



*Dr. Hanspeter Eicher  
Dr. Eicher + Pauli AG  
4410 Liestal*

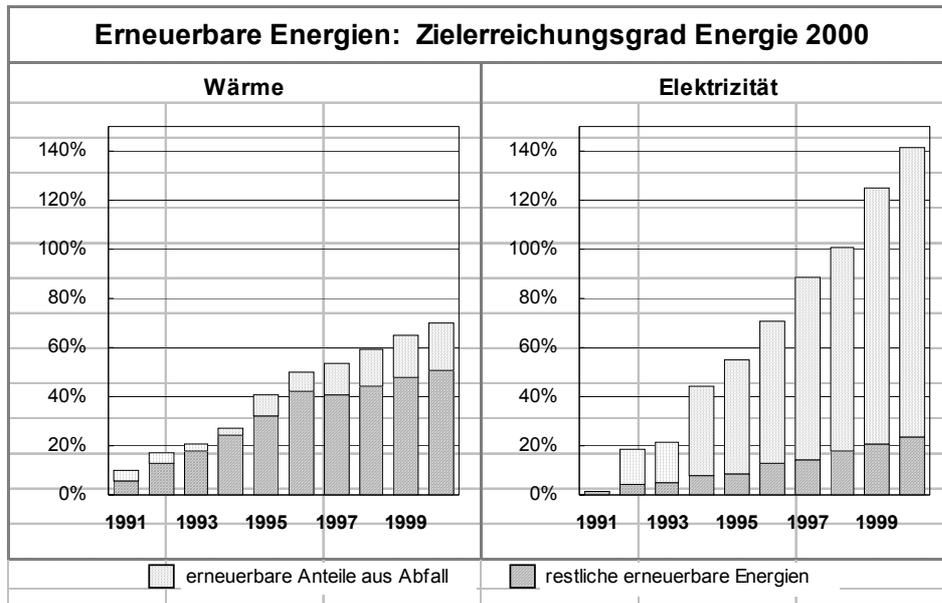
# **Stand und Perspektiven der erneuerbaren Energien**



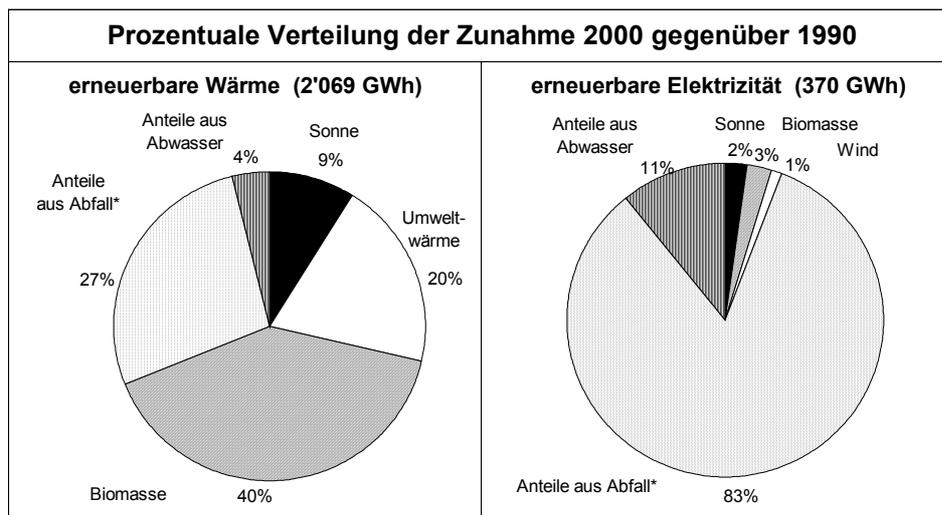
# Stand und Perspektiven der erneuerbaren Energien

## Marktentwicklung

Auf den folgenden Seiten ist die Entwicklung des Gesamtmarktes der erneuerbaren Energien und die Erreichung der bundesrätlichen Ziele von Energie 2000 aufgeführt. Die Werte 1990 bis 1999 basieren auf der Statistik der erneuerbaren Energieträger der Schweiz [1]. Die Entwicklung im Jahr 2000 wurde aufgrund der Statistik der Vorjahre abgeschätzt.



**Bild 1:** Zielerreichungsgrad erneuerbare Energien im Programm Energie 2000



\* Die erneuerbaren Anteile aus Abfall werden bei der Erfolgskontrolle von Energie 2000 berücksichtigt. Im Gegensatz dazu wurde aus energiepolitischen Überlegungen der Abfall in der Energieverordnung EnV (Art. 1) nicht als erneuerbar definiert.

G:\E2\00\RR-BER\Stat-erneuerbar-2000

**Bild 2:** Anteile einzelner Energieträger an der Zielerreichung

Das quantitative Ziel des Bundesrates wird im Strombereich, dank der Zunahme der Stromproduktion aus erneuerbaren Abfällen in Kehrlichtverbrennungsanlagen, mit einem Zielerreichungsgrad von 142 % deutlich übertroffen. Im Wärmebereich werden dagegen nur 70 % des bundesrätlichen Ziels erreicht. Unter Berücksichtigung der ungünstigen Rahmenbedingungen (tiefer Ölpreis, Baurezession, weniger Bundesmittel als vorgesehen), kann die quantitative Entwicklung insgesamt aber durchaus positiv beurteilt werden.

Aufschlussreicher als die Gesamtzielerreichung ist jedoch die Beurteilung der Fortschritte in den einzelnen Technologiebereichen. Tabelle 1 zeigt die Aufschlüsselung der Zunahmen sowie die mittleren jährlichen Wachstumsraten der einzelnen Technologien.

