

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117 (1999)
Heft: 47

Artikel: Umgebungswärmenutzung, Wärme-Kraft-Kopplung:
Forschungsvorhaben des BFE für die Jahre 2000 bis 2003
Autor: Zogg, Martin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79827>

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: 06.02.2025

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

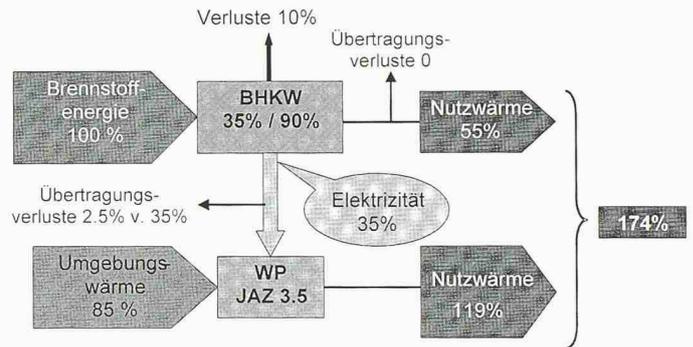
Martin Zogg, Oberburg

Umgebungswärmenutzung, Wärme-Kraft-Kopplung

Forschungsvorhaben des BFE für die Jahre 2000 bis 2003

Jeder dritte Neubau wird in der Schweiz mit Wärmepumpen beheizt. Gegenüber Kesselheizungen lassen sich mit Wärmepumpen in Kombination mit effizienten Blockheizkraftwerken oder Kombikraftwerken heute 30 bis 45 % an Brennstoff und CO₂-Ausstoss einsparen. Die Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte des BFE liegen in der Entwicklung neuer Wärmepumpen für den Sanierungsmarkt sowie bei den Verbesserungen des Gesamtsystems.

1
Beispiel für die Produktion von 174 % Nutzwärme aus 100 % Brennstoffenergie für die Kombination eines Blockheizkraftwerks (BHKW) mit Wärmepumpen (WP), welche die gesamte BHKW-Stromproduktion aufnehmen: BHKW-WP-Kombination im Stromgleichgewicht. Einzelheiten in [1]



Die Wärmepumpentechnologie und die Kombination von Blockheizkraftwerken (BHKW) mit Wärmepumpen (WP) sind mit ihrem hohen und kurzfristig realisierbaren Potential bezüglich Reduktion der CO₂-Emission und des Bedarfs an fossilen Brennstoffen hochaktuell. Durch die Kombination von effizienten Blockheizkraftwerken mit Elektrowärmepumpen lassen sich gegenüber den üblichen Öl- und Gasheizkesseln heute 30 bis 45% an Brennstoffen einsparen und damit die CO₂-Emission entsprechend reduzieren. Bild 1 verdeutlicht dies an einem Beispiel

eines grösseren Blockheizkraftwerks (meist mehreren kleineren) Wärmepumpen im Elektrizitätsnahverteilterbereich. Eine vergleichbare bis höhere Brennstoffnutzung ergibt sich auch für Elektrowärmepumpen, die mit elektrischem Strom aus modernen Kombikraftwerken betrieben werden (Bild 2).

Um die Zuverlässigkeit und den Wirkungsgrad solcher Wärmepumpensysteme zu erhöhen, deren Preis zu senken und möglichst auch die alternativen Fluorkohlenwasserstoff-Arbeitsmittel durch natürliche Arbeitsmittel zu ersetzen, sind

noch grosse Anstrengungen nötig. Die im Rahmen des Forschungsprogramms Umgebungswärme- und Abwärme, Wärme-Kraft-Kopplung (UAW) für die Jahre 2000 bis 2003 geplanten Beiträge werden im Folgenden kurz beschrieben. Das ausführliche Konzept für dieses Forschungsprogramm kann [2] entnommen werden.

