

# Beitrag der regenerativen Energieträger zur Umweltentlastung

Helmut Schaefer



Die haushälterische Verwendung von Energie ist nicht nur ein Gebot der Stunde, sondern auch eine zwingende Notwendigkeit für die Zukunft. Energiehaushalten ist eine entscheidende primäre Maßnahme zur Begrenzung umweltbeeinflussender Faktoren. Es umfaßt alle Aktivitäten zur Gewährleistung einer effizienteren Verwendung vorhandener und verfügbarer Energievorkommen. Alle technischen und nichttechnischen Maßnahmen zum Energiehaushalten lassen sich mit Hilfe der drei Begriffe „Energiesparen“, „Rationeller Energieeinsatz“ und „Substitution von Energieträgern“ umreißen.

Mit *Energiesparen* verbinden sich vornehmlich nichtenergetische Maßnahmen, die mit oder ohne Komfortverzicht bzw. mit oder ohne Einschränkung bei Energiedienstleistungen eine Verbrauchsminderung zur Folge haben. Erreicht werden kann diese Verringerung durch ein Senken der Qualität, der Quantität und der Vielfalt des Güter- und Dienstleistungsangebotes. Beispiele sind Senken der Raumtemperaturen, vermindertes Beleuchtungsniveau, Übergang vom Individual- zum Massenverkehrsmittel und anderes mehr. Dabei ist es schwer, eine klare Trennungslinie zwischen solchen Maßnahmen zu ziehen, die einen echten Verzicht bedeuten und solchen, die durch andere nichtenergetische Maßnahmen in ihren Wirkungen ausgeglichen werden können. Dabei muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß durch zunehmenden Wohlstand, verlängerter Freizeit und nach wie vor steigenden Ansprüchen ein weiteres Anwachsen der Energiedienstleistungen zu erwarten ist. Dies kann sehr gut am Beispiel der Entwicklung des Wohn-

flächenbestandes und des Energieverbrauchs zur Raumwärmebedarfsdeckung anhand von Bild 1 und Tabelle 1 für die BRD gezeigt werden.

Man sieht, daß der Energieeinsatz zur Raumwärmebedarfsdeckung pro Person seit 1960 auf das 1,7-fache gestiegen ist, obwohl der spezifische Verbrauch pro Quadratmeter beheizter Wohnfläche im selben Zeitraum auf 65% gesunken ist. Grund hierfür ist der starke Anstieg der Wohnfläche (auf 208%) bei gleichzeitig nur geringer Zunahme der Einwohnerzahl (auf 110%).

*Rationelle Energienutzung* umfaßt alle Aktivitäten hauptsächlich technischer oder energietechnischer Art zur Gewährleistung einer effizienten Energieverwendung. Der Energieeinsatz wird unter energetischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten minimiert. Im Grundsatz gibt es vier Möglichkeiten durch rationellere Energienutzung den spezifischen Energieverbrauch zu reduzieren, nämlich

- Vermeiden unnötigen Verbrauchs,
- Senken des spezifischen Nutzenergiebedarfs,
- Verbessern der Wirkungs- und Nutzungsgrade und
- Energierückgewinnung.

Rationelle Energienutzung kann allerdings auch zu erhöhtem spezifischen Mehrverbrauch führen, wenn er durch zusätzliche Energiedienstleistungen für

- das Humanisieren der Arbeitswelt,
- den Umweltschutz und
- die Gesamtoptimierung eines umweltschonenden Einsatzes von Arbeit, Material, Bodenfläche und Energie

verursacht wird.

