

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: 84 (1993)

Heft: 18

Artikel: Luft/Wasser-Wärmepumpen durch Drehzahlregelung verbessert

Autor: Weber, Rudolf

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902724>

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: 08.02.2025

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

Was die Hersteller von Wärmepumpen bisher versäumt haben, hat eine Interessengemeinschaft von Schweizer Ingenieuren nachgeholt: Sie verglichen eine selbstgebaute, drehzahlgeregelte Luft/Wasser-Elektro-Wärmepumpe mit einer handelsüblichen Anlage konstanter Antriebsdrehzahl – und erhielten eine mindestens 25 Prozent höhere Energieausbeute bzw. «Arbeitszahl». Darüber hinaus zeigten sie, dass drehzahlgeregelte Anlagen nicht nur Energie sparen, sondern auch kleiner und billiger sind. Nun liegt es an den Herstellern, diese Erkenntnisse umzusetzen und damit der Wärmepumpe im Sinne von Ressourcenschonung und Umweltschutz zu weiterem Schwung zu verhelfen (Bild 1).

Luft/Wasser-Wärmepumpen durch Drehzahlregelung verbessert

■ Rudolf Weber

Ohne Absicht wurde der Architekt Bruno Dürr aus Gossau bei St. Gallen zum Wärmepumpenfachmann. Und zwar machten er und der Heizungsplaner Peter Hubacher Ende der 70er Jahre bei einem Neubau schlechte Erfahrungen mit einer an sich guten Sache: Die Heizungs-Wärmepumpe leistete nicht annähernd, was der Hersteller versprochen hatte. Und nicht einmal eine allgemeingültige und anwendbare Methode zur Messung der Arbeitszahl von Wärmepumpen existierte. Dürr und Hubacher zögerten nicht lange und gründeten ein Ingenieurbüro, um, finanziell unterstützt vom Nationalen Energie-Forschungs-Fonds (NEFF) der schweizerischen Energiewirtschaft, eine solche Messmethode zu erarbeiten.

Nachdem ihnen dies – in Zusammenarbeit mit Prof. Ehrbar vom Neu-Technikum Buchs – gelungen war (und in Fachkreisen Anerkennung eingebracht hatte), liess sie das Thema Wärmepumpe nicht mehr los: «Wir sind überzeugt, dass die Wärmepumpe einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der Umwelt und zur Einsparung fossiler Energie leisten kann und muss.» Zu diesem Credo kam aber

auch die Erkenntnis, dass die Wärmepumpentechnik noch ein erhebliches Potential für Verbesserungen bot. Credo und Erkenntnis teilten sie mit Heizungsfachleuten aus Ingenieurschulen und Industrie, mit denen sie im Gedankenaustausch standen. Im Jahre 1986 schloss sich diese lose Ideengemeinschaft zur Interessengruppe WPO bzw. Wärmepumpen-Optimierung zusammen.

Konstante Drehzahl ungünstig

Das Interesse der WPO-Gruppe konzentrierte sich auf die Luft/Wasser-Wärmepumpe: Umgebungsluft dient als Quelle von Wärme, die schliesslich auf das Wasser des Heizungskreislaufs übertragen wird. Die Vorteile dieser Anlagen bestehen vor allem darin, dass man sie überall aufstellen kann, dass die Wärmequelle jederzeit zur Verfügung steht und dass sie relativ preiswert sind. Ihr Nachteil: die von Dürr und Hubacher gemessene unbefriedigende Arbeitszahl. Darunter versteht man das Verhältnis der über eine ganze Heizsaison abgegebenen, nutzbaren Heizwärme zu jener Energie, die in Form von elektrischem Strom zum Antrieb des Wärmepumpenkompressors und sämtlicher Hilfseinrichtungen, zum Beispiel Abtau- bzw.

