

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 87 (1996)

**Heft:** 24

**Artikel:** Ökobilanzen von Wärmepumpen

**Autor:** Rognon, Fabrice

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-902399>

### **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:** 17.03.2025

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

In letzter Zeit wurde der Stellenwert der Wärmepumpen als bedeutendes Mittel zur Reduktion von CO<sub>2</sub> (Bild 1) verschiedentlich bestritten. In Publikationen und Vorträgen wird damit versucht, diese Technologie zur Nutzung von Umweltwärme zu diskreditieren, deren Förderung im Rahmen des Aktionsprogramms «Energie 2000» in Frage zu stellen. Zurückgreifend auf Grundlektur – weg von Scheinwissenschaft – und in Zusammenarbeit mit den Autoren des Ökoinventars wird mit nachfolgenden Ausführungen das so gezeichnete, falsche Bild korrigiert. Es geht dabei nicht darum, verschiedene Energiesysteme gegeneinander auszuspielen, sondern darzustellen, dass die Wärmepumpe in der schweizerischen Energielandschaft zu Recht einen hohen Stellenwert genießt.

# Ökobilanzen von Wärmepumpen

## Adresse des Autors:

Fabrice Rognon  
Bundesamt für Energiewirtschaft  
Postfach  
3003 Bern

■ Fabrice Rognon

## Die Strategie im Programm E2000

Die Frage, woher die Antriebsenergie für Wärmepumpen kommen soll und wie die entsprechenden Energie- und Ökobilanzen im Vergleich mit konventionellen Heizungssystemen aussehen, stand am Anfang der im Rahmen von E2000 lancierten Förderung. Es ist klar, dass Wärmepumpen nur in das Programm E2000 passen, wenn sie einen Beitrag an dessen Hauptziele leisten. Dies ist für fossil betriebene Wärmepumpen offensichtlich, da nur von deren Arbeitszahl abhängig. Für elektrisch betriebene Wärmepumpen sind jedoch besondere Systemüberlegungen anzustellen, welche die «Vorgeschichte» des Antriebsstroms einbeziehen. Dies ist Gegenstand der nachfolgenden Ausführungen.

Im Förderkonzept von 1992 wird folgende

Strategie zur Bereitstellung des Antriebsstroms für Wärmepumpen (als neue Stromverbraucher) festgelegt:

- *Sanieren:* Im natürlichen Sanierungsrhythmus sind möglichst viele Elektro-Widerstandsheizungen durch Wärmepumpen oder andere regenerierbare Energie zu ersetzen. So werden  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{2}{3}$  des Stroms aus Elektroheizungen zum Antrieb weiterer Wärmepumpen frei (bei den anvisierten, verbesserten Jahresarbeitszahlen entsprechend mehr). Beim Ersatz durch andere regenerierbare Energien wird sogar der ganze Strom freigestellt. Die heute 230 000 fest installierten Elektroheizungen benötigen 6% des jährlichen Elektrizitätsverbrauches und rund 11% im Winterhalbjahr.
- *Substituieren:* Weiterer Antriebsstrom kann durch vermehrte Stromgewinnung aus Kehrichtverbrennungsanlagen und aus – meist fossil betriebenen – Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen (WKK) gewonnen werden.

Der Ersatz von Elektro-Widerstandsheizungen liegt im Interesse der Anlagebesitzer und wird erfahrungsgemäss [7] auch wahrgenommen. Die Förderung durch den Bund beschränkte sich daher in diesem Bereich auf die Initiierung eines neuen Produktes für den Ersatz von Einzelraum-Elektroheizungen. Eine Statistik über den tatsächlich vorgenommenen Ersatz wird erst noch erstellt werden.