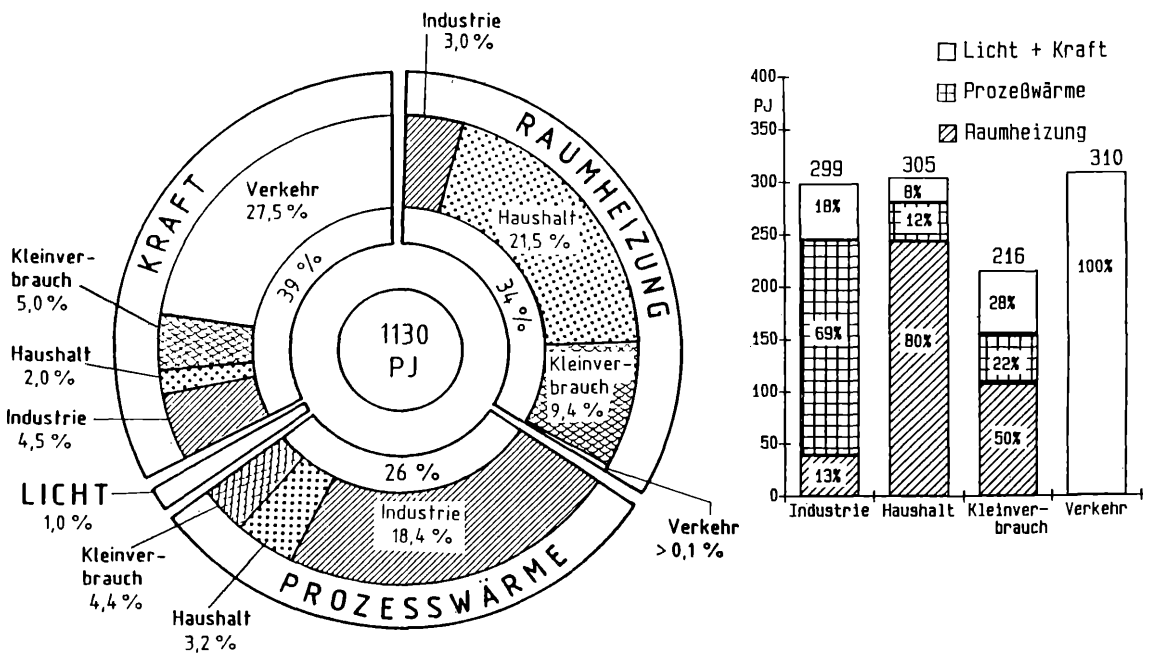
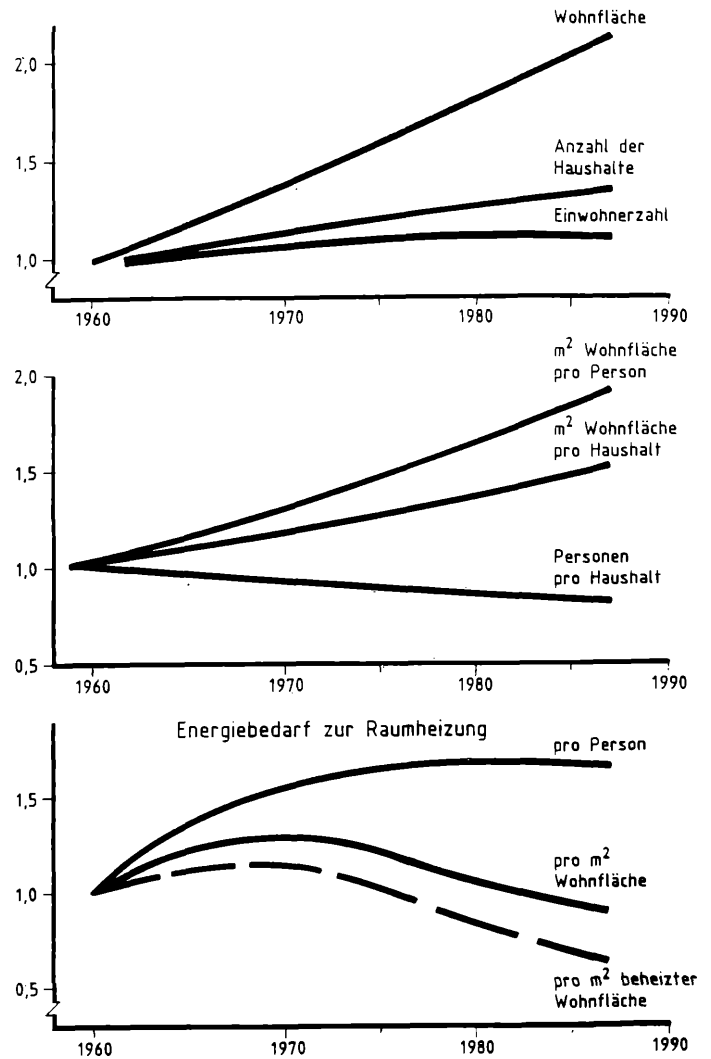
**Tabelle 1**

**Entwicklung einiger Kenngrößen zur Abschätzung des Energieeinsatzes zur Raumwärmebedarfsdeckung von 1960-1987 (1960 = 100).**

		1987 (1960=100)
Einwohnerzahl		110
Anzahl der Haushalte		136
Personen pro Haushalt		81
Wohnfläche insgesamt		208
Wohnfläche pro Person		188
Energieeinsatz zur Raumwärmebedarfs- deckung	pro Person	169
	pro m <sup>2</sup> Wohnfl.	90
	pro m <sup>2</sup> beheizter Wohnfläche	65

**Abbildung 1**

**Zeitliche Entwicklung einiger Kenngrößen zur Abschätzung des Energieeinsatzes zur Raumwärmebedarfsdeckung.**



**Abbildung 2**

**Aufteilung des Energiebedarfs auf Verbrauchersektoren und Bedarfsarten in Bayern für 1984.**

*Substitutionen von Energieträgern*, von Energiequellen und von Nutzenergiearten gehören ebenfalls zum Bereich des Energiehaushaltens. Substitutionen von Brennstoffen untereinander bedeuten in der Regel den Wechsel von festen zu flüssigen und gasförmigen Brennstoffen, was neben einer umweltgünstigeren Energieumsetzung zu besseren Nutzungsgraden führt. Substitutionen schließen den Wechsel von fossilen zu regenerativen Energieträgern und auch den von Nutzenergiearten ein.

