



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

Jahresbericht 1. Dezember 2009

SEK – Standardlösungen zum energieeffizienten Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm «Wärmepumpen, WKK, Kälte»
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

VIESSMANN (Schweiz) AG
Geschäftsbereich Satag Thermotechnik, CH-9320 Arbon

Auftragnehmer:

Fachhochschule Nordwestschweiz
Institut für Energie am Bau
HABG
FHNW
St. Jakobs-Str. 84
CH-4132 Mutenz
www.fhnw.ch/iebau

Autoren:

Ralf Dott
Norbert Lederle
Prof. Dr. Thomas Afjei, FHNW, thomas.afjei@fhnw.ch

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns

BFE-Programmleiter: Thomas Kopp

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 151922 / 101579

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Abstract

Kühlen im Wohnbereich ist in der Schweiz bisher noch wenig verbreitet, doch auf dem Markt und in der Forschung sind einige Aktivitäten hinsichtlich der Integration von Kühloptionen festzustellen. Ziel des Projekts ist die Definition von Standardsystemen zum Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen für unterschiedliche Anwendungsfälle (z.B. MINERGIE®- und MINERGIE-P®-Gebäude) und die Ableitung von entsprechenden Auslegungsrichtlinien.

Im Berichtszeitraum wurden Arbeiten im Bereich Systemanalyse, der Durchführung der Feldmessung sowie im Bereich Rechenverfahren durchgeführt. Die Standardsysteme wurden weiter analysiert, mit Erfahrungen aus der Praxis abgeglichen und eine Methode zur Systemauswahl aufgebaut. Durch eine geschickte Systemauswahl wird in einem frühen Stadium ein grosser Einfluss darauf genommen, wie die gewünschte sommerliche, thermische Behaglichkeit mit einem geringst möglichen Aufwand realisiert werden kann. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die saisonale Umschaltung zwischen Heiz- und Kühlbetrieb, mit dem ein angemessener Energieeinsatz entsprechend den Aussenbedingungen und der Charakterisierung des Gebäudes beeinflusst wird. Für die Rechenmethode zur Integration der passiven Kühlung in die Berechnung der Jahreseffizienz der Wärmepumpenanlage wurden typische Laufzeiten, die Bestimmung des Aufwands für die passive Kühlung und der Einfluss der Kühlung auf den Heiz- und Warmwasserbetrieb quantifiziert.

An der Feldmessung eines MINERGIE® Einfamilienhauses in Muolen SG konnte die Wirkung der passiven Kühlung auf die Raumtemperatur während je einer Woche mit und ohne Kühlung mit einer Absenkung der mittleren Raumtemperatur um 3 K beobachtet werden. Der Wärmeerzeugernutzungsgrad der passiven Kühlung lag für den Zeitraum Mai bis September 2009 bei 7.2.

Schwerpunkte für das Jahr 2010 sind der Abschluss des Systemvergleichs, die Durchführung der Feldmessung Muolen bis Ende April 2010 mit anschliessender Auswertung, die fortlaufende Integration der Praxiserfahrungen, die Fertigstellung der Rechenmethode und die Dokumentation der Ergebnisse in einem Leitfaden.

Summary

Cooling in residential buildings is not very common yet in Switzerland. However market and research show some activities to integrate cooling options into building technology. The aim of the project is to define standard systems for heating and cooling with heat pumps applied to different low energy buildings and the deduction of design guidelines.

During the reporting period work has been carried out in the field of system analysis, conduction of the field measurement and the calculation method. The standard systems were continuously analysed, reconciled with practical experience and a method for system choice has been defined. A clever system choice influences in an early stage of a project, how the thermal comfort could be reached with preferably low energy expenditure. A further significant factor is the seasonal switchover between heating and cooling which influences an appropriate energy supply according to the outside conditions and the characterisation of the building. Typical running-times, the quantification of the energy input for passive cooling and the influence of the cooling on the efficiency in heating and hot water mode have been quantified for the calculation method to integrate the passive cooling into the heat pump performance calculation.

