



**Ao. Univ.-Prof. Dr. Klaus Schoepf**

Leiter der  
AG Plasma- und Energiephysik  
Institut für Theoretische Physik  
Universität Innsbruck  
Technikerstrasse 25  
A-6020 Innsbruck, AUSTRIA

Tel.: +43/512/507-6210 Fax: +43/512/507-2919  
Email: [klaus.schoepf@uibk.ac.at](mailto:klaus.schoepf@uibk.ac.at)



Statement für die TIWAG-Pressekonferenz am 10. Jul 2007 in Innsbruck:

### ***WELTKLIMA UND ENERGIEPOLITIK IM WANDEL***

Die Warnungen des UNO-Klimabeirates (2500 führende Klimaforscher) im IPPC-Bericht 2007 bezüglich der globalen Erwärmung (möglicher Temperaturanstieg bis zum Jahr 2100 um bis zu 6 °C), die zu 90% vom Menschen verursacht wird, fordern zum sofortigen Handeln auf. So man nicht eine extraterrestrische partielle Abschattung der Sonnenstrahlung auf die Erde plant, können irreversible Folgen für Mensch und Natur nur mit einer drastischen Reduktion der Treibhausgasemissionen verhindert werden. Klimaschutz ist zweifellos *die* Herausforderung des 21. Jh. Politik, Regierung, Energieversorgungsunternehmen, Wissenschaft und Technik sowie Industrie und Wirtschaft müssen in enger Zusammenarbeit reagieren und nachhaltige Lösungen erarbeiten. In diesem Zusammenspiel werden Ökonomie und Ökologie in der Zukunft keine getrennten Fachbereiche mehr sein. Umweltschutz wird wirtschaftlich sein.

#### ***Maßnahmen***

Die zentrale Frage ist: Wie lässt sich angesichts des drohenden Klimawandels, der rasant steigenden weltweiten Energienachfrage und der begrenzten Ressourcenverfügbarkeit eine saubere und wirtschaftliche Energieversorgung sicherstellen? Die EU-Kommission hat sich kürzlich dieser energie- und umweltpolitischen Herausforderung gestellt und ein Energiepaket für Europa beschlossen. Hauptpfeiler der neuen EU-Politik ist eine Senkung der durch den Energieverbrauch bedingten Treibhausgasemissionen, und zwar um 20% bis zum Jahre 2020 und danach, wenn die Fortschritte messbar werden, eventuell um 60-80% bis 2050. Erreicht sollen diese Ziele werden durch Steigerung der Energieeffizienz, durch Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger am Energiemix, nämlich auf 20% im Jahre 2020, und durch verbesserte Energiebinnenmarktstrategie (besserer Verbundplan für Strom- und Gasnetze).

Zur Steigerung der Energieeffizienz werden im EU-Energiepaket Maßnahmen verstanden, welche es erlauben, mit weniger Energieeinsatz den gleichen gewünschten Nutzen zu erreichen. Das sind zum einen technische Maßnahmen zur Verringerung der Energieverluste bei der Stromgewinnung, -übertragung und -verteilung, vermehrter Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, und zum anderen auf der Verbraucherseite bessere Gebäudeisolierung, Mindestnormen bei Haushaltsgeräten sowie Heiz-/Lüftungsanlagen, und natürlich der sparsamere Umgang mit Energie. Bezüglich des Verkehrs werden eine Verbesserung der städtischen, regionalen und überregionalen Verkehrsnetze, eine optimierte Transportlogistik sowie leistungärmere PKWs im Individualverkehr zu fordern sein.

Leichter als die geplante jährliche 1-2%-ige Effizienzsteigerung bis 2020 sollte der angestrebte 20%-ige Anteil von erneuerbarer Energie am EU-Energiemix zu realisieren sein. Schon im Jahr 2010 werden 19% des in der EU produzierten elektrischen Stroms aus