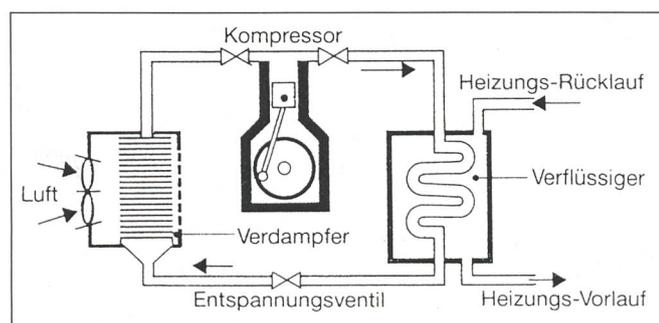


Bild 1 Prinzipschema einer Wärmepumpe

Adresse des Autors:
Dr. Ing. Rudolf Weber
Mayburger Kay 122
A-5020 Salzburg

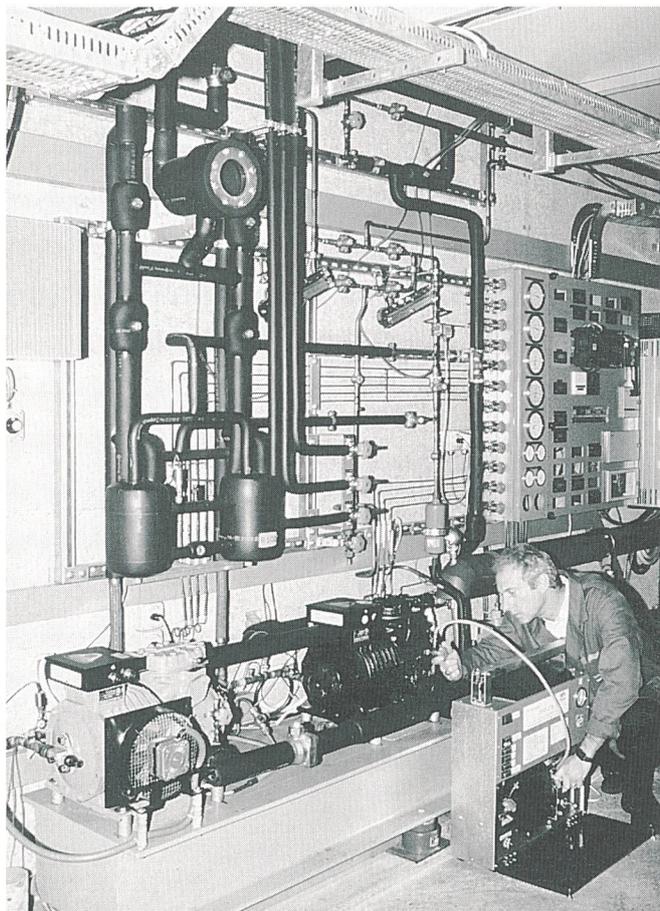


Bild 2 Forschungsanlage EICH: Nach Betriebsversuchen an der Drehzahlgrenze wird das Kältemittel aus den Verdichtern abgesaugt, um die durch das Abweichen von der Normdrehzahl gefährdeten Bauteile ihrer Zylinderköpfe zu inspizieren. Rechts am Bildrand ein Wandschrank mit Überwachungsinstrumenten (Photo Eggenberger)

Enteisungsvorrichtungen, aufgewendet und bezahlt werden muss. Wenigstens den Wert 3 sollte eine Anlage erreichen, doch (allzu) häufig ist es sehr viel weniger.

Der Grund für diese unbefriedigenden Werte ist klar - und ein technischer Anachronismus. Man stelle sich vor, der Motor des Familienautos habe nur eine einzige Drehzahl, ein Getriebe sei nicht vorhanden. Um aus dem Stand überhaupt anfahren zu können, müsste man also die Kupplung lange schleifen lassen, und dann könnte man nur mit einer bestimmten Geschwindigkeit fahren. Undenkbar? Genau so und nicht anders arbeiten heutige handelsübliche Wärmepumpen! Der elektrische Antriebsmotor schaltet sich ein, wenn Heizwärme verlangt wird, er läuft dann mit konstanter Drehzahl, und er schaltet sich aus, wenn ein Sensor meldet, die gewünschte Raumtemperatur sei erreicht.