Sinnvolle Aktivitäten zum Energiehaushalten setzen als erstes eine möglichst detaillierte Analyse der derzeitigen energetischen Situation, ihrer Strukturen und der bisherigen Entwicklung voraus. Erst wenn Kenntnisse anstelle von Meinung treten, sind wirksame Maßnahmen plan- und durchführbar.

Basierend auf den Energieverbrauchswerten von 1984 läßt sich der Energieeinsatz in Bayern zu je etwas über 25% den Verbrauchersektoren Industrie, Haushalt und Verkehr und zu knapp 20% den Kleinverbrauchern zuordnen. Den höchsten Anteil am Endenergieverbrauch hat der Sektor Verkehr, der z. Zt. auch die höchsten Zuwachsraten aufweist. Bei einer Aufteilung nach Anwendungsarten entsprechend Bild 2 entfallen 40% des Endenergieeinsatzes auf die Kraft- und Lichtbedarfsdeckung, 34% auf die Raumheizung und 26% auf die Prozeßwärmeerzeugung.

Neben solchen makroanalytischen Aussagen zum Endenergieeinsatz sind für mögliche Rationalisierungsansätze umfangreiche Detailanalysen notwendig. Die hierbei angewendete Methodik soll im folgenden am Beispiel der Entwicklung des Haushaltsstromverbrauchs aufgezeigt werden. Die generelle Vorgehensweise bei der Abschätzung des zukünftigen Stromverbrauches der

Haushalte kann anhand des in Bild 3 enthaltenen Strukturschemas erläutert werden.

Mit den vier Informationsebenen

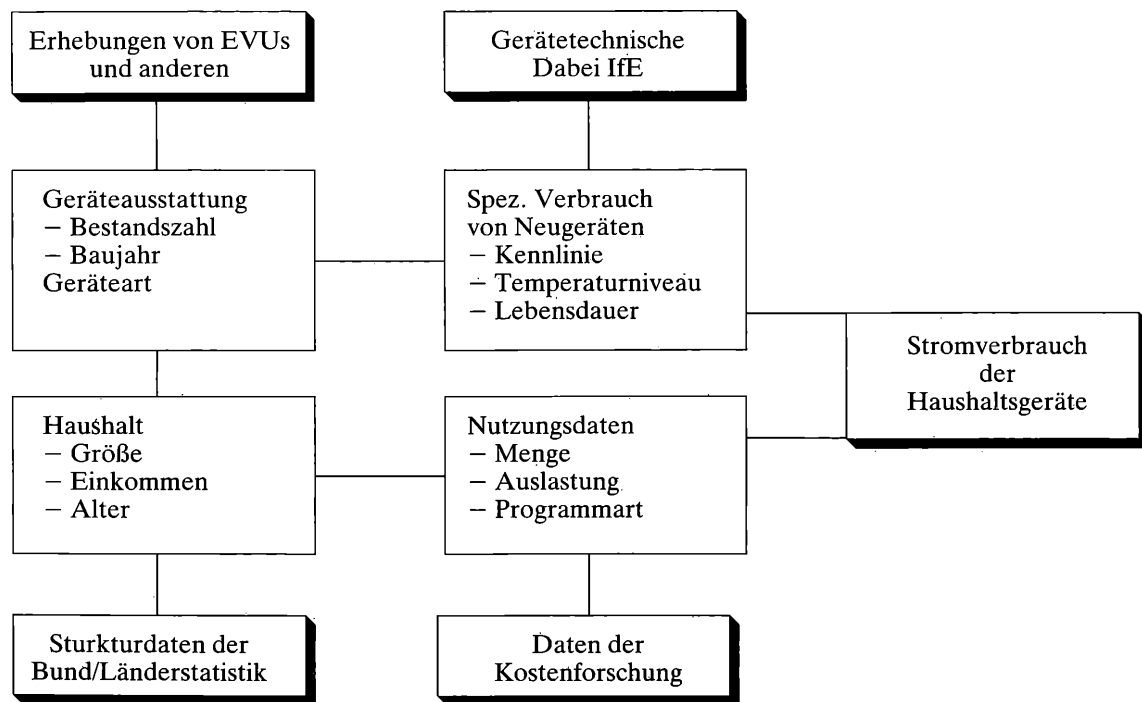
- Geräteausstattung und Geräteart,
- Sozialdaten der Haushalte,
- spezifischer Verbrauch von Neugeräten und
- Nutzungsdaten,

die jeweils sehr umfangreiche und detaillierte Angaben enthalten; kann sowohl eine Analyse wie auch eine Synthese des Haushaltsstromverbrauchs vollzogen werden.