erneuerbaren Energiequellen stammen. Allerdings wird 2010 der Anteil an der Gesamtenergie immer noch weniger als 10% betragen. Die vermehrte Nutzung erneuerbarer Energieträger wird einen massiven aber auch energieintensiven Ausbau von Windkraftanlagen, Solarsystemen, Wasserkraftwerken, Biomasseheizkraftwerken und geothermischen Anlagen erfordern. Auch Biokraftstoffe sollen vermehrt hergestellt werden und bis zum Jahr 2020 einen Anteil von 10% am Gesamtkraftstoffmarkt ausmachen. Kohle und Erdgas, aus denen 50% der elektrischen Energie in der EU erzeugt werden, werden auch zukünftig eine wichtige Rolle bei der europäischen Energieversorgung haben, allerdings müssen kostengünstige Technologien zur Abscheidung und Speicherung von CO<sub>2</sub> entwickelt und installiert werden! Die Entscheidung über die Nutzung von Kernenergie obliegt, gemäß dem EU-Energiepaket, jedem einzelnen Staat selbst. Derzeit stellen 152 Kernkraftwerke in der EU 27 ca. 30% der in Europa erzeugten Elektrizität bereit.

Zur Realisierung der neuen energiepolitischen Strategie für Europa investiert die Kommission zwischen 2007 und 2013 jährlich rund 1 Mrd. EURO in Forschung und Innovation auf dem Gebiet der Energietechnologien. Dazu zählen erneuerbare Energieträger, schadstoffarme Erdgas- und Kohleheizkraftwerke, Brennstoffzellen sowie modernste Kernspalttechnik und zukünftige Fusionsreaktoren.

### ***Was ist in Österreich und Tirol zu tun?***

Nicht nur, um diesen EU-Vorgaben folgsam zu entsprechen, sondern für unser eigenes Wohlergehen und jenes unserer Nachkommen, sind wir Österreicher als Staat, wir Tiroler als Land sowie jeder einzelne für seine direkte Umgebung aufgefordert, zum Klimaschutz verantwortlich beizutragen, indem wir unseren Energieverbrauch sparsamer und intelligenter gestalten. So hat die österreichische Regierung als ambitioniertes Klimaschutzziel eine Steigerung der Energieeffizienz um 20% vorgegeben wie auch eine Anhebung des Anteils erneuerbarer Energieträger am Gesamtenergieverbrauch von derzeit 22 % auf 45% im Jahr 2020. Verständlicherweise muss sich auch die TIWAG Gedanken machen, wie zukünftig die sichere Energieversorgung Tirols nachhaltig gewährleistet werden kann. Sie setzt dabei vorrangig auf die umweltfreundlichste Energie, die Wasserkraft, für deren ökonomisch-ökologische Nutzung die Topologie Tirols geradezu prädestiniert ist. Dies wird aber nicht das einzige Standbein bleiben können, die TIWAG wird sich auch an der Entwicklung, dem Bau und Betreiben von Anlagen beteiligen müssen, in welchen andere erneuerbare Energieträger für die Strom- und Wärmeversorgung eingesetzt werden.

Bei der Einführung von Energietechniken zur Nutzung regenerativer Energieträger ist es wichtig, sich energetische Zusammenhänge klarzumachen und die physikalisch-wirtschaftliche Sinnhaftigkeit von Systemen zu analysieren. Es reicht nicht aus, ein Energiesystem nur nach seinem Wirkungsgrad bei der Energieumwandlung zu beurteilen. Es sollte auch hinsichtlich der eingesetzten und produzierten Energieformen, bezüglich der Schadstoffemissionen und Gesundheitsgefährdung bewertet werden sowie mit anderen Energietechniken verglichen werden, welche die gleiche Nutzenergie bereitstellen. Ein dabei manchmal unberücksichtigter Bewertungsfaktor ist die erzielbare Energieernte im Laufe der Lebensdauer einer Anlage.

### ***Energieernte***

Systeme zur Bereitstellung von Nutzenergie benötigen bei ihrer Herstellung, Installation, ihrem Betrieb und ihrer Entsorgung Energie. Für ein sinnvolles Energiesystem muss ganz offensichtlich gefordert werden, dass es im Laufe seiner Betriebslebensdauer mehr Energie bereit stellt als zum Bau, Betrieb und Wartung der Anlage, sowie für den zugrunde liegenden Brennstoffzyklus und letztlich die Stilllegung benötigt wird. Das Verhältnis von der im Laufe der Lebensdauer eines Systems erzeugten Nutzenergie zu der für die Anlage investierten

Energie wird als *Energieerntefaktor* bezeichnet. Ist die investierte Energie nicht explizit bekannt, bedient man sich oft der Kosten, um auf das Energieinvestment zurück zu rechnen.