Es kommt sogar noch unsinniger. Die Wärmepumpe liefert kraft ihrer Wirkungsweise am meisten Wärme dann, wenn die Wärmequelle, zum Beispiel die Aussenluft, am wärmsten ist - wenn man also am wenigsten Heizung braucht. Nun aber werden Wärmepumpen, wie Heizungen ganz allgemein, dafür ausgelegt, auch am kältesten zu erwartenden Wintertag die Wohnung genügend zu erwärmen. Im Falle der heute üblichen Wärmepumpe bedeutet das, dass sie bei früh-

lingshaften Temperaturen mit der gleichen Antriebsdrehzahl und folglich dem gleichen Stromverbrauch läuft wie bei grösster Kälte! Diesen energetischen Unsinn mildert man et-

was mit einem Speicher, der die bei höheren Aussentemperaturen im Überschuss erzeugte Wärme aufnimmt. Bisweilen haben Wärmepumpen auch mehrere Kompressoren, die bei steigendem Wärmebedarf zugeschaltet werden - eine teure, voluminöse und doch nicht befriedigende Lösung.

Lösung Drehzahlregelung

Wirklich zu befriedigen vermag nur eine Wärmepumpe, die in jedem Augenblick genausoviel Wärme mit genau derjenigen Temperatur liefert wie gerade verlangt wird - was dann der Fall ist, wenn man die Drehzahl des Kompressors bzw. seines Antriebsmotors jederzeit entsprechend variiert. Keine leichte Aufgabe, denn bei der Wärmepumpe handelt es sich um ein «superdynamisches» System: Eine Veränderung der Charakteristik auch nur einer der Hauptkomponenten - Kompressor, Verdampfer, Wärmetauscher oder Kältemittel - beeinflusst alle anderen. Diese Komplexität, die sich auch gegen eine theoretische Behandlung sträubt, vermag die Hersteller für ihre Passivität ein wenig zu entschuldigen. Die WPO-Gruppe jedenfalls ging das Problem mit praxisnahen Versuchen an, indem sie auf elektronisch drehzahlregelte Elektromotoren setzte, wie sie sich seit Anfang der achtziger Jahre bewährt hatten. Finanzielle Unterstützung fand sie wiederum beim NEFF, aber auch bei öffentlichen Institutionen wie dem Bundesamt für Energie (BEW) sowie bei Industriefirmen.

1987 wurde an der Ingenieurschule Neutechnikum Buchs (NTB) unter Leitung von Prof. Ehrbar ein Prüfstand für Kompressoren,

