

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:	89 (1998)
Heft:	24
Artikel:	Schadstoffreduktion durch Wärmepumpen in der Schweiz
Autor:	Suter, Peter
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-902145

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

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

Der Autor untersucht, wie gut der Faktor COP sein muss, damit die Wärmepumpe unter Benutzung von Strom besser abschneidet als Vergleichstechnologien. Dabei wurden die durchschnittlichen Jahreswerte (Jahres-Arbeitszahlen) betrachtet. Offensichtlich liegen für alle üblichen Provenienzen des Stroms die realen COP-Werte heutiger Wärmepumpen über dem kritischen Minimalwert. Die Wärmepumpe kann deshalb mit guten Gründen unter die erneuerbaren Energien gezählt werden.

Schadstoffreduktion durch Wärmepumpen in der Schweiz

■ Peter Suter

Wärmepumpen in Konkurrenz zu andern Technologien

Wärmepumpen können Wärme für Warmwasser (WW) oder Raumheizung (RW) liefern, in Konkurrenz zu andern Technologien X wie

- Ölheizung
- Gasheizung
- Holzheizung
- elektrische Direktheizung.

Ihrer Bevorzugung im konkreten Fall können ökonomische Gründe oder Umweltüberlegungen zugrunde liegen. Wenn wir hier dem letztgenannten Thema nachgehen, so stellen sich sogleich drei Fragen:



Bezüglich welcher Umweltprobleme soll verglichen werden?: Treibhauseffekt (CO_2 -Ausstoss), Verbrauch nichterneuerbarer Energieressourcen (Primärenergie), saurer Regen oder Smog? Die einheimische Wasserkraft (rechts im Bild ein Wasserkraftwerk) bietet in jedem Fall beste Ergebnisse.

Adresse des Autors

Prof. Dr. Peter Suter
Rebenstrasse 2
9425 Thal (SG)

Wärmepumpen

Y =	Öl	Gas
X	Low NO_x kondens.	Low NO_x kondens.
CH + Import	0,5	0,6
UCPTE	1,8	2,4
WKK, wärmegeführt	1,0	1,3
GuD	1,5	1,9
Wasserkraft	0,1	0,1
KKW	0,1	0,1

Tabelle Ia COP-Mindestwerte von Wärmepumpen, damit sie, angetrieben mit dem Strom X, bezüglich des CO₂-Ausstosses, besser sind als eine Heizung Y.

Y =	Öl	Gas
X	Low NO_x kondens.	Low NO_x kondens.
CH + Import	1,9	2,0
UCPTE	2,6	2,7
WKK, wärmegeführt	1,1	1,2
GuD	1,8	1,9
Wasserkraft	0,1	0,1
KKW	3,1	3,3

Tabelle Ib COP-Mindestwerte von Wärmepumpen, damit sie, angetrieben mit dem Strom X, besser sind als eine Heizung Y bezüglich der nichterneuerbaren Primärenergie.

- X** – Mit welcher Konkurrenztechnologie soll verglichen werden?
- Y** – Woher kommt der Strom für den Antrieb der Wärmepumpe?
- W** – Bezuglich welcher Umweltprobleme soll verglichen werden, zum Beispiel bezüglich des Treibhauseffekts (CO₂-Ausstoss), bezüglich des Verbrauchs nichterneuerbarer Energieressourcen (Primärenergie), bezüglich sauren Regens oder Smogs (Ozonbildung in Bodennähe)?

Bezüglich des Stroms kommen die verschiedensten Kraftwerkarten in Frage:

- Wasserkraft
- Kernkraftwerk
- Modernes Gas-Dampf-Kombikraftwerk GuD
- Wärmekraftkopplungsanlagen WKK, vor allem wärmegeführt
- Kehrichtverbrennungsanlagen KVA
- Schweizerischer CH-Strommix (mit Import!)
- Europäischer Strommix UCPTE

Es ist klar, dass die Ermittlung der Umweltbelastung alle vor- und nachgelagerten Prozessschritte (also von Ölfeld oder Kohlenmine bis zur Entsorgung) berücksichtigen muss. Die in der Folge angegebenen Zahlen stützen sich auf [1], wo dieses integrale Vorgehen angewendet wurde.

