einzelnen Kosten zu breitgefächerten Preisspannen.

Im Bereich der Stromerzeugung aus Biomasse (Indirekte Sonnenenergie Strom) zeigt sich ein ähnliches Bild. Hier liegen die Energiegestehungskosten bei den günstigsten Techniken um den Faktor 10 niedriger als bei den teuersten betrachteten Biomassetechnologien. Diese resultieren zum einen aus den verschiedensten Konversionsverfahren, zum anderen aus den hohen Preisunterschieden innerhalb eines einzelnen Technologiebereiches. Die derzeitige Datenlage erfaßt zudem nur eine relativ geringe Anzahl von Anlagen eines ohnehin kleinen Marktes und führt deshalb zu diesen Ergebnissen. Für den Bereich der Geothermie sind die gleichen Gründe für die großen Preisdifferenzen maßgebend.

Tabelle 3-6: Energiegestehungs- und Betriebskosten regenerativer Energien und rationeller Energienutzung

		EGK ¹⁾	BK in % der IK ²⁾	Nutzungsdauer
		Fr./kWh	%	a
Direkte Sonnenenergie (Wärme)	Flachkollektoren	0,08-0,47	1	
	Röhrenkollektoren	0,47	1	
	unvergl. Kollektoren	0,05-0,08	1	
	Heutrocknung	0,03	1	
	Preispanne gesamt	0,03-0,47	1	20
Direkte Sonnenenergie (Strom)	Photovoltaik	0,8-1,52	1	20
Indir. Sonnenenergie (Strom)	Altholz	0,04-0,45	8	
	Restholz	0,04-0,45	8	
	Waldholz	0,04-0,45	8	
	Deponie-/Klärgas	0,11-0,22	4	
	Preispanne gesamt	0,04-0,45	7	20
Indir. Sonnenenergie (Wärme)	Altholz	0,05-0,21	8	
	Restholz	0,07-0,1	8	
	Waldholz	0,07-0,1	8	
	Stroh (W)	0,06-0,12	8	
	Biogas (W)	0,02-0,11	4	
	Preispanne gesamt	0,02-0,21	7	20
Passive Solarenergie ¹⁾		0,11-0,21	0	20
Energienutzung am Gebäude ²⁾	Fenster und Gebäudehülle	0,0-0,09	0	20
Haustechnik ³⁾	Heizanlage (W)	0,01	10	
	Lüftung WRG (W)	0,19	5	
Stromeinsatz ⁴⁾		0,01-0,14	0	10
Prozeßwärme Ind. ⁵⁾		0,09	5	20
Verkehr ⁶⁾		0,03-0,1	0	10
Wärmepumpen ⁷⁾		0,07-0,2	4	15
WKK mit fossilen ET ⁸⁾		0,04-0,3	8	20
Geothermie ⁹⁾		0,02-0,21	2	20

¹⁾ EGK = Energiegestehungskosten, BK = Betriebskosten, IK = Investitionskosten
 Quellen: 1) EBP, Oktober 1996; 2) IWU, September 1997; Altner; et al, 1995; Stadtwerke Gelsenkirchen, November 1995; 3) IWU, September 1997; Stadtwerke Gelsenkirchen, November 1995; 4) Weizsäcker, E.U. von, 1997; ÖkoInstitut, Wuppertal-Institut, 1994; 5) Weizsäcker, E.U. von, 1997; Altner; et al, 1995; Prognos; et al., Dezember 1994; 6) EBP, Oktober 1996; 8) EBP, Oktober 1996; Nussbaumer, T., Juli 1997; Prognos; et al., Dezember 1994; 9) EBP, Oktober 1996; Meliš, M., 1998; Teres II, 1996

3.3.3 Entwicklung der Energiegestehungskosten aus Solarenergie und rationeller Energienutzung

Zur Abschätzung der Kostenentwicklung wurden für jede Technologie Literaturquellen ausgewertet, in denen die künftige technologische Entwicklung und die Kostenentwicklung mittel- und langfristig abgeschätzt wurde. Fixpunkte der Prognose sind die Jahre 1996/97 — und die Jahre 2010 und 2020. Die Energiegestehungskosten für die dazwischenliegenden Zeiträume werden jeweils linear interpoliert. Einen Überblick über die in dieser Studie angenommenen Entwicklungen zeigt Tabelle 3-7 sowie Abbildung 3-4 und Abbildung 3-5. Hierbei zeigt sich, daß insbesondere in den Bereichen der direkten Sonnenenergienutzung (solarthermische Anwendungen und Photovoltaik) deutliche Kostenreduktionen infolge verbesserter Produktionsmethoden bei Massenfertigung und höherer Wirkungsgrade in den kommenden Jahren zu erwarten sind. Im Bereich der rationellen Energienutzung werden hingegen keine signifikanten Kostenreduktionen erwartet. Für den Bereich der erneuerbaren Energien Photovoltaik, Solarthermie und Biomasse wurden die zu erwartenden Kostenreduktionen in Kapitel 1.1 dieser Studie ausführlich vorgestellt.

Im Bereich der Solarthermie (direkte Sonnenenergie Wärme) liegen die heutigen Energiegestehungskosten zwischen 0,03 Fr./kWh für Heutrocknung und 0,47 Fr./kWh (Röhrenkollektoren) /SOFAS, Juli 1997/. Energiegestehungskosten von Flachkollektoren und unverglasten Kollektoren liegen innerhalb dieser Preisspanne. Für die weitere Berechnung ist die Ermittlung dieser Zwischenwerte aber nicht notwendig, da für nur Ober- und Untergrenzen der Preisspannen in die Berechnung einfließen. Bis zum Jahr 2010 wurde eine Kostenreduktion von ca. 30% im Vergleich zu 1997 angenommen /Andrew, A., LTI-Research-Team, 1995/. Diese wirkte sich allerdings nicht auf die Techniken zur Heutrocknung aus, da diese bereits heute als ausgereift betrachtet werden können, so daß der untere Wert der angegebenen Preisspanne unverändert bleibt. Für das Jahr 2010 werden für Röhrenkollektoren Energiegestehungskosten von ca. 0,31 Fr./kWh angesetzt. Bis zum Jahre 2020 reduzieren sich die Kosten für Röhrenkollektoren im Vergleich zu 1997 um ca. 70% /Andrew, A., LTI-Research-Team, 1995/, so daß sich ein Energiepreis von 0,13 Fr./kWh ergibt. Der untere Wert für Kollektoren für Heutrocknung bleibt weiterhin unverändert.

Tabelle 3-7: Entwicklung der Energiegestehungskosten regenerativer Energien und rationeller Energienutzung 1997 bis 2020 in Fr./kWh

	1997		2010		2020	
	von	bis	von	bis	von	bis
Direkte Sonnenenergie (Wärme)	0,03	0,47	0,03	0,31	0,03	0,13
Direkte Sonnenenergie (Strom)	0,80 ¹	1,52	0,40	0,75	0,13	0,30
Indir. Sonnenenergie (Strom)	0,04	0,45	0,04	0,39	0,03	0,33
Indir. Sonnenenergie (Wärme)	0,02	0,21	0,02	0,19	0,02	0,19
Solarpassiv	0,11	0,21	0,11	0,21	0,11	0,21
Fenster und Gebäudehülle	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09
Haustechnik	0,01	0,19	0,01	0,19	0,01	0,19
Stromeinsatz	0,01	0,14	0,01	0,14	0,01	0,14
Prozeßwärme Industrie	0,01	0,09	0,01	0,09	0,01	0,09
Verkehr	0,03	0,10	0,03	0,10	0,03	0,10
Wärmepumpen	0,07	0,20	0,07	0,20	0,07	0,20
WKK mit fossilen ET	0,04	0,30	0,04	0,30	0,04	0,30
Geothermie	0,02	0,21	0,02	0,20	0,02	0,19

Die Energiegestehungskosten für Photovoltaik (direkte Sonnenenergie Strom) bewegen sich im Bereich zwischen 0,80 und 1,52 Fr./kWh /AG Solar '91, Oktober 1997; Altner; et al, 1995; Meliš, M., 1998/. Bis zum Jahr 2010 wird eine Kostendegression von 50% /Altner; et al, 1995; EUREC, November 1994a/ angenommen, so daß sich Energiegestehungskosten von 0,40 bis 0,75 Fr./kWh ergeben. Bis zum Jahr 2020 reduzieren sich die Energiekosten aus Photovoltaik um ca. 75% /EUREC, November 1994a/. Als Untergrenze der zu erwartenden Kosten wird ein sehr

optimistischer Wert von 0,13 Fr./kWh angenommen /Teres II, 1996/. Die obere Preisgrenze wird mit 0,30 Fr./kWh angesetzt.

Für die Stromerzeugung aus Biomasse (indirekte Sonnenenergie Strom) liegen die Energiekosten im Jahr 1997 zwischen 0,04 und 0,45 Fr./kWh. Die große Differenz ergibt sich aus den z.T. großen Unterschieden der Vielzahl von Anlagen, die zu unterschiedlichen Bedingungen (Brennstoff, Anlagengröße, Betriebsstundenzahl, Konversionsverfahren etc.) Strom produzieren. Bis zum Jahr 2010 wird für die teuersten Techniken eine Reduktionspotential von ca. 15% angesetzt /Teres II, 1996/. Die Energiekosten aus den kostengünstig produzierenden Anlagen erfahren keine weitere Kostensenkung. Somit ergibt sich für das Jahr 2010 eine Preisspanne von 0,04 bis 0,39 Fr./kWh. Für das 2020 werden Kostenreduktionen von ca. 25% angesetzt /Teres II, 1996/, so daß sich eine Preisobergrenze von 0,33 Fr./kWh und eine Untergrenze von 0,03 Fr./kWh ergibt.

Die Kosten für Wärmeerzeugung aus Biomasse (indirekte Sonnenenergie Wärme) liegen im Jahr 1997 zwischen 0,02 und 0,21 Fr./kWh /Nussbaumer, T., Juli 1997; EUREC, November 1994b; Teres II, 1996; Meliš, M., 1998/. Bis zum Jahr 2010 wird ein Kostenreduktionspotential von 10% angenommen /Teres II, 1996/. Die Techniken, die heute bereits Wärme zu Preisen, die an der Untergrenze der Preisspanne liegen, produzieren, erfahren keine weiteren Kostensenkungen. Im Jahre 2010 werden deshalb Energiegestehungskosten von 0,02 bis 0,19 Fr./kWh angesetzt. Es wird angenommen, daß ab dem Jahr 2010 für alle in Frage kommenden Techniken keine weiteren Kostenreduktionen zu verzeichnen sind. Für die Techniken im Bereich der rationellen Energieverwendung werden mit Ausnahme der Geothermie keine weiteren Kostenreduktionen angenommen. Eine Abschätzung eventuell zu erwartender Kostensenkungen kann auf Grund mangelnder Datenquellen nicht erfolgen. Falls sich dennoch Kostensenkungen ergeben sollten, so ist der hier gewählte Ansatz anwendbar, da sichergestellt ist, daß nur die minimal zu erwartenden Effekte berechnet werden.

Die Wärmegegestaltungskosten aus Geothermie liegen im Jahr 1997 zwischen 0,02 und 0,21 Fr./kWh. Bis zum Jahr 2010 wird eine Kostenreduktion um 5% für den oberen Bereich der Preisspanne angenommen. Die kostengünstigsten Techniken bleiben unverändert. Die Wärmegegestaltungskosten liegen dann zwischen 0,02 und 0,20 Fr./kWh. Bis zum Jahr 2020 reduzieren sich die Kosten im Vergleich zu 1997 um 8%, so daß die Wärmegegestaltungskosten zwischen 0,02 und 0,19 Fr./kWh liegen /Teres II, 1996/.

¹ Einige realisierte PV-Anlagen in der Schweiz weisen Energiegestaltungskosten in Höhe von 0,80 Fr./kWh auf. Dieser Wert stellt die derzeitige Preisuntergrenze für photovoltaisch erzeugten Strom in der Schweiz dar.

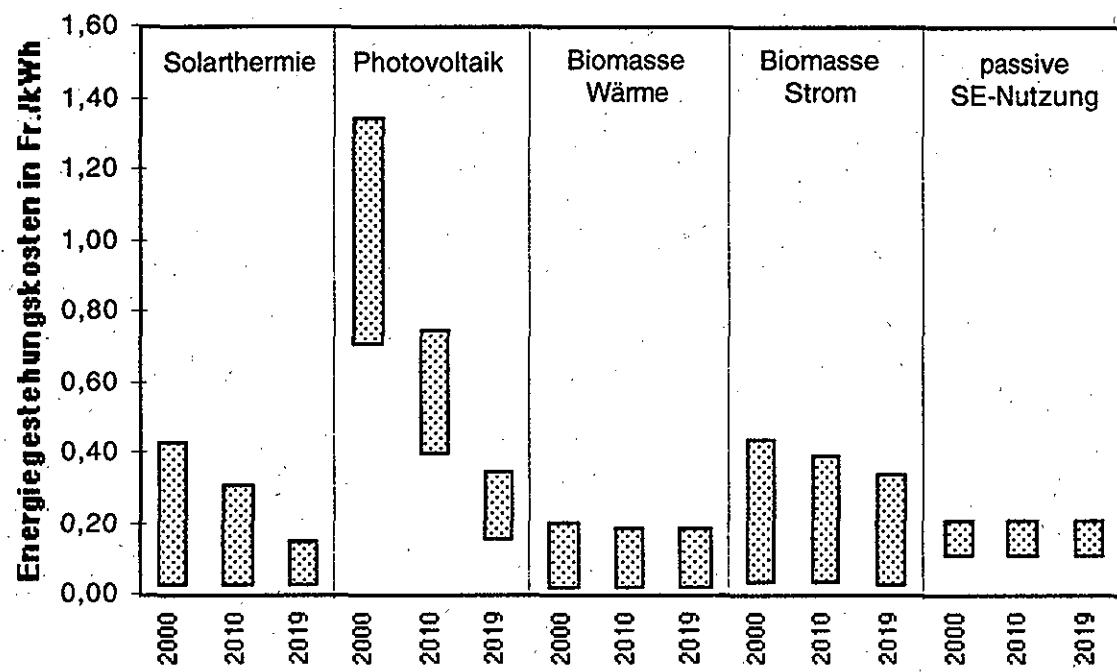


Abbildung 3-4: Entwicklung der Energiekosten aus Solarenergie

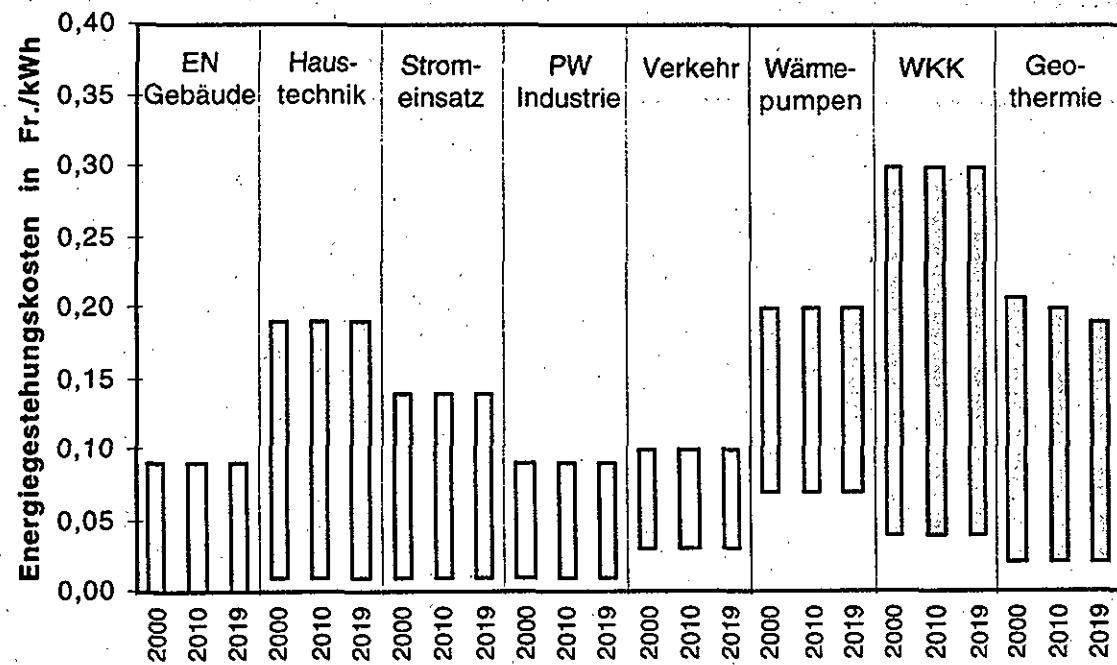


Abbildung 3-5: Entwicklung der Kosten aus rationeller Energieverwendung

3.3.4 Förderbare Kosten

Für alle Technologien wurden Preisspannen angegeben in denen sich die derzeitigen und die künftigen Energiegestehungskosten bewegen. Auf Grund der Tatsache, daß die angegebenen Preisspannen teilweise recht groß ausfallen, werden für die Berechnung der Förderquoten die förderbaren Kosten ermittelt. Innerhalb der Studie wird davon ausgegangen, daß zunächst die kostengünstigeren Techniken, d.h. Techniken, die der Wirtschaftlichkeit am nächsten sind, gefördert werden sollen. Hierzu wird der Bertrachtungszeitraum von 20 Jahren in 5 Intervalle á 4 Jahre unterteilt. Innerhalb eines jeden Intervalls werden die förderbaren Kosten in unterschiedlicher Höhe berücksichtigt. Für die Aufteilung der förderbaren Kosten wurde folgender Ansatz gewählt:

Im ersten Intervall in den Jahren von 2000 bis 2003 werden die Techniken gefördert, deren Energiegestehungskosten derzeit am günstigsten sind, bishin zu den Techniken deren Energiegestehungskosten innerhalb der unteren 60% der Preisspanne zum jeweiligen Zeitpunkt liegen. Dies bedeutet, daß Techniken, deren Energiegestehungskosten in den oberen 40% der Preisspanne anzusiedeln sind nicht kostengerecht gefördert werden, da die aus den förderbaren Kosten berechnete und somit nach oben begrenzte Förderquote nicht hoch genug ist. Was aber nicht bedeutet, daß solche Technologien nicht zum Einsatz kommen. Inwieweit Bürger und Betreiber privat dazuzahlen, ist nicht abzuschätzen. Die Installation von Anlagen aus dieser Preisgruppe wird zusätzliche Investitionen auslösen, die hier nicht mitberücksichtigt werden. Im zweiten Intervall in den Jahren 2004 bis 2007 werden solche Techniken gefördert, deren Energiegestehungskosten zwischen 0% und 70% der Preisspanne liegen. Dies bedeutet wiederum, daß Techniken deren Energiegestehungskosten in den oberen 30% der Preisspanne liegen nicht kostengerecht gefördert werden. Im dritten Intervall in den Jahren 2008 bis 2011 liegen die förderbaren Kosten zwischen 0% und 80% der Preisspanne. Im vierten Intervall in den Jahren 2012 bis 2015 liegen die förderbaren Kosten zwischen 0% und 90% der Preisspanne. Im fünften Intervall in den Jahren 2016 bis 2019 werden auch die teuersten Techniken kostengerecht gefördert. Liegen die Energiegestehungskosten der erneuerbaren Energietechniken unter denen des konventionellen Systems, wird ein pauschaler Fördersatz von 10% angenommen.

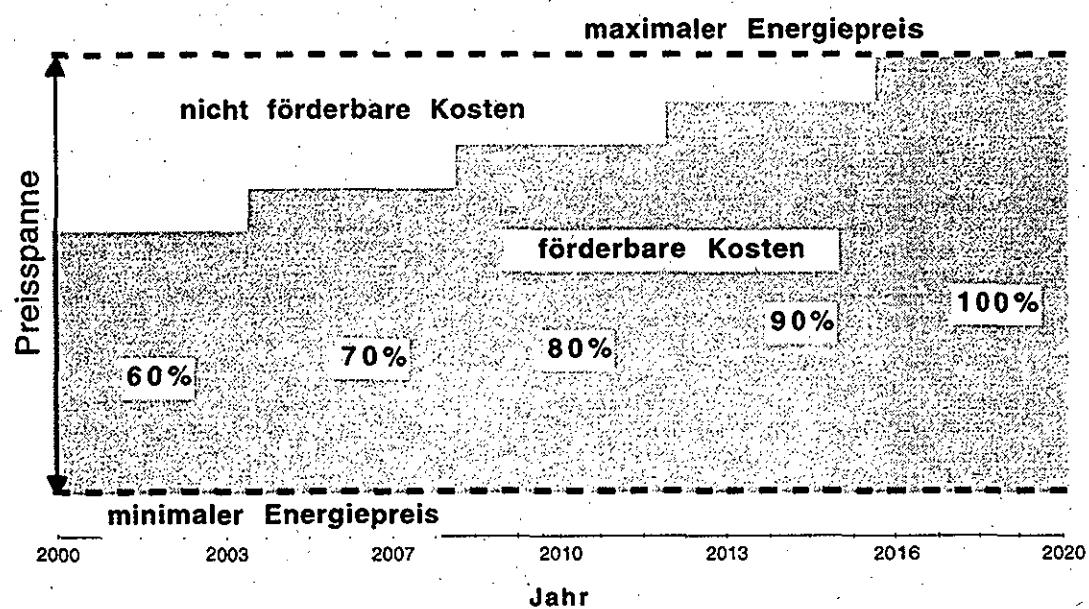


Abbildung 3-6: Förderbare Kosten

3.3.5 Berechnung der Förderquoten

Die Fördergelder der Solarinitiative sollen als einmaliger Investitionszuschuß an den Betreiber der Anlage gezahlt werden.

Die Höhe des Investitionskostenzuschusses soll so hoch bemessen werden, daß sich die vom Betreiber aufzubringenden Investitionskosten so reduzieren, daß die resultierenden, geförderten Energiegestehungskosten EK_F des betrachteten Systems genauso hoch sind, wie die Energiegestehungskosten des konventionellen Referenzsystems EK_{Ref} .

Die Energiegestehungskosten **EK ohne Förderung** lassen sich nach folgender Gleichung berechnen:

$$EK = \frac{IK * (a + b_K)}{Q}$$

mit:

- EK Energiegestehungskosten des Systems in Fr./kWh ohne Förderung
 IK Investitionskosten in Fr.

- a Annuitätenfaktor (abhängig von Zins und Nutzungsdauer)
 b_K Betriebs- und Unterhaltskosten in % der Investitionskosten
 Q jährlich produzierte/substituierte Energiemenge in kWh/a

Die Energiegestehungskosten des Systems mit Förderung lassen sich nach folgender Gleichung ermittelt, wobei die Höhe der prozentualen Förderung (ausgedrückt in % der Investitionskosten) durch den Faktor f beschrieben wird:

$$EK_F = EK_{Ref.} = \frac{IK * (a + b_K) - a * f * IK}{Q}$$

mit

- EK_F Energiegestehungskosten des Systems mit Förderung
 EK_{Ref.} Energiegestehungskosten des konventionellen Referenzsystems
 f Förderanteil in % der Investitionskosten

Da die Energiegestehungskosten für das Referenzsystem und für die erneuerbaren Energiesysteme bekannt sind, lässt sich die Förderquote wie folgt berechnen:

$$f = \left(a + b_K - \frac{EK_{Ref.} * (a + b_K)}{EK} \right) * \frac{1}{a}$$

Für Energietechnologien, die bereits wirtschaftlich sind, d.h. die Energiegestehungskosten sind bereits ohne Förderung genauso hoch oder niedriger als die Energiegestehungskosten des konventionellen Referenzsystems, wird ein pauschaler Fördersatz von 10% angesetzt.

3.3.6 Berechnung der jährlich ausgelösten Gesamt-Investitionen

Die jährlich ausgelösten Brutto-Investitionen setzen sich aus zwei Komponenten zusammen:

1. Investitionsvolumen für neu zu errichtende Anlagen
2. Betriebs- und Unterhaltskosten für bestehende Anlagen

Das Investitionsvolumen für neu zu errichtende Anlagen ist abhängig von den zur Verfügung stehenden Fördermitteln und der Förderquote und lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$INV = \frac{FM}{f}$$

mit:

INV jährlich ausgelöstes Investitionsvolumen durch neu zu errichtende Anlagen in Mio. Fr.

FM Fördermittel in Mio. Fr.

f Förderquote

Die jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten ist die Summe aus den Betriebskosten der neu errichteten und der bestehenden Anlagen.

Somit lassen sich die jährlich ausgelösten Gesamtinvestitionen durch folgende Formel zusammenfassen:

$$GI_{brutto} = INV + \sum BK$$

GI_{brutto} jährlich ausgelöste Gesamtinvestitionen (brutto) in Mio. Fr.

BK Summe der Betriebs- und Unterhaltskosten für neu errichtete und bestehende Anlagen in Mio. Fr.

Bei dem gewählten Berechnungsansatz wurden für die jeweiligen Techniken Preisspannen angegeben. Auf Grund dessen ergeben sich für die ausgelösten Gesamtinvestitionen ebenfalls Bandbreiten. Nachfolgend wird deshalb von einem optimistischen und einem pessimistischen Ausbauszenario gesprochen. Das optimistische Ausbauszenario berücksichtigt nur die Förderung der jeweils kostengünstigsten Techniken, was zur Folge hat, daß mit den Fördergeldern maximale Investitionen ausgelöst werden könnten. Das pessimistische Ausbauszenario stellt im Gegensatz dazu die Minimalvariante dar, bei der die kostenungünstigsten Techniken gefördert werden und somit die Fördermittel nur eine minimale auslösende Wirkung auf Investitionen besitzen. Den Mittelwert dieser beiden Szenarien bildet das sog. mittlere Ausbauszenario.

Die jährlich ausgelösten Investitionen wurden für jeden Energiebereich berechnet. Auf eine detaillierte Darstellung wird aber an dieser Stelle verzichtet und stattdessen auf den Anhang verwiesen, wo die Berechnungsergebnisse für jeden einzelnen Energiebereich dargelegt werden.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die ausgelösten Gesamtinvestitionen aller Technologiebereiche für das pessimistische und optimistische sowie für das mittlere

Ausbauszenario dargestellt. Dabei wurden keine Importquoten berücksichtigt, d.h. in dieser Darstellung wurde nicht miteinberechnet inwieweit das freigesetzte Kapital in der Schweiz verbleibt oder ins Ausland fließt. Bei der Berechnung der sektoriellen Kapitalflüsse wurden Importquoten mit eingerechnet (vgl. Kapitel 3.3.7.2).

3.3.6.1 Jährlich ausgelöste Gesamtinvestitionen im optimistischen Ausbauszenario

Beim optimistischen Ausbauszenario liegen die Gesamtinvestitionen zu Beginn des Betrachtungszeitraumes im Jahr 2000 bei ca. 8 Mrd. SFr., im Jahr 2010 bei ca. 10,7 Mrd. SFr. und zum Ende des Betrachtungszeitraumes im Jahre 2019 bei ca. 14 Mrd. SFr. (siehe Abbildung 3-7)

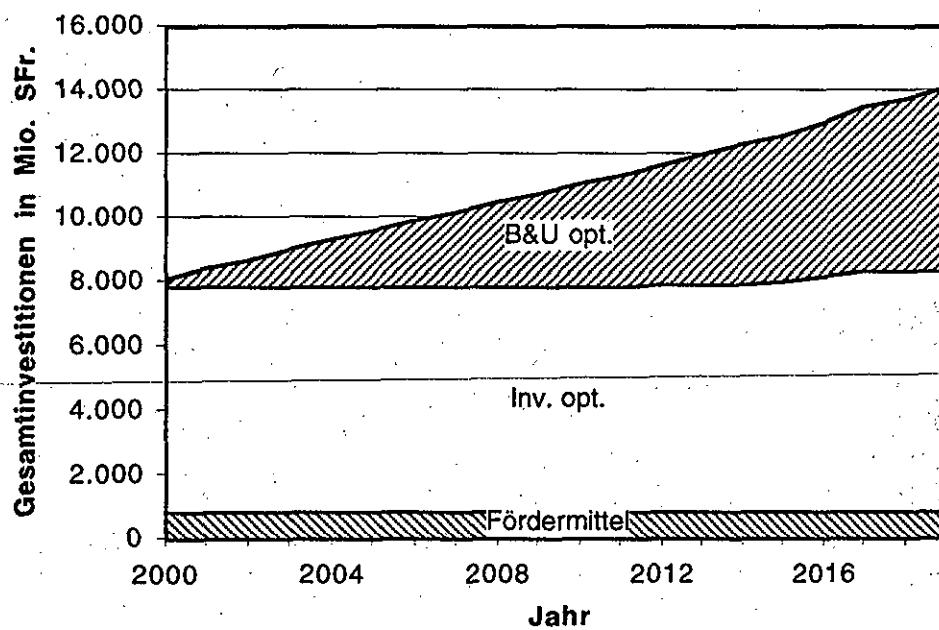


Abbildung 3-7: jährliche Gesamtinvestitionen im optimistischen Ausbauszenario

Die jährlichen Investitionen für die Installation von Anlagen bleiben über den gesamten Zeitraum annähernd konstant und betragen im Mittel 7,9 Mrd. SFr. Die jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten hingegen steigen kontinuierlich bis auf einen Wert von 5,7 Mrd. SFr. im Jahre 2019 an.

Aus der Division der ausgelösten Investitionen (ohne Betriebs- und Unterhaltskosten) und den eingesetzten Fördermitteln lässt sich die Hebelwirkung der eingesetzten Fördermittel berechnen. Für

das Jahr 2000 und 2010 ergibt sich eine Hebelwirkung von 9,4, für das Jahr 2019 eine Hebelwirkung von 10.

3.3.6.2 Jährlich ausgelöste Gesamtinvestitionen im pessimistischen Ausbauszenario

Beim pessimistischen Ausbauszenario liegen die Gesamtinvestitionen zu Beginn des Betrachtungszeitraumes im Jahr 2000 und 2010 bei ca. 4,7 Mrd. SFr., zum Ende im Jahre 2019 bei ca. 5,8 Mrd. SFr. (siehe Abbildung 3-8). Im Jahr 2000 liegt Hebelwirkung der eingesetzten Fördermittel bei 5,5, im Jahr 2010 ist der Faktor niedriger bei 4,1, im Jahre 2019 ist eine Hebelwirkung von 4,7 zu verzeichnen.

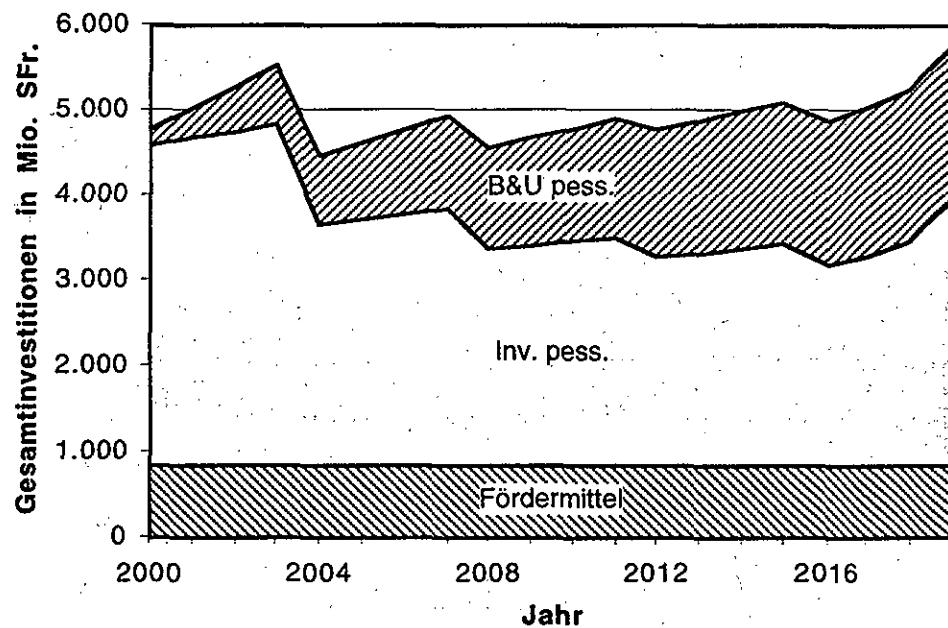


Abbildung 3-8: jährliche Gesamtinvestitionen im pessimistischen Ausbauszenario

Die jährlichen Investitionen für die Installation von Anlagen nehmen bis zum Jahr 2015 kontinuierlich ab, begündet durch die Tatsache, daß im Laufe der Zeit immer kostenungünstigere Techniken, d.h. solche Techniken, deren Energiegestehungskosten im oberen Bereich der Preisspanne liegen, gefördert werden. Die jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten hingegen steigen kontinuierlich bis auf einen Wert von 1,8 Mrd. SFr. im Jahre 2019 an.

3.3.6.3 Jährlich ausgelöste Gesamtinvestitionen im mittleren Ausbauszenario

Im Jahr 2000 betragen die mittleren ausgelösten Gesamtinvestitionen ca. 6,4 Mrd. SFr. Über den betrachteten Zeitraum von 20 Jahren werden im Durchschnitt jährlich Anlagen mit einem Kostenvolumen von 5,9 Mrd. SFr. errichtet. Die Aufwendungen Betriebs- und Unterhaltskosten steigen kontinuierlich bis auf einen Wert von ca. 3,75 Mrd. SFr. im Jahre 2019 an (siehe Abbildung 3-9). Im Jahr 2000 liegt Hebelwirkung der eingesetzten Fördermittel bei 7,4, im Jahr 2010 ist liegt der Faktor niedriger bei 6,8, im Jahre 2019 ist eine Hebelwirkung von 7,4 zu verzeichnen.

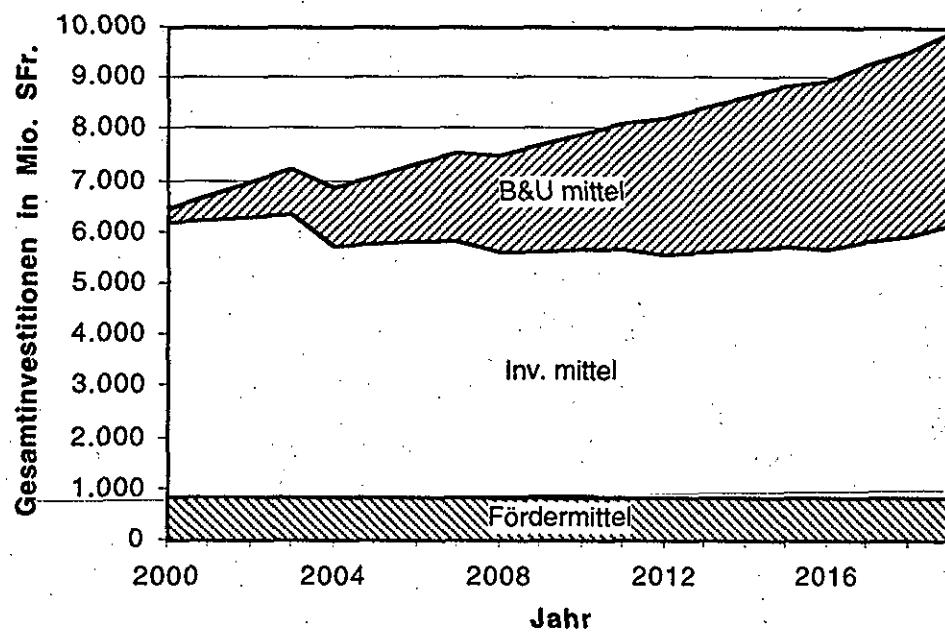


Abbildung 3-9: jährliche Gesamtinvestitionen im mittleren Ausbauszenario

3.3.7 Bruttobeschäftigungseffekte einer verstärkten Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung in der Schweiz

Infolge der Einführung des Solarrappens in Höhe von 0,5 Rp/kWh und der sich hieraus zu berechnenden Einnahme von rd. 880 Mio. Fr. pro Jahr werden sich aufgrund der vorgesehenen Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung auf der Verwendungsseite positive gesamtwirtschaftliche Effekte ergeben. Ohne die negativen Effekte auf der Erhebungsseite zu berücksichtigen, werden im folgenden die resultierenden Bruttobeschäftigungseffekte des vorgestellten pessimistischen und optimistischen Ausbauszenarios bis auf Sektorenebene analysiert und dahingehend ausgewiesen, inwiefern sie durch Neuinvestitionen bzw. laufende Betriebskosten ausgelöst werden (optimistisches Szenario: ausschließliche finanzielle Förderung von Anlagen mit minimalen Energiegestehungskosten; pessimistisches Szenario: finanzielle Förderung aller vorgesehenen Anlagen auch bei auslegungsbedingten maximalen Energiegestehungskosten).

Dabei wird auf ein statisches Input-Output-Modell zurückgegriffen, welches einerseits die notwendigen Vorleistungslieferungen aller 37 unterschiedenen Wirtschaftsbereiche berücksichtigt und andererseits um den sogenannten "Keynes'schen Einkommensmultiplikator" erweitert, auch die resultierenden Arbeitsplatzeffekte eines gesteigerten Volkseinkommens in der Schweiz abbilden kann.

3.3.7.1 Quantifizierung sektoriell disaggregierter Beschäftigungseffekte

Bei der vorgesehenen Quantifizierung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen einer verstärkten Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung wird auf ein statisches Input-Output-Modell zurückgegriffen, welches über die Einbindung sektoriell disaggregierter Produktivitätssteigerungen für eine auf 20 Jahre ausgelegte Analyse angepaßt wurde. Kernpunkt des verwendeten Modells ist eine Input-Output-Tabelle A aus dem Jahr 1990 /Bundesamt für Statistik, 1997/, welche für alle Wirtschaftsbranchen der Schweiz in ihren Zeilen den wertmäßigen Output der 37 unterschiedenen Sektoren an alle anderen Sektoren und in ihren Spalten den entsprechenden Input der Sektoren von allen anderen Sektoren widerspiegelt. Wird angenommen, daß die zur Produktion eingesetzten Vorleistungen proportional zur Output-Menge sind, kann mit der Kenntnis der aus dem Wirtschaftsprozeß ausscheidenden Endnachfrage y und der sektoriellen Gesamtproduktionswerte x unter Einsatz der Einheitsmatrix I die grundlegende Bestimmungsgleichung definiert werden:

$$x = (I - A)^{-1} \cdot y$$

Auf der Basis dieser Gleichung ist es möglich, nicht nur die direkten Produktionseffekte einer gegebenen Nachfrageveränderung Δy , sondern auch die für diese Produktion notwendigen kumulierten Vorleistungen zu berechnen. Mathematisch wird die Berücksichtigung sämtlicher vorgelagerter Produktionseffekte mit der sogenannten "Leontief-Inversen" $(I - A)^{-1}$ erreicht. In einem weiteren Schritt lässt sich dieses Modell derart modifizieren, daß die zusätzlichen Produktionswirkungen abgeschätzt werden, welche sich infolge eines gestiegenen Volkseinkommens und des damit verbundenen höheren Konsums der privaten Haushalte ergeben. Hierfür ist die Erweiterung des dargestellten Modells um den sogenannten "Keynes'schen Einkommensmultiplikator" und die Definition einer "Matrix der Verbrauchsmultiplikatoren" R notwendig.

Der Einkommensmultiplikator impliziert, daß die für die Produktion von Gütern und Dienstleistungen notwendigen primären Inputs (z.B. Löhne und Gehälter) zu einem bestimmten Teil (Konsumquote) wieder in Nachfrage umgesetzt werden und unter der Berücksichtigung der durchschnittlichen sektoriellen Verbrauchsstruktur wiederum zu einer gesteigerten Produktion führen. Zur mathematischen Formulierung dieses Einkommensmultiplikators ist die Kenntnis der sektoriellen Verbrauchsstruktur der privaten Haushalte w_1 /Bundesamt für Statistik, 1997/ und der durchschnittlichen Konsumquoten w_2 , welche den Anteil der in jeder Multiplikatorrunde für den Verbrauch verausgabten Bruttoeinkommen aus unselbständiger Arbeit sowie aus Unternehmertätigkeit und Vermögen angeben /Stäglin, R., u.a., 1994/, sowie der Matrix der primären Inputs /Bundesamt für Statistik, 1997/ notwendig:

$$R = w_1 \cdot w_2 \cdot A(P) \cdot (I - A)^{-1}$$

Mit der o.a. "Leontief-Inversen" $(I - A)^{-1}$ zur Berücksichtigung auch der vorgelagerten Vorleistungsproduktionen lässt sich eine Matrix R definieren, mit deren Hilfe sich ein endogener, nicht unabhängig vorgegebener Nachfrageanstoß Δy berechnen lässt, der wiederum Anstoß für weitere Produktion gibt. Im folgenden werden dabei die durch die Beschäftigungseffekte induzierten und wieder für private Verbrauchsziele verwendeten Einkommen mit den simultan wegfällenden Transferzahlungen (Arbeitslosengeld oder -hilfe) saldiert. Hierdurch werden die Brutto-Konsumquoten w_2 für die Arbeitnehmereinkommen von 52 % auf 32 % verringert, während für die Unternehmereinkommen keine Saldoeffekte angenommen werden, weil Ansprüche auf Lohnersatzleistungen nicht bestehen (Konsumquote 37 %) /Stäglin, R., u.a., 1994/.

In Analogie zur o.a. "Leontief-Inversen" lässt sich der in allen Multiplikatorrunden induzierte Konsum infolge der Erhöhung des Volkseinkommens Δy_K ausdrücken als:

$$\Delta y_K = (I - R)^{-1} \cdot \Delta y.$$

Werden schließlich beide Produktionseffekte miteinander kombiniert, lassen sich die insgesamt durch eine exogen vorgegebene Endnachfrage ausgelösten Produktionseffekte Δx berechnen nach:

$$\Delta x = (I - R)^{-1} \cdot (I - A)^{-1} \cdot \Delta y.$$

Zur Umrechnung dieser Produktions- in Beschäftigungseffekte wird auf sogenannte Arbeitskoeffizienten b_j zurückgegriffen, welche sich aus der Division der in einem Sektor j beschäftigten Personenzahl B_j durch das in diesem Produktionssektor insgesamt erzielte Produktionsergebnis X_j berechnen lassen /Bundesamt für Statistik, 1997/. Mathematisch bilden diese Beschäftigungskoeffizienten den Kehrwert der branchenspezifischen Arbeitsproduktivitäten und weisen die Beschäftigtenzahl aus, welche zur Bereitstellung eines Produktionswertes bzw. einer Dienstleistung in Höhe von 1 Mio. Fr. benötigt werden.

Angeordnet in Matrixform (die Beschäftigungskoeffizienten bilden die Hauptdiagonale der Beschäftigungsmatrix D^L) werden die beschäftigungsrelevanten Daten mit einer Matrix der mittleren Produktivitätsveränderungen Q im verwendeten Modell hinsichtlich der jährlichen Entwicklung der sektoriellen Arbeitsproduktivitäten angepaßt. In einem letzten Schritt lässt sich die o.a. Berechnung der gesamten Produktionseffekte dahingehend modifizieren, daß auch die resultierenden Beschäftigungseffekte abhängig von einem exogenen Endnachfrageanstoß Δy_j im Jahr J zu quantifizieren sind:

$$B_j = D^L \cdot Q \cdot (I - R)^{-1} \cdot (I - A)^{-1} \cdot \Delta y_j.$$

Die zur Angleichung der "Matrix der Beschäftigungskoeffizienten" D^L eingesetzte "Matrix der Arbeitsproduktivitätsveränderungen" Q spiegelt dabei auf ihrer Hauptdiagonalen die nach 37 Sektoren aufgeschlüsselten Arbeitsproduktivitätsveränderungen der Jahre 1990 - 1995 wider. Um dabei kurzfristig hohe Veränderungen auszugleichen und um damit die Größen auch für eine auf 20 Jahre ausgelegte Förderung der Solarenergienutzung und einer rationellen Energieverwendung anzupassen, wurde die mittlere jährliche Veränderung der Arbeitsproduktivitäten auf maximal +/- 4 % begrenzt.

Als einzige veränderbare Größe ist für das dargestellte Analyseverfahren der Vektor der jährlichen Endnachfrage Δy_j abhängig vom Untersuchungsjahr vorzugeben, um die resultierenden

Beschäftigungseffekte berechnen zu können. Für die Abbildung dieses Endnachfragevektors müssen die im vorangegangenen Kapitel ausgewiesenen jährlichen Investitionen und Betriebskosten für das pessimistische und optimistische Szenario zunächst anhand von Kostenstrukturen auf die Sektoren verteilt werden.

3.3.7.2 Analyse der resultierenden sektoriellen Kapitalflüsse

Nachdem im letzten Kapitel die Investitionen und resultierenden Betriebskosten eines Ausbaus regenerativer Energiesysteme bzw. einer verstärkten rationellen Energieverwendung für den Zeitraum von 20 Jahren unter der Berücksichtigung der jeweiligen Fördersätze und Hebelwirkungen sowohl für ein pessimistisches als auch ein optimistisches Szenario dargestellt worden sind, sind diese Kapitalflüsse für eine Anwendung des zuvor beschriebenen Modells zur Berechnung von Beschäftigungseffekten branchenspezifisch aufzuteilen. Hierfür müssen zunächst für alle untersuchten Technologiebereiche (vgl. Tabelle 3-4) die Kostenstrukturen der Investitions- und der Betriebskosten getrennt voneinander bis auf Sektorebene aufgeschlüsselt werden. Tabelle 3-8 zeigt die prozentuale sektorelle Aufteilung der zunächst aufzubringenden Investitionen und der jährlich anzusetzenden Betriebskosten.

Aus Tabelle 3-8 wird deutlich, wie sich die Investitionen und laufenden Betriebskosten der in der vorliegenden Untersuchung betrachteten Technologiebereiche gemäß ihren Kostenstrukturen auf die 37 verschiedenen Branchen der schweizerischen Wirtschaft aufteilen. Dabei wird deutlich, daß infolge der vorzusehenden Investitionen weitaus mehr Branchen profitieren werden, als durch die laufenden Betriebskosten. Während sich die Investitionen auf durchschnittlich rd. 6 Sektoren verteilen, fließen die Betriebskosten im Schnitt lediglich rd. 2 Branchen zu.

Infolge der direkten Nachfrage nach regenerativen Energiesystemen und nach Produkten zur rationellen Energieverwendung bzw. deren Planung und der abschließenden Installation werden insbesondere die Branchen "Maschinen- und Fahrzeugbau", "Dienstleistungen (Beratung, Planung)", "Bauhauptgewerbe" und "Ausbaugewerbe" positive Nachfrageeffekte erfahren. Dabei fließen aufgrund der Nachfrage nach Innovationen im Bereich "Verkehr" rd. 99 % der Investitionen in den Sektor "Maschinen- und Fahrzeugbau", während sich die exogenen Nachfrageerhöhungen nach Maßnahmen zur Nutzung passiver Solarenergie bzw. nach modernen Maschinen und Geräten zum rationelleren Stromeinsatz zu jeweils rd. 69 % auf die Wirtschaftsbranchen "Bauhauptgewerbe" bzw. "Maschinen- und Fahrzeugbau" verteilen.

