

# ERNEUERBARE ENERGIEN IN ÖSTERREICH

Jürgen Neubarth, Martin Kaltschmitt, Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig

Wolfgang Streicher, Institut für Wärmetechnik ,TU Graz

## Einleitung

Seit den Energiekrisen in den 70-er Jahren ist allgemein sehr deutlich bewusst geworden, dass ein Großteil unserer Primärenergie fossilen Ursprungs ist und importiert wird. Fossile Energierohstoffe sind gespeicherte Energieträger, die irgendwann zur Neige gehen werden. Außerdem trägt das bei der Verbrennung produzierte CO<sub>2</sub> zum viel diskutierten Treibhauseffekt maßgeblich bei.

Aus diesen beiden Gründen muss die Struktur unseres heutigen Energieverbrauchs überdacht werden. Neben der Senkung des Energieverbrauchs durch rationellere Energienutzung und Senkung des Energieverbrauchs sollte fossile Energieträger möglichst durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden.

Neben einem möglichst effizienten Energieeinsatz wird vor allem die Nutzung erneuerbarer Energien als eine Möglichkeit angesehen, zu einer zukünftig nachhaltigeren Energieversorgung beizutragen. Im EU-Weißbuch "Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energie" wird deshalb auch eine Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien am gesamteuropäischen Primärenergieverbrauch von heute 6 auf 12 % bis zum Jahr 2010 gefordert. Trotz des – im Vergleich zu vielen anderen Staaten der EU – mit ca. 23 % bereits heute sehr hohen Anteils erneuerbarer Energien am gesamten Energieverbrauch sollen deshalb auch in Österreich regenerative Energien zukünftig deutlich mehr zur Deckung der Energienachfrage beitragen. Dieses Bestreben manifestiert sich beispielsweise im Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG), das Betreiber von Elektrizitätsverteilernetzen verpflichtet, ab Oktober 2007 mindestens 4 % ihrer Stromabgabe an den Endverbraucher durch Strom aus fester und flüssiger Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas, geothermischer Energie, Wind- und Sonnenenergie sowie mindestens 8 % ihrer Stromabgabe an den Endverbraucher durch Kleinwasserkraft (d. h. bis 10 MW Anlagenleistung) zu decken.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Möglichkeiten zur Nutzung regenerativer Energien unter welchen Randbedingungen welche Potenziale aufweisen und mit welchen Energiegestehungskosten sowie welchen Umwelteffekten diese verbunden sind. Eine umfassende Antwort darauf liefert das nun vorliegende Buch „Erneuerbare Energien in Österreich - Systemtechnik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit, Umwelteffekte“ /1/, welches die Ergebnisse einer Studie im Auftrag des österreichischen Verbandes der Elektrizitätswerke zusammenfasst, in dem erstmals alle in Österreich gegebenen Möglichkeiten zur Nutzung regenerativer Energien diskutiert und auf der Basis der gleichen methodischen Vorgehensweise anhand wesentlicher energiewirtschaftlicher Kriterien (d. h. Potenziale, Kosten, Umwelteffekte) vergleichend gegenübergestellt werden. Die Studie entstand unter Einbeziehung österreichischer Experten für die verschiedenen erneuerbaren Energieträger. Dabei wird unterschieden in eine Stromerzeugung aus Wasser- und Windkraft, Solarstrahlung (Photovoltaik) sowie festen und gasförmigen Bioenergieträgern. Bei den Möglichkeiten einer Wärmebereitstellung werden eine solar- und geothermische Wärmebereitstellung, eine Wärmebereitstellung aus festen Bioenergieträgern und Umgebungswärme betrachtet. Außerdem werden rapsöl- und ethanolbasierte Biokraftstoffe untersucht.

Für diese Optionen sowie für die substituierbaren konventionellen Strom-, Wärme- und Kraftstoff-erzeugungstechnologien werden nachfolgend aus der Fülle der in /1/ erarbeiteten Informationen und Analyseergebnissen die technischen Potenziale und die gegenwärtige Nutzung sowie ausgewählte ökonomische und ökologische Kenngrößen der Nutzung erneuerbarer Energien in Österreich dargestellt.