In the field measurement of a MINERGIE® single family home in Muolen, canton St. Gallen, the influence of the passive cooling was observed during two single weeks, one with and one without cooling, with reduction of the room temperature of 3 K. The generator performance factor of the passive cooling is 7.2 as average for the period Mai to September 2009.

Focus of the work in 2010 is the finalisation of the system comparison, the further conduction of field measurement up to April 2010 and evaluation, the continuous integration of practical experience, the completion of the calculation method and the documentation in a design guide.

Projektziele

Kühlung im Wohnbau ist in der Schweiz bisher wenig verbreitet. Gerade bei Niedrigenergie- und Passivhäusern ist ein gut abgestimmtes Konzept aus sommerlichem Wärmeschutz und Reduktion der internen Lasten durch energieeffiziente Geräte wichtig, um ein behagliches Innenklima zu gewährleisten [1].

Gestiegene Komfortansprüche an das Innenklima, Trends in der Architektur zu erhöhten Glasanteilen - zur Nutzung passiv solarer Gewinne im Winter oder auch aus ästhetischen Gründen – zeigen schon heute einen steigenden Kühlbedarf bei Gebäuden, in denen kein ausreichender Sonnenschutz installiert ist oder hohe interne Lasten vorliegen.

Ziel des Projektes ist es daher, energieeffiziente Systeme zum Heizen und Kühlen zu identifizieren und zu systematisieren, möglichst einfache und robuste Standardsysteme zum Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen für Wohnbauten abzuleiten und Richtlinien zu entwerfen, die eine einfache Auslegung und energieeffiziente Betriebsweise in der Praxis gewährleisten.

Der Projektablauf gliedert sich in die folgenden Arbeitsschritte:

- Literatur- und Marktrecherche zur Charakterisierung des Standes der Technik
- Bewertung der gefundenen Systeme und Definieren von Standardsystemen zum Heizen und Kühlen für unterschiedliche Anwendungsbereiche (z.B. MINERGIE®, MINERGIE-P®)
- Berechnung und Optimierung der Systemkonfigurationen und der Regelstrategien
- Feldtest eines Standardsystems zur Beurteilung des realen Verhalten
- Umsetzen der Ergebnisse zu Richtlinien und Tools für die Systemauslegung

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die im Jahr 2009 durchgeführten Arbeiten umfassten Tätigkeiten im Bereich Systemanalyse, Durchführung und Auswertung der Feldmessung in Muolen sowie Simulationen und Rechenverfahren. Im Bereich der Systemanalyse wurden die hydraulischen Schaltungen weiter detailliert und mit Erfahrungen aus der Praxis bzw. mit Praktikern abgeglichen. Eine Methode für die Systemauswahl wurde erarbeitet und wird zurzeit auf eine einfache bedienerfreundliche Form angepasst. Weiterhin wurden Aspekte der saisonalen Umschaltung zwischen Heiz- und Kühlobetrieb betrachtet und der Systemvergleich weiter vorangebracht. In der im Projekt durchgeführten Feldmessung am Objekt Muolen wurden die Messdaten fortlaufend erfasst und ausgewertet. Aufgrund eines substanziellen Kältemittelverlustes sind die Messdaten erst ab Mitte Mai 2009 aussagekräftig und somit auf den Sommerbetrieb beschränkt. Im Bereich Rechenverfahren lag der Schwerpunkt auf der Analyse und Integration der passiven Kühlung in das Rechenverfahren nach der SIA 384.342 [4]. Im Weiteren wurde ein Excel-Tool auf Basis dieser Norm im Monatsverfahren entwickelt und auf Plausibilität geprüft.