Branchenaufteilung Investitionskosten		Land-/Forstwirtsch.	Energie-/Wasservers.	Metallbe-/verarbeitung	Masch.-/Fahrzeugbau	Elektrotechnik	Bauhauptgewerbe	Ausbaugewerbe	Großhandel	Einzel-/Detailhandel	Beratung, Planung	öffentl. Verwaltung
Direkte Sonnenenergie Wärme			0,2	0,1	0,1	0	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Direkte Sonnenenergie Strom		0,10		0,29	0,20	0,30	0,05			0,05	0,01	
Indirekte Sonnenenergie Wärme			0,25	0,02	0,25	0,22				0,25	0,01	
Indirekte Sonnenenergie Strom			0,35	0,13	0,13	0,15				0,23	0,01	
Pass. SE-Nutzung					0,69	0,10				0,20	0,01	
Energientutzung Gebäude		0,14			0,50	0,20	0,05			0,10	0,01	
Haustechnik		0,11	0,22	0,11		0,40	0,05			0,10	0,01	
Stromeinsatz			0,69					0,15	0,15		0,01	
Prozeßwärme Industrie		0,20	0,29	0,10			0,20	0,05	0,05	0,10	0,01	
Verkehr			0,99								0,01	
Wärmepumpe			0,24	0,10	0,20	0,20	0,05	0,05	0,05	0,15	0,01	
WKK (fossil)			0,38	0,05	0,14	0,15	0,05	0,04	0,04	0,18	0,01	
Geothermie		0,20		0,45	0,20	0,02	0,02	0,10	0,01			
Branchenaufteilung Betriebskosten		Land-/Forstwirtsch.	Energie-/Wasservers.	Metallbe-/verarbeitung	Masch.-/Fahrzeugbau	Elektrotechnik	Bauhauptgewerbe	Ausbaugewerbe	Großhandel	Einzel-/Detailhandel	Beratung, Planung	öffentl. Verwaltung
Direkte Sonnenenergie Wärme		0,5						0,5				
Direkte Sonnenenergie Strom								1,00				
Indirekte Sonnenenergie Wärme	0,40	0,02		0,40				0,18				
Indirekte Sonnenenergie Strom	0,40	0,20		0,40								
Pass. SE-Nutzung												
Energientutzung Gebäude												
Haustechnik		0,50						0,50				
Stromeinsatz		0,50						0,50				
Prozeßwärme Industrie		0,50						0,50				
Verkehr												
Wärmepumpe		0,70						0,30				
WKK (fossil)		0,50						0,40	0,05	0,05		
Geothermie		0,50						0,50				

Tabelle 3-8: Branchenspezifische Aufteilung der Kosten; Quelle: /EBP, Oktober 1996/

Bei der sektoriellen Aufteilung der Betriebskosten wird aus Tabelle 3-8 deutlich, daß die laufenden Kosten hauptsächlich zwei Sektoren zufließen. Nahezu ausschließlich werden demzufolge die laufenden Kosten zu Nachfrageeffekten in den Branchen "Energie- und Wasserwirtschaft" und "Ausbaugewerbe/Fertigstellung" führen. Darüber hinaus treten positive Kapitalflüsse infolge der Installation von Heizungssystemen und Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen auf der Basis von Biomasse bzw. Biogas in den Branchen "Land- und Forstwirtschaft" und "Maschinen-/Fahrzeugbau" auf.

Für eine branchenspezifische Zuordnung der im pessimistischen und optimistischen Szenario jährlich vorgesehenen Investitionen bzw. einzuplanenden Betriebskosten ist über die Analyse der Kostenstrukturen hinaus die Kenntnis der Importquoten notwendig. Erst mit Berücksichtigung dieser sektorspezifischen Kenngrößen läßt sich eine Aussage darüber treffen, inwieweit angenommene Kapitalflüsse im Wirtschaftsprozess der Schweiz verbleiben und so beschäftigungswirksam werden. Für das Jahr 1990 wurden diese Importquoten bestimmt und mit der Unterteilung nach 37 Sektoren detailliert ausgewiesen /Bundesamt für Statistik, 1997/.

Es zeigt sich, daß in der Schweiz im Mittel über alle Wirtschaftsbranchen rd. 17 % aller Produktströme und Dienstleistungen aus Importen gedeckt werden. Demzufolge verbleiben nur rd. 83 % aller Kapitalflüsse in der schweizerischen Wirtschaft. Dabei zeigt sich, daß insbesondere in den Wirtschaftsbranchen der Bekleidungsindustrie ein Großteil der Kapitalströme ins Ausland fließen, und so dem Wirtschaftsprozess in der Schweiz nicht mehr zur Verfügung stehen. So belaufen sich die Importquoten z.B. in der "Bekleidungsindustrie" auf rd. 66 %, in der "Leder- und Schuhindustrie" auf ca. 63 % und in der "Textilindustrie" auf rd. 39 %. Hohe Importquoten finden sich darüber hinaus auch im Sektor "Erdölraffinerien" (ca. 48 %) und im Bereich der "Holz- und Holzmöbelindustrie" (46 %), während in den typischen Dienstleistungs- und Handelsbranchen die Kapitalflüsse nicht für Importe genutzt werden.

Aufbauend auf den im letzten Kapitel vorgestellten Investitions- und Betriebskostenverläufen für das pessimistische und optimistische Szenario lassen sich die anzunehmenden Kapitalflüsse mit Hilfe der o.a. sektoriellen Importquoten und Kostenstrukturen für den Betrachtungszeitraum von 2000 bis 2019 branchenspezifisch aufschlüsseln. Abbildung 3-10 zeigt die entsprechenden Kostenverläufe aufgeteilt nach auslösendem Effekt (Investition bzw. Betrieb einer Anlage) und nach sektorieller Verteilung.

Aus Abbildung 3-10 wird deutlich, in welcher Höhe Kapital auf der Verwendungsseite den einzelnen Wirtschaftsbranchen im Betrachtungszeitraum zufließt. Im pessimistischen Szenario werden im Zeitraum von 2000 bis 2019 durchschnittlich gut 3 Mrd. Fr. pro Jahr mit leicht fallender

Tendenz infolge der Investitionstätigkeit in die Wirtschaftsbranchen der Schweiz fließen. Dabei werden insbesondere die Branchen "Maschinen-/Fahrzeugbau" mit rd. 29 %, "Ausbau gewerbe/Fertigstellung" rd. 20 % und das "Bauhauptgewerbe" mit ca. 15 % dieser Kapitalflüsse von dem Ausbau einer Solarenergienutzung und der Investitionen für eine rationellere Energieverwendung profitieren.

Infolge der wachsenden Anzahl installierter Systeme steigen die Betriebskosten kontinuierlich bis auf rd. 1,7 Mrd. Fr. im Jahr 2019 an, so daß das gesamte Mittelaufkommen im pessimistischen Szenario - bei durchschnittlichen Betriebskosten in Höhe von rd. 1,1 Mrd. Fr./a - eine leicht steigende Tendenz hat und bis zum Jahr 2019 auf rd. 5 Mrd. Fr. ansteigt. Bei der sektoriellen Aufteilung dieser durch laufende Betriebskosten ausgelösten Kapitalflüsse zeigt sich, daß mit rd. 34 % gut ein Drittel der gesamten Betriebskosten in den Wirtschaftssektor "Ausbau gewerbe/Fertigstellung" fließen, während rd. 22 % in der Branche "Großhandel", ca. 17% im Sektor "Land- und Forstwirtschaft" und rd. 14 % im Sektor "Strom-, Gas- und Wasserverteilung" auftreten.

Im optimistischen Szenario fließen den Wirtschaftsbranchen der Schweiz in nahezu gleichbleibender Höhe im Mittel rd. 6,8 Mrd. Fr./a infolge der anzunehmenden Investitionen zu, wobei die sektorielle Aufteilung auf die o.a. Branchen der schweizerischen Wirtschaft nahezu konstant bleibt. Das Mittelaufkommen, welches infolge der laufenden Betriebskosten in die einzelnen Branchen fließt, hat im Vergleich zum pessimistischen Szenario jedoch einen stark steigenden Verlauf. So werden bei einem durchschnittlichen Wert von rd. 2,7 Mrd. Fr./a im letzten Ausbaujahr 2019, und im Falle von Ersatzinvestitionen in konstanter Höhe auch darüber hinaus, rd. 5 Mrd. Fr. pro Jahr allein infolge laufender Betriebskosten den betreffenden Branchen zukommen.

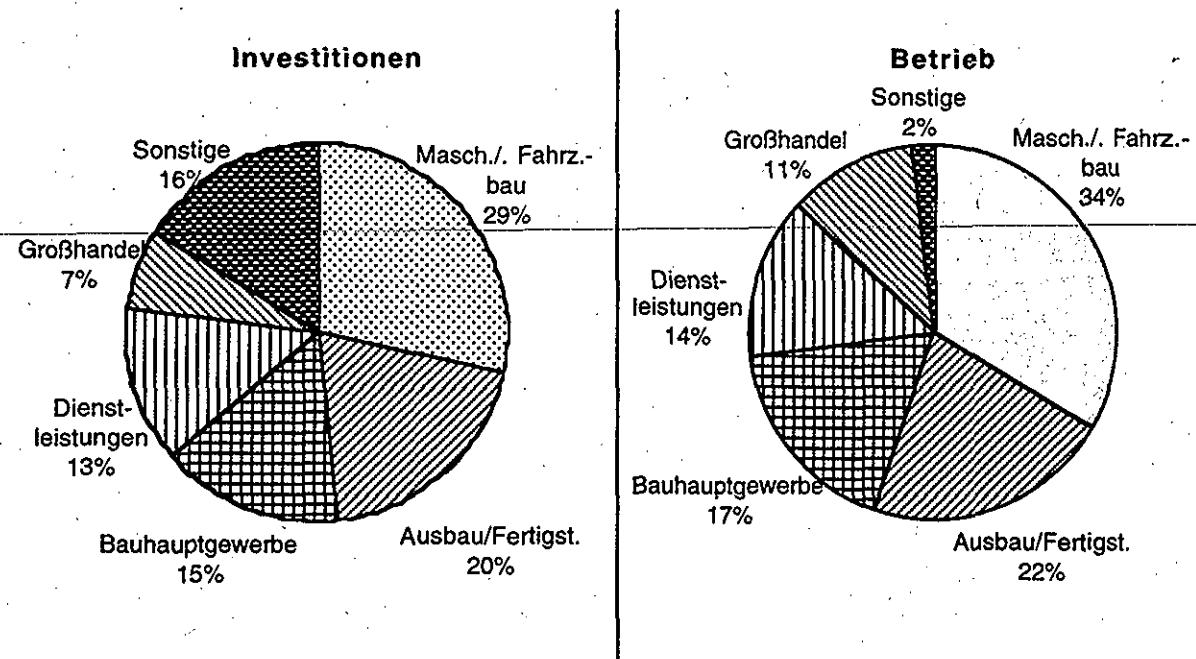
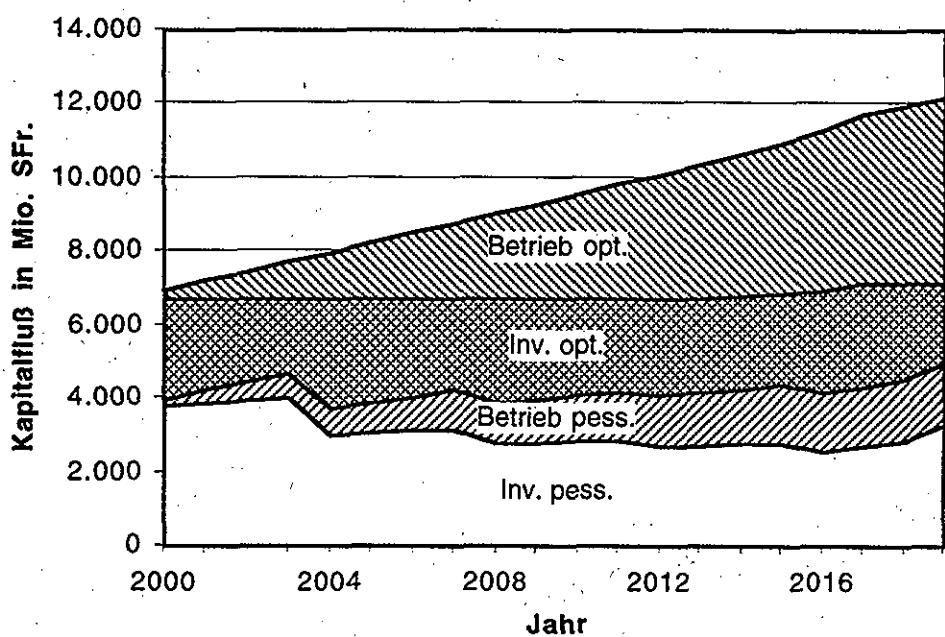


Abbildung 3-10: Jährliche Kapitalflüsse für das pessimistische und optimistische Ausbauszenario und deren sektorelle Verteilung

Grund hierfür sind die vermehrten Investitionen in Systeme zur Stromerzeugung auf der Basis von Biogas und fester Biomasse (Bereich: Indirekte Sonnenenergie Strom), in Heizungsanlagen und Wärmerückgewinnungsanlagen (Bereich: Haustechnik) sowie in Wärme-Kraft-Kopplungs-anlagen auf der Basis fossiler Brennstoffe. Diese Investitionen nehmen einerseits im Vergleich zum pessimistischen Szenario bis zum Jahr 2019 durchschnittlich um den Faktor sechs zu, und andererseits erfordern diese Systeme laufende Betriebskosten in Höhe von ca. 7-8 % der Investitionskosten.

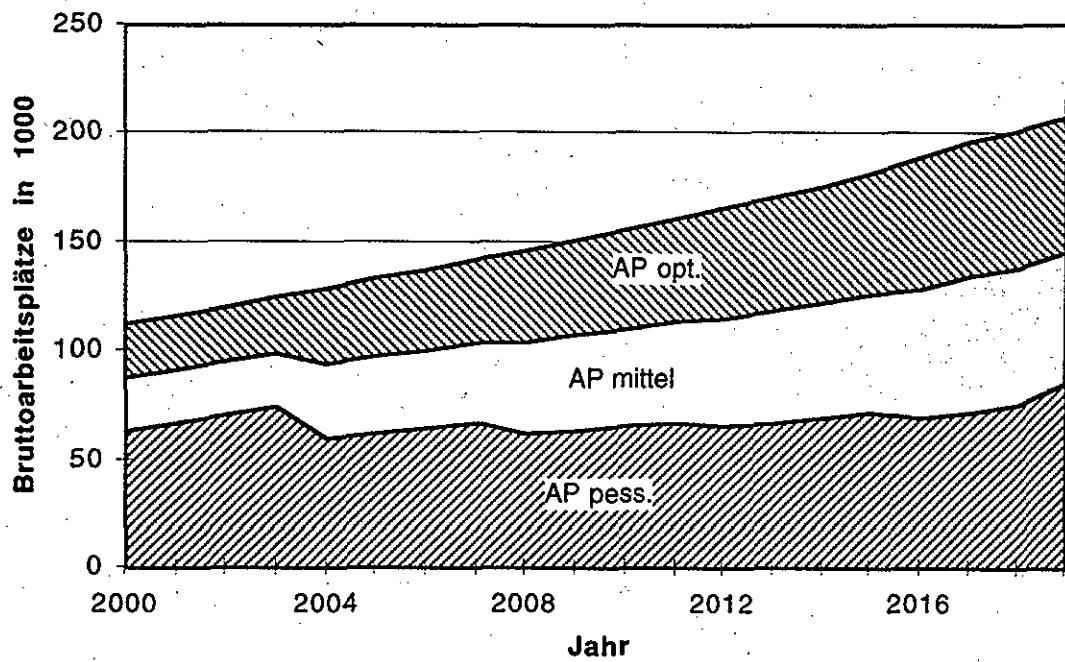
Mit der Kenntnis der sektoriellen Aufteilung der zu erwartenden jährlichen Kapitalflüsse im pessimistischen und optimistischen Szenario kann nun die in Kapitel 3.3.7.1 beschriebene Input-Output-Analyse zur Quantifizierung der resultierenden Bruttobeschäftigungseffekte durchgeführt werden.

3.3.7.3 Sektorielle Bruttobeschäftigungseffekte

Werden abschließend die sektoriellen Bruttoinvestitionen der Verwendungsseite als exogener Nachfragevektor in das modifizierte Input-Output-Modell zur Quantifizierung möglicher Beschäftigungseffekte eingegeben, lassen sich die Bruttobeschäftigungseffekte eines Umbaus der Energieversorgungsstruktur bzw. eines verstärkten Einsatzes rationeller Energieverwendung in der Schweiz abhängig vom Investitionsjahr und vom gewählten Szenario berechnen. Zu berücksichtigen ist dabei, daß ein Teil des durch den "Solarrappen" in der Schweiz erhobenen Finanzvolumens infolge der aktuellen, branchenspezifischen Importquoten zu positiven Beschäftigungseffekten in den Importländern führen wird. An dieser Stelle wird auf eine Quantifizierung dieser Arbeitsmarktauswirkungen jedoch verzichtet.

Den jährlichen Verlauf der resultierenden Bruttobeschäftigungseffekte und deren durchschnittliche sektorische Verteilung für beide Szenarien zeigt Abbildung 3-11.

Die Veränderungen der absoluten Höhe der positiven Arbeitsmarkteffekte der betrachteten Szenarien im Verlauf des Untersuchungszeitraumes von 2000 bis 2019 zeigt Abbildung 3-11, wobei die durch Investitionen einerseits und infolge von laufenden Betriebskosten andererseits ausgelösten Beschäftigungseffekte für die Szenarien zusammengefaßt dargestellt sind. Es wird deutlich, daß sich die resultierenden Beschäftigungseffekte in Analogie zu den Verläufen der auslösenden Kapitalflüsse bewegen (vgl. Abbildung 3-10).



Mittlere sektorielles Verteilung

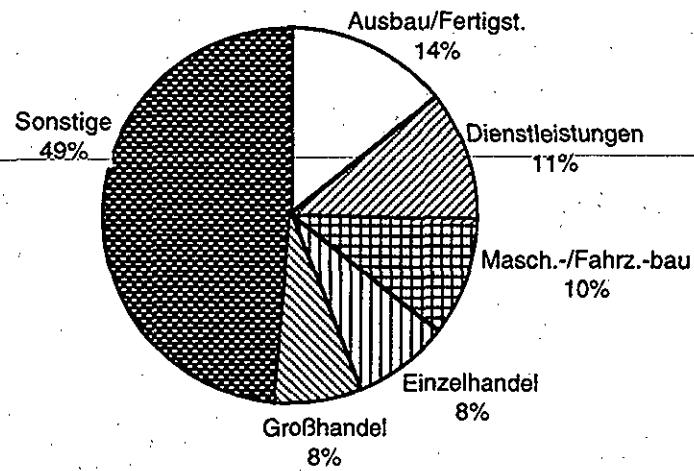


Abbildung 3-11: Verlauf der jährlichen Bruttobeschäftigungseffekte im pessimistischen, optimistischen und mittleren Szenario und deren mittlere sektorielles Verteilung

Dabei wird ersichtlich, daß sich die Gesamtzahl der neu geschaffenen Arbeitsplätze im pessimistischen Szenario über den betrachteten Zeitraum ausgehend von rd. 60.000 im Jahr 2000 bis auf rd. 85.000 im Jahr 2019 nur leicht positiv verändert. Das optimistische Szenario hingegen zeigt eine stetig steigende Gesamtzahl neu geschaffener Arbeitsplätze, wobei sich die Höhe der insgesamt ausgelösten Effekte innerhalb der betrachteten 20 Jahre ausgehend von rd. 112.000 neuen Arbeitsplätzen bis auf rd. 207.000 neu beschäftigte Personen nahezu verdoppelt. Das mittlere Szenario zeigt eine stetig steigende Gesamtzahl neu geschaffener Arbeitsplätze, wobei sich die Höhe der insgesamt ausgelösten Effekte ausgehend von rd. 88.000 neuen Arbeitsplätzen innerhalb der betrachteten 20 Jahre auf rd. 145.000 erhöht.

Bei der durchschnittlichen sektoriellen Aufteilung dieser Beschäftigungseffekte zeigt sich, daß mit rd. 14 % aller neu geschaffenen Arbeitsplätze der größte Teil im Wirtschaftssektor "Ausbau gewerbe/Fertigstellung" auftreten wird. Ähnlich hohe Beschäftigungszugewinne infolge der positiven Kapitalflüsse der Verwendungsseite können mit rd. 11,5 % aller neuen Arbeitsplätze für den Sektor "Allgem. Dienstleistungen" berechnet werden.

Weiterhin werden positive Beschäftigungseffekte vor allem in den Sektoren "Maschinen-/Fahrzeugbau" (rd. 10 %), "Einzelhandel" (rd. 8 %) und "Großhandel" (ebenfalls ca. 8 %) auftreten. Dabei werden die positiven Beschäftigungseffekte nicht nur infolge der direkten Nachfrageerhöhungen infolge des Ausbaus und des Betriebs der einzelnen Systeme auftreten, sie werden auch durch die veränderte Höhe der Vorleistungslieferungen einerseits und der Konsumnachfrage der privaten Haushalte andererseits bedingt.

Werden die resultierenden Beschäftigungseffekte nicht nur bezüglich der Gesamtzahl und der hauptsächlich betroffenen Sektoren, sondern branchenspezifisch disaggregiert bezüglich der auslösenden Effekte (Investitionen bzw. Betriebskosten) analysiert, läßt sich für das pessimistische Szenario eine Aufteilung berechnen, wie sie in Abbildung 3-12, Abbildung 3-13 und Tabelle 3-9 dargestellt ist.

Es wird deutlich, daß sich die mittleren Bruttobeschäftigungseffekte nicht nur sehr unterschiedlich auf die 37 Sektoren der schweizerischen Volkswirtschaft verteilen, sie werden auch zu branchenspezifisch unterschiedlichen Anteilen durch Investitionen einerseits und laufende Betriebskosten andererseits verursacht. Dabei profitieren diejenigen Wirtschaftsbranchen am meisten, welche entweder vornehmlich infolge von Investitionen in neue Energiesysteme bzw. in Systeme zur rationellen Energienutzung oder welche aufgrund der laufenden Betriebskosten bereits installierter Anlagen nachgefragt werden.

Als Durchschnitt über den Untersuchungszeitraum von 20 Jahren resultieren im pessimistischen Szenario die größten positiven Beschäftigungseffekte auf der Nachfrageseite in den Sektoren "Ausbau gewerbe/Fertigstellung" (rd. 8.900), "Maschinen-/Fahrzeugbau" (rd. 7.600), "Allgem. Dienstleistungen" (rd. 7.100) und "Großhandel" (rd. 6.200) bzw. "Einzelhandel" (rd. 6.150). In diesen fünf ausgesuchten Sektoren werden rd. 53 % der gesamten Arbeitsplatzeffekte in Höhe von rd. 68.000 auftreten, während die restlichen knapp 32.000 neuen Arbeitsplätze in den übrigen 32 Bereichen der schweizerischen Wirtschaft im pessimistischen Szenario auftreten werden.

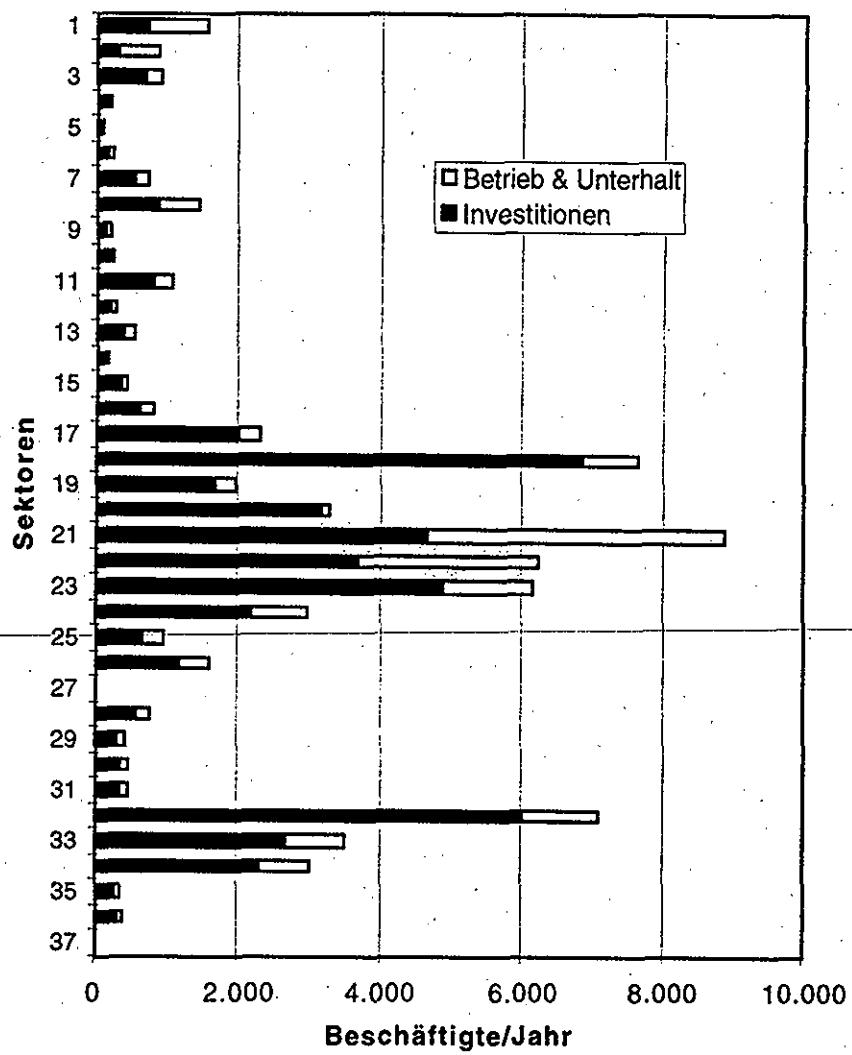


Abbildung 3-12 : Sektorielle Verteilung der mittleren Bruttobeschäftigungseffekte infolge von Investitionen und Betriebskosten im pessimistischen Szenario (Branchenbezeichnung siehe Tabelle 3-9)

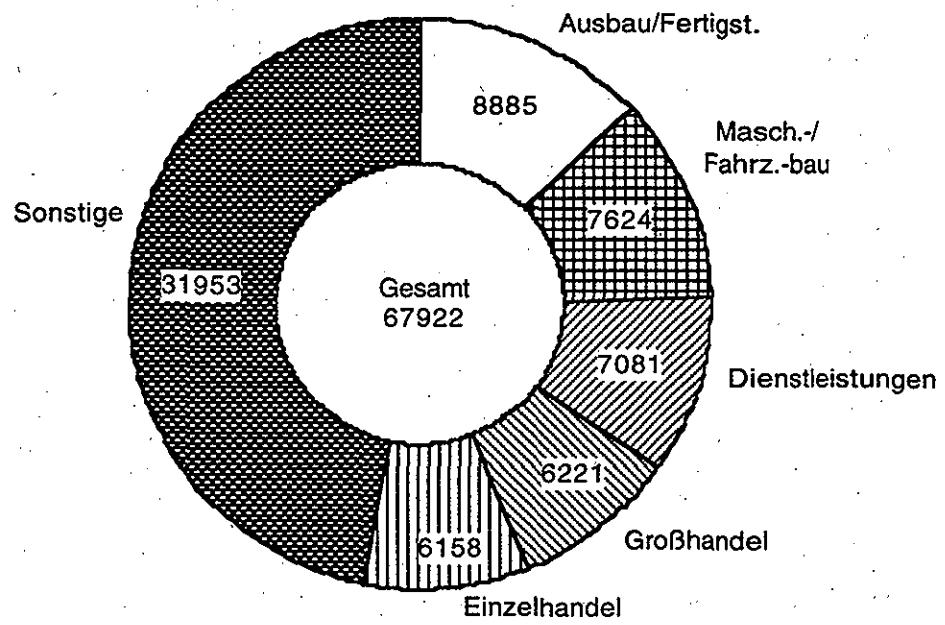


Abbildung 3-13 : Sektorielle Verteilung der mittleren Bruttobeschäftigungseffekte infolge von Investitionen und Betriebskosten im pessimistischen Szenario

Wie in Abbildung 3-12 und Abbildung 3-13 ersichtlich, ergeben sich zwar rd. 74 % der gesamten Beschäftigungseffekte infolge der vorgesehenen Investitionen, zwei der fünf o.a. hauptsächlich profitierenden Wirtschaftsbranchen werden jedoch insbesondere durch die hohen Anteile aus den jährlichen Betriebskosten überdurchschnittliche Beschäftigungseffekte erfahren. Einerseits wird der Sektor "Ausbau gewerbe/Fertigstellung" aufgrund der hohen Kostenanteile der jährlichen Betriebskosten (rd. 23,8 %) im pessimistischen Szenario am meisten von einem Ausbau der Solarenergienutzung bzw. einem verstärkten Einsatz rationeller Energietechniken in der Schweiz profitieren, andererseits kommt dem Sektor "Großhandel" (rd. 14,4 % Betriebskostenanteil) aus demselben Grund eine übergeordnete Rolle im Vergleich zu den anderen Wirtschaftsbereichen zu.

Die anderen drei der fünf hauptsächlich betroffenen Sektoren werden insbesondere infolge der hohen Kostenanteile der notwendigen Investitionen profitieren. Vor allem im Sektor "Maschinen-/Fahrzeugbau" (ca. 13,6 % Kostenanteil der Investitionen) werden mit rd. 6.800 neuen Arbeitsplätzen ca. 90 % der insgesamt in diesem Wirtschaftsbereich geschaffenen Arbeitsplätze durch die auftretenden Investitionen verursacht. Das gleiche gilt für die Sektoren "Allgem. Dienstleistungen" (rd. 11,9 % Investitionskostenanteil) und "Einzelhandel" (ca. 9,7 %), in welchen mit rd. 85 % bzw. ca. 79 % der Großteil der resultierenden Beschäftigungseffekte infolge der einzuplanenden Investitionen auftreten werden.

Für das optimistische Szenario ergibt sich analog eine ähnliche Betrachtung. Die wichtigsten Informationen zu diesem Ausbauszenario faßt Abbildung 3-14 und Tabelle 3-9 zusammen.

Hieraus wird deutlich, in welchem Umfang im optimistischen Ausbauszenario durch einen verstärkten Ausbau regenerativer bzw. rationeller Energietechniken auf der Nachfrageseite positive Beschäftigungseffekte zu erwarten sind und wie sich diese Arbeitsplatzwirkungen auf die verschiedenen Branchen der schweizerischen Volkswirtschaft verteilen. Insgesamt lassen sich ca. 156.000 neue Beschäftigungsverhältnisse quantifizieren, wobei diese sehr ungleichmäßig in den einzelnen Branchen entstehen. Mit rd. 80.000 neuen Arbeitsplätzen sind mehr als die Hälfte der gesamten Arbeitsplatzeffekte in den fünf am meisten profitierenden Sektoren zu erwarten.

Zu diesen zählen - wie beim pessimistischen Szenario - die Wirtschaftsbranchen "Ausbaugewerbe/Fertigstellung" (rd. 22.800), "Allgem. Dienstleistungen" (rd. 18.650), "Maschinen-/Fahrzeugbau" (rd. 14.350) und "Einzelhandel" (rd. 12.350) bzw. "Großhandel" (rd. 11.550). Im Vergleich zum pessimistischen Szenario hat sich die Reihenfolge dieser Sektoren verändert, da sich die durchschnittliche sektorelle Kostenstruktur insbesondere bei den vorzusehenden Investitionen maßgeblich geändert hat (vgl. Abbildung 3-12 und Abbildung 3-13).

Während nämlich z.B. im pessimistischen Szenario bezüglich der Investitionen der höchste Kostenanteil im Sektor "Maschinen-/Fahrzeugbau" (rd. 13,6 %) auftritt, fließen die höchsten Finanzmittel im optimistischen Szenario mit rd. 14,1 % aller Investitionen in den Sektor "Allgem. Dienstleistungen". Weitere Sektoren, in welchen hohe Kapitalflüsse auftreten, sind: "Ausbaugewerbe/Fertigstellung" (rd. 12,6 %), "Maschinen-/Fahrzeugbau" (10,0 %) und "Einzelhandel" (8,2 %). Bezuglich der laufenden Betriebskosten bleibt dagegen die Reihenfolge der am meisten profitierenden Sektoren im Vergleich zum pessimistischen Szenario konstant, wobei sich die absolute Höhe der Kostenanteile etwas verringert.

Diese Veränderungen in der mittleren Kostenstruktur im Bereich der Investitionen werden dadurch verursacht, daß sich im Vergleich beider Szenarien der zugrundeliegende Mix der betrachteten rationellen und regenerativen Energietechnologien maßgeblich ändert und die einzelnen Energiesysteme eine unterschiedliche Kostenstruktur aufweisen (vgl. Tabelle 3-8).

Infolge der veränderten mittleren Kostenstrukturen zeigen sich auch Veränderungen bezüglich der auslösenden Effekte der resultierenden Arbeitsmarktauswirkungen. Während z.B. im pessimistischen Szenario noch rd. 47,5 % der Beschäftigungseffekte im hauptsächlich profitierenden Wirtschaftsbereich "Ausbaugewerbe/Fertigstellungen" infolge der laufenden Betriebskosten ausgelöst werden, sinkt dieser Anteil im optimistischen Szenario auf nur noch rd. 37 %. Im Sektor "Maschinen-/Fahrzeugbau" steigt dagegen der Anteil der durch Betriebskosten

ausgelösten Beschäftigungseffekte von rd. 10,5 % im pessimistischen Szenario auf rd. 20,5 % im optimistischen Szenario (vgl. Abbildung 3-14)

Um schließlich belastbare Ergebnisse hinsichtlich der durchschnittlichen Bruttobeschäftigungseffekte einer Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung auf der Verwendungsseite zu erhalten, wird über die Betrachtung eines pessimistischen und optimistischen Szenarios hinaus an dieser Stelle ein anzunehmendes, realistisches Szenario beleuchtet, welches sich als arithmetisches Mittel aus den beiden betrachteten Szenarien ergibt. Für die Berechnung der resultierenden Brutto-Beschäftigungseffekte werden die mittleren ausgelösten Investitionen, wie in Kapitel 3.3.6.3 beschrieben, angesetzt.

Dieses realistische Szenario wird in Abbildung 3-15 verdeutlicht. Sie zeigt die Bruttobeschäftigungseffekte, welche durchschnittlich über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren zu erwarten sind.

Tabelle 3-9: Sektorielle Verteilung der durchschnittlichen Bruttobeschäftigungseffekte im pessimistischen und optimistischen Szenario (in Beschäftigte/Jahr)

Nr.	Branche	pess. Szenario		opt. Szenario	
		Inv.	B & U	Inv.	B & U
1	Land- und Forstwirtschaft	716	827	1541	3336
2	Strom-, Gas- u. Wasserversorgung	304	559	666	1410
3	Lebensmittelindustrie	673	245	1472	647
4	Getränkeindustrie	138	45	303	106
5	Tabakindustrie	45	16	98	38
6	Textilindustrie	158	49	347	116
7	Bekleidung	556	169	1217	399
8	Holz, Möbel	880	533	2338	1160
9	Sägereien	112	53	289	108
10	Papierindustrie	168	51	366	114
11	Grafische Industrie	807	250	1751	605
12	Leder- und Schuhindustrie	183	57	397	136
13	Chemieindustrie	402	134	910	319
14	Erdölraffinerie	115	37	261	88
15	Kunststoff- und Gummiindustrie	356	91	743	221
16	Steine und Erden	630	166	1648	374
17	Metallindustrie	1988	309	4371	786
18	Maschinen- und Fahrzeugbau	6826	798	11434	2943
19	Elektrotechnik-, Elektronik- u. Optikindustrie	1628	333	3835	808
20	Bauhauptgewerbe	3159	128	8834	358
21	Ausbau u. Fertigstellung	4655	4230	14335	8475
22	Großhandel	3663	2558	6622	4938
23	Einzelhandel	4874	1284	9385	2966
24	Gastgewerbe	2169	804	4863	1957
25	Eisenbahn	658	277	1450	656
26	Transportwesen	1181	398	2596	920
27	Schifffahrt	18	8	39	19
28	Telekommunikation	595	185	1267	413
29	Banken	310	108	671	236
30	Versicherungen	360	114	789	259
31	Immobilien	357	119	782	285
32	Dienstleistungen, Consulting	5990	1091	16079	2575
33	Schule, Kultur, Sport	2653	823	6146	1965
34	Gesundheitswesen	2280	729	4943	1745
35	Haushaltsleistungen	259	87	571	211
36	Staat	309	79	674	192
37	Sozialversicherungen	0	0	0	0
Summe		50175	17747	114032	41878
	Summe Investitionen plus B & U		67922		155910

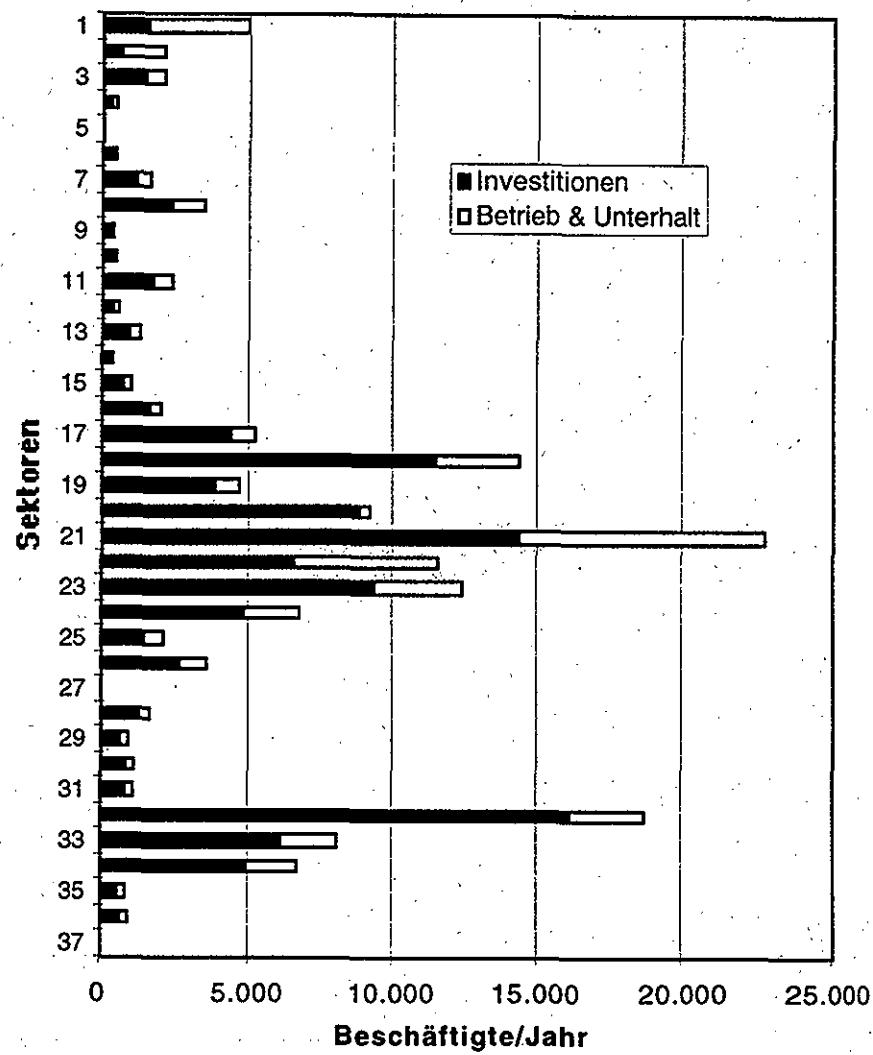


Abbildung 3-14 : Sektorielle Verteilung der mittleren Bruttobeschäftigungseffekte (Investitionen und Betriebskosten) im optimistischen Szenario

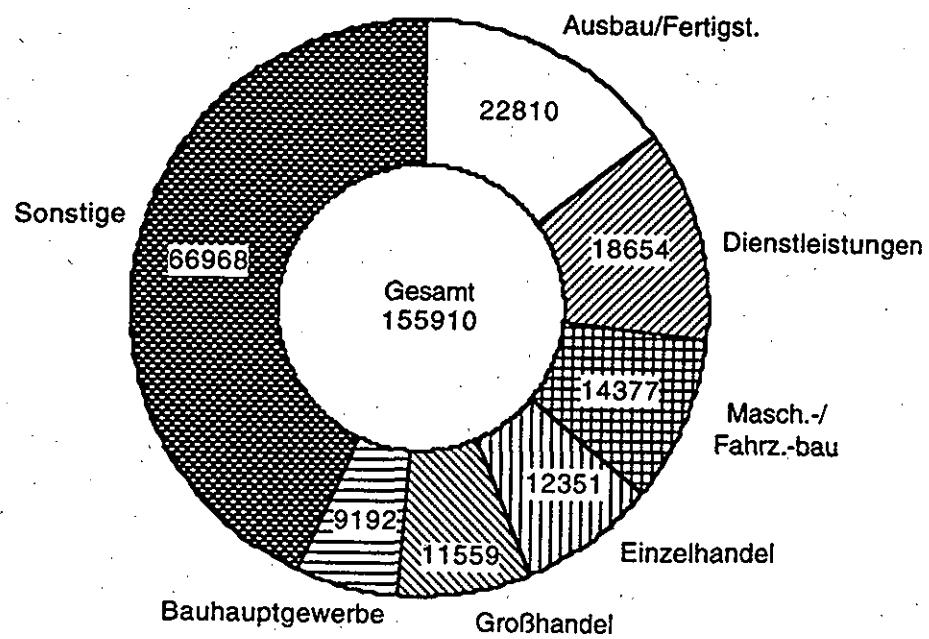


Abbildung 3-14: Sektorielle Verteilung der mittleren Bruttobeschäftigungseffekte (Investitionen und Betriebskosten) im optimistischen Szenario

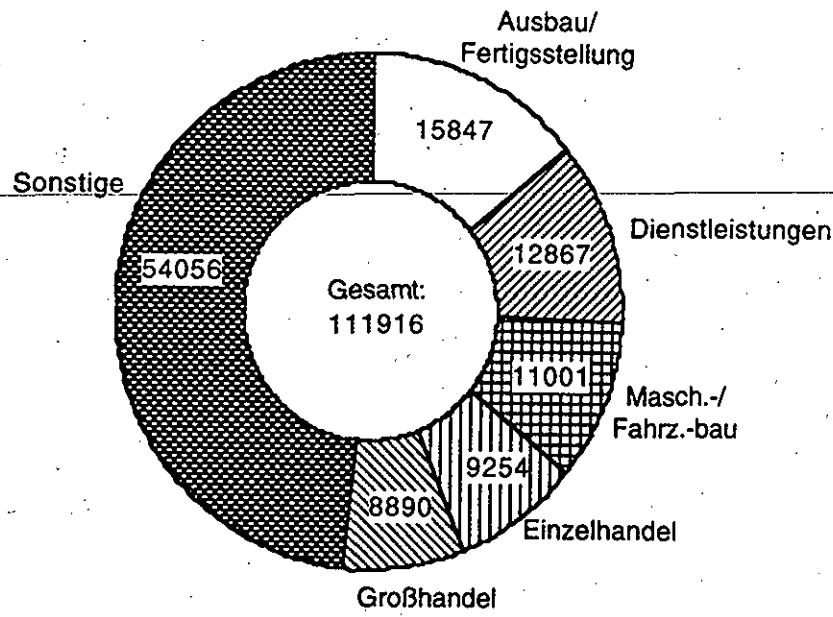


Abbildung 3-15: Sektorielle Verteilung der mittleren Bruttobeschäftigungseffekte infolge von Investitionen und Betriebskosten im realistischen Szenario

Sonstige: Bauhauptgewerbe: 6'240; Land- und Forstwirtschaft inkl. Sägereien und Holz/Möbel: 5'947; Gastgewerbe: 4'896; Metallindustrie: 3'727; Elektrotechnik/Elektronik: 3'302 usw. (vgl. 3-56)

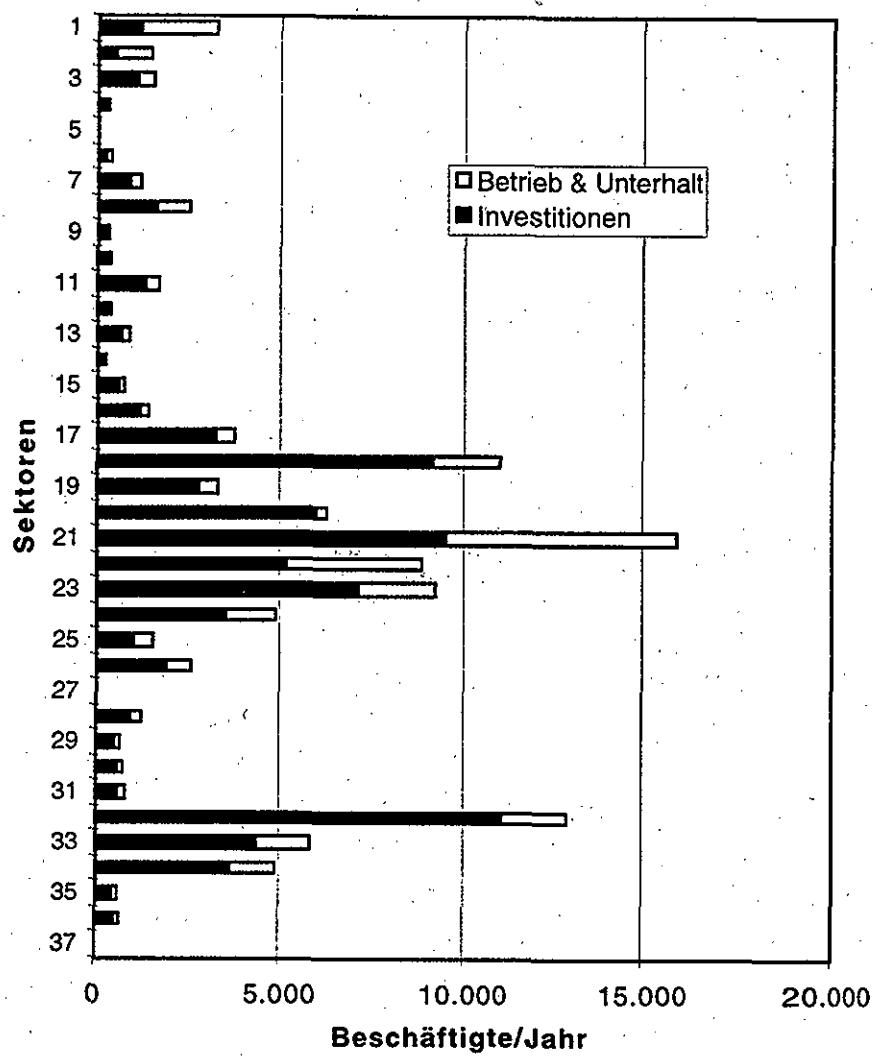


Abbildung 3-15: Sektorielle Verteilung der mittleren Bruttobeschäftigungseffekte infolge von Investitionen und Betriebskosten im realistischen Szenario

Die Bruttobeschäftigungseffekte der Förderung einer Solarenergienutzung und einer rationellen Energieverwendung mittels der Erhebung eines Solarrappens auf der Verwendungsseite für die Schweiz als Durchschnitt über den Ausbauzeitraum von 20 Jahren werden in Abbildung 3-15 dargestellt. Dabei werden nicht nur die absoluten Zahlen und die sektorelle Verteilung dieser Arbeitsmarkteffekte, sondern auch die Aufteilung der branchenspezifischen Beschäftigungseffekte nach ihren "auslösenden Effekten" (Investitionen oder laufende, vorzusehende Betriebskosten) verdeutlicht.