### ***Vergleich verschiedener erneuerbarer Energien***

#### *Wasserkraft*

Bei weitem die beste Energieernte unter den erneuerbaren Energien weist die Wasserkraftnutzung mit einem Energieerntefaktor von 12-16 auf. Der Bau von Wasserkraftwerken ist zwar kosten- und energieintensiv, aber sie können über eine sehr lange Lebenszeit (> 50 Jahre) betrieben werden.

#### *Windkraft*

Von effizienten Windkraftanlagen wird ein Energieerntefaktor bis 6 erwartet. Die Nutzung der Windenergie empfiehlt sich nur in besonders exponierten Lagen und würde bei uns eine dementsprechende Landschaftsbeeinträchtigung bedeuten, was von der Bevölkerung nur schwer akzeptiert würde, wie das Beispiel Deutschland zeigt.

#### *Biomasse*

Die Verfeuerung von Biomasse in Heizkraftwerken geschieht mit Erntefaktoren bis zu 5,5 (Finnland). Bei uns empfiehlt sich wegen der Verfügbarkeit die Nutzung von Holz (Heizwert 2,5-4,1 kWh/kg) und von unbehandelten oder gepressten Holzabfällen. Erfahrungen aus Biomasseheizkraftwerken in Tirol, welche unbehandelte Biomasse verwenden, haben gezeigt, dass Energieerntefaktoren von 3-4 zu erzielen sind, wenn eine Anlagenlebensdauer von 30 Jahren zugrunde gelegt wird. Das Potenzial für die Biomassenutzung in Österreich ist durchaus groß: Alljährlich wächst mehr Holz nach als aus den Wäldern herausgeschlagen wird. 47% der Landesfläche sind mit Wald bedeckt und die Waldfläche nimmt jährlich etwa um 7700 ha zu. Der jährliche Holzzuwachs beträgt über 27 Mio m<sup>3</sup>, während der jährliche Holzeinschlag weniger als 20 Mio m<sup>3</sup> ausmacht.

Ein weiteres Biomassepotenzial liegt in den Abfällen der Landwirtschaft (z.B. Überschussstroh) sowie im Hausmüll. Aus 1 Tonne Müll lassen sich bei der Verbrennung bis zu 2,5 MWh Wärmeenergie gewinnen. Andererseits sind auch die bei der Deponie von Müll entstehenden Gase eine recht energiereiche Quelle. Deponiegase enthalten 47% Methan. Pro Tonne Müll entweichen in der Deponie 50-300 m<sup>3</sup> Gas, was einem Heizwert von bis zu 0,8 MWh entspricht. Da im Durchschnitt jeder Mensch ca. 500 kg Müll pro Jahr produziert, kann der Müll als zweitgrößte erneuerbare Energiequelle nach der Wasserkraft angesehen werden!

#### *Biosprit*

Bei großtechnischer Ethanolgewinnung aus Weizen und Zuckerrüben wird ein Energieerntefaktor von 1,2-1,6 für erreichbar gehalten. Das Auspressen von Raps, die Teilraffinierung und das Estern zu dieselähnlichem Sprit (Rapsmethylester) bedarf eines Energieaufwandes, der Energieerntefaktoren von 1,15-1,75 zur Folge hat. Eine weitere Möglichkeit ist der natürliche oder mikrobielle Abbau von pflanzlichem Abfall und Tierexkrementen, wobei in Fäulnisprozessen Biogas entsteht. Die daraus gewinnbare Energie kann das 5-9-fache der zur Herstellung von Biogas aufgewendeten Energie betragen.