Standardschaltungen / Systemauswahl

Der erste wichtige Schritt ist die Wahl des zum konkreten Gebäude optimal passenden Systems. Daher wird im Projekt für die Systemauswahl eine klar strukturierte Methode vorgeschlagen. Zuerst werden für die Systemwahl relevante Entscheidungskriterien abgefragt. Diese umfassen unter anderem die folgenden Fragen und Kriterien:

- Welcher energetische Gebäudestandard wird realisiert?
- Ist eine mechanische Lüftung vorhanden?
- Soll auch die Warmwasserbereitung in das System integriert werden?
- Welche Wärmeübergabesysteme zum Heizen sind verfügbar?
- Welche Wärmeübergabesysteme zum Kühlen sind verfügbar?
- Ist eine Erdwärmesonde oder sind Erdwärmekörbe möglich bzw. zulässig?
- Ist der maximal zulässige elektrische Leistungsbedarf für die Kühlung limitiert?

Anhand der Antworten auf die Auswahlfragen und den daraus folgenden, realisierbaren Optionen werden die möglichen Standardlösungen bestimmt. Sollten mehrere Standardlösungen zur Auswahl stehen, kann die Auswahl der Standardlösung für das spezifische Objekt anhand der Qualifizierung mit den Kriterien „Energieeffizienz / Umweltgüte“, „Leistungsfähigkeit“ und „Aufwand & Systemkomplexität“ erfolgen, die für jede Standardlösung erstellt werden.

Für die Bewertung der Energieeffizienz wird eine Einordnung angelehnt an die SIA 382/1 [2] vorgenommen. Darin werden Kühlanlagen definiert, die mit einer elektrischen Aufnahmeleistung von weniger als 7 Watt pro m² gekühlter Nettogeschossfläche für Medienförderung und -aufbereitung inklusive Kühlung auskommen. Dieser Wert dient als Grenzwert für als „akzeptabel“ qualifizierte Anlagen. Ein elektrischer Leistungsbedarf darüber wird als kritisch bzw. zu hoch qualifiziert. Mit guten Anlagen kann ein elektrischer Leistungsbedarf unter 2.5 W/m² erreicht werden.

Regelung - Saisonale Umschaltung Heizen - Kühlen

Von besonderem Interesse ist die saisonale Umschaltung zwischen Heiz- und Kühlbetrieb. Eine automatische Umschaltung zwischen Heiz- und Kühlbetrieb erfolgt häufig anhand einer gleitend gemittelten Aussentemperatur. Dabei wird unterhalb der Heizgrenze der Heizbetrieb und oberhalb der Kühlgrenze der Kühlbetrieb aktiviert bzw. deaktiviert. Dazwischen befindet sich eine neutrale Zone in der weder geheizt noch gekühlt wird.