Im realistischen Szenario kann nach Abbildung 3-15 mit einem positiven Bruttobeschäftigungseffekt auf der Verwendungsseite in Höhe von rd. 112.000 neu beschäftigten Personen im Durchschnitt des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren gerechnet werden. Dabei entfallen rd. 15.850 neue Arbeitsplätze auf den Sektor "Ausbau gewerbe/Fertigstellung", wobei ca. 40 % dieser Beschäftigungseffekte, d.h. rd. 6.350 neue Arbeitsplätze durch die laufenden Betriebskosten verursacht werden. An zweiter Stelle profitiert die Wirtschaftsbranche "Allgem. Dienstleistungen" von einer Förderung regenerativer und rationeller Energietechniken. In diesem Sektor werden durchschnittlich rd. 12.850 neue Arbeitsplätze entstehen. Dabei liegt der Anteil der durch Betriebskosten ausgelösten Beschäftigungseffekte in diesem Sektor mit rd. 1.800 neu beschäftigten Personen bei lediglich ca. 14 %.

Die weiteren hauptsächlich profitierenden Wirtschaftsbereiche sind "Maschinen-/Fahrzeugbau" mit rd. 11.000 Beschäftigten (durch Betriebskosten ausgelöster Anteil: ca. 17 %), "Einzelhandel" mit rd. 9.250 neu geschaffenen Arbeitsplätzen (rd. 23 % infolge von Betriebskosten ausgelöst) sowie "Großhandel" mit ca. 8.900 neuen Beschäftigten (rd. 42 % durch laufende Betriebskosten ausgelöst). Die restlichen rd. 54.000 neuen Arbeitsplätze werden bei einem durch Betriebskosten ausgelösten Beschäftigtenanteil von ca. 26 % in den übrigen 32 Sektoren auftreten, werden jedoch an dieser Stelle nicht weiter aufgeschlüsselt.

Die hier dargestellten Bruttobeschäftigungseffekte resultieren dabei aus drei unterschiedlichen Effekten. Zunächst verursachen die anziehenden Kapitalflüsse in die einzelnen Wirtschaftsbranchen der Schweiz direkte Beschäftigungseffekte in den Unternehmen dieser Sektoren. Weiterhin sind jedoch auch positive Arbeitsmarkteffekte in nahezu gleicher Höhe in den vorgelagerten Zulieferbranchen zu quantifizieren, welche als indirekte Beschäftigungseffekte in die Gesamtbilanz einfließen und mit Hilfe der o.a. "Leontief-Inversen" im Rahmen der Input-Output-Analyse Berücksichtigung finden. Schließlich werden rd. 25 % der gesamten ausgewiesenen Bruttobeschäftigungseffekte durch den zusätzlichen Konsum der privaten Haushalte infolge des erhöhten Volkseinkommens durch Mehrbeschäftigung zu erwarten sein. Diese Effekte wurden mit Hilfe des "Keynes'schen Einkommensmultiplikators" in dem verwendeten Modell integriert.

Tabelle 3-10: Sektorielle Verteilung der durchschnittlichen Bruttobeschäftigungseffekte im realistischen Szenario (in Beschäftigte/Jahr)

Nr.	Branche	mittl. Szenario	
		Inv.	B & U
1	Land- und Forstwirtschaft	1128	2081
2	Strom-, Gas- u. Wasserversorgung	485	984
3	Lebensmittelindustrie	1073	446
4	Getränkeindustrie	221	76
5	Tabakindustrie	72	27
6	Textilindustrie	253	83
7	Bekleidung	886	284
8	Holz, Möbel	1609	847
9	Sägereien	201	81
10	Papierindustrie	267	82
11	Grafische Industrie	1279	428
12	Leder- und Schuhindustrie	290	97
13	Chemieindustrie	656	226
14	Erdölraffinerie	188	62
15	Kunststoff- und Gummiindustrie	550	156
16	Steine und Erden	1139	270
17	Metallindustrie	3180	547
18	Maschinen- und Fahrzeugbau	9130	1871
19	Elektrotechnik-, Elektronik- und Optikindustrie	2732	570
20	Bauhauptgewerbe	5997	243
21	Ausbau u. Fertigstellung	9495	6352
22	Großhandel	5142	3748
23	Einzelhandel	7130	2125
24	Gastgewerbe	3516	1380
25	Eisenbahn	1054	467
26	Transportwesen	1889	659
27	Schiffahrt	28	13
28	Telekommunikation	931	299
29	Banken	491	172
30	Versicherungen	574	186
31	Immobilien	569	202
32	Dienstleistungen, Consulting	11034	1833
33	Schule, Kultur, Sport	4399	1394
34	Gesundheitswesen	3611	1237
35	Haushaltsleistungen	415	149
36	Staat	491	135
37	Sozialversicherungen	0	0
Summe		82104	29812
	Summe Investitionen plus B & U		111916

3.3.7.4 Fazit

Durch die Einführung eines Solarrappens in der Schweiz in Höhe von 0,5 Rp/kWh werden sich infolge einer vorgesehenen Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energieverwendung auf der Verwendungsseite positive Bruttobeschäftigungseffekte ergeben. Unter der Annahme eines optimistischen Szenarios (Förderung aller Technologien mit minimalen Energiegestehungskosten) und eines pessimistischen (Förderung aller Systeme und Anlagen, auch bei vglw. maximalen Energiegestehungskosten) wurden zur Quantifizierung dieser Beschäftigungseffekte auf der Basis einer modifizierten statischen Input-Output-Analyse unter Einbeziehung zukünftiger branchenspezifischer Produktivitätsveränderungen die resultierenden Arbeitsmarkteffekte sektoriel analysiert. Für das optimistische Szenario ergaben sich positive Beschäftigungseffekte in Höhe von durchschnittlich 156.000 Arbeitsplätzen (im Jahr 2000: 112.000; 2010: 156.000; 2019: 207.000). Für das pessimistische Szenario ergaben sich positive Beschäftigungseffekte in Höhe von durchschnittlich 68.000 Arbeitsplätzen (im Jahr 2000: 63.000; 2010: 65.000; 2019: 85.000).

Ohne die negativen Effekte auf der Erhebungsseite zu berücksichtigen, ließen sich für ein - zwischen pessimistischem und optimistischem Szenario gemittelten - realistisches Szenario positive Bruttobeschäftigungseffekte in Höhe von ca. 112.000 neuen Arbeitsplätzen im Durchschnitt des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren abschätzen (im Jahr 2000: 88.000; 2010: 110.000; 2019: 146.000). Dabei profitieren die Sektoren "Ausbaugewerbe/Fertigstellung", "Allgem. Dienstleistungen, Consulting", "Maschinen-/Fahrzeugbau", „Bauhauptgewerbe“ sowie der "Einzel-" und "Großhandel" hauptsächlich von der vorgesehenen Förderung einer Solarenergienutzung und einer rationellen Energieverwendung in der Schweiz. Es sei hier darauf hingewiesen, daß diese Branchen im wesentlichen vor Ort, dort wo die Anlagen installiert und betrieben werden, die Arbeitsplätze schaffen. Dies gilt im besonderen Maße für die Arbeitsplätze die zum Betrieb und zum Unterhalt der Anlagen benötigt werden (ca. 35% im Mittel aller drei Szenarien). Inwieweit in der Elektronik und im Maschinenbau Arbeitsplätze in der Schweiz entstehen hängt von dem Grad ab, in dem die Schweiz selbst Produzent von Anlagen erneuerbarer Energiegewinnung wird.

3.3.8 Abschätzung der Netto-Arbeitsplätze

Die aus den Aktivitäten der Solarinitiative resultierenden Netto-Arbeitsplätze können im Rahmen dieser Arbeit nur abgeschätzt werden. Die positiven und negativen Netto-Arbeitsplatzeffekte werden, im Gegensatz zu der in Kapitel 3.3.7 dargestellten Brutto-Arbeitsplatzberechnung, nicht branchenspezifisch aufgeschlüsselt. Demzufolge wird nicht unterschieden, in welchen Branchen die Verdrängungseffekte wirksam werden. Eine Unterscheidung zwischen im In- oder Ausland entstehenden Arbeitsplatzeffekten wird nicht getroffen. Es wird nur die Gesamtheit der entstehenden Verdrängungseffekte betrachtet. Aussagen über die sich möglicherweise ändernde Import-Export-Struktur der Schweiz in Folge des verstärkten Einsatzes erneuerbarer Energien können nicht getroffen werden.

Des weiteren kann die Elastizität des Arbeitsmarktes nicht genau erfaßt werden. Ein Förderprogramm wie die Solarinitiative, mit einem jährlichen Fördermittelaufkommen von 880 Mio. Franken, wird nicht sprunghaft, sondern über den Zeitraum mehrerer Jahre, eingeführt werden. Dies bedingt, daß sich sowohl die ausgelösten Investitionen als auch die positiven und negativen Arbeitsplatzeffekte nicht sprunghaft einstellen werden. In der Realität werden mehrere Jahre vergehen, bis das Förderprogramm in vollem Umfang wirksam wird. Aus methodischen Gründen konnte die Einführungsphase des Förderprogramms nicht modelliert werden. Die Berechnungen dieser Studie basieren auf der Annahme, daß die Fördergelder in vollem Umfang zur Verfügung stehen und vollständig von Seiten der Investoren abgefragt werden.

3.3.8.1 Methodik zur Abschätzung der Netto-Arbeitsplätze

Ausgehend von den ausgelösten Investitionen in den einzelnen Technologiebereichen im mittleren Szenario lassen sich unter Berücksichtigung der mittleren Energiegestehungskosten die Energieeinsparungen bzw. -substitutionen in den Bereichen Wärme und Strom wie folgt berechnen:

$$Q_{\text{subst.}} = \frac{GI * (a + b_k) - FM * a}{EK_{\text{ref.}}}$$

mit:

- $Q_{\text{subst.}}$ eingesparte bzw. substituierte Energiemenge in GWh
- GI ausgelöste Gesamtinvestitionen in Mio. Fr.
- $EK_{\text{ref.}}$ Energiegestehungskosten des konventionellen Referenzsystems in Fr./kWh
- FM Fördermittel in Mio. Fr.
- a Annuitätenfaktor, lt. Tabelle 3-6
- b_k Betriebskostenfaktor angegeben in % der Investitionskosten, lt. Tabelle 3-6

Die Substitution bzw. Einsparung von Strom oder Wärme führt in den Bereichen der Mineralöl-, Gas- und Elektrizitätswirtschaft zu Minderumsätzen. Zur Berechnung dieser Minderumsätze wird folgender Ansatz gewählt:

$$MU = Q_w * EK_w + Q_{EL} * EK_{EL}$$

mit:

MU Minderumsatz in Mio. Fr.

Q_w Eingesparte bzw. substituierte Wärmemenge

EK_w Energiekosten für konventionelle Wärmeerzeugung lt. Tabelle 3-5

Q_{EL} Eingesparte bzw. substituierte Elektrizität

EK_{EL} Energiekosten für konventionelle Stromerzeugung lt. Tabelle 3-5

Die Minderumsätze werden als Bruttoumsätze angegeben, d.h. Steuern und Abgaben werden nicht explizit herausgerechnet. Zur Abschätzung der direkten Negativeffekte werden die Minderumsätze in den Bereichen der Elektrizitäts-, Gas und Mineralölwirtschaft mit den spezifischen Brutto-Wertschöpfungskoeffizienten dieser Branchen verknüpft (s. Tabelle 3-11). Die Brutto-Wertschöpfungskoeffizienten können auf Basis des Produktionskontos des Bundesamtes für Statistik geschätzt werden. Die verwendeten Wertschöpfungskoeffizienten wurden /Infras, September 1997/ entnommen. Der Wertschöpfungskoeffizient für den Bereich Wärme ergibt sich aus einem gewichteten Mittelwert der Wertschöpfungskoeffizienten der Bereiche Mineralölwirtschaft und Elektrizitätsversorgung. Er beträgt 180.000 Franken pro Person. Die Gewichtung erfolgte gemäß den Berechnungen in /Infras, September 1997/. Der spezifische Wertschöpfungskoeffizient für den Bereich Elektrizität wurde zu 265.000 Franken pro Person angenommen.

Berücksichtigt man bei der Ermittlung der spezifischen Wertschöpfungskoeffizienten die verschiedenen Steuersätze, die auf die einzelnen Energieträger erhoben werden, so ergeben sich Wertschöpfungskoeffizienten von 215.000 Fr./Pers. im Bereich der Elektrizität (Steuerstz 30%) und 166.000 Fr./Person im Bereich Wärme (Steuersatz 0%). Für den Bereich Verkehr liegt der spezifische Wertschöpfungskoeffizient bei 110.000 Fr./Pers (Steuersatz 80%). Die Fiskalverluste wurden mit 100.000 Fr./Pers. veranschlagt.

Als Energieimportquote wird ein Pauschalwert von 30% angesetzt /Infras, September 1997/. Für die Abschätzung der Netto-Arbeitsplätze wurde davon ausgegangen, daß die entstehenden Minderausgaben in vollem Umfang beschäftigungswirksam werden, so daß der Beschäftigungs-Elastizitätsfaktor gleich 1 ist. Für sekundäre Beschäftigungseffekte wird ein Ausgabenmultiplikator von 1,3 angenommen.

Im Rahmen dieser Abschätzung konnte nicht zwischen den negativen Arbeitsplatzeffekten im Inland und Ausland unterschieden werden. Die ermittelten negativen Arbeitsplatzeffekte stellen somit die Gesamtsumme der Verdrängungseffekte dar. Wieviel Arbeitsplätze definitiv in der Schweiz verdrängt werden, kann an dieser Stelle nicht ausgewiesen werden.

Durch die Erhebung des Solarrappens in Höhe von 0,5 Rp./kWh wird der Volkswirtschaft **ein** Betrag in Höhe von ca. 880 Mio. Fr. pro Jahr entzogen. Hierdurch kommt es zu Minderkonsum, der zusätzliche negative Auswirkungen auf die Beschäftigungssituation ausübt. Zur Abschätzung dieses Effektes wird ein durchschnittlicher Wertschöpfungskoeffizient von 100.000 Fr. pro Person angenommen.

Tabelle 3-11: Spezifische Wertschöpfungskoeffizienten

Branche	spez. Wertschöpfungskoeffizient Fr./Pers	
Elektrizität, Gas	265.000 ¹⁾	
Mineralölindustrie	150.000 ¹⁾	
Durchschnitt aller Branchen	100.000 ¹⁾ w _Ø	
Ansatz für substituierte bzw. eingesparte Energie		
	ohne Berücksichtigung der Steuersätze	mit Berücksichtigung der Steuersätze
Strom	w _{EL} 265.000 ¹⁾	215.000
Wärme (bei 25% Elektrizität, 75% Brenn- und Treibstoffe ¹⁾)	w _W 180.000 ²⁾	166.000 110.000 (Verkehr)

Quelle: 1) /Infras, September 1997/, 2) eigene Berechnungen

Die negativen Beschäftigungseffekte lassen sich somit folgendermaßen abschätzen:

$$BE_{neg.} = \left(\frac{MU_W}{w_W} + \frac{MU_{EL}}{w_{EL}} + \frac{FM}{w_{Ø}} \right) * m$$

mit:

- BE_{neg.} negative Beschäftigungseffekte
- MU_W Minderumsatz im Bereich Wärme
- MU_{EL} Minderumsatz im Bereich Elektrizität
- w_W spezifischer Wertschöpfungskoeffizient für den Bereich Wärme, lt. Tabelle 3-11

- w_{EL} spezifischer Wertschöpfungskoeffizient für den Bereich Elektrizität, lt. Tabelle 3-11
 FM durch den Solarrappen erhobene Fördermittel (= Minderkonsum über alle Branchen)
 w_{\varnothing} durchschnittlicher Wertschöpfungskoeffizient aller Branchen, lt. Tabelle 3-11
 m Ausgabenmultiplikator 1,3

Die Nettoarbeitsplätze lassen sich durch Bilanzierung der negativen von den positiven Bruttobeschäftigungseffekten ermitteln.

$$AP_{netto} = AP_{brutt} - BE_{neg.}$$

mit:

- AP_{netto} Nettoarbeitsplätze
 AP_{brutt} Bruttoarbeitsplätze

3.3.8.2 Abschätzung der substituierten bzw. eingesparten Energie und der Nettoarbeitsplätze

Für den betrachteten Zeitraum von 20 Jahren ergeben sich maximale Energieeinsparungen bzw. -substitutionen in Höhe von insgesamt ca. 90 TWh (ca. 50 TWh bei Wärme und ca. 40 TWh bei Strom). Die zeitliche Entwicklung der Energieeinsparungen ist in Abbildung 3-16 dargestellt.

Analog dazu entwickeln sich die Umsatzeinbußen in der Energieversorgungswirtschaft (siehe Abbildung 3-17). Diese belaufen sich für den Zeitraum von 20 Jahren auf insgesamt ca. 153 Mrd. Franken. Wie auf Grund des gewählten Berechnungsansatzes zu erwarten war, entspricht dieser Wert nahezu den Gesamtinvestitionen in Höhe von ca. 159 Mrd. Der Unterschied in Höhe von ca. 6 Mrd. Franken ist durch den vereinfachten Ansatz bei der Berechnung der Förderquoten zu begründen, bei dem die Preisentwicklung der konventionellen Referenzsysteme unberücksichtigt blieb.

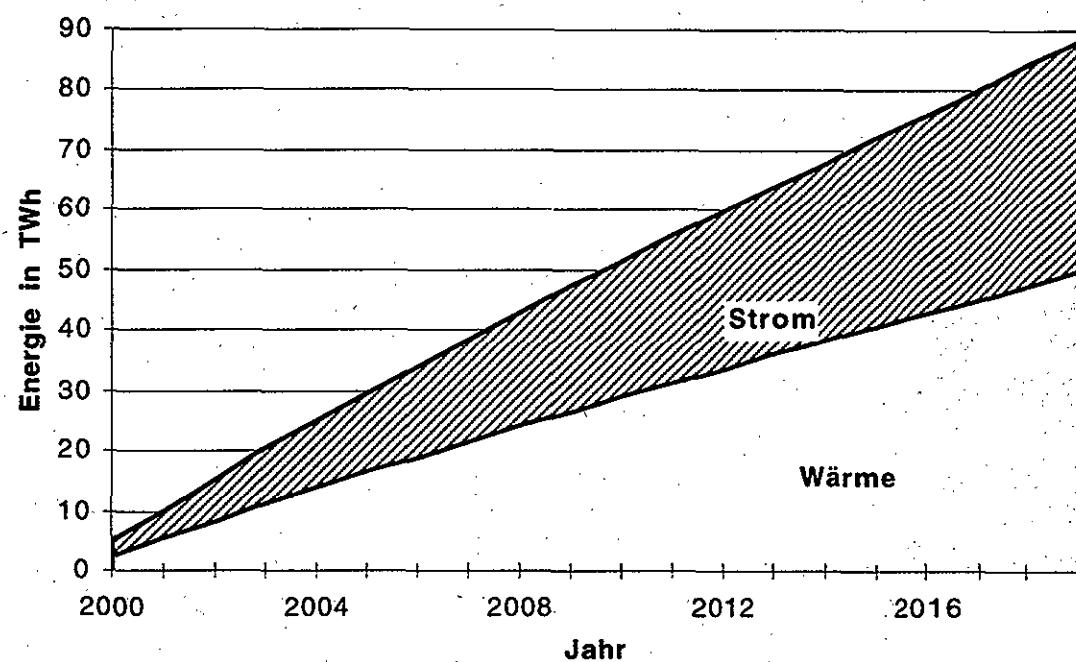


Abbildung 3-16: Substituierte bzw. eingesparte Energie in TWh

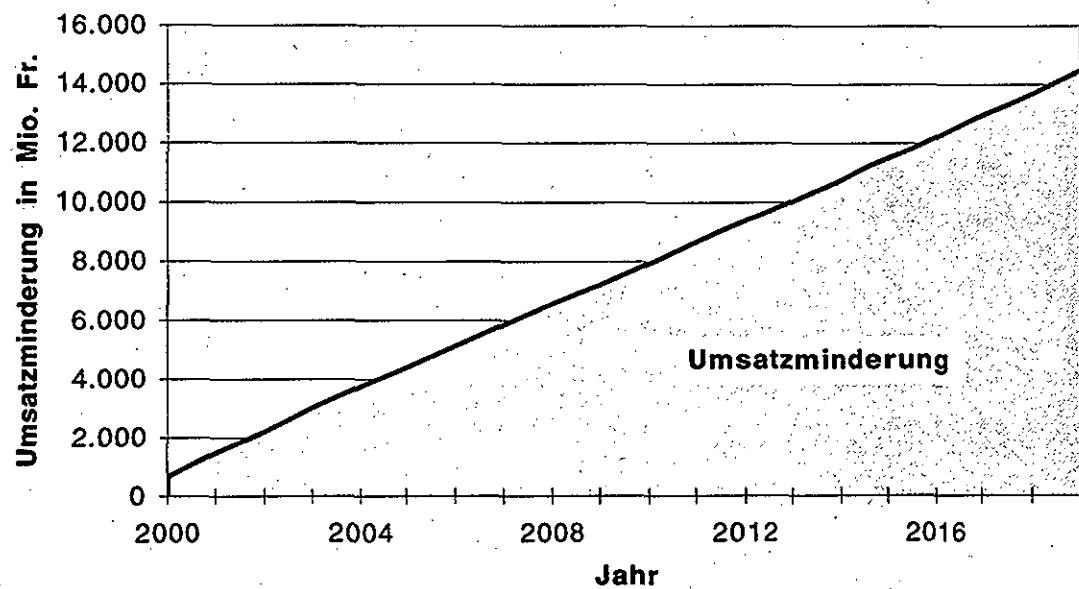


Abbildung 3-17: Umsatzminderungen in der Energieversorgungswirtschaft

In Folge dessen liegen die negativen Beschäftigungseffekte bei durchschnittlich 44.000 Arbeitsplätzen. Bilanziert man die positiven (ca. 112.000) und die negativen Brutto-Arbeitsplatzeffekte so ergeben sich für das betrachtete Szenario ohne Berücksichtigung der Fiskalverluste positive Netto-Beschäftigungseffekte in Höhe von durchschnittlich 68.000 Arbeitsplätzen (siehe Abbildung 3-18). Werden die Fiskalverluste mitberücksichtigt, liegen die positiven Beschäftigungseffekte in der Höhe von durchschnittlich 63.000 Arbeitsplätzen.

An dieser Stelle muß betont werden, daß die Elastizität des Arbeitsmarktes nicht genau erfaßt werden konnte. Ein über 20 Jahre angelegtes Förderprogramm mit einem Finanzvolumen von jährlich 880 Mio. Franken wird nicht sprunghaft, sondern über den Zeitraum mehrerer Jahre, eingeführt werden. Dies bedingt, daß sich sowohl die ausgelösten Investitionen als auch die positiven und negativen Arbeitsplatzeffekte nicht sprunghaft einstellen werden. In der Realität werden mehrere Jahre vergehen, bis das Förderprogramm in vollem Umfang wirksam wird. Aus methodischen Gründen konnte die Einführungsphase des Förderprogramms nicht modelliert werden.

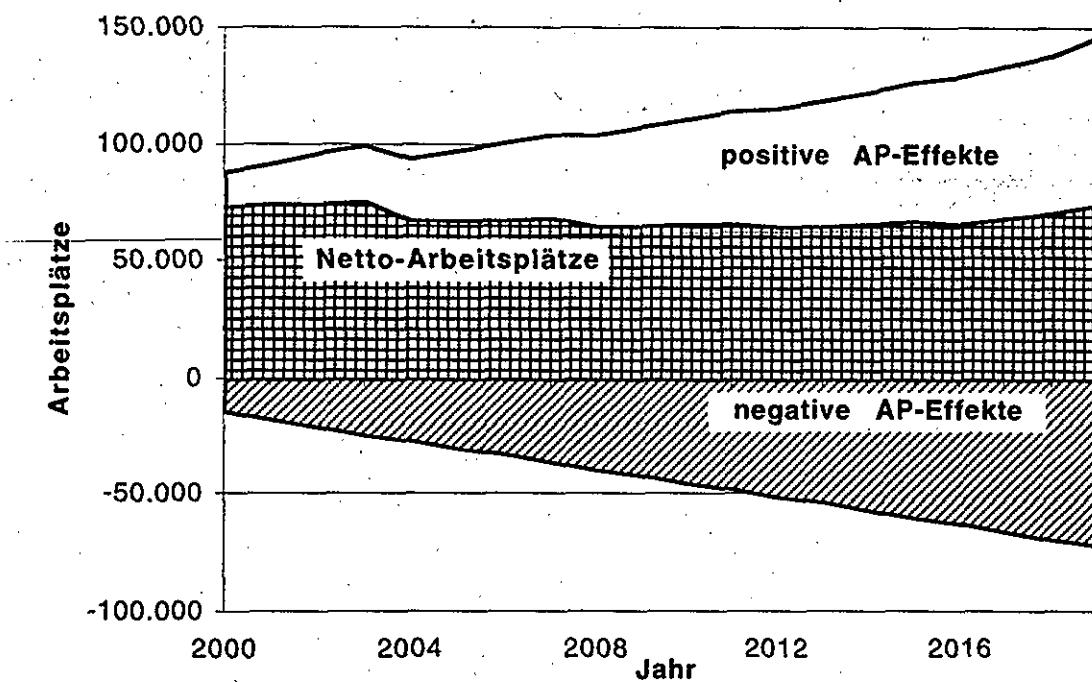


Abbildung 3-18: Bilanz positiver und negativer Beschäftigungseffekte (ohne Berücksichtigung von Fiskalverlusten)

3.3.9 Diskussion und kritische Betrachtung der Berechnungsansätze

Grundlage für die Berechnung der ausgelösten Investitionen waren die Energiegestehungskosten der einzelnen Technologien. Hier wurden für die jeweiligen Techniken Preisspannen angegeben und ein deren Entwicklung über einen Zeitraum von Jahren abgeschätzt (siehe Abbildung 3-4 und Abbildung 3-5). Insbesondere für den Bereich der Photovoltaik und der Solarthermie wurden große Kostendegressionen angenommen. Inwieweit sich diese Kostenentwicklungen in den kommenden 20 Jahren bewahrheiten, ist nur schwer abzuschätzen.

Zur Abschätzung der Kostenentwicklung wurden für jede Technologie Literaturquellen ausgewertet, in denen die künftige technologische Entwicklung und die Kostenentwicklung der mittel- und langfristig abgeschätzt wurde. Fixpunkte der Prognose sind die Jahre 1996/97 (heute) und die Jahre 2010 und 2020. Die Energiegestehungskosten für die dazwischenliegenden Zeiträume werden jeweils linear interpoliert. Einen Überblick über die in dieser Studie angenommenen Entwicklungen zeigt Tabelle 3-7 sowie Abbildung 3-4 und Abbildung 3-5. Hierbei zeigt sich, daß insbesondere in den Bereichen der direkten Sonnenenergienutzung (solarthermische Anwendungen und Photovoltaik) deutliche Kostenreduktionen infolge verbesserter Produktionsmethoden bei Massenfertigung und höherer Wirkungsgrade in den kommenden Jahren zu erwarten sind. Im Bereich der rationellen Energienutzung werden hingegen keine signifikanten Kostenreduktionen erwartet. Für den Bereich der erneuerbaren Energien Photovoltaik, Solarthermie und Biomasse wurden die zu erwartenden Kostenreduktionen in Kapitel 1.1 dieser Studie ausführlich vorgestellt.

Im Bereich der Solarthermie (direkte Sonnenenergie Wärme) liegen die heutigen Energiegestehungskosten zwischen 0,03 Fr./kWh für Heutrocknung und 0,47 Fr./kWh (Röhrenkollektoren) /SOFAS, Juli 1997/. Energiegestehungskosten von Flachkollektoren und unverglasten Kollektoren liegen innerhalb dieser Preisspanne. Für die weitere Berechnung ist die Ermittlung dieser Zwischenwerte aber nicht notwendig, da für nur Ober- und Untergrenzen der Preisspannen in die Berechnung einfließen. Bis zum Jahr 2010 wurde eine Kostenreduktion von ca. 30% im Vergleich zu 1997 angenommen /Andrew, A., LTI-Research-Team, 1995/. Diese wirkte sich allerdings nicht auf die Techniken zur Heutrocknung aus, da diese bereits heute als ausgereift betrachtet werden können, so daß der untere Wert der angegebenen Preisspanne unverändert bleibt. Für das Jahr 2010 werden für Röhrenkollektoren Energiegestehungskosten von ca. 0,31 Fr./kWh angesetzt. Bis zum Jahre 2020 reduzieren sich die Kosten für Röhrenkollektoren im Vergleich zu 1997 um ca. 70% /Andrew, A., LTI-Research-Team, 1995/, so daß sich ein Energiepreis von 0,13 Fr./kWh ergibt. Der untere Wert für Kollektoren für Heutrocknung bleibt weiterhin unverändert

Die Energiegestehungskosten für Photovoltaik (direkte Sonnenenergie Strom) bewegen sich im Bereich zwischen 0,80 und 1,52 Fr./kWh /AG Solar '91, Oktober 1997; Altner, et al., 1995; Meliß, M., 1998/. Bis zum Jahr 2010 wird eine Kostendegression von 50% /Altner, et al., 1995; EUREC, November 1994a/ angenommen, so daß sich Energiegestehungskosten von 0,40 bis 0,75 Fr./kWh ergeben. Bis zum Jahr 2020 reduzieren sich die Energiekosten aus Photovoltaik um ca. 75% /EUREC, November 1994a/. Als Untergrenze der zu erwartenden Kosten wird ein sehr optimistischer Wert von 0,13 Fr./kWh angenommen /Teres II, 1996/. Die obere Preisgrenze wird mit 0,30 Fr./kWh angesetzt.

Für die Stromerzeugung aus Biomasse (indirekte Sonnenenergie Strom) liegen die Energiekosten im Jahr 1997 zwischen 0,04 und 0,45 Fr./kWh. Die große Differenz ergibt sich aus den z.T. großen Unterschieden der Vielzahl von Anlagen, die zu unterschiedlichen Bedingungen (Brennstoff, Anlagengröße, Betriebsstundenzahl, Konversionsverfahren etc.) Strom produzieren. Bis zum Jahr 2010 wird für die teuersten Techniken eine Reduktionspotential von ca. 15% angesetzt /Teres II, 1996/. Die Energiekosten aus den kostengünstig produzierenden Anlagen erfahren keine weitere Kostensenkung. Somit ergibt sich für das Jahr 2010 eine Preisspanne von 0,04 bis 0,39 Fr./kWh. Für das 2020 werden Kostenreduktionen von ca. 25% angesetzt /Teres II, 1996/, so daß sich eine Preisobergrenze von 0,33 Fr./kWh und eine Untergrenze von 0,03 Fr./kWh ergibt.

Die Kosten für Wärmeerzeugung aus Biomasse (indirekte Sonnenenergie Wärme) liegen im Jahr 1997 zwischen 0,02 und 0,21 Fr./kWh /Nussbaumer, T., Juli 1997; EUREC, November 1994b; Teres II, 1996; Meliß, M., 1998/. Bis zum Jahr 2010 wird ein Kostenreduktionspotential von 10% angenommen /Teres II, 1996/. Die Techniken, die heute bereits Wärme zu Preisen, die an der Untergrenze der Preisspanne liegen, produzieren, erfahren keine weiteren Kostensenkungen. Im Jahre 2010 werden deshalb Energiegestehungskosten von 0,02 bis 0,19 Fr./kWh angesetzt. Es wird angenommen, daß ab dem Jahr 2010 für alle in Frage kommenden Techniken keine weiteren Kostenreduktionen zu verzeichnen sind.

Für die Techniken im Bereich der rationellen Energieverwendung werden mit Ausnahme der Geothermie keine weiteren Kostenreduktionen angenommen. Eine Abschätzung eventuell zu erwartender Kostensenkungen kann auf Grund mangelnder Datenquellen nicht erfolgen. Falls sich dennoch Kostensenkungen ergeben sollten, so ist der hier gewählte Ansatz anwendbar, da sichergestellt ist, daß nur die minimal zu erwartenden Effekte berechnet werden.

Die Wärmegestehungskosten aus Geothermie liegen im Jahr 1997 zwischen 0,02 und 0,21 Fr./kWh. Bis zum Jahr 2010 wird eine Kostenreduktion um 5% für den oberen Bereich der

Preisspanne angenommen. Die kostengünstigsten Techniken bleiben unverändert. Die Wärmegestehungskosten liegen dann zwischen 0,02 und 0,20 Fr./kWh. Bis zum Jahr 2020 reduzieren sich die Kosten im Vergleich zu 1997 um 8%, so daß die Wärmegestehungskosten zwischen 0,02 und 0,19 Fr./kWh liegen /Teres II, 1996/.

Die förderbaren Kosten der einzelnen Technologie wurden so festgelegt, daß zunächst die Technologien gefördert werden, deren Energiegestehungskosten bereits heute im Vergleich zu den konventionellen Technologien wirtschaftlich sind bzw. an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit liegen (siehe Abbildung 3-6). Im Laufe des Förderprogramms wird die Bandbreite der förderbaren Kosten alle 4 Jahre erweitert, so daß bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes nach 20 Jahren alle betrachteten Techniken von Fördermaßnahmen erfaßt werden. Die angesetzten förderbaren Kosten sind durch eine obere und untere Preisgrenze gekennzeichnet. Dies hat zur Folge, daß bei den berechneten Förderquoten, Hebeleffekten und ausgelösten Investitionen eine Spreizung auftritt. Inwieweit auch teurere Anlagen gebaut werden, bei denen der Betreiber eine höhere Eigenbeteiligung aufbringen will, kann nicht ermittelt werden. Eine höhere Eigenbeteiligung des Betreibers hätte höhere Hebeleffekte und damit höhere Investitionen zur Folge. Durch den hier gewählten Ansatz ist sichergestellt, daß minimale Hebeleffekte in die Rechnung einfließen und damit eine untere Spanne an Investitionen ausgelöst wird. Durch diese vorsichtige Herangehensweise wird ein eher niedrigerer Arbeitsplatzeffekt errechnet. An dieser Stelle sei betont, daß es sich bei der vorliegenden Studie um ein WENN-DANN-Analyse handelt. Es können nur maximale und minimale Effekte prognostiziert werden, in denen sich das Förderprogramm unter den angenommenen Voraussetzungen bewegen kann. Aus diesem Grund wurden mehrere Szenarien berechnet.

Das optimistische Szenario geht davon aus, daß Technologien mit geringen Energiegestehungskosten gefördert werden. Daraus lassen sich geringe Förderquoten ableiten, die wiederum hohe Investitionen und damit hohe Brutto-Arbeitsplatzeffekte auslösen.

Das pessimistische Szenario beschreibt die Auswirkungen, wenn Technologien deren Energiegestehungskosten an der oberen Grenze liegen gefördert werden. Dieses Szenario ist durch höhere Förderquoten, geringere ausgelöste Investitionen und geringere Brutto-Arbeitsplatzeffekte gekennzeichnet. Überträgt man die oben angewandte Methode zur Abschätzung der Netto-Arbeitsplätze auf dieses Szenario, so lassen sich die Minimalwirkungen der Solarinitiative abschätzen. Durchschnittlich werden ca. 68.000 Brutto-Arbeitsplätze geschaffen. Dem gegenüber stehen ca. 20.000 Arbeitsplätze, die in der Energieversorgungswirtschaft durch Umsatzeinbußen in Höhe von durchschnittlich 4,9 Mrd. Franken pro Jahr verdrängt werden. Durchschnittlich werden

ca. 30 TWh Strom und Wärme durch den Einsatz erneuerbarer Energien und rationeller Energieverwendung eingespart.

Eine Synthese der beiden oben beschriebenen Szenarien bildet das mittlere oder realistische Szenario, welches den Mittelwert der beiden anderen Szenarien darstellt. Es ist nicht davon auszugehen, daß ausschließlich teure oder ausschließlich kostengünstige Techniken gefördert werden. Vielmehr wird sich ein Mix aus unterschiedlichen Techniken und Preisen einstellen, der allerdings nicht detailliert und branchenspezifisch vorhergesagt und berechnet werden kann.

Die Ermittlung der Hebelelemente und der daraus resultierenden Gesamtinvestitionen für die Installation sowie den Betrieb und Unterhalt der Anlagen sind maßgeblich abhängig von den zu fördernden Kosten, der angenommenen Lebensdauer der Anlagen und den jährlichen Betriebskosten. Die Problematik der förderbaren Kosten wurde in Kapitel 3.3.4 diskutiert. Die angenommene Lebensdauer sowie die Kosten für Betrieb und Unterhalt der Anlagen entsprechen den Daten, die in der Regel bei der Projektierung und auch in anderen Studien dieser Art Verwendung finden.

Eine Potentialanalyse wurde für die einzelnen Technologiebereiche nicht durchgeführt. Es wurde nicht abgeschätzt, inwieweit die berechneten Investitionen realisiert werden können, d.h. ob genügend Produktionskapazitäten für Anlagen zur Verfügung stehen und ein genügend großes Einsatzpotential für die Installation von Anlagen der jeweiligen Technologiebereiche in der Schweiz vorhanden ist. Dies gilt insbesondere im Fall des optimistischen Szenarios, bei dem hohe Investitionen und damit eine große Installationszahl ausgelöst werden.

Bei der Berechnung der eingesparten bzw. substituierten Energie wurden die mittleren ausgelösten Investitionen mit den mittleren Energiegestehungskosten der einzelnen Technologien korreliert. Dieser Ansatz stellt nur eine Abschätzung dar, weil nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann, zu welchen Kosten Energie produziert wird und wie hoch die substituierte bzw. eingesparte Energiemenge durch die installierten Anlagen ist. Auch hier stellt sich wiederum die Frage nach den Nutzungspotentialen der einzelnen Technologiebereiche.

Die Abschätzung der aus den Verdrängungseffekten resultierenden Mindereinnahmen bei der Energieversorgungswirtschaft ist direkt abhängig von der eingesparten bzw. substituierten Energiemenge. Die Abschätzung erfolgte für ein mittleres Szenario, welches sich aus dem Mittelwert des optimistischen (Förderung der preisgünstigeren Techniken => maximale ausgelöste Investitionen) und des pessimistischen Szenarios (Förderung der preisungünstigeren Techniken => minimale ausgelöste Investitionen) ergibt. Die Potentialproblematik wurde nicht berücksichtigt. Inwieweit die Minderumsätze direkt negativ beschäftigungswirksam werden wurde nicht

miteinkalkuliert. Es wurde davon ausgegangen, daß die Minderumsätze zu 100 Prozent beschäftigungswirksam werden.

Des weiteren konnte die Höhe der Importquoten der eingesetzten Solar- und Einspartechniken nicht genau ermittelt werden.

Analysiert man allerdings die sektorelle Struktur der erzeugten Bruttarbeitsplätze so wird ersichtlich, daß ein großer Teil dieser Arbeitsplätze nur vor Ort (also in der Schweiz) aktiv sein können. Insbesondere gilt dies für die geschaffenen Arbeitsplätze aus den Kosten des Betriebes und des Unterhalts der Anlagen aus erneuerbaren Energien, diese sind im Mittel aller drei Szenarien bei ca. 35% der Arbeitsplätze.

Bei einer detaillierteren Analyse erkennt man weitere große Arbeitsplatzpotentiale die in jedem Fall in der Schweiz entstehen werden. Zum Beispiel kann im realistischen Szenario mit einem positiven Bruttobeschäftigungseffekt auf der Verwendungsseite in Höhe von rd. 112.000 neu beschäftigten Personen im Durchschnitt des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren gerechnet werden. Dabei entfallen ca. 16.000 neue Arbeitsplätze auf den Sektor "Ausbaugewerbe/Fertigstellung", wobei ca. 40% dieser Beschäftigungseffekte neue Arbeitsplätze durch die laufenden Betriebskosten verursacht werden. An zweiter Stelle profitiert die Wirtschaftsbranche "Allgem. Dienstleistungen, Consulting" von einer Förderung regenerativer und rationeller Energietechniken. In diesem Sektor werden durchschnittlich ca. 13.000 neue Arbeitsplätze entstehen. Dabei liegt der Anteil der durch Betriebskosten ausgelösten Beschäftigungseffekte in diesem Sektor bei lediglich ca. 14 %. Im Bauhauptgewerbe entstehen ca 9000 neue Arbeitsplätze, fast ausschließlich durch Investitionen. Im "Einzelhandel" entstehen ca. 9.000 neu geschaffenen Arbeitsplätze (ca. 23 % infolge von Betriebskosten ausgelöst). Dieses sind Branchen die im wesentlichen vor Ort, dort wo die Anlagen erneuerbarer Energie installiert werden arbeiten müssen.

Die weiteren hauptsächlich profitierenden Wirtschaftsbereiche sind "Maschinen-/Fahrzeugbau" mit ca. 11.000 Beschäftigten (durch Betriebskosten ausgelöster Anteil: ca. 17 %), sowie "Großhandel" mit ca. 9.000 neuen Beschäftigten (ca. 42 % durch laufende Betriebskosten ausgelöst). Die restlichen ca. 45.000 neuen Arbeitsplätze werden bei einem durch Betriebskosten ausgelösten Beschäftigtenanteil von ca. 26 % in den übrigen 31 Sektoren (z.B. Elektronik, Transport etc.) auftreten. Bei diesen Branchen hängt der Anteil der Arbeitsplätze wesentlich davon ab inwieweit die Schweiz selber Produzent der Anlagentechnologien wird.

Dasselbe gilt für die substituierten Arbeitsplätze, wieviele davon im Ausland und wieviele im Inland sind, läßt sich im Rahmen dieser Arbeit nicht ermitteln.

Der Startpunkt der in dieser Studie berechneten Szenarien ist das Jahr 2000. Bei der Entwicklung der Szenarien wurde nicht berücksichtigt, wie schnell die "Solarinitiative" in der Schweiz eingeführt werden kann und wann die volle Summe der Fördergelder zur Verfügung steht. Für die Berechnung der Arbeitsplatzeffekte ist dies unerheblich, da der Berechnungsansatz so gewählt wurde, daß der Startpunkt der Szenarien linear verschoben werden kann.

3.4 DISKUSSION UND KRITISCHE WÜRDIGUNG DER "NETTO"-ARBEITSPLATZEFFEKTE AUF GRUND BESTEHENDER SCHWEIZERISCHER STUDIEN

3.4.1 Gegenüberstellung aktueller schweizerischer Studien

Das nachfolgende Kapitel gibt eine Übersicht einiger derzeitig in der öffentlichen Diskussion befindlicher Studien und Veröffentlichungen, die sich mit der Thematik der Beschäftigungswirkungen rationeller Energienutzung und erneuerbarer Energien in der Schweiz auseinandersetzen.

Die Annahmen und Ergebnisse von fünf schweizerischen Veröffentlichungen zeigt Tabelle 3-12 im Überblick. Die Studien stützen sich zum Teil auf empirisch ermittelte Daten aus aktuellen Förderprogrammen in der Schweiz (Infras, Econcept), zum anderen auf Perspektivrechnungen (Infras, EBP, Suter), die potentielle Fördermöglichkeiten und die sich daraus ergebenden Beschäftigungseffekte (z.B. Erhebung des Solarrappens) sowie der hier vorgestellten Ergebnisse. Allen gemeinsam ist die Tatsache, daß die Beschäftigungswirkungen nicht exakt quantifiziert werden können, da immer nur Abschätzungen an Hand von Modellrechnungen und Erfahrungswerten aus anderen Förderprogrammen erfolgen können.

Ein Vergleich der Studien zu Beschäftigungseffekten durch die Einführung erneuerbarer Energien und rationeller Energieverwendung muß den unterschiedlichen Charakter der jeweiligen Fördermaßnahme bzw. des Förderprogrammes berücksichtigen. Ein langfristiges Förderprogramm wie die Solarinitiative kann nicht direkt mit einem Impulsprogramm, wie das Investitionsprogramm Energie 2000, verglichen werden.

Ein Impulsprogramm beabsichtigt die kurzfristige Förderung von Technologien, die nahe der Wirtschaftlichkeit sind. In diesem Fall können mit geringem Förderaufwand (geringes Fördervolumen, geringe Förderquoten) Mittel große Wirkungen in Bezug auf die getätigten Investitionen erreicht werden. Von einer solchen kurzfristigen Anschubfinanzierung sind keine langfristigen und anhaltenden Effekte in Bezug auf Arbeitsplätze zu erwarten.

Ein Technologieförderprogramm wie die Solarinitiative setzt auf eine langfristig angelegte Förderstrategie und berücksichtigt Technologien, die aus heutiger Sicht noch nicht wirtschaftlich im Vergleich zu konventionellen Technologien sind. Ein solches Förderprogramm bewirkt anhaltende Effekte in Bezug auf Arbeitsplätze und die schrittweise Einführung neuer Technologien in das

bestehende Energiesystem. Vor diesem Hintergrund, der verschiedenen Strukturen der Programme (mit unterschiedlichen Hebelwirkungen) können Ergebnisse der dargestellten Studien nur bedingt miteinander verglichen werden.

Beschäftigungswirkungen bestimmter wirtschaftlicher Aktivitäten können im wesentlichen auf zwei Arten ermittelt werden. Es kann entweder die Gesamtzahl der mit diesen Aktivitäten verknüpften Arbeitsplätze ermittelt werden (= Bruttowirkungen) oder es kann die Zahl der zusätzlich durch diese Tätigkeiten geschaffenen Arbeitsplätze in einer bestimmten Region ermittelt werden (= Nettowirkungen). Bei der Ermittlung der Nettowirkungen werden direkte und indirekte Positiv- bzw. Negativeffekte gegeneinander verrechnet.

Direkte Positiveffekte entstehen durch zusätzliche Finanzflüsse in Branchen und Berufsgruppen, welche mit Energiespar-Aktivitäten und der Produktion erneuerbarer Energien verbunden sind. In diesen Branchen, z.B. Bauhaupt- und Ausbaugewerbe, Maschinen, Teile der metallverarbeitenden Industrie oder der Holzwirtschaft, werden Investitionen getätigt und damit Wertschöpfung und Beschäftigung geschaffen.

Direkte Negativeffekte entstehen durch Mittelabflüsse aus dem Bereich konventioneller Energien. Auf Grund der Energiesparmaßnahmen und der zusätzlichen Produktion erneuerbarer Energien wird der Verbrauch konventioneller Energien reduziert. Dadurch verringern sich in diesen Branchen (und den entsprechenden Vorleistungsbranchen) Umsätze und Wertschöpfung. Ein negativer Beschäftigungseffekt ist die Folge. Auf Grund der sehr kapitalintensiven Produktion in diesen Branchen und den geringen Wertschöpfungsanteilen in der Schweiz fällt dieser Effekt jedoch vergleichsweise schwach aus.

Indirekte Negativeffekte resultieren aus Mittelabflüssen aus den übrigen Wirtschaftsbranchen. Diese entstehen weil die zusätzlichen Investitionen und Ausgaben im Bereich der Energieeffizienz-Branchen Mittel beanspruchen, welche sonst in die übrige Wirtschaft geflossen wären.