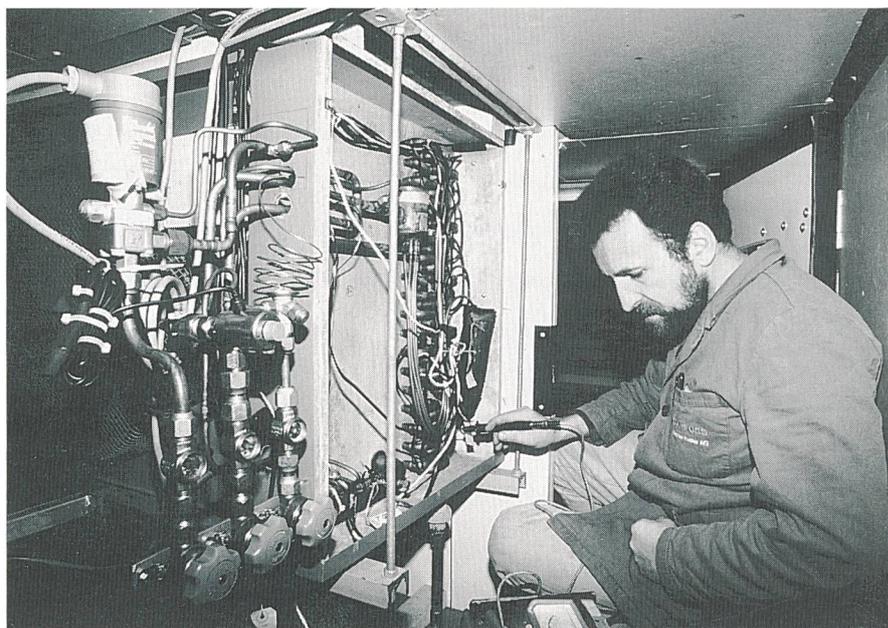


Bild 3 Forschungsanlage EICH: Vertrauen in die computerisierte Messung ist gut, Kontrolle mit Handmessung besser - hier die Regelungsstabilität der Kältemittelüberhitzung. Diese Regelung, für die drei Varianten untersucht werden, ist entscheidend für den Wirkungsgrad einer Wärmepumpen-Anlage (Photo Eggenberger)

Hohe Jahresarbeitszahl wichtig

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) gibt an, wieviel Heizenergie eine Wärmepumpen-Anlage über eine ganze Heizperiode liefert, bezogen auf die gesamte zu ihrem An- und Betrieb nötige (und zu bezahlende) Antriebs- und Hilfsenergie. Die JAZ musste früher gemessen werden, doch gibt es heute auch Berechnungsprogramme. Eine JAZ von 3 gilt als guter Wert.

Eine hohe JAZ ist nicht nur der Wirtschaftlichkeit wegen erstrebenswert. Wo nämlich der Strom für ihren Betrieb aus Wärmekraftwerken kommt, bildet eine JAZ von wenigstens 3 auch die Voraussetzung, damit Wärmepumpen-Anlagen auch energetisch Sinn machen. Der Wirkungsgrad solcher Kraftwerke liegt ja nach Typ zwischen 30 und 40 Prozent – nur ein Drittel der Brennstoffenergie wird in Strom umgewandelt. Bei einer JAZ von 3 beträgt dann der Gesamtwirkungsgrad des Systems Kraftwerk/Wärmepumpe ein Drittel mal drei, also gerade 1 bzw. 100 Prozent – gleich einem modernen Kondensations-Öl- oder Gasheizkessel. Ist die JAZ kleiner, verbraucht die Wärmepumpe mehr Primärenergie als eine Öl- oder Gasheizung.

Eine strombetriebene Anlage ist emissionsfrei (doch ist auf Dichtheit zu achten, wenn Kältemittel wie Freon verwendet werden, weil diese zum Abbau der Ozonschicht beitragen). In die Betrachtung der Umweltverträglichkeit muss man aber auch die Emissionen des stromerzeugenden Kraftwerks einbeziehen, bei Wärmepumpenantrieb mit einem Diesel- oder Gasmotor dessen Abgase und Lärm.

das Herzstück der Wärmepumpen, erstellt. Hier zeigte sich, dass handelsübliche, für eine einzige Drehzahl (z.B. 1800 U/min) ausgelegte Kompressoren durchaus im weiten Drehzahlbereich von 800 bis 2400 je Minute bzw. 25 bis 75 Hertz des Antriebs-Drehstroms betrieben werden können, ohne Schaden zu nehmen oder allzu stark an Leistung einzubüßen.