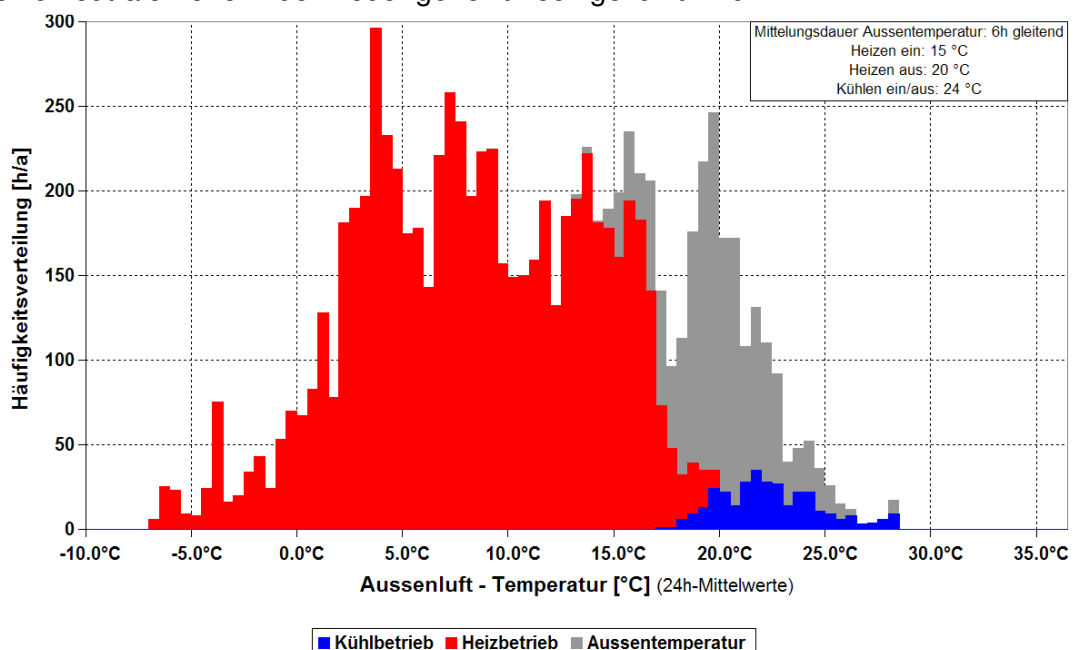


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Heiz- und Kühlbetriebsstunden für eine Mittelungsdauer der Aussentemperatur von 6 Stunden (Heizgrenze mit Hysterese 15/20 °C, Kühlgrenze 24 °C)

Mit einer kurzen Mittelungsdauer der Aussentemperatur (Abb. 1) kann schnell auf eine Änderung der äusseren Bedingungen reagiert werden. Es muss jedoch auch sichergestellt sein, dass nicht kurz aufeinanderfolgend geheizt und gekühlt wird und somit Energie unnötig eingesetzt wird ohne einen Nutzen daraus ziehen zu können. Dies kann mit einer Totzeit zwischen den beiden Betriebsarten erreicht werden oder mit einer Mittelung der Aussentemperatur über einen längeren Zeitraum von beispielsweise 24 Stunden, welche das eher träge Verhalten eines gut isolierten und mit ausreichend Wärmespeicherkapazität ausgestatteten Gebäudes besser in der Regelung abbildet, als ein kürzeres Mittelungsintervall.

Es zeigte sich, dass mit einer längeren Mittelungsdauer von 24 Stunden (Abb. 2) die Überschneidung von Heiz- und Kühlbetrieb innerhalb eines Tages vollständig vermieden werden kann und zudem die Stunden mit warmen Aussentemperaturen besser abgedeckt werden können als bei einer kürzeren Mittelungsdauer von 6 Stunden (Abb. 1). Zugrunde gelegt wurden die Klimadaten des Standort Basel-Binningen gemäss SIA 2028 [3].

