

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 97 (2005)  
**Heft:** 9-10

**Artikel:** Langfristig denken, zeitgerecht handeln : erneuerbare Energien in der Jahrhundertperspektive  
**Autor:** Blatter, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941774>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Langfristig denken, zeitgerecht handeln

## Erneuerbare Energien in der Jahrhundertperspektive

Max Blatter

### Zusammenfassung

Zur sachlichen Diskussion von Energie-szenarien braucht es einen weiten Blickwinkel. Als Ansatz wird ein einfaches, aber umfassendes Modell für die Entwicklung der erneuerbaren Energien in der Schweiz vorgestellt.

Es beruht auf konservativ angenommenen Wachstumsraten und einer realistisch-optimistischen Einschätzung des Endausbaus. Die Parameter können in einfacher Weise variiert und so verschiedene Varianten durchgespielt werden.

Energieperspektiven sollen es ermöglichen, Szenarien für die künftige Energieversorgung auf sachlicher und gleichzeitig anschaulicher Grundlage zu diskutieren. Damit das gelingt, muss der Blickwinkel genügend weit gewählt werden. Dies in dreierlei Hinsicht:

- 1.) Die verschiedenen Energieressourcen, Energieträger und Energienutzungen sind im Zusammenhang zu betrachten.
- 2.) Es ist ein genügend grosser Zeithorizont zu wählen.
- 3.) Der globale Kontext ist zu berücksichtigen.

Der dritte Punkt steht in diesem Beitrag nicht im Vordergrund, wohl aber die beiden ersten. Betrachtet werden die erneuerbaren Energieressourcen im Hinblick auf ihren derzeitigen Zuwachs und ihr mögliches Endausbau-Potenzial. Von der Energienutzung her steht die Wärmeversorgung der Gebäude sowie die Produktion von Elektrizität im

Brennpunkt. Die Frage der Treibstoffe für den Verkehr wird gestreift; sie kann letztlich nur im internationalen Kontext behandelt werden.

Als Zeithorizont wird das ganze einundzwanzigste Jahrhundert gewählt. Im Bereich der Energieversorgung ist das angemessen: Man halte sich die Langlebigkeit der Wasserkraft, aber auch der Erdölnutzung vor Augen, um zwei ganz unterschiedliche Beispiele zu nennen!

### Methodik

Oft geht man beim Erstellen von Energieperspektiven den Weg vom Speziellen zum Allgemeinen: Ausgangspunkt sind umfangreiche Detailstudien, die anschliessend zu einer Synthese vereinigt werden. Hier wird umgekehrt der Weg von Allgemeinen zum Speziellen beschritten: Auf weit gefasste, aber stark vereinfachte Art wird ein Entwicklungsszenario modelliert, das durch neu verfügbare Detailinformationen jederzeit verfeinert und angepasst werden kann.

Im Wesentlichen werden dabei Wachstumsszenarien für die Nutzung der verschiedenen erneuerbaren Energien erstellt. Diese basieren auf den anfänglichen Zuwachsraten sowie dem Endausbau-Potenzial. Durch ein mathematisches Kalkül, das unter dem Namen «logistische Differenzgleichung» bekannt ist, werden die Wachstumskurven in Jahresschritten berechnet.

Es werden nur Energieumwandlungs-Technologien berücksichtigt, deren technisch-kommerzieller Einsatz heute schon erfolgt oder zumindest in konkreter Planung

ist. Verwandte Technologien werden zusammengefasst; so wird beispielsweise die Elektrizitätserzeugung aus Biomasse oder auch die Umweltwärmenutzung mittels Elektro-Wärmepumpen als je eine Technologie behandelt, obschon es im Einzelnen natürlich verschiedene Verfahren gibt.