Dagegen sind Strom aus Kehricht (KVA) und aus Wärme-Kraft-Kopplung

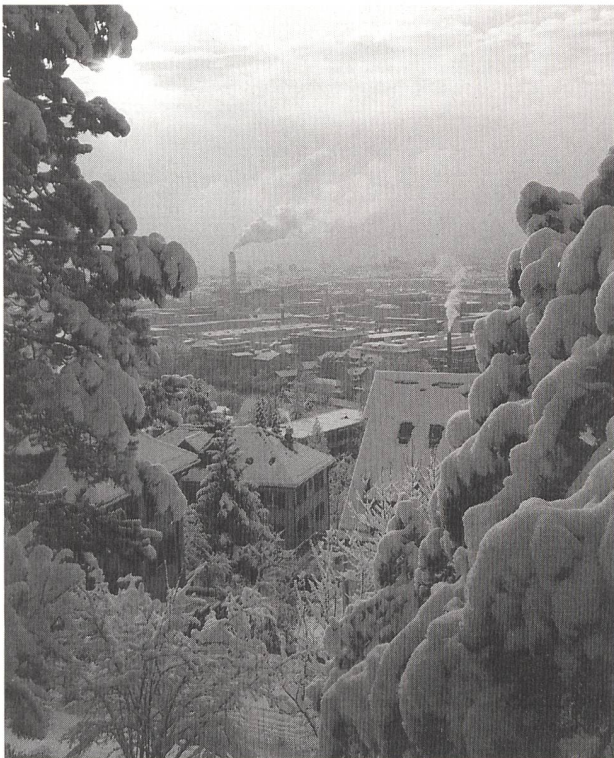


Bild 1 Wärmepumpen heizen ohne Rauch und ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen.



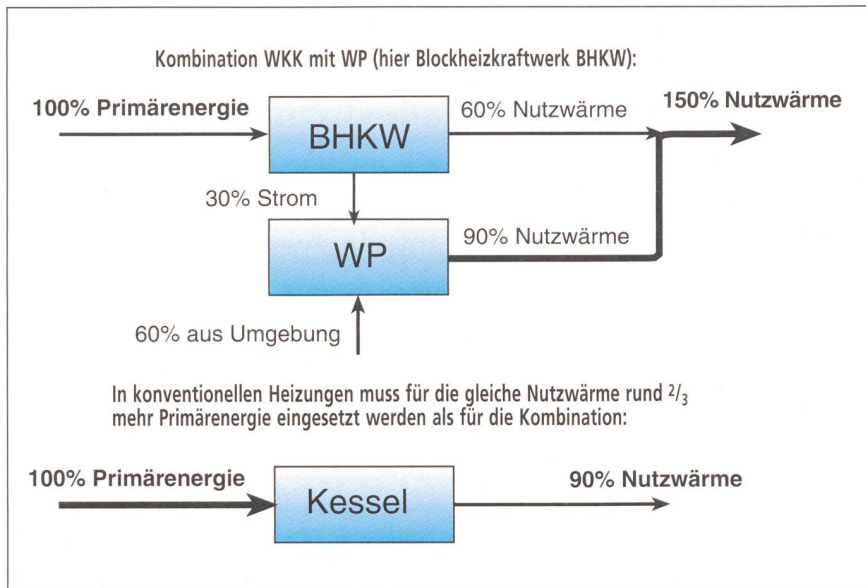


Bild 2 Vergleich Kombination WKK/WP mit konventioneller Heizung.

(WKK) als flankierende Massnahmen Themen des Ressorts Regenerierbare Energien von E2000. Deren Entwicklung wird genau beobachtet und jährlich dem Strom-Mehrverbrauch von Wärmepumpen gegenübergestellt.

### Konsequenz

Wegen der eingangs vorgestellten, systematisch verfolgten Strategie sind für die Energie- und Umweltbilanz lediglich drei Stromerzeugungsvarianten relevant: CH-Strommix, Strom aus KVA und WKK. Der europäische Strommix (UCPTE-Mix) wird im CH-Mix mit dem Importanteil an Winterstrom berücksichtigt. Der Strommix des europäischen Netzes als Basis zu nehmen, ist jedoch nicht korrekt.