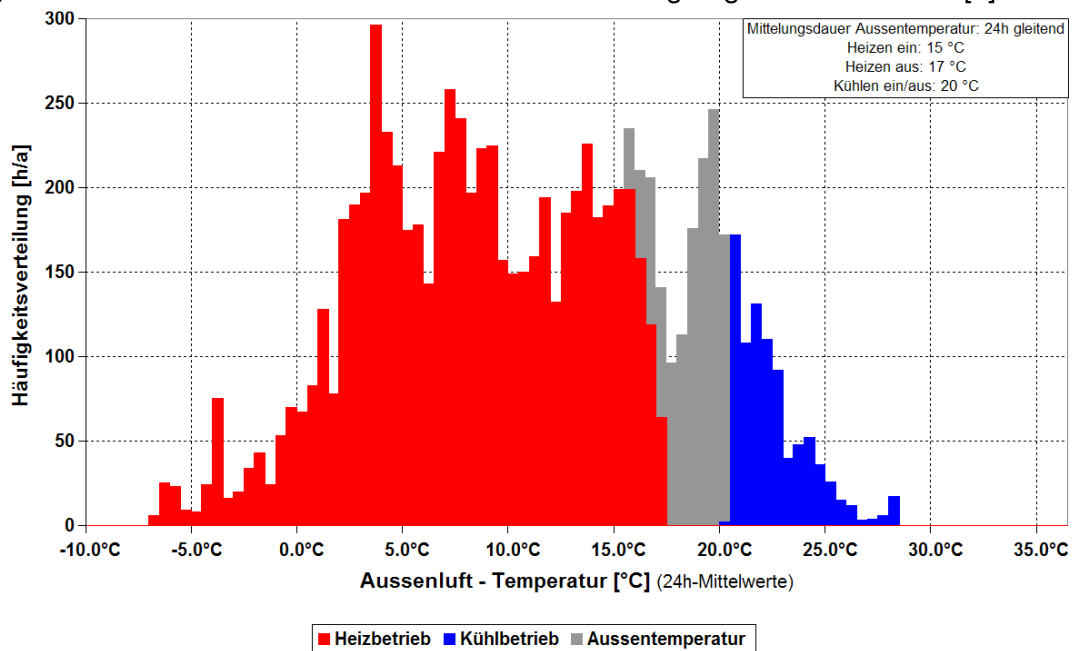


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Heiz- und Kühlbetriebsstunden für eine Mittelungsdauer der Aussentemperatur von 24 Stunden (Heizgrenze mit Hysterese 15/17 °C, Kühlgrenze 20 °C)

Systemvergleich

Für den Systemvergleich und die Systemoptimierung wurde als Referenzgebäude ein Einfamilienhaus mit einer Energiebezugsfläche von 200 m² verwendet. Das massiv erstellte Gebäude besteht aus zwei Stockwerken mit Flachdach bei einem quadratischen Grundriss. Um die Anforderungen von MINERGIE® bzw. MINERGIE-P® 2009 zu erfüllen, wurden zwei Gebäudevarianten parametrisiert. Für die Simulationen wird der normale Klimadatensatz der Station Basel-Binningen gemäss SIA 2028 verwendet. Anhand dieses Gebäudes wurden die definierten Standardsysteme ausgelegt und analysiert. Der Systemvergleich und die Optimierung befinden sich derzeit noch in der Bearbeitung. Die Zwischenergebnisse werden regelmässig mit Praktikern diskutiert und ebenso fliessen die Erfahrungen aus den Feldmessungen in die Optimierung ein.

Rechenmethode

Bezüglich Rechenmethoden für die standort- und anlagenspezifische Jahreseffizienz von Wärmepumpenanlagen zum Heizen und Kühlen gibt es bisher eine gute Abdeckung für den Heiz- und Warmwasserbetrieb mit der SIA 384.342 [4]. Eine Integration leistungsgeregelter

Wärmepumpen existiert bisher noch nicht. Teilbereiche in Form eines Prüfverfahrens für leistungsgeregelte Wärmepumpen und Klimaanlage sowie saisonale, auf einen Referenzstandort bezogene Kennzahlen werden zurzeit mit der prEN 14825 [5] erarbeitet. Für aktives Kühlen existieren Rechenverfahren in der europäischen Normung, welche mit den SIA Normen SIA 382/2 [6] und SIA 382/3 [7] zurzeit in Schweizerische Normen umgesetzt werden. Weiterhin ist eine aktive Kühlung in Wohnbauten kaum anwendbar, da nur Anlagen kleiner elektrischer Leistung gemäss SIA 382/1 [2] erlaubt sind. Einheitliche Rechenverfahren, um den Aufwand für die passive Kühlung zu bestimmen, fehlen bisher vollständig. Ebenso kann der Einfluss der passiven Kühlung auf den Heiz- und Warmwasserbetrieb nicht in einer Rechenmethode abgebildet werden.