Datenquellen hierzu sind:

- Erhebungen von Versorgungsunternehmen und der Marktforschung zum Bestand und zur Altersstruktur von Geräten;
- Zählungen und Fortschreibungen der Landesämter und des Statistischen Bundesamtes zur Sozialstruktur der Haushalte;
- Befragungen und Erhebungen der Konsumforschung zu Verbrauchergewohnheiten und Nutzungsprofilen beim Hausgeräteeinsatz;
- Auswertungen, Untersuchungen und Messungen zum energetischen Betriebsverhalten von Haushaltsgeräten und zu gerätespezifischen Kenndaten.

Die mit Bild 3 skizzierte Verknüpfungstechnik zur Analyse und Synthese des Haushaltsstromverbrauchs führt somit zu Aussagen, die nicht auf pauschalen Annahmen und Kennwerten, sondern auf einer Vielzahl von zahlenmäßig belegbaren Einzeleinflüssen beruhen. Tendenzen und Niveau des künftigen Strombedarfs privater Haushalte können damit fundiert belegt werden. Abbildung 4 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse dieser Arbeit.



**Abbildung 3**

**Strukturschema zur Analyse des Stromverbrauchs der Haushaltsgeräte.**

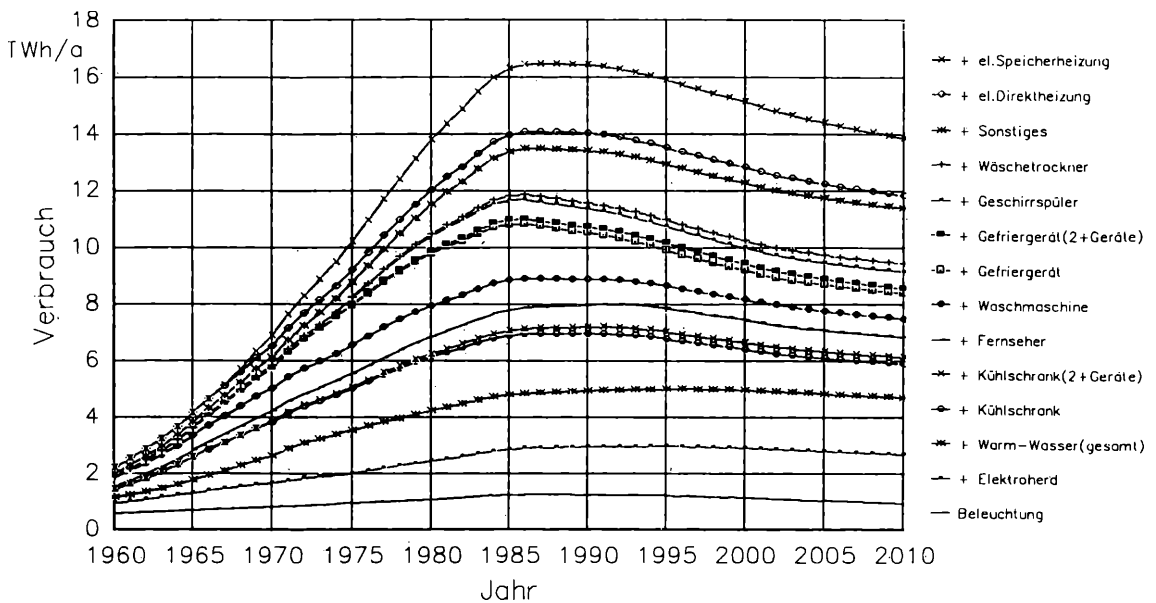


Abbildung 4

#### Entwicklung des bayerischen Haushaltsstromverbrauchs.

Unübersehbar ist der nach Verlauf und Niveau sich seit Mitte der 80er Jahre abzeichnende Trend zur Verbrauchssättigung, die bei normaler demographischer Entwicklung etwa Ende der 80er Jahre erreicht worden wäre. Seit Anfang der 90er Jahre zeichnet sich eine Entwicklung ab, die bis zum Jahr 2000 zur Stagnation führt bzw. einen leichten Verbrauchsrückgang einleitet. Deutlich wird damit, daß ein sich stabilisierender Gerätebestand bei ständig verbesserter Gerätetechnik trotz noch etwas intensiverer Inanspruchnahme von Energiedienstleistungen der Geräte mittel- und insbesondere längerfristig in einem Rückgang des Stromverbrauches münden wird. Dieser Übergang wird umso schneller vollzogen, je schneller ein Ersatz von Alt- und Neugeräte erfolgt. Die aufgezeichnete Entwicklungslinie setzt dabei voraus, daß keine neuen zusätzlichen Techniken der Stromanwendung zum Einsatz kommen, und daß verbrauchsmindernde Effekte nicht durch erhöhten Zuzug aus anderen Bundesländern und den damit verbundenen Mehrverbräuchen kompensiert werden.