## Potenziale und Nutzung

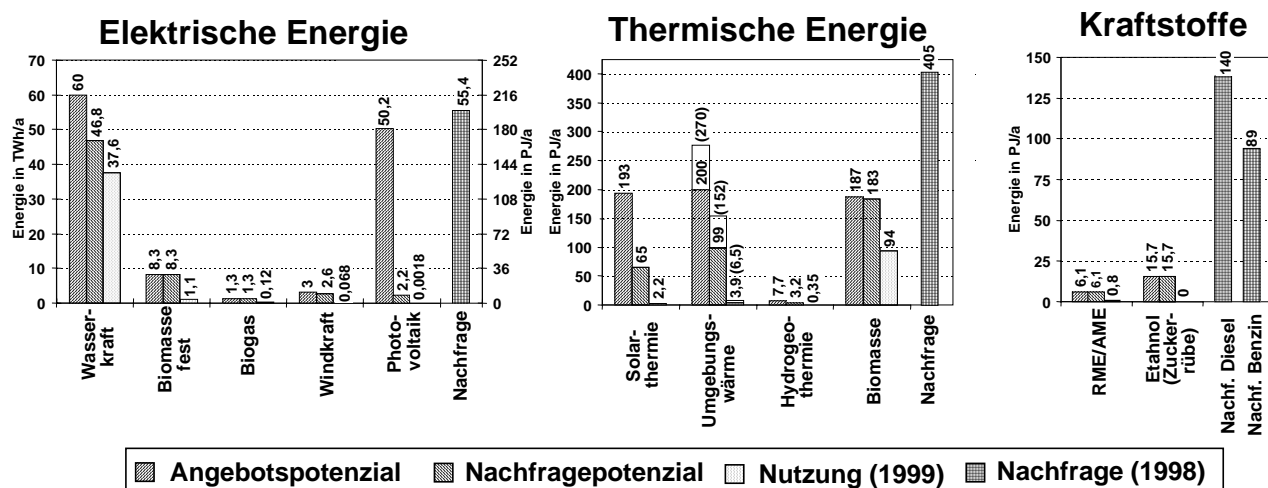
Bei den Potenzialen lässt sich u. a. zwischen den technischen Angebots- und Nachfragepotenzialen unterscheiden (Abb. 1).

Das technische Angebotspotenzial beschreibt die unter Berücksichtigung ausschließlich technischer und struktureller angebotsseitiger Restriktionen bereitstellbare Energie (z. B. die mit Photovoltaiksystemen prinzipiell bereitstellbare elektrische Energie).

Das technische Nachfragepotenzial berücksichtigt zusätzlich nachfrageseitige Restriktionen (z. B. die mit Photovoltaiksystemen bereitstellbare elektrische Energie, die auch im Energiesystem von Österreich unter Berücksichtigung der tages- und jahreszeitlichen Angebotsunterschiede genutzt werden kann).

Bei der Potentialerhebung wurden keine Querempfindlichkeiten (z.B. Dachfläche für Solarthermie und Photovoltaik kann nicht doppelt belegt werden) berücksichtigt.

**Elektrische Energie.** Die Wasserkraft zeigt, im Vergleich zu anderen Optionen zur Stromerzeugung, das höchste technische Stromerzeugungspotenzial, das jedoch heute schon zu rund zwei Drittel genutzt wird. Die Biomasse zeigt insgesamt gesehen ebenfalls beachtliche technische Potenziale, die noch erschließbar wären bzw. die bereits in Anlagen zur ausschließlichen Wärmeerzeugung genutzt werden. Aufgrund der bisher erst moderaten Nutzung sind damit noch entsprechende Erschließungsmöglichkeiten gegeben. Die ungünstigen topografischen Voraussetzungen in Österreich mit nur wenigen geeigneten Standorten für eine windtechnische Stromerzeugung führen zu einem relativ geringen technischen Potenzial, das zudem bisher kaum genutzt wird. Im Unterschied dazu zeigt die photovoltaische Stromerzeugung – bei einer bis heute sehr geringen Nutzung – ein sehr hohes, allerdings über den Tages- und Jahresverlauf sehr ungleichmäßig verteiltes, technisches Angebotspotenzial; das daraus resultierende Nachfragepotenzial ist entsprechend gering.