### Wahl der Parameter

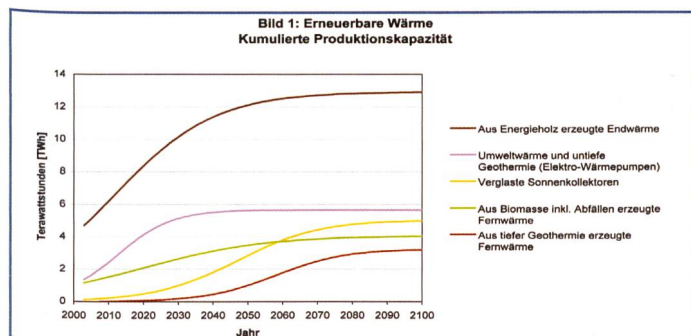
Wie jedes Szenario ist auch das hier vorgestellte wesentlich von der Wahl der Parameter abhängig. Wie erwähnt, sind insbesondere Anfangs-Zuwachsraten und End-Potenziale festzusetzen. Die hier getroffene Wahl stellt einen Ausgangspunkt dar, von dem aus weitere Szenarien durchgespielt werden können.

### Annahmen zu den Wachstumsraten:

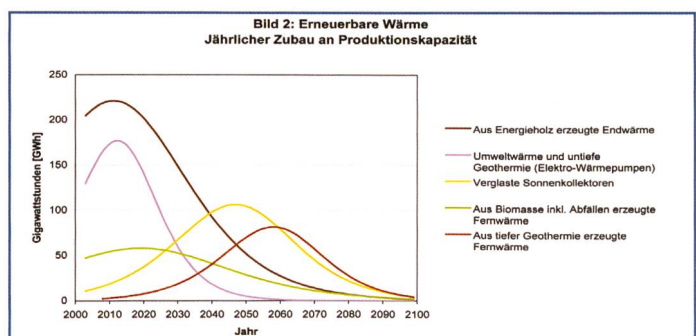
Die Wachstumsraten der einzelnen Energieumwandlungs-Technologien wurden auf Grund des in der Schweiz von 2000 bis 2003 registrierten mittleren Zuwachses gewählt [1]. Insofern basiert das Szenario auf der Fortschreibung des heutigen Trends.

### Ausnahmen sind:

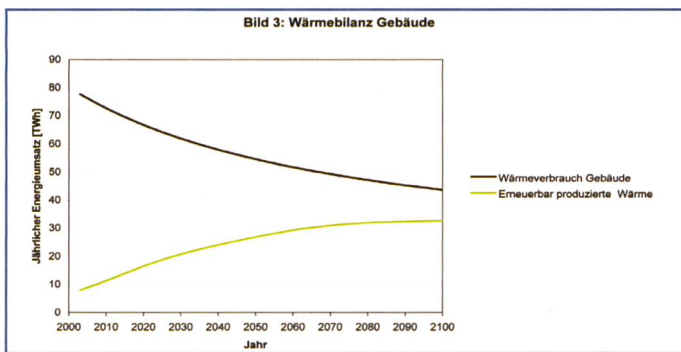
- Die Windenergie.  
Hier lag der mittlere Zuwachs von 2000 bis 2003 bei 20% pro Jahr. Für das Entwicklungsszenario wurde ein jährlicher Zuwachs von 12% angenommen, was aus verschiedenen Gründen als langfristig realistischer angesehen wurde.
- Die tiefe Geothermie.  
Hier ist die Inbetriebnahme der ersten



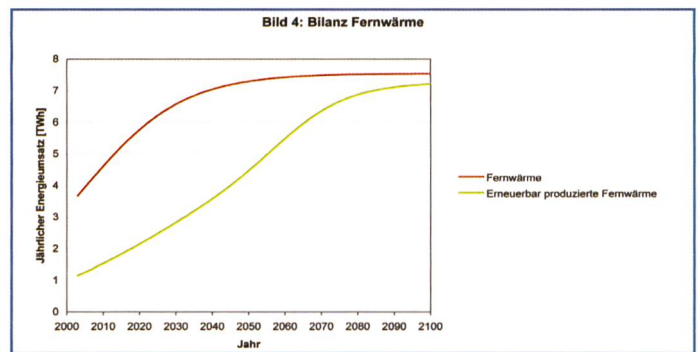
**Bild 1.** Der Wachstumsverlauf derjenigen Energietechnologien, die zur Erzeugung von Wärme dienen (insbesondere für Raumheizung und Warmwasseraufbereitung). Aufgetragen ist die jeweilige Energie-Produktionskapazität in Terawattstunden pro Jahr.