Obiges Beispiel und weitere Detailuntersuchungen in den restlichen Verbrauchersektoren waren Bestandteil einer Untersuchung in der unter den Vorgaben einer positiven Wirtschaftsentwicklung, zunehmendem Umweltbewußtsein und langsam steigenden Brennstoffpreisen für Bayern die Auswirkungen eines rationellen Energieeinsatzes und die voraussichtlich durch regenerative Energiequellen bereitgestellte Endenergie abgeschätzt werden sollte.

Tabelle 2 zeigt den unter obigen Vorgaben zu erwartenden Endenergieverbrauch in Bayern.

Nimmt man an, daß in allen Verbrauchersektoren auch in Zukunft mit den 1987 gebräuchlichen Anlagen, Geräten und Verfahrenstechniken gearbeitet, also der spezifische Verbrauch quasi auf dem Stand von 1987 eingefroren wird, erhält man die Prognoseergebnisse aus Tabelle 3.

Es zeigt sich, daß bei den obigen Annahmen bis zum Jahr 2010 ein um fast 19% höherer Brennstoff- und ein um 6% höherer Strombedarf zu erwarten ist als bei den Prognosewerten aus Tabelle 2. Die Vermeidung dieser Mehrverbräuche ist den eingangs definierten Maßnahmen zum Energiehaushalten zuzuschreiben.

Die für den Sektor Verkehr getroffenen Annahmen müssen wahrscheinlich etwas nach oben korrigiert werden.

Neben dem Energiehaushalten besteht die Möglichkeit, durch die Erschließung regenerativer Energiequellen unsere Ressourcen zu schonen und die Umwelt zu entlasten. Abbildung 5 gibt einen Überblick über die verschiedenen regenerativen Energiequellen und ihre Umwandlungssysteme zur Erzeugung von Strom, Wärme und Brennstoff.

Für die einzelnen regenerativen Energieträger wurde anhand von Angebot, Wirtschaftlichkeit und Durchsetzungsgrad das voraussichtlich im Jahr 2010 genutzte Potential abgeschätzt. Tabelle 4 gibt die Ergebnisse dieser Untersuchung wieder.

Für Wind, Geothermie und Photovoltaik ist auf längerer Sicht kein nennenswertes wirtschaftliches Potential vorhanden, wobei in einer rein technischen Potentialabschätzung erhebliche Energiemengen allerdings bei einem ungünstigen Leistungsgang und zu erheblichen Kosten ausgewiesen werden. Solarthermische Anlagen werden sich mit steigenden Brennstoffpreisen ebenso wie Wärmepumpenanlagen zur Nutzung von Umgebungswärme am ehesten durchsetzen können, wohl hauptsächlich im Bereich Warmwasserbereitung, Raumheizung und Beckenwassererwärmung von Schwimmbädern. Die Abschätzung des Wasserkraftpotentials beruht auf Angaben der Obersten Baubehörde und die der Müllverbrennung auf den Vorgaben des bayerischen Abfallentsorgungsplanes. Es ist damit zu rechnen, daß

durch verzögernde Genehmigungsverfahren die ausgewiesenen Energiemengen unter Umständen erst nach dem vorgesehenen Termin bereitgestellt werden können.

Die Tabelle 5 zeigt, mit welchem Prozentsatz die regenerativen Energieträger an der bayerischen Endenergieversorgung voraussichtlich beteiligt sein werden.

Das Vorgehen bei der Potentialabschätzung soll am Beispiel der Windenergienutzung dargelegt werden. Bestimmend für die Strömungsenergie des Windes ist die Windgeschwindigkeit. In Abbildung 6 ist die in ausgewählten Klimaregionen auftretende Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten im Laufe eines Jahres dargestellt.

**Tabelle 5**

**Anteile regenerativer Energien am Endenergieverbrauch in Bayern.**

	Bezogen auf 1987	Bezogen auf das jeweilige Jahr
1987	5,7 %	5,7 %
2010	8,7 %	8,4 %

**Tabelle 2**

**Prognostizierter Endenergieverbrauch in Bayern; aufgeschlüsselt nach Sektoren und Endenergieträgern.**

		1987	2010	
		[ktSKE]	[ktSkE]	1987 = 100
Verarbeitendes Gewerbe	Brennstoff*)	6700	8000	119
	Strom	2900	4000	138
Haushalt	Brennstoff*)	9000	9000	100
	Strom	1800	1700	94
Kleinverbrauch	Brennstoff*)	5700	5500	96
	Strom	1800	1900	106
Verkehr	Brennstoff*)	11700	10600	91
	Strom	300	300	100
Summe	Brennstoff*)	33100	33100	100
	Strom	6800	7900	116

\*) einschl. Fernwärme

**Tabelle 3**

**Prognostizierter Endenergieverbrauch in Bayern; aufgeschlüsselt nach Verbrauchssektoren und Endenergieträgern bei Stagnation der Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs auf dem Niveau von 1987.**