Nach dieser Erkenntnis unternahm die WPO-Gruppe den nächsten Schritt und richtete im Anbau an das Wohnhaus eines Gruppenmitglieds in Füllinstorf bei Basel das Prüflabor EICH ein (Bilder 2 und 3). Hier konnten (und können) komplette Wärmepumpenanlagen bis zu 100 Kilowatt Heizleistung (für ein Einfamilienhaus reichen etwa 15 Kilowatt) praxisgerecht erprobt werden. Unterschiedliche Aussenlufttemperaturen und -mengen lassen sich ebenso simulieren wie verschiedene Heizlasten. Mitte 1992 waren die Messungen soweit abgeschlossen, dass die WPO-Gruppe Ergebnisse bekanntgab, vor allem jene einer Vergleichsmessung zwischen einer drehzahlgeregelten und einer nicht geregelten, ansonsten aber gleichen Anlage (über eine volle Heizperiode).

Beträchtliches Verbesserungspotential

«Die erwarteten Vorteile der Drehzahlregelung haben sich bestätigt, gewichtige Nachteile sind nicht zu verzeichnen», fasst Bruno Dürr zusammen. Insbesondere liegt die Arbeitszahl drehzahlgeregelter Anlagen mindestens 25 Prozent höher, sie kann durchaus den Wert 4 erreichen. Dazu ist keineswegs eine teure Spezialkonstruktion nötig, vielmehr lässt sich – mit entsprechendem Know-how – eine solche Anlage aus handelsüblichen Teilen zusammenstellen. Zur Einsparung von rund einem Viertel elektrischer Antriebsenergie kommt, dass die dreh-

zahlgeregelte Anlage kleiner (zudem auch der Speicher wegfällt) und letztlich auch in der Anschaffung billiger ist.

Obschon man «es jetzt weiss», setzt die WPO-Gruppe ihre Messungen fort. Die Optimierung von Abtaueinrichtungen und Verdampfern, vor allem aber die Ausdehnung des Drehzahlbereichs nach unten bis zu 300 je Minute, entsprechend etwa 10 Hertz Drehstromfrequenz, sind die nächsten Ziele. Dabei ist die Drehzahlsenkung keineswegs trivial, wenn der Kompressor noch rund und damit verlässlich laufen soll. Auch eine Umweltfrage harret noch der Beantwortung, nämlich die nach einem wirklich umweltverträglichen Kältemittel. Im Labor EICH wurde noch das übliche chlorhaltige «R 502» verwendet, das rein technisch gesehen für Wärmepumpen ideal, aber eben ein Treibhausgas ist. Die derzeit vielgeprüfte Alternative «R 314a» ist zwar weniger gut geeignet, aber chlorfrei und daher nach dem bevorstehenden Verbot von «R 502» eine tragbare Übergangslösung.

Dass es weitere Verbesserungspotentiale gibt, sollte aber kein Alibi für die Wärmepumpenhersteller sein, die Hände im Schoss ruhen zu lassen. Sie (und auch die Hersteller von Kompressorkühlschränken – nichts anderes als umgekehrt arbeitende Wärmepumpen) sind gefordert, sich mit der Drehzahlregelung zu befassen. Und wenn die Kundschaft mit gutem Recht nur noch drehzahlge-regelte Anlagen verlangt, kann das der Entwicklung nur förderlich sein.

Amélioration des pompes à chaleur air/eau grâce au réglage du régime

Une communauté d'intérêts d'ingénieurs suisses a rattrapé ce que les fabricants de pompes à chaleur avaient oublié jusqu'à présent: ils ont comparé une pompe à chaleur air/eau électrique à régime réglable, qu'ils ont construite eux-mêmes, avec une installation à régime constant courante sur le marché et ont obtenu un rendement énergétique, ou «chiffre de performance» de 25% plus élevé. Ils ont en outre mis en évidence le fait que les installations à régime réglable non seulement économisent de l'énergie, mais qu'elles sont aussi d'un encombrement et d'un coût moins importants. C'est maintenant aux fabricants de mettre ces connaissances en pratique et de continuer à promouvoir la pompe à chaleur afin d'économiser les ressources et protéger l'environnement.