### Energiebilanz

Ab 6. Jahresbericht des Ressorts Regenerierbare Energien von «Energie 2000» vom September 1996 sind die Bilanzen der Stromproduktion aus KVA und WKK und der Stromverbrauch von Elektro-Wärmepumpen enthalten. Danach wurden seit 1990 zwar 164 GWh/Jahr mehr Strom für neue Wärmepumpen benötigt, im gleichen Zeitraum aber in KVA zusätzlich 96 GWh/Jahr (mit WKK zusätzlich 336 GWh/Jahr) – total also 432 GWh/Jahr mehr erzeugt. Der Produktionszuwachs aus diesen zwei «Quellen» beträgt daher mehr als das 2,5fache des zusätzlichen Verbrauchs von Wärmepumpen. Allein der Zuwachs des WKK-Stroms deckt den Mehrbedarf für

Wärmepumpen. Im Jahr 1995 wurden aus KVA und mit WKK insgesamt 753 GWh/Jahr mehr erzeugt als von allen in der Schweiz betriebenen Wärmepumpen verbraucht wurde.

Der Strombedarf von Wärmepumpen ist deshalb vorläufig problemlos gedeckt. Strom aus Kehricht ist im übrigen schadstofffrei erhältlich, weil und so lange Kehrichtverbrennung unabhängig von einer Energienutzung ohnehin stattfindet. Ein Teil der WKK-Anlagen wird mit Biogas betrieben, einer ebenfalls erneuerbaren Energie.

Unabhängig von der Situation, wie sie sich vorteilhafterweise heute präsentiert, wird im folgenden jedoch die Energiebilanz des «ungünstigsten» Falles einer konventionellen Heizung gegenübergestellt (Bild 2): dass der gesamte Wärmepumpen-Strom mit fossiler WKK erzeugt werden muss, wenn die Potentiale des Elektroheizersatzes und der KVA (in rund 10 Jahren?) ausgeschöpft sein werden.

Neben dem reinen energetischen Wirkungsgrad ist auch das Verhältnis der Nutz-Heizenergie zur nicht-erneuerbaren Primärenergie (Gesamtabwärme) über alle Prozessschritte zu analysieren (Bild 3). Für «heute (1990)» gilt: Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe von 3,0, Treibhauspotential (GWP) der Kältemittel von 1700, elektrischer Wirkungsgrad der WKK von 30%.

Die aufgeführten Werte für das Jahr 2000 sind schon in Pilotanlagen erreicht worden:

- Jahresarbeitszahl der WP um 50% besser
- Hälfte der WP mit Kältemittel ohne Treibhauseffekt
- elektrischer Wirkungsgrad der WKK um  $\frac{1}{2}$  besser
- Öl- und Gasheizung 10% effizienter als heute

Insgesamt gesehen stellt die Kombination WKK-WP energetisch nichts anderes dar als eine fossil angetriebene Wärmepumpe: Die Kopplung des Motors mit der Wärmepumpe erfolgt jedoch nicht rein mechanisch, sondern über das Stromnetz. Das bedeutet neben grosser Betriebssicherheit unter anderem wesentlich mehr Flexibilität.

### Ökobilanzen

#### Methode

Wir stützen uns auf kürzlich erschienene Untersuchungen [1-5], insbesondere auf die Methode der Ökobilanz oder «Life-Cycle-Analysis», die im sogenannten Ökoinventar [3] alle Prozessschritte betrachtet und dann in der nachfolgenden Stufe alle