		1987	2010	
		[ktSKE]	[ktSkE]	1987 = 100
Verarbeitendes Gewerbe	Brennstoff*)	6700	9400	140
	Strom	2900	4200	145
Haushalt	Brennstoff*)	9000	11100	123
	Strom	1800	1900	105
Kleinverbrauch	Brennstoff*)	5700	6000	105
	Strom	1800	2000	111
Verkehr	Brennstoff*)	11700	12800	109
	Strom	300	300	100
Summe	Brennstoff*)	33100	39300	119
	Strom	6800	8400	124

\*) einschl. Fernwärme

Tendenziell gilt:

- Im norddeutschen Küstenbereich besteht wegen häufig auftretender höherer Windgeschwindigkeiten ein deutlich größeres Windenergiepotential als z. B. im Alpenvorland.
- Niedrige Windgeschwindigkeiten unterhalb etwa 3m/s kommen im Alpenvorland zwar relativ häufig vor, stellen jedoch kein rationell nutzbares Potential an Windenergie dar.

Durch die Abhängigkeit der Leistungsdichte des Windes von der dritten Potenz seiner Geschwin-

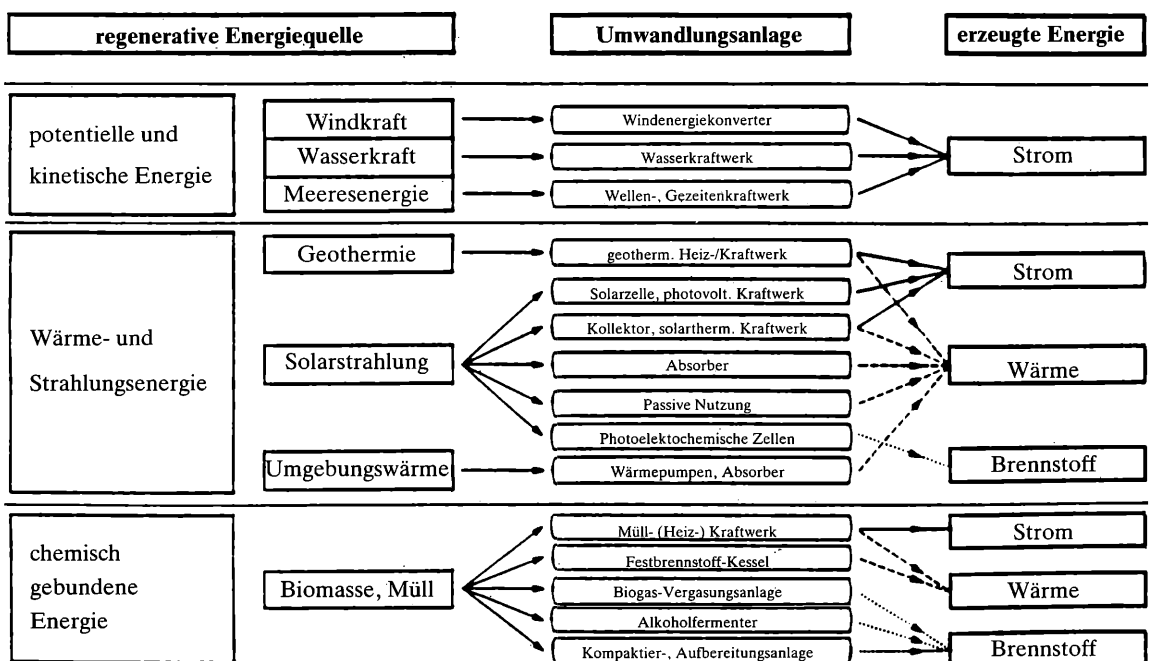
digkeit ist die Forderung nach hohen mittleren Windgeschwindigkeiten am Standort begründet. Darüber hinaus muß die Windgeschwindigkeitsverteilung berücksichtigt werden. Abbildung 7 zeigt die Leistungsdichte des Windes und die Grenzkurve der nutzbaren Leistungsdichte üblicher Windkraftanlagen abhängig von der Windgeschwindigkeit. Zur Gewährleistung einer akzeptablen Ausnutzungsdauer ist die Nutzung eines möglichst breiten Spektrums der Windgeschwindigkeiten unumgänglich. Für den praktischen Einsatz ergeben sich Leistungskurven, die

**Tabelle 4**

**Durch die Nutzung regenerativer Energiequellen in Bayern voraussichtlich bereitgestellte Endenergie.**

	Endenergiebereitstellung [kt SKE]			
	1987		2010	
	Strom	Brennstoff*)	Strom	Brennstoff*)
Wind	0	–	0	–
Wasserkraft	1470	–	1760	–
Geothermie	0	0	0	0
Solarthermik	–	0	–	80
Photovoltaik	0	–	0	–
Umgebungswärme	–	70	–	140
Biomasse, Müll	140	610	210	1270
Summe	1610	680	1970	1490

