

Forschungszusammenarbeit «Wärmepumpen»

Niedrigenergiehäuser brauchen massgeschneiderte Wärmepumpensysteme für die Integration von verschiedenen Funktionen. Unter Schweizer Leitung haben zehn Länder in internationaler Forschungszusammenarbeit Prototypen entwickelt und Feldtests durchgeführt, um Empfehlungen für künftige Systeme machen zu können.



Am Annex 32 teilnehmende Nationen unter der Schweizer Leitung von Carsten Wemhöner (5. v. l.) anlässlich eines Treffens an der Technischen Universität Graz.

«Niedrigenergiehäuser brauchen angepasste Haustechniksysteme, welche die speziellen Gegebenheiten von verringertem Heizwärmebedarf und konstantem Warmwasserverbrauch sowie die Anforderung nach möglichst effizientem Betrieb nutzen können», sagt Carsten Wemhöner, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut Energie am Bau der Fachhochschule Nordwestschweiz in Muttenz. Während der vergangenen fünf Jahre hat er das Projekt 32 (IEA HPP Annex 32) des Wärmepumpenprogramms (HPP) der Internationalen Energie-Agentur (IEA) geleitet. Zehn Länder haben sich unter der Schweizer Führung mit der Untersuchung von Heiz- und Kühlsystemen für Niedrigenergiehäuser befasst. Es wurden Prototypen entwickelt und Feldtests durchgeführt, um die Krite-

rien geeigneter Systeme für den Einsatz in modernen Gebäuden detailliert untersuchen zu können.

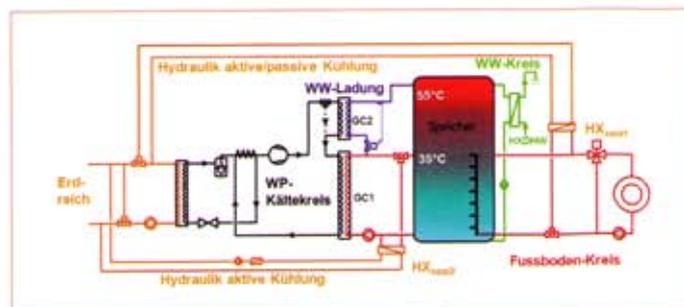
Niedrigenergiehäuser erfordern mehr Funktionen

Carsten Wemhöner: «Der Heizwärmebedarf von Neubauten wurde durch schärfere gesetzliche Grenzwerte reduziert. In der Schweiz erfolgte dies beispielsweise mit den Mustervorschriften der Kantone (MuKEn). Damit hat die Warmwasserbereitung einen höheren Stellenwert erhalten, was sich auf die Anlagentechnik direkt auswirkt.» Die verstärkte Wärmedämmung der Gebäudehülle mit einer luftdichten Bauweise macht in der Regel Wohnungslüftungen erforderlich. Zudem stellen heute Massnahmen zur Vermeidung der sommerlichen Überhitzung einen weiteren Komfortanspruch