**Bild 2.** Die gleichen Energietechnologien, dargestellt ist aber nicht die kumulierte Produktionskapazität, sondern deren jährlicher Zubau. In dieser Darstellung lassen sich der Zeitpunkt und die Höhe des maximalen Zubaus gut erkennen, was wichtige Grössen für die Entwicklung der entsprechenden Technologiebranche sind.



**Bild 3. Die Gesamtbilanz der erneuerbar produzierten Wärme steht dem Gebäude-Wärmebedarf gegenüber.**



**Bild 4. Illustration des Ausbaus der Fernwärme und des aus erneuerbaren Quellen eingespeisten Energieanteils.**

Anlage erst für das Jahr 2008 geplant. Es wurde eine jährliche Zuwachsrate von 10% angenommen, was dem Bau einer zweiten identischen Anlage innert weiterer 7 Jahre entspricht (also bis 2015).

### Annahmen zum Endausbau

Bezüglich Endausbau wurde auf einschlägige Studien sowie auf eigene Abschätzungen zurückgegriffen, die insgesamt als «realistisch-optimistisch» einzuschätzen sind. Die getroffenen Annahmen sind im Folgenden aufgelistet.

#### a) Erneuerbare Wärme:

- Wärmebedarf der Gebäude von 2000 bis 2100: Abnahme der mittleren Energiekennzahl von 160 kWh/m<sup>2</sup>a (Jahr 2000) auf 42 kWh/m<sup>2</sup>a (Endwert, entsprechend Minergie® für Wohn-Neubauten) mit einer Erneuerungsrate von 1% pro Jahr.
- Aus Energieholz erzeugte Endwärme: Ökologisches Potenzial 2040 gemäss [2], inkl. Alt- und Restholz, ([2], Tabelle 61, Biomasseart a, g, h).
- Umweltwärme und untiefe Geothermie (Elektro-Wärmepumpen): Deckung von 30% des als Endwert angenommenen Gebäude-Wärmebedarfs.
- Verglaste Sonnenkollektoren: 1,5 m<sup>2</sup> Kollektorfläche pro Einwohner.
- Aus Biomasse inkl. Abfällen erzeugte Fernwärme: So, dass mit der Geothermie zusammen die Fernwärmenetze nahezu vollständig erneuerbar gespeist werden. Ausschliessliche Nutzung mit Wärme-Kraft-Kopplung, thermischer Nutzungsgrad 45%.
- Aus tiefer Geothermie erzeugte Fernwärme: So, dass die Geothermienutzung dem geothermischen Wärmefluss der ganzen Schweiz entspricht. Ausschliessliche Nutzung mit Wärme-Kraft-Kopplung, thermischer Nutzungsgrad 45%.
- Fernwärme insgesamt: Deckung von 30% des als Endwert angenommenen Gebäude-Wärmebedarfs.

#### b) Erneuerbare Elektrizität

- Elektrizitätsbedarf von 2000 bis 2100: Stabilisierung 10% über dem Verbrauch des Jahres 2000, zuzüglich die angenommene Zunahme der Elektro-Wärmepumpen.
- Wasserkraft: Konstant auf dem Stand des Jahres 2000.
- Aus Geothermie erzeugte Elektrizität: So, dass die Geothermienutzung dem geothermischen Wärmefluss der ganzen Schweiz entspricht. Ausschliessliche Nutzung mit Wärme-Kraft-Kopplung, elektrischer Wirkungsgrad 30%.
- Aus Biomasse inkl. Abfällen erzeugte Elektrizität: Bestimmt durch den Wärmebedarf. Ausschliessliche Nutzung mit Wärme-Kraft-Kopplung, elektrischer Wirkungsgrad 30%.
- Photovoltaik: 2,5 m<sup>2</sup> Panel-Fläche pro Einwohner.
- Windenergie: Vollausbau gemäss [3]. Dieser Wert beruht auf der derzeitigen landschaftsschützerischen Akzeptanz; das technische Potenzial dürfte höher sein.