**Abb. 1:** Technische Potenziale und Nutzung erneuerbarer Energien in Österreich sowie Nachfrage nach elektrischer und thermischer Energie bzw. Kraftstoffen (elektrische Energie ohne Kraftwerkseigenverbrauch; Klammerwerte bei Umgebungswärme berücksichtigen zusätzlich zur Umweltwärme die Wärme aus der zugeführten Antriebsenergie der Wärmepumpen)

**Thermische Energie.** Im Bereich der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien weist die Biomasse, bei einer gegenwärtig schon sehr hohen Nutzung, die höchsten technischen Potenziale auf. Aber auch die Potenziale einer Nutzung der Umgebungswärme durch Wärmepumpen sind vergleichsweise hoch; sie werden jedoch bisher noch wenig genutzt. Verglichen damit zeigt die solarthermische Wärmebereitstellung geringere, aber insgesamt gesehen doch relativ hohe technische Potenziale, die aber bis heute nur wenig erschlossen sind. Mit ein Grund dafür sind die saiso-

nalen Unterschieden zwischen Wärmenachfrage (d. h. Nachfragepotenzial) und Angebot an solarthermisch bereitstellbarer Wärme (d. h. Angebotspotenzial). Infolge der geologischen Voraussetzungen ist das technische Potenzial einer hydrothermalen Wärmebereitstellung in Österreich auf wenige Gebiete begrenzt und daher gering; entsprechend liegt auch die aktuelle Nutzung auf einem sehr niedrigen Niveau.

**Kraftstoffe.** Die Potenziale einer Bereitstellung von Biokraftstoffen sind aufgrund der nicht unbegrenzt verfügbaren Ackerflächen beschränkt. Daraus, und aufgrund der hohen Kosten, resultiert eine gegenwärtig nur sehr geringe Nutzung beim Pflanzenölmethylester (z. B. RME) und keine Nutzung beim Bioethanol.

## Ökologische/ökonomische Analyse

Eine ökologische Analyse der verschiedenen Möglichkeiten zur Nutzung regenerativer Energien kann anhand bestimmter Kenngrößen (z. B. Verbrauch erschöpflicher Energieträger, CO<sub>2</sub>- und SO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen, SO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen) durchgeführt werden. Diese Kenngrößen werden dabei in Anlehnung an die EN ISO 14040 über eine Lebenszyklusanalyse (d. h. Ökobilanz) für definierte Versorgungsaufgaben bzw. Referenztechnologien unter Zuhilfenahme des Softwarepaketes Balance /2/ bestimmt.

Zur Ermittlung der ökonomischen Kenngrößen wird ein volkswirtschaftlicher Ansatz gewählt (d. h. die Anlagen werden über ihre technische Lebensdauer mit einem Zinssatz von 4,5 % abgeschrieben; Investitionszuschüsse und Energieabgabe werden nicht berücksichtigt).

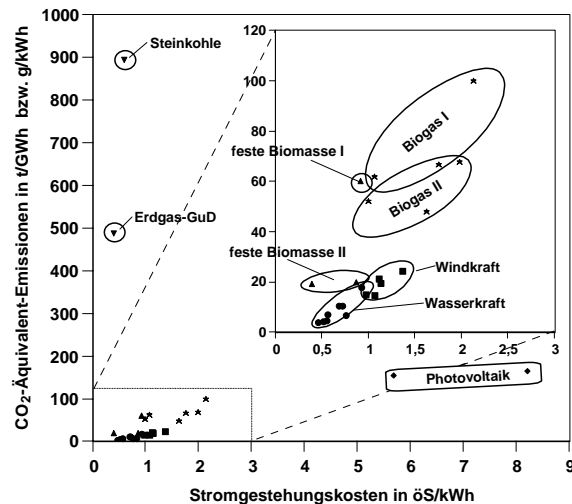
Werden die Ergebnisse der ökologischen und ökonomischen Analyse als sog. Portfolioanalyse dargestellt, ist für die untersuchten Optionen zur Nutzung erneuerbarer und fossiler Energien eine gemeinsame, zusammenfassende und vergleichende Aussage bzw. Einschätzung hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Größen möglich. Hier wird eine derartige Analyse anhand der CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen sowie der Strom-, Wärme- bzw. Kraftstoffgestehungskosten realisiert. Unter den CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen werden dabei die zusammengefassten klimawirksamen Spurengasfreisetzungen verstanden, die entsprechend der Klimawirksamkeit der Einzelsubstanzen (d. h. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) relativ zu einer Referenzsubstanz (Kohlenstoffdioxid) gewichtet werden.