#### *Solarzelle*

Derzeit bedarf die Herstellung von Solarzellen noch mehr Energie als sie im Laufe ihrer Lebenszeit zu liefern imstande sind. Die Firma Sharp, mit 27% Marktanteil und 440 MW Produktionskapazität Weltmarktführer im Bereich Photovoltaik, hat sich das Jahr 2010 zum Ziel gesetzt, um eine „zero global warming impact company“ zu werden, d.h. dass dann der Energieverbrauch bei der Herstellung von Solarzellen bzw. die damit verbundene CO<sub>2</sub>-

Emission gleich sind der Elektrizitätserzeugung aus den fabrizierten Photovoltaik-Modulen bzw. der sich dadurch ergebenden CO<sub>2</sub>-Einsparung. Bei Verwendung von Zellen aus amorphem Silizium oder von Dünnschichtzellen, für deren Herstellung relativ wenig Energie erforderlich ist, beträgt heute der Energieaufwand für den Bau einer Solarzellenanlage (Zellen + Speicher + Wechselrichter) ca. 8-35 kWh (je nach Anlagengröße) pro 1 W Peakleistung auf ca. 0,01 m<sup>2</sup> Zellenfläche. Als Peakleistung wird jene elektrische Leistung der Solarzelle verstanden, die sie bei senkrechtem Einfall der Sonneneinstrahlung mit einer Intensität von 1000 W pro m<sup>2</sup> erzielen kann. Für eine angenommene Lebensdauer von 25 Jahren und einer jährlichen auf senkrechten Einfall normierten Sonneneinstrahlung von 1000 Stunden in unseren Breiten errechnet sich daraus ein Energieerntefaktor zwischen 0,7 und 3. Der derzeitige Ertrag von Photovoltaikanlagen liegt bei uns bei etwa 100 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr und ist mit Stromerzeugungskosten von 0,75 €/pro kWh verbunden, wobei größere Systeme den elektrischen Strom günstiger erzeugen können. Eine Solarzelle liefert Gleichstrom, der für eine Einspeisung ins Netz erst in Wechselstrom zerhackt werden muss. In der folgenden Tabelle sind diesbezügliche Erfahrungswerte für private Solarzellenanlagen in Deutschland angeführt.

#### *Kosten von privaten Photovoltaikanlagen*

Leistungsgröße (Peakleistung):	1 kW (10 m <sup>2</sup> Zellenfläche)	3 kW (30 m <sup>2</sup> Zellenfläche)
Herstellung der Solarzellen + Bau der Anlage	10.500 €	27.000 €
Wartung	100 €/Jahr	270 €/Jahr
Energieausbeute	1.000 kWh /Jahr	3.000 kWh /Jahr
Energieerntefaktor	0,55	0,63
Stromerzeugungskosten	0,75 €/kWh	0,67 €/kWh
Kosten für Wechselrichter	800 €	2.000 €

Bei kleineren Anlagen wird die elektr. Energie in Batterien gespeichert. Dazu ist zu bemerken, dass der Energieaufwand zur Herstellung von Batteriespeichern der Abgabemenge der von ihnen gespeicherten Energie innerhalb der Batterielebensdauer von einigen Jahren entspricht!

#### *Sonnenkollektor*

Solarthermische Anlagen dienen zur Bereitstellung von Warmwasser und Heizwärme und werden meist in Verbindung mit anderer Versorgung (z.B. Wärmepumpe, Ölheizung) konzipiert. Kleiner dimensioniert kann die solarthermische Anlage werden, wenn sie nur warmes Brauchwasser produzieren soll, während für Heizzwecke noch ein eigener Speicher bzw. Langzeitspeicher (Mehrschichtenspeicher, Erdspeicher o.a.) vorzusehen ist, der die solar erzeugte Energie von einigen Tagen bis zu einigen Wochen speichern kann. Je nach Kollektorfläche und Speichergröße kann eine thermische Solaranlage einen mehr o. weniger großen Teil des Warmwasserbedarfs eines Hauses decken.

Die Energiekosten beim Bau einer Warmwassersolaranlage z.B. für ein Einfamilienhaus mit 60% Deckungsgrad und 60 °C Warmwassertemperatur betragen typischerweise 2500 kWh – 3300 kWh pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Bei Annahme einer 20 jährigen Lebensdauer der Anlage ergibt sich für die Sonneneinstrahlung in unseren Breitengraden ein Energieerntefaktor von 2,7 bis 3,6. Errichtet man thermische Großsolaranlagen z.B. für Hochhäuser oder eine Reihenhaussiedlung (120-200 m<sup>2</sup> Kollektorfläche), so kann man im Falle von Flachbettkollektoren Energieerntefaktoren in der Größe von 3,6-4 erzielen, während mit den

teureren und bei der Herstellung energieintensiveren Vakuumröhrenkollektoren trotz eines höheren Energiertes nur Erntefaktoren um 2,8 erreicht werden.