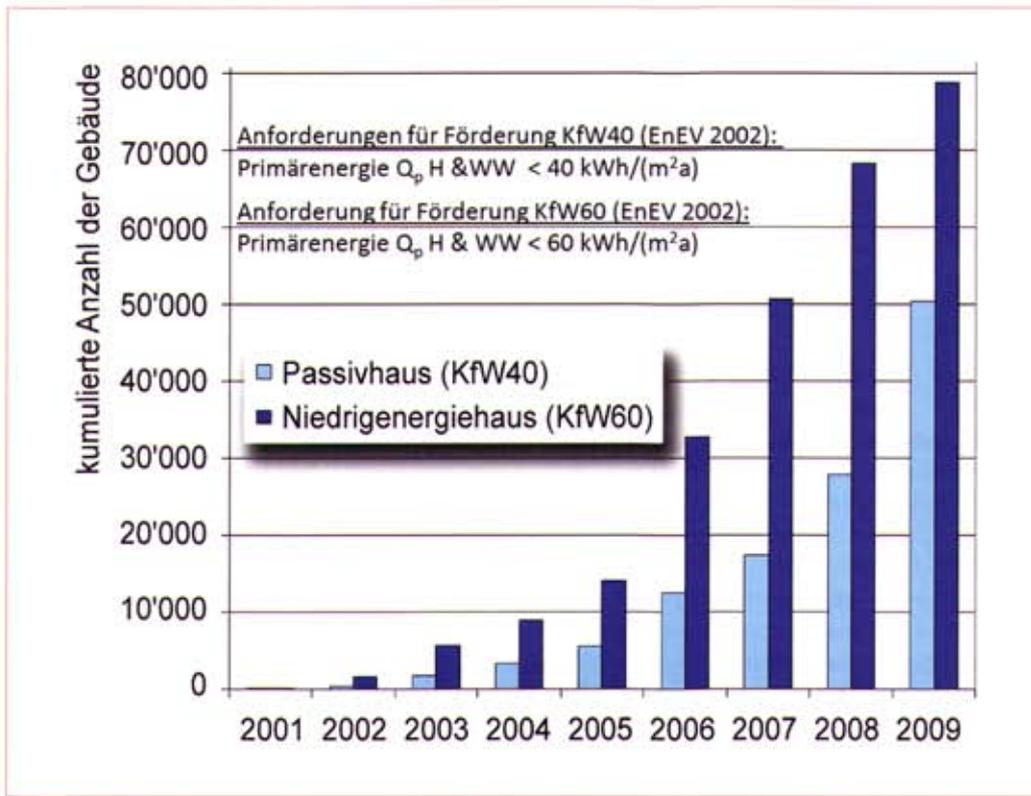
dar. Damit erhalten einerseits konsequente Wärmerückgewinnung aus der Wohnungslüftung und andererseits Kühlmöglichkeiten eine grössere Bedeutung für die Gestaltung des Haustechniksystems. Es hat sich gezeigt, dass hierbei multifunktionale Wärmepumpen-Lösungen aufgrund von Effizienzvorteilen durch die interne Wärmerückgewinnung, geringe-

ren Platzbedarf, besser aufeinander abgestimmter Komponenten und vereinfachter Installation interessante Optionen bieten. «Die Gruppe Gebäudetechnik hat in den letzten Jahren schon mehrere Forschungsprojekte zur Verbesserung der Systemintegration und Effizienzberechnung von Wärmepumpenanlagen durchgeführt», ergänzt Prof. Thomas Afjei.

Das Bundesamt für Energie (BFE) lancierte im Ausschuss des IEA-Wärmepumpenprogramms ein entsprechendes internationales Forschungsprojekt zu multifunktionalen Systemen für Niedrigenergiehäuser und beauftragte das Institut Energie am Bau der Fachhochschule Nordwestschweiz mit der Leitung. Nachdem die vertraglichen und organisatorischen Arbeiten abgeschlossen waren, begann der Annex 32 mit einem Treffen aller teilnehmenden Länder, bei dem der jeweilige Stand der Entwicklung präsentiert und Vorschläge für die nationalen Forschungsvorhaben eingebracht wurden. So konnte man einen Überblick gewinnen, wo die einzelnen Länder Österreich, Kanada, Deutschland, Frankreich, Japan, Niederlande, Norwegen, Schweden, USA und die Schweiz in Bezug auf Technologie und Umsetzung standen.



Systemkonfiguration des österreichischen Prototyps einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit 5 kW Leistung und dem Kältemittel CO₂. (Grafik: IWT, TU Graz)



Niedrigenergiehäuser finden immer mehr Verbreitung, z.B. in Deutschland.

«Ich erachte diese breite Übersicht über den Stand einer bestimmten Technik sowie die jeweiligen Zukunftsabsichten der Teilnehmenden als einen Vorzug der Leitungsfunktion. Diese umfasst die Koordination, Kontakt- und Internet-Pflege, Reisetätigkeiten, Berichterstattung usw. und benötigt etwa ein 30-%-Pensum», sagt Carsten Wemhöner.