Ein typisches Charakteristikum passiver Kühlverfahren ist, dass der notwendige Aufwand zur Erschliessung der Kältequelle/Wärmesenke eine geringere Korrelation mit der erzielten Kälteleistung und damit auch der Kühlenergie aufweist als bei aktiven Kühlverfahren. Bezogen auf Wärmepumpensysteme zum Heizen und Kühlen ist das energetisch günstigste und am weitesten verbreitete passive Kühlverfahren die direkte Kopplung von Erdwärmesonden (EWS) an das Wärmeübergabesystem (oft eine Fussbodenheizung). Hierbei ist der Aufwand für die Erschliessung der Kältequelle unabhängig von der erzielten Kühlleistung. Die Umwälzpumpen laufen im Normalfall mit konstantem Massenstrom und elektrischer Leistungsaufnahme. Die erzielte Kühlleistung wird bestimmt durch die vorherrschenden Temperaturen im Wärmeübergabesystem und der Wärmesenke (EWS). Der Aufwand wird also nur bestimmt durch die fixe Leistungsaufnahme und die Laufzeit der Umwälzpumpen. In den Feldmessungen zeigten sich Betriebszeiten im Kühlbetrieb über die Sommerperiode von 660 h (Muolen 2009), über 750 h (CosyPlace 2008 mit geringer Kühlnutzung) bis hin zu 1450 h (CosyPlace 2009 mit intensiver Kühlnutzung ab Anfang August). In den Simulationen zeigten sich Betriebszeiten von bis zu 1800 h für eine intensive Kühlnutzung dieses Systems.

In einer Simulationsstudie [8] wurde für ein Wärmepumpensystem mit Erdwärmesonde für Heizen, Warmwasser und passive Kühlung der Einfluss der Kühlung auf die Austrittstemperaturen der Erdwärmesonde und daraus resultierend auf die Effizienz der Wärmepumpe im Heiz- und Warmwasserbetrieb untersucht. Dabei wurde für das erwähnte Referenzgebäude das Verhältnis von abgeführter Wärme für Kühlung zum Heizwärmebezug über die Soll-Rücklauftemperatur im Kühlbetrieb variiert (20 °C bis 23 °C). Der Wärmeeintrag in die Erdwärmesonde im Kühlbetrieb hat auch bei 41% Wärmeabfuhr im Sommer im Vergleich zum Wärmebezug für Heizung einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Austrittstemperatur der Erdwärmesonde im Winter. Hingegen erreicht der Kühlbetrieb eine signifikante Steigerung der mittleren Austrittstemperatur der Erdwärmesonde im Warmwasserbetrieb mit 0.7 K bis 1.7 K im Jahresmittel sowie mit 1.9 K bis 4.8 K an Tagen mit Warmwasser- & Kühlbetrieb. Dadurch kann die Arbeitszahl der Wärmepumpe im Warmwasserbetrieb im Jahresmittel um 2% bis 5% und an Tagen mit Warmwasser- & Kühlbetrieb um 6% bis 16% gesteigert werden.

VAR	Q_c/Q_h	Jahresmittelwert der Erdwärmesonden-Austrittstemperatur			
		Heizbetrieb	Kühlbetrieb	WW-Betrieb	WW-Betrieb an Kühltagen
		°C	°C	°C	°C
VAR 1	0%	4.2	-/-	4.4	6.5
VAR 2	14%	4.4	12.8	5.1	8.5
VAR 3	22%	4.6	14.4	5.5	9.5
VAR 4	41%	4.8	16.8	6.1	11.4

Tab. 1: Jahresmittelwerte der Erdwärmesonden-Austrittstemperatur korreliert mit der auf die Heizwärme bezogenen relativen Wärmeabfuhr (Q_c/Q_h)