| <b>Genutzte erneuerbare Wärmeproduktion</b> |                |     |                | Zunahme        | mittleres   |
|---------------------------------------------|----------------|-----|----------------|----------------|-------------|
| Technologie                                 | 1990           | ... | 2000           | gegenüber 90   | Wachstum    |
|                                             | GWh            |     | GWh            | GWh            | %           |
| Röhren- und Flachkollektoren                | 15.0           |     | 104.6          | 89.6           | 21.4        |
| Unverglaste Kollektoren                     | 14.4           |     | 64.3           | 49.9           | 16.1        |
| Kollektoren für Heutrocknung                | 58.4           |     | 103.7          | 45.3           | 5.9         |
| <b>Total Sonnenenergie</b>                  | <b>87.8</b>    |     | <b>272.6</b>   | <b>184.8</b>   | <b>12.0</b> |
| Elektromotorwärmepumpen                     | 747.3          |     | 1'154.0        | 406.7          | 4.4         |
| Gas-/Dieselmotorwärmepumpen                 | 12.5           |     | 11.8           | -0.7           | -0.6        |
| <b>Total Umweltwärme</b>                    | <b>759.8</b>   |     | <b>1'165.8</b> | <b>406.0</b>   | <b>21.4</b> |
| Einzelraumheizungen mit Holz                | 821.6          |     | 919.9          | 98.3           | 1.1         |
| Gebäudeheizungen mit Holz                   | 1'006.6        |     | 822.9          | -183.7         | -2.0        |
| Automatische Feuerungen mit Holz            | 841.4          |     | 1'667.1        | 825.7          | 7.1         |
| Feuerungen mit Holzanteilen                 | 181.0          |     | 279.1          | 98.1           | 4.4         |
| Biogasanlagen Landwirtschaft                | 4.6            |     | 3.2            | -1.5           | -3.8        |
| <b>Total Biomasse</b>                       | <b>2'855.2</b> |     | <b>3'692.2</b> | <b>836.9</b>   | <b>2.6</b>  |
| Kehrlichtverbrennungsanlagen                | 856.1          |     | 1'217.2        | 361.1          | 3.6         |
| Feuerungen für erneuerbare Abfälle          | 393.6          |     | 576.9          | 183.3          | 3.9         |
| Deponiegasanlagen                           | 6.9            |     | 18.9           | 12.0           | 10.7        |
| Biogasanlagen Gewerbe/Industrie             | 0.0            |     | 4.4            | 4.4            | -           |
| <b>Total Erneuerb. Anteile aus Abfall</b>   | <b>1'256.6</b> |     | <b>1'817.4</b> | <b>560.8</b>   | <b>3.8</b>  |
| Klärgasanlagen                              | 197.9          |     | 265.0          | 67.1           | 3.0         |
| Biogasanlagen Industrieabwässer             | 8.1            |     | 21.4           | 13.3           | 10.3        |
| <b>Total Erneuerb. Ant. aus Abwasser</b>    | <b>205.9</b>   |     | <b>286.4</b>   | <b>80.5</b>    | <b>3.4</b>  |
| <b>Gesamttotal</b>                          | <b>5'165.4</b> |     | <b>7'234.4</b> | <b>2'069.0</b> | <b>3.4</b>  |
| -> prozentuale Zunahme gegenüber 1990       |                |     |                | <b>40.1%</b>   |             |
| -> Zielerreichungsgrad Energie 2000         |                |     |                | <b>70.0%</b>   |             |

G:\E2\00\RR-BERN\Stat-erneuerbar-2000-spez.xls\Tab3 Ber4

**Tabelle 1:** Genutzte erneuerbare Wärmeproduktion nach Technologien

Eine detailliertere Analyse der Statistik ergibt folgende Resultate:

## Solarenergie

Die jährliche Zunahme der Röhren- und Flachkollektoren beträgt etwa 2000 m<sup>2</sup>. Zahlen über einzelne Anlagentypen liegen erst seit 1995 vor und lassen keinen klaren Schluss über die Entwicklung in einzelnen Bereichen zu. Trotzdem soll aus persönlicher Sicht eine Bewertung erfolgen.

Prozentual legen die Anlagen zur Warmwasserbereitung in EFH am meisten zu (Kompaktanlagen!). Ihr Anteil am Gesamtmarkt für verglaste Kollektoren liegt aber trotzdem erst bei ca. 25 %. Das Potenzial ist beschränkt.

Die Marktentwicklung bei der Wasservorwärmung für MFH hat die zu Beginn von Energie 2000 gehegten Erwartungen nicht erfüllt. Der Marktanteil liegt bei 15 %: Das Potential ist zwar sehr gross, kann aber aus Strukturgründen (Vermieter investiert, Mieter profitiert von tieferen Nebenkosten) sowie aus Wirtschaftlichkeitsgründen, bisher nur zu einem äusserst geringen Teil realisiert werden (z.B. nicht gewinnorientierte Wohnbaugenossenschaften usw.).

Die kombinierten Anlagen zur Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung leisten immer noch den Hauptbeitrag. Allerdings wurde im letzten Jahr ein starker Rückgang der verkauften Kollektorfläche in diesem Bereich festgestellt, der möglicherweise mit sich ändernden Subventionsbedingungen bei Bund und Kantonen zusammenhängt. Diese investitionsintensiven Anlagen sind besonders anfällig auf Kürzungen von Förderbeiträgen.

Bei den unverglasten Kollektoren kann seit 1995 eine Abnahme der jährlich installierten Kollektorfläche beobachtet werden. Bei den Heutrocknungskollektoren hat die jährlich installierte Kollektorfläche von 56'000m<sup>2</sup> (1990) auf 9'000 m<sup>2</sup> (1999) abgenommen. Diese beiden Anlagekategorien werden in der Solarzukunft der Schweiz keine wesentliche Rolle mehr spielen.

## Umweltwärme

Die Entwicklung wird ausschliesslich von den elektrisch angetriebenen Wärmepumpen bestimmt. Von 1985 bis 1992 nahm die Zahl der jährlich installierten Anlagen stark ab. Ab 1992 begann im Bereich der kleinen Anlagen bis 20 kW thermischer Leistung ein beeindruckender Anstieg der dazu geführt hat, dass diese Anlagen 65 % der seit 1990 zusätzlich produzierten Wärme liefern. Wärmepumpen, die zur Wärmerückgewinnung eingesetzt werden, weisen einen Anteil von ca. 30 % auf. Praktisch ein Stillstand ist bei Anlagen über 20 kW festzustellen, wobei Anlagen am unteren Rand dieses Leistungsbereichs zunehmen, während bei Anlagen über 100 kW eine Abnahme festzustellen ist.

Die Entwicklung ist einfacher interpretierbar als bei der Solarenergie, da Finanzhilfen bei WP-Kleinanlagen eine weniger grosse Rolle spielen. Durch Qualitätsverbesserung und eine effiziente Marketing- und Informationsarbeit der FWS und ihrer Partner in Gewerbe und Elektrizitätswirtschaft ist es gelungen, das Vertrauen in das Image der Wärmepumpe als zuverlässige und umweltfreundliche Heizung zu verbessern. Im EFH-Neubau sind Wärmepumpen zudem wirtschaftlich einer Öl- oder Gasheizung gleichwertig. Es ist daher wenig erstaunlich, dass sie dort einen Marktanteil von ca. 35 % errungen haben.

Im Sanierungsbereich haben es Wärmepumpen noch wesentlich schwerer, da bereits eine Öl- oder Gasinfrastruktur vorhanden ist und meist nur der Heizkessel ersetzt werden muss, was wesentlich billiger ist als der Umbau der bestehenden Anlage auf eine Wärmepumpenheizung.