Indirekte Positiveffekte resultieren durch Mittelflüsse in die übrigen Branchen. Die erzielten Energieeinsparungen führen auf der anderen Seite zu einem Einkommenseffekt, da weniger für die konventionellen Energien ausgegeben werden muß. Es werden Mittel frei, die teilweise für andere Güter und Dienstleistungen ausgegeben werden. Dadurch ergibt sich ein kompensierender positiver Beschäftigungseffekt in den übrigen Wirtschaftsbranchen. Der Ersatz von importierten Treibstoffen kann auch positive Effekte bewirken. Aufgrund der verringerten Importe kann mehr Geld im Inland verbleiben, was dann wiederum der eigenen Volkswirtschaft zu Gute kommt.

Multiplikatoreffekte resultieren aus durch im Inland zusätzlich geschaffene Arbeitsplätze, die wiederum zusätzliche Einkommen entstehen lassen. Diese Einkommen führen wieder zu Konsumausgaben und Investitionen und damit zu nachgelagerten Beschäftigungswirkungen, sogenannten Multiplikatoreffekten. Die Höhe des Multiplikatoreffektes hängt primär von der Sparquote ab. In schweizerischen Studien schwankt er zwischen 1,0 und 1,6. Man kann von einem durchschnittlichen Multiplikatoreffekt von 1,3 ausgehen. Dies bedeutet, daß die sekundären Beschäftigungseffekte in einer Größenordnung von 30% der primären Wirkungen liegen.

Zur Abschätzung der Beschäftigungseffekte können sogenannte Schätzmodelle verwendet werden. Diese ermöglichen eine Modellierung der Aufteilung der Mittelflüsse auf die einzelnen Branchen und die daraus resultierenden Arbeitsplatzeffekte. Diese Art der Berechnung ist z.T. sehr detailliert und kann als eine Möglichkeit angesehen werden, positive und negative Beschäftigungseffekte, d.h. Netto-Arbeitsplatzeffekte genauer abzuschätzen.

Eine andere Möglichkeit Beschäftigungseffekte abzuschätzen, ist die Auswertung von Erfahrungswerten und empirisch ermittelten Daten von vergleichbaren und bekannten Aktivitäten. Dabei werden die Mittelflüsse in die einzelnen Branchen in der Regel nicht genau bestimmt. Aus diesem Grund ist die Genauigkeit solcher Verfahren bei der Abschätzung der Negativwirkungen und der indirekten Wirkungen nicht so hoch wie bei den detaillierteren Schätzmodellen.

Von den betrachteten Studien verwenden */Infras, September 1997/* und */EBP, Oktober 1996/* ein Schätzmodell, alle anderen Studien basieren auf Abschätzungen mit Hilfe von Erfahrungswerten und empirisch ermittelten Daten (s. Tabelle 3-13).

Einer der entscheidenden Faktoren bei der Abschätzung von Beschäftigungseffekten ist neben der Höhe der Fördermittel die angenommene Hebelwirkung der Fördermaßnahme. Je größer die Hebelwirkung ist, desto größer sind die ausgelösten Investitionen pro Franken Fördermittel (Beispiel: Eine Hebelwirkung von 10 bedeutet, daß mit 1 Mio. Franken Fördergeld Investitionen in Höhe von 10 Mio. Franken ausgelöst werden.). Je höher die ausgelösten Investitionen sind, desto größere Beschäftigungseffekte sind zu erwarten. Die Hebelwirkung muß bei allen Berechnungsverfahren von vornherein angenommen werden.

Die Gegenüberstellung der vorliegenden Studien zeigt, daß die angesetzten Hebelwirkungen stark variieren (s. Tabelle 3-12). Die geringste Hebelwirkung wird von */EBP, Oktober 1996/* mit 3,1 angenommen. Im Vergleich dazu liegen bei den anderen Studien die Hebelwirkungen mit Werten zwischen 8 und 13,3 deutlich höher.

Tabelle 3-12: Beschäftigungseffekte rationeller Energienutzung und erneuerbarer Energien in der Schweiz - Übersicht

Quellen	Förderbeitrag Mio. Fr. p.a.	Hebel- wirkung ^{*)}	Investitionen Mio. Fr. p.a.	Arbeitsplätze pro Jahr	Arbeitsplätze pro Mio. Fr. ^{*)}
---------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	---------------------------	---

Auswertung der Berichte bzgl. des Förderprogrammes Energie 2000

/Infras, September 1997/	15,1	13,3	202	1.520	7,5
/Econcept, Juli 1996/			216 (1990 - 1995)	1.100 (in 1995)	

Perspektivrechnungen bzgl. der Beschäftigungswirkungen

/Infras, Mai 1997/	64 in 97-99		524	6.500 brutto	12,4
/EBP, Oktober 1996/	840	3,1	2.600	10.700	4,1
/Suter, M.F., August 1996/					
Variante 1	200	8	1.600	16.000	10
Variante 2	200	13,25	2.650	30.000	11,3
Variante 3	528	8	4.224	42.000	9,9
Variante 4	1.056	8	8.448	84.000	9,9
Variante 5	1.056	13,25	13.992	158.000	11,3

SuisseEE Studie - Wuppertal Institut (inkl. Aufwendungen für B&U-Kosten) :

pess. Szenario	880	min: 5,3 max: 6,9	4.400 5.800 5.000	59.000 85.000 68.000	13,4 14,6 13,6
		Ø: 5,9			
opt. Szenario	880	min: 9,7 max: 16,8	8.100 14.000 10.900	112.000 207.000 155.000	13,8 14,7 14,2
		Ø: 13,1			
real. Szenario (Berechnung der Brutto-AP)	880	min: 7,7 max: 11,9	6.500 10.000 7.900	88.000 146.000 112.000	13,5 14,6 14,1
real. Szenario (Abschätzung der Netto-AP)	880	Ø: 9,5	7.900	68.000	8,6

eigene Berechnung

Tabelle 3-13: Grundlagen und Annahmen zur Berechnung der Beschäftigungseffekte

Quelle	Grundlage und Ansatz der Berechnungen
/Infras, September 1997/	Bewertung der Ressortaktivitäten von Energie 2000 für den Zeitraum 1996 bis 2000. Die Höhe der Fördermittel ist bekannt, die direkt ausgelösten Investitionen können empirisch ermittelt werden, die Anzahl der entstehenden Arbeitsplätze werden über Modellrechnungen geschätzt
/Econcept, Juli 1996/	Bilanzierung der Ressortaktivitäten von Energie 2000 für den Zeitraum 1990 bis 1995. Die Höhe der Fördermittel war bekannt, die direkt ausgelösten Investitionen konnten empirisch ermittelt werden, die Anzahl der entstehenden Arbeitsplätze wurden nach BEW-Richtlinie geschätzt
/Infras, Mai 1997/	Wirtschaftliche Auswirkungen von Investitionshilfen des Bundes für den Zeitraum 1997 bis 1999. Investitionsvolumen, Hebeleffekte und Arbeitsplätze wurden auf der Grundlage von Erfahrungen aus der Subventionspraxis von Bund und Kantonen geschätzt.
/EBP, Oktober 1996/	Die Höhe und Verteilung der Fördermittel wurde den Ergebnissen der Perspektivrechnungen der "Solarinitiative" entnommen. Die wirtschaftlichen Auswirkungen werden mit Hilfe des sog. BG-Modells von ECOPLAN abgeschätzt.
/Suter, M.F., August 1996/	
Variante 1	Berechnung auf Grundlage des Swissolar Impulsprogrammes Erneuerbare Energien 1997-2000. Fördermittel wurden festgesetzt, Hebeleffekte nach Untersuchung in- und ausländischer Studien mit einem Durchschnittsimpulsfaktor von 8 angenommen, Arbeitsplätze pauschal mit 100.000 Fr./a kalkuliert
Variante 2	Auswertung des Berichtes des Bundesrates zum Impulsprogramm für öffentliche Investitionen 1993 bzw. Startimpuls des Bundes 1993
Variante 3	Die Höhe und Verteilung der Fördermittel wurde auf den Ergebnissen der Perspektivrechnungen der "Solarinitiative" basierend für einen Abgabesatz von 0,3 Rp./kWh berechnet. Die Hebeleffekte und die Arbeitsplatzintensitäten wurden aus Variante 1 übernommen.
Variante 4	wie Variante 3, jedoch hochgerechnet bei Abgabesatz in Höhe von 0,6 Rp./kWh
Variante 5	wie Variante 4, jedoch mit höherem Hebeleffekt von 13,25
Wuppertal Institut	Die Höhe und Verteilung der Fördermittel wurde den Ergebnissen der Perspektivrechnungen der "Solarinitiative" entnommen. Die bereitgestellten Fördergelder werden in vollem Umfang ausgeschöpft. Die Energiegestehungskosten werden als Preisspannen angegeben, woraus maximale und minimale Förderquoten und somit minimale und maximale Hebeleffekte resultieren. Die jeweiligen Technologien werden so hoch gefördert, daß die resultierenden Energiegestehungskosten genauso hoch sind, wie die des konventionellen Referenzsystems. Die Nettoarbeitsplätze wurden unter Berücksichtigung der Verdrängungseffekte in der Energieversorgungswirtschaft abgeschätzt.

3.4.2 Die EBP-Studie im Vergleich

Der Vergleich der beiden Studien bezieht sich auf die grundlegenden Annahmen die für die Berechnungen getroffen wurden. Ein Vergleich und eine Bewertung der verwendeten Berechnungsmodelle findet nicht statt.

3.4.2.1 Vergleich der angesetzten Energiegestehungskosten

Der Vergleich der Energiegestehungskosten der jeweiligen Technologiebereiche zeigt z.T. deutliche Unterschiede auf. In den beiden nachfolgenden Abbildungen sind die angenommen minimalen und maximalen Energiegestehungskosten dargestellt. Es zeigt, daß die Werte, die im Rahmen der Studie des Wuppertal Institutes (WI-Studie) ermittelten wurden, eine deutlich größere Preisspanne aufweisen, als die Werte in der EBP-Studie. Die WI-Studie weist in der Regel wesentlich geringere Minimalwerte aus. Dies ist dadurch zu begründen, daß offensichtlich unterschiedliche Literaturquellen bei der Ermittlung der Energiegestehungskosten ausgewertet wurden. Die angenommenen Maximalwerte unterscheiden sich nicht signifikant von den Werten der EBP-Studie, was damit zu begründen ist, daß die technologiespezifischen Energiegestehungskosten der EBP-Studie in die Datenauswertung der WI-Studie eingeflossen sind. Betrachtet man die angenommenen Preisspannen, zeigt sich, daß die Werte der WI-Studie eine wesentlich größere Spreizung aufweisen, als die Preisspannen der EBP-Studie und daß außerdem die Preisuntergrenze deutlich niedriger liegt. Dies bedeutet für den Fall, daß zunächst die kostengünstigeren Technologien gefördert werden, wesentlich geringere Förderquoten (10% der Investitionskosten) und somit höhere Hebelwirkungen (Faktor 10).

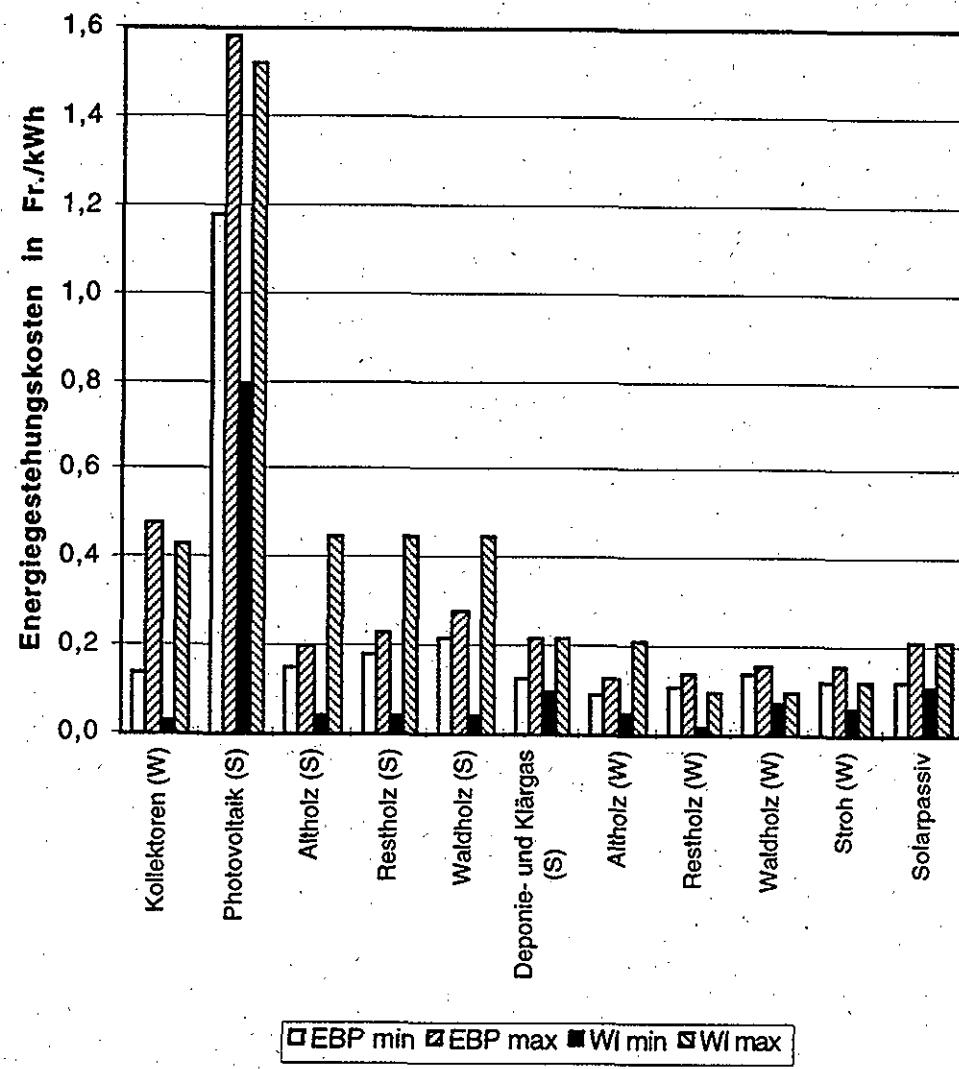


Abbildung 3-19: Gegenüberstellung der Energiegestehungskosten für Sonnenenergie

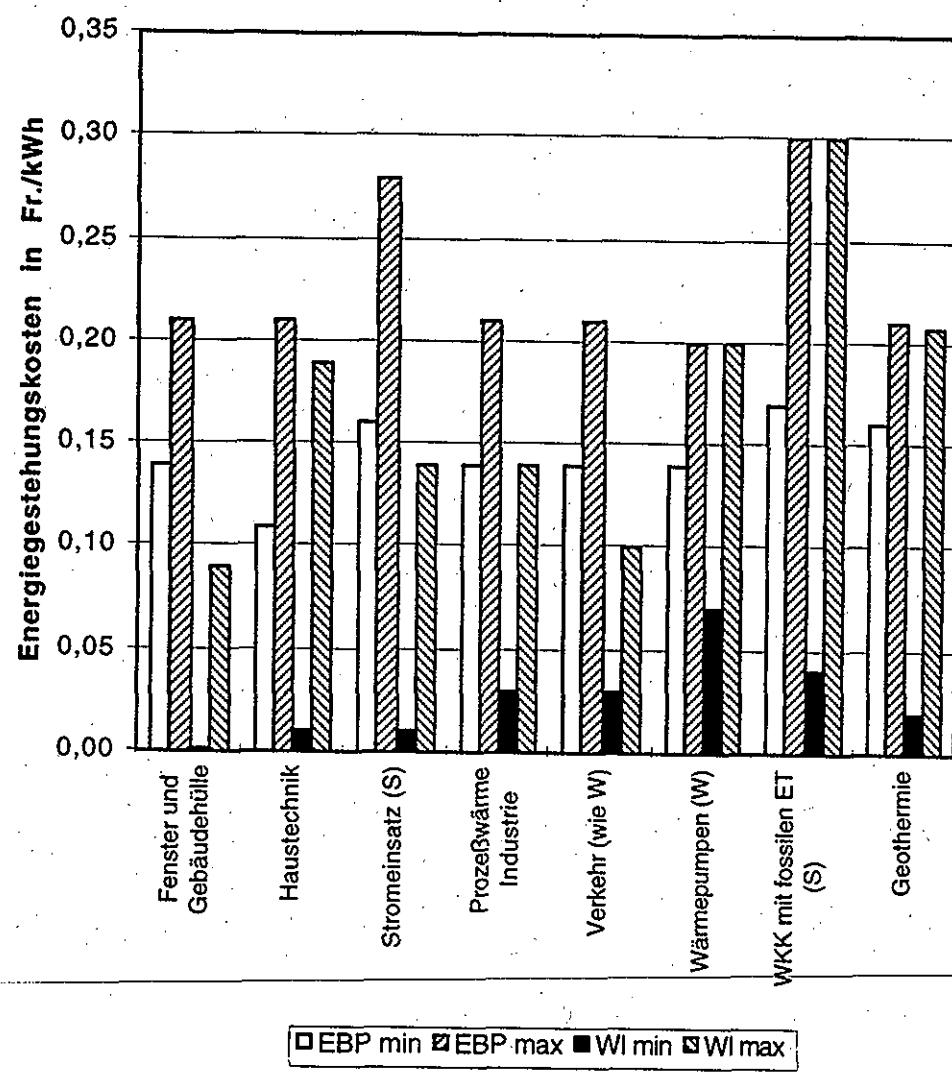


Abbildung 3-20: Gegenüberstellung der Energiegestehungskosten für rationelle Energieverwendung

3.4.2.2 Angesetzte förderbare Kosten

Im Unterschied zur WI-Studie werden die Fördersätze pro kWh für Strom und Wärme in der EBP-Studie wie folgt festgeschrieben:

Tabelle 3-14: Fördersätze der EBP-Studie

Bereich	Jahr	
	2010	2025
Solarenergie-Nutzung	Strom	8 Rp./kWh
	Wärme	4 Rp./kWh
Rationelle Energienutzung	Strom	6 Rp./kWh
	Wärme	3 Rp./kWh

Dies bedeutet, daß nur solche Technologien gefördert werden, deren Energiegestehungskosten maximal so hoch sind, wie die des konventionellen Referenzsystems zuzüglich des o.g. Fördersatzes. Die Kosten des konventionellen Referenzsystems sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Bei dieser Vorgehensweise ist nicht unbedingt sichergestellt, daß die gesamte Preisspanne der jeweiligen Technologien bei der Förderung berücksichtigt wird. Techniken deren Energiegestehungskosten am Ende des Betrachtungszeitraumes immer noch sehr teuer sind, werden von dem Förderkonzept u.U. nicht erfaßt. Der Ansatz der WI-Studie berücksichtigt hingegen eine kontinuierliche Anhebung der förderbaren Kosten, so daß gegen Ende des 20-jährigen Betrachtungszeitraumes, alle Technologien - auch die teuersten - gefördert werden.

Tabelle 3-15: Energiekosten für konventionelle Energiesysteme

Verbraucherkosten Rp./kWh	in 1997	2010	2025
Strom	18	19	20
Wärme	11	12	13

Quelle: /EBP, Oktober 1996a/

Durch Addition der konventionellen Energiekosten und des Fördersatzes erhält man demzufolge die förderbaren Kosten, die Förderquoten sowie die daraus resultierenden Hebelsätze. Diese stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 3-16: Förderbare Kosten, Förderquoten und Hebelsätze der EBP-Studie

Bereich	Jahr					
	2010			2025		
	Förderbare Kosten Rp./kWh	Förder-quote %	Hebel-satz	Förderbare Kosten Rp./kWh	Förder-quote %	Hebel-satz
Solarenergie-Nutzung						
Strom	27	42	2,4	33,2	66	1,5
Wärme	16	33	3,0	19,6	50	2,0
Rat. Energienutzung						
Strom	25	31,5	3,2	26,4	32	3,1
Wärme	15	25	4,0	16,2	24,6	4,1

Die Förderquoten bewegen sich zwischen 25 und 66 Prozent. Die maximale Hebelwirkung liegt bei 4,1. Verglichen mit den berechneten Förderquoten und Hebelsätzen der WI-Studie treten hier deutliche Unterschiede zu Tage. Die Hebelsätze der WI-Studie bewegen sich zwischen 5,9 und 13,1. Im Durchschnitt wird ein Hebelatz von 9,5 berechnet (siehe Tabelle 3-12). Demzufolge resultiert aus den insgesamt geringeren Hebelsätzen ein kleineres Investitionsvolumen und somit geringere Beschäftigungseffekte.

3.4.3 Kritikpunkte

Ein Vergleich der in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Studien zu Beschäftigungseffekten durch die Einführung erneuerbarer Energien und rationeller Energieverwendung muß den unterschiedlichen Charakter der jeweiligen Fördermaßnahme bzw. des Förderprogrammes berücksichtigen. Ein langfristiges Förderprogramm wie die Solarinitiative kann nicht direkt mit einem Impulsprogramm, wie das Investitionsprogramm Energie 2000, verglichen werden.

Ein Impulsprogramm beabsichtigt die kurzfristige Förderung von Technologien, die nahe der Wirtschaftlichkeit sind. In diesem Fall können mit geringem Förderaufwand (geringes

Fördervolumen, geringe Förderquoten) Mittel große Wirkungen in Bezug auf die getätigten Investitionen erreicht werden. Von einer solchen kurzfristigen Anschubfinanzierung sind keine langfristigen und anhaltenden Effekte in Bezug auf Arbeitsplätze zu erwarten.

Ein Technologieförderprogramm wie die Solarinitiative setzt auf eine langfristig angelegte Förderstrategie und berücksichtigt Technologien, die aus heutiger Sicht noch nicht wirtschaftlich im Vergleich zu konventionellen Technologien sind. Ein solches Förderprogramm bewirkt anhaltende Effekte in Bezug auf Arbeitsplätze und die schrittweise Einführung neuer Technologien in das bestehende Energiesystem.

Vor diesem Hintergrund können Ergebnisse der die in Kapitel 3.4.1 dargestellten Studien nur bedingt miteinander verglichen werden.

Die Studien von /Infras, September 1997/, /Econcept, Juli 1996/ und /Infras, Mai 1997/ basieren auf den Auswertungen des Impulsprogrammes Energie 2000 bzw. Perspektivrechnungen zum Investitionsprogramm 97/99. Alle drei Studien analysieren die Wirkungen von Impulsprogrammen. Diese sind gekennzeichnet durch eine geringere Laufzeit und geringere finanzielle Mittel als z.B. bei der Solarinitiative. Die Impulsprogramme haben zum Ziel, bestehende wirtschaftliche Energiesparpotentiale auszuschöpfen. /Infras, September 1997/ und /Econcept, Juli 1996/ betrachten die Beschäftigungswirkungen des Impulsprogrammes Energie 2000. Das Förderprogramm Energie 2000 gliedert sich in die Ressorts Wohnbauten, Gewerbe, Industrie, Spitäler, Treibstoffe und Regenerierbare Energien. Im Gegensatz zu der Solarinitiative und der WI-Studie wird hier der Schwerpunkt der Aktivitäten auf den Bereich der rationellen Energienutzung gelegt und untersucht. Die Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, daß ca. 7,5 Arbeitsplätze pro Mio. Franken netto geschaffen werden. In /Infras, Mai 1997/ werden die Wirkungen des Investitionsprogrammes des Bundes untersucht. Die Förderung erfolgt in den drei Bereichen Gebäudesanierungen, Heizung, Lüftung, Klima sowie erneuerbare Energien. Die Hebelwirkungen in den Bereichen liegen zwischen 10 (Gebäudesanierungen und Heizung, Lüftung, Klima) und 6 (erneuerbare Energien). Die Arbeitsplatzintensitäten liegen zwischen 11,1 und 12,5 pro Mio. Franken Investitionen.

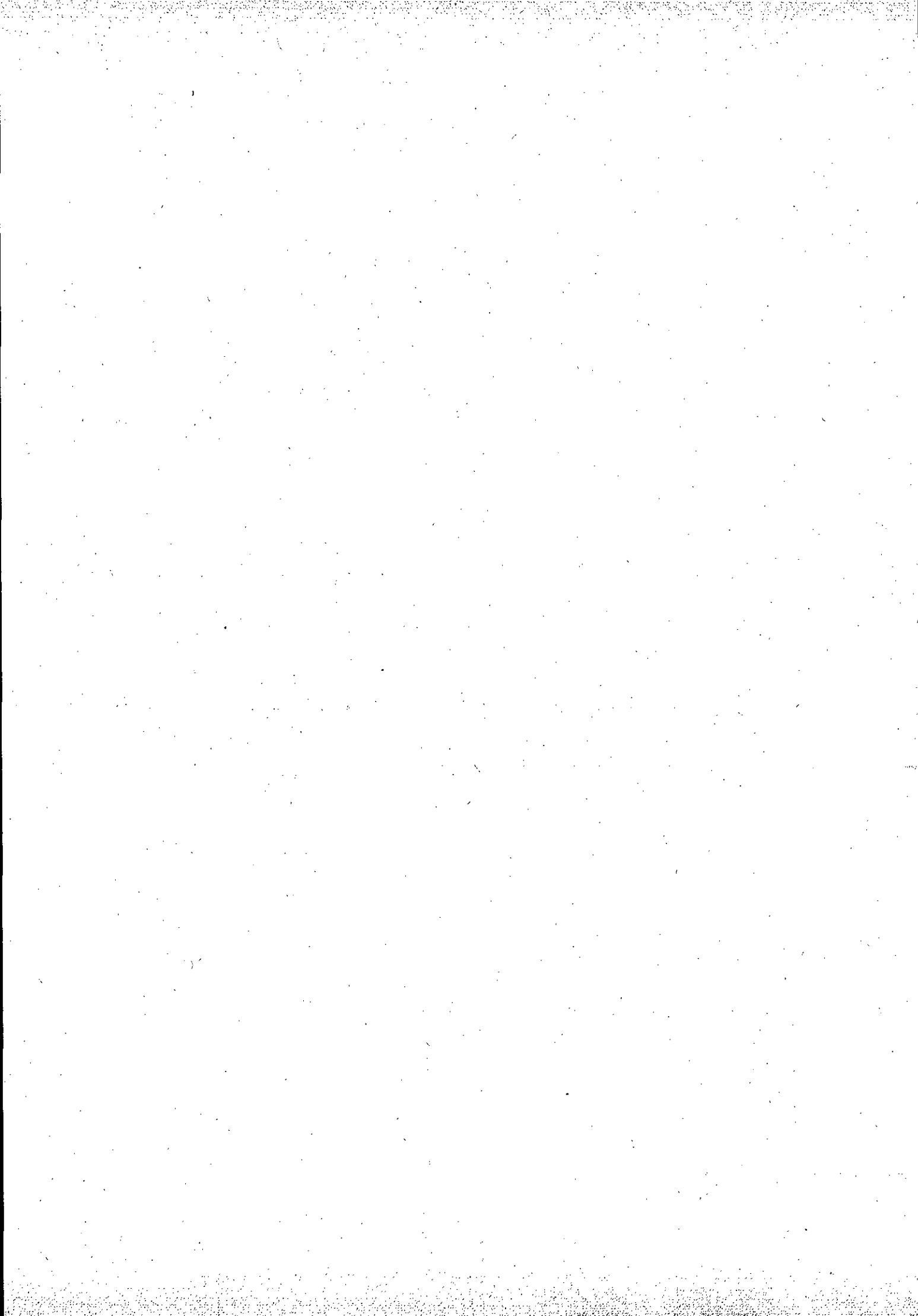
Auf Grund der relativ niedrigen Förderquoten, die typisch für ein Impulsprogramm sind, ergeben sich hohe Hebwirkungen bei den ausgelösten Investitionen und hohe Arbeitsplatzeffekte. Die WI-Studie kommt im realistischen Szenario zu einem Wert von 8,6 AP/Mio. Fr.

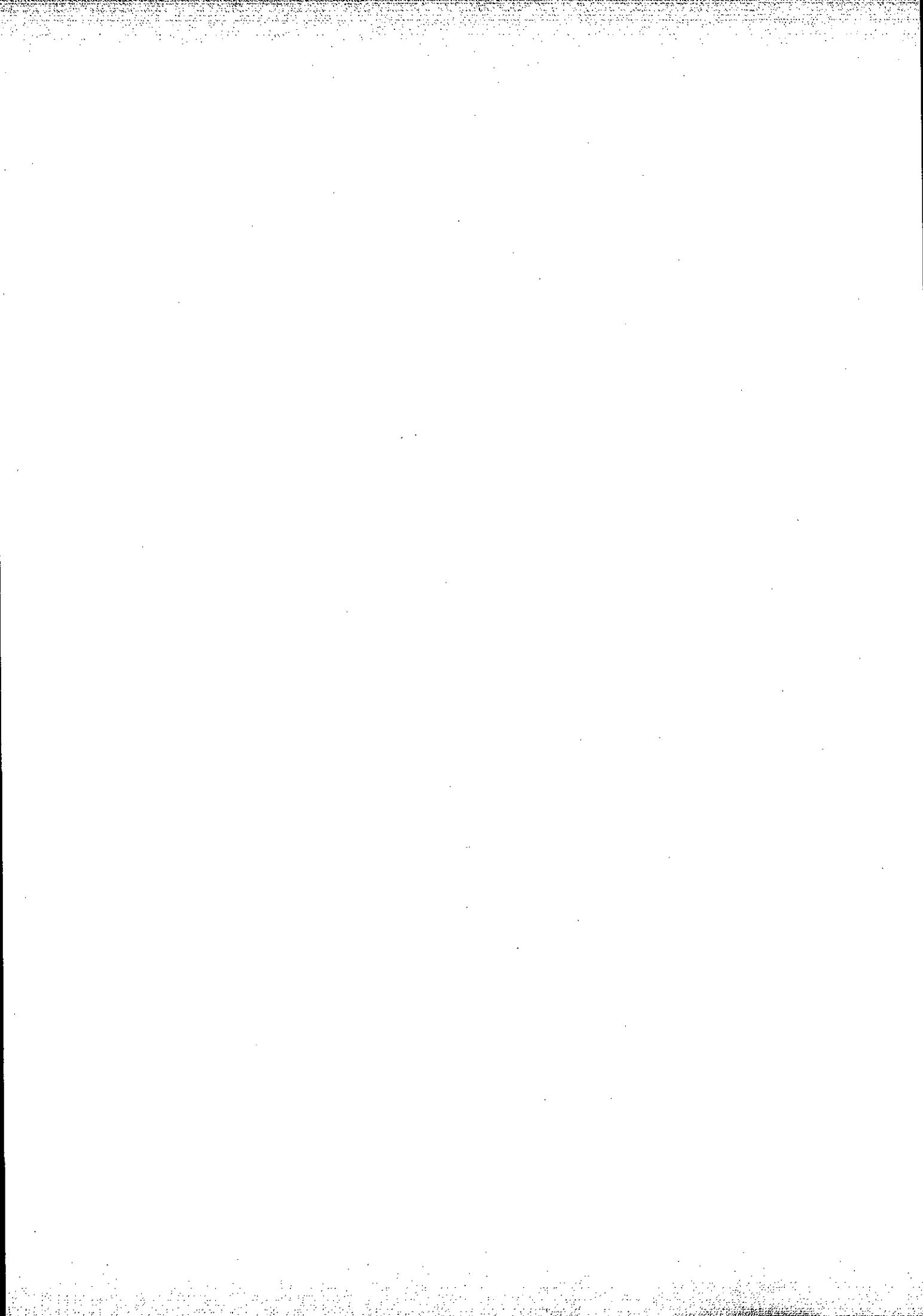
Inwieweit die Arbeitsplätze, die innerhalb eines Impulsprogrammes geschaffen werden sollen von dauerhafter Natur sind läßt sich nicht quantifizieren. Die Elastizität des Arbeitsmarktes bleibt unberücksichtigt, so daß nicht mit Sicherheit Aussagen darüber getroffen werden können, ob die

ausgelösten Investitionen in der Kürze des Förderprogrammes beschäftigungswirksam werden können.

Die Berechnungen von /EBP, Oktober 1996/ zu den Auswirkungen der Solarinitiative weichen stark von allen anderen hier genannten Studien ab. Die Untersuchungsergebnisse weisen 4,1 Arbeitsplätze pro Mio. Franken aus und liegen damit 50% unter den Ergebnissen der WI-Studie. Grund dafür sind die z.T. verschiedenen Annahmen für die Berechnungen. In Kapitel 3.4.2 wurde auf die Unterschiede bereits eingegangen, die sich im wesentlichen in den unterschiedlichen Energiegestehungskosten, den unterschiedlichen Förderkonzepten und der Methodik zur Abschätzung der Netto-Arbeitsplatzeffekte manifestieren.

Die Annahmen von /Suter, M.F., August 1996/ berücksichtigen keine branchen- und technologiespezifischen Details. Es werden pauschale Hebelsätze, die in der Größe zwischen 8 und 13,25 liegen, für die Berechnung herangezogen und mit den jeweils angenommenen Fördermitteln multipliziert. Die angenommenen Hebelsätze basieren aus Untersuchungen von Solarpreisprojekten, geförderten BEW-Projekten, Branchenerhebungen führender schweizer Gewerbeverbände (Hebelsatz für Photovoltaik 0 4-5, Solarthermie 6-12, Holz 16) sowie auf den Bericht des Bundesrates zum Impulsprogramm. Die Untersuchungen kommen zu dem Schluß, daß zwischen 9,9 und 11,3 Arbeitsplätze pro Mio. Franken ausgelöst werden. Diese Werte liegen um 10 bis 20% höher als die in der WI-Studie ermittelten Werte.

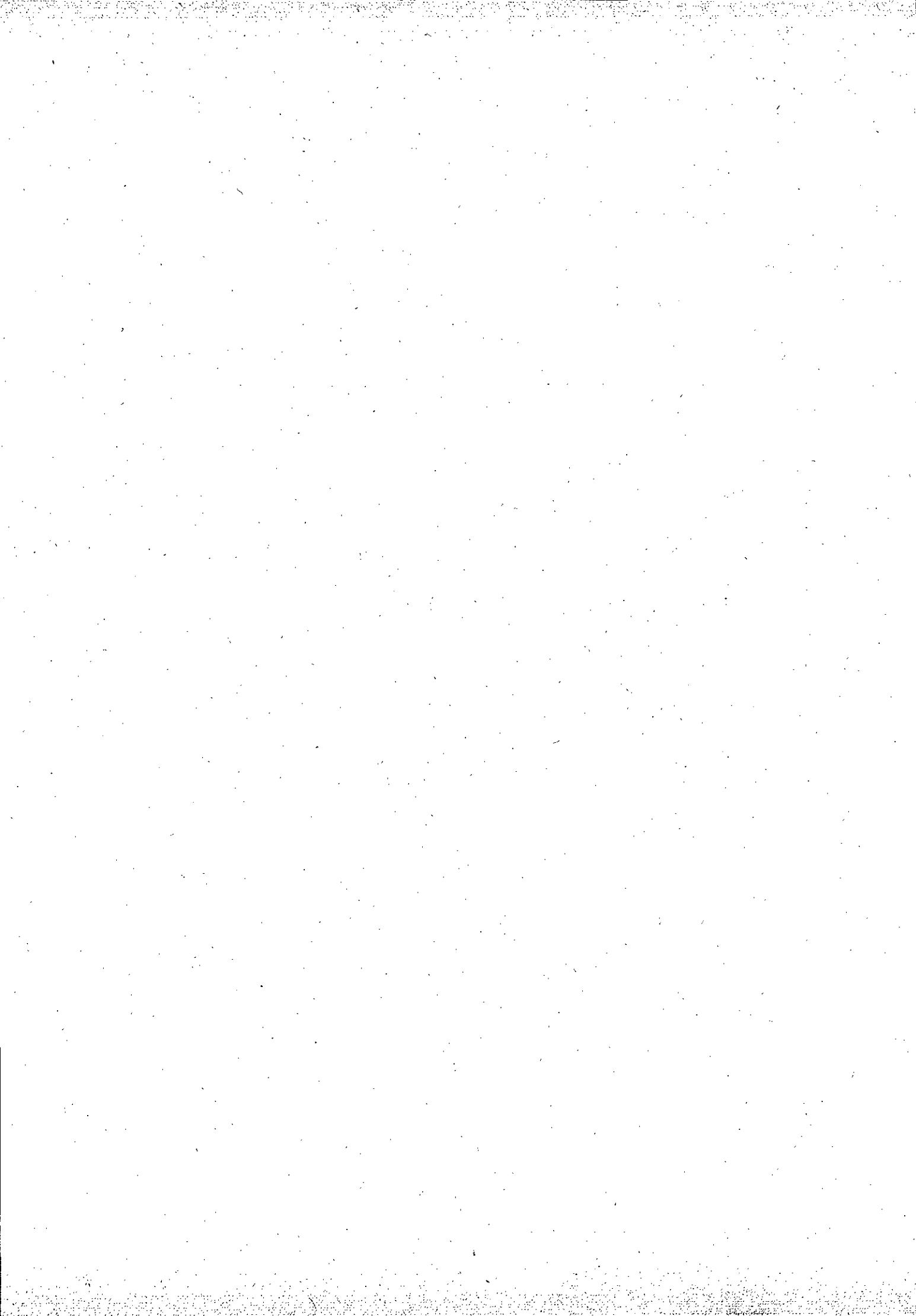




4 FLANKIERENDER MAßNAHMEN ZUR REALISATION DER ERRECHNETEN ARBEITSPLATZEFFEKTE

4-1

- | | | |
|-----|--|------|
| 4.1 | Handlungskonzepte und -optionen für die Energiepolitik | 4-1 |
| 4.2 | Maßnahmen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit | 4-2 |
| 4.3 | Verbesserung der rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen | 4-6 |
| 4.4 | Maßnahmen zur verbesserten Information, Beratung, Aus-, Fort- und Weiterbildung | 4-7 |
| 4.5 | Maßnahmen zur Exportförderung / Entwicklungshilfe | 4-8 |
| 4.6 | Marktorientierte Forschung, Entwicklung und Demonstration von Anlagen und Materialien zur Nutzung erneuerbarer Energien. | 4-10 |
| 4.7 | Eigeninitiativen von Industrie, Öffentlicher Hand und Kommunen | 4-11 |
| 4.8 | Priorität und Dringlichkeit der Maßnahmen | 4-11 |



4 FLANKIERENDER MAßNAHMEN ZUR REALISATION DER ERRECHNETEN ARBEITSPLATZEFFEKTE

4.1 HANDLUNGSKONZEPTE UND -OPTIONEN FÜR DIE ENERGIEPOLITIK

Eine Anzahl von Szenarien über eine künftige risikoarme und solare Energieversorgung sind bereits erstellt worden, und dies nicht nur in der letzten Zeit. Das Ausmaß, der Zeithorizont und die Kosten, mit denen die erneuerbaren Energien in den Markt eingeführt werden können, hängen stark von politischen Entscheidungen ab.

Um die Potentiale an Sonnenenergie abzuschöpfen (ob in Europa oder in einer Stadt), bedarf es einer dezentral und regional orientierten Energieversorgung. Dies bedeutet die Nutzung der vor Ort verfügbaren Ressourcen an erneuerbaren Energien, an den Küsten mehr die Windkraft, in ländlichen Gebieten mehr die Biomasse, in bebauten Gebieten Photovoltaik sowie die passive und aktive Wärmenutzung. Der Austausch der Überschüsse der Regionen mit Hilfe eines überregionalen Netzes ist ein weiteres Merkmal dieser Energieversorgungsstruktur. Dieses Netz kann ein Stromnetz oder aber auch ein Gasnetz sein, in das dezentral eingespeist wird. Der Transport von hochwertiger Biomasse ist eine weitere Möglichkeit. Dieses überregionale Netz dient auch der Speicherung von Überschüssen. Das Speichermedium kann Biogas sein oder auch mit Strom erzeugter Wasserstoff. In zentralen Großkraftwerken wird die Energie erzeugt, die noch zur Bedarfsdeckung fehlt. Zentrale Kraftwerke können Wasserkraftanlagen, Biomassekraftwerke oder thermische Kraftwerke sein. Auch Kraftwerke, die in anderen Regionen erzeugte Brennstoffe wie zum Beispiel Wasserstoff oder Biogas benutzen, sind Teil des zentralen Teilsystems. Die unterschiedlichen Technologien der erneuerbaren Energien müssen sich dabei mit ihren unterschiedlichen Stärken und Schwächen gegenseitig ergänzen.

Die Instrumente zur Förderung der regenerativen Energien und der rationellen Energienutzung sind abhängig vom Zielwert und den Etappen, in denen diese Technologien eingeführt werden sollen. Da die verschiedenen erneuerbaren Energietechnologien auch in unterschiedlichem Maße schon in den Markt eingeführt werden können, müssen sich die Maßnahmen auch nach den zu fördernden Technologien unterscheiden. Geeignete politische Rahmenbedingungen zu schaffen, um effiziente Energienutzung und erneuerbare Energietechnologien schnell in den Markt einzuführen, erfordert die Umsetzung eines Bündels an Maßnahmen. Diese Maßnahmen, diese Handlungsoptionen sind bestimmt durch die Menge der Hemmnisse, die der Markteinführung erneuerbarer Energietechnologien entgegenstehen. Ein banales Hemmnis ist die Tatsache, daß der Energiemarkt schon besetzt ist und die heute den Markt Beherrschenden zum Teil kein Interesse zeigen, selber erneuerbare Energietechnologien einzuführen. In

manchen Fällen, man erinnere sich nur an die Stromeinspeise-Vergütungs-Diskussion in der BRD, wehren sich die Marktbeherrschenden mit allen Mitteln

Die Anstrengungen zur Markteinführung der erneuerbaren Energietechniken und der rationellen Energienutzung sollen breit angelegt sein und auf folgende Handlungsfelder konzentriert werden:

- Finanzielle Maßnahmen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und der Markteinführung für erneuerbare Energien und Effizienztechnologien.
- Maßnahmen zur Exportförderung.
- Entflechtung des Energiemarktes, Anpassung der Energieversorgungsstruktur.
- Verbesserung der rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen für den Einsatz erneuerbarer Energien und Effizienztechnologien.
- Maßnahmen zur verbesserten Information, Beratung, Aus-, Fort- und Weiterbildung.
- Verstärkter Einsatz der erneuerbaren Energien in den Entwicklungsländern.
- Marktorientierte Forschung, Entwicklung und Demonstration von Anlagen und Materialien zur Nutzung erneuerbarer Energien und Effizienztechnologien.
- Eigeninitiativen von Industrie, öffentlicher Hand und Kommunen.
- Ausgleichsmaßnahmen für externe Effekte (insb. der fossilen Energieträger)

4.2 MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER WETTBEWERBSFÄHIGKEIT

Eine geeignete Maßnahme zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energieträger und rationeller Energieverwendung stellt die Erhebung des Solarrappens in der Schweiz dar. Auf alle fossilen Energieträger soll eine Abgabe in Höhe von ca. 0,5 Rappen pro Kilowattstunde erhoben werden. Mit den erzielten Einnahmen dieser Initiative soll die Verbreitung und Nutzung von Sonnenenergie und der rationellen Energieverwendung gezielt gefördert werden.

Die fehlende Massenproduktion ist der wichtigste Grund für die hohen Preise für Energie aus erneuerbaren Energietechnologien. In den vorangegangenen Kapiteln wurde gezeigt, daß einzelne Techniken heute schon nahe der Wirtschaftlichkeit sind oder diese bereits erreicht haben. Der Preis für eine Kilowattstunde Strom aus der photovoltaischen Produktion sprengt, unter gegebenen Bedingungen, nach wie vor den finanziellen Rahmen. Der Grund hierfür liegt im eigentlichen Sinne des Wortes auf der Hand. Solange eine Technologie, und dies gilt nicht nur für die Photovoltaik, in Handarbeit produziert wird und keine Massenfertigung existiert, bleibt sie teuer oder unwirtschaftlich. Am Beispiel der Windenergie konnte man verfolgen, wie

eine Markteinführung durch die damit verbundene Massenproduktion in kürzester Zeit zu großen Kostenverringerungen führt.

Doch ist der Preisvergleich oftmals unfair, weil die externen Kosten der sozialen und ökologischen Folgen, die bei den konventionellen Energietechnologien um ein Vielfaches höher sind als bei den Erneuerbaren, der Volkswirtschaft aufgebürdet werden. Direkte oder indirekte Subventionen verzerrn den Preisvergleich zusätzlich. Die externen Kosten, die bei der Nutzung konventioneller Energieträger entstehen, werden nicht in den Preis für die Kilowattstunde Strom oder Wärme einbezogen. Die Preise sagen nicht die ökologische Wahrheit, das heißt: die durch die Produktion erzeugten Schäden, sogenannte externe Kosten, spiegeln sich in ihnen nicht wider. Summiert man diese sozialen (externen) Kosten fossiler Elektrizitätserzeugungssysteme, so ergeben sich nach einer Untersuchung von Olaf Hohmeyer zusätzliche Kosten von mindestens 3 bis 7 Rappen (4 bis 9 Pfennig) pro Kilowattstunde bei den fossilen Brennstoffen, und bei der Stromerzeugung durch Atomkraftwerke zusätzliche Kosten von 8 bis 17 Rappen (10 bis 21 Pfennig) pro Kilowattstunde. Dagegen hat die Nutzung der erneuerbaren Energien einen Nettonutzen für die Gesellschaft (also vermiedene Kosten) von 5 bis 10 Rappen (6 bis 12 Pfennig) (Windenergie) oder 6 bis 14 Rappen (7 bis 17 Pfennig) (Photovoltaik). Da in dieser Studie überall, wo die Daten unsicher waren, mit dem niedrigsten Schätzwert gerechnet wurde, liegt der gesamte soziale Nutzen der erneuerbaren Energien wahrscheinlich erheblich höher.

Internalisierung externer Kosten (ökologische Steuerreform / Energiesteuer): Ein wichtiger Schritt in die Richtung einer solar- und effizienzfördernden Energiewirtschaft ist eine ökologische Steuerreform. Die Energiepreise müssen die ökologische Wahrheit sagen. Die Einbeziehung der sozialen und ökologischen Kosten durch eine Besteuerung von konventioneller Primärenergie ist längst überfällig. Eine Steigerung der Energiepreise muß aber spürbar erfolgen, d.h. in einem höheren Maße als die derzeitig von der EU geplante und immer wieder verschobene Einführung einer Energiesteuer. Eine stufenweise und mit Steuersenkungen in anderen Bereichen flankierte Politik führt auch nicht zu einer Gefährdung der Wirtschaft, der Exportchancen der Industrie oder zu sozialen Verwerfungen.

Ein solcher Vorschlag wurde für die BRD unter anderem vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung oder dem "Förderverein Ökologische Steuerreform (FÖS)" vorgeschlagen. Im Mittelpunkt des DIW-Vorschlags steht eine stetig steigende Energiesteuer auf die fossilen Energieträger und Elektrizität. Die Energieträger werden mit einem einheitlichen Steuersatz je Einheit Energiegehalt belastet. Der Satz steigt im Zeitablauf progressiv. Der Steuersatz bezieht sich für alle Energieträger auf einen fiktiven Grundpreis von 9,- DM je Gigajoule, das entspricht 18,50 DM je Tonne SKE.