Prototypentwicklung für länderspezifische Bedingungen

Der internationale Vergleich hatte damals deutlich aufgezeigt, dass im Leistungsbereich von 2-5kW, in welchem Wärmepumpen den Energiebedarf von Niedrigenergiehäusern abdecken sollten, keine optimalen Anlagen zu finden waren. Daher stand von Anfang an die Entwicklung von Prototypen als Schwerpunkt des Annex 32 fest. An der TU Graz in Österreich wurde beispielsweise ein System einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit 5kW Leistung und CO₂ als Arbeitsmittel entwickelt, in Frankreich eine Luft-Luft-Wärmepumpe für Nie-

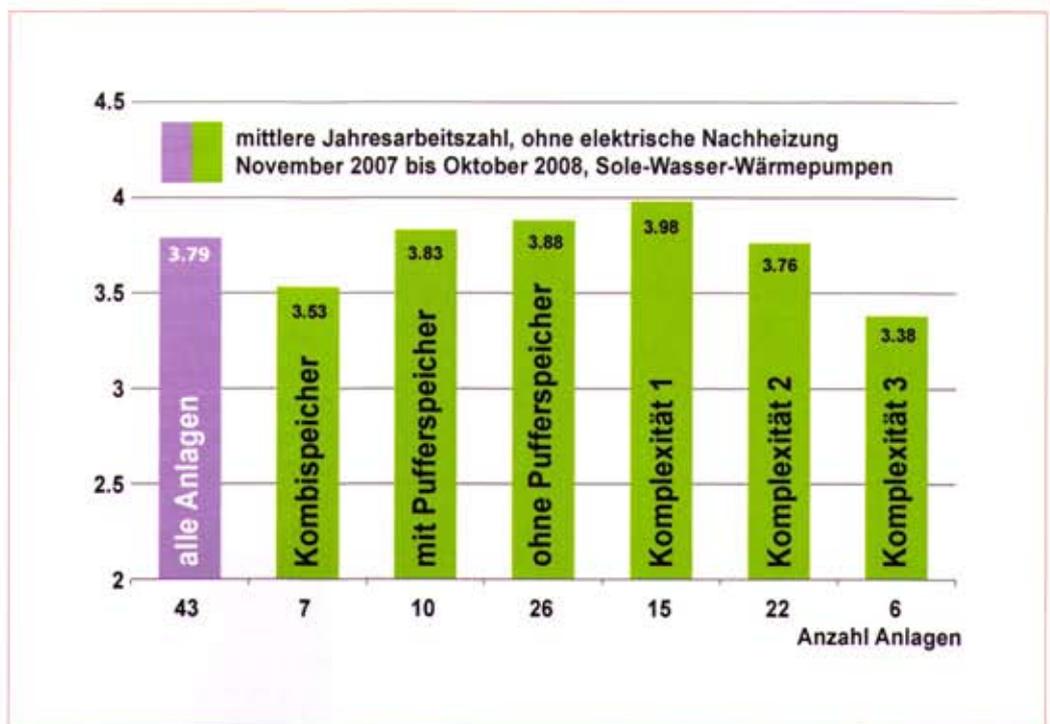
drigenergiehäuser getestet und in den USA eine hochintegrierte Einheit mit zusätzlicher Entfeuchtung vermessen und simuliert.

So konnte jedes Land seinen spezifischen Anforderungen entsprechend eigene Entwicklungsarbeiten ausführen, welche dann auch

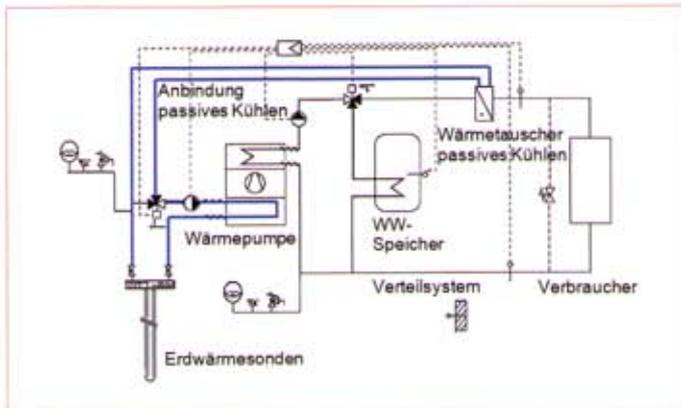
inspirierenden Charakter innerhalb des IEA-Projekts aufwiesen und das gemeinsame Know-how stärkten. Gleichzeitig waren zunächst auch gewisse Erfahrungsunterschiede zu überbrücken, da insbesondere in den drei Ländern Deutschland, Österreich und der Schweiz die Marktentwicklung und Realisierung von Niedrigenergiehäusern (Passivhaus, Minergie-P usw.) wesentlich weiter fortgeschritten waren.