\*) Wärme und Fernwärme wird mit dem Faktor 1,25 den Brennstoffen zugerechnet



**Abbildung 5**

**Regenerative Energiequellen, ihre Umwandlungssysteme und erzeugte Energieform.**

innerhalb der markierten Grenzkurve liegen, wobei i. a. vier Bereiche zu unterscheiden sind:

- Keine Leistungsentnahme aus dem Wind unterhalb der Einschaltgeschwindigkeit  $v_E$  ( $v_E = 3$  bis  $5$  m/s).
- Maximale Leistungsentnahme aus dem Wind im Teillastbereich  $v_E < v < v_N$  (Nenngeschwindigkeit:  $v_N = 10$  bis  $13$  m/s).
- Konstante Leistungsentnahme aus dem Wind im Nennleistungsbereich  $v_N < v < v_A$  (Abschaltgeschwindigkeit:  $v_A = 20$  bis  $25$  m/s).
- Keine Leistungsentnahme aus dem Wind oberhalb der Abschaltgeschwindigkeit  $v_A$ . In

diesem Bereich (Überlebenswindgeschwindigkeit) wird üblicherweise der Rotor festgebremst sowie die Blätter in Fahnenstellung gebracht.

Bereits aus diesen Informationen wird ersichtlich, daß die Gegebenheiten für einen sinnvollen Betrieb von Windkraftanlagen in Bayern im allgemeinen sehr ungünstig sind. Vergleicht man die mittlere Bruttojahresenergie des Windes für einige bayerische Standorte mit dem aus energetischer Sicht günstigen Standort Norderney, sieht man, daß bis auf den Standort Wendelstein die

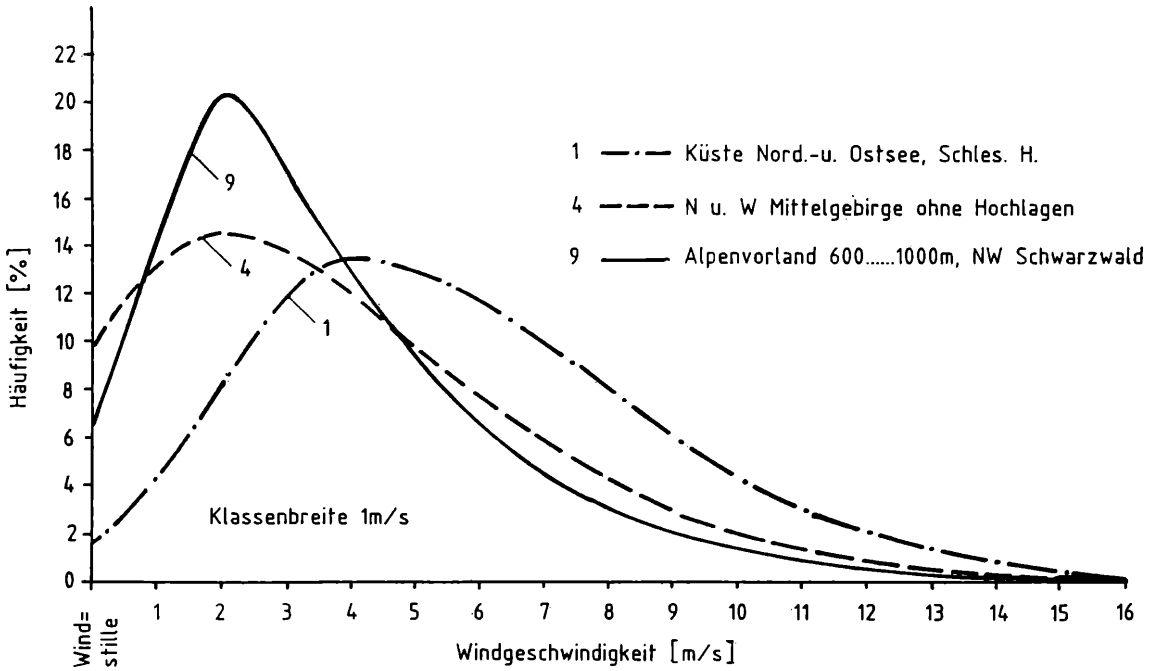


Abbildung 6

Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten in ausgewählten Klimaregionen der BR Deutschland.