Feldmessung Muolen SG

Bei der Pilotanlage handelt es sich um ein MINERGIE®-Einfamilienhaus mit einer Energiebezugsfläche von 279 m². Die eingebaute Wärmepumpe vom Typ Viessmann Vitocal 300-G hat eine Nennwärmeleistung von 8.4 kW (B0W35). Die Messgrößen werden über speziell installierte Sensoren bzw. Wärmezähler und einen Datenlogger aufgezeichnet. Dabei werden die Wärmeerzeugung Wärmepumpe und Kälteabfuhr über die Erdwärmesonde für Raumklima und Warmwasserbereitung, die Frischluftversorgung sowie die Raumluft- und Warmwassertemperatur betrachtet. Die Messdaten werden mit einem Datenlogger minütlich erfasst und als 15min-Mittelwerte gespeichert und in drei Etappen durchgeführt:

- **Winter 2008/09: Januar bis April 2009**
Erfassung der Messdaten, Aufbereitung zur Plausibilitätskontrolle, Auswertung und Optimierung.
- **Sommer 2009: Mai bis September 2009**
Erfassung und Auswertung der Messdaten während der Sommerperiode.
- **Winter 2009/10: Oktober 2009 bis April 2010**
Erfassung und Auswertung der Messdaten während der Winterperiode.

Ergebnisse des Winters 2009

In der Winterperiode 2008/2009 wurden fortlaufend Messdaten erfasst und zur Plausibilitätskontrolle und Optimierung der Datenerfassung und des Wärmeerzeuger- und Wärmeabgabesystems aufbereitet. Aufgrund eines substantiellen Kältemittelverlustes, der am 12. Mai 2009 beseitigt wurde, sind die gemessenen Daten für eine Auswertung dieser Periode nicht geeignet. Durch die um 30% überdimensionierte Wärmepumpe war die Heizleistung trotz Kältemittelverlust ausreichend, wodurch der Kältemittelverlust nicht umgehend festgestellt konnte. Niederdruckstörungen die auf den Kältemittelverlust hindeuten könnten, sind nicht aufgetreten.

Ergebnisse des Sommers 2009

Die Auswertung der Sommerperiode zeigt, dass mit 1058 kWh eine nicht unerhebliche Wärme aus dem Einfamilienhaus abgeführt werden konnte. Das installierte Wärmepumpensystem mit passiver Kühlung war in den Sommermonaten insgesamt 660 h in Kühlbetrieb. Dies entspricht etwa 18% der Stunden während der berücksichtigten Zeitperiode vom 01. Mai 2009 bis zum 30. September 2009. Abb. 3 links zeigt die vom Wärmepumpensystem produzierte respektive abgeführte Wärme. Zur Warmwassererzeugung wurden von der Wärmepumpe 765 kWh Wärme erzeugt. Die Wärmepumpe war insgesamt 87.6 h zur Warmwassererzeugung in Betrieb. Während 1/6 dieser Zeit war parallel zur Warmwassererzeugung die Kühlung in Betrieb was zu einem direkten Nutzen der dort abgeführten Wärme führte.

Die vom Wärmepumpensystem bezogene elektrische Energie während des Sommers ist in Abb. 3 rechts dargestellt. Insgesamt waren 638 kWh Elektrizität notwendig um 2007 kWh Wärme zu erzeugen respektive abzuführen.