**Elektrische Energie** (Abb. 2). Bei einer Analyse der CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen und der Stromgestehungskosten bilden die Stromerzeugung aus Wasser- und Windkraft sowie fester Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplung (d. h. Biomasse II) eine Gruppe, die durch sehr geringe CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen und geringe bis moderate Stromgestehungskosten gekennzeichnet ist.

Die Stromerzeugung aus Biogas sowie aus fester Biomasse ohne zusätzliche Wärmenutzung (d. h. Biomasse I) zeigen demgegenüber höhere – allerdings noch immer auf einem sehr niedrigen Niveau liegende – CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen sowie tendenziell höhere Stromgestehungskosten.

Als weitere Gruppe zeigt die photovoltaische Stromerzeugung von allen untersuchten Möglichkeiten zur Stromerzeugung die mit Abstand höchsten Gestehungskosten sowie von den untersuchten Optionen zur Nutzung des regenerativen Energieangebots, aufgrund der sehr energieaufwendigen Fertigung, die höchsten CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen.

Die Stromerzeugungsoptionen auf der Basis fossiler Energieträger zeigen hohe bis sehr hohe CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen sowie vergleichsweise geringe Stromgestehungskosten; wobei hier für beide diskutierten Parameter eine Stromerzeugung mittels Erdgas-GuD-Kraftwerken geringere Kenngrößen im Vergleich zu Steinkohlekraftwerken aufweist.



**Abb. 2:** CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen und Stromgestehungskosten einer Bereitstellung elektrischer Energie aus regenerativen und fossilen Energieträgern

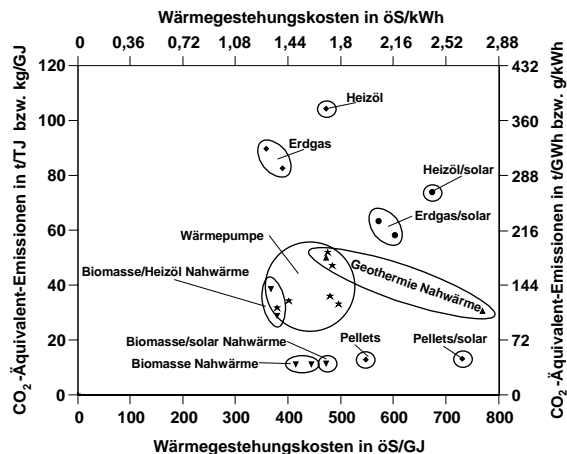
**Thermische Energie** In der Studie wurden die verschiedenen Technologien jeweils die gleichen Wärmeversorgungsaufgaben definiert und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. In (Abb. 3) sind die Ergebnisse der ökologischen/ökonomischen Analyse einer Bereitstellung thermischer Energie exemplarisch für die Versorgung eines Einfamilienhauses mit einem jährlichen Wärmebedarf von 55,7 GJ (15 500 kWh) diskutiert. Dabei wird deutlich, dass die Ergebnisse im Vergleich zu denen einer Bereitstellung elektrischer Energie stärker streuen; trotzdem sind auch hier gewisse Tendenzen erkennbar.