Die Steuer wird zusätzlich zur bereits existierenden Besteuerung der verschiedenen Energieträger erhoben; dies führt bei Öl und Gas im Zusammenwirken mit der Mineralölsteuer zur doppelten Belastung. Der Steuersatz steigt jährlich um sieben Prozent real. Bereits im fünften Jahr soll der Steuersatz eine Höhe von 106 DM je Tonne SKE erreichen; nach zehn Jahren hat er sich mit 255 DM je Tonne SKE mehr als verdoppelt und erreicht schließlich 464 DM je Tonne SKE nach Ende des Betrachtungszeitraums im Jahr 2010. Nach dem Vorschlag des DIW soll das Energiesteueraufkommen nicht die Gesamteinnahmen des Staates erhöhen, sondern dazu dienen, die Arbeitskosten für Staat und Wirtschaft zu senken und die privaten Haushalte zu entlasten. Zu diesem Zweck soll bei den Unternehmen und beim Staat eine Reduzierung der Arbeitgeberbeiträge stattfinden und bei den privaten Haushalten ein Bonussystem, wonach vom gesamten Energiesteueraufkommen 71% für die Kompensation der Steuer bei Unternehmen und Staat sowie 29% für die Kompensation bei privaten Haushalten ausgegeben werden sollen. Nicht zurückgegeben wird dagegen die auf die Energiesteuer entfallende Mehrwertsteuer.

Auf die einzelnen Energien bezogen, verändern sich in dem DIW-Modell die Energiepreise für die privaten Haushalte innerhalb von zehn Jahren wie folgt: Normalbenzin verteuert sich um 24%, Strom für Haushalte um 46% und leichtes Heizöl für Haushalte um 73%; der industrielle Energieverbrauch verteuert sich im gleichen Zeitraum bei schwerem Heizöl um 135%, Erdgas um 105% und Strom um 95%.

Bei der gesamtwirtschaftlichen Beurteilung dieses Steuerszenarios kommt das DIW zu folgenden positiven Ergebnissen: Wirtschaftswachstum und Außenhandel werden nicht beeinträchtigt; die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen am Produktionsstandort Deutschland wird nicht negativ berührt; gesamtwirtschaftlich ist nach zehn Jahren mit bis zu einer halben Million zusätzlicher Beschäftigter in der BRD zu rechnen; die Steuerreform ist sozialverträglich und verringert das Staatsdefizit.

Ökologische Steuerreform ist die Handlungsoption, die zuerst für eine ökologischere Preisbildung im Energiemarkt sorgt. Dies reicht alleine nicht aus, um erneuerbare Energietechnologien in den Markt einzuführen.

Stromeinspeisegesetz: Um von Handarbeit zu Massenproduktion zu kommen und gleichzeitig dem dezentralen Gedanken der Solartechnik gerecht zu werden, muß ein stabiler Markt für die erneuerbaren Energietechnologien geschaffen werden. Massenproduktion setzt eine berechenbare gleichmäßige Massennachfrage voraus. Strohfeuerartig aufflammende und rasch wieder verlöschende Nachfrageschübe, die sich nahezu zwangsläufig bei vielen Förderprogrammen ergeben, sind nicht hilfreich. Eine Förderung der erneuerbaren Energien muß deshalb daran gemessen werden, ob die Finanzierbarkeit über einen langen Zeitraum gesichert ist. Hier muß man zwischen den Technologien, die heute schon marktnah produzieren

können und denen, die noch sehr marktfern sind, unterscheiden. Für erstere ist ein Stromeinspeisegesetzes mit angemessener Vergütung ein richtiger Schritt. Im Weißbuch der Europäischen Kommission wird betont, daß die faire finanzielle Vergütung für Strom aus erneuerbaren Energien für deren Entwicklung von grundlegender Bedeutung ist (vergleiche Kapitel 1.4). Es ist ein Instrument zur langsamen Überwindung der zentralen Struktur durch gesicherten Zugang zum Markt für dezentrale elektrische Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen. Vergütung des gelieferten Stroms weckt außerdem das Eigeninteresse des Betreibers an einer gut funktionierenden Anlage vom Beginn der Planung bis zur endgültigen Außerbetriebnahme. Dagegen verlangt die bisherige Förderpraxis, die den Bau von Stromerzeugungsanlagen, nicht aber die Produktion von Strom finanziell unterstützt, einen hohen staatlichen Prüfungs- und Überwachungsaufwand, damit die eingesetzten Fördermittel auch effektiv genutzt werden.

Betriebs/Investitionskostenzuschüsse (kostengerechte Vergütung): Die erneuerbaren Energietechnologien, die mit der Mindesteinspeisevergütung des Stromeinspeisegesetzes alleine nicht wirtschaftlich arbeiten können, müssen zusätzliche Betriebskostenzuschüsse erhalten. Eine Möglichkeit ist die Schaffung besonderer Förderprogramme, die Teile der Investitionskosten übernehmen, so daß die Mindesteinspeisevergütung ausreicht. Eine andere Möglichkeit sind Sonderabschreibungsmodelle oder Sonderkreditprogramme. All diese Maßnahmen verursachen aber einen hohen Verwaltungsaufwand oder sind nur einer begüterten Bevölkerungsgruppe zugänglich.

Für die Förderung der Produktion von Brennstoffen, die Versorgung des Wärmemarktes mittels erneuerbaren Energien und die Förderung der Nutzung der Biomasse im Wärmebereich sind Betriebskosten- oder Investitionskostenzuschüsse ein sehr gutes Instrument. Als ein Beispiel sei die Freistellung der Biokraftstoffe von der Mineralölsteuer genannt. Hier wird durch eine steuerliche Maßnahme die Markteinführung gefördert. Ein weiterer Bereich, in dem steuerliche Modelle eher zu einer Nutzung von Solarenergie führen würden, ist der Baubereich. Erhöhte Abschreibungen von neuen Gebäuden und Sanierungskosten von Altbauten, die einem Niedrig-Energie-Solar-Standard genügen, sind in diesem Bereich ein geeignetes Mittel.

Die Erstattung der tatsächlichen Kosten der in das Netz eingespeisten Energie durch das Modell der kostendeckenden Vergütung für Strom aus erneuerbaren Energieanlagen ist eine Möglichkeit, dieses einfach und ohne großen administrativen Aufwand zu tun. Bei diesem Modell werden die Mehrkosten auf den Verbraucher durch eine Erhöhung des Strompreises umgelegt. Diese kostendeckende Vergütung ist innerhalb NRW durch die Preisaufsicht zugelassen worden. Die Preisaufsicht beschränkt allerdings die Möglichkeit der zweckgebundenen Erhöhung des Strompreises für die kostengerechte Vergütung auf 1 Prozent des Strompreises ein. Gutachter erlauben eine Erhöhung bis zu 5 Prozent des Strompreises.

In Anbetracht des hohen Flächenbedarfs bei der photovoltaischen "Ernte" von Solarstrom, muß in aller Regel Anlagen auf bereits versiegelten Flächen der Vorzug gegenüber Freilandanlagen gegeben werden. Dies spricht für Solaranlagen auf Gebäudedächern und an Fassaden. Da solche Anlagen auch vom Preis-Leistungsverhältnis her den großen Freilandanlagen überlegen sind, sprechen beide Gesichtspunkte für eine Förderung dezentraler, d.h. vorwiegend privater Anlagen.

4.3 VERBESSERUNG DER RECHTLICHEN UND ADMINISTRATIVEN RAHMENBEDINGUNGEN

Oftmals sind es administrative Hürden, die eine wichtige Rolle spielen. Diese zu beseitigen und durch geeignete rechtliche und administrative Rahmenbedingungen fördernde Impulse abzulösen, ist ein weiteres Maßnahmenbündel.

Grundsätzlich sollten die Gesetze an die geänderten umweltpolitischen Rahmenbedingungen, die geänderten umweltpolitischen Erwartungen der Bürger und Bürgerinnen und die Forderung nach einer dauerhaften, zukunftsfähigen Energiewirtschaft angepaßt werden. Dazu gehört im einzelnen:

Bauverordnungen: Um die erneuerbaren Energietechnologien schon bei der Planung mitzuberücksichtigen sollte in die Baugesetzgebung aufgenommen werden, daß die Belange der aktiven und passiven Solarenergienutzung bei der Bauleitplanung zu berücksichtigen sind. Dies beinhaltet auch eine Verpflichtung zur solaren Brauchwassererwärmung und zur Installation notwendiger baulicher Voraussetzung für eine Nutzung photovoltaischer Anlagen bei Neubauten. Natürlich gehört die Einführung von Energiekennzahlen für Gebäude zu einer weiteren Handlungsoption. Das Ziel sollte sein, im Baubereich die Einführung von Niedrig-Energie-Solartechnologien zu fördern. Öffentliche Zuschüsse für Gebäude und die Vergabe von staatlichen Krediten, etwa im sozialen Wohnungsbau, sind vom Niedrigenergiehausstandard abhängig zu machen.

Dachflächennutzung: Zur Mobilisierung von privatem Kapital (bei Vorliegen eines Stromeinspeisegesetzes oder eines Modells zur kostengerechten Vergütung) ist Mietern und Betreibergesellschaften der Zugang zu Flächen, natürlich bevorzugt Dachflächen aber auch Fassaden, die zur Produktion von Energie aus erneuerbaren Quellen genutzt werden können, zu ermöglichen. Dies bedeutet die Schaffung der rechtlichen Rahmenbedingungen zur Nutzung dieser Flächen und der Durchführung von baulichen Maßnahmen durch Mieter zur Erzeugung von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energietechnologien.

Haushaltsrecht: Erneuerbare Energietechnologien erfordern oftmals einen höheren investiven Aufwand, dafür aber einen geringeren Betriebskostenanteil. Solange im öffentlichen

Haushaltsrecht nur die reinen Investitionskosten entscheidend sind, werden fossile Anlagen, deren Kosten mehr im Betrieb liegen, bevorzugt. Als ein Beispiel sei die Solarthermie angeführt, hier liegen Kosten fast ausschließlich in der Investition, sie wird bei Nichtberücksichtigung der Betriebskosten nie konkurrenzfähig sein gegenüber fossilen Technologien, auch wenn sie insgesamt sogar die wirtschaftlichere Lösung wäre. Daher ist die Betriebskostenrechnung bei der Bewertung von Investitionen für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energietechnologien im öffentlichen Haushaltsrecht voll zu berücksichtigen.

4.4 MAßNAHMEN ZUR VERBESSERTEIN INFORMATION, BERATUNG, AUS-, FORT- UND WEITERBILDUNG

Der Stellenwert der regenerativen Energien und der rationellen Energienutzung wird in der energiepolitischen Debatte immer noch zu gering eingeschätzt. Zum großen Teil liegt es an der Unwissenheit der Akteure innerhalb der Energiepolitik über Möglichkeiten, Potentiale und Preise der erneuerbaren Energietechnologien und der Effizienztechnologien, zu einem anderen Teil liegt es auch an den schlechten Möglichkeiten, sich fortzubilden. Noch heute werden Handwerker, Planer, Architekten, Verwaltungsangestellte und Ingenieure in der Mehrzahl ohne Kenntnisse über die erneuerbaren Energietechnologien ausgebildet. Viele administrative, planerische und nicht zu vergessen "atmosphärische" (Solartechnologie funktioniert nicht) Hürden entstehen aus dieser Unkenntnis. Daher ist ein wichtiges Handlungskonzept die verbesserte Information, Ausbildung und Fortbildung der Akteure.

Lehrpläne, Lehrmittel, Lehrstühle: Dies bedeutet an erster Stelle die Verankerung der Behandlung erneuerbarer Energietechnologien als Aufgabe für Erziehung und Bildung sowie Anerkennung in den Lehrplänen der Bildungsträger im Rahmen der allgemeinen und berufsbildenden Bildung. Entwicklung geeigneter Lehrpläne, Lehrmittel und Lehrbücher für Hochschulen, Schulen, Ausbildungseinrichtungen allgemein berufsbildender Art sowie vorschulischer Einrichtungen. Dies bedeutet auch die Einrichtung von Lehrstühlen für erneuerbare Energietechnologien an den Universitäten und Hochschulen.

Weiterbildung, Verbraucherberatung: Einrichtung und Förderung von weiteren Demonstrationszentren für erneuerbare Energietechnologien zum Zweck der Weiterbildung von Architekten, Ingenieuren, Technikern, Handwerkern, betroffenen Bewilligungsbehörden usw.. Insbesondere die Industrie- und Handwerkskammern sollten Aktivitäten zur Schulung ihrer Mitglieder auf dem Gebiet erneuerbarer Energietechnologien und rationeller Energieverwendung verstärken und dazu die verfügbaren Möglichkeiten der Handwerksförderung in Anspruch nehmen. Parallel zur Weiterbildung ist eine Verstärkung der anlagenorientierten Beratung für die Hersteller und Installatoren (Technikberatung) sowie Anwender (Verbraucherberatung) durch verstärkte Nutzung und Erweiterung vorhandener

Institutionen wie Prüfstellen der Universitäten und Hochschulen, technische Prüf- und Beratungsdienste, Verbraucherberatungen usw. zu initiieren. Das bedeutet verbesserte Koordinierung und kontinuierliche Mittel- und Personalausstattung. Notwendig ist dabei eine praxisnahe, möglichst neutrale und vergleichende Beratung.

Aufklärungsoffensiven: Auch die Allgemeinheit muß, will man die erneuerbaren Energietechnologien schnell einführen, informiert werden. Mittels Aufklärungsoffensiven (z.B. TV-Werbung) zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energietechnologien (im Zusammenhang mit umweltbewußter und rationeller Energieverwendung) kann man, wie schon an anderer Stelle gezeigt, den Bürger informieren.

Statistische Datenbasis: Zur Information gehört auch die faire Beurteilung der erneuerbaren Energietechnologien in den Bilanzen und Statistiken. Da ein großer Teil der durch diese Technologien erzeugte Energie nicht über einen Zähler laufen (z.B. Niedertemperaturkollektoren oder Reststroh-Nutzung in der Landwirtschaft) muß die statistische Datenbasis für die Erstellung von Energiebilanzen und für die Trendeinschätzungen zur Marktentwicklung bei erneuerbaren Energietechnologien den Eigenarten dieser Technologie angepaßt werden.

4.5 MAßNAHMEN ZUR EXPORTFÖRDERUNG / ENTWICKLUNGSHILFE

Nicht nur umweltpolitische Gründe, sondern auch ökonomische Gründe fordern eine forcierte Markteinführung erneuerbarer Energietechnologien. Nach Schätzungen der Weltbank werden in der nächsten Dekade in den Entwicklungs- und Schwellenländern ca. 100 Milliarden \$ jährlich in den Ausbau der dortigen Energiesysteme investiert. Ein Fünftel dieser Investitionen werden erneuerbare Energietechnologien betreffen. Es sei außerdem hier daran erinnert, daß von den 5.5 Milliarden Menschen auf der Welt ungefähr 2 Milliarden nicht an irgendein elektrisches Netz angeschlossen sind und 1 Milliarde Menschen überhaupt keinen elektrischen Strom nutzen. Diese Menschen leben in ländlichen Regionen, weit ab von Netzen, wo der dezentrale Charakter erneuerbarer Energietechnologien schon heute dazu führt, daß deren Elektrifizierung billiger mit diesen Technologien als mit konventionellen erfolgen kann.

Diesen Markt werden nur jene Regionen der Welt beliefern, die selber diese Technologien im großen Maße nutzen, einerseits weil sie dadurch glaubwürdiger sind und andererseits, weil nur so führende technologische Positionen zu halten sind.

Ausschuß zur Exportförderung: Durch die Bildung eines Ausschusses, zusammengesetzt aus staatlichen und öffentlichen Institutionen und der Unternehmensverbände für erneuerbare Energietechnologien zur Koordinierung der Exportaktivitäten, ähnlich dem US-amerikanischen Committee on Renewable Energy Commerce and Trade, werden koordinierte

Exportmaßnahmen möglich. Es sollte selbstverständlich sein, daß die Vertreter der erneuerbaren Energietechnologien an Wirtschaftsdelegationen teilnehmen können, in die bilateralen Wirtschaftsgespräche auf Regierungsebene eingebunden sind und bei der Kreditvergabe für große Auslandsprojekte zumindest gleichbehandelt werden wie die anderen exportorientierten Industriezweige auch.

Erfahrung nutzen: Im Bereich der Entwicklungshilfe verfügen Organisationen der EU (z.B. GTZ in der BRD oder Entwicklungshilfe-Organisationen in Österreich) über zum Teil weltweit führende Erfahrungen bei der Implementierung von erneuerbaren Energietechnologien in Entwicklungsländern. Diese Erfahrungen sollten genutzt werden, um mit einem erhöhten Budget die Einführung rationeller und erneuerbarer Energietechnologien in den Entwicklungsländern zu fördern.

Die Versorgung der ländlichen Gebiete mit Strom und Gas, ohne ein großes landesweites Netz zuerst aufbauen zu müssen, ist eine Stärke der erneuerbaren Energietechnologien in den Entwicklungsländern. Diese dezentrale Versorgung eines großen Teils heute noch unversorgter Gebiete hat nicht nur den Effekt der Erhöhung der Lebensqualität auf dem Lande. Im Zuge dieser Versorgung mit Energie sinkt die Landflucht. Ländliche Gebiete sind attraktiver, wenn Kühlung, Beleuchtung, Kommunikation und Unterhaltung (TV und Radio) aufgrund der durch erneuerbare Energie bereitgestellten Elektrizität möglich wird.

Aufbau erneuerbarer Energiesysteme: Die Einführung erneuerbarer Energien zur Dorfversorgung, zur Netzstützung und zur dezentralen Stromerzeugung ist zu fördern. Die Energieproduktion in der Landwirtschaft (Anbau von Energiepflanzen), vor allem in den Ländern der Dritten Welt, ist von zentraler Bedeutung. Diese Strategie würde dort anknüpfen, wo in den Ländern bereits etwas vorhanden ist und eine Entwicklungsbasis darstellen, die den Menschen dort bereits bekannt ist und die von ihnen weiterentwickelt werden kann. Verschiedene Projekte in der land- und forstwirtschaftlichen Produktion haben gezeigt, daß man zu einer Verbesserung der Energieversorgung kommen kann, aber auch zu einer generellen Verbesserung der wirtschaftlichen Situation. Die Biomasseproduktion, z.B. durch Aufforstung, ist auch von ganz entscheidender Bedeutung bei der Eindämmung der Verwüstung und Verkarstung der ländlichen Flächen.

Flankierende Maßnahmen (Internationale Sonnenenergieagentur): Die Schweiz sollte, in Zusammenarbeit mit anderen Staaten, die Einrichtung einer internationalen Sonnenenergieagentur initiieren. Ähnlich wie bei der Atomenergie Behörde würde diese Internationale Sonnenenergieagentur den Technologietransfer in die Entwicklungsländer und die internationale Kooperation bei der Einführung der erneuerbaren Energietechnologien in den Industrie und Entwicklungsländern fördern. Die Schweiz sollte sich desweiteren einsetzen für die Berücksichtigung der erneuerbaren Energietechnologien als besonderen Schwerpunkt bei

der Vergabe von Krediten durch die Weltbank und bei der Förderung von Projekten durch internationale Vereinigungen (UN etc.)

4.6 MARKTORIENTIERTE FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND DEMONSTRATION VON ANLAGEN UND MATERIALIEN ZUR NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

Heute sind europäische Produzenten in vielen Feldern der erneuerbaren Energietechnologien führend. Diese Position ist teilweise erreicht worden durch eine Markteinführung dieser Technologien. Praxiserfahrungen stimulierten Forschung, Forschung erleichterte die Markteinführung, diese gegenseitige Befruchtung ermöglichte die rasanten Fortschritte zum Beispiel in der Windenergie in Deutschland. Nur wenn diese Wechselwirkung des eigenen Marktes und der eigenen Entwicklung bestehen bleibt, werden führende Positionen in der Technologieentwicklung gehalten und eine breite Markteinführung gefördert. Wie in jedem Technologiefeld müssen Forschung und Entwicklung unabhängig vom Stand der Markteinführung fortgesetzt werden.

Zur Erleichterung des Markteintritts erneuerbarer Energietechnologien muß unabhängig von der nach wie vor notwendigen Grundlagenforschung die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung konsequent fortgeführt und verstärkt werden und sich unter anderem auf folgende Bereiche konzentrieren:

- Weiterentwicklung von Speichertechnologien (kurzzeit und saisonal).
- Technische Maßnahmen bei Einspeisung nennenswerter Anteile an Strom aus erneuerbaren Energietechnologien ins Netz (Netzmanagement, Zweiter Strommarkt).
- Kopplung erneuerbarer Energietechnologien mit BHKW und Brennstoffzellen.
- Weiterentwicklung von Großwindkraftwerken.
- Weiterentwicklung von Windkraftwerken für Starkwindgebiete (z.B. Einsatz in Bergen).
- Weiterentwicklung innovativer PV-Zellen (z.B. "Gräzel"-Zellen usw.), Rationalisierung der Produktionstechnologien und Entwicklung angepaßter integrierter Elektronik (Steuerung, Inverter etc.).
- Weiterentwicklung moderner Biomasse-Technologien, beginnend bei der Entwicklung ökologischer Anbaumethoden, Nutzungstechnologien (z.B. Vergasung) bis zur Schließung der Stoffkreisläufe durch entsprechende Aschenutzung.
- Klärung der Ökobilanz für die energetische Biomassenutzung und anderer erneuerbarer Energietechnologien.
- Kostensenkung bei Flachkollektoren.

Der Programmzyklus (Grundlagenforschung - anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung - Demonstration - Markteinführung - Marktdurchdringung) muß für die jeweiligen Einzeltechnologien konstanter und berechenbarer gefördert werden. Bisher oft eher zufallsbedingte Einzelaktivitäten mit begrenzter Wirkung müssen durch Strategien abgelöst werden, zu denen alle Akteure beitragen und sich verbindlich verpflichten müssen. Dazu gehört die ergänzende Begleitung durch die Hersteller und Anwender, deren frühzeitige Einbindung bzw. Beteiligung an den Projekten sowie eine verstärkte Koordination der Bundes- und Landesministerien.

4.7 EIGENINITIATIVEN VON INDUSTRIE, ÖFFENTLICHER HAND UND KOMMUNEN

Neben den oben aufgezählten Maßnahmen können Industrie und Öffentliche Hand eigene Maßnahmen initiieren, um die erneuerbaren Energietechnologien und Effizienztechnologien zu fördern. Eine Möglichkeit dieser freiwilligen zusätzlichen Maßnahmen wäre die Ausführung aller öffentlichen Neubauten nach dem Niedrigenergiestandard unter intensiver Einbindung erneuerbarer Energietechnologien. Eine weitere Möglichkeit ist die Formulierung eines Produktionsziels und die Realisierung desselben durch ein Industriekonsortium. Im Bereich der Photovoltaik könnte man, wie in Japan (mindestens 74 MWp/a bis 2000) oder wie in den USA (50 MWp/a bis 2000), ein ähnliches Ziel für die Schweiz bis ins Jahr 2000 formulieren. Solche Ziele können auch für andere Technologien formuliert werden.

4.8 PRIORITY AND DRINGLICHKEIT DER MAßNAHMEN

Erneuerbare Energien und eine Effizienzrevolution bei der Nutzung von Energie sind die Eckpfeiler einer realistischen zukünftigen Energieversorgung. Sie so schnell wie möglich durch eine "reale Sonnenstrategie" umzusetzen, ist angesichts der drohenden Umweltprobleme das dringlichste politische Gebot der Stunde.

Ohne eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit sind alle anderen Maßnahmen ohne Bedeutung. Beginnt die Markteinführung, so muß gleichzeitig an der Information, Bildung und Fortbildung der Akteure gearbeitet und die rechtlichen und administrativen Hindernisse beseitigt werden. Existiert dann ein gesunder inländischer Markt, so werden die Unternehmen ihre Exportchancen nutzen können, und man wird die Entscheidungsträger in den Entwicklungsländern auch von einer verstärkten Nutzung der erneuerbaren Energietechnologien überzeugen können. Parallel dazu muß durch eine intensive Forschung und Entwicklung der Fortschritt dieser Technologien gewährleistet werden.

Priorität für die Markteinführung erneuerbarer Energien: Einwände von Kritikern zu Kosten und Nachteilen werden dann obsolet, wenn eine solche „reale Sonnenstrategie“ zur politischen Priorität wird. Diese Prioritätenbildung ist Voraussetzung jeglicher Umsetzung der oben genannten Maßnahmen. Eine Umstrukturierung des Energiemarktes bedarf eines langen politischen Atems und einer Standfestigkeit gegenüber denen, die bei dieser Umstrukturierung Verlierer sind. Sie werden sich mit allen Mitteln gegen diese oder ähnliche Strategien wehren, und dies schon zu einem Zeitpunkt, wo die Gewinner, die noch zu schaffende Industrie der erneuerbaren Energietechnologien, noch nicht mächtig genug sind, der Angriffe zu wehren.

Sofortmaßnahmen umsetzen: Forschung und Entwicklung haben erneuerbare und rationelle Energietechnologien für eine dauerhafte Energieversorgung geschaffen. Politik und Wirtschaft müssen nun die Hemmnisse erkennen und Maßnahmen ergreifen, um eine „Sonnenstrategie“ zu realisieren. Hier sind sicherlich nicht alle Maßnahmen aufgeführt, die denkbar und sinnvoll wären. Wichtigste Maßnahme ist jedoch, sofort mit der Umsetzung zu beginnen. Denn jeder Tag, der vergeht, ohne daß eine „Sonnenstrategie“ durchgeführt wird, macht das Problem nur größer und schwieriger. Größer und schwieriger, weil der Energieverbrauch der Welt weiter gestiegen ist, während später damit begonnen wird, das Klimaproblem zu lösen.





A1 ZUSAMMENFASSUNG DER SCHWEIZERISCHEN ENERGIESZENARIEN

1-1

A1.1 Szenarien der Schweiz - Annahmen und Rahmenbedingungen - Kurzfassung	1-1
A1.2 Schweizer Szenarien - Allgemeine Rahmenbedingungen	1-6
A1.2.2 Rahmenbedingungen für den Bereich der Privaten Haushalte	1-8
A1.2.3 Rahmenbedingungen für den Tertiären Sektor	1-11
A1.2.4 Rahmenbedingungen für den Bereich der Industrie	1-11
A1.2.5 Rahmenbedingungen für den Bereich Verkehr	1-11
A1.2.6 Strombedarfsdeckung	1-12
A1.3 Rahmenbedingungen der Schweizer Szenarien I, IIa/b, IIIa bis IIId und IV	1-14
A1.3.1 Szenario I: „Beschlossene Maßnahmen“	1-14
A1.3.2 Szenario IIa: Beabsichtigte Maßnahmen	1-16
A1.3.3 Szenario IIb: Beabsichtigte Maßnahmen plus zusätzliche CO ₂ -Abgabe	1-20
A1.3.4 Szenario IIIa: Energie-Umwelt-Initiative	1-24
A1.3.5 Szenario IIIb: Solarinitiative	1-28
A1.3.6 Szenario IIIc: Energie-Umwelt-Solarinitiative	1-35
A1.3.7 Szenario IIId: Modifizierte Solarinitiative	1-38
A1.3.8 Szenario IV: Verschärzte auf Nachhaltigkeit ausgerichtete CO ₂ -Reduktion	1-40



A1 ZUSAMMENFASSUNG DER SCHWEIZERISCHEN ENERGIESZENARIEN

A1.1 SZENARIEN DER SCHWEIZ - ANNAHMEN UND RAHMENBEDINGUNGEN - KURZFASSUNG

Die schweizerischen Energieperspektiven im Rahmen des Forschungsprogrammes „Energiewirtschaftliche Grundlagen“ beinhalten Perspektivrechnungen für den Energieverbrauch, die Stromerzeugung und die CO₂-Emissionen für insgesamt 8 Szenarien für die Bereiche private Haushalte, Dienstleistungssektor, Industrie und Verkehr für den Zeitraum 1990 bis 2030.

Die Perspektivrechnung wurde für die folgenden Szenarien, denen jeweils unterschiedliche Annahmen bzw. Zielsetzungen zugrunde liegen, durchgeführt:

- **Szenario I** geht von den gegenwärtig beschlossenen energiepolitischen Maßnahmen aus und kann als Referenzentwicklung interpretiert werden.

Szenario II enthält die Auswirkungen beabsichtigter energiepolitischer Maßnahmen und ist unterteilt in 2 Teilszenarien:

- Beim **Teilszenario IIa** steht ein Energiegesetz mit seinen energiepolitischen Vorgaben im Vordergrund.
- Im **Teilszenario IIb** wird zusätzlich eine CO₂-Abgabe festgesetzt. Die Höhe der Abgabe richtet sich danach, wie groß die verbleibende Lücke zum CO₂-Reduktionsziel von -10% bis 2010 gegenüber 1990 ist. Dabei werden zwei Varianten für die Erhebung einer CO₂-Abgabe betrachtet: Bei **Variante E** wird ein einheitlicher Abgabesatz auf Brenn- und Treibstoffe erhoben. In **Variante T** werden lediglich Treibstoffe mit einer CO₂-Abgabe belegt.

Szenario III beschäftigt sich mit den Volksinitiativen. Es teilt sich in vier Einzelszenarien IIIa bis IIId auf:

- **Szenario IIIa** befaßt sich mit der Energie-Umwelt-Initiative. Sie hat zum Ziel, mit einer Energieabgabe den Verbrauch nicht-erneuerbarer Energien zu stabilisieren und anschließend über 25 Jahre um 1% pro Jahr zu senken.

- **Szenario IIIb** hat die Solarinitiative zum Inhalt. Deren Ziel ist, die Nutzung der Solarenergie sowie die effiziente und nachhaltige Energieverwendung direkt über die Einnahme einer Abgabe (Solarrappen) zu fördern. Die aus dem Solarrappen resultierenden Einnahmen sind zweckgebunden und ihre Verteilung auf die einzelnen Energiebereiche ist festgelegt.
- **Szenario IIIc** kombiniert die Szenarien IIIa und IIIb.
- **Szenario IIId** modifiziert die Solarinitiative durch eine Halbierung der Abgabe von IIIb und einer gelockerten Zweckbindung.
- **Szenario IV** untersucht die Realisierbarkeit deutlich verschärfter und auf Nachhaltigkeit im Energiebereich ausgerichtete CO₂-Reduktionsziele. Es wird eine Absenkung der CO₂-Emissionen bis 2030 um 60% im Vergleich zu 1990 vorgegeben.

Die einzelnen Themen- und Verbrauchsbereiche wurden im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft in einzelnen Arbeitsgruppen bearbeitet. Die Arbeiten wurden mit anderen sachverwandten Perspektivstudien der Bundesverwaltung (wirtschaftliche und demografische Rahmendaten, Perspektiven der Verkehrsentwicklung) abgestimmt. Das Gesamtvorhaben wurde vom Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) geleitet und von der Prognos AG koordiniert. Die einzelnen Themen- und Verbrauchsbereiche wurden von den folgenden Arbeitsgruppen bearbeitet:

Wirtschaftliche Rahmendaten:	SGZZ St. Galler Zentrum für Zukunftsfragen
Gebäudepark Schweiz:	Wüest & Partner, Zürich
Energieverbrauch Haushalte:	Prognos AG, Basel Intep AG, Zürich
Energieverbrauch Dienstleistungen: (inkl. Landwirtschaft):	Forschungsgruppe Energieanalysen ETH, Zürich Amstein & Walther, Zürich
Energieverbrauch Industrie:	Basics AG, Zürich; BMP Dr. Pelli & Co., Zürich
Energieverbrauch Verkehr:	Infras AG, Bern; Prognos AG, Basel
Elektrizitätsangebot:	Prognos AG, Basel
Solarinitiative:	Ernst Basler & Partner AG (EBP), Zollikon ; Ecoplan, Bern

Tabelle A1-1: Übersicht der Szenarien I bis IV

Szenarien	Ziele	Maßnahmen	Entwicklung bis 2030	
			Energiebedarf	CO ₂ -Emissionen
Szenario I „Beschlossene Maßnahmen“	k. A.	<ul style="list-style-type: none"> • Zielwertvorgaben für Verbrauchswerte • Zulassungsanforderungen • Durchführungsvorschriften • finanzielle Anreize • freiwillige Vereinbarungen • Informations- und Beratungsangebote 	+9,9 %	+0,22 %
Szenario IIa „Beabsichtigte Maßnahmen“	k. A.	<ul style="list-style-type: none"> • <u>verschärft</u> Zielwertvorgaben • <u>verschärft</u> Zulassungsanforderungen • höhere finanzielle Mittel für Fördermaßnahmen • effizienterer Maßnahmenvollzug • neue Abgaben 	+2,7 %	-7,2 %
Szenario IIb „Beabsichtigte Maßnahmen plus CO ₂ -Abgabe“		<ul style="list-style-type: none"> • CO₂-Reduktion um 10% bis 2010 • Abgaben auf Brenn- und Treibstoffe 	-1,2 %	-12,4 %

Tabelle A1-1: Fortsetzung: Übersicht der Szenarien I bis IV

Szenarien	Ziele	Maßnahmen	Entwicklung bis 2030	
			Energiebedarf	CO ₂ -Emissionen
Szenario IIIa „Energie-Umwelt-Initiative“	• Verbrauchsstabilisierung nicht-erneuerbarer Energien nach 8 Jahren, anschließend Reduktion über 25 Jahre um 1% p.a.	• wie IIa, plus jährlich steigende Verteuerung nicht-erneuerbarer Energien, wie Rohöl, Erdölprodukte, Erdgas, Kohle sowie Kernbrennstoffe und z.T. Wasserkraft	-8,7 %	-19,7 %
Szenario IIIb „Solarinitiative“	• Förderung der Nutzung der Sonnenenergie sowie der Effizienz u. Nachhaltigkeit der Energienutzung	• wie IIa plus indexierte Abgabe auf Endverbrauch (Einführung des „Solarrappens“) • Zweckbindung bei der Verteilung der Mittel: mindestens 50% fließen in die Solarenergie	-1,9 %	-13,9 %
Szenario IIIc „Energie-Umwelt-Solarinitiative“	• Integration der Ziele aus IIIa und IIIb	• Kombination aus IIIa und IIIb	-11,8 %	-24,7 %
Szenario IIId „modifizierte Solarinitiative“	• wie IIIb	• halber Solarrappen und gelockerte Zweckbindung bei der Verteilung der Mittel	-0,5 %	-11,2 %
Szenario IV „verschärfte auf Nachhaltigkeit ausgerichtete CO ₂ -Reduktion“	• CO ₂ -Reduktion bis 2030 um insgesamt 60 %	• Energienlenkungsabgabe auf fossile Energieträger • Verteuerung fossiler Energieträger um 4% p.a. • drastisch verschärfte Grenz- und Zielwerte	-31 %	-47 %

Tabelle A1-2: Endenergieverbrauch und CO₂-Emissionen in den Szenarien 1990-2030

		1990	1	IIa	IIb (E)	IIb (T)	IIIa	IIIb	IIIc	IIId	IV
Endenergie gesamt	PJ/a	812,8	892,9	834,3	807,6	803,4	742,4	797,0	716,8	808,4	562,7
Private Haushalte	PJ/a	263,4	245,2	236,5	228,3	236,5	219,3	220,1	208,0	225,0	183,3
DL, LW	PJ/a	125,6	122,7	112,9	108,7	112,9	99,7	106,8	96,0	108,6	88,7
Industrie	PJ/a	172,6	189,9	184,4	177,0	184,4	161,2	174,0	153,6	177,1	142,7
Verkehr	PJ/a	251,2	335,1	300,5	293,6	269,6	262,2	296,1	259,2	297,7	148
CO ₂ -Emissionen	Mio.t/a	44,5	44,6	41,3	39,1	39	35,7	38,3	33,5	39,5	23,8

Tabelle A1-3: Veränderung des Endenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen in 2030 gegenüber 1990 in %

		1	IIa	IIb (E)	IIb (T)	IIIa	IIIb	IIIc	IIId	IV
Endenergie		9,9 %	2,6 %	-0,6 %	-1,2 %	-8,7 %	-1,9 %	-11,8 %	-0,5 %	-30,8 %
Private Haushalte		-6,9 %	-10,2 %	-13,3 %	-10,2 %	-16,7 %	-16,4 %	-21,0 %	-14,6 %	-30,4 %
DL, LW		-2,3 %	-10,1 %	-13,5 %	-10,1 %	-20,6 %	-15,0 %	-23,6 %	-13,5 %	-29,4 %
Industrie		10,0 %	6,8 %	2,5 %	6,8 %	-6,6 %	0,8 %	-11,0 %	2,6 %	-17,3 %
Verkehr		27,2 %	14,1 %	11,5 %	2,4 %	-0,5 %	12,4 %	-1,6 %	13,0 %	-43,8 %
CO ₂ -Emissionen		0,2 %	-7,2 %	-12,1 %	-12,4 %	-19,8 %	-13,9 %	-24,7 %	-11,2 %	-46,5 %

A1.2 SCHWEIZER SZENARIEN - ALLGEMEINE RAHMENBEDINGUNGEN

Allen Szenarien liegen die folgenden Rahmendaten für die energiespezifischen Perspektivrechnungen zugrunde:

- die demografische Entwicklung
- das Wirtschaftswachstum
- die Energiepreisentwicklung ohne Lenkungsabgaben

Die energiepolitischen Rahmenbedingungen werden in den Szenarien I bis III festgelegt. In den nachfolgenden Kapiteln werden die wichtigsten Rahmenbedingungen für die Perspektivrechnungen dargestellt. Tabelle A1-4 gibt eine zusammenfassende Übersicht der Annahmen.

A1.2.1.1 Demografische Entwicklung

Die Bevölkerungsperspektiven basieren auf dem Bevölkerungsszenario 3A-91 Integration des Bundesamtes für Statistik. Die Bevölkerung wächst von heute etwa 6,9 Mio. bis 2010 auf 7,6 Mio. (+12,4%) und bleibt bis 2030 bei 7,5 Mio. etwa konstant.

A1.2.1.2 Wirtschaftswachstum

Das Wirtschaftswachstum in der Schweiz (+84% 1990/2030) wird nach Überwindung der konjunkturellen Flaute (bis 1995) bei 2,1% p.a. liegen (1995-2010). Langfristig ergibt sich ein durchschnittliches Wirtschaftswachstum von 1,3% p.a. (2010-2030). Die industrielle Wertschöpfung steigt zwischen 1990 und 2030 um 73%, die Wertschöpfung im Dienstleistungsbereich um 92%.

Tabelle A1-4: Allgemeine Rahmenbedingungen - Übersicht

	Veränderung 1990 - 2030
Bevölkerungsentwicklung	+ 9 %
Wirtschaftswachstum	+ 84%
Wertschöpfung in der Industrie bzw. im tertiären Sektor	+ 73% bzw. + 88%
Erwerbstätige in der Industrie bzw. im tertiären Sektor	-17% bzw. bis -30%
Energiepreise	+1% p.a. (1993 - 2010) bis +3% p.a. (2010 - 2030)
Strompreise	+0,9% p.a.
Zahl der Haushalte	+22,5%
Energiebezugsfläche Haushalte	+45%
Anzahl Elektrogeräte Haushalt	+40% bis 52%
Anwendungen Unterhaltungselektronik	+70%
Energiebezugsfläche tert. Sektor	+31%
Büro-/Produktionsflächen	+25% / +8%
Energiekennzahl Raumheizung	-37% (HH), bis -45% (tert. Sektor), bis -50% (Industrie)
spezifischer Verbrauch bei Produktionsprozessen	bis -20%
Privater Personenverkehr	+37%
Offentlicher Personenverkehr	+127%
Güterverkehr Straße bzw. Schiene	+118% bzw. +110%
spez. Energieverbräuche PKW	-1% p.a.
spez. Energieverbrauch LKW, Busse	± 0%
spez. Energieverbrauch Luftverkehr	+18%

Quellen: /Prognos, November 1996b; Basics, Oktober 1996; Infras, Oktober 1996;
Forschungsgruppe Energieanalysen ETH Zürich, Oktober 1996; Prognos, Oktober 1996/

A1.2.1.3 Energiepreisentwicklung

Für die Preisentwicklung bei fossilen Brenn- und Treibstoffen (ohne Lenkungsabgabe) wird angesichts eines auch über die nächsten 10-15 Jahre anhaltenden Überangebots zunächst nur mit marginalen Preissteigerungen gerechnet (Heizöl EL z.B. nur etwa 1% p.a. zwischen 1993 und 2010). Nach 2010 beschleunigt sich der Preisauftrieb mit steigender Tendenz bis zu 3% p.a. Die Strompreise steigen real um durchschnittlich 0,9% p.a.

Tabelle A1-5: Entwicklung der Energiepreise

	1990	1992	2000	2010	2020	2030
Heizöl EL, Fr./t	458-395	385-345	393-329	418-353	491-421	616-538
Erdgas Raumwärme, Rp./kWh ¹⁾	5,1	4,8	5,2	5,4	6,0	7,1
Kohle Zementindustrie, Fr./t	67	69	73	76	88	102
Benzin, Rp./l	103	104	118	118	118	118
Diesel, Rp./l	97	99	125	125	125	125
Elektrizität, Rp./kWh ²⁾	14,6	15,3	16,1	16,5	17,3	19,0

¹⁾ bezogen auf oberen Heizwert,

²⁾ durchschnittlicher Konsumentenpreis

Quelle: /Prognos, November 1996/

A1.2.2 Rahmenbedingungen für den Bereich der Privaten Haushalte

A1.2.2.1 Anzahl der Wohnungen und Energiebezugsflächen

Die Zahl der Haushalte steigt von 2,8 Mio. auf 3,5 Mio. (+22%). Zunahme der Zahl der Wohnungen um 0,9 Mio. (+29%), der Energiebezugsfläche der Haushalte um 167 Mio. m² (+45%), der Energiebezugsfläche pro Einwohner bis 2010 um 0,7% p.a. bis 2030 um 0,6% p.a.

Tabelle A1-6: Wohnungen und Energiebezugsflächen der Haushalte

	Anzahl der Wohnungen Mio.	Energiebezugsfläche Mio. m ²	Ø Wohnungsgröße m ² EBF
1980	2,70	297	110
1990	3,16	370	117
2000	3,53	435	123
2010	3,78	483	128
2020	3,96	517	130
2030	4,08	537	131

Quelle: /Prognos, November 1996/

A1.2.2.2 Raumwärmebedarf

Rückgang um ca. 37% von 519 MJ/m² in 1990 auf 323 MJ/m² in 2030.

A1.2.2.3 Warmwassererzeugung

Abnahme des Energieverbrauchs für Warmwasser in den nächsten 20 Jahren um 10% und danach bis 2030 nochmals um 10%. Die Ursachen hierfür sind:

- Veränderungen der Beheizungsstruktur
- Auswirkungen der Förderprogramme für Fern- und Nahwärme, Wärmepumpen, Solartechnik und die Tarifempfehlungen des EVED
- Veränderung der spez. Warmwasserverbräuche pro Kopf und Tag: einerseits Mehrverbrauch durch zunehmenden Anteil zentraler Warmwassersysteme, andererseits Minderverbrauch durch Verordnung über Warmwasserkostenabrechnung (per Saldo: 2010: +1,5%; 2030: -0,2%)
- überdurchschnittlich steigende Nutzungsgrade bei der Warmwasserbereitstellung und der -verteilung: über alle Energieträger gemittelt steigt der Nutzungsgrad zwischen 1990 und 2010 um 22%, danach bis 2030 nochmals um 10%

A1.2.2.4 Kochen und Elektrogeräte

Die Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten steigt zwischen 1990 und 2030: ihre Zahl wächst bis 2010 um 1/3, bis 2030 um 40%. Die elektrischen Haushaltsgroßgeräte nehmen um 52% bis 2030 zu /Prognos, November 1996/.

Der Energieverbrauch nimmt bis 2030 um 10% zu, beim Kochen mit Elektrizität liegt der Zuwachs bei 30%. Der wachsenden Zahl an Kochgeräten steht der sinkende spezifische Verbrauch gegenüber. Verbrauchszielwerte und autonome Verbesserungen reduzieren den spezifischen Verbrauch bei E-Herden innerhalb von 40 Jahren um 10%, kleiner werdende Haushaltsgrößen und partielle Übernahme der Aufgaben einzelner E-Geräte durch andere tragen nochmals 10% zu Minderverbräuchen bei.

Bei Geschirrspülern liegt die jährliche autonome Trendrate der Verbrauchsverbesserung bei 0,8%.

Trotz des Flächenzuwaches um 45% nimmt der Verbrauch für Beleuchtung nur um 40% zu, d.h. Verbesserung des spezifischen Verbrauchs um nur 3,5%.

Der spezifische Verbrauch von Kühl- und Gefriergeräten nimmt bis 2030 um mehr als 50% ab. Dem gegenüber steht der steigende Gerätbestand um 41% bis 2030.

Rückgang des spezifischen Verbrauches bei Waschmaschinen um 40%, Zunahme des Gerätbestandes um 36% bis 2030.

Radio, Phono, Video, TV, Home-PC verzeichnen Zunahmen der Gerätbestände bis 2010 um 50% bis 2030 um 70% gegenüber 1990. Der spezifische Verbrauch geht nur um 11% zurück.

Bei übrigen Verwendungszwecken werden rasch wachsende Gerätbestände bei nur geringen technischen Verbesserungen verzeichnet.

A1.2.2.5 Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs der Haushalte im Szenario I

Tabelle A1-7: Elektrizitätsverbrauch der privaten Haushalte in PJ		1990	2000	2010	2020	2030
in PJ						
Beleuchtung	5,0	6,6	7,4	7,3	7,0	
Kühlen, Gefrieren	6,7	6,2	5,7	5,1	4,6	
Waschen	4,7	4,4	4,1	4,0	3,7	
Unterhaltungselektronik, PC	3,3	4,4	4,8	5,0	5,1	
übrige Verwendungszwecke	1,9	3,8	4,9	6,3	8,1	
Summe	21,7	25,4	27,0	27,7	28,5	

Quelle: /Prognos, Oktober 1996/

A 1.2.3 Rahmenbedingungen für den Tertiären Sektor

Die reale Wertschöpfung steigt zwischen 1990 und 2030 um 88%, die Beschäftigungszahl bleibt im Dienstleistungssektor nahezu konstant, geht aber in der Landwirtschaft um 30% zurück.

Die Energiebezugsflächen im tertiären Sektor nehmen von 124 Mio. m² (1990) auf 162 Mio. m² (2030) zu (31%).

Der spezifische Raumwärmebedarf sinkt um 45% von 628 MJ/m² in 1990 auf 347 MJ/m² in 2030.

Der spezifische Elektrizitätsverbrauch steigt um 3% von 299 MJ/m² in 1990 auf 306 MJ/m² in 2030. Der Elektrizitätsverbrauch pro Beschäftigtem steigt um 34% von 20,1 GJ/Person Jahr auf 27,0 GJ/Person Jahr.

Die Nutzungsgrade der installierten Heizsysteme steigen um ca. 25 bis 30%.

A 1.2.4 Rahmenbedingungen für den Bereich der Industrie

Die industrielle Wertschöpfung steigt um ca. 80%.