Zu bedenken ist dabei jedoch immer, dass – so keine strahlungskonzentrierenden Systeme wie in Sonnenkraftwerken vorliegen – der Sonnenkollektor praktisch Niedertemperaturwärme erzeugt, also eine Energieform, mit der Kollektoren nicht herstellbar sind. Der Bau von Solarkollektoren muss daher im Zusammenspiel mit anderen Energietechnologien geschehen.

Eine intelligente Kollektorwärmenutzung ist das Zuführen der Wärme aus hocheffizienten Kollektoren zu einer Absorptionswärmepumpe. Dies ermöglicht die Heizung im Winter, oft auch direkt ohne Wärmepumpe, und eine Kühlung im Sommer. Solche Anlagen wurden bereits bei Hotels installiert, wobei die Betriebserfahrung zeigte, dass damit 30% des Energiebedarfs für Brauchwassererwärmung und Klimatisierung zur Verfügung gestellt werden konnte.

#### *Wärmepumpen*

Die Wärmepumpe transportiert unter Arbeitseinsatz Wärme von tieferer auf höhere Temperatur. Dieser Prozess kann auch umgekehrt laufen, so dass die Pumpe dann zur Kühlung dient. Die Effizienz einer Wärmepumpe wird mit ihrer Leistungszahl angegeben, welche umgekehrt proportional zur Temperaturdifferenz der beiden Wärmereservoirs ist, zwischen denen sie pumpt. Die Wärmepumpe ist daher im Sommer effektiver als im Winter. Man bezieht sich deshalb auf eine über das Jahr gemittelte Größe, die so genannte Jahresarbeitszahl, die typisch zwischen 3-5 liegt. Die Wärmepumpe kann dann also 3-5 mal soviel Wärme für Heizzwecke bereitstellen als Energie für ihren Antrieb benötigt wird. Allerdings betragen die Investitionskosten einer Wärmepumpe derzeit ca. 3 mal soviel wie für einen konventionellen Heizkessel bei gleicher Leistung.

Aufgrund der relativ geringen Investitionskosten von ca. 700 € pro kW entspricht die von einer Luftwärmepumpe in 3 Jahren produzierte Heizwärme der Energieinvestition für ihre Herstellung und ihren Einbau. Die Außenluft als Wärmequelle ist zwar leicht zugänglich, jedoch bedingen die relativ großen tages- und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen der Luft entsprechende Änderungen der Betriebseffizienz, was ein Problem für die Auslegungsgröße einer Wärmepumpe darstellt. Bei Erdreichwärmepumpen führt das hierfür höhere Energieinvestment zu einer Energierückzahlzeit von 7-15 Jahren, und das bei einer Lebenszeit von ca. 20 Jahren, was letztlich einen geringeren Energieerntefaktor um 2-3 bedingt. Es ist vorteilhaft, in einer Tiefe Wärme zu entziehen, wo jahreszeitliche Einflüsse auf die Temperaturschwankung gering sind, was dann aber hohe Bohrkosten und lange Rohrleitungen bedingt. In einer Tiefe bis zu 5 m kann die im Sommer im Erdreich gespeicherte Sonnenwärme genutzt werden, in größeren Tiefen kommt die geothermische Energie zum Tragen. Will man letztere nutzen, so müssen die Kollektorrohre vertikal verlegt werden, was je nach Untergrund erheblichen Bohraufwand bedeutet. Grundwasserwärmepumpen sind eine elegante und effektive Variante, allerdings behaftet mit dem Problem der Haltbarkeit der Pumpen. Grundwasser hat in einer Tiefe von 20 m eine über alle Jahreszeiten konstante Temperatur von 10°C. Zum Wärmeentzug muss es über einen Förderbrunnen gepumpt, nach Abkühlung im Verdampfer der Wärmepumpe dann in einem sog. Schluckbrunnen wieder in das Grundwasser eingespeist werden. Bei Grundwasserwärmepumpen kann mit Energieerntefaktoren von 2-4 gerechnet werden.