Bei einer Wärmepumpe ist die aus einer gegebenen Strommenge erzeugte Nutzwärme um den Faktor COP (Coefficient of Performance, Leistungszahl) grösser, weil ja Umweltwärme aufgewertet wird (der Strom ist nur die nötige Zusatzenergie); die Grösse COP hängt aber von der Nutztemperatur und von der Art der Umweltwärmequelle (Luft, Erdsonde, Gewässer) sowie von der Qualität der Wärmepumpe ab.

Wie gut muss der Faktor COP sein?

Die Frage ist deshalb:

Wie gut muss der Faktor COP mindestens sein, damit die Wärmepumpe unter Benutzung von Strom Y bezüglich des Umweltproblems W besser ist als die Vergleichstechnologie X?

Die Antwort findet sich in den Tabellen Ia und Ib, welche der Publikation [2] entnommen sind.

Es ergibt sich:

- Die Wärmepumpe muss einen COP-Wert von mindestens 2,4 haben, damit sie (bei Verwendung von UCPTE-Strom) bezüglich des CO₂-Ausstosses besser ist als eine Gasfeuerung. Im Vergleich zur Ölfeuerung genügen schon tiefere COP-Werte von 1,8. Bei anderer Herkunft des Stroms sind die nötigen COP-Werte wesentlich tiefer. Der Typ der Wärmepumpe (Erdsonde-

	Bereich der gemessenen JAZ	Durchschnittswert für JAZ WW nur RW und RW
Neubau	2,0 – 4,2	2,8
Sanierung	1,9 – 4,0	2,5

Tabelle II Im Feldversuch gemessene Jahresdurchschnittswerte von COP (Jahres-Arbeitszahl JAZ).

Wasser, Luft-Wasser, Wasser-Wasser) spielt fast keine Rolle.

- Bezuglich der nichterneuerbaren Primärenergie liegen die nötigen COP-Minimalwerte (bei Antrieb durch UCPTE-Strom) bei 2,7 im Vergleich zur Gasheizung bzw. 2,0 im Vergleich zur Ölheizung.
- Bei den in der Schweiz in Frage kommenden Stromprovenienzen liegen die COP-Minimalwerte für beide Kriterien unter dem Wert 2,0. Eine Ausnahme macht reiner KKW-Strom, der bezüglich der Primärenergie ein COP von mindestens 3,7 bräuchte.

Jahres-Arbeitszahl

Die Frage ist nun, welches denn die realen COP-Werte sind. Hier ist noch zu bemerken, dass im Laufe eines Betriebsjahres ganz verschiedene Regimes herrschen; deshalb müssen die durchschnittlichen Jahreswerte (oft auch Jahres-Arbeitszahl JAZ genannt) betrachtet werden. Ebenso sind nicht Labor- oder Prüfstandwerte zu verwenden, sondern Werte von Anlagen im Feld. Tabelle II gibt die in den Jahren 1994–1997 an 88 realen Anlagen (ohne Pilot- und Forschungsanlagen) ermittelten Werte.

Es zeigt sich, dass die wirklichen Jahres-Mittelwerte deutlich über den in der Schweiz geforderten Minimalwerten liegen; selbst bei UCPTE-Strom liegen schon viele Anlagen darüber.

Das Programm «Energie 2000» postuliert für die Schweiz bis zum Jahre 2010, dass die zu erwartende Zunahme des Wärmepumpen-Strombedarfs gedeckt werden kann (Tabelle III) aus

- Konvertierung bisheriger elektrischer Direktheizung
- vermehrtem Strom aus Kehrichtverbrennung, Holzfeuerungs-Kraftwerken und Gasmotor-Wärmekraftkopplung.

Offensichtlich liegen für alle diese Provenienzen des Stroms die realen COP-Werte heutiger Wärmepumpen über dem kritischen Minimalwert.