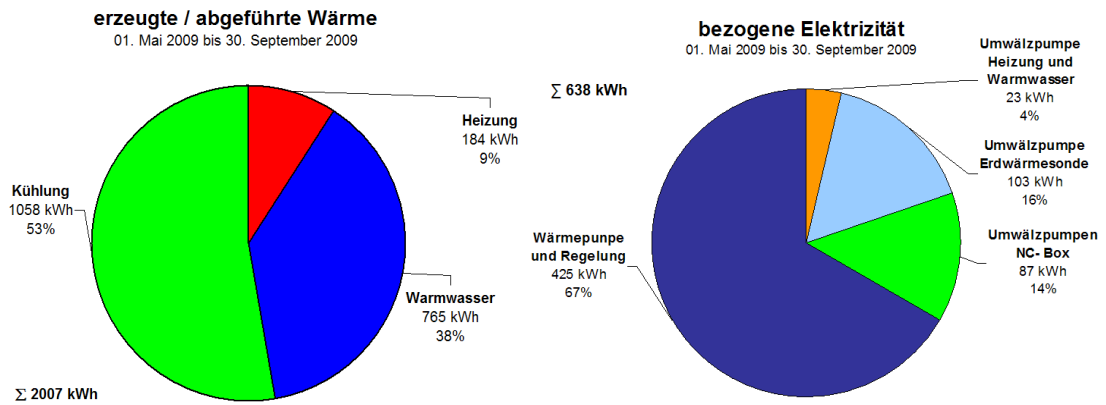


Abb. 3:

links: Mit dem Wärmepumpensystem erzeugte und abgeführte Wärme während der Sommerperiode 2009
rechts: Vom Wärmepumpensystem bezogene Elektrizität während der Sommerperiode 2009

Während der Sommermonate Mai bis September 2009 konnte ein durchschnittlicher Wärmeergeuzernutzungsgrad von 3.5 für Warmwasser (WNG_W) und von 7.2 (WNG_C) für die Kühlung erreicht werden. Die einzelnen Monatswerte sind in Tab. 2 aufgeführt.

	Mai '09	Juni '09	Juli '09	August '09	September '09
WNG_W	2.65*	3.79	4.48	4.02	3.25
WNG_C	7.85	7.53	6.56	7.72	6.75

Tab. 2: Monatswerte des Wärmeergeuzernutzungsgrad für Warmwasser und Kühlung (bei dem mit * gekennzeichneten Wert ist ein substanzieller Kältemittelverlust zu berücksichtigen)

Abb. 4 zeigt die Temperatur und Feuchte im Gebäudeinneren um die Behaglichkeit für die Bewohner abschätzen zu können. An den Tagen ohne Kühlung liegt die Innentemperatur im Mittel bei 26.9°C und damit ausserhalb des Behaglichkeitsfeldes nach SN EN 15251 [9], welches die Innentemperatur auf 26°C begrenzt. Im Vergleich dazu liegt die mittlere Innentemperatur an den Tagen mit Kühlung mit 23.8°C um 3.1 K tiefer als an den Tagen ohne Kühlung. Allerdings können die Behaglichkeitskriterien nach EN 15251 Kategorie 2 ebenfalls nicht eingehalten werden. Grund hierfür ist die Raumluftfeuchte, die mit dem vorhandenen System nicht reguliert werden kann. Das Auftreten von hohen Raumluftfeuchten im Gebäude ist daher nicht zu verhindern, führt aber zu keinen bauphysikalischen Problemen, da kein Kondensationsanfall an den Raum- Oberflächen zu erwarten ist. Dazu wurde die mittlere Oberflächentemperatur am Fussboden untersucht und festgestellt, dass die relative Raumluftfeuchte am Fussboden bei aktiver Kühlung stets unter 90%r.F. lag und somit das Kondensationsrisiko als sehr gering zu bewerten ist.

Aufgrund einer Ferienabwesenheit vom 15. August bis zum 26. August 2009 war die passive Kühlung des Gebäudes während dieses Zeitraums nicht aktiviert. Um die Raumtemperaturen bei einer Periode mit Kühlung und einer Periode ohne Kühlung vergleichen zu können, wurden zwei Zeitabschnitte gewählt, in denen die mittlere Aussentemperatur weitgehend identisch war. Der Vergleich zeigt, dass mit dem im Gebäude installierten passiven Kühlsystem ein Ansteigen der Raumtemperatur begrenzt werden kann (s. Abb. 4 und Tab. 3). Die Wirkung kann aber aufgrund fehlender Informationen wie Strahlung auf die Fassade und die Bedienung der Storen durch den Nutzer nur bedingt quantifiziert werden.

