**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:** 91 (2000)

**Heft:** 4

**Artikel:** Wärmepumpe mit Hilfskreislauf zur Kondensatunterkühlung

**Autor:** Zogg, Martin

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-855532

**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:** 09.07.2025

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

# Wärmepumpe mit Hilfskreislauf zur Kondensatunterkühlung

## Phase 2: Experimentelle Untersuchung

Das Forschungsprojekt «Wärmepumpe mit Hilfskreislauf zur Kondensatunterkühlung» im Forschungsprogramm «Umgebungs- und Abwärme, Wärme-Kraft-Kopplung (UAW)» des Bundesamts für Energie (BFE) wurde abgeschlossen. Dazu wurden eine Versuchsanlage gebaut und entsprechende experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Es zeigte sich, dass der untersuchte Wärmepumpenprozess mit separatem Kreislauf zur Kondensatunterkühlung eine Erhöhung der Leistungszahl um 5 bis 10% und der Wärmeleistung um gut 20% bringt.

■ Martin Zogg

### Wärmepumpe für den Sanierungsmarkt

Im Rahmen der Entwicklung einer Wärmepumpe für den Sanierungsmarkt mit hohen Vorlauftemperaturen wurde ein neuer Kreisprozess mit separatem Kreislauf für die Kondensatunterkühlung vorgeschlagen (Bild 1).

In einer ersten Projektphase (Zusammenfassung in www.waermepumpe.ch/fe) zeigte eine Computersimulation für diesen Prozess eine deutliche Steigerung der Leistungszahl und der Heizleistung. Deshalb wurden nun in der zweiten Phase eine Versuchsanlage gebaut und damit entsprechende experimentelle Untersuchungen durchgeführt.

Die Versuchswärmepumpe mit einer Heizleistung von rund 7 kW (bei –2/50°C) enthält im Hauptkreislauf einen Scrollverdichter (68 cm³, isentroper Wirkungsgrad 62%) und im Hilfskreislauf einen kleineren Hubkolbenverdichter (13 cm³, isentroper Wirkungsgrad 47%). Als Besonderheit zur Untersuchung der Regelung wurden beide Kreisläufe mit elektronischen Expansionsventilen ausgerüstet.

Als Kältemittel wurde das zeotrope Gemisch R407C und das für die hohen Temperaturhübe im Sanierungsmarkt interessante neue Isceon 59 verwendet. Ziel der Entwicklung ist eine Wärmepumpe für den Sanierungsmarkt mit Luft als Wärmequelle. Zur Reduktion des Aufwands wurde die Versuchsanlage aber mit einem Wasser-Ethylenglykolgemisch auf der Wärmequellenseite betrieben.

Mit R407C als Kältemittel wurden die im Bild 2 gezeigten Leistungszahlen und Heizleistungen gemessen. Die absoluten Werte der Leistungszahlen sind bescheiden, da die Wärmeübertrager infolge einer nachträgliche Änderung der Verdichterwahl nicht optimal ausgelegt waren, die Verdichter teilweise ausserhalb des empfohlenen Einsatzbereichs betrieben wurden und weil die Maschine zu Messzwecken unüblich langen Verbindungsleitungen sowie zusätzliche Wärmeverluste durch diverse Messstellen aufweist.

### Erhöhung der Leistungszahl und der Wärmeleistung

Interessant sind die gegenüber dem konventionellen einstufigen Wärmepumpenprozess erzielten Verbesserungen. Die Verbesserung der Leistungszahl beträgt im untersuchten Bereich (Quellentemperatur –8°C bis 8°C, Senkentemperatur 40°C/50°C) im Mittel etwa 5%. Bei der aufgrund der Mess-Ergebnisse durch eine Computersimulation berechneten Jahres-