#### Darstellung der Resultate

Die Durchrechnung führt zu den Resultaten, die bildlich dargestellt sind (die Interpretation folgt im nächsten Abschnitt).

#### a) Erneuerbare Wärme

Zunächst ist in Bild 1 der Wachstumsverlauf derjenigen Energietechnologien dargestellt, die zur Erzeugung von Wärme dienen (insbesondere für Raumheizung und Warmwasseraufbereitung). Aufgetragen ist die jeweilige Energie-Produktionskapazität in Terawattstunden pro Jahr.

Bild 2 zeigt die gleichen Energietechnologien, dargestellt ist aber nicht die kumulierte Produktionskapazität, sondern deren jährlicher Zubau. In dieser Darstellung lassen sich der Zeitpunkt und die Höhe des maximalen Zubaus gut erkennen, was wichtige Grössen für die Entwicklung der entsprechenden Technologiebranche sind.

Bild 3 stellt in einer Gesamtbilanz die erneuerbar produzierte Wärme dem

Gebäude-Wärmebedarf gegenüber. Bild 4 schliesslich illustriert den Ausbau der Fernwärme und den aus erneuerbaren Quellen eingespeisten Energieanteil.

#### b) Erneuerbare Elektrizität

Bild 5 bis Bild 7 zeigen die entsprechenden Entwicklungsszenarien bei der Elektrizität: Bild 5 stellt die kumulierte Energie-Produktionskapazität der erneuerbaren Technologien dar, Bild 6 deren jährlichen Zubau. Bild 7 stellt in der Gesamtbilanz die Elektrizitätsproduktion dem Verbrauch gegenüber.

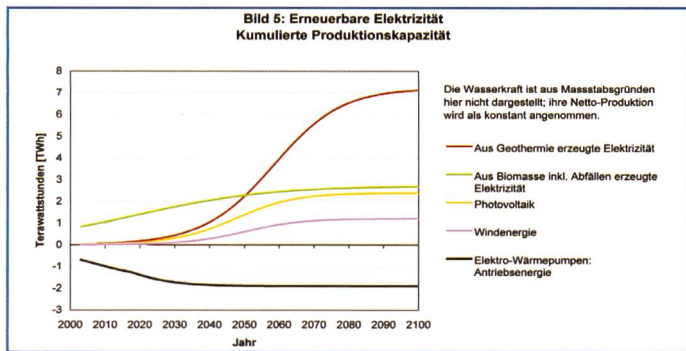
#### c) Nutzungsaufteilung der Biomasse

Eine Schlüsselrolle kommt der Aufteilung der verfügbaren Biomasse zu: Wie schon in [2] bemerkt wird, gibt es für die Biomasse mehrere Nutzungsmöglichkeiten, die sich konkurrieren. Beim vorliegenden Szenario ergibt sich die in Bild 8 gezeigte Aufteilung. Neben der Wärme- und der Elektrizitätsproduktion bleibt rund ein Viertel des Potenzials zur freien Verfügung; dieser Anteil kann z.B. für die Erzeugung von Bio-Treibstoffen (Biodiesel, Bio-Äthanol, Naturgas®) genutzt werden.