Umfassende Feldtests

Zweiter Schwerpunkt waren Feldmessungen bei bestehenden, bis ca. 2007 erstellten Niedrigenergiehäusern mit Wärmepumpen. Mehr als 100 Anlagen in Niedrigenergiehäusern mit alternativem Heiz- und Warmwasser-Betrieb wurden untersucht. Carsten Wemhöner: «Die Feldtests haben bestätigt, dass die Kriterien der EU-Richtlinie (EU-RES Direktive) eines Mindestnutzungsgrades von 2.63 zur Erfüllung der Deklaration als erneuerbare Energie überschritten werden. Damit tragen die vermessenen Wärmepumpen verglichen



Feldtest-Resultate: Abhängigkeit des Nutzungsgrads von der Systemkonfiguration der Sole-Wasser-Wärmepumpen. (Grafik: Fhg-ISE)



Im Schweizer Beitrag wurde die hydraulische Integration einer Kühlfunktion mit Sole-Wasser-Wärmepumpen ohne simultane Kühloption untersucht.

(Bild: Huber Energietechnik AG und FHNW-Institut Energie am Bau)

mit den besten fossilen Wärmeerzeugern, also kondensierenden Gas-Brennwertkesseln, effektiv zur Primärenergieeinsparung und CO₂-Reduktion bei.»

Feldtests wurden in den meisten teilnehmenden Ländern durchgeführt, wobei in Deutschland auch eine umfangreiche Untersuchung mit rund 75 Wärmepumpen als Kesseleratz stattfand. Dabei haben Sole-Wasser-Wärmepumpen mit einem Wärmeerzeuger-Nutzungsgrad von 3.3 erwartungsgemäss besser abgeschnitten als

Luft-Wasser-Systeme. Diese zeigen jedoch im Sommer gute Resultate für die Warmwasserbereitung. Man konnte ferner erkennen, dass einfacher gestaltete Konfigurationen oft höhere Nutzungsgrade erreichen. Dies darf auch als Hinweis verstanden werden, dass multifunktionale Kompaktsysteme eine optimierte Konzeption und Auslegung verlangen, aber auch eher bieten können. Denn die Feldtests haben gezeigt, dass typische Betriebsprobleme oft bei einer ungünstigen Integration und

Regelung von Speichern auftreten. Darüber hinaus sind komplexe hydraulische Schaltungen mit vielen Ventilen fehleranfälliger. Die Empfehlungen sind daher: Angemessene Auslegung aller Komponenten auf die Lastsituation des Hauses und möglichst niedrige Vorlauftemperaturen sowie optimale Definition der Speicherladestrategie.

Vorzüge der multifunktionalen Geräteintegration

Carsten Wemhöner: «Der Annex 32 ist inzwischen abgeschlossen, die Berichte werden zurzeit publiziert und zahlreiche Empfehlungen können kommuniziert werden. Wir gehen davon aus, dass die einzelnen Industriepartner diese Vorschläge aufnehmen und in ihren Entwicklungsanstrengungen für multifunktionale Wärmepumpensysteme für Niedrigenergiehäuser aufnehmen.»

Es wurde bei diesem internationalen Projekt erkennbar, dass es von Vorteil sein kann, alle Funktionen mit einem einzigen Erzeugersystem abzudecken, verschiedenen Gebäudetechnikfunktionen simultan und mit Effizienzgewinn zu realisieren und damit bei entsprechend dimensionierter Anlagenauslegung hohe Nutzungsgrade erreichen zu können. «Bei der Integration können die Komponenten optimal aufeinander abgestimmt werden, aufgrund zusätzlicher Funktionen sind höherwertige Anlagenteile, z.B. mit Leistungsregelung, einsetzbar und somit ist das Gesamtergebnis besser», fasst Carsten Wemhöner die Erkenntnisse zusammen.