Wärmepumpen werden jedoch wie Sonnenkollektoren nur einen bedeutenden Anteil an der Schweizerischen Energieversorgung erreichen, wenn es gelingt, den bedeutenden Marktbe- reich der mittleren und grösseren Anlagen zu erschliessen. Hier müssen jedoch, ebenso wie im Bereich der grossen Solaranlagen, strukturelle Hemmnisse (Investor ist nicht immer Nutzniesser) überwunden sowie die Wirtschaftlichkeit deutlich verbessert werden. Die Voraussetzungen dazu sind mittelfristig vorhanden (CO<sub>2</sub> Gesetz, Elektrizitätsmarktliberalisierung).

## Holzenergie

Die Holzenergie trug im Wärmebereich den grössten Anteil zum Gesamtergebnis bei. Dennoch ist die Entwicklung nicht in jeder Beziehung sorgenfrei. In dem von Energie 2000 primär bearbeiteten Marktbereich der automatischen Holzfeuerungen konnten bis 1996 grosse Fortschritte erzielt werden. Trotz Investitionsprogramm wurden die Zuwächse in den letzten drei Jahren kleiner, was eindeutig zeigt, dass die gewährten Investitionsbeihilfen im Umfang von ca. 10 % nicht (mehr) genügen, um weitere Bauherrschaften (vor allem öffentliche Hand) für den Einsatz dieser Art der Holzenergienutzung zu überzeugen.

Eine negative Entwicklung musste im Bereich der Holzheizungen für Einzelgebäude hingenommen werden. Hier gab es keine Investitionsbeihilfen und die Nutzer ziehen offenbar einfachere und mit weniger Aufwand bedienbare Heizungsanlagen vor. Es dürfte schwierig sein, diesen Rückgang zu bremsen, vielmehr ist eine Verlagerung in andere Bereiche notwendig.

Bei den Feuerungen mit Holzanteilen musste 1997 mit der Schliessung von Reckingen (Altholznutzung in der Zementherstellung) ein empfindlicher Rückschlag hingenommen werden. Durch das inzwischen in Kraft getretene Deponieverbot sind nun die Kehrichtverbrennungsanlagen wieder voll ausgelastet und Altholz wird noch vermehrt ins Ausland exportiert. Dieser unsinnigen Entwicklung muss unbedingt Einhalt geboten werden.

Tabelle 2 zeigt die Entwicklung bei der Elektrizitätsproduktion mit erneuerbaren Energieträgern.

| <b>Erneuerbare Elektrizitätsproduktion (ohne Wasserkraft)</b> |              |      |              | Zunahme      | mittleres   |
|---------------------------------------------------------------|--------------|------|--------------|--------------|-------------|
| Technologie                                                   | 1990         | .... | 2000         | gegenüber 90 | Wachstum    |
|                                                               | GWh          |      | GWh          | GWh          | %           |
| Photovoltaikanlagen (nur Netz)                                | 0.4          |      | 8.4          | 8.0          | 35.6        |
| Photovoltaikanlagen (nur Insel)                               | 0.7          |      | 1.1          | 0.4          | 4.5         |
| <b>Total Sonnenenergie</b>                                    | <b>1.1</b>   |      | <b>9.5</b>   | <b>8.4</b>   | <b>23.8</b> |
| Automatische Feuerungen mit Holz                              | 0.0          |      | 2.4          | 2.4          | -           |
| Feuerungen mit Holzanteilen                                   | 5.7          |      | 11.8         | 6.1          | 7.5         |
| Biogasanlagen Landwirtschaft                                  | 1.5          |      | 2.6          | 1.1          | 5.9         |
| <b>Total Biomasse</b>                                         | <b>7.2</b>   |      | <b>16.7</b>  | <b>9.6</b>   | <b>8.9</b>  |
| <b>Total Windenergie</b>                                      | <b>0.0</b>   |      | <b>3.3</b>   | <b>3.2</b>   | <b>-</b>    |
| Kehrichtverbrennungsanlagen                                   | 318.0        |      | 592.8        | 274.8        | 6.4         |
| Feuerungen für erneuerbare Abfälle                            | 33.6         |      | 36.9         | 3.3          | 0.9         |
| Deponiegasanlagen                                             | 20.4         |      | 43.4         | 23.0         | 7.9         |
| Biogasanl. Gewerbe/Industrie                                  | 0.0          |      | 7.4          | 7.4          | -           |
| <b>Total Erneuerb. Anteile aus Abfall</b>                     | <b>372.0</b> |      | <b>680.6</b> | <b>308.6</b> | <b>6.2</b>  |
| Klärgasanlagen                                                | 58.0         |      | 97.1         | 39.1         | 5.3         |
| Biogasanlagen Industrieabwässer                               | 0.6          |      | 1.7          | 1.1          | 11.0        |
| <b>Total Erneuerb. Ant. aus Abwasser</b>                      | <b>58.6</b>  |      | <b>98.8</b>  | <b>40.2</b>  | <b>5.4</b>  |
| <b>Gesamttotal</b>                                            | <b>438.9</b> |      | <b>808.9</b> | <b>370.0</b> | <b>6.3</b>  |
| -> prozentuale Zunahme gegenüber 1990                         |              |      |              | 84.3%        |             |
| -> Zielerreichungsgrad Energie 2000                           |              |      |              | 141.8%       |             |

G:\E2100\RR-BER\Stat-erneuerbar-2000-spez.xls\Tab3 Ber5

**Tabelle 2:** Anteile verschiedener Technologien bei der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien

Bei der Elektrizitätserzeugung sind die Folgerungen schnell gezogen:

### **Elektrizität aus erneuerbaren Abfällen**

Die Kehrrechtverbrennungsanlagen liefern hier, gefolgt von Klärgas und Deponiegas, den Löwenanteil der quantitativen Entwicklung (94 %). Die Deponiegasanlagen haben ihren Zenit überschritten, seit 1996 ist deren Elektrizitätsproduktion rückläufig. Das grösste Potential schlummert noch bei der Stromerzeugung in Kehrrechtverbrennungsanlagen.

### **Photovoltaik**

Die Entwicklung blieb hinter den Erwartungen zurück. 1992 wurde, ohne Beihilfe von Energie 2000, ein Zwischenhoch von 1'460 kW installierter Leistung (Mont Soleil) erreicht. Bis 1997 ging die installierte Leistung auf 900 kW zurück. Erst 1998 konnte mit 1'800 kW, dank den Solarstrombörsen, ein neuer Rekord erreicht werden. Hier hat sicher die vom VSE und Energie 2000 gemeinsam lancierte Beschleunigungsaktion „Solarstrom vom EW“ einen wichtigen Beitrag geleistet. Inzwischen ist die Situation wesentlich schwieriger geworden, da die Fördermittel vom Bund an die Kantone übergangen und längst nicht alle Kantone die Photovoltaik fördern können oder wollen. Das Haupthemmnis besteht jedoch nach wie vor bei den hohen Investitions- und Stromgestehungskosten, obwohl in den letzten 10 Jahren hier grosse Fortschritte erzielt werden konnten.