Swiss Retrofit Heat Pump

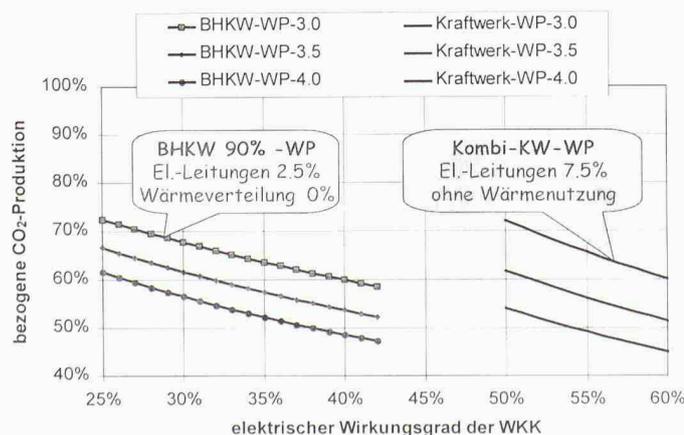
Während sich die Wärmepumpenheizung bei Neubauten mit einem Marktanteil von rund 33% (1998) durchsetzt (Bild 3), liegt das weit grössere Marktpotential der Heizungssanierung für die Wärmepumpe nahezu brach. Deshalb ist die Entwicklung einer effizienten, kostengünstigen Wärmepumpe für den Sanierungsmarkt, die sogenannte Swiss Retrofit Heat Pump (SRHP), das wichtigste Ziel für die Jahre 2000 bis 2003. Die Swiss Retrofit Heat Pump soll sich gegenüber den heutigen Wärmepumpen folgendermassen verbessern:

- Erreichen einer höheren Jahresarbeitszahl bei kleinerem Speichervolumen.
- Ermöglichen eines effizienten Betriebes mit Umgebungsluft als Wärmequelle und Vorlauftemperaturen bis 60 °C.
- Kostengünstiger werden dank modularem Aufbau, gemeinsamer Entwicklung und Serienproduktion.

Die ausführliche Anforderungsliste für die Swiss Retrofit Heat Pump findet man mit dem geplanten Realisierungsweg in [3].

2

Verhältnis der CO₂-Produktion (bzw. Brennstoffbedarf) der Wärmeerzeugung mit WKK-WP-Systemen zu einem Kessel mit Nutzungsgrad 100% (auf unteren Heizwert bezogen) mit Berücksichtigung der Verluste in der elektrischen Nahübertragung. Rechts: zum Vergleich Kombikraftwerk (ohne Abwärmenutzung, elektrischer Wirkungsgrad 58%) – WP. Jahresarbeitszahlen der WP 3 bzw. 3,5 und 4 Einzelheiten in [1]



Nach der Erprobung von zwei bis drei Funktionsmustern auf dem Prüfstand und durch Feldmessungen hofft das BFE auf eine Unterstützung der weiteren Entwicklung zur Serienreife durch die Kommission für Technologie und Innovation (KTI).

Mit dem Erarbeiten von Grundlagen für eine Swiss Retrofit Heat Pump wurde bereits in mehreren Projekten begonnen. Dabei werden folgende Ziele verfolgt:

- Entwicklung und Erprobung neuer Kreisprozesse für eine gute Effizienz und Wärmeleistung bei hohen Temperaturhuben wie im Sanierungsmarkt üblich. Bild 4 zeigt eine der untersuchten Schaltungsvarianten als Beispiel.

- Erforschung von Komponenten mit geringem Flüssigkeitsbetriebsinhalt, die auch für natürliche Kältemittel geeignet sind.

- Entwicklung neuer, intelligenter Regelungskonzepte mit Systemdiagnose für eine hohe Effizienz bei geringem Speichervolumen

- Entwicklung von Sicherheitssystemen für natürliche Arbeitsmittel

Als weitere Aktivitäten zur Entwicklung der Swiss Retrofit Heat Pump sind der Bau und das Ausmessen von Funktionsmustern sowie das Erproben von Vereinfachungsmaßnahmen zur Kostenreduktion geplant.