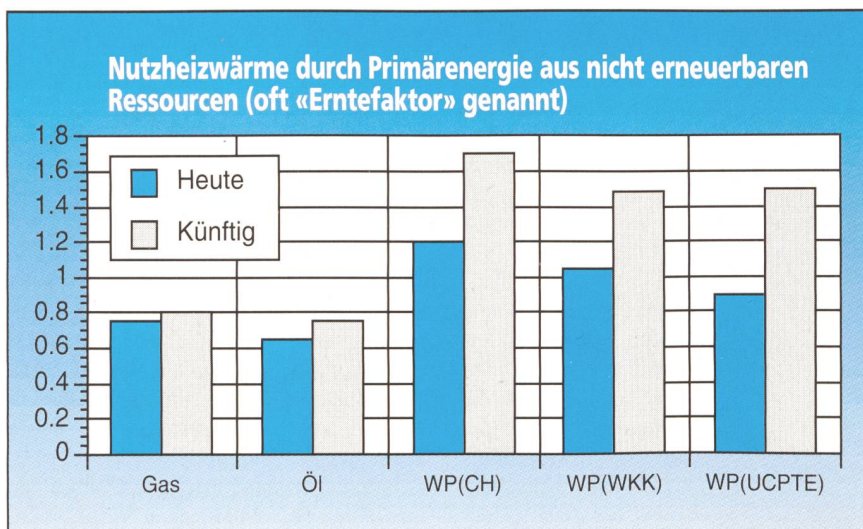


Bild 3 Verhältnis der Nutz-Heizenergie zur nicht-erneuerbaren Primärenergie Gas: Low-NO<sub>x</sub>, kondensierend; Öl: Low-NO<sub>x</sub>; WP(CH): schweizerischer Strom mit Berücksichtigung der Winterimporte; WP(WKK): Strom aus WKK-Anlagen; WP(UCPTE): zum Vergleich, obwohl nicht relevant.



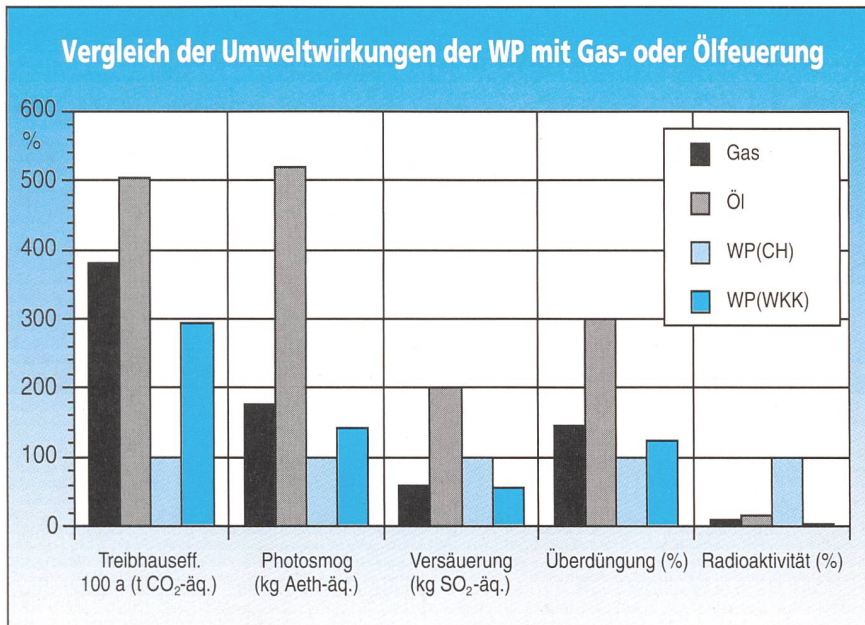


Bild 4 Vergleich der Wirkungen verschiedener Umwelteinflüsse. Gas: Low-NO<sub>x</sub>, kondensierend; Öl: Low-NO<sub>x</sub>; WP(CH): schweizerischer Strom mit Berücksichtigung der Winterimporte; WP(WKK): Strom aus WKK-Anlagen, Stand 1990.

Schadstoffe entsprechend ihrer Wirksamkeit zu den verschiedenen Umweltwirkungen zusammenfasst.

**Bilanzen**

Wir setzen den Stand «heute (1990)» voraus: Strom aus einem 162-kW-BHKW treibt 10-kW-Wärmepumpen mit Erdsonden mit Jahresarbeitszahl 3,0 an (Bild 4).

Die Kombination WKK + WP ist generell bereits heute deutlich vorteilhafter als Öl- oder Gasheizung. Sie ist bei Photosmog und Versäuerung leicht besser als Gas. Bei Treibhauseffekt und Radioaktivität ist sie deutlich besser als Gas. Im Gegenteil zur Gas- oder Ölheizung hat die Kombination BHKW + WP zudem ein grösseres kurzfristig realisierbares Verbesserungspotential. Insbesondere wird der Treibhauseffekt weiter abnehmen, weil rasch zunehmend natürliche Kältemittel mit wesentlich weniger Einfluss auf die Treibhausbildung eingesetzt werden als heute.