Die Zahl der Erwerbstätigen sinkt um ca. 17%.

Die Energiebezugsfläche steigt von 1990 bis 2030 um 15% von 62,3 Mio. m² auf 71,7 Mio m².

Der spezifische Raumwärmebedarf sinkt je nach Energieträger um 35% bis 50%.

Der spezifische Elektrizitätsverbrauch steigt um 18% von 215 MJ/m² in 1990 auf 254 MJ/m² in 2030.

A 1.2.5 Rahmenbedingungen für den Bereich Verkehr

Der private Personenverkehr nimmt um 37% zu. Der spezifische Verbrauch der Neuwagenflotte nimmt jährlich um 1% ab.

Der öffentliche Personenverkehr nimmt um 127% zu, der Güterverkehr auf Straße bzw. Schiene steigt um 118% bzw. 110%. Der spezifische Verbrauch bei LKW und Bussen bleibt nahezu konstant.

Im Luftverkehr nimmt die Betriebsstundenzahl privater Jets bis 2015 um ca. 100% zu. Der Energieverbrauch im LTO-Bereich nimmt pro Luftbewegung um 18% zu (größere Flugzeuge,

Kapazitätsprobleme der Flughäfen). Im zivilen Luftverkehr bleibt der spezifische Verbrauch unverändert.

A 1.2.6 Strombedarfsdeckung

Für die Strombedarfsdeckung werden 2 Varianten diskutiert:

1. Variante: „Kernenergie und Bezug“ - stillgelegte KKW werden durch neue ersetzt, auslaufende Bezugsrechte werden ersetzt und bei Bedarf aufgestockt
2. Variante: „WKK und fossil-thermische Kraftwerke“ - stillgelegte KKW und auslaufende Bezugsrechte werden durch WKK-Anlagen ersetzt; Deckungslücken werden durch fossil-thermische Kraftwerke gedeckt

Tabelle A1-8: Beitrag erneuerbarer Energien zur Stromproduktion in Variante 1

	Potential	Nutzung in 2030:
Biomasse (Holz, Energiepflanzen):	50-60 PJ	150 GWh
Windenergie:	5-6 PJ	250 GWh
Photovoltaik:	3000-21000 GWh	80 GWh
erneuerbare Energien insgesamt		ca. 480 GWh

Tabelle A1-9: Beitrag erneuerbarer Energien zur Stromproduktion in Variante 2

	Nutzung in 2030:
erneuerbare Energien insgesamt	720 GWh

A1.3 RAHMENBEDINGUNGEN DER SCHWEIZER SZENARIEN I, IIa/b, IIIa bis IIId und IV

A1.3.1 Szenario I: „Beschlossene Maßnahmen“

A1.3.1.1 Energiepolitische Maßnahmen in Szenario I

Szenario I umfaßt die heute bereits wirksamen bzw. beschlossenen Maßnahmen. Zentrale Rechtsgrundlage für die Einzelmaßnahmen bilden der Energienutzungsbeschluß (ENB) vom 14. Dezember 1990 bzw. die Energienutzungsverordnung (ENV) auf Bundesebene. Diese Rechtsgrundlagen sind bis 1998 befristet. Für Szenario I wird angenommen, daß die entsprechenden Maßnahmen weitergeführt werden. Die Aktionsprogramme von Energie 2000 sind integraler Bestandteil des energiepolitischen Maßnahmenkataloges, insbesondere im Zusammenhang mit finanziellen Anreizen, freiwilligen Vereinbarungen sowie Informations- und Beratungsangeboten. Daneben sind die für den Energieverbrauch relevanten Vorschriften und Maßnahmen der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) als wichtiger politischer Ansatzpunkt zu berücksichtigen. Es wird unterstellt, daß die Vollzugsvorgaben der LRV eingehalten werden. Das Spektrum der Maßnahmen ist in ihrer energiepolitischen Wirksamkeit unterschiedlich und kann in verschiedene Kategorien gegliedert werden:

- Zielwertvorgaben und Zulassungsanforderungen für energieverbrauchende Anlagen im Haushalts- und Dienstleistungsbereich (elektrische Hausgeräte, Unterhaltungs- und Bürogeräte), im Gebäudebereich (Heizenergiebedarf der Gebäude, Effizienz der Heizanlagen) und im Verkehrsbereich (Motorfahrzeuge),
- Durchführungsvorschriften und Bewilligungspflichten bei der verbrauchsabhängigen Heiz- und Warmwasserabrechnung und bei elektrischen Widerstandsheizungen,
- finanzielle Anreize über Förderprogramme entsprechend den Fördergrundsätzen und jeweiligen Budgetansätzen nach Status-Quo (direkte und indirekte Förderung),
- freiwillige Vereinbarungen zur sparsamen und rationellen Energienutzung,
- Informations- und Beratungsangebote, Aus- und Weiterbildungsprogramme.

Tabelle A1-10 zeigt die verschiedenen Ansatzpunkte für die Maßnahmen im Bereich der privaten Haushalte, des tertiären Sektors, der Industrie und des Verkehrs.

Tabelle A1-10: Energiepolitische Annahmen zum Szenario I

Sektor:	Maßnahmen
Private Haushalte	<ul style="list-style-type: none"> • Definition von Verbrauchszielwerten für Geräte und Apparate im Haushaltsbereich • Definition von Ziel- bzw. Grenzwerten für gebäudeseitige Transmissions- und Lüftungsverluste durch SIA-Empfehlung • Luftreinhalteverordnung für Heizungsanlagen • Verbrauchsabhängige Heiz- / Warmwasserkostenabrechnung für Neu- und Altbauten • Bewilligungspflicht für neue elektrische Widerstandsheizungen • Lüftungsanlagen und Haustechnik für Neubauten ab 1995 gemäß SIA 380/4 • Ausbau von Nah- und Fernwärme • direkte und indirekte Fördermaßnahmen für Nutzung erneuerbarer Energien und rationelle Energienutzung • Energiepreiserhöhung (Zollerhöhung, Mehrwertsteuer)
Dienstleistungs- und Landwirtschaftssektor	<ul style="list-style-type: none"> • Zielwerte für Geräte/Apparate, Anlagen und Gebäude, entsprechend den Anforderungen wie bei den privaten Haushalten • Ausbau von Nah- und Fernwärme • direkte und indirekte Fördermaßnahmen für Nutzung erneuerbarer Energien und rationelle Energienutzung • Energiepreiserhöhung (Zollerhöhung, Mehrwertsteuer)
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> • Luftreinhalteverordnung, Verbrauchsvorschriften, Abwärmenutzung, Recyclingvorgaben • Einspeisevergütung (gemäß Energienutzungsverordnung ENV Art. 14) • Ausbau von Nah- und Fernwärme • direkte und indirekte Fördermaßnahmen für Nutzung erneuerb. Energien und rat. Energienutzung • Energiepreiserhöhung (Zollerhöhung, Mehrwertsteuer)
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Warendeklaration bei PKW: Energieverbrauchsangaben in Preislisten, Kennzeichnung beim Verkauf • pauschale Schwerverkehrsbabgabefür LKW • Energiepreiserhöhung (Zollerhöhung, Mehrwertsteuer)

A1.3.2 Szenario IIa: Beabsichtigte Maßnahmen

A1.3.2.1 Energiepolitische Maßnahmen in Szenario IIa

Das Szenario II unterscheidet sich von Szenario I insbesondere durch das Energiegesetz, das den Energienutzungsbeschuß ab 1997 ablöst und die Berücksichtigung neuer verbrauchsrelevanter Abgaben vorsieht. Zu den energiepolitischen Maßnahmen des Szenarios IIa zählen:

- verschärfte Zielwertvorgaben und Zulassungsanforderungen für Geräte, Fahrzeuge und Gebäude (Dynamisierung),
- höhere finanzielle Mittel für Fördermaßnahmen,
- effizienterer Maßnahmenvollzug,
- neue Abgaben wie leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe, 10 Rp./l Mineralölsteuer, höherer Wasserzins.

Tabelle A1-11 zeigt die verschiedenen Ansatzpunkte für die Maßnahmen in den verschiedenen Bereichen:

Tabelle A1-11: Energiepolitische Annahmen zum Szenario IIa

Sektor:	Maßnahmen
Private Haushalte	<ul style="list-style-type: none"> für Geräte und Apparate im Haushaltsbereich werden die Verbrauchzielwerte alle 5 Jahre verschärft (erstmalig in 2005); Zulassungsvorschriften bei Nacherreichen der Zielwerte dynamische Verschärfung der Zielwerte für gebäudeseitige Transmissions- und Lüftungsverluste Verschärfung der Anforderungen für Lüftungsanlagen strenge Kontrollen der LRV-Anforderungen (LRV = <u>Luftreinhalteverordnung</u>) erweiterte VHKA (VHKA = <u>Verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung</u>) stringentere Kontrolle der Warmwasserkostenabrechnung zusätzliche Fördermittel für den Einsatz erneuerbarer Energien und Wärmepumpen
Dienstleistungs- und Landwirtschaftssektor	<ul style="list-style-type: none"> Dynamisierung und Verschärfung der Zielwerte für Geräte/Apparate, Anlagen und Gebäude höhere Fördermittel Beitrag der Elektrizitätswirtschaft im Rahmen DSM-Aktivitäten (DSM = <u>Demand-Side-Management</u>)
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> indirekte Förderung von F+E, P+D, Information und Ausbildung direkte Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien und Investitionshilfen zur Abwärmenutzung Fördermittel für Demand-Side-Management durch die Elektrizitätswirtschaft ca. 17 Mio. Fr./a verschärfte Vorschriften im Heizungsbereich zusätzliche freiwillige Vereinbarungen mit der Industrie zur weiteren Reduktion der spezifischen Verbrauchswerte
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> verstärkte Absenkung des spezifischen Treibstoffverbrauchs der PKW leistungsabhängige Schwerverkehrsbabgabebelastung in Höhe von 1,6 Rp. pro Tonne Gesamtgewicht sog. NEAT-Zehner: ein Aufschlag von 10 Rp./l Treibstoff

Im Haushaltsbereich greifen die energiepolitischen Maßnahmen des Szenarios IIa über drei verschiedene Ebenen:

- Verbrauchzielwerte, Richtwerte, Empfehlungen** werden dynamisch verschärft. Dies betrifft sowohl elektrische Haushaltsgüter als auch gebäudeseitige Anforderungen im Neubau und bei Sanierungen (siehe hierzu Tabelle A1-12 und Tabelle A1-13).

- Der **Vollzugsgrad** wird durch den erweiterten Adressatenkreis einzelner (beschlossener) Maßnahmen erhöht.
- **Zusätzliche Fördermittel** für die direkte Förderung erhöhen den Einsatz der erneuerbaren Energieträger und der Wärmepumpen geringfügig.

Der Dienstleistungssektor wird durch folgende Ansatzpunkte beeinflußt:

- **Zielwerte** für Geräte, Apparate, Anlagen und Gebäude werden dynamisch verschärft,
- Die Veränderungen in der **Tarifgestaltung** führen zu einer leichten Erhöhung des Strompreises für Demand-Side-Management-Programme,
- **Höhere Fördermittel** für Entwicklung, Forschung, Demonstrationsanlagen, Information und Beratung sowie praktische Anwendung bei erneuerbaren Energien und bei der Abwärmenutzung stehen zur Verfügung,
- Der **spezifische Wärmebedarf** in neuen und sanierten Gebäuden wird durch kontinuierlich verschärzte Empfehlungen reduziert (siehe Tabelle A1-13),
- Durch **Verstärkung der Förderprogramme** wird die Realisierungsquote im Elektrizitätsbereich erhöht,
- Für den **technischen Fortschritt** bei Teil- und Vollsaniierungen wird ab dem Jahr 2000 eine jährliche Verbesserung von 0,75 % angesetzt. (Szenario I: 0,5% p.a.),
- Die Zielwerte für die **Energiekennziffer Elektrizität** wird gegenüber Szenario I um 0,5% p.a. verschärft,
- Die verstärkten **Förderprogramme** bewirken einen höheren Anteil von neu gebauten oder sanierten Gebäude, die die verschärften Zielwerte für die Energiekennziffer Elektrizität erreichen.

Die Industrie wird durch folgende Ansatzpunkte beeinflußt:

- **Finanzielle Maßnahmen** für indirekte Förderung von F+E, P+D, Information und Ausbildung sowie direkte Förderung des Einsatzes der erneuerbaren Energien und Investitionshilfen zur Abwärmenutzung,
- Fördermittel für **Demand-Side-Management** durch die Elektrizitätswirtschaft,
- **Verschärzte Vorschriften** im Heizungsbereich,
- **Zusätzliche freiwillige Vereinbarungen** mit der Industrie zur weiteren Reduktion der spezifischen Verbrauchswerte.

Für den Verkehrssektor sind im Szenario IIa folgende Maßnahmen maßgebend:

- Die **Verordnung über die Absenkung des spezifischen Treibstoffverbrauchs** (vom 18.04.1995) gibt eine Absenkung des spezifischen Treibstoffverbrauchs für PKW und Lieferwagen von 3% p.a. in den Jahren 1996-2001.
- Eine **leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA)** in Höhe von 1,6 Rp. pro Tonne Gesamtgewicht wird ab 01.01.1998 erhoben.
- Ein Aufschlag von 10 Rp./l Treibstoff wird erhoben (NEAT-Zehner)

Tabelle A1-12: Zielwerte für Elektro-Haushaltsgeräte

Gerät	Einheit	Zielwert heute	mittlerer Verbrauch 10 Beste heute	dynamisierte Zielwert in Szenario IIa/b			
				2005	2010	2025	2030
Kühlschrank	kWh/d	0,87	0,52	0,65	0,55	0,42	0,38
Gefrierkombination	kWh/d	1,31	1,14	1,15	1,07	0,97	0,93
Gefriertruhen	kWh/d	1,1	0,65	0,68	0,57	0,48	0,45
Waschmaschinen	kWh/kg	0,23	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16
Wäschetrockner	kWh/kg	0,65	0,47	0,52	0,45	0,41	0,38
Geschirrspüler	kWh/MG	0,121	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08
Herd, Backofen	kWh/ Zyklus	0,85	0,73	0,77	0,73	0,68	0,65
TV 60 cm 100Hz	kWh/a	115		Reduktion um 1,3% p.a. nach 2010			

Quelle: /Prognos, November 1996/

Tabelle A1-13: Zielwerte für Raumwärme bei Neubauten im Dienstleistungssektor in MJ/m²

	Zielwerte		Ø tatsächlicher Verbrauch in 2030	
	Szenario I	Szenario IIa/b	Szenario I	Szenario IIa/b
1991-1995	330	330	354	354
1996-2000	270	270	324	324
2001-2005	270	220	315	312
2006-2010	270	200	306	300
2011-2015	270	180	289	275
2016-2020	220	170	278	254
2021-2025	220	160	266	233
2026-2030	220	150	255	220

Quelle: /Forschungsgruppe Energieanalysen ETH Zürich, Oktober 1996/

A1.3.3 Szenario IIb: Beabsichtigte Maßnahmen plus zusätzliche CO₂-Abgabe

A1.3.3.1 Energiepolitische Maßnahmen in Szenario IIb

Das Szenario IIb unterscheidet sich von Szenario IIa dadurch, daß zusätzlich zu den unterstellten Maßnahmen eine CO₂-Abgabe auf fossile Energieträger erhoben wird. Die Höhe der CO₂-Abgabe ist in Szenario IIb die gesuchte Größe. Sie richtet sich danach, wie groß die Lücke zwischen CO₂-Reduktionszielen und den berechneten CO₂-Emissionen ist. Für die Perspektivrechnungen wurde ein CO₂-Reduktionsziel von -10% bis 2010 gegenüber 1990 unterstellt. Um die Lücke zu schließen wird eine CO₂-Abgabe eingeführt, wobei zwei verschiedene Varianten für die Erhebung der CO₂-Abgabe betrachtet werden:

- **Variante E:** Hier wird ein einheitlicher Abgabesatz auf Brenn- und Treibstoffe erhoben
- **Variante T:** Hier wird eine Differenzierung der CO₂-Ziele zwischen Brenn- und Treibstoffen vorgenommen; Brennstoffe werden nicht belastet, lediglich die Treibstoffe werden mit einer CO₂-Abgabe belegt.

Tabelle A1-14: Energiepolitische Annahmen zum Szenario IIb

Sektor:	Maßnahmen
alle Sektoren	<p>Szenario IIb beinhaltet alle Maßnahmen aus Szenario IIa zzgl. zweier Varianten:</p> <p>Szenario IIb (E): Erhebung eines einheitlichen Abgabesatzes auf Brenn- <u>und</u> Treibstoffe um die CO₂-Zielsetzung von -10% bis 2020 gegenüber 1990 zu erzielen. Die Abgabe wird in Zweijahresschritten über den Zeitraum von 2000 bis 2008 eingeführt, beginnend in 2000 bei 12 Fr./t CO₂ bis zu 60 Fr./t CO₂ in 2008</p> <p>Szenario IIb (T): Erhebung einer CO₂-Abgabe <u>nur</u> auf Treibstoffe. Die Abgabe wird in Zweijahresschritten ab 2000 bis 2008 eingeführt, beginnend in 2000 mit 42 Fr./t CO₂ bis 210 Fr./t CO₂ in 2008. Dies entspricht einer Benzinpreiserhöhung von ca. 50 Rp./l</p>

A1.3.3.2 Die Wirkungen der Maßnahmen

Die Einführung der CO₂-Abgabe führt zum Anstieg der für die Haushalte relevanten Brennstoffpreise für Heizöl (bis -45%) und Erdgas (bis -22%). Daraus ergeben sich im Haushaltsbereich folgende Reaktionen:

- Die **Nutzungsgrade** verbessern sich im Vergleich zu Szenario IIa um 1-2% durch bessere Anlagen, höhere Anteile von Brennwertanlagen am gesamten Heizanlagenbestand
- Das mittlere **Anlagenalter** geht leicht zurück, da neue, effizientere Anlagen lohnend sind.
- Die spezifischen Einsparraten bei der **VHKA** bei Mehrfamilienhäusern liegen höher als in Szenario IIa und führen zu Reduzierungen von 2-3%.
- Im **Raumwärmebereich** sinkt der Speicherheizungsanteil, der Anteil von Wärmepumpen steigt.
- Die CO₂-Abgabe führt zu einer stärkeren **Verschiebung in der Energieträgerstruktur** zugunsten von Holz, Solar, Fernwärme und Wärmepumpen.

Im Dienstleistungs- und Landwirtschaftssektor werden folgende Effekte aufgrund der Veränderungen der Energiepreise und der Preisrelationen bedingt durch CO₂-Abgabe erwartet:

- Der **Anteil der energieoptimal gebauten Gebäude** erhöht sich. Im Durchschnitt reduziert sich der Wärmebedarf der Neubauten gegenüber Szenario IIa in 2010 um 10%, in 2030 noch um knapp 1,4%.
- Die **Einsparungen bei Teil- und Vollsaniierungen** im Gebäudebestand liegen im Szenario IIb bei etwas über 1% p.a. Kumuliert ergibt sich eine Verbesserung für den Durchschnitt der Sanierungen von ca. 9% in 2030.
- Es ergeben sich **Substitutionseffekte**, die von der CO₂-Abgabe abhängen. Bei Neubauten verliert Heizöl zugunsten von Gas, Holz, Fernwärme und Elektrizität. Beim Einsatz der alten Elektroheizungen verlieren Heizöl und Gas zugunsten von Holz, Fernwärme und Wärmepumpen.
- Im Bereich Raumwärme ergeben sich Sparpotentiale für die Übergangszeit zu Beginn und Ende der Heizperiode aufgrund veränderten Nutzerverhaltens.
- Der **Vollzugsgrad der VHKA** erhöht sich.

Im Bereich der Industrie werden drei Reaktionsmöglichkeiten auf die CO₂-Abgabe unterstellt:

- Anpassung der **Produktionsvolumina**,
- Veränderung der **Produktionsstruktur**,
- Erhöhung der Energieeffizienz durch **energiesparende Investitionen**.

Im Verkehrsbereich wird zwischen der Variante E (Einheitsabgabesatz) und der Variante T (Abgabesatz mit Sektorzielen) unterschieden.

Bei der Variante E berührt die CO₂-Abgabe die Benzin- und Dieselpreise nur minimal. Maximal ergibt sich eine Verteuerung von 11-12% (siehe Tabelle A1-16). Es wird davon ausgegangen, daß Verbrauchsreduzierungen hauptsächlich durch Änderung des Fahrverhaltens und durch organisatorisch-logistische Verbesserungen (Mitfahrzentralen, LKW-Auslastungserhöhungen) erreicht werden. Im Vergleich zu Szenario IIa liegt der Benzinabsatz in Szenario IIb (E) in 2010 2,8% unter dem Wert von IIa, in 2030 sind es 3,4%. Für Diesel werden leicht höhere Absatzreaktionen erwartet. Der Verbrauch und Absatz von Kerosin unterscheidet sich zwischen den beiden Szenarien nicht.

Bei Variante T führt die fünfstufige Anhebung einer CO₂-Abgabe auf Treibstoffe um jeweils 10Rp./l, beginnend in 2000 und endend in 2008 mit einem Höchstsatz von 50 Rp./l, zu einer Umverlagerung des Straßenverkehrs auf die Schiene. Im Güterverkehr erhöhen sich die kilometerabhängigen Kosten um knapp 5%. Der Umlagerungseffekt wird ebenfalls auf 5% geschätzt.

Tabelle A1-15: CO₂-Abgabe bei einheitlichem Abgabesatz (Variante E) und sektorspezifischem Abgabesatz auf Treibstoffe (Variante T)

	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
Variante E: Fr./t CO₂	12	24	36	48	60	60	60
Variante T:							
Fr./t CO ₂	42	84	126	168	210	210	210
Rp./l	10	20	30	40	50	50	50

Quelle: /Prognos, November 1996/

Tabelle A1-16: Relative Preisaufschläge durch die CO₂-Abgabe in den Varianten IIb(E) und IIb(T) in %

	2000	2005	2010	2020	2030
Variante E: Einheitssatz					
Haushalte, DL					
- HEL	10	28	45	38	30
- Erdgas	5	14	22	20	17
Industrie					
- HEL	11	33	52	44	34
- HS	21	58	93	78	61
- Erdgas	6	19	30	26	21
- Kohle	43	126	206	179	154
Verkehr					
- Benzin	2	6	11	11	11
- Diesel	2	7	12	12	12
Variante T: Treibstoffziel					
- Benzin	8	23	38	38	38
- Diesel	8	24	40	40	40

Quelle: /Prognos, November 1996/

A1.3.4 Szenario IIIa: Energie-Umwelt-Initiative

A1.3.4.1 Energiepolitische Maßnahmen in Szenario IIIa

Ausgangsbasis für die Energie-Umwelt-Initiative sind die Ergebnisse von Szenario IIa und die darin enthaltenen energiepolitischen Maßnahmen wie das Energiegesetz und energierelevante verkehrspolitische Maßnahmen.

Gemäß dem Initiativtext der Energie-Umwelt-Initiative soll der Verbrauch der nicht-erneuerbaren Energien innerhalb von acht Jahren nach Annahme der Vorlage stabilisiert und anschließend während 25 Jahren um durchschnittlich 1% pro Jahr vermindert werden. Die betroffenen Endenergiträger sollen jährlich um einen festgesetzten Prozentsatz so verteuert werden, daß die Ziele der Initiative erreicht werden. Nach fünf Jahren erfolgt eine Anpassung, je nach Zielerreichung und Marktpreisentwicklung. Abgabeobjekte sollen das Rohöl und Erdölprodukte (ohne den nicht-energetischen Verbrauch), Erdgas, Kohle und Kernbrennstoffe sowie Wasserkraft (ab 1MW) sein. Die Abgabe wird auf Stufe der Sekundärenergie, d.h. bei den Energieproduzenten und -importeuren, erhoben.

Sektor:	Maßnahmen der Energie-Umwelt-Initiative
alle Sektoren	<ul style="list-style-type: none"> exponentiell zunehmende Abgabenrate auf Endenergiträger aus Rohöl und Erdölprodukte, Erdgas, Kohle, Kernbrennstoffe und Wasserkraft ab 1MW (s. nachfolgende Tabelle) volle Rückerstattung der Einnahmen aus der Erhebung der Energieabgaben an Wirtschaft und Verbraucher; dabei verschiedene Rückerstattungsmodi für die verschiedenen Bereiche

Fossile Energieträger wurden wie folgt behandelt: Rohöl wird erst nach seiner inländischen Verarbeitung zu Ölprodukten abgabenpflichtig. Von der Abgabe befreit sind die Betriebsmittel im grenzüberschreitenden Verkehr, Treibstoffe für ausländische Züge, Energietransite etc.

Flugbenzin für Auslandsflüge ist abgaben frei.

Bei der Elektrizitätserzeugung wird die Elektrizität und Fernwärme aus Kernkraftwerken sowie die Elektrizität aus Wasserkraft (ab 1 MW) ab Klemme Kraftwerk belastet. Die Energieproduktion aus Kernkraftwerken wird stärker belastet als jene aus Wasserkraftwerken. Im Durchschnitt beträgt die Verteuerung für Elektrizität 2% p.a.

Bei fossil-thermischen Kraftwerken, Wärmekraftkopplungsanlagen und bei der ganz oder teilweise mit fossiler Energie betriebenen Fernwärmeversorgung wird der Energieinput belastet.

In der Tabelle A1-17 sind die absoluten Energieabgaben für den Fall einer jährlichen Verteuerung von 3,5% für fossile Energieträger und 2% für die Elektrizität ausgewiesen.

Einen Sonderfall bilden die Treibstoffe. Die Anwendung der Abgabe in der vorgesehenen Form hätte in 2030 eine Erhöhung der Treibstoffpreise um 162% zur Folge (siehe unterer Teil von Tabelle A1-17). Als maximaler Abgabesatz in 2030 wurde deshalb für Benzin und Diesel ein Wert von 1Fr./l festgelegt. Zusätzlich zu den Abgaben auf Dieseltreibstoffe wird für Nutzfahrzeuge eine LSVA in Höhe von 3,2 Rp./t Gesamtgewicht erhoben.

Die EU-Initiative sieht vor, die Einnahmen, die aus der Erhebung der Energieabgaben gewonnen wurden, in voller Höhe der Wirtschaft und der Bevölkerung zurückzuerstatten. Für den Rückerstattungsmodus wurden folgende Regelungen getroffen:

- Für Industrie- und Dienstleistungsunternehmen werden zwei separate Einnahmen und Rückerstattungstöpfe gebildet.
- Die Einnahmen aus dem Verkehr werden je zur Hälfte an Wirtschaft und Bevölkerung zurückverteilt.
- Die Rückerstattung an Industrie- und Dienstleistungsunternehmen erfolgt nach Maßgabe der AHV-Lohnsumme.
- Die Rückzahlung an die Haushalte erfolgt pro Kopf.
- Für energieintensive Betriebe wird eine Nettobelastung von 1% vorgegeben, d.h. die aus den Energieabgaben resultierenden Belastungen abzüglich der Entlastungen durch die Rückzahlungen sollen 1% des Bruttoproduktionswertes nicht übersteigen.

Tabelle A1-17: Energieabgaben in Fr./GJ bei einer jährlichen Verteuerung um 3,5% (fossile Energieträger) bzw. 2% (Elektrizität) - Szenario IIIa

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Private Haushalte, Dienstleistungen						
HEL	1,0	2,9	5,2	8,0	11,2	15,0
Erdgas	1,6	4,6	8,1	12,4	17,4	23,4
Industrie						
HEL	0,8	2,5	4,4	6,7	9,4	12,7
HS	0,5	1,5	2,7	4,2	5,8	7,9
Erdgas	1,1	3,3	5,9	9,0	12,6	16,9
Verkehr						
Benzin	3,3	8,8	14,3	19,9	25,4	30,9
Diesel	3,0	8,0	13,0	18,1	23,1	28,1
Strom						
Durchschnitt	2,2	6,3	11,1	16,7	23,2	30,9
KKW	4,6	13,3	23,6	35,9	50,5	67,8
Wasser	0,6	1,7	2,8	3,9	5,1	6,3
Energieabgabe in % des Ausgangspreises von 2002						
fossile ET	11	32	56	86	121	162
Strom Durchschnitt	5	15	27	40	56	74
Strom KKW	11	32	56	86	121	162
Strom Wasser	2	4	7	9	12	15

Quelle: /Prognos, November 1996/

A1.3.4.2 Die Wirkungen der Maßnahmen

Die E/U-Abgabe, welche die Energie-Umwelt-Initiative zur Erreichung ihrer Zielsetzung vorsieht, bewirkt eine signifikante Erhöhung der Energiepreise. Diese wirken verbrauchsmindernd und fördern Energiesparinvestitionen und den Einsatz erneuerbarer Energieträger.

Im Bereich der privaten Haushalte und im Dienstleistungs- und Landwirtschaftssektor werden folgende Wirkungen erwartet:

- aufgrund höherer Energiepreise steigt die Anzahl energieoptimal gebauter Gebäude. Die **Heizenergiebedarfe** der Neubauten reduzieren sich langfristig stärker als in Szenario IIa (bis ca. 12%),
- die **Sanierungsrraten und -effizienzen** für Altbauten liegen höher als in Szenario IIa (bis zu 20%),
- **verhaltensbedingte Einsparungen** liegen 2 bis 4% höher als im Szenario IIa,
- Substitutionseffekte zwischen erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieträgern bewirken Zuwächse bei **Fern- und Nahwärme, Holz und Solarwärme** und **elektrisch betriebenen Wärmepumpen** gegenüber Szenario IIa,
- der **Energieverbrauch für Warmwasser** im Bereich der privaten Haushalte sinkt in ähnlicher Weise wie der Raumwärmebedarf. Die **solare Warmwassererzeugung** kann deutliche Zuwächse verzeichnen.

Im Bereich der Industrie werden folgende Anpassungsmöglichkeiten berücksichtigt:

- Anpassungen über **Veränderungen der Produktionsvolumen und der Produktionsstruktur** sowie **energiesparende Investitionen** bewirken eine Abnahme des Energieverbrauchs bis 2030 um insgesamt 10,8% gegenüber Szenario IIa. Fossile Energieträger reduzieren sich gegenüber Szenario IIa bis 2030 um 18%, Elektrizität um 8,5%

Für den Verkehrssektor werden folgende Wirkungen erwartet:

- der **Preisanstieg für Benzin** bewirkt im Bereich des Personenverkehrs eine Reduktion um 20% gegenüber Szenario IIa durch Effizienzsteigerungen, Umverlagerungen und Anpassungen in der Mobilität,
- im Güterverkehr bewirken **LSVA** und **Dieselpreiserhöhung** gemeinsam eine Reduktion der Fahrleistung um 14% gegenüber Szenario IIa.

A1.3.5 Szenario IIIb: Solarinitiative

A1.3.5.1 Energiepolitische Maßnahmen in Szenario IIIb

Ziel der Solarinitiative ist, die Nutzung der Solarenergie auf überbauten Flächen und die Effizienz und Nachhaltigkeit der Energienutzung direkt zu fördern. Hierzu wird vom Bund eine indexierte Abgabe (Solarrappen) auf den Endverbrauch der nicht-erneuerbaren Energieträger (inkl. Elektrizität) erhoben. Nach Vorstellungen der Initiative würde die Abgabe im Jahre 2003 in Höhe von 0,1 Rp./kWh eingeführt und innerhalb von 5 Jahren auf den vollen Abgabesatz von 0,5 Rp./kWh stufenweise angehoben. Die Erhebung der Abgabe ist auf eine Dauer von 20 Jahren begrenzt.

Sektor:	Maßnahmen
alle Sektoren	<ul style="list-style-type: none"> indexierte Abgabe („Solarrappen“) auf den Endverbrauch der nicht-erneuerbaren Energieträger inkl. Elektrizität aus nicht-erneuerbaren Energiequellen. Höhe der Abgabe: ab 2003 0,1 Rp./kWh ansteigend um 0,1 Rp./kWh pro Jahr auf 0,5 Rp./kWh in 2007. Der volle Abgabesatz wird beibehalten bis zum Jahre 2027 und erlischt dann. Zweckbindung der Erträge: <u>mindestens</u> 50% der Erträge sollen für die Förderung der Solarenergienutzung verwendet werden; der Rest dient zur Förderung der rationellen Energienutzung

Der Erhebungsmodus für die nicht-erneuerbaren Energieträger entspricht dem einfachen System der Mineralölsteuer (Import und ab Ausgang Raffinerie). Elektrizität aus nicht-erneuerbaren Energieträgern wird ab Klemme Kraftwerk belastet. Energieintensive Branchen werden wie in der Energie-Umwelt-Initiative behandelt (inhaltliche Abgrenzung und Abschneidegrenze, mögliche Differenzierung des Abgabesatzes).

Die Hälfte der eingenommenen Geldmittel werden für die Nutzung der Sonnenenergie verwendet. Die übrigen Erträge werden für die Förderung rationeller Energienutzung verwendet. Tabelle A1-18 zeigt die zu fördernden Energiebereiche und die wichtigsten Anwendungsbereiche.

Tabelle A1-18: zu fördernde Energienutzungsbereiche

Solarenergienutzung	Beispiele
Direkte Sonnenenergienutzung (Wärme)	Kollektoren
Direkte Sonnenenergienutzung (Strom)	Photovoltaik
Indirekte Sonnenenergienutzung (W)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz; Stroh
Indirekte Sonnenenergienutzung (S)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz; Stroh; Bio-, Deponie-, Klärgas (WKK)
Passive Sonnenenergienutzung (W)	Solararchitektur; Wand-, Fensterkollektoren; transparente Wärmedämmung
Rationelle Energieverwendung	Beispiele
Energienutzung am Gebäude (W)	Fenster; Gebäudehülle
Haustechnik (W)	Wirkungsgrad der Heizanlage; Lüftung mit Wärmerückgewinnung
Stromeinsatz (S)	Haushalt-, Bürogeräte; Maschinen
Prozeßwärme Industrie (W)	Zementwerke; Ziegeleien usw.
Verkehr	Antrieb; Fahrzeugtechnik
Wärmepumpen	höhere Leistungsziffern; neue Wärmepumpenkonzepte
Wärme-Kraft-Kopplung (S)	WKK mit fossilem Brennstoff
Geothermie (W)	höhere Leistungsziffern

Quelle: /Prognos, November 1996/

Laut Text der Solarinitiative sollen Kollektoren und PV-Module sollen nur auf überbauten Flächen installiert werden. Im Bereich der Biomasse ist der Anbau von China-Schilf und anderen Energiepflanzen nicht vorgesehen. Energieerträge aus Windkraft werden nicht berücksichtigt.

A1.3.5.2 Die Wirkungen der Maßnahmen

Die Erhebung des Solarrappens hat zum einen die direkte Wirkung, daß sich die Energie verteuert (siehe Tabelle A1-19) und zum Energiesparen anreizt und zum anderen die indirekte Wirkung, die über die Verteilung von Fördermitteln die Nutzungsbereiche Energiesparmaßnahmen und Energiesubstitutionen fördert.

Insgesamt sind die relativen Preisaufschläge zu niedrig, so daß davon keine signifikanten Lenkungswirkungen erwartet werden können. Die Einsparungen im Gesamtenergieverbrauch liegen zwischen 0,6 und 1,2%.

Tabelle A1-19: Solarrappen - Abgabenhöhe und Wirkung auf die Energiepreise

Abgabe (Solarrappen)	2003	2005	2010	2025
Rp./kWh	0,1	0,3	0,5	0,5
Fr./GJ	0,28	0,83	1,39	1,39
Energiepreiserhöhung %	2003	2005	2010	2025
Private Haushalte, Dienstleistungen				
• HEL	3	9	14	11
• Erdgas	2	6	9	8
• Elektrizität	1	2	2	2
Industrie				
• HEL	3	10	15	13
• HS	6	17	27	20
• Erdgas	3	8	13	10
• Elektrizität	1	2	4	3
Treibstoffe				
• Benzin	1	2	3	3
• Diesel	1	2	4	4

Quelle: /Prognos, November 1996/

Aus der Erhebung des Solarrappens ergeben sich Einnahmen in Höhe von 880 Mio. Franken in 2010. Diese Resultate basieren auf den Energieverbrauchswerten von Szenario IIa, das für die Solarinitiative das Referenzszenario bildet. Bei einer Verteilung der Fördermittel wie in Kapitel

A1.3.5.3 beschrieben können im Jahr 2010 Investitionen ausgelöst werden, die über ihre gesamte Lebensdauer von ca. 20 Jahren Einsparungen bzw. Substitution von nicht-erneuerbaren Energieträgern in Höhe von 64 PJ bewirken.

A1.3.5.3 Verteilung der Fördermittel

Die Förderung erfolgt nach folgendem Verfahren: Zuerst werden die günstigsten Potentiale realisiert und dann in aufsteigender Folge die Potentiale mit höheren Differenzkosten. Der Fördersatz ist dabei immer gerade so hoch wie die Differenzkosten des teuersten, noch berücksichtigten Potentials. Dadurch werden alle Projekte deren Differenzkosten geringer oder gleich dem Fördersatz liegen für den Investor wirtschaftlich.

Die Photovoltaik wird in diesem Zusammenhang als Spezialfall behandelt, indem sie aus einem separaten Fonds gefördert wird. Diesem stehen im Jahre 2010 in der Variante IIIb 60 Mio. Fr./a. und im Jahre 2025 100 Mio. Fr./a zur Verfügung. Tabelle A1-23 zeigt die Verteilung der Fördermittel auf die einzelnen Energienutzungsbereiche.

Die Kosten der zu fördernden Energienutzungsbereiche werden den Kosten der Referenzsysteme gegenübergestellt. (Tabelle A1-20 zeigt die Kosten der Referenzsysteme). Die Differenzkosten geben Aufschluß darüber, wie weit die einzelnen Systeme von der Wirtschaftlichkeit entfernt sind und bestimmen so zusammen mit den verfügbaren Potentialen die möglichen Wirkungen des Fördermitteleinsatzes (siehe Tabelle).

Tabelle A1-20: Kosten und Preise der Referenzsysteme, Rp./kWh

Kosten	1996	2010	2025
Stromerzeugungskosten neue Kraftwerke	9	10	11
Stromkosten Kleinverbraucher	18	19	20
Stromkosten Großverbraucher	14	15	16
Wärmegestehungskosten	11	12	13

Quelle: /Prognos, November 1996/

Tabelle A1-21: Differenzkosten für Solarenergie und rationelle Energieverwendung 1996

Nutzungsbereich	Differenzkosten Rp./kWh
Differenzkosten Solarenergie	
Kollektoren (Wärme)	3 bis 30
Photovoltaik (Strom)	100 bis 140
Altholz (S)	-3 bis 2
Altholz (W)	-2 bis 2
Restholz (S)	0 bis 5
Restholz (W)	0 bis 3
Waldholz (S)	4 bis 10
Waldholz (W)	3 bis 5
Stroh (W)	1 bis 5
Biogas (W)	5 bis 25
Deponie- und Klärgas (S)	-5 bis 4
Passive Sonnenenergienutzung	1 bis 10
Differenzkosten rationelle Energieverwendung	
Fenster und Gebäudehülle (W)	3 bis 10
Heizanlage (W)	0 bis 4
Lüftung WRG (W)	5 bis 10
Stromeinsatz (S)	-2 bis 10
Prozeßwärme Industrie (W)	3 bis 10
Verkehr (wie W)	3 bis 10
Wärmepumpen (W)	3 bis 9
WKK mit fossilen ET (S)	-1 bis 12
Geothermie	5 bis 10

Quelle: /EBP, Oktober 1996/

Tabelle A1-22: Höhe und Verteilung der Fördersätze, Rp./kWh

	2010	2025
Solarenergienutzung		
- Wärme	4	6,6
- Strom	8	13,2
Rationelle Energieverwendung		
- Wärme	3	3,2
- Strom	6	6,4

Quelle: /Prognos, November 1996/

Tabelle A1-23: Mittelflüsse in die Energienutzungsbereiche im Szenario IIIb in den Jahren 2010 und 2025

		2010		2025	
		Mio. Fr.	%	Mio. Fr.	%
Solarenergie	Beispiele	418	50	423	50
Direkte Sonnenenergie (Wärme)	Kollektoren	141	17	156	18
Direkte Sonnenenergie (Strom)	Photovoltaik	60	7	100	12
Indirekte Sonnenenergie (Wärme)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz, Stroh	77	9	43	5
Indirekte Sonnenenergie (Strom)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz, Stroh (WKK), Bio-, Deponie-, Klärgas	106	13	83	10
Passive Solarenergie (Wärme)	Solararchitektur, Wand-, Fensterkollektoren, TWD	34	4	41	5
Rationelle Energieverwendung	Beispiele	418	50	423	50
Energienutzung am Gebäude (Wärme)	Fenster, Gebäudehülle	21	3	41	5
Haustechnik (Wärme)	Wirkungsgrad der Heizanlage, Lüftung mit WRG	31	4	35	4
Stromeinsatz (Strom)	Haushalt-, Bürogeräte, Maschinen	136	16	55	7
Prozeßwärme Industrie (Wärme)	Zementwerke, Ziegeleien	34	4	61	7
Verkehr (Wärme)	Antrieb, Fahrzeugtechnik	26	3	46	5
Wärmepumpen (Wärme)	höhere Leistungsziffern, neue WP-Konzepte	20	2	61	7
Wärme-Kraft-Kopplung (Strom)	WKK mit fossilem Brennstoff	116	14	61	7
Geothermie (Wärme)	höhere Leistungsziffern	34	4	61	7

Quelle: /Prognos, November 1996/

A1.3.6 Szenario IIIc: Energie-Umwelt-Solarinitiative

A1.3.6.1 Energiepolitische Maßnahmen in Szenario IIIc

In Szenario IIIc werden die Maßnahmen der Energie-Umwelt-Initiative und der Solarinitiative integriert. Zielsetzungen, Abgabeobjekte, Erhebungsformen, Abgabenhöhe und Verwendung der Einnahmen bleiben für beide Initiativen unverändert. Die Einzelheiten wurden in den Kapiteln A1.3.4 und A1.3.5 beschrieben.

Szenario IIIc: Energie-Umwelt-Solarinitiative

Sektor:	Maßnahmen
alle Sektoren	<ul style="list-style-type: none"> • Kombination der Maßnahmen aus Szenario IIIa und IIIb

A1.3.6.2 Die Wirkungen der Maßnahmen

Im Vergleich zu Szenario IIIb gibt es für die Solarinitiative in IIIc folgende Veränderungen: Das Mittelaufkommen aus dem Solarrappen verringert sich dadurch, daß durch die Erhebung der E/U-Initiative der Verbrauch fossiler Energieträger vermindert wird. Die Potentiale der geförderten Energienutzungsbereiche sind kleiner, da durch die Lenkungsabgabe der E/U-Initiative ein Großteil der verfügbaren Potentiale ausgeschöpft wird. Die Eigenpreiseffekte des Solarrappens verringern sich dadurch, daß das Energiepreisniveau durch die E/U-Abgabe wesentlich höher liegt und somit die relative Bedeutung des Solarrappens weiter abnimmt.

Die kombinierte Einführung der E/U-Initiative und der Solarinitiative ergeben nach den Analysen sowohl für die fossilen Energien als auch für die Elektrizität beachtliche Verbrauchsreduktionen. Bei den fossilen Energieträgern liegt die Verbrauchsminderung bei 20%, bei der Elektrizität bei ca. 10%.

A1.3.6.3 Verteilung der Fördermittel

Die Verteilung der Fördermittel erfolgt wie in Szenario IIIb entsprechend den Vorgaben der Initiative, nach der mindestens 50% der Solarenergie zufließen müssen. Tabelle A1-24 zeigt die Verteilung der Fördermittel auf die einzelnen Energienutzungsbereiche. Abgesehen von dem niedrigeren Fördervolumen hat sich die Struktur der Mittelverteilung gegenüber Szenario IIIb teilweise deutlich geändert. Vor allem innerhalb der Solarenergienutzung hat sich die Förderung in Richtung direkter Solarenergienutzung verlagert. Für die Photovoltaik wird wiederum ein fixer

Förderbetrag reserviert. Deutliche Zuwächse gegenüber Szenario IIIb erhält die Nutzung der Sonnenenergie im Wärmebereich, da in direkter Folge der in IIIc rasch ausgeschöpften Potentiale für Biomasse Mittel für andere Anwendungen frei werden.

Tabelle A1-24: Mittelflüsse in die Energienutzungsbereiche in Szenario IIIc in den Jahren 2010 und 2025

		2010		2025	
		Mio. Fr.	%	Mio. Fr.	%
Solarenergie	Beispiele	413	50	390	50
Direkte Sonnenenergie (Wärme)	Kollektoren	154	19	213	27
Direkte Sonnenenergie (Strom)	Photovoltaik	60	7	100	13
Indirekte Sonnenenergie (Wärme)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz, Stroh	94	11	17	2
Indirekte Sonnenenergie (Strom)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz, Stroh (WKK), Bio-, Deponie-, Klärgas	68	8	17	2
Passive Solarenergie (Wärme)	Solararchitektur, Wand-, Fensterkollektoren, TWD	38	5	44	6
Rationelle Energieverwendung	Beispiele	418	50	390	50
Energienutzung am Gebäude (Wärme)	Fenster, Gebäudehülle	6	1	13	2
Haustechnik (Wärme)	Wirkungsgrad der Heizanlage, Lüftung mit WRG	32	1	23	2
Stromeinsatz (Strom)	Haushalt-, Bürogeräte, Maschinen	116	14	95	12
Prozeßwärme Industrie (Wärme)	Zementwerke, Ziegeleien	39	5	57	7
Verkehr (Wärme)	Antrieb, Fahrzeugtechnik	29	4	41	5
Wärmepumpen (Wärme)	höhere Leistungsziffern, neue WP-Konzepte	23	3	48	6
Wärme-Kraft-Kopplung (Strom)	KWK mit fossilem Brennstoff	131	16	56	7
Geothermie (Wärme)	höhere Leistungsziffern	39	5	57	7

Quelle: /Prognos, November 1996/

A1.3.7 Szenario IIId: Modifizierte Solarinitiative

A1.3.7.1 Energiepolitische Maßnahmen in Szenario IIId

Szenario IIId stellt eine Modifikation der Solarinitiative dar. Der maximale Abgabesatz ist mit 0,25 Rp./kWh halb so hoch wie in Szenario IIIb. Die 50%-Vorgabe der Fördermittel für die Solarenergienutzung ist aufgehoben, so daß die Fördermittel frei auf die einzelnen Energienutzungsbereiche verteilt werden können. Die generelle Zielsetzung der Solarinitiative, d.h. die direkte Förderung der Nutzung der Solarenergie und der rationellen Energieverwendung, bleibt bestehen.

Sektor:	Maßnahmen
alle Sektoren	<ul style="list-style-type: none"> „halber Solarrapp“: indexierte Abgabe auf den Endverbrauch der nicht-erneuerbaren Energieträger inkl. Elektrizität aus nicht-erneuerbaren Energiequellen. Die Höhe der Abgabe beträgt 50% des Abgabesatzes aus Szenario IIIb. Die Abgabe wird ab 2003 eingeführt, der volle Abgabesatz wird ab 2007 bis 2027 erhoben. Zweckbindung der Erträge: Erträge sollen für die Förderung der Solarenergienutzung und der rationellen Energienutzung verwendet werden. Die Erträge werden <u>frei</u> auf die einzelnen Technologien verteilt.