- Wirtschaftlicher und energetisch effizienterer Wärmepumpenbetrieb durch neue Regelungskonzepte, welche die mit der Kurztestmethode gewonnenen Informationen optimal nutzen. Dabei soll die bisherige, aus der konventionellen Heizungstechnik entlehnte aussentemperaturgeführte Rücklauftemperaturregelung durch eine modellbasierte Pulsbreitenmodulation ersetzt werden. Bei dieser ist nicht wie bei konventionellen Wärmepumpenreglern die Vor- oder Rücklauftemperatur Regelgrösse, sondern die für einen längeren Zeitabschnitt benötigte Wärmemenge. Sie wird aufgrund eines physikalischen Modells von Wärmepumpe, Wärmeverteilsystem und Gebäude berechnet und dem Heizungssystem anschliessend durch möglichst lange, unterbrechungsfreie Betriebsperioden der Wärmepumpe optimal zugeführt.

- Konzeption kostengünstiger Wärmepumpenheizungsanlagen für Niedrigenergiehäuser mit Warmwasserbereitung (Bild 5)

- Erarbeiten von Grundlagen und Computer-Werkzeugen zum Verbessern der Auslegung von Gesamtanlagen. Unter anderem ist in diesem Rahmen ein dynamischer Wärmepumpentest zu entwickeln, welcher auch die An- und Abfahrverluste einer Wärmepumpe in verallgemeinerbarer Art erfassen kann. Weiter sind die in diversen Projekten gewonnenen

Erkenntnisse in die im Auftrag des Bundesamts für Energie entwickelten Auslegungsprogramme WP-Calc sowie WKK-Calc zu implementieren.

Wärme-Kraft-Kopplung (Blockheizkraftwerke)

Forschungsschwerpunkte in der Wärme-Kraft-Kopplung sind beim Bundesamt für Energie heute die Entwicklung von Brennstoffzellen und die Reduktion der Primäremissionen für einen Betrieb von Verbrennungsmotoren zur Einhaltung der strengen Schweizer Luftreinhalteverordnung ohne nachgeschaltete Katalysatoren. Diese Arbeiten werden in den separaten Forschungsbereichen «Akkumulatoren und Brennstoffzellen» und «Feuerung und Verbrennung» durchgeführt. Im Rahmen des Forschungsprogramms Umgebungs- und Abwärme, Wärme-Kraft-Kopplung (UAW) werden in den Jahren 2000 bis 2003 folgende ergänzenden Ziele angestrebt:

- Anpassung und Erproben der erwähnten Kurztestmethode und Fehlerdiagnose an Anlagen der Wärme-Kraft-Kopplung nach Abschluss der entsprechenden Arbeiten bei den Wärmepumpen

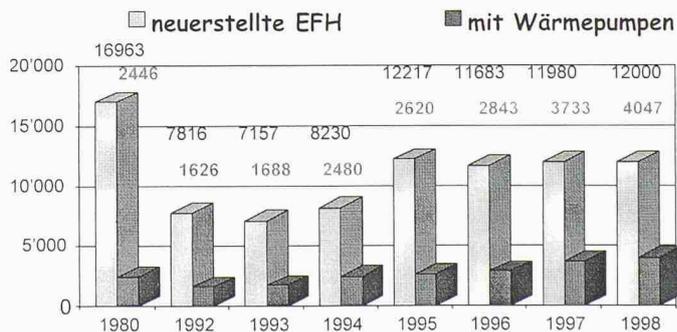
- Weitere Systemoptimierung durch Erarbeiten von Grundlagen für einen effizienten Teillastbetrieb zur Abgabe einer variablen Wärmeleistung