Die Wärmebereitstellung aus Biomasse (Biomasse Nahwärme und Pellets) ist durch die geringsten CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen bei gleichzeitig geringen bis moderaten Wärmegegestehungskosten gekennzeichnet. Eine solare Unterstützung der Wärmebereitung (Biomasse/solare Nahwärme und Pellets/solar) führt – bei keinen CO<sub>2</sub>-Äquivalent Minderemissionen – zu höheren Wärmegegestehungskosten. Durch eine teilweise Deckung der Wärmenachfrage mit Spitzenlastkesseln auf der Basis fossiler Energieträger können die Wärmegegestehungskosten von Biomassenahwärmesystemen (Biomasse/Heizöl Nahwärme) gesenkt werden; die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen steigen dadurch allerdings entsprechend dem Anteil der eingesetzten fossilen Energieträger zur Deckung der gesamten Wärmebereitstellung an.

Die Wärmegegestehungskosten sowie die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen von Wärmepumpenanlagen bewegen sich in Abhängigkeit von der Arbeitszahl etwa im Bereich jener von biomassebefeuelten Systemen mit Spitzenlastabdeckung (Stromerzeugung aus ???).

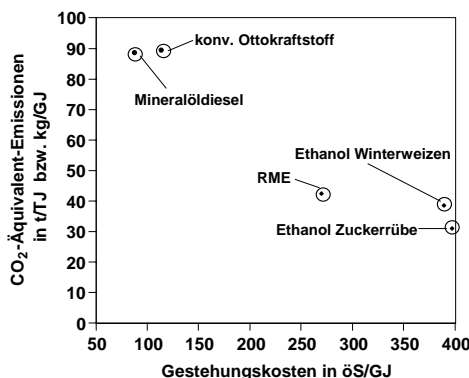
Die Wärmegegestehungskosten einer geothermischen Wärmeversorgung sind primär von der installierten Leistung des Systems sowie dem Anteil der geothermischen Wärme an der gesamten Wärmeabgabe abhängig; entsprechend groß ist auch die in Abb. 3 deutlich werdende Bandbreite. Die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen liegen etwa im Bereich von Biomassensystemen und Wärmepumpenanlagen. Unter günstigen Voraussetzungen (d. h. thermische Leistungen ab ca. 10 MW) können auch die Wärmegegestehungskosten im Bereich von Biomassensystemen und Wärmepumpenanlagen liegen.

Heizöl- und erdgasbefeuelte Systeme zeigen, bei ähnlichen Wärmegegestehungskosten wie die bisher diskutierten Anlagen, deutlich höhere CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen. Durch eine solarthermische Unterstützung der Wärmebereitung verringern sich diese Emissionen entsprechend dem solaren Deckungsgrad; allerdings steigen dadurch die Wärmegegestehungskosten spürbar.



**Abb. 3:** CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen und Wärmegestehungskosten einer Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser für ein Einfamilienhaus aus regenerativen und fossilen Energieträgern (solarer Deckungsgrad der kleintechnischen Wärmebereitstellung bei 34 % und des Nahwärmesystems bei 7 %; Spitzenlastanteil bei Biomasse/Heizöl Nahwärme 15 %)

**Kraftstoffe (Abb. 4).** Die untersuchten Biokraftstoffe zeigen bei relativ hohen Gestehungskosten im Durchschnitt geringere CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen als die jeweils substituierbaren Kraftstoffe auf Mineralölbasis. Aus Kostengründen ist dabei RME eine deutlich vielversprechendere Option als Bioethanol.



**Abb. 4:** CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen und Gestehungskosten einer Bereitstellung von Kraftstoffen aus regenerativen und fossilen Energieträgern

### Zusammenfassung und Ausblick

Zusammengenommen sind damit die Möglichkeiten einer verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien im Energiesystem von Österreich aufgrund der z. T. hohen Potenziale und der im Vergleich zu den substituierbaren fossilen Energieträgern deutlich geringeren Umwelteffekte – und hier insbesondere der klimawirksamen Spurengasfreisetzungen – durchaus vielversprechend. Dies gilt insbesondere aufgrund der bestehenden politischen und energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen, des aktuell hohen Preisniveaus fossiler Energieträger sowie der i. Allg. hohen Akzeptanz erneuerbarer Energien.

/1/ Neubarth, J.; Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Österreich – Systemtechnik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte; Springer, Wien, 2000

/2/ Marheineke T.: Balance 3.0 - Ein Softwareprogramm zur ganzheitlichen Bilanzierung. Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart, 2000