#### ***Welche erneuerbaren Energieträger sollen in Tirol eingesetzt werden?***

Allem voran wird Tirol weiter auf die umweltfreundlichste Energiequelle, die Wasserkraft setzen. Wir werden aufgrund unserer Speicherkraftwerke auch weiterhin das Geschäft mit Spitzenstrom machen, den wir je nach Bedarf in die EU-Netze liefern können. Somit können

Spitzenanforderungen garantiert erfüllt werden und wir tragen so zur Sicherung der europäischen Stromversorgung samt ihren Bedarfsspitzen bei.

Da 79% des Energieverbrauchs eines Haushaltes und die damit einhergehende CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Heizung verursacht werden, ist natürlich der Einsatz von solarthermischen Anlagen und Wärmepumpen sinnvoll. Auch sollten vermehrt CO<sub>2</sub>-neutrale Brennstoffe wie Holzabfälle in Biomasseheizkraftwerken mit entsprechenden Schadstoffrückhalte-einrichtungen zur Strom- und Wärmeversorgung herangezogen werden. Aus energetischer Sicht wichtig wäre zudem eine schnelle politische Entscheidung für die Müllverbrennung. Sollte diese nicht fallen, ist die Methangewinnung aus der Deponiegasaufbereitung zu empfehlen.

Die Errichtung von Windturbinen für die Stromversorgung wäre aus energiewirtschaftlichen Gründen zu vertreten, jedoch stellt sich in Tirol die Frage der Standortakzeptanz. Solarzellenanlagen können zur Zeit wegen der enormen Herstellungskosten keinen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Entlastung bei der Stromerzeugung leisten. In Zukunft, bei entsprechend günstigerer Serienfertigung, wird dies aber von ihnen erwartet.

In nicht allzu ferner Zukunft, wenn Wasserstoff durch Vergasung von Biomasse und Kohle, oder aus einem Alkohol-Wasser-Luftgemisch mithilfe von Katalysatoren günstig hergestellt wird, gelangen auch vermehrt Brennstoffzellen-Heizgeräte mit sehr hoher Energieeffizienz zum Einsatz. Sie erzeugen beides, elektrischen Strom und Wärme.

### ***Was kann jeder Einzelne tun?***

An individuellen Beiträgen zur Klimaverbesserung gibt es vielerlei. Am effektivsten sind dabei Energiesparmaßnahmen wie

- Effizient heizen: Absenkung der Raumtemperatur in der Nacht um 1 °C spart 6% Heizkosten. Heizkörper nicht mit Möbeln verstellen oder mit Vorhängen abdecken! Heizkörperentlüftung: Luft in der Anlage kann den Energieverbrauch um 10% steigern.
- Passive Sonnenergienutzung, z.B. Wintergarten
- Richtig lüften: Stoßlüften, kein Auskühlen der Wände
- Wärmedämmung und Abdichtung: Senkung der Heizenergie um bis zu 50%
- Warmwasser sparen: dichte Wasserhähne, wassersparende Brausen
- Warmwasserbereitstellung mit Sonnenkollektoren
- Stromsparen: Abschalten von Stand-By Geräten, die 10% der jährlichen Stromkosten eines Haushaltes verursachen (2,5% des Stromverbrauchs in Österreich!); abschaltbare Schalterleiste für Geräte, die nicht dauernd benötigt werden (PC, Drucker, Monitore, Sat-Receiver etc.); Energiesparlampen u.a.m.
- Gezieltes Einkaufsverhalten: Keine Produkte mit langen Transportwegen
- Berücksichtigung der energetischen Zusammenhänge bei der Anschaffung von Heiz-, Kühl- und Warmwasserbereitungssystemen; woher kommt die eingesetzte Energie?
- Änderung des automobilen Verhaltens, Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel

Wenn wir alle jetzt im Sinne klimaschonenden Energieverbrauchs zu handeln beginnen, können auch wir unseren gar nicht so geringen Teil beitragen, um die Klimakatastrophe, wie sie im Weltklimabericht der UNO beschrieben wurde, abzuwenden.

Prof. Dr. Klaus Schöpf  
Universität Innsbruck

Innsbruck, 9. Juli 2007