Systemoptimierung

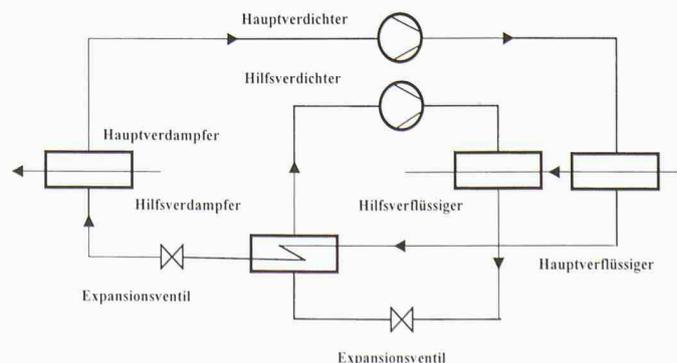
Das hohe Energiesparpotential von Wärmepumpenheizungen wird nur ausgeschöpft, wenn diese eine hohe Jahresarbeitszahl erreichen. Voraussetzung dazu ist nicht nur eine effiziente Wärmepumpe, sondern ein optimales Ganzes aus Wärmequelle, Wärmepumpe, Wärmeverteilsystem und Gebäude. Beim Zusammenspiel der einzelnen Komponenten einer Wärmepumpenheizung treten leider häufig noch erhebliche Mängel auf. Hier setzen die weiteren Forschungsarbeiten des Bundesamts für Energie in den Jahren 2000 bis 2003 mit den folgenden Schwerpunkten an:

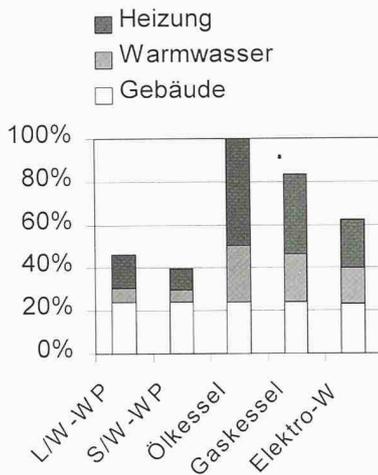
- Entwicklung von Methoden zur laufenden Überwachung und Diagnose von Wärmepumpen und ganzen Wärmepumpenheizungsanlagen durch eine Kurztestmethode. Diese soll nicht nur die Betriebsoptimierung erleichtern und die Wartungskosten weiter senken. Sie soll auch die Parameter für eine neue Wärmepumpenreglergeneration liefern.

3 Anteil der Wärmepumpenheizungen mit Wärmeleistungen unter 20 kW in Einfamilienhaus-Neubauten in der Schweiz (Quelle: Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS)



4 Wärmepumpenprozess mit separatem Kreislauf zur Kondensatunterkühlung für den Sanierungsmarkt (aus [4])





5

Ökologischer Vorteil der Wärmepumpenheizung bei Niedrigenergiehäusern: Vergleich des Treibhauseffekts von Heizung, Warmwasserbereitung und Gebäude (graue Energie) für unterschiedliche Wärmeerzeugungssysteme. Berechnung mit dem für die Wärmepumpe ungünstigsten Grenzfall des Schweizerischen Strommixes mit vollständigem Verbrauch des Stromimports in der Schweiz (0 % Transitanteil). L/W-WP: Luft/Wasser-Wärmepumpe, S/W-WP: Sole/Wasser-Wärmepumpe, Elektro-W: Elektro-widerstandsheizung; (näheres in [6])

Die nächste Tagung mit dem Thema «Effizientere Wärmepumpenheizung durch Optimieren des Gesamtsystems» wird am 9. Mai 2000 in Burgdorf durchgeführt: www.waermepumpe.ch/fe

Erforschung von Grundlagen für Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen, die mit Biomasse betrieben werden.

Internationale Zusammenarbeit

Diverse Projekte konnten bis anhin im Rahmen der Internationalen Energieagentur (IEA) ohne übertriebenen administrativen Aufwand in internationaler Arbeitsteilung erfolgreich angegangen werden. Vom regen internationalen Erfahrungsaustausch der IEA profitierten auch die schweizerischen Aktivitäten. Diese Zusammenarbeit wird deshalb auch in den kommenden Jahren beibehalten. Ergänzend wird eine Ausweitung der bereits bisher intensiven bilateralen Zusammenarbeit mit Deutschland, Österreich und Frankreich durch eine vermehrte Beteiligung am Forschungsprogramm der EU angestrebt.