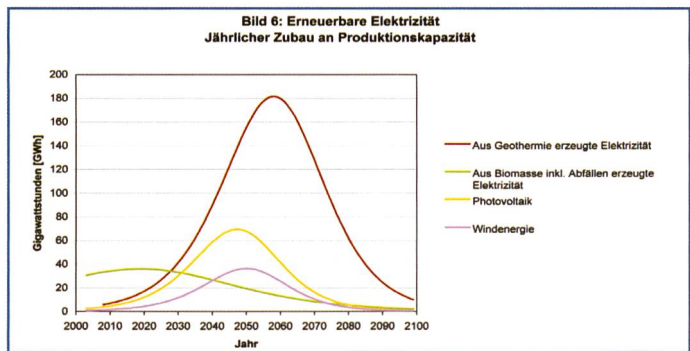
#### Exemplarische Interpretation

Aus dem Szenario, das unter den oben erwähnten Vorgaben zustande kommt, lassen sich folgende vorläufigen Schlussfolgerungen herauslesen:

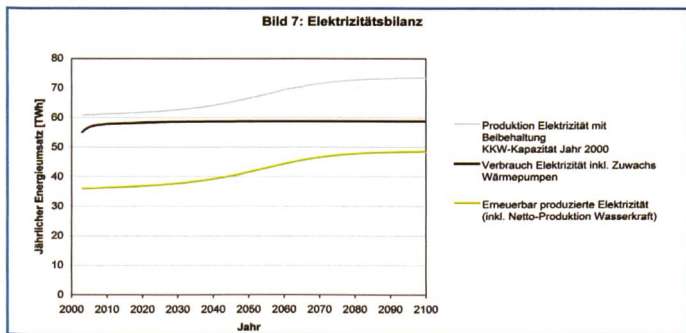
- Die betrachteten Technologien werden bis 2100 weitgehend ihren Endausbau erreicht haben. Die Reduktion des Gebäude-Wärmebedarfs wird zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen sein (wegen der geringen Erneuerungsrate).
- Folgende Technologien sind schon heute technisch wie ökonomisch sinnvoll einsetzbar und dürften demnächst ihr grösstes Wachstum erreichen:
  - Holzfeuerungen (Bild 2). Innerhalb dieser Kategorie dürfte sich ein starker Trend zu automatischen, insbesondere mit Pellets beschickten Feuerungen ergeben.
  - Elektro-Wärmepumpen (Bild 2).



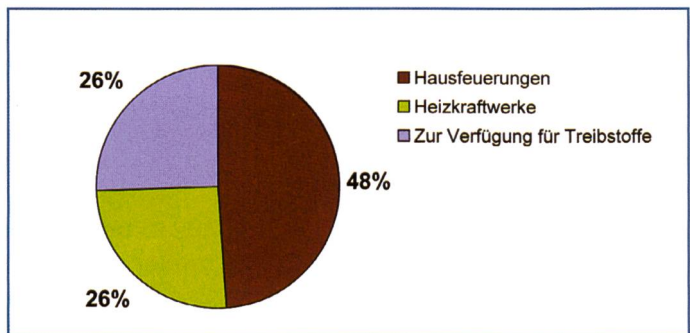
**Bild 5. Die kumulierte Elektrizitäts-Produktionskapazität der erneuerbaren Technologien.**