A1.3.7.2 Die Wirkungen der Maßnahmen

Die unmittelbaren Wirkungen des halben Abgabesatzes sind zum einen die Halbierung des Mittelaufkommens und zum anderen eine Halbierung der Eigenpreiseffekte. Die Auswirkungen des halben Solarrappens auf die Energiepreise sind sehr niedrig, daher auch die Verbrauchswirkungen, die unter 1% liegen.

A1.3.7.3 Verteilung der Fördermittel

Die Zuweisung der Fördermittel auf die verschiedenen Energienutzungsbereiche erfolgt nach Maßgabe der Wirtschaftlichkeit. Für die Photovoltaik wird wiederum ein separater Fonds gebildet. Er beträgt allerdings mit 20 Mio. Fr. in 2010 und 30 Mio. Fr. in 2025 nur ca. ein Drittel des Fördervolumens von IIIb (s. Tabelle A1-25).

Tabelle A1-25: Mittelflüsse in die Energienutzungsbereiche in Szenario IIId in den Jahren 2010 und 2025

		2010		2025	
		Mio. Fr.	%	Mio. Fr.	%
Solarenergie	Beispiele	171	41	97	23
Direkte Sonnenenergie (Wärme)	Kollektoren	47	11	13	3
Direkte Sonnenenergie (Strom)	Photovoltaik	20	4	30	7
Indirekte Sonnenenergie (Wärme)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz, Stroh	26	6	14	3
Indirekte Sonnenenergie (Strom)	Alt-, Rest-, Flur-, Waldholz, Stroh (WKK), Bio-, Deponie-, Klärgas	54	13	27	6
Passive Solarenergie (Wärme)	Solararchitektur, Wand-, Fensterkollektoren, TWD	23	6	12	3
Rationelle Energieverwendung	Beispiele	247	59	325	77
Energienutzung am Gebäude (Wärme)	Fenster, Gebäudehülle	10	2	22	5
Haustechnik (Wärme)	Wirkungsgrad der Heizanlage, Lüftung mit WRG	28	7	22	5
Stromeinsatz (Strom)	Haushalt-, Bürogeräte, Maschinen	92	22	48	11
Prozeßwärme Industrie (Wärme)	Zementwerke, Ziegeleien	4	1	59	14
Verkehr (Wärme)	Antrieb, Fahrzeugtechnik	3	1	44	10
Wärmepumpen (Wärme)	höhere Leistungsziffern, neue WP-Konzepte	3	1	38	9
Wärme-Kraft-Kopplung (Strom)	KWK mit fossilem Brennstoff	104	25	33	9
Geothermie (Wärme)	höhere Leistungsziffern	4	1	59	14

Quelle: /Prognos, November 1996/

A1.3.8 Szenario IV: Verschärft auf Nachhaltigkeit ausgerichtete CO₂-Reduktion

A1.3.8.1 Energiepolitische Maßnahmen in Szenario IV

Als Zielsetzung ist in Szenario IV ausgehend von 1990 ein am IPCC orientierter CO₂-Absenkungspfad vorgegeben. Bis zum Jahr 2010 sollen die CO₂-Emissionen im Vergleich zu 1990 um 25% und bis 2030 um 60% abnehmen. Mittelpunkt der Maßnahmen ist die Erhebung einer Energielenkungsabgabe. Die Energielenkungsabgabe wird so ausgestaltet, daß die Energiepreise der fossilen Energieträger und Strom in 2030 etwa dreimal so hoch liegen wie in der Referenzentwicklung angenommen wurde. Dies entspricht einer kontinuierlichen Verteuerung von 4% p.a.:

Für den Teil der Einnahmen, der an die Verbraucher zurückerstattet wird, kann ein ähnliches Verfahren wie für die E/U-Initiative angewandt werden.

Bei den energieintensiven Betrieben ist die Nettobelastung auf eine Obergrenze von 5% des Bruttoproduktionswertes begrenzt.

Sektor:	Maßnahmen
alle Sektoren	<ul style="list-style-type: none"> kontinuierliche Verteuerung der Energiepreise um 4% p.a. verschärft ordnungspolitische Maßnahmen (Grenzwerte, Zielwerte, Verbrauchsvorschriften o.ä.)

A1.3.8.2 Die Wirkungen der Maßnahmen

Im Bereich der **privaten Haushalte** werden durch die Umsetzung der politischen Maßnahmen folgende Wirkungen erwartet:

Der Heizenergiebedarf im Neubaubereich wird sich gegenüber Szenario IIa deutlich verbessern. In 2030 liegt er um die Hälfte niedriger.

Die Wohnungsabgangsrate der über 50-jährigen Gebäude wird erhöht. Die zu beheizende Fläche bleibt gleich groß wie in Szenario IIa.

Mit zunehmendem Energiepreisniveau werden Energiekosten bei der Sanierung relevant. Dadurch wurden die Sanierungsrenten für die verschiedenen Zeiträume gegenüber Szenario IIa erhöht, bei den Einfamilienhäusern um 25%, bei den Mehrfamilienhäusern um 35%. Daraus resultiert eine Vollsanierungsrate von 1,3 bis 1,4 % p.a. .

Bei der Sanierungseffizienz wird ein ähnlich hoher Anstieg erwartet, wie beim Heizenergiebedarf.

Die Substitution von öl- und elektrizitätsbeheizten Wohnungen wurde gegenüber Szenario IIa deutlich erhöht. Das Substitutionsvolumen wurde bei ohmschen Elektroheizungen um 53%, bei den fossil beheizten Wohnungen um 200% erhöht. Gewinner der Substitutionsverluste bei Öl und Elektrizität sind in wesentlichen Gas, Holz und elektrische Wärmepumpen.

Bei den Heizanlagen wird das größte Sparpotentiale durch die schnelle Verbreitung der effizientesten Heizanlagen erschlossen. Einsparungen durch technische Weiterentwicklungen werden als gering angesehen, da Gasbrennwertgeräte heute schon am technischen und physikalischen Maximum liegen. Für Wärmepumpen wird langfristig eine Leistungsziffer von 4 angenommen.

Im Warmwasserbereich geht der spezifische Warmwasserverbrauch pro Kopf und Tag durch bewußteren und sparsameren Umgang zurück. Die Nutzungsgrade werden auf Grund der verbesserten Heizanlagen erhöht. Im Jahre 2030 werden rund 23% aller Haushalte bzw. der Bevölkerung vollständig über Solaranlagen versorgt.

Im **Dienstleistungs- und Landwirtschaftssektor** werden folgende Wirkungen erwartet:

Die Reduktion des Wärme- und Elektrizitätsbedarfes in Neu- und Altbauten verläuft ähnlich wie bei den privaten Haushalten.

Im Bereich der **Industrie** werden folgende Wirkungen erwartet:

Im Bereich der Industrie wird zwischen Querschnittstechnologien und branchenspezifischen Technologien unterschieden.

Querschnittstechnologien sind Technologien, die in verschiedenen Branchen eingesetzt werden können. Hierzu zählen die Energieumwandlung, der Transport, Verdichtungsvorgänge, Dampferzeugung, Wärmerückgewinnung, Trocknung, WKK-Prozesse, Optimierung des Produktionsablaufes, Stoffströme, und die Vorgänge Messen, Steuern, Regeln. Die möglichen Einsparungen beim Einsatz der Best-Technologien liegen mehrheitlich zwischen 5 und 20%.

Bei den branchenspezifischen Technologien liegen die Einsparpotentiale bei bis zu 95%.

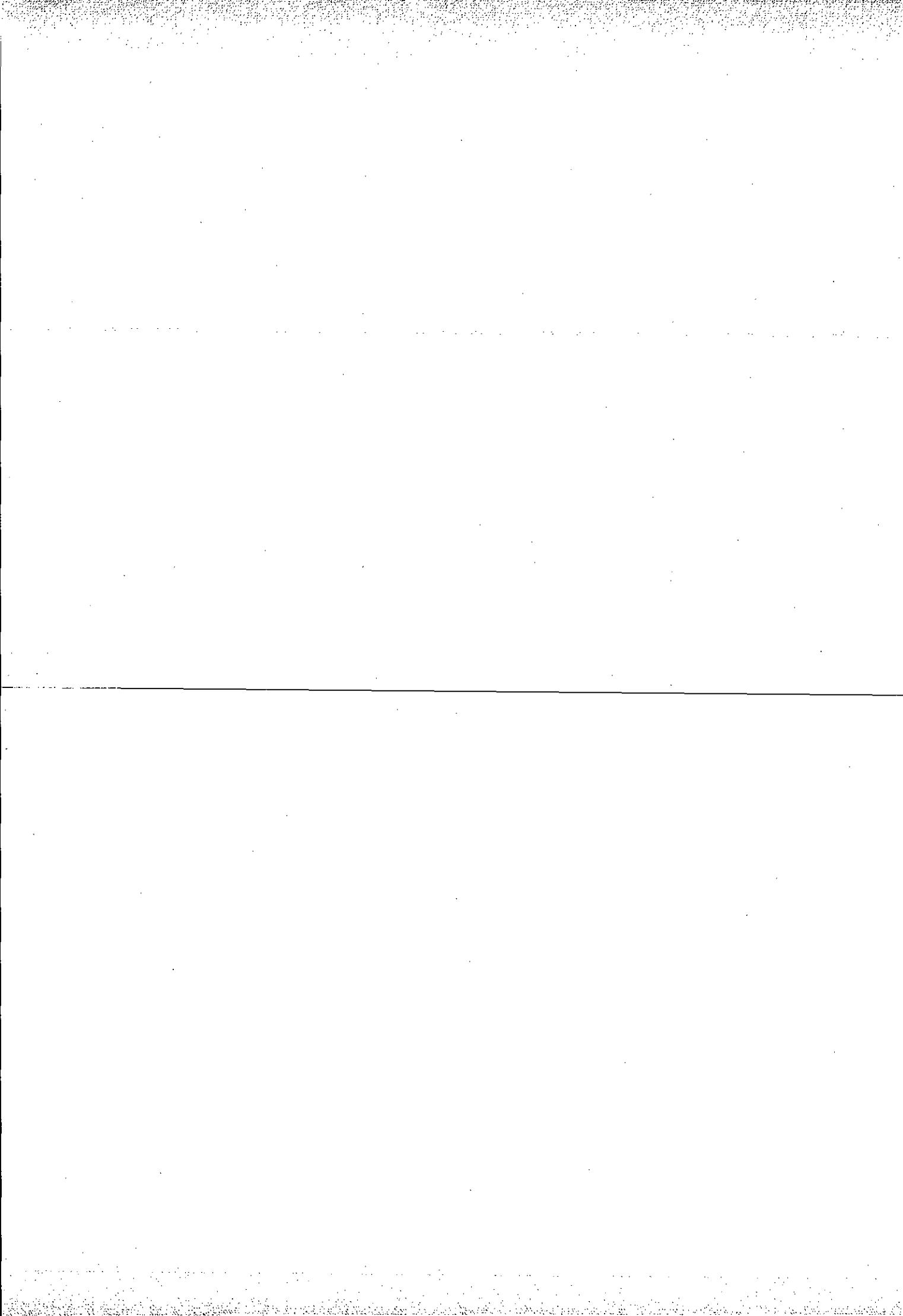
Im **Verkehrsbereich** werden durch die Umsetzung der politischen Maßnahmen folgende Wirkungen erwartet:

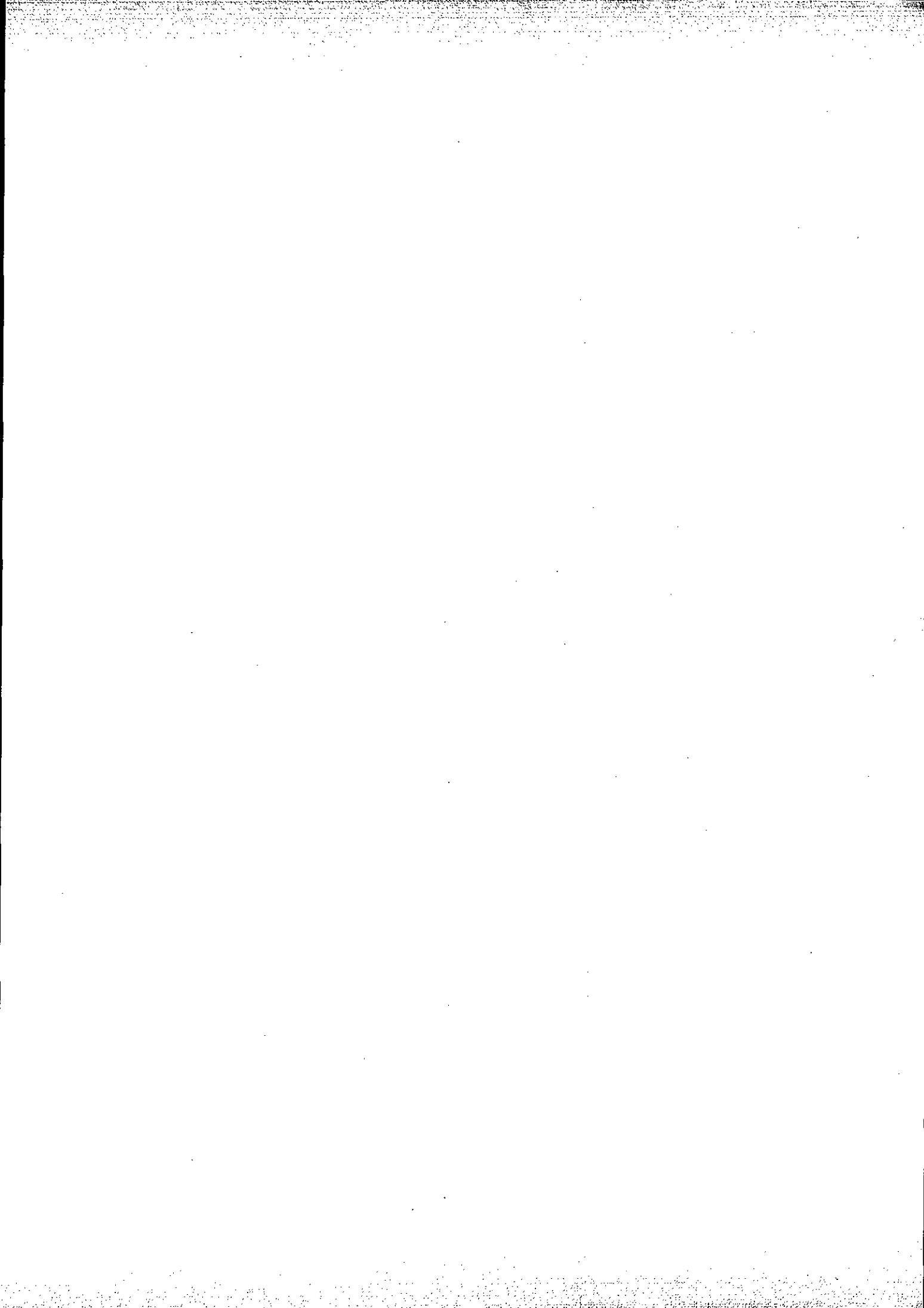
Die technologischen Verbesserungen im Straßenverkehr beeinflussen in erster Linie den spezifischen Energieverbrauch. Als Möglichkeiten der Verbrauchssenkung werden die Änderung in der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte, die Änderung der individuellen Fahrweise (ECO-Fahrweise), und der Regelung des Fahrflusses genannt. Der durchschnittliche Flottenverbrauch soll um 3% p.a. abgesenkt werden.

Tabelle A1-26: Erhöhung der Energiepreise in % gegenüber den Referenzannahmen (in % der zum jeweiligen Zeitpunkt bestehenden Preise)

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
PHH, DL						
• HEL	20	50	100	140	180	230
• Erdgas	20	50	100	140	180	230
• Elektrizität	20	40	80	120	160	200
Industrie						
• HEL	20	50	100	140	180	230
• Erdgas	20	50	100	140	180	230
• Elektrizität	20	40	80	120	120	200
Treibstoffe	20	50	80	120	160	200

Quelle: /Prognos, Juni 1997/





A2 DARSTELLUNG VON REGIONALSTUDIEN

1-1

A2.1 Spezialuntersuchung Energie aus Holz-/Biomasse in der Surselva/GR

1-1

Inhaltsverzeichnis

- 1. Einleitung**
- 2. Holz – ein Energieträger der Zukunft**
 - 2.1 Energieholz aus dem Wald**
 - 2.2 Energieholz aus der Holzindustrie**
 - 2.3 Energieholz aus Altholz**
 - 2.4 Energieholz aus Feld und Flur**
- 3. Übersicht Holzenergienutzung**
 - 3.1 Nutzung von Energieholz**
 - 3.2 Potential an Energieholz**
 - 3.3 Entwicklung der Holzenergienutzung**
 - 3.4 Umweltverträglichkeit der Holzenergie**
 - 3.5 Aspekte der Holzfeuerung**
 - 3.6 Weitere Vorteile der Holzenergie**
 - 3.7 Förderungsmassnahmen**
- 4. Wirtschaftlichkeit der Holzenergie**
 - 4.1 Betriebswirtschaftliche Aspekte**
 - 4.2 Volkswirtschaftliche Gesichtspunkte**
- 5. Holzenergie und Arbeitsplätze**
 - 5.1 Situation heute**
 - 5.2 Situation bei Ausnutzung des Potentials**
 - 5.3 Regionale Auswirkungen**
 - 5.31 Entwicklung der Holzfeuerungsanlagen**
 - 5.32 Einnahmen Holzwirtschaft**
 - 5.33 Arbeitsplätze in Holzwirtschaft**
 - 5.34 Arbeitsplätze bei Investitionsgütern**
 - 5.35 Arbeitsplätze im Unterhaltsdienst**
 - 5.36 Weitere Arbeitsplätze**
 - 5.37 Anteil lokaler Arbeitsplätze**
- 6. Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen**
 - 6.1 Mehr-/Minderaufwendungen**
 - 6.2 Sicherung von Arbeitsplätzen**
 - 6.3 Umweltauswirkungen von Holzenergienutzung**
 - 6.4 Auswirkungen auf Wälder**
- 7. Strategie zur Förderung der Holzenergie**
 - 7.1 Vorgehen**
 - 7.2 Massnahmen zur Förderung der Holzenergie**
- 8. Schlussbemerkungen**

1. Einleitung

Das Leben des Menschen in der Surselva ist seit jeher eng mit dem Wald verbunden. Ohne den Wald wäre der vielseitige Lebensraum von Flims bis zum Oberalp nicht bewohnbar. Der Wald bietet neben vielen anderen Vorzügen vor allem auch Schutz vor Naturgewalten. Damit dieser Schutz langfristig und nachhaltig gewährleistet werden kann, ist eine standortgerechte Pflege der Waldbestände nötig. Bei allen Pflegemassnahmen fallen unter anderem auch schwerverkäufliche Sortimente von geringer Dimension und Qualität an. Die Förderung der Holzenergie entlastet den Markt von diesen Sortimenten.

Die Wertschöpfung des Energieträgers Holz bleibt in der Region und kann somit helfen, die wirtschaftliche Situation der Berg- und Randgebiete zu verbessern. Aufgrund der ausgedehnten Waldflächen im Bündner Oberland könnte Holz einen bedeutenden Stellenwert in der Energieversorgung einnehmen. Ein Aufschwung der Holzenergie ist aber nur mit einer gezielten Förderung zu erzielen. Diese Studie soll einen Beitrag zur Förderung der Energieholznutzung leisten.

Mit dieser Förderung lassen sich folgende drei Ziele erreichen:

- Teilweiser Ersatz des fossilen Brennstoffes Heizöl
- Verhinderung der Abhängigkeit von ausländischen Energiequellen
- Leistung eines Beitrags an die bessere Nutzung und Pflege der Waldungen
- Verbesserung der Ertragslage der Forstbetriebe durch die Belebung des Marktes für minderwertige Sortimente
- Erhaltung, bzw. Schaffung neuer Arbeitsplätze in der Surselva

2. Holz – ein Energieträger der Zukunft

2.1 Energieholz aus dem Wald

Die Holzenergie zeichnet sich gegenüber anderen Energieträgern sowohl durch ökologische als auch durch volkswirtschaftliche Vorteile aus.

Eine vermehrte Holzenergienutzung gehört deshalb zu den erklärten Zielen der Energiepolitik des Kantons Graubünden.

Heute bestehen zahlreiche und vielfältige Förderungsmassnahmen und Förderungsinstrumente, mit Hilfe derer unserem zweitwichtigsten erneuerbaren Energieträger zum definitiven Durchbruch geholfen werden soll. Der Weg dorthin ist jedoch hindernisreich und alles andere als einfach. Auf dem Energiemarkt wird um jeden kleinsten Anteil gekämpft.

Im Gegensatz zu früher ist heute bei der Diskussion um Energieprojekte nicht mehr die Umweltverträglichkeit, sondern vielmehr die

Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Automatische Holzfeuerungsanlagen verursachen in der Regel höhere Betriebskosten gegenüber Feuerungen fossiler Energieträger wie Öl und Gas. Gerade das schwieriger gewordene Umfeld hat dazu geführt, dass nur die günstigste Variante zur Diskussion steht. Die Förderung der Holzenergie wird in diesem Umfeld schwierig. Bei einer betriebswirtschaftlichen Untersuchung der Holzenergie müssen neben den Investitions- und Betriebskosten auch die volkswirtschaftlichen Zusammenhänge berücksichtigt werden.

2.2 Energieholz aus der Holzindustrie

Neben dem Brennholz aus dem Wald bildet das Restholz aus den holzverarbeitenden Betrieben einen weiteren wesentlichen Teil des Energieholzpotentials. In den Sägereien entstehen neben den Hauptprodukten 25-30 % Nebenprodukte wie Schwarten, Spreissel und Sägemehl. In Zimmereien und Schreinereien fallen mindestens 10 % Restholz an. Die energetische Nutzung dieses Restholzes ist für die Unternehmen von grösster Bedeutung.

Der Anteil des Energieholzes aus den holzverarbeitenden Betrieben der Surselva wurde im Rahmen dieser Untersuchung nicht erhoben.

In der Regel wird das Abfallholz über eine betriebseigene Holzheizanlage entsorgt.

Die verbleibenden Holzabfälle, die für zusätzliche Holzfeuerungsanlagen zur Verfügung stehen, dürften aber, aufgrund der vorhandenen Betriebe, keine grösseren Mengen ausmachen.

Bei einem detaillierten Holz-Energiekonzept müsste dieser Anteil aber ermittelt und berücksichtigt werden.

2.3 Energieholz aus Altholz

Eine weitere Quelle ist das Altholz, das am Ende des Produktezyklus in den Bereichen Bau, Möbel, Holzwaren und Verpackungen anfällt.

Die Menge des für Energieholz verwendbaren Altholzes ist variabel und deshalb kaum in eine Planung einzubeziehen.

2.4 Energieholz aus Feld und Flur

Energieholz kann zu einem kleineren Teil auch von Feld und Flur stammen. Feldgehölz und Gehölz von Böschungen entlang Bächen, Strassen und Bahnlinien erzeugen beträchtliche Mengen organischen Materials. Eine energetische Nutzung dieses Materials scheint in der Surselva aber aus Kostengründen nicht sinnvoll.

3. Übersicht Holzenergienutzung

3.1 Nutzung von Energieholz

Die Nutzung des Holzes zur Erzeugung von Wärme stellt eine wichtige Aufgabe der kantonalen Energiepolitik dar. Der Kanton Graubünden regelt deshalb in seinem Energiegesetz die Förderung und die Unterstützung von Holzfeuerungsanlagen. Er verlangt von den Gemeinden erste Schritte in Richtung einer bewussten Energiepolitik und einer entsprechenden Energieplanung.

3.2 Potential an Energieholz

Die in der offiziellen Statistik ausgewiesene jährliche Nutzholzmenge von 72'000 m³ ist lediglich eine Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse. Das vorhandene Energieholzpotential lässt sich aber kaum ausnützen.

Ungenügende Erschliessung und schwierige topographische Verhältnisse sind dafür verantwortlich.

Ein Hinweis zur nutzbaren Energieholzmenge gibt dabei der Erschliessungsgrad. Für die Erhebung des jährlich erschlossenen Energieholzpotentials in den Gemeinden Graubündens hat das Forstinspektorat auch die Waldungen der Surselva beurteilt.

Das Forstinspektorat hat eine Zielvorstellung von ca. 20 Laufmetern Waldweg pro Hektare Wald.

Dies entspricht einem Erschliessungsgrad von 75 %. In der Surselva sind zurzeit ca. 56 % der Waldungen erschlossen.

3.3 Entwicklung der Holzenergienutzung

Das Aktionsprogramm Energie 2000 verfolgt mit der Holzenergie drei Ziele:

- Energie soll rationeller genutzt werden
- Der Verbrauch fossiler Energieträger und die Kohlendioxyd-Emissionen sollen bis 2000 stabilisiert werden
- Zu den bereits 1990 vorhandenen Anteilen sollen die erneuerbaren Energien bis ins Jahr 2000 zusätzlich mindestens 3 % der Wärmeenergie der Schweiz und mindestens 0.5 % der erzeugten elektrischen Energie erzeugen.

Bei den erneuerbaren Energien kann das Holz in den nächsten Jahren den grössten Beitrag an diese hochgesteckten Ziele leisten. Es erhält dadurch einen ganz besonderen energiepolitischen Stellenwert.

Die waldreiche Surselva, mit ihrem beträchtlichen Nutzungspotential, ist prädestiniert für eine vermehrte Holzenergienutzung.

3.4 Umweltverträglichkeit der Holzenergie

Der Treibhauseffekt und die damit verbundenen Klimaveränderungen bedrohen unsere Umwelt. Es ist deshalb sinnvoll, den gesamten Energieverbrauch mit denjenigen Energieträgern zu lösen, die das Problem der Umweltverschmutzung nicht weiter verschärfen. Da der Treibhauseffekt vor allem durch die Anreicherung der Atmosphäre mit Kohlendioxid verursacht wird, kann er durch kohlendioxid-neutrale Energieträger gemildert werden.

Mit Holz feuern heißt heizen im Kreislauf der Natur, denn die energetische Nutzung von Holz verändert die Kohlendioxyd-Bilanz unserer Atmosphäre nicht. Im Laufe des Lebens entziehen die Bäume der Luft grosse Mengen Kohlendioxyd, das für die Bildung von Holz benötigt wird. Die Verbrennung von Holz gibt dieses Kohlendioxyd wieder an die Atmosphäre ab. Die genau gleiche Menge wird auch bei Verrottung im Walde frei. Die lebenden Bäume wiederum benötigen diesen freigewordenen Kohlendioxyd für das Wachstum. Solange der Wald nachhaltig bewirtschaftet wird, solange nicht mehr Holz geschlagen wird als nachwächst, funktioniert der Kreislauf.

Beim Schwefeldioxyd ist Holz klar im Vorteil. Beim Öl entstehen diese Emissionen je zur Hälfte bei der Versorgung und der Verbrennung.

Bei den Kohlenwasserstoff-Emissionen schneiden Holzfeuerungen ebenfalls besser ab.

Es muss aber erwähnt werden, dass bei den Stickoxyd-Emissionen der Holz-Wärmeverbund gegenwärtig im Nachteil ist. Holz enthält im Gegensatz zu Heizöl mehr Stickstoff, der sich beim Verbrennungsprozess mit dem Sauerstoff zu Stickoxyden verbindet.

Das gleiche gilt für das Kohlenmonoxyd, das aber kein Sanierungsschadstoff im Sinne der Luftreinhalteverordnung darstellt.

Jeder Energieträger hat Vor- und Nachteile. Bei einer gründlichen Analyse aller Brennstoffe wird die günstige Gesamtbilanz von Holz ersichtlich. Moderne Holzfeuerungsanlagen sind in der Lage, die strengen Grenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung einzuhalten.

3.5 Aspekte der Holzfeuerung

Moderne automatische Holzschnitzelfeuerungen sind anderen heutigen Energiesystemen ebenbürtig und erfüllen die Vorschriften der Luftreinhalteverordnung.

Leider existieren bis heute noch keine Technologien zur Reduktion der Stickoxyde für Holzfeuerungsanlagen kleiner und mittlerer Leistung.

Das Kohlenmonoxid, das beim Holz-Wärmeverbund schlechter abschneidet, bringt Mehrbelastungen, die kaum zu einem Erreichen der CO-Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung führen.

3.6 Weitere Vorteile der Holzenergie

Holz als Energieträger weist folgende weiteren Vorteile gegenüber den fossilen Brennstoffen auf:

- Holz entsteht im Wald unter Leistung einer Vielzahl von positiven Wirkungen, wie Schutz- und Erholungsfunktion, Klimabeeinflussung sowie Landschaftsgestaltung
- Holz wird stetig erneuert. Die fossilen Ressourcen können geschont werden.
- Holz fällt dezentral, also in den Gebieten des Verbrauchs an, und bringt keine Umweltbelastung durch den Transportverkehr
- Nutzung von Holzenergie ist eine Vorinvestition in zukünftige Wertholzbestände. Die Verwehdung der bei der Waldflege anfallenden Schwachholzsortimente als Brennholz ist die in der Regel kostengünstigste Absatzmöglichkeit
- Der Aufwand an Energie zur Bereitstellung liegt bei Holz wesentlich tiefer als bei z. B. Heizöl
- Aufbereitung, Transport und Lagerung sind im Vergleich zu anderen Brennstoffen risikoarm
- Reduktion der Abhängigkeit vom Ausland durch Diversifikation der Energieträger
- Die energetische Nutzung von Holz leistet einen wertvollen Beitrag an die Waldflege und belebt die regionale Wirtschaft

3.7 Förderungsmassnahmen

In einer umfassenden und gesamtheitlichen Bilanz, welche nicht nur die eigentliche Verbrennung, sondern auch die Bereitstellung des Brennstoffes berücksichtigt, schneidet Holz gegenüber fossilen Energieträgern sehr gut ab. Da aber in der Surselva das Energieholz in erster Linie als Stückholz genutzt wird, liegt das Hauptgewicht der Aktivitäten zur Förderung einer vermehrten Energieholznutzung in der Schaffung von Rahmenbedingungen für den Einsatz grösserer Schnitzelfeuerungen.

Solche Anlagen können aber nur gebaut und betrieben werden, wenn die Energieholzversorgung nicht nur sichergestellt, sondern auch einen Komfort aufweist, der demjenigen der fossilen Brennstoffe vergleichbar ist. Aus diesem Grund spielt bei einer Förderung von Holzenergie die Versorgung einen wichtigen Bestandteil des Energieholzkonzeptes. Die Bereitstellung von Stückholz geschieht in der Regel ohne Probleme. Schwieriger gestaltet sich die Versorgung mit Holzschnitzeln. Bestrebungen zur Förderung von Energieholz müssen sich in erster Linie auf die Organisation dieser Versorgungskette konzentrieren.

4. Wirtschaftlichkeit der Holzenergie

Gegen den Energieträger Holz wird immer wieder mit dem Argument angekämpft, dass Holzfeuerungen teuer und unwirtschaftlich sind. Diese pauschale Feststellung stimmt sicher als rein betriebswirtschaftliche Aussage. Die Frage der Kosten muss aber beim Holz gesamtheitlicher betrachtet werden. Neben rein betriebswirtschaftlichen müssen auch volkswirtschaftliche Gesichtspunkte betrachtet werden.

4.1 Betriebswirtschaftliche Aspekte

Bei den betriebswirtschaftlichen Kosten muss zwischen den Investitionskosten und den Betriebskosten unterschieden werden. Die Investition für die Erstellung einer automatischen Holzfeuerungsanlage ist im Normalfall höher als bei derjenigen einer Öl- oder Gasheizung. Die Mehrkosten können dabei ein recht beträchtliches Ausmass annehmen. Die Auswertung einer Vielzahl von Anlagen zeigt, dass der Wert der Mehrkosten zwischen 35 % und 180 % liegt.

Es wird festgestellt, dass neben den Mehrkosten auch die Kosten für die Gesamtinvestition stark unterschiedlich sind. Dies weist auf ein beträchtliches Potential an Einsparungen hin.

Es muss versucht werden die vorhandenen Möglichkeiten zur Kostenersparung auszunützen. Die Senkung der Betriebskosten ist im wesentlichen durch eine Verminderung der Kapitalkosten und der Brennstoffkosten zu erzielen.

Dies stellt die Forderung nach einer Erstellung von optimierten Holzenergieanlagen, die eine günstige Betriebskostenstruktur aufweisen.

Bei den heutigen Öl- und Brennholzpreisen lässt sich eine Holzfeuerungsanlage betriebswirtschaftlich nicht rechtfertigen.

4.2 Volkswirtschaftliche Gesichtspunkte

Aus volkswirtschaftlicher Sicht schneidet Holz gegenüber Öl oder Gas viel besser ab.

Das Holz als Brennstoff hat regionale Auswirkungen, die bei den anderen Energieträgern nicht vorhanden sind. Holz wird in der Region vermarktet und ist somit mit einem geringen Konsum aus anderen Regionen verbunden. Holz besitzt eine grösse Wertschöpfung als die anderen Energieträger. Der Mehrwert den Holz gegenüber Öl oder Gas erzeugt ist wesentlich höher. Berechnungen der Schweizerischen Vereinigung für Holzenergie ergaben für diesen zusätzlichen Mehrwert eine Gröszenordnung von 50-60 Prozent.

Bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen entsteht das Problem der Verschiedenartigkeit der beeinflussenden Faktoren. Ein objektiver Vergleich der verschiedenen Energieträger ist deshalb äusserst schwierig. Im Vordergrund steht die Frage, welche Bedeutung die

Politiker und die Öffentlichkeit den positiven Nebeneffekten der Nutzung von Holzenergie zukommen lassen.

5. Holzenergie und Arbeitsplätze

Wichtigste Auswirkung einer verstärkten Nutzung von Energieholz ist die Schaffung bzw. Erhaltung von Arbeitsplätzen und zusätzlichen Einkommensmöglichkeiten speziell in strukturschwachen Berggebieten, wie es die Surselva darstellt. Dadurch kann die Abwanderung der Bevölkerung in wirtschaftlich stärker entwickelte Regionen abgeschwächt werden.

5.1 Situation heute

Aufgrund der Wirtschaftspläne besitzt die Surselva ein Nutzungs-potential von 72'000 m³ Holz pro Jahr (siehe Beilage: Nutzungen Surselva 1987-96).

Der Energieholzanteil ist gemäss langjähriger Erfahrung bei 25 % der Nutzungsmenge.

Aus dem Nutzungspotential ergibt sich ein Energieholzpotential von ca. 18'000 m³.

Gemäss einer Untersuchung des Forstinspektors sind momentan 56 % der Fläche erschlossen.

Die Energieholzgewinnung ist aus finanziellen Gründen nur auf Teillächen sinnvoll, die mit einer Erschliessung versehen sind.

Daraus ergibt sich für die Surselva eine nutzbare Energieholzmenge von ca. 10'000 m³ Holz.

Diese Grösse entspricht einem Wert von ca. 25'000 m³ Schnitzel.

Diese Menge an erschlossenem Energieholz wird im Moment aber bei weitem nicht genutzt und lässt die Installation weiterer Holzfeuerungsanlagen sinnvoll erscheinen.

5.2 Situation bei Ausnutzung des Potentials

Bei einer Erhöhung der Erschliessung auf die vom Förstinspektorat Graubünden gewünschten 75 % steigt das Nutzungspotential auf ca. 13'000 m³ Holz oder 32'500 m³ Schnitzel.

Die Möglichkeit einer Nutzung des gesamten Energieholzpotentials von ca. 18'000 m³ ist in absehbarer Zeit nicht zu erwarten.

5.3 Regionale Auswirkungen

5.3.1 Entwicklung der Holzfeuerungsanlagen

Das Aktionsprogramm 2000 ermöglichte eine breite und professionelle Förderung der Holzenergienutzung. Diese Ideen sind auch im neuen Waldgesetz des Kantons Graubünden aus dem Jahre 1995 festgehalten.

Diese Bereitschaft zur Förderung der Holzenergie zeigt heute auch in der Surselva Früchte. Die Bereitschaft neue Anlagen zu erstellen ist trotz Rezession gestiegen.

5.32 Einnahmen Holzwirtschaft

Die direkten Einnahmen für den Verkauf der Hackschnitzel dürften in der Grössenordnung von Fr. 35.- bis 40.- pro m³ Schnitzel liegen.

Das Energieholz aus den Wäldern der Surselva würde somit einen Erlös von ca. Fr. 350'000.- bis Fr. 400'000.-, bei der momentanen Erschliessung, und ca. Fr. 450'000.- bis Fr. 520'000.-, nach dem Ausbau der Erschliessung erbringen.

5.33 Arbeitsplätze in Holzwirtschaft

Aufgrund von Erfahrungswerten wird damit gerechnet, dass für die Bereitstellung von 1 Sm³ Waldholz bis zum Verbraucher etwa 0.3 Arbeitsstunden aufgewendet werden müssen.

Die Aufbereitung des momentan zur Verfügung stehenden Potentials an Energieholz würde ca. 7'500 Arbeitsstunden mit sich bringen.

Nach Erstellung der gewünschten Erschliessung würde dieser Wert bei ca. 10'000 Arbeitsstunden liegen.

Da die Bereitstellung von Energieholz nicht ganzjährig erfolgen kann, liessen sich heute 8 und in Zukunft 10 Personen als Saisonangestellte mit der Bereitstellung von Brennholz aus dem Walde beschäftigen.

5.34 Arbeitsplätze bei Investitionsgütern

Die Erstellung und der Unterhalt der Investitionsgüter der Holzwirtschaft, wie Motorsägen, Hacker, Fahrzeuge usw. schafft aus Erfahrung ca. gleich viele Arbeitsplätze, wie in der Holzwirtschaft selbst. Ein Drittel des Arbeitsvolumens entsteht im Reparaturgewerbe der Region und zwei Drittel in der Industrie.

5.35 Arbeitsplätze im Unterhaltsdienst

Für den Unterhalt der Holzfeuerungsanlagen werden Servicetechniker benötigt. Bei einer Nutzung des momentan verfügbaren Potentials gäbe dies für das Gebiet der Surselva Arbeit für 1 Servicetechniker.

5.36 Weitere Arbeitsplätze

Das lokale Einkommen das mit Holzenergienutzung erwirtschaftet wird, führt zum Teil zu einer Nachfrage vor Ort, die wiederum für Beschäftigung sorgt. Man rechnet damit, dass zu den direkten Arbeitsplätzen noch ca. 50 % indirekte Arbeitsplätze dazukommen.

5.37 Anteil lokaler Arbeitsplätze

Aus obigen Ausführungen geht hervor, dass ein Teil der Arbeitsplätze lokal und der Rest ausserhalb der Region anfällt.

Die Arbeitsplätze in der Holzwirtschaft, im Service und im Reparaturgewerbe fallen zu 100 % und die Arbeitsplätze zur Erstellung der Heizanlagen zu 40 % regional an. Der Rest verteilt sich auf Industriebetriebe im In- und Ausland.

Die Verwendung des verfügbaren Holzes für Energienutzung sorgt für ganzjährige Beschäftigung von ca. 8 bis 10 Personen.

6. Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen

6.1 Mehr-/Minderaufwendungen

Die Nutzung von 25'000 m³ Hackschnitzel bringt volkswirtschaftlich gesehen ca. Fr. 900'000.- an jährlichen Mehraufwendungen gegenüber einer konventionellen Ölheizung.

Die höheren Investitionskosten für Holzfeuerungsanlagen und die aufwendigeren Beschaffung des Brennstoffes Holz bringen dies mit sich.

Bei den Minderaufwendungen stehen zahlreiche Wirkungen, die ohne grösseren Aufwand nicht zu quantifizieren sind.

6.2 Sicherung von Arbeitsplätzen

Erfahrungswerte zeigen, dass die Holzkette ca. doppelt so viele Arbeitsplätze benötigt wie die Ölketten. Bei der Ölketten sind die Arbeitsplätze zum grössten Teil ausserhalb der Region angesiedelt. Die Holzkette bringt eine verbesserte Beschäftigungslage für die Surselva. In Zeiten von Arbeitslosigkeit und Entvölkerung der Berggebiete ist die Verwendung von Holzenergie ein wertvoller Beitrag zur Schaffung von Arbeit.

6.3 Umweltauswirkungen von Holzenergienutzung

Holz hat gegenüber anderen Energieträgern mit Bezug auf Emissionen Vor- und Nachteile. Das gegenseitige Ausspielen von verschiedenen Energieträgern von der Umweltseite her bringt wenig. Eine vom BUWAL in Auftrag gegebene Studie "Energie aus Heizöl oder Holz – eine vergleichende Umweltbilanz" aus dem Jahre 1990 kommt zum Schluss, dass bei detaillierter und umfassender Beurteilung Holz eher besser als die anderen Energieträger abschneidet.

Die momentan in der Surselva verfügbare Energieholzmenge von 25'000 m³ Schnitzel, die heute nutzbar wäre, ergibt eine äquivalente Ölmenge von 1850 to (Mittelwert: 1 m³ Holz = 185 kg Öl).

Die nach Abschluss der Erschliessung mögliche Substitution von Holz durch Öl würde sogar 2400 to ausmachen.

6.4 Auswirkungen auf Wälder

Durch die intensivere Bewirtschaftung und Pflege der Wälder der Surselva wird die Qualität des Schutzwaldes verbessert. Es wäre denkbar, den Wertzuwachs des Waldes, den dieser durch eine intensivere Durchforstung erfährt, abzugelenken. Die Hackschnitzel könnten dann nur mit einem Teil der effektiven Erntekosten verrechnet werden.

7. Strategie zur Förderung der Holzenergie

7.1. Vorgehen

Der Zeitraum zwischen der Idee Holzenergie zu nutzen und der Realisierung eines konkreten Projektes führt über Entscheidungsprozesse, die sehr lange dauern können.

Ziel der Holzenergieförderung ist dafür zu sorgen, dass Entscheidungsprozesse erleichtert und beschleunigt werden. Nur so kann die Chance für den Brennstoff Holz erhöht werden.

Bei kommunalen Neubauten und bei der Renovierung bestehender öffentlicher Bauten sollte bei der Wahl des Energieträgers das Holz nicht schon im voraus als mögliche Variante ausgeklammert werden.

Dabei können bestehende Infoschriften, die an Initianten oder Behörden gerichtet sind, ein wertvolles Hilfsmittel sein.

Auf der Seite des Produzenten ist dafür zu sorgen, dass alle Energieholz-Ressourcen gefördert werden.

Dies ruft nach einer Förderung der Erschliessung der Wälder auf 75 % der Fläche, nach der Schaffung von für die Energieholzproduktion geeigneten Waldstrukturen und nach einer möglichst rationalen Holzaufbereitung.

7.2 Massnahmen zur Förderung der Holzenergie

Die Massnahmen zur Förderung einer vermehrten Holzenergienutzung sollten folgende Aspekte einbeziehen:

- Der Wille der Waldeigentümer zur Sicherstellung der Versorgung mit Brennholz soll gefördert werden
- Erarbeitung von Lieferverträgen mit den Waldeigentümern
- Einbezug der Brennholzlieferanten in die Planung von Holzfeuerungsanlagen zur Reduktion der Anlage- und Betriebskosten
- Berücksichtigung der Holzverwendung bei der Planung von Energieversorgungen in öffentlichen Gebäuden

- Anschaffung von gut steuerbaren und möglichst umweltschonenden Holzfeuerungsanlagen
- Verhinderung von diskriminierenden Behandlungen bei Holzenergieanlagen durch Feuerpolizei und Umweltschutz
- Intensivierung der Öffentlichkeitsarbeit
- Förderung der Aus- und Weiterbildungsaktivitäten

8. Schlussbemerkungen

Die Wahl eines bestimmten Energieträgers muss unter Berücksichtigung aller Aspekte getroffen werden. Das Gegenüberstellen von wirtschaftlichen, ökologischen und lokalen Gegebenheiten ist Voraussetzung für die richtige Wahl. Ein einheimischer, erneuerbarer, Kohlendioxyd neutraler Energieträger schneidet in einem fundierten Evaluationsverfahren in der Regel gut ab.

So ist Holz in vielen Fällen auch für die Surselva eine volkswirtschaftlich sinnvolle Energiequelle. Es ist eine lokale Ressource, die dezentral anfällt und sich versorgungstechnisch absichern lässt.

Das vorhandene Holzenergiopotential in der Surselva erlaubt eine massive Erhöhung der genutzten Menge an Brennholz.

Der vermehrte Einsatz von Holzenergie ist aus ökologischen, wirtschaftspolitischen und energiepolitischen Gründen erwünscht. Er leistet einen wertvollen Beitrag an eine möglichst vielseitige und unabhängige Energieversorgung der Schweiz.

Der Einsatz von Holzenergie in der Surselva erhält Arbeitsplätze und schafft Einkommensmöglichkeiten. In dieser wirtschaftlich teilweise eher schwächeren Region erhalten waldbesitzende Gemeinden sowie die lokale Wald- und Holzwirtschaft willkommene wirtschaftliche Impulse.

Die Kosten dieser Arbeitsplätze benötigen recht beträchtliche Mittel. Berücksichtigt man die volkswirtschaftlichen Auswirkungen einer Holzenergienutzung, so handelt es sich um gut investiertes Kapital.

Die Verpflichtung des Forstdienstes zu sorgfältiger Waldflege bringt es mit sich, dass nur diejenige Holzmenge genutzt wird, die bei einer vernünftigen Waldnutzung anfällt.

Die besseren Absatzmöglichkeiten von minderwertigem Holz verringern die Defizite der Forstrechnungen

Eine einigermassen geplante Nutzung der Holzenergie in einer Region verlangt aber die Ausarbeitung eines Holzenergiekonzeptes. Dieses bildet die energiepolitische Diskussions- und Handlungsgrundlage für die Öffentlichkeit.

Die wichtigste Voraussetzung für die Realisierung des Konzepts ist der Aufbau einer aufgabengerechten Organisation des Energiewesens.