### **Windenergie**

Die Windenergie fristete bis in der Schweiz ein Schattendasein bis 1995 mit dem Bau des Windparks auf dem Mont Crosin ein Paukenschlag erfolgte. Eine Potentialstudie hat gezeigt, dass ca. 3 bis 4 % des schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs durch landschaftskonforme Windenergieanlagen gedeckt werden können. Inzwischen wurden zahlreiche Standorte, vor allem im Jura, evaluiert und für tauglich befunden. Bei der Realisierung sind aber aus unterschiedlichen Gründen Verzögerungen eingetreten. Auch die Wirtschaftlichkeit von Windenergieanlagen ist in der Schweiz noch nicht gegeben.

## **Wirtschaftliche Entwicklung**

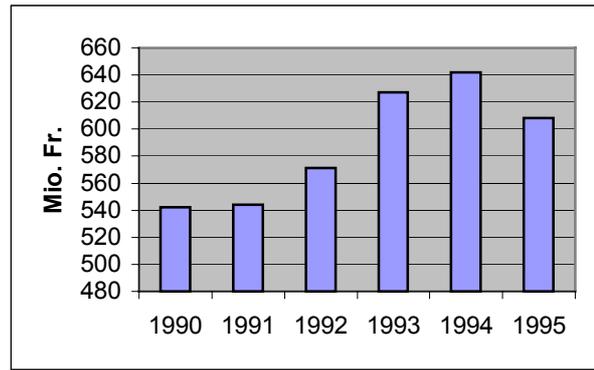
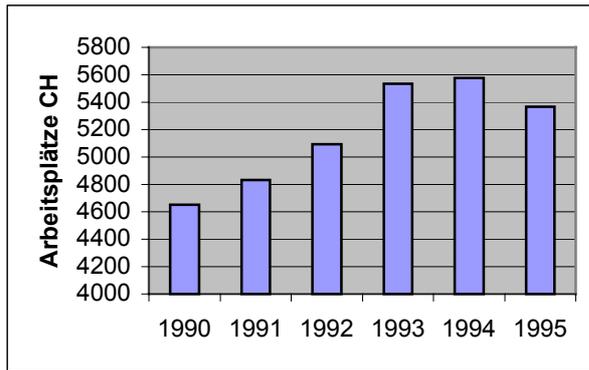
Die wirtschaftliche Entwicklung hat zwei wesentliche Aspekte:

Einerseits kann die Frage gestellt werden, welchen Beitrag die erneuerbaren Energie zur volkswirtschaftlichen Entwicklung leisten, andererseits stellt sich die Frage der Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren im Vergleich zu konventionellen Energieträgern.

Während im ersten Bereich detaillierte Berechnungen von Infrac für die Jahre 1990 bis 1995 vorliegen [2], gibt es für den zweiten Teil nur wenig gesicherte Angaben, da vorhandene Daten nicht ausgewertet wurden oder zu wenig verlässlichen Daten vorhanden sind.

### **Beitrag der erneuerbaren Energien zur wirtschaftlichen Entwicklung**

Die beiden folgenden Bilder zeigen, dass die erneuerbaren Energien bereits heute einen wichtigen Beitrag zur Beschäftigung liefern. Die meisten Arbeitsplätze werden gemäss Infrac in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, im Maschinen und Metallbereich sowie im Ausbaugewerbe geschaffen.



**Bild 4 (links):** Inländische Brutto-Beschäftigungswirkung in der Schweiz von 1990 bis 1995

**Bild 5 (rechts):** Jährliche Gesamtausgaben für erneuerbare Energien in der Schweiz

### Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren Energien

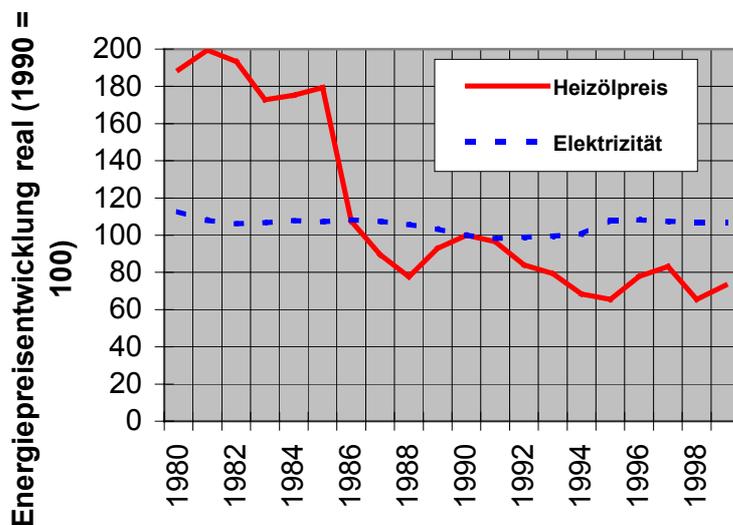
Insgesamt sind für die Beurteilung der Konkurrenzfähigkeit erneuerbarer Energien drei wesentliche Faktoren von Bedeutung:

1. Die Investitionskosten, da daraus die Kapitalkosten folgen
2. Die Kosten für Wartung und Unterhalt
3. Die Energiekosten

Die Nutzung erneuerbarer Energien ist meist mit höheren Investitionskosten als bei konventionellen Alternativen verbunden. Die daraus folgenden erhöhten Kapitalkosten müssen durch geringere Energie- und/oder Wartungs- und Unterhaltskosten wettgemacht werden. Leider ist es bisher nicht gelungen, die externen Kosten der Energienutzung auf die Energiepreise umzuwälzen. Eine zusätzliche Erschwernis tritt dort ein, wo der Investor nicht derjenige ist, der von den geringeren Energiekosten profitiert. Dies ist vor allem im Bereich Vermieteter, Immobilien (insbesondere im Wohnbereich) und teilweise bei der öffentlichen Hand der Fall. Hier zählen primär die Investitionskosten, was den Einsatz erneuerbarer Energien weiter erschwert.

Betrachten wir die Entwicklung der wichtigsten Einflussfaktoren im Laufe der letzten Jahre:

### Energiepreise



**Bild 6:** Reale Entwicklung der Energiepreise(1990 = 100) und Veränderung des BIP

Der Heizölpreis ist real seit 1980 um den Faktor 3 gesunken, während der Elektrizitätspreis in etwa konstant geblieben ist. Die Konkurrenzfähigkeit der erneuerbaren Energien, insofern sie fossile Energieträger ersetzen, wurde damit massiv verschlechtert. Erst seit einigen Monaten ist durch die starke Erhöhung der Heizölpreise psychologisch eine verbesserte Ausgangslage entstanden. Diese wird sich jedoch erst auswirken, wenn die Preise für längere Zeit auf diesem Niveau bleiben.