Ein wichtiges Thema der Simulationen und Prototypentwicklung waren auch die Kältemittel. Im Hinblick auf das geringe Ozonabbaupotenzial von CO₂ ist das natürliche Kältemittel vor allem für hohe Warmwasseranteile interessant und eignet sich zudem auch für hohe Warmwassertemperaturen. Wichtig ist aber eine niedrige Eintrittstemperatur in den Gaskühler, was den Einsatz im Heizbetrieb

erschwert. Bisher ist auch die Verfügbarkeit von geeigneten Komponenten für Kleinanlagen einem verbreiteten Einsatz hinderlich. Zugleich besteht auf Komponentenseite im kleinen Leistungsbereich noch Entwicklungspotenzial.

Neues Projekt für neue Gebäudestandards

Ist damit die Forschungsarbeit abgeschlossen? Carsten Wemhöner verneint diese Frage: «So sehr sich die Systemintegration als vorteilhaft erwiesen hat, durch die derzeitigen Zielsetzungen wie Nullmission sowie Null- und Plusenergiehaus kommen weitergehende Anforderungen auf uns zu, die beispielsweise mit einem breiteren Einbezug von Energiequellen und energetisch genutzten Gebäudeteilen (z.B. Fassaden) sowie die Integration von Sonnenenergie in der Wärmepumpentechnik erfüllt werden können. Deshalb haben wir bereits erste Vorschläge für ein neues Projekt der internationalen IEA-Zusammenarbeit gemacht.»

Schweizer Projekt: Kühlen kann integriert werden

Am Status-Seminar, Anfang September 2010 in Zürich, konnte Ralf Dott, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut Energie am Bau der Fachhochschule Nordwestschweiz in Muttenz, einen abschliessenden Bericht zum Schweizer Beitrag im Annex 32 geben. Dieses Projekt untersuchte die Integration des Kühlens in ein multifunktionales Wärmepumpensystem für das Niedrigenergiehaus. Kühlen von Wohngebäuden muss zwar als ergänzender Behaglichkeitsaspekt betrachtet werden. Moderne Gebäudestandards arbeiten jedoch mit verbesserter Wärmedämmung der Gebäudehülle, verlieren also auch weniger Wärme im Sommer. Deshalb gewinnt das Kühlen, neben den Funktionen Heizen, Warmwasser und Lüftung, zunehmend an Bedeutung, da nicht jedes Gebäude optimal realisiert und betrieben wird. Es geht hierbei vor allem um die Vermeidung von Temperaturspitzen bzw. um eine sanfte Absenkung der Raumtemperatur.

Mit Simulationen einzelner Systemkonfigurationen auf der Grundlage der 2008 definierten Standardschaltungen für effizientes Kühlen (SEK) und zwei Feldtests wurden Empfehlungen erarbeitet. Ein Systemvergleich zeigte, dass sehr gute Luft-Luft-Splittergeräte mit Konvektor und erdgekoppelte passive Kühlsysteme die besten Nutzungsgrade für solche Anlagen ergeben. Damit sind passive und sehr effiziente aktive Kühlfunktionen ausreichend, so dass der zusätzliche elektrische Energieaufwand moderat ausfällt. Ein simultaner Kühl- und Warmwasserbetrieb wird bei Erdkopplung nicht empfohlen, da die aufgrund des Speichereffekts des Erdreichs geringe Effizienzsteigerung einen höheren Anlagenaufwand nicht rechtfertigen und eine vereinfachte Hydraulikschaltung vorzuziehen ist.

Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen in Wohngebäuden – Theorie und Praxis, Ralf Dott, ralf.dott@fhnw.ch

Carsten Wemhöner
Fachhochschule
Nordwestschweiz
Institut Energie am Bau
4132 Muttenz
carsten.wemhoener@fhnw.ch
www.fhnw.ch/iebau

Wärmepumpenprogramm
der Internationalen
Energie-Agentur (IEA)
www.heatpumpcentre.org

Homepage des IEA HPP
Annex 32
www.annex32.net

BFE-Energieforschung:
Energie in Gebäuden
Bereichsleiter:
Andreas Eckmanns
Programmliter:
Prof. Thomas Kopp
www.bfe.admin.ch/
forschungwkk