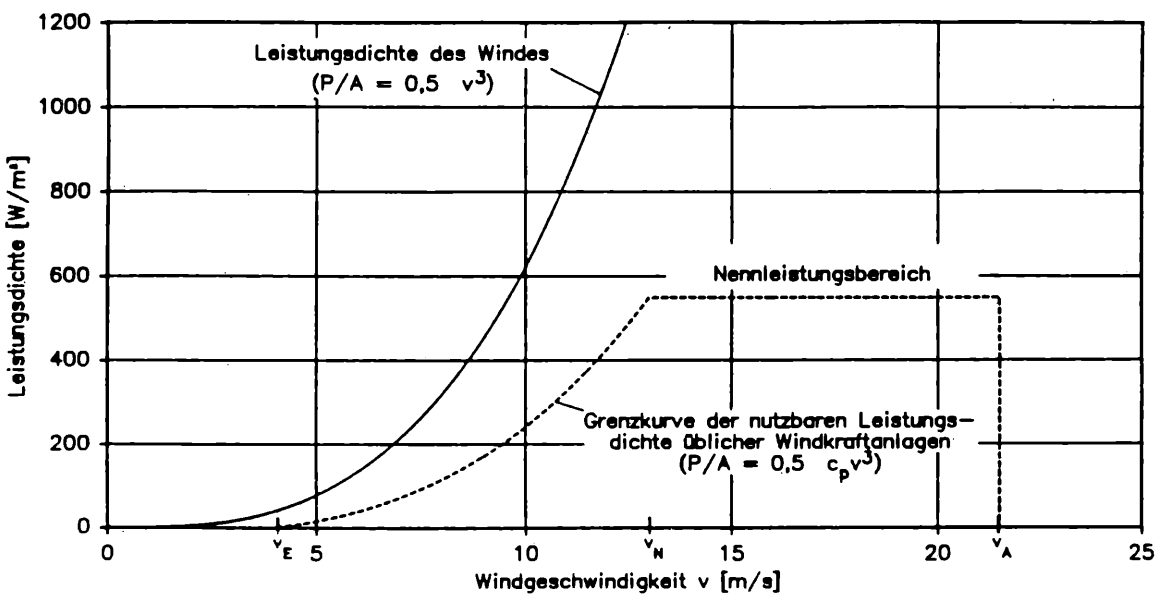


Abbildung 7

Charakteristische Kenngrößen zur Windenergienutzung.

Bruttojahresenergie an bayerischen Standorten bei maximal 20% des Wertes von Norderney liegt.

In Höhenlagen, so auch z.B. auf dem Wendelstein, ist das Windangebot erheblich größer als im Flachland. Allerdings wird auch an diesen Standorten mit günstigerem Windangebot nur eine begrenzte Nutzung in Frage kommen, wegen:

- des als ungünstig beurteilten optischen Eindrucks und
- der notwendigen Eingriffe in Erholungs- bzw. Naturschutzgebiete.

Das wirtschaftliche Potential bis zum Jahr 2000 ist gleich Null. Auch bis zum Jahr 2010 ist nur bei extremen Strompreissteigerungen, die weit über den hier zugrunde gelegten Margen liegen, mit wirtschaftlichen Anwendungsmöglichkeiten zu rechnen. Der Durchsetzungsgrad ist entsprechend dem wirtschaftlichen Potential sehr gering und auf einzelne wenige Anlagen, die aus Idealismus oder zu Forschungszwecken aufgestellt werden, beschränkt. Diese bieten jedoch keinen nennenswerten Beitrag zur bayerischen Energieversorgung.

Dem geringen Windangebot steht in Bayern ein, im Vergleich mit anderen Bundesländern, hohes Angebot an Solarstrahlung gegenüber. Die Möglichkeiten, dieses zu nutzen, sind vielfältig. Eine oft vernachlässigte, jedoch schon immer sinnvolle

Nutzung regenerativer Energie, ist die passive Solarenergienutzung durch entsprechende Gestaltung von Gebäudefassaden und optimale Gebäudeorientierung, die dafür Sorge trägt, daß im Winter und in den Übergangszeiten ein möglichst hoher Anteil der auf das Gebäude treffenden Solarstrahlung heizungsunterstützend wirkt. Aktive Maßnahmen zur Nutzung regenerativer Energiequellen haben vor allen Dingen Chancen im Bereich der solarthermischen Nutzung, also z. B. bei der Beckenwassererwärmung von Schwimmbädern, aber auch unterstützend bei der Warmwasserbereitung und z.T. sogar bei der Raumheizung durch Flachkollektoren und Absorber. Völlig unterbewertet wird, auch in der öffentlichen Diskussion, die Bedeutung der elektro- und gasmotorbetriebenen Wärmepumpen. Diese Anlagen nutzen den größten Speicher regenerativer Energie, unsere Umgebung, durch Wärmeentzug aus Luft, Wasser oder Boden und erreichen die Schwelle der Wirtschaftlichkeit bei steigenden Brennstoffpreisen am ehesten.

**Anschrift des Verfassers:**

Prof. Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h. Helmut Schaefer  
Forschungsstelle Energiewirtschaft  
Am Blütenanger 71  
8000 München 50



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [1\\_1992](#)

Autor(en)/Author(s): Schaefer Helmut

Artikel/Article: [Beitrag der regenerativen Energieträger zur Umweltentlastung 44-51](#)