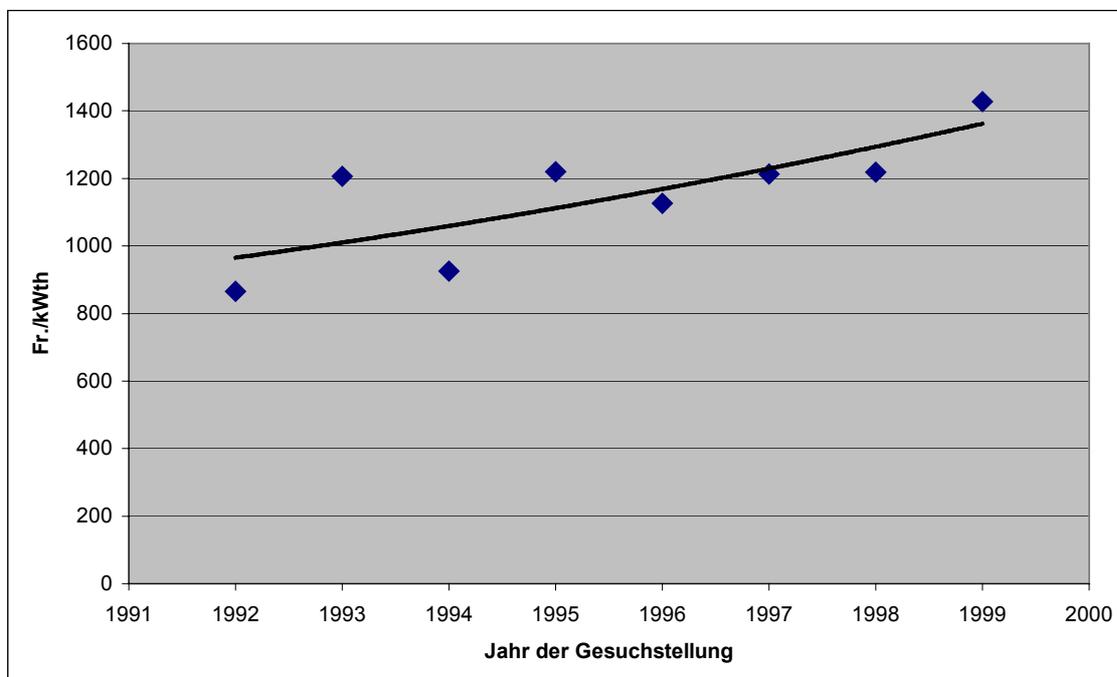
Beim Ersatz von Elektrizität durch erneuerbare Energien war die Situation etwas besser, doch muss hier in den nächsten Jahren durch die Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes mit einer deutlichen Verschlechterung gerechnet werden.

Unter diesen Voraussetzungen ist es eigentlich erstaunlich, dass der Einsatz der erneuerbaren Energien von 1990 bis 2000 in den von Energie 2000 bearbeiteten Bereichen um den Faktor 2 bis 3 gesteigert werden konnte.

Die Frage stellt sich, ob wenigstens ein Teil dieser wirtschaftlichen Nachteile durch Senkung der Investitionskosten wettgemacht werden konnten. Leider sind zur Beantwortung dieser wichtigen Frage nur wenige zuverlässige Grundlagedaten vorhanden. Es wurde deshalb versucht, wenigstens eine qualitative Aussage zu diesem Thema zu machen.

### Investitionskosten von Holzfeuerungen

Bild 7 zeigt die spezifischen Investitionskosten von automatischen Holzfeuerungen (ohne Wärmeverteilnetz) in den Jahren 1992 bis 1999. Diese Daten sind mit grosser Vorsicht zu interpretieren, da es sich um Angaben der Planer bei der Eingabe eines Gesuches um Finanzbeihilfen beim VHe handelt. Diese Kostenangaben stammen aus einer sehr frühen Projektphase und können daher nur als Schätzungen bezeichnet werden.



**Bild 7:** Spezifischen Investitionskosten von automatischen Holzfeuerungen gemäss Deklaration der Gesuchsteller bei der Eingabe des Finanzierungsgesuches.

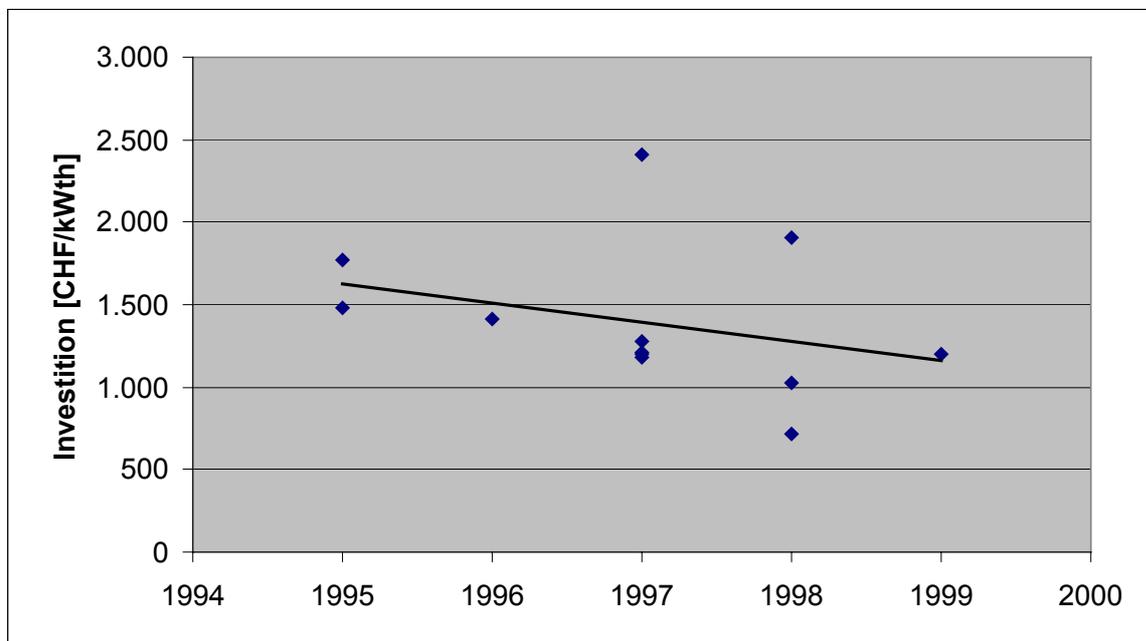
Die zunehmenden spezifischen Investitionskosten haben, zusammen mit der Abnahme der Preise für fossile Energieträger, sicher einen Beitrag zu den in den letzten Jahren leicht rückläufigen Zuwachsraten der automatischen Holzfeuerungen geführt.

Erschwerend dürfte dazukommen, dass diejenigen Bauherren, die beim Investitionsentscheid nicht primär auf die Wirtschaftlichkeit (Gemeinden mit eigenem Wald, öffentliche Hand) schauen, schon zu einem Teil entsprechende Anlagen besitzen. Zudem waren bei öffentliche Hand in den 90er Jahren die Finanzmittel knapp.