Umsetzung der Forschungsergebnisse

Die Wärmepumpe ist ein wichtiges Glied in der Förderung regenerierbarer Energien durch die öffentliche Hand. Diese Förderung umfasst im Wesentlichen die in Bild 5 aufgeführten Themenbereiche und

Institutionen. Die Umsetzung der Forschungsergebnisse wird durch enge Zusammenarbeit mit diesen Institutionen ermöglicht.

Ein wichtiger Pfeiler für die Umsetzung ist die direkte Beteiligung privater Firmen an den meisten Forschungsprojekten. Die Absichten der Programmleitung und die Resultate der Projekte bedürfen eines kritischen Dialogs unter den Beteiligten. Dafür werden Workshops zu den einzelnen Forschungsprojekten sowie Fachseminare durchgeführt. Weiter finden jährlich Übersichtstagungen statt. Zusammenfassungen der Ergebnisse der Forschungsarbeiten werden laufend in den einschlägigen Fachzeitschriften publiziert sowie unter www.waermepumpe.ch/fe.

Adresse des Verfassers:

Martin Zogg, Dr. sc. techn. ETH, Leiter des Forschungsprogramms Umgebungs- und Abwärme/Wärme-Kraft-Kopplung des Bundesamts für Energie (Bern), Kirchstrutz 3, 3414 Oberburg

Literatur

[1]

Zogg M.: Maximale Primärenergienutzung und CO₂-Reduktion mit Wärmepumpenheizsystemen. Bundesamt für Energie 1998. In Französisch: Utilisation maximale de l'énergie primaire et réduction des rejets de CO₂ avec les systèmes de chauffage à pompe à chaleur. Office fédéral de l'énergie 1999; beide unter www.waermepumpe.ch/fe (Download)

[2]

Zogg M., Rognon F.: Konzept 2000/2003: Forschungsziele und Prioritäten. In www.waermepumpe.ch/fe unter «Ausschreibung» (Download)

[3]

Ausschreibung Swiss Retrofit Heat Pump des Bundesamts für Energie. In www.waermepumpe.ch/fe unter «Ausschreibung» (Download)

[4]

Reimer G., Zebuder M., Favrat D., Brugnoli C.: Wärmepumpe mit Hilfskreislauf zur Kondensatunterkühlung, Phase 1. Schlussbericht, Bundesamt für Energie 1998. Zusammenfassung in www.waermepumpe.ch/fe

[5]

Reimer G., Shafai E., Wimmer R., Zogg D., Gabathuler H. R., Mayer H., Bruderer H. U.: Kurztestmethode für Wärmepumpenanlagen, Phasen 1 bis 3: Messung, Modellierung und Erprobung der Parameteridentifikation. Schlussbericht, Bundesamt für Energie 1998; Zusammenfassung in www.waermepumpe.ch/fe

[6]

Afjei Th., Betschart W., Bircher R., Doka G., Geering H. P., Ginsburg S., Glass A., Huber A., Shafai E., Welter M., Wittwer D., Zweifel G.: Kostengünstige Niedrigtemperaturheizung mit Wärmepumpe, Phase 2: Ökologischer und ökonomischer Vergleich, Systemoptimierung, intelligente Regelung, Versuche. Bundesamt für Energie 1997; Zusammenfassung in www.waermepumpe.ch/fe

6

Bereiche und öffentliche Akteure zur Förderung der Wärmepumpentechnologie in der Schweiz

Themenbereiche	Institutionen
Forschung und Entwicklung	Hochschulen, Fachhochschulen, Bund und Kantone
Pilot- und Demonstrationsanlagen	Bund und Kantone
Flankierende Massnahmen	
Aus- und Weiterbildung	Bund, Kantone, Fachverbände, Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS)
Schaffung von Planungswerkzeugen	Hochschulen, Fachhochschulen, Bund, Verbände
Qualitätssicherung	Bund, Wärmepumpentestzentrum (WPZ), Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS)
Marketing, Erfolgskontrollen, Behandlung von Tariffragen	Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS)
Information Bauherren	Bund (Novaenergie), Kantone, Elektrizitätswerke
Lufthygienische Aspekte	Buwal, Kantone