Schadstoffreduktion durch Wärmepumpen in der Schweiz

Autor(en): **Suter, Peter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **89 (1998)**

Heft 24

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902145

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://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)

Y = X	Öl Low NO_x kondens.	Gas 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 *CO_2-Ausstosses*, besser sind als eine Heizung Y.

Y = X	Öl Low NO_x kondens.	Gas 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 – Bezüglich welcher Umweltprobleme soll verglichen werden, zum Beispiel bezüglich des Treibhauseffekts (CO_2-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.

	Bereich der gemessenen JAZ	Durchschnittswert für JAZ WW und RW	nur RW
Neubau	2,0 – 4,2	2,8	3,1
Sanierung	1,9 – 4,0	2,5	2,7

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

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 CO_2-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-Wasser, Luft-Wasser, Wasser-Wasser) spielt fast keine Rolle.
- Bezüglich 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 nähern Zukunft aus nichterneuerbaren Ressourcen stammt, doch ist diese Zusatzenergie stets der kleinere Teil als die verarbeitete Umweltwärme (Tabelle IV). Es darf beigefügt 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 CO_2? 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 CO_2 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.