### Investitionskosten von Wärmepumpenanlagen

Im Rahmen des BFE Projekts „Feldanalysen von Wärmepumpenanlagen“ (FAWA) [3] werden jährlich 30 neu installierte Anlagen einer detaillierten Analyse unterzogen. Dabei wurden bei einigen Anlagen auch die Investitionskosten ermittelt. Dabei handelt es sich zwar um effektive Kosten der realisierten Anlagen, trotzdem sind auch hier einige Vorbehalte anzubringen, da nur sehr wenig Daten vorhanden.

Abbildung 8 zeigt die Investitionskosten von Sole/Wasser Wärmepumpen (Aggregat).



**Bild 8:** spezifische Investitionskosten des WP Aggregates von Sole/Wasser Wärmepumpen

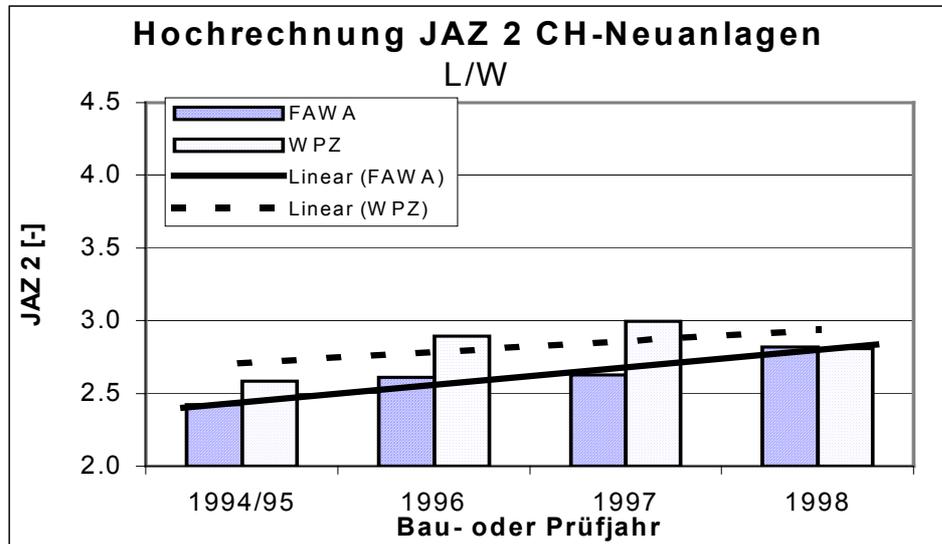
Bisher ist die Datenlage viel zu gering, um signifikante Aussagen zu erlauben. Trotzdem ist es interessant, dass die Analyse abnehmende spezifische Investitionskosten zeigt. Auf jeden Fall kann es eine Erklärung (neben den Marketingmassnahmen der FWS, den zunehmenden Aktivitäten der Elektrizitätswirtschaft, sowie den konsequenten Massnahmen zur Steigerung der Qualität und Effizienz) dafür sein, warum Wärmepumpen in neuen Einfamilienhäusern in den letzten Jahren, trotz abnehmenden Preisen für fossile Energieträger, ihren Marktanteil so deutlich steigern konnten.

## Technische Entwicklung

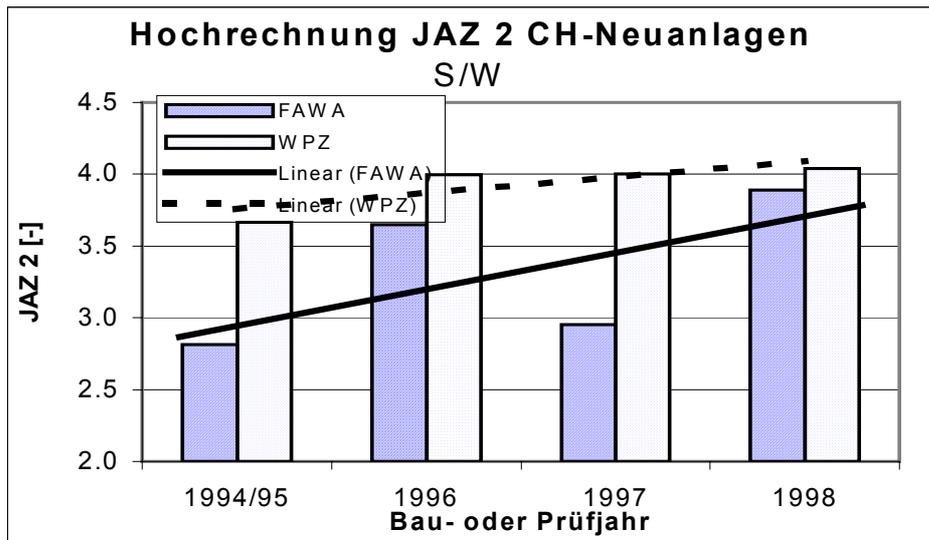
Unter technischer Entwicklung wird hier primär die Verbesserung der Effizienz, der Qualität und der Betriebssicherheit von WP-Anlagen im praktischen Betrieb verstanden. Es ist klar, dass der Motor der technischen Entwicklung in der Forschung gründet, deren neue Erkenntnisse in Produkte umgesetzt werden. Hier interessieren jedoch nicht Fortschritte im Forschungsbereich, sondern die effektiv in die Praxis umgesetzten Resultate. Die Kenntnis dieser Entwicklung ist von entscheidender Bedeutung um zu beurteilen, ob sich eine Technologie sich in Zukunft im Markt besser positionieren kann, da sie die Wirtschaftlichkeit beeinflusst (geringerer Energieverbrauch) und sich stark auf die Kundenzufriedenheit auswirkt. Die umfassendsten Daten zur technischen Entwicklung sind bei den elektrischen Wärmepumpen bis 20 kW thermischer Leistung verfügbar.

## Wärmepumpen

Daten aus dem Wärmepumpentestzentrum Töss geben Auskunft über die technische Entwicklung der Wärmepumpe als Komponente, die Resultate aus dem Projekt Feldanalysen von WP-Anlagen (FAWA) ermöglichen die Beurteilung der gesamten Wärmepumpen Anlage. In Bild 9 ist die Entwicklung der Jahresarbeitszahlen (Wärmeabgabe an das Heizsystem/Stromaufnahme der Wärmepumpe inkl. wärmepumpenbedingte Hilfsenergie) von Luft/Wasser Wärmepumpen dargestellt. Die Jahresarbeitszahlen (JAZ) von Luft/Wasser Anlagen haben gemäss FAWA 6 % pro Jahr zugenommen, 1998 wurde ein Mittelwert von 2.8 erreicht. Das Bild zeigt zudem, dass die Unterschieden zwischen den Messungen des WP-Aggregates im Wärmepumpentestzentrum Töss (WPZ) und den FAWA Messungen mit den Jahren abnehmen.