Davos, 31.12.1997

Der Verfasser der Studie:



Dr. Hannes Barandun

Beilage: Nutzungen Surseva 1987-96

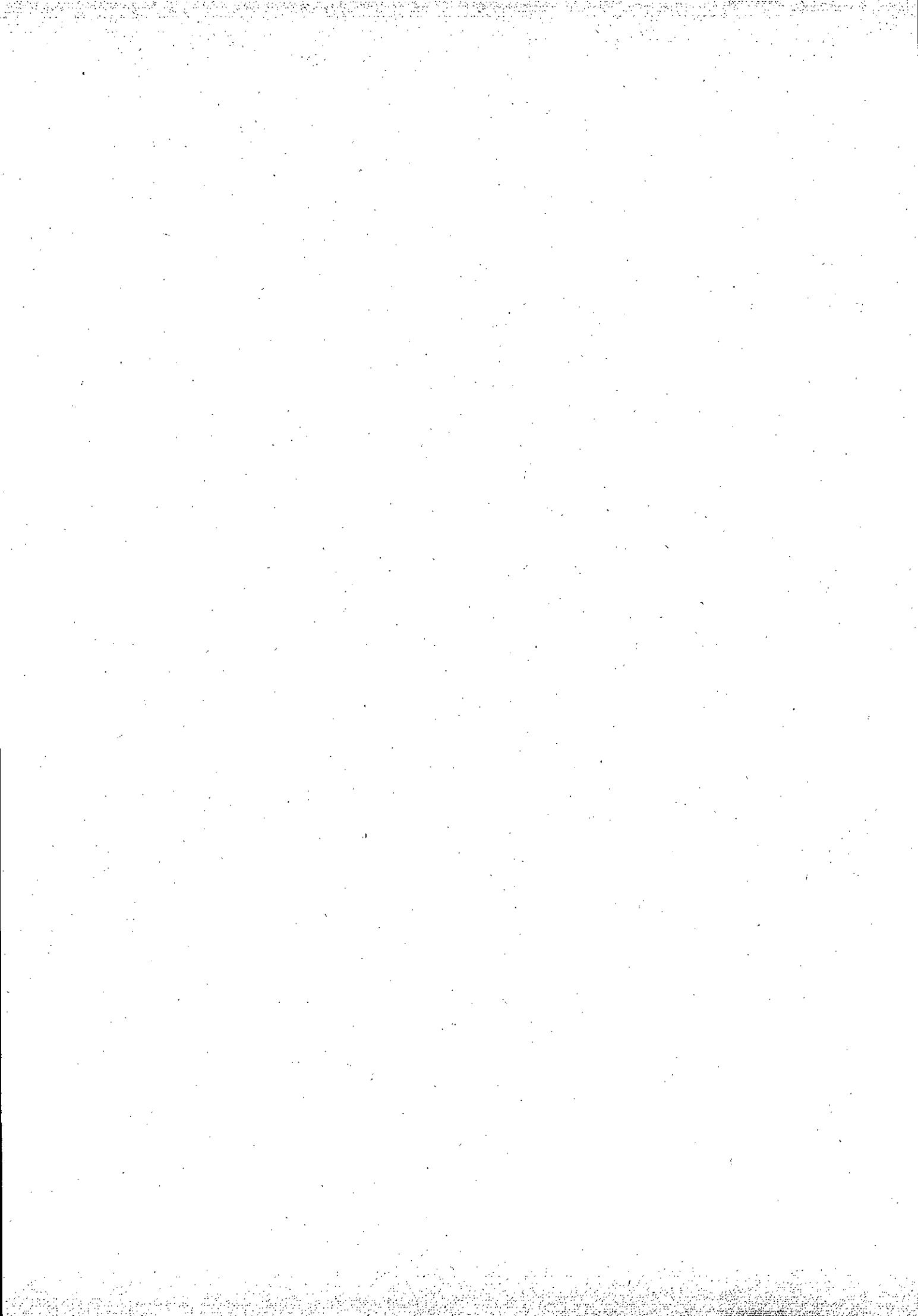
Waldeigentümer	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Mittel	Hebsatz
Andiast	962	758	304	2325	7699	1982	0	1335	799	485	1665	900	900
Brand Gampel	0	357	0	24	0	757	0	0	0	9	1147	115	0
Breil/Brigels	4120	2386	2059	1447	3723	2870	3274	2146	2189	1750	25964	2596	3900
Bucarischuna	14	232	49	1667	1646	0	193	447	101	0	4349	435	100
Carmuns	524	849	707	51	630	796	0	1386	113	32	5088	509	350
Castrisch	834	1724	607	1335	882	1002	1273	1017	1325	810	10809	1081	1100
Cumbel	839	502	528	830	181	735	1069	568	1096	954	7302	730	700
Degen/Igels	141	284	1651	476	246	884	0	58	1967	106	5813	581	400
Disentis/Muster	4960	2107	2559	22246	32256	8642	10324	8041	4308	2869	98312	9831	3300
Duvin	1659	1651	76	547	329	2641	446	1296	838	998	10481	1048	1793
Falera	1278	521	960	337	780	606	754	1026	1144	210	7616	762	2237
Flims	2324	3062	1772	2265	1608	2076	2581	4059	2904	3083	25734	2573	4500
Flond	92	352	511	132	100	25	400	561	300	280	2753	275	220
Flanz	1387	1624	1103	550	465	1088	667	1014	923	431	9252	925	900
Kloster Disentis	680	932	18	694	4177	3628	1755	474	492	0	12850	1285	420
Laax	1560	429	1834	1726	659	730	989	1423	1595	961	11906	1191	1900
Ladir	1068	323	696	236	745	359	856	703	627	588	6201	620	1200
Lumbrein	1598	759	1319	976	3752	1561	1353	1219	1256	1277	15070	1507	1400
Luven	778	624	395	391	182	310	1103	1095	422	526	5826	583	650
Medel Lucm.	1636	1717	1905	13825	21204	8623	2579	3727	2140	2225	59581	5958	2000
Mompe Medet	11	4	1	0	4966	40	23	0	679	30	5754	575	70
Morissen	336	395	227	315	288	370	705	322	512	186	3656	366	300
Nadels Dadens	0	0	0	25	0	0	435	238	0	2	700	70	260
Nadels Davon	0	0	13	0	0	0	50	15	0	24	102	10	130
Obersaxen	3233	3659	3211	5088	6269	2117	2835	4663	3171	2827	37073	3707	6158
Pigniu	427	116	607	530	1428	378	499	222	249	69	4525	453	500
Pitasch	84	1976	183	5	281	267	1192	23	673	1121	5805	581	1079
Ranasca Alpw.	321	317	0	811	0	0	0	251	0	0	1700	170	350
Riein	83	1668	107	65	55	99	279	2816	2546	44	7762	776	1000
Rieiner Tobel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rueun	626	1212	852	1383	1655	1200	962	1030	630	491	10041	1004	1100
Ruschein	1451	788	1120	1814	8904	941	390	721	291	161	16581	1658	1100
Staufen	1200	427	1389	2298	1073	1603	2117	2340	906	1245	14598	1460	1800
Sagogn	815	929	1524	838	550	867	997	866	1191	849	9426	943	1600

Waldgegennummer	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	87-96	Mittel	Hiebsatz
Salenwald	775	1207	1379	360	0	83	0	64	1352	4	5224	522	280
Schlans	517	1624	1199	323	295	162	599	518	614	603	6454	645	650
Schluuin	416	446	213	118	396	578	709	437	686	732	4731	473	900
Schnaus	463	289	59	147	276	1035	324	146	61	586	3386	339	400
Sergein	143	83	43	330	141	174	729	150	87	377	2257	226	450
Siat	1483	975	759	252	689	906	1233	2101	1297	1620	11315	1132	1200
St.Martin	402	91	34	501	2119	903	0	447	101	186	4784	478	500
Suloms Lumbrein	108	73	60	104	45	0	0	123	483	0	996	100	220
Suloms Vignon	40	46	34	0	50	0	0	459	0	0	629	63	50
Suloms Villa	80	251	129	90	80	0	0	155	0	0	785	79	100
Suloms Vrin	205	21	18	90	15	0	0	70	80	70	569	57	100
Sumvitg/Somvix	5932	5807	5793	13981	20199	7258	12723	9187	5485	4583	9048	9095	4000
Surcasti	289	1077	1757	4549	1097	763	0	839	1236	267	11874	1187	700
Surcuolm	44	49	221	38	38	47	37	43	26	0	543	54	70
Tenna	1706	183	168	877	166	25	295	85	717	517	4739	474	750
Terschau	229	55	850	1231	48	77	0	951	42	709	4192	419	400
Trun	4165	1747	2041	14781	14457	8998	8913	3981	3021	1557	63661	6366	2000
Trun, alt letzte													
Tujetsch	1324	1393	1443	2907	6115	6193	4190	8007	3595	2050	37217	3722	2600
Uors-Peiden	1317	305	30	635	298	919	0	320	253	419	4496	450	300
Valendas	1764	1488	1956	888	2336	2202	1908	2359	3228	2640	20769	2077	2800
Vals	1158	1784	2214	10638	5415	3917	1657	1467	1431	1698	31379	3138	2200
Vella/Villa	224	218	314	141	350	228	318	162	212	303	2470	247	300
Versam	1153	2964	4581	2234	1177	1597	2771	3127	1623	2526	23753	2375	2900
Vignon/Vigens	435	2278	114	469	1268	371	114	61	395	72	5577	558	230
Vrin	648	1729	500	378	492	737	893	562	539	738	7216	722	400
Waltensburg/Vuorz	677	1400	1834	1459	8865	6511	8317	5766	1576	1485	37890	3789	2000
Zavragia	0	293	0	0	457	709	13	760	511	282	3025	303	400
Flims-Oberalp	60738	60560	56030	12273	173617	91590	85843	87449	64038	48667	851305	85131	72017



A3 LITERATUR

1-1



Literatur

1. Aachener Nachrichten, 1997: Optimale Voraussetzungen, Untersuchung: Auf Sophienhöhe günstige Windverhältnisse, Aachener Nachrichten Nr. 117, 22.05.1997, S. 11
2. Aachener Zeitung, 1997: Schüler fängt das Sonnenlicht, Photovoltaikanlage auf dem Dach der Waldorf-Schule selbst aufgebaut, Aachener Zeitung, 24.11.1997
3. AG Erneuerbare Energie, September 1997: schriftliche Mitteilung der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, Gleisdorf (Österreich)
4. AG Solar '91, Oktober 1997: Schweizer Solarpreis 1997 - Die besten schweizer Solaranlagen, Arbeitsgemeinschaft Solar '91, Zürich
5. Allnoch, N., 1997: Zur Lage der Wind- und Solarenergienutzung in Deutschland, Herbstgutachten 1997/98, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 10/97, S. 616
6. Altner, et al., 1995: Zukünftige Energiepolitik - Vorrang für rationelle Energienutzung und regenerative Energien, Economica Verlag, Bonn
7. Andrew, A., LTI-Research-Team, 1995: Technology description and cost analysis solar thermal low temperature energy; in Long-Term Integration of renewable energy sources into the european energy system and its potential economic and environmental impacts; Faculté Polytechnique de Mons, Service de Physique Mathématique et de Thermodynamique, Mons
8. Angloher, J. und Geiger, B., 1997: Elektro-PKW mit Hochtemperatur-Batterien, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 47. Jahrgang (1997) Heft 6, S. 332-337
9. Arbeitskreis evangelischer Unternehmer, 1997: Zukunftsfähiges Wirtschaften mit Energie - eine globale und nationale Aufgabe, etv, Essen
10. Attig, D., 1997: Förderung der Solarenergie zur Stromerzeugung, Solarbrief, 2/97, S. 38-39
11. Aubrey, C., April 1997: Project Profile: Tunoe Knob, Wind Directions, S. 12-14
12. Aubrey, C., Juli 1997: Project Profile: Utgast, Lower Saxonie, Wind Directions, S. 9-11
13. Bach, S., 1995: Wirtschaftliche Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Verlag Duncker & Humblot, Berlin
14. Basics, Oktober 1996: Perspektiven der Energienachfrage der Industrie für die Szenarien I bis III 1990 bis 2030, Zürich
15. Baur, J.F., 1997: Die Elektrizitätsbinnenmarkt-Richtlinie, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 47. Jahrgang (1997) Heft 10, S. 624-629
16. Becker, M. und Böhmer, M., 1997: Solar Thermal Concentrating Technologies, C.F. Müller Verlag
17. Becker, M. und Funken, K.-H. (Hrsg.), 1997: Solare Chemie und Solare Materialforschung, C. F. Müller Verlag
18. Bendel, Ch. et al., 1997: Photovoltaik-Fassaden - technische Aspekte, Qualifizierung und Betriebserfahrungen, Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 96/97“, S. 22-31
19. Beneking, C. et al., 1997: EOS: Entwicklungs-Offensive Solar, Studie im Auftrag des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung des Landes NRW, Gesellschaft für angewandte Mikro- und Optoelektronik mbH Aachen und Neue Energie GmbH, Herzogenrath
20. Bengtsson, L., 1997: Modelling and Prediction of the Climat System, AvH-Magazin 69/97, S. 3-14
21. Berner, J., 1997: PV-Symposium in Staffelstein, Sonnenenergie 2/97, S. 16-17
22. Bloss, W. H., et al., Oktober 1993: Öffentliche Anhörung zum Thema Erneuerbare Energien: der Weg zu einer nachhaltigen und klimaverträglichen Energieversorgung, Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages Schutz der Erdatmosphäre

23. Bongartz, R. et al., 1997: Solar- Wasserstoff-Anlage: Zuverlässigkeit- und Risikoanalyse, Sonnenenergie 2/97, S. 30-34
24. Bräuer, W., LTI-Research-Team, März 1996: Technology description and cost scenario for wind energy; in Long-Term Integration of renewable energy sources into the european energy system and its potential economic and environmental impacts; Centre of European Economics Research (ZEW), Mannheim
25. Brautsch, M., 1997: Biogene Kraftstoffe: Stromkennzahl und Wirkungsgrad, Sonnenenergie & Wärm 技术 2/97, S. 41-43
26. Bressler, G. et al., 1997: Öko-Bilanz elektrisch angetriebener Wärmepumpen, „Wärmepumpen“, Special der Energiewirtschaftlichen Tagesfragen, Heft 7, S. 13-19
27. Bronicki, L., 1997: Sustainable Geothermal Energy, Sustainable Energy Issue: 3 Vol. 2, No. 1, S. 73-75
28. Brown, A. (Herausgeber), 1997: Mini Hydrow: Policy and Practice, Sonderteil in Hydronet, 1/97
29. Buck, R., 1997: Solarthermie für dezentrale Stromerzeugung, Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 96/97“, S. 102-109
30. Bundesamt für Energiewirtschaft, 1996a: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1996, S. 2, Bern
31. Bundesamt für Energiewirtschaft, 1996b: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1996, S. 26, Bern
32. Bundesamt für Statistik, 1997: Input-Output-Tabellen 1990, Bern
33. Busse von Colbe, W., Laßmann, G., 1990: Betriebswirtschaftstheorie. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
34. Clauser, Ch., 1997: Geothermal Energy Use in Germany - Status and Potential, Geothermics, Vol. 26, No. 2, Pergamon, S. 203-220
35. Cobi, A. und Tzatzanis, A., 1997: THESEUS - The first Utility Scale 50 MW Electric Thermal Solar European Power Station for the Island of Crete, Greece, Solar Thermal Concentrating Technologies, C.F. Müller Verlag, S. 387-395
36. Danish Technological Institute, November 1997: Status of renewable energy as of 1996, Renewable Energy Information Centre, Taastrup (Dänemark)
37. de Vries, E., 1997: Marktentwicklung und Exportchancen, Sonnenenergie und Wärm 技术 1/97, S. 39-41
38. DEWI, Februar 1998: Wind Energie aktuell, Heft 2/98
39. DFS, 1997: schriftliche Mitteilung des Deutschen Fachverbandes Solarenergie e.V.
40. Diekmann, J. und Eichelbrönnner, M., 1997: Maßnahmen zur Beseitigung von Nutzungshindernissen, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 47 Jahrgang (1997) Heft 8, S. 618 bis 623
41. Discher, H., 1997: Altbaumodernisierung: Große Energieeinsparmöglichkeiten im Wohngebäudebestand, Zweite Hürtgenwalder Öko-Tech-Tage, 31.5./1.6.1997, S. 24-27
42. DLR, 1997: 1. Kölner Sonnenkolloquium der Hauptabteilung Energietechnik der deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Köln
43. Donnerbauer, R., 1997: Windkraftanlagen zeigen nur selten Störungen, VDI-Nachrichten 17.10.1997
44. Duarte, N., Fromm, D., 1997: Wasserkraft - eine unerschöpfliche Energiequelle mit beachtlichem Nutzungspotential, Siemens Power Journal 1/97, S. 5-8
45. Dumont, U., 1997: Technik und Chancen der kleinen Wasserkraft, in: Moderne Technik im Dienst von Mensch und Umwelt, 2. Hürtgenwalder-Öko-Tech-Tage, 31.05./01.06.1997, S. 74-76
46. Durstewitz, M. et al., 1997: Spezifische Betriebsbedingungen für den WEA-Betrieb im Binnenland, 3. Deutsche Windenergie-Konferenz DEWEK '96, 23.-24.10.1997 in Wilhelmshaven

47. Durstewitz, M., 1997: 1.400 Anlagen wurden repariert, Neue Energie 10/97, S. 21-23
48. EBP, Oktober 1996: Solarinitiative, Analyse der Auswirkungen, Ernst Basler & Partner AG, Zollikon
49. Eckerle, K., Hofer, P., Masuhr, H.P., 1992: Energiereport 2010: Die energiewirtschaftliche Entwicklung in Deutschland. Verlag Schäffer-Poeschel, Stuttgart
50. Econcept, Juli 1996: Innovations- und Beschäftigungsimpulse von Energie 2000, S. 68, Zürich
51. Elektrizitätswirtschaft 1997: Sonnenstrom von Lärmschutzwänden, Elektrizitätswirtschaft, Jahrgang 96/97, Heft 17, S. 864
52. ESIF, Februar 1996: Sun in action; The solar thermal market - A strategic plan for action in Europe; Final report; Altener Programme; European Commission; Directorate-General for Energy, Brüssel
53. ET, Juli 1997: „Wärmepumpen“, Special der Energiewirtschaftlichen Tagesfragen, Heft 7
54. EUREC, November 1994a: Position Paper: PV, EUREC-Agency
55. EUREC, November 1994b: Position Paper: Biomass, EUREC-Agency
56. Eurosolar e.V., August 1997: Eurosolar-Studie - Der wirtschaftliche Stand der erneuerbaren Energien in der Europäischen Union und ihr Arbeitsplatzpotential, Bonn
57. EUROSOLAR, August 1997: Der wirtschaftliche Stand der erneuerbaren Energien in der europäischen Union und ihr Arbeitsplatzpotential, Bonn
58. Eurostat, 1996: Renewable Energy Sources Statistics 1989-1994, Brüssel
59. Felderer, B. Homburg, St., 1994: Makroökonomik und Neue Makroökonomik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
60. Forschungsgruppe Energieanalysen ETH Zürich, Oktober 1996: Perspektiven der Energienachfrage des tertiären Sektors für die Szenarien I bis III 1990 bis 2030, Zürich
61. Forum für Zukunftsenergien, 1997: Maßnahmenvorschläge zum Abbau von Hemmnissen für eine stärkere Nutzung erneuerbarer Energien, Pressemitteilung, Bonn, 16.7.1997
62. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, 1997: Evaluierung der Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien durch das Bundesministerium für Wirtschaft, Karlsruhe, 29.09.1997
63. Fuhs, W., 1993: Amorphe Materialien für Dünnschichtsolarzellen in Solarzellen; Meissner, D. (Hrsg.), Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden
64. Funken, K.-H., 1997: Solarthermische Verfahren für die Umwelttechnik, 1. Kölner Sonnenkolloquium der Hauptabteilung Energietechnik der deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Köln, S. 26-27
65. Goebel, O. et al., 1997: Direkte Dampferzeugung in Parabolrinnen-Solarkraftwerken, Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 96/97“, S. 110-116
66. Görtsche, P., 1997: Die Rolle der Elektrowärmepumpe aus Sicht der Stromwirtschaft, „Wärmepumpen, Special der Energiewirtschaftlichen Tagesfragen, Heft 7, S. 26-28
67. Grochowski, J. et al., 1997: Minderertragsanalysen und Optimierungspotentiale an netzgekoppelten Photovoltaik-Anlagen des 1000-Dächer-Programms, Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 1996/97“, S. 32-38
68. Großkurth, H.-M. und Bräuer, W., 1997: Aktionsprogramm zur Erhöhung erneuerbarer Energiequellen an der Stromversorgung in Deutschland. In: Grill, K.-D.: „Nationales Aktionsprogramm zur Erhöhung Erneuerbarer Energiequellen an der Stromversorgung“, Bonn, Bundeshaus HT 9/2, 25.4.1997
69. Haacke, H. et al., 1997: Wasserkraftwerk Xingó - Ein großer Beitrag zur Stromversorgung Brasiliens, Siemens Power Journal 1/97, S. 44-48
70. Hagenmeyer, E., 1997: Stromerzeugung und Netzausbau im Wettbewerb, Elektrizitätswirtschaft, Jahrgang 96 (1997) Heft 17, S. 878-880
71. Hansen, U. et al., 1997: Dezentrale Kraft- und Wärmeerzeugung aus Biomasse, BWK Band 49 (1997) Nr. 5, S. 44-49

72. Hasselmann, K., 1997: Klimaforschung im Kreuzfeuer der Interessen, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 49 Jahrgang (1997) Heft 10, S. 568-574
73. Hendricks, B., 1997: Schwache Brise in Amerika, *Neue Energie* 9/97, S. 26-28
74. Hoffmann, Th., 1997: Einsatz, Potentiale und Förderung von Regenerativ-Kraftwerken, *Elektrizitätswirtschaft* Jahrgang 96 (1997) Heft 9, S. 396-399
75. Hoffmann, V., 1997: Sonne in der Schule, *Sonnenenergie*, 3/97 S. 16-18
76. Hoffmann, W.; Goethe, R., 1993: Neuartige Solarzelle macht Fertigungsschritte überflüssig, *Sonnenenergie & Wärmetechnik* 3/93
77. Horbaty, R.; Buser, H.; Kunz, S., Dezember 1996: Windkraft und Landschaftsschutz; *Bundesamt für Energiewirtschaft*; Bern
78. Humm, O., 1997: Photovoltaik und Architektur: Synergien an der Fassade, *Sonnenenergie & Wärmetechnik* 2/97, S. 12-15
79. Hydronet, 1996: Profile of the Micro-Hydro-Project Cikalang, Indonesia, *Hydronet*, 1/96, S. 4-5
80. Infras, Mai 1997: Wirtschaftliche Auswirkungen des Investitionsprogramms des Bundes im Energiebereich, S. 9 u. 19, Zürich
81. Infras, Oktober 1996: Perspektiven der Energienachfrage des Verkehrs für die Szenarien I bis III 1990 bis 2030, Bern
82. Infras, September 1997: Beschäftigungswirkungen der Ressortaktivitäten von Energie 2000 und der erneuerbaren Energien in der Schweiz, S. A-3, Zürich
83. ISET, 1997: WMEP Jahresauswertung 1996, Kassel
84. IWU, September 1997: Baustelle Klimaschutz - Potentiale und Strategien für eine Reduktion der CO₂-Emissionen aus der Beheizung von Gebäuden, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt
85. Janse, F., 1997: Eigentore verhindern Ausbaupläne, Niederlande verspielen ihren technologischen Vorsprung, *Neue Energie* 9/97, S. 32-33
86. Jochem, E. et al., 1997: Energiezenarien mit reduzierten CO₂-Emissionen bis 2050, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 47. Jahrgang (1997) Heft 8, S. 474-480
87. Johnsen, B., 1997: Wo Ingenieure zum „Dr. Wind“ werden ... : Windenergie und Erneuerbare Energien an Deutschlands Hochschulen und Universitäten, *Windenergie aktuell*, 11/97, S. 8-10
88. Jonas, A., Februar 1997a: Zahlenmäßige Entwicklung der modernen Holz- und Rindenfeuerung in Österreich, *Gesamtbilanz 1982 bis 1996*, Nö. Landes-Landwirtschaftskammer, Wien
89. Jonas, A., Februar 1997b: Biomasse-Fernwärmeanlagen in Österreich, Nö. Landes-Landwirtschaftskammer, Wien
90. Luther J., et al., 1997: Solarthermie und Photovoltaik - Technische Grundlagen und Potential, in: *Energiepolitik: technische Entwicklung, politische Strategien, Handlungskonzepte zu erneuerbaren Energien und zur rationellen Energienutzung*, Brauch H.G. (Hrsg.), Springer Verlag, Berlin
91. Kaltschmitt, M.; Wiese, A., 1997: Stand und Perspektiven der Windkraftnutzung in Deutschland, in: *Energiepolitik: technische Entwicklung, politische Strategien, Handlungskonzepte zu erneuerbaren Energien und zur rationellen Energienutzung*, Brauch H.G. (Hrsg.), Springer Verlag, Berlin
92. Karg, F. H., 1993: Polykristalline Dünngfilmsolarzellen in Solarzellen; Meissner, D. (Hrsg.), Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden
93. Kearny, D. W. und Cohen, G. E., 1997: Current Experiences with the SEGS Parabolic Trough Plants, *Solar Thermal Concentrating Technologies*, C.F. Müller Verlag, S. 217-224
94. Kirchensteiner, 1997: Solartechnikausbildung für das Handwerk: Münchner Konzept, *Sonnenenergie* 3/97, S. 13-15
95. Kirchensteiner, W. et al., 1997: Solarteur und Solarteurin: Solarinstallateur als Ausbildungsberuf, *Photon*, Mai/Juni, 1997, S. 24-26

96. Kirst, R., 1997: Dampferzeuger mit stationärer Wirbelschichtfeuerung für Holz, Biomassen und Reststoffe, Springer, VDI Verlag Düsseldorf, S. 233-242
97. Kleemann M., Meliš M.: Regenerative Energiequellen, dritte, völlig neu überarbeitete Auflage, Springer-Verlag Berlin.... Budapest, zur Zeit im Druck
98. Kleinkauf, W. et al., 1997a: Perspektiven der Windenergietechnik, ISET, Kassel
99. Kleinkauf, W. et al., 1997b: Wohin weht der Wind?, Sonnenenergie 3/97, S. 43-46
100. Kleinkauf, W., 1997: Wirtschaftlichkeit und Perspektiven der Windenergietechnik in Deutschland, in Energiepolitik: technische Entwicklung, politische Strategien, Handlungskonzepte zu erneuerbaren Energien und zur rationellen Energienutzung, Springer Verlag, Berlin
101. Klotz, F., 1997: Photovoltaikanlagen mit passiver Nachführung und V-Trog-Konzentratoren, Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 96/97“, S. 54-60
102. Koenemann, D., 1997: Ende der Unabhängigkeit, Sonnenenergie und Wärmetechnik 2/97, S. 3
103. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, November 1997: Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger, Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan, Mitteilung der Kommission, KOM (97) 599 endg., Brüssel
104. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 1996: Die Energie in Europa bis zum Jahre 2020 - Ein Szenarien-Ansatz, Brüssel
105. Köpke, R., 1997a: Forscher fürchten Sonnenfinsternis, kein Geld für solare Forschung, Neue Energie, 8/97 S. 18-19
106. Köpke, R., 1997b: Wind-Zukunft liegt im Meer, Neue Energie 9/97, S. 30-31
107. Köttner, M., 1997: Biogas am Scheideweg - Zukunft bedeutender Energie- und Umwelttechnologie aufs Spiel gesetzt, Neue Energie 7/97, S. 12-13
108. Kreutzmann, A., 1997: Solarzellen und Modulproduktion in Italien: Eurosolare, Photon, Mai/Juni 1997, S. 40-44
109. Kübler, R. et al., 1997: Der Bau des großen Speichers in Friedrichshafen, Sonnenenergie- und Wärmetechnik 4/97, S. 22-25
110. Lauer, H. J., 1997: Umweltentlastung durch Elektrowärmepumpen, „Wärmepumpen“ Special der Energiewirtschaftlichen Tagesfragen, Heft 7, S. 8 - 12
111. Legat, W., 1997: Das Elektroauto in den USA und Japan, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 47. Jahrgang (1997), Heft 6, S. 328-331
112. Lehmann, H., 1995: Zukunftsenergien, Strategien einer neuen Energiepolitik, Birkhäuser Verlag, Berlin
113. Lehmann, H., 1997: Sustainable Energy Scenario for Europe, Präsentation für die Veranstaltung „Verträgliche Energie für kommende Generationen“, Greifswald, 25./26.08.1997
114. „Long-Term Integration of Renewables Energy Sources into the European Energy System“, „LTI Research Team“, Physica Verlag, 5/98
115. Linkohr, R., 1997: Erneuerbare Energien für die europäische Union: Vorschlag für eine europäische Stromeinspeisungsrichtlinie, FGW-Rundbrief 7/97
116. Lutz, H.-P., August 1996: Marktanalyse PV-Anlagen - Netzgekoppelte Anlagen in Aufdachmontage, Sonnenenergie, Heft 4, S. 35-39
117. Melichow, P., 1974: Energie von der Sonne, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart
118. Mohr, M., 1995: Ein möglicher Beitrag erneuerbarer Energieträger zur kommunalen Energieversorgung am Beispiel von Nordrhein-Westfalen. Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor-Ingenieur der Fakultät für Maschinenbau der Ruhr-Universität Bochum, Bochum
119. Verbraucher-Zentrale NRW (Hrsg.), 1996: Sonne, Wasser, Wind und mehr... - Erneuerbare Energien, Düsseldorf

120. Marutzky, R., 1997: Energiegewinnung aus Rest- und Gebrauchtholz, Moderne Feuerungstechnik zu energetischen Verwertung von Holz und Holzabfällen, Springer, VDI-Verlag Düsseldorf, S. 1-21
121. Maycock, P. (Hrsg.), 1997: Photovoltaik- News, Vol. XVI, No. 2, Warrenton, USA
122. Meliß, M. (Redaktion), 1976: Energiequellen für Morgen?, Teil VI: Nutzung der Wasserenergien, Umschauverlag, Frankfurt am Main
123. Meliß, M. und Späte, F., Mai 1997b: Status und Marktpotential neue Energietechniken, Studie im Auftrag der Sophia-Jacoba-Entwicklungsgesellschaft mbH, Hückelhoven, Jülich
124. Meliß, M., 1997a: Regenerative Energiequellen, BWK Band 49 (1997) Nr. 4/April, S. 68-75, siehe auch; Meliß, M.: REGLOB '97 - Globale Betrachtung regenerativer Energieressourcen und ihrer technischen Nutzungsmöglichkeiten, Solar-Institut Jülich der FH Aachen, Jülich
125. Meliß, M., 1998: Reglob '98 - Globale Betrachtung regenerativer Energieressourcen und ihrer technischen Nutzungsmöglichkeiten - Entwurf, Solar-Institut Jülich der Fachhochschule Aachen, Jülich
126. Michael, K., 1997: „Niedrigenergiehäuser könnten bereits Standard sein“ Sonnenenergie und Wärmetechnik 4/97, S. 10-11
127. Mohr, M.; et al., 1997: Sektorielle Arbeitsmarkteffekte infolge einer Umsetzung von Ausbaustrategien neuer Energiesysteme, Lehrstuhl für Nukleare und Neue Energiesysteme, Bereich Ressourcenschonende Energiewirtschaft, Ruhr-Universität Bochum
128. Müller, St. und Zech, St., 1997: Kälte von der Sonne, Energiedepesche Nr. 2, Juni 1997, S. 39
129. Müller, St., 1997: Hoher Wirkungsgrad auch bei schwacher Einstrahlung, Sonnenenergie & Wärmetechnik 4/97, S. 40-41
130. Neue Energie, 1997: Stillstandszeiten von Windkraftanlagen: Küste und Binnenland im Vergleich, Neue Energie 6/97, S. 40
131. Neue Energie, August 1997, Mitgliederzeitschrift des Bundesverbandes WindEnergie e.V., 8/97
132. Neue Energie, Mai 1997, Mitgliederzeitschrift des Bundesverbandes WindEnergie e.V., 5/97
133. Nitsch, J. et al., 1997: Entwicklungsstrategien für solare Energiesysteme, die Rolle von Wasserstoff in Deutschland, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 47. Jahrgang (1997), Heft 4, S. 223-229
134. Nitsche, R., 1997: Thermische Verwertung von kommunalen Reststoffen, BWK Band 49 (1997) Nr. 5, S. 32-33
135. Nussbaumer, T., Juli 1997: Energie aus Holz - Vergleich der Verfahren zur Produktion von Wärme, Strom, und Treibstoff aus Holz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Zürich
136. Oettel, E., 1997: Stand der Entwicklung von Holzvergasungssystemen kleiner Leistung für die Kraft- Wärmekopplung in Europa, 3. internationale Fachtagung „Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“, Technische Universität Bergakademie Freiberg, S. 115-127
137. Oheimb, R. und Strippel, M., 1997: Photovoltaik-Anwendungen in der Landwirtschaft - hoherne Einrichtungen und Bewässerungen, Nutzung der Photovoltaik in der Landwirtschaft und im Verkehrswesen, ZfS-Hilden, 20.02.1997
138. Öko-Institut e.V. (Hrsg.), September 1997: Thermische Solaranlagen - Marktübersicht, Ökobuch Verlag, Staufen
139. Ortner, J., 1997: PROPHIS: Parabolrinnenanlage für organische, photochemische Synthesen im Sonnenlicht, 1. Kölner Sonnenkolloquium der Hauptabteilung Energietechnik der deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Köln, S. 22-23
140. Parteien zur Solarenergie, Mai/Juni 1997: Streitgespräch im Bundeshaus über die Förderung der Photovoltaik, Photon, S. 18-22

141. Peuser, F.A. et al., 1997: Langzeiterfahrungen mit thermischen Solaranlagen, ZfS-Rationelle Energietechnik GmbH, Hilden
142. Pilkington-News, 1997: Solarkraftwerke übertreffen alle Erwartungen, Presseerklärung, Köln, 02.09.1997
143. Pitz-Paal, R. et al., 1997: Solarturmkraftwerke, Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 96/97“, S. 117-125
144. Platzer, W., 1997: Fortschritte bei TWD, Sonnenenergie 3/97, S. 19-23
145. Pontenagel, I., 1997: Solarenergie bricht Schweizer Parteifronten auf, Solarzeitalter 2/97, S. 1-2
146. Prognos, Juni 1997: Ergänzungen zu den Energieperspektiven 1990 bis 2030, Szenario IV: verschärfte und auf Nachhaltigkeit ausgerichtete CO₂-Reduktion, Synthesebericht, Basel
147. Prognos, November 1996: Energieperspektiven der Szenarien I bis III 1990 bis 2030, Synthesebericht, Basel
148. Prognos, November 1996d: Analyse und Bewertung des Elektizitätsangebotes für die Szenarien I bis III, Basel
149. Prognos, Oktober 1996: Perspektiven der Energienachfrage der privaten Haushalte für die Szenarien I bis III 1990 bis 2030, Basel
150. Prognos; et al., Dezember 1994: Die Saarbrücker Energiestudie 2005 - Abschlußbericht, Untersuchung im Auftrag der Stadtwerke Saarbrücken, Berlin
151. PVIR, 1997: Sparked by U.S. Sales, World Wide PV Module Shipments Hit Record 90.6 MW, PVIR, Vol. XVI, No. 2, Dallas USA, 1997, S. 1 und 6
152. R.S., 1997: Aktueller Stand der Energierechtsreform - Gesetzentwürfe zur Reform des Energiewirtschaftsrechts, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 97. Jahrgang (1997) Heft 9, S. 550-552
153. Reeker, C., 1997: Warten auf ruhige See, Diskussion um das Stromeinspeisegesetz belastet den Ausbau, Neue Energie 9/97, S. 24-25
154. Reetz, T., LTI-Research-Team, Oktober 1995: Biomass for energy purposes, in Long-Term Integration of renewable energy sources into the european energy system and its potential economic and environmental impacts, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH, Wuppertal
155. Rehfeldt, K. und Schwenk, B., 1997: Wo bleibt die Kostenreduktion durch die MW-Klasse? DEWI-Magazin Nr. 10, Febr. 1997, S. 63-70
156. Rehfeldt, K., Februar 1997: Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland, DEWI-Magazin Nr. 10
157. Reichert, M., 1997: Solar- Photokatalytische Entgiftung organisch belasteter Abgase, 1. Kölner Sonnenkolloquium der Hauptabteilung Energietechnik der deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Köln, S. 30-31
158. Riffelmann, K.-J. und Luedtke, G., 1997: Die solare Photonitrosierung von Cyclohexan, 1. Kölner Sonnenkolloquium der Hauptabteilung Energietechnik der deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Köln, S. 24-25
159. Ristau, O., 1997: Rotorblätter als teure Fehlerquelle, Neue Energie 9/97, S. 48-49
160. Ritter, W. A., 1997: Die Situation des internationalen Wärmepumpenmarktes, „Wärmepumpen, Special der Energiewirtschaftlichen Tagesfragen, Heft 7, S. 39-41
161. RWE Energie AG, 1993: Energieflußbild der Bundesrepublik Deutschland. Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH (VWEW), Frankfurt
162. S&W News, 1997a: Siemens erhöht die Modulpreise, S & W news, III/97, S. 1
163. S&W News, 1997b: HEW finanziert 200-Dächer-Programm, S & W News IV/97, 23.06.1997, S. 1
164. Sanchez, M. et al., 1997: Solar Thermal Power Plants: European Actions, Priorities and Targets, Solar Thermal Concentrating Technologies, C.F. Müller Verlag, S. 51-59

165. Schmeer, E. et al., 1997: PV in Lehre und Forschung, die PV-Anlage der Universität Potsdam, Sonnenenergie 2/97, S. 38-42
166. Schmidt, S., 1997: Messung zur Oxidation organischer Bindungen bei hohen Temperaturen und Strahlungsstärken, 1. Kölner Sonnenkolloquium der Hauptabteilung Energietechnik der deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Köln, S. 28-29
167. Schott, Th., 1997: Perspektiven der Photovoltaik, in: Nutzung der Photovoltaik in der Landwirtschaft und im Verkehrswesen, ZfS-Hilden, 20.02.1997, S. 1-5
168. Schüler, R. et al., 1997: Thermische Solaranlagen, Marktübersicht Öko-Institut e.V., Freiburg
169. SOFAS, Juli 1997: SOFAS-Markterhebung 1996, Sonnenkollektoren & Photovoltaikmodule im Jahre 1996; TNC Consulting AG; Männedorf
170. Solarenergie-Förderverein e.V., 1997: Solarbrief 2/97, Bundesgeschäftsstelle, Aachen
171. Sonnenenergie & Wärmetechnik, 1997: Firmenduo hebt Solardachziegel aus der Taufe, Sonnenenergie & Wärmetechnik 4/97, S. 56
172. Sonnenenergie und Wärmetechnik, 1997a: Weltgrößte Kollektoranlage steht auf dänischer Ostseeinsel, Sonnenenergie und Wärmetechnik 4/97, S. 26
173. Sonnenenergie und Wärmetechnik, 1997b: Buderus übernimmt Solar Diamant-Systemtechnik, Sonnenenergie und Wärmetechnik 2/97, S. 5
174. Sonnenenergie und Wärmetechnik, 1997c: Auswertung der Investitions- und Betriebskosten, Sonnenenergie und Wärmetechnik 4/97, S. 52-53
175. Sonnenenergie und Wärmetechnik, 1997d: MW-Anlagen: Die neue Königsklasse, Sonnenenergie und Wärmetechnik 4/97, S. 44-51
176. Sonnenenergie, 1997a: Das Solarenergie - Zentrum, Aus- und Weiterbildung am etz in Stuttgart, Sonnenenergie 2/97, S. 12
177. Sonnenenergie, 1997b: Vielfalt in der Anwendung: Luftkollektoren von SOLARWALL International, Sonnenenergie 2/97, S. 26-27
178. Sonnenenergie, 1997c: Aufbruch in neue Dimensionen: Weltweit größte thermische Solaranlage auf süddänischer Insel, Sonnenenergie 3/97, S. 34
179. Sontow, J. et al., 1997: Biomassezufuhrung in Kohlekraftwerken, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 47. Jahrgang (1997) Heft 6, S. 338-344
180. Stadtwerke Gelsenkirchen, November 1995: Welche energetischen Sanierungsarbeiten erweisen sich als effizient? - Vorabdruck der Studie über den Wohnungsbestand in Gelsenkirchen, Gelsenkirchen
181. Stägler, R., Pischner, R., u.a., 1976: Weiterentwicklung der Input-Output-Rechnung als Instrument der Arbeitsmarktanalyse. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Band 13, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit, Nürnberg
182. Stäglin, R., u.a., 1994: Quantitative Analyse der wirtschaftlichen Verflechtungen von alten und neuen Bundesländern und ihrer Arbeitsmarktwirkungen. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 183, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit, Nürnberg
183. Staiß, F., 1996: Photovoltaik - Technik, Potentiale und Perspektiven der solaren Stromerzeugung, Vieweg-Verlag, Braunschweig/Wiesbaden
184. Staiß, F., 1996: Photovoltaik - Technik, Potentiale und Perspektiven der solaren Stromerzeugung, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden
185. Stamm, D., 1997: Neuer Ausbildungsgang: Techniker/in für Erneuerbare Energien, Sonnenenergie 2/97, S. 13
186. Statistisches Bundesamt, 1994: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Fachserie 18, Reihe 2: Input-Output-Tabellen 1986, 1988, 1990. Metzler-Poeschel-Verlag, Stuttgart
187. Stine, W. et al., 1997: Experiences with International Dish-Engine Projects, Solar Thermal Concentrating Technologies, C.F. Müller Verlag, S. 225-242

188. Stöhr, M., 1997: 14. Europäische Photovoltaik-Konferenz in Barcelona, Solarzeitalter 3/97, S. 32-34
189. Strehler, A., 1997: Stand der Technik bei Holzfeuerungsanlagen bis 100 kW unter besonderer Berücksichtigung des Emissionsverhaltens und der Wirtschaftlichkeit, 3. internationale Fachtagung „Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“, Technische Universität Bergakademie Freiberg, S. 107-108
190. StromDISKUSSION, 1996: Erneuerbare Energien, Ihre Nutzung durch die Elektrizitätswirtschaft, IZE, Information zur Elektrizität, Ausgabe 1996, Frankfurt
191. Stromthemen, 1997a: Wachsender Markt für Wärmepumpen 1996: Plus von rund 20%, Stromthemen 10/97, S. 6
192. Stromthemen, 1997b: Sonnenkollektoren: Neue Art der Absorberherstellung, Stromthemen 6/97, S. 3
193. Stromthemen, 1997c: Mehr Strom aus Wasserkraft, Stromthemen 10/97, S. 6
194. Stromthemen, 1997d: Windenergie: Zuwachs um 50%, Stromthemen 10/97, S. 7
195. Stromthemen, 1997e: Stadtwerke Bremen: Sonnenkraft für Neubausiedlung, Stromthemen 12/97, S. 4
196. Sun World, 1997: Solar Financing, The way ahead, Sun World Vol. 21, No. 3, September 1997, S. 11-15
197. Suter, M.F., August 1996: Neues Energiegesetz: Eine Chance für die Marktwirtschaft und innovative Unternehmen, Veröffentlichung anlässlich der Tagung: Unternehmer für zukunftsweisendes Energiegesetz am 19.08.1997, Bern
198. Teres II, 1996: Teres II - The European Renewable Energy Study, European Commission, Brüssel
199. TNC, Oktober 1997: Auswertung des Investitionsprogrammes Energie 2000, Stand 1.10.1997, Thomas Nordmann AG, Männedorf
200. Trieb, F. et al., 1997a: Systemaspekte hybrider Solarkraftwerke, Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 96/97“, S. 91-101
201. Trieb, F. et al., 1997b: Strategies of Solar Power Generation, Solar Thermal Concentrating Technologies, C.F. Müller Verlag, S. 157-176
202. twv, November 1997: Wärme und Strom aus der Tiefe, VDI/VDE, twv, Nr. 11, S. 7
203. Tyner, C. et al., 1997: Solar Power Tower Development: Recent Experiences, Solar Thermal Concentrating Technologies, C.F. Müller Verlag, S. 193-216
204. Valentin, G. und Schnauss, M., 1997: Solarwärme für Studenten, Sonnenenergie 3/97, S. 35-37
205. Vanoli, K. und Tepe, R., 1997: Solare Nahwärme, Göttingen, Sonnenenergie 3/97, S. 38-41
206. VDI - GET, 1997: Umwelt- und Klimabeeinflussung durch den Menschen, Tagung am 14. und 15.05.1997 in Veitshöchheim, VDI Bericht Nr. 1330, Essen
207. Voss, K., 1997a: Bauen mit der Sonne, Sonnenenergie 3/97, S. 24-27
208. Voss, K., 1997b: Transparente Wärmedämmung: Der Stand der Technik, Sonnenenergie und Wärmetechnik 1/97, S. 18-21
209. Wagner, U., 1997: „Rügen war kein Praxistest“, zu den Ergebnissen eines Elektroauto-Feldversuchs, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 47. Jahrgang (1997), Heft 6, S. 326-327
210. Weiblen, R.-D., 1997: TriSolar, Leben mit der Sonne, Issum
211. Weidlich, H.-G., 1997: Erfahrungen beim wirtschaftlichen Betrieb von Holz-Hackschnitzel-Verbrennungsanlagen, 3. internationale Fachtagung „Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“, Technische Universität Bergakademie Freiberg, S. 135-137
212. Weinreich, S., LTI-Research-Team, 1995: Technology description and cost analysis of photovoltaics; in Long-Term Integration of renewable energy sources into the european

- energy system and its potential economic and environmental impacts; Centre of European Economics Research (ZEW), Mannheim
213. Weinreich, S., LTI-Research-Team, Februar 1996: Economics of photovoltaic systems and imported solar electricity; in Long-Term Integration of renewable energy sources into the european energy system and its potential economic and environmental impacts; Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung; Mannheim
214. Weizsäcker, E.U. von, 1997: Faktor Vier, Doppelter Wohlstand - halbierter Naturverbrauch, Droemer Knaur, München
215. Ökoinstitut, Wuppertal-Institut, 1994: Least Cost Planning Fallstudie Hannover der Stadtwerke Hannover, Wuppertal, Freiburg
216. Weller, T., 1997: Regenerative Energien: Zukünftige Marktentwicklung, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 47. Jahrgang (1997) Heft 5, S. 289-294
217. Wetling, W., 1997: Die Möglichkeiten des Siliciums sind noch nicht ausgeschöpft, Sonnenenergie & Wärmetechnik 4/97, S. 36-39
218. Wetling, W., 1997: Die Möglichkeiten des Siliciums sind noch nicht ausgeschöpft, Sonnenenergie & Wärmetechnik 4/97, S. 36-39
219. Wiedemann, N., 1997: Ökologisches Heizen - Schaffung von dauerhaften Lösungen.... Geht denn das? 3. internationale Fachtagung „Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“, Technische Universität Bergakademie Freiberg, S. 109-114
220. Wind Directions, 1997: Europe Set To Double EWEA's Wind Target, Wind Directions, April 1997, S. 5-7
221. Wind Power Note, November 1997: Danish Wind Energy 3rd Quater 1997, Wind Power Note, Danish Wind Turbine Manufacturers Association, Kopenhagen
222. Windenergie aktuell, 1997: Fünf-MW-Mühle mit Aussichtsrestaurant zur Expo, Windenergie aktuell, 11/97, S. 13
223. Windkraftjournal, 1997: Weltmarkt Windenergie, Windkraftjournal, Sonderausgabe 1997, S. 8-9
224. Wittermann, J., 1997: Verfügbarkeit von forstlicher Biomasse und industriiellem Hackgut, Feuerungstechnik zur energetischen Verwertung von Holz und Holzabfällen, Springer, VDI-Verlag Düsseldorf S. 22-43
225. Ziegelmann, A., Mohr, M., Unger, H., 1995: Investitionsstruktur für den Ausbau regenerativer Energiesysteme in Nordrhein-Westfalen unter Berücksichtigung von Fertigungskapazitäten und zukünftigen Kostendegressionen. 2. Technischer Fachbericht (RUB E-141) zum Forschungsvorhaben: „Mögliche Beschäftigungseffekte und regionalwirtschaftliche Auswirkungen eines gezielten Ausbaus regenerativer Energiesysteme in Nordrhein-Westfalen“, Ruhr-Universität Bochum, Bochum