**Bild 6. Der jährlichen Zubau der Elektrizitäts-Produktionskapazität.**



**Bild 7. In der Gesamtbilanz steht die Elektrizitätsproduktion dem Verbrauch gegenüber.**



**Bild 8. Aufteilung der Schlüsselressource «Biomasse».**

- Mit Biomasse befeuerte Heizkraftwerke (Bild 2 und Bild 6). Diese Technologie hat sich bei Kehrlichtverbrennungsanlagen bewährt, sie dürfte sich auf andere Biomasse-Ressourcen ausweiten.
- Die folgenden Technologien können wohl als technisch bewährt, aber noch nicht als ausgereift im kommerziellen Sinn gelten. Wenn sie sich selbst finanzieren und ihr derzeitiges Wachstum aufrechterhalten können, werden sie ihre grösste Blüte gegen Mitte des Jahrhunderts erreichen:
  - Sonnenkollektoren (Bild 2). Sonnenkollektoranlagen müssen von einem Nischen- zu einem kostengünstigen Massenprodukt weiterentwickelt werden, wobei sich vor allem eine Chance für Hersteller von Heizsystemen bietet (Gesamtpaketel!)
  - Photovoltaik (Bild 6). Hier ist nach wie vor ein preislicher Durchbruch bei der Zellenherstellung nötig.
- Tiefe Geothermie (Bild 5 und Bild 6): Sie tritt als Zukunftstechnologie mit grossem Potenzial hervor. Sie dürfte, wenn sie sich technisch bewährt, ihr grösstes Wachstum erst nach der Jahrhundertmitte erreichen.
- Fernwärme (Bild 4): Um die Wärme aus der Nutzung der tiefen Geothermie und der Biomasse aufnehmen zu können, muss die Kapazität der Fernwärmenetze auf rund das Doppelte erhöht werden; sei es durch Ausbau der bestehenden oder durch Zubau neuer Netze. Die Planung

- dazu ist bald an die Hand zu nehmen.
- Erneuerbarer Anteil für die Deckung des Gebäude-Wärmebedarfs (Bild 3): Bis 2100 wird der überwiegende Teil des Wärmebedarfs mit erneuerbarer Energie gedeckt; der weitere Trend zeigt in Richtung Volldeckung.
  - Erneuerbarer Anteil für die Deckung des Elektrizitätsverbrauchs (Bild 7): Nach 2050 wird der erneuerbare Anteil markant gesteigert, ohne allerdings Volldeckung zu erreichen. Ab diesem Zeitpunkt ist eine teilweise Substitution von Kernkraftwerk-Kapazität möglich.
  - Bio-Treibstoffe (Bild 8): Die Biomasse kann einen bescheidenen (aber nicht vernachlässigbaren) Beitrag an die Erzeugung von Treibstoffen leisten.

### Instrument für die Diskussion

Natürlich können manche Annahmen zu diesem Szenario anders getroffen werden. Insbesondere gilt dies für die bereits erwähnte Aufteilung der Schlüsselressource Biomasse, aber auch für die zugrunde gelegten Endausbau-Potenziale, Wachstumsraten und Verbrauchs-Entwicklungen. Die Projekte [4] und [5] werden dazu verfeinerte Aussagen ermöglichen.

Interessant ist aber auch der umgekehrte Weg: Man definiert probeweise energiepolitische Vorgaben, beispielsweise Reduktionsziele für nicht erneuerbare Energieträger in einem bestimmten Zeitraum und testet diese anschliessend auf ihre Realisierbarkeit. Dazu

werden die Endausbau-Potenziale, Wachstumsraten und Verbrauchs-Entwicklungen variiert, bis die Vorgabe eingehalten ist. Danach wird beurteilt, ob und mit welchen Massnahmen die notwendige Veränderung dieser Parameter in der Realität erreicht werden könnte. Der Autor ist überzeugt, dass dieses Instrument eine Versachlichung der entsprechenden Diskussionen ermöglicht.

### Literatur und verwandte Projekte

- [1] Dr. Eicher+Pauli AG; Bundesamt für Energie (jährlich): Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien.
- [2] Bundesamt für Energie (Dezember 2004): Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz.
- [3] Bundesamt für Energie; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Bundesamt für Raumentwicklung (August 2004): Konzept Windenergie Schweiz.
- [4] Bundesamt für Energie: Energieperspektiven 2035/50.
- [5] novatlantis (ETH, PSI, WSL, EMPA, EAWAG): 2000-Watt-Gesellschaft.
- [6] Energie-Atlas GmbH: Atlas der erneuerbaren Energie, [www.energie-atlas.ch](http://www.energie-atlas.ch)

### Anschrift des Autor

Max Blatter, dipl. Elektro-Ing. ETH und Energie-Ing. NDS FH, geschäftsführender Gesellschafter der Energie-Atlas GmbH, Gutenbergstrasse 1 CH-4142 Münchenstein