**Bild 9:** Entwicklung der JAZ von Luft/Wasser Wärmepumpen



**Bild 10:** Entwicklung der JAZ von Sole/Wasser Wärmepumpen

Die jährliche Zunahme der Jahresarbeitszahlen von Sole/Wasser Wärmepumpen im Feld beträgt 9 %. Auffällig ist hier der immer noch relativ grosse Unterschied zwischen den Messungen in Töss und im Feld, was auf ein entsprechendes Optimierungspotential schliessen lässt (Erdwärmesonde, und Sondenpumpe).

Betrachtet man den gesamten jährlich installierten Anlagen-Mix (gemäss Verkaufsstatistik), ergibt eine Hochrechnung für 1994/95 eine JAZ von 2.6, welche bis 1998 auf 3.2 ansteigt (+ 8 % pro Jahr). Die entsprechenden Hochrechnungen der WPZ Messungen ergeben für 1994/1995 einen COP von 3.0 und 3.4 für 1998, was einem Anstieg von 5 % pro Jahr gleichkommt.

## Perspektiven

### Wirtschaftlichkeit

In den letzten Jahren hat sich klar gezeigt, dass ein gewisser Teil der Bauherren erneuerbare Energien einsetzt, obwohl die entsprechende Investition im betriebswirtschaftlichen Sinne nicht rentabel ist. Bei diesen Bauherren überwiegen andere Elemente wie zum Beispiel Verantwortung für Umwelt und Ressourcenverzehr oder sie sind im Besitz eigener Energiequellen (Gemeinden mit eigenem Wald, private Waldbesitzer, Besitzer von Holzverarbeitenden Betrieben usw.). Die vom Bund bis Ende 1999 gewährten Förderbeiträge haben dabei weniger im Sinne einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit gedient (dazu waren sie zu gering), vielmehr waren sie eine Art Qualitätsauszeichnung durch den Bund und eine Bestätigung für die Bauherren auf dem richtigen Weg zu sein. Sicher ist dieses Potential noch nicht ausgeschöpft. In den nächsten 10 Jahren werden die Erfolge aber immer weniger in diesem Kundensegment zu holen sein.

Für die zukünftigen Erfolge wird daher entscheidend sein, dass Investitionen in erneuerbare Energien auch wirtschaftlich deutlich attraktiver als heute werden. Dies ist durch unterschiedliche Stossrichtungen erreichbar:

1. Internalisierung externer Kosten der Energieträger
2. Erhöhung der Anlageneffizienz und Senkung der Investitionskosten
3. Finanzbeihilfe

## Internalisierung externer Kosten

Durch die Abstimmung vom 24. September 2000 hat sich die dringend notwendige Internalisierung der externen Kosten (Lenkungsabgabe) weiter verzögert. Bei den fossilen Energieträgern ist frühestens 2004 mit der Einführung einer CO<sub>2</sub> Abgabe zu rechnen.

Bei der Elektrizität ist vorderhand nicht mit einer Verteuerung durch Internalisierung externer Kosten zu rechnen. Vielmehr wird sich Elektrizität aufgrund der Marktliberalisierung in den nächsten fünf Jahren verbilligen.

Damit ist zu erwarten, dass sich die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpenanlagen verbessern wird und sich hier neue Marktchancen auch bei grösseren Anlagen ergeben werden. Schlecht ist die diesbezügliche Ausgangslage für die Wärmeerzeugung mit erneuerbaren Energien, falls die Preise fossiler Energieträger sich nicht aus Marktgründen auf ein wesentlich höheres Niveau als 1990 bis 2000 einpendeln.

Eine Verschlechterung der Rahmenbedingungen ist aufgrund der sinkenden Strompreise auch bei der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien zu erwarten. Hier müssen andere Ansätze über die zu erwartende Durststrecke hinweghelfen.

Ein wichtiges Element könnte der Verkauf von Ökostrom und hier insbesondere das vom Verein für umweltgerechte Elektrizität (VUE) lancierte Label „Naturmade“ werden. Es ist vorgesehen, dass Anbieter, die Strom aus Wasserkraft zertifizieren lassen, zusätzlich einen Anteil von Strom aus neuen erneuerbaren Energien im Markt absetzen müssen. Damit lässt sich natürlich kein Marktdurchbruch erzeugen, es ist aber zu erwarten, dass sich dadurch die Stromproduktion aus Sonne, Wind, Biomasse und Kleinwasserkraftwerken gegenüber heute um ein Mehrfaches steigern lässt. Im besten Falle können weitere Förderelemente für die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in das Elektrizitätsmarktgesetz eingebaut werden.

## Erhöhung der Anlageneffizienz, Senkung der Investitionskosten

Mittelfristig das grösste Potential dürfte hier bei den elektrischen Wärmepumpen liegen. Die in der Schweiz installierten Wärmepumpen konnten ihre Jahresarbeitszahlen in den letzten vier Jahren von 2.6 auf 3.2 steigern. Es ist zu erwarten, dass mittelfristig dieser Wert auf über 4.0 ansteigen wird. Weitere Fortschritte sind auch bei der Photovoltaik zu erwarten, während sich an den Jahresnutzungsgraden von Sonnenkollektoren und Holzheizungen nicht mehr sehr viel ändern wird.

Bei zunehmendem Marktvolumen wird auch das in einigen Technologiebereichen vorhandene Potential für Kostensenkungen zu tragen kommen. Am deutlichsten wird dies bei der Photovoltaik zu sehen sein. Auch Wärmepumpen und Solarkollektoren haben durch Serienproduktion ein, wenn auch wesentlich geringeres, Kostensenkungspotential. Es wird interessant sein, die entsprechende Entwicklung von der gewerblichen zur industriellen Fertigung mitzuverfolgen. Ein Gefahrenpotential lauert hier vor allem für die kleineren gewerblichen Unternehmen der Solar- und Wärmepumpenbranche. Diese werden kaum die Finanzen für die notwendigen Investitionen zur industriellen Fertigung aufbringen. Sie sollten sich frühzeitig darauf einstellen und sich grösseren Einheiten anschliessen, damit wenigstens diese stark genug sind, um mit der ausländischen Konkurrenz, die auch einen wesentlich grösseren Heimmarkt besitzt, mithalten zu können.

## Finanzierungshilfen

Hier begeben wir uns auf ein dornenvolles Feld. Bereits im Rahmen von Energie 2000 wurde von vielen Beteiligten ein „Stop and Go“ beklagt. Immerhin gab es noch eine klare bundesweite Förderpolitik. Diese ist nun mit Inkrafttreten des Energiegesetzes stark verstückelt worden, sind doch nun die Kantone weitgehend für Finanzhilfen zuständig. Mit den Abstimmungsresultaten vom 24. September 2000 wird sich an der Höhe der Fördermittel in der nächsten Zukunft wenig ändern, auch wenn 46.6 % der Stimmenden für den Förderabgabebeschluss votiert haben.