Es ist ersichtlich, dass die aus den Stromquellen 1–3 neu zur Verfügung stehende Elektrizität für eine weitere starke Zunahme der Wärmepumpen ausreicht. Nach etwa dem Jahre 2010 werden wahrscheinlich die GuD-Kraftwerke auf dem Strommarkt wegen ihrer tiefen Stromgestehungskosten eine Rolle spielen, aber auch für Strom aus diesem Kraftwerkstyp sind die Wärmepumpen vorteilhaft, wie die Tabellen Ia und Ib zeigen.

Zusatzbemerkungen

Es können noch folgende Zusatzbemerkungen gemacht werden:

- Wie Messungen an Pilotanlagen zeigen, besteht bei den COP-Werten noch ein erhebliches Verbesserungspotential um etwa einen Faktor 1,5, welcher bis zum Jahre 2010 weitgehend Standard sein dürfte.
- Würde der Vergleich bezüglich der Umweltwirkung «Smogbildung» gemacht, so wären die notwendigen COP-Werte von etwa gleicher Grössenordnung; die Kernaussage ändert also nicht. Dasselbe gilt bei den in der Schweiz vorkommenden Stromprovenienzen bezüglich des «sauren Regens». Nur bei UCPTE-Strom müssten die COP-Werte wesentlich höher sein, was aber daran liegt, dass diesbezüglich die modernen Low-NO_x-Öl- und Gasheizungen sehr sauber sind (tiefer Schwefelgehalt des Öls, fast kein Schwefel im Erdgas), also auch eine etwas ungünstigere Wärmepumpe immer noch unbedenklich ist.
- Die Wärmepumpe kann mit guten Gründen unter die erneuerbaren Energien gezählt werden. Natürlich braucht sie Strom, der in der näheren Zukunft aus nichterneuerbaren Ressourcen stammt, doch ist diese Zusatzenergie stets der kleinere Teil als die verarbeitete Umweltwärme (Tabelle IV). Es darf beigelegt werden, dass auch andere erneuerbare Energien derartigen Zusatz brauchen, sei es für Antriebe von Pumpen und Ventilatoren, sei es (bei Solaranlagen) als Zusatzheizung im Winter.

Literatur

[1] R. Frischknecht et al.: Ökoinventare für Energiesysteme, 3. Auflage, ETH Zürich (1996).

[2] F. Rognon: 50% weniger CO₂? Durch Nutzung erneuerbarer Energie mit Wärmepumpen. Sonnenenergie Nr. 5/98, SSES (1998).

Jahr	1990 (GWh)	1995 (GWh)	2000 (GWh)	2010 (GWh)	nachher (GWh)
Bedarf für WP	370	550	1150	2400	2400+E
1. Ersatz von Elektro-Direkt	0	2	300	1300	1300
2. WKK	550	880	1000	1600	1600+
3. KVA	320	420	620	620	620
4. GuD	0	0	0	0+	0+
Total aus 1-4 verfügbar	870	1300	1900	3500	3500++

Tabelle III Jährliche Elektrizitätsmenge in GWh, welche für Wärmepumpen benötigt werden, bzw. welche durch vier verschiedene Quellen verfügbar werden, nach der Planung von «Energie 2000».



Woher kommt der Strom für den Antrieb der Wärmepumpe?

	Erneuerbar (%)	Konventionell (%)	Antrieb Zusatz
WP, WW	50	50	0
Solar WW	60-80	3	37-17
WP, Heizung	65-80	35-20	0
Solare Heizung	30-80	3	67-17
Holzheizung	97-95	3-5	0

Tabelle IV Anteile an erneuerbarer und konventioneller Energie für verschiedene Technologien (in % des gesamten Energieaufwandes).

Moins de CO₂ en Suisse grâce aux pompes à chaleur

L'auteur examine quel doit être le facteur COP (coefficient de performance) pour que la pompe à chaleur électrique obtienne de meilleurs résultats par rapport à d'autres technologies comparables. Les coefficients d'utilisation annuels moyens ont été analysés à cette fin. Pour toutes les origines courantes de l'électricité, les valeurs effectives des pompes à chaleur existantes sont supérieures à la valeur minimale critique. La pompe à chaleur peut donc, à juste titre, être comptée parmi les énergies renouvelables.