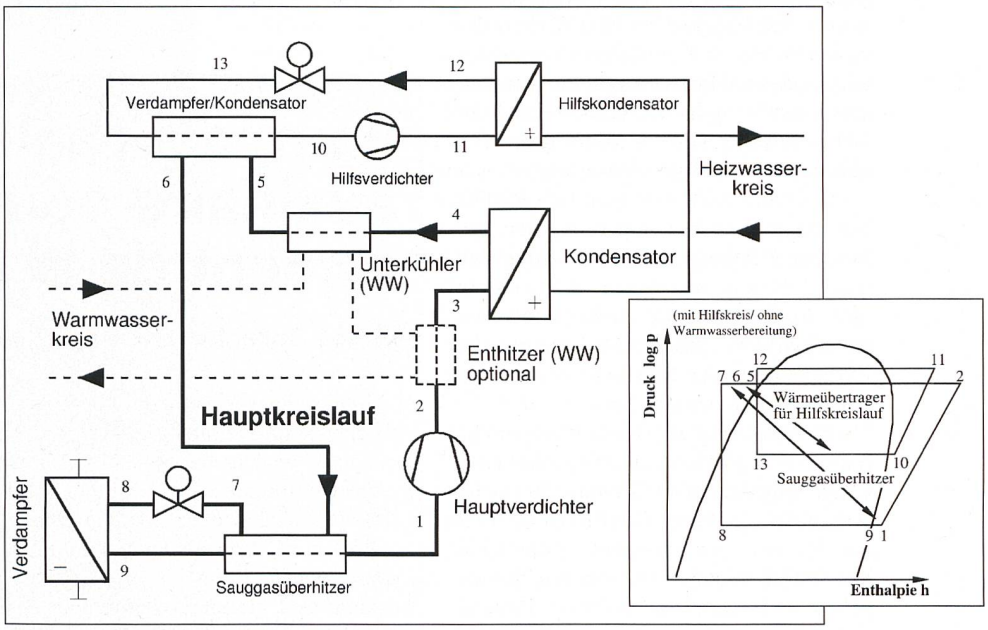


Bild 1 Kreisprozess für Wärmepumpen mit separatem Kreislauf für die Kondensatunterkühlung (Bild aus Schlussbericht).

**Adresse des Autors**
Prof. Dr. *Martin Zogg*
Programmleiter UAW
Kirchstutz 3
3414 Oberburg
martin.zogg@bluewin.ch

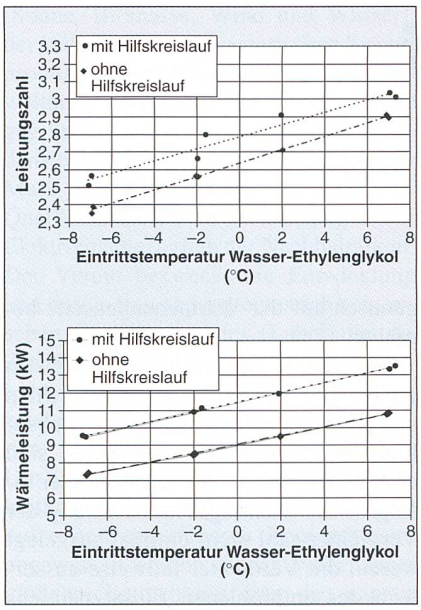


**Bild 2 Messwerte an der Versuchsanlage mit R407C bei einer Wärmesenkentemperatur von 40°C/50°C mit eingetragenen Trendlinien.**
**Oben: Leistungszahlen mit und ohne Kondensatunterkühlungs-Kreislauf, ohne Hilfsantriebe, max. relativer Fehler ± 5%.**
**Unten: Heizleistungen, max. relativer Fehler ± 1,5%.**

arbeitszahl ergab sich sogar eine Verbesserung um rund 10%, wenn von einer Temperaturspreizung im Senkenkreislauf (Heizwasserkreislauf, Speicherkreislauf) von 10 K bei –12°C Aussen- und 60°C Heizwasservorlauftemperatur sowie einem konstanten Senkenkreislaufvolumenstrom ausgegangen wird. Der Grund für dieses zunächst verblüffende Ergebnis liegt in der höheren Wärmeleistung der Wärmepumpe bei höheren Aussentemperaturen. Dies führt zu höheren Temperaturspreizungen auf der Wärmesenkenseite. Diese begünstigen die Effizienz des neuen Prozesses. Ein weiterer Vorteil des aufwendigeren Prozesses für die Kondensatunterkühlung ist die Verbesserung der Wärmeleistung von im Mittel über 20% gegenüber einstufigen Prozessen.