Die Holzenergie hat es für die nächsten drei bis vier Jahre bedeutend leichter, kann sie doch durch das vom Parlament genehmigte Lotharprogramm die Lücke bis zur Einführung einer allfälligen CO<sub>2</sub> Abgabe mindestens teilweise überbrücken.

Ein Schutz besteht noch für die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien, da hier die Empfehlung des Bundesamtes für Energie, betreffend Einspeisevergütung gültig bleibt. Allerdings genügen die gewährten 15 Rp./kWh nicht einmal für eine kostendeckende Vergütung von Strom aus Kleinwasserkraftwerken, geschweige denn für die Stromerzeugung aus Wind, Biomasse und Solarenergie. Hier wäre eine entsprechende Aufstockung im Rahmen des Elektrizitätsmarktgesetzes hilfreich. Gleichzeitig sollte auch die Stromproduktion aus erneuerbaren Abfällen in den Genuss der gleichen Rückspeisebedingungen kommen, da hier noch ein bedeutendes kurzfristig nutzbares Potential brachliegt.

## Attraktive Marktsegmente 2000 bis 2010

Natürlich ist eine Vorausschau immer schwierig, vor allem dann, wenn die Entwicklung von politischen Entscheidungen und globalen Marktentwicklungen (Erdölpreis) geprägt ist. Es ist daher sicher sinnvoll, eine Perspektive auf den heute bereits eingeleiteten und damit absehbaren Entwicklungstendenzen aufzubauen. Eventuelle Abweichungen werden sich dann primär positiv auswirken (steigende Erdölpreise, Förderaspekte für erneuerbare Energien im Elektrizitätsmarktgesetz).

Aufgrund der sich abzeichnenden Entwicklungen sehen wir für die erneuerbaren Energien folgende Marktentwicklungen:

### Umweltwärme

Das bisher bearbeitete Marktsegment der Kleinwärmepumpen bleibt weiterhin interessant, da sich die Rahmenbedingungen in letzter Zeit sogar noch verbessert haben (gestiegene Erdölpreise). Ab ca. 2004 werden sich die Preissenkungen auf Elektrizität auch für mittlere, später auch für kleinere Anlagen positiv auswirken. Diese Wirkung würde durch die Einführung der CO<sub>2</sub> Abgabe enorm verstärkt. Dieser Zeitpunkt wird günstig sein, um auch mit mittleren und grösseren Anlagen breit in den Wärmemarkt vorzustossen. Durch den zunehmenden Markt und die vermehrte Einführung standardisierter Kompaktanlagen wird es möglich sein, die Investitionskosten, vor allem kleiner Anlagen, real noch etwas zu senken. Zudem werden weitere bedeutende Effizienzfortschritte erwartet. Insgesamt wird sich dadurch das bisherige Wachstum von Wärmepumpenanlagen fortsetzen und ab Mitte des Jahrzehnts deutlich beschleunigen.

## Solarenergie

Solarkollektoren zur Wärmeerzeugung haben eine schwierigere Zeit vor sich (falls die Erdölpreise nicht mindestens auf dem heutigen Niveau verbleiben). Einerseits werden Finanzhilfen nicht in allen Kantonen erhältlich sein und tendenziell abnehmen, andererseits sind infolge des stagnierenden Marktvolumens wenig Kostensenkungen durch industrielle Produktion (evtl. im Ausland) zu erwarten. Der Einstieg in neue Marktsegmente wird dadurch weiterhin schwierig bleiben. Bis zur Einführung einer allfälligen CO<sub>2</sub> Abgabe wäre eine Entwicklung im bisherigen Rahmen schon als Erfolg zu werten.

Die Photovoltaik wird zwar weitere bedeutende Kosten- und Effizienzfortschritte machen, aber auch 2010 dürfte die Konkurrenzfähigkeit zu konventionellen Stromerzeugungsanlagen in industrialisierten Ländern noch bei weitem nicht erreicht sein (Shell rechnet mit dem Eintritt der Konkurrenzfähigkeit um das Jahr 2020). Eine steigende Bedeutung dürfte der Verkauf von Solarstrom als Ökostrom, mit der Einführung des Labels „Naturmade“ erhalten. Eine effiziente Förderung könnte durch die Vergütung kostendeckender Einspeisetarife für eine jährliche Quote von Solarstrom (nach dem Modell Deutschland) erreicht werden.

## Holz

In einer besseren Lage ist die Holzenergie. Sie wird die Lücke bis zur CO<sub>2</sub> Abgabe teilweise mit den Lothargeldern überbrücken können. Allerdings muss sie den anhaltenden Rückgang im Bereich der Stückholzfeuerungen für Einzelgebäude wettmachen. Dazu müssen, neben dem verstärkten Einsatz von automatischen Schnitzelfeuerungen, neue Einsatzgebiete erschlossen werden. Als eine Möglichkeit bietet sich der Einsatz in bestehenden Fernwärmeversorgungen an, die auch einen Teil des Exportguts Altholz aufnehmen können.

## Erneuerbare Energien und Minergie

Minergie und erneuerbare Energien sind ein ideales Gespann:

1. Zahlreiche realisierte Objekte im Minergie Standard, in welchen nahezu ohne Ausnahme auch erneuerbare Energien zu Einsatz kommen, beweisen die Kombinierbarkeit.
2. Energiepolitisch gehören Minergie (oder ein anderer Niedrigenergiestandard) und erneuerbare Energien zusammen. Nur gemeinsam lässt sich eine nachhaltige Energieversorgung zu vernünftigen Kosten sicherstellen. Niedrigenergiehäuser werden nur wieder alle ökonomische Vernunft als echte Nullenergiehäuser ausgeführt.
3. Beide basieren auf innovativen Technologien und Konzepten und stehen an der Front der technischen Entwicklung im Gebäudebereich.

Es ist anzustreben, dass in Zukunft die Zusammenarbeit zwischen den Promotoren der erneuerbaren Energien und den Verantwortlichen von Minergie weiter verstärkt werden kann. Ein erste handfeste Möglichkeit ergäbe sich bei der Organisation einer gemeinsamen Messe für Minergie und erneuerbare Energien im Jahr 2001.

## Literaturverzeichnis

- [1] U. Kaufmann, Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien 1999, Dr. Eicher und Pauli AG, Liestal
- [2] Infrac, Erneuerbare Energien und Arbeitsplätze, Zürich 1996
- [3] M. Erb et al, Feldanalysen von Wärmepumpenanlagen, 11. Schweizerisches Status Seminar Energie- und Umweltforschung im Bauwesen, September 2000