**Schlussfolgerungen**

Wärmepumpen sind ökologisch sinnvoll:

- Jede Wärmepumpenanlage nutzt überwiegend erneuerbare Energien.
- Die Wärmepumpenanlagen werden laufend effizienter dank gezielter Massnahmen: Forschung und Entwicklung, Pilot- und Demonstrationsanlagen, Aktivitäten des Wärmepumpentest- und Ausbildungszentrums, qualitätssichernde Aktionen der Fördergemeinschaft

Wärmepumpen Schweiz. Anders ausgedrückt: der erneuerbare Anteil nimmt ständig zu.

- Selbst bei der «ungünstigsten» Kombination Wärme-Kraft-Kopplung mit elektrisch angetriebenen Wärmepumpen werden heute Jahresnutzungsgrade von 110% bis 170% erreicht. Die in der Forschung anerkannten Verbesserungspotentiale und erste Pilotanlagen versprechen sogar 180% bis 250%, das heisst aus 100% Primärenergie werden mit dieser Strategie 180 bis 250% Nutzwärme gewonnen! Der Unterschied zu 100% ist die netto genutzte erneuerbare Energie.
- Ausser elektrisch angetriebenen Wärmepumpen verfolgen wir auch den Einsatz

der rein thermisch angetriebenen Wärmepumpen. Besonders die Absorptionstechnologie verspricht einiges: über das ganze Jahr betrachtet wird damit aus 100% Primärenergie (meistens Erdgas) bis zu 180% Nutzwärme gewonnen, dank Nutzung von Umweltwärme.

- Die Werte sämtlicher Umweltwirkungen sind schon heute wesentlich besser als diejenigen der Gas- oder Ölheizung. Bereits die kurzfristig – bis ins Jahr 2000 – erreichbaren Werte sind dann der zukünftigen Gas- oder Ölheizung noch deutlicher überlegen.

Wärmepumpen in der Schweiz sind keineswegs, wie vielerorts behauptet, vom europäischen Strommix abhängig. Es ist nach vorstehend angestellten Überlegungen und Fakten unzulässig, für einen Energie- und Ökovergleich die Umweltbeeinflussungen dieses Strommixes als Basis zu nehmen.

**Bibliographie**

- [1] R. Frischknecht: Ökologische Bewertung von Systemen der solaren Wassererwärmung sowie der Wärme-Kraft-Kopplung, ESU-Reihe Nr. 7/94, ETH, Institut für Energietechnik, Zürich, 1994.
- [2] T. Weibel: Vergleichende Umweltrelevanz des Einsatzes alternativer Kältemittel, Forschungsprojekt UAW, BEW, 1996.
- [3] R. Frischknecht et al.: Ökoinventare für Energiesysteme, 2. Auflage, ETH, Zürich, 1996.
- [4] Prof. P. Suter: Umweltbilanz der BHKW-WP-Technologie, Tagungsband zur 3. UAW-Tagung vom 7. Mai 1996 über Neue Technologien für Kleinwärmepumpen und Klein-BHKW, BEW, 1996.
- [5] Prof. P. Suter: «Stellungnahme zu M. May: Graue Energie und Umweltbelastungen von Heizsystemen», Thal/ETH Zürich, 1996.
- [6] BEW: «Schweizerische Elektrizitätsstatistik, BEW/VSE, Zürich/Bern, 1994.
- [7] M. Strebel, W. Seidinger: Market analysis on single-room heat pumps in Switzerland, Draft national report to Switzerland within the framework of the IEA Annex 23 work group, BEW, 1996.

**Bilans écologiques de pompes à chaleur**

L'importance des pompes à chaleur en tant qu'important moyen de réduction d'émissions de CO<sub>2</sub> a été contestée ces derniers temps à diverses reprises. Des publications et des exposés consacrés à cette technologie, qui utilise la chaleur de l'environnement, tentent de la discréditer et de remettre en question sa promotion dans le cadre du programme fédéral Energie 2000. Se fondant sur une bibliographie fondamentale – loin de toute pseudoscience – et en collaboration avec les auteurs de l'inventaire écologique, l'auteur de l'article corrige la fausse image qui a ainsi pu en découler. Il n'est pas question ici de se servir d'un système énergétique contre l'autre, mais de montrer que la pompe à chaleur a, à juste titre, sa place sur la scène énergétique suisse.