Die beim Kältemittelgemisch R407C mit einem hohen Temperaturgeleit gemessene Leistungszahlverbesserung von rund 5% wird mit reinen Kältemitteln und azeotropen Kältemittelgemischen auf etwa 10% erhöht. Dies zeigte die Extrapolation der Mess-Ergebnisse mit einer Computersimulation.

Die Forderung von Vorlauftemperaturen bis 60°C für den Sanierungsmarkt mit Umgebungsluft als Wärmequelle (siehe BFE-Ausschreibung *Swiss Retrofit Heat Pump* in www.waermepumpe.ch/fe) kann mit R407C nicht erfüllt werden. Es ergeben sich damit auch beim Prozess mit Kondensatunterkühlungs-Kreislauf zu hohe Druckverhältnisse und zu hohe Verdichtungsendtemperaturen. Das neue Kältemittelgemisch Isceon 59 ist hier deutlich überlegen. Die Anforderungen für den Sanierungsmarkt können damit problemlos erfüllt werden. An der Versuchsanlage wurden mit Isceon 59 vergleichbare Leistungszahlen gemessen wie mit R407C (Bild 3). Als Nachteil muss mit Isceon 59 aber eine um rund 15% geringere Heizleistung in Kauf genommen werden.

Ursprünglich wurden durch die zwei gekoppelten Kreisläufe bedingte Regelungsprobleme erwartet. Diese traten aber nicht auf. Auf die in der Versuchsanlage realisierte Kaskadenregelung kann deshalb verzichtet werden. Der Hilfskreislauf mit Kondensatunterkühlung könnte wohl sogar mit einer einfachen Kapillarrohrexpansion ausgerüstet werden.

## Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der untersuchte Wärmepumpenprozess mit separatem Kreislauf zur Kondensatunterkühlung eine Erhöhung der Leistungszahl um 5 bis 10% und der Wärmeleistung um gut 20% bringt. Die grössere Komplexität und teilweise noch fehlende Komponenten für kleinere Leistungen lassen den vorgeschlagenen Prozess besonders für grössere Wärmepumpen interessant erscheinen.

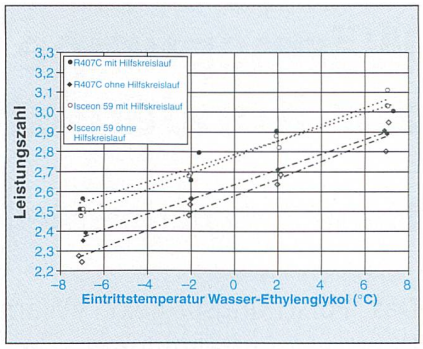


**Bild 3 Vergleich der mit Isceon 59 und mit R407C gemessenen Leistungszahlen (ohne Hilfsantriebe, max. relativer Fehler ± 5%) mit eingetragenen Trendlinien (Wärmesenkentemperatur 40°C/50°C).**

### Der ausführliche Schlussbericht zu diesem BFE-Forschungsprojekt

M. Zehnder, D. Favrat, E. Zahnd, J. Cizmar, G. Reiner, C. Brugnoli, P. Reis:
«Wärmepumpe mit Hilfskreislauf zur Kondensatunterkühlung, Phase 2: Experimentelle Untersuchung, Bundesamt für Energie 1999»

kann unter der ENET-Nummer 9824787 bezogen werden bei

ENET, Administration und Versand, Postfach 130, 3000 Bern 16
(*41) 31 350 00 05 n+1@email.ch Fax (*41) 31 352 77 56.

# Pompe à chaleur avec circuit auxiliaire pour le refroidissement de la condensation

## Phase 2: recherche expérimentale

Réalisé dans le cadre du programme de recherche «Umgebungs- und Abwärme, Wärme-Kraft-Kopplung (UAW)» (Chaleur environnementale et chaleur perdue, couplage chaleur-force) de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), le projet de recherche intitulé «Wärmepumpe mit Hilfskreislauf zur Kondensatunterkühlung» (Pompe à chaleur avec circuit auxiliaire pour le refroidissement de la condensation) a été achevé. Il a fallu ici construire une installation d'essai et réaliser des recherches expérimentales correspondantes. Les résultats ont montré qu'une pompe à chaleur avec circuit auxiliaire pour le refroidissement permet d'augmenter le taux de rendement de 5 à 10% et le rendement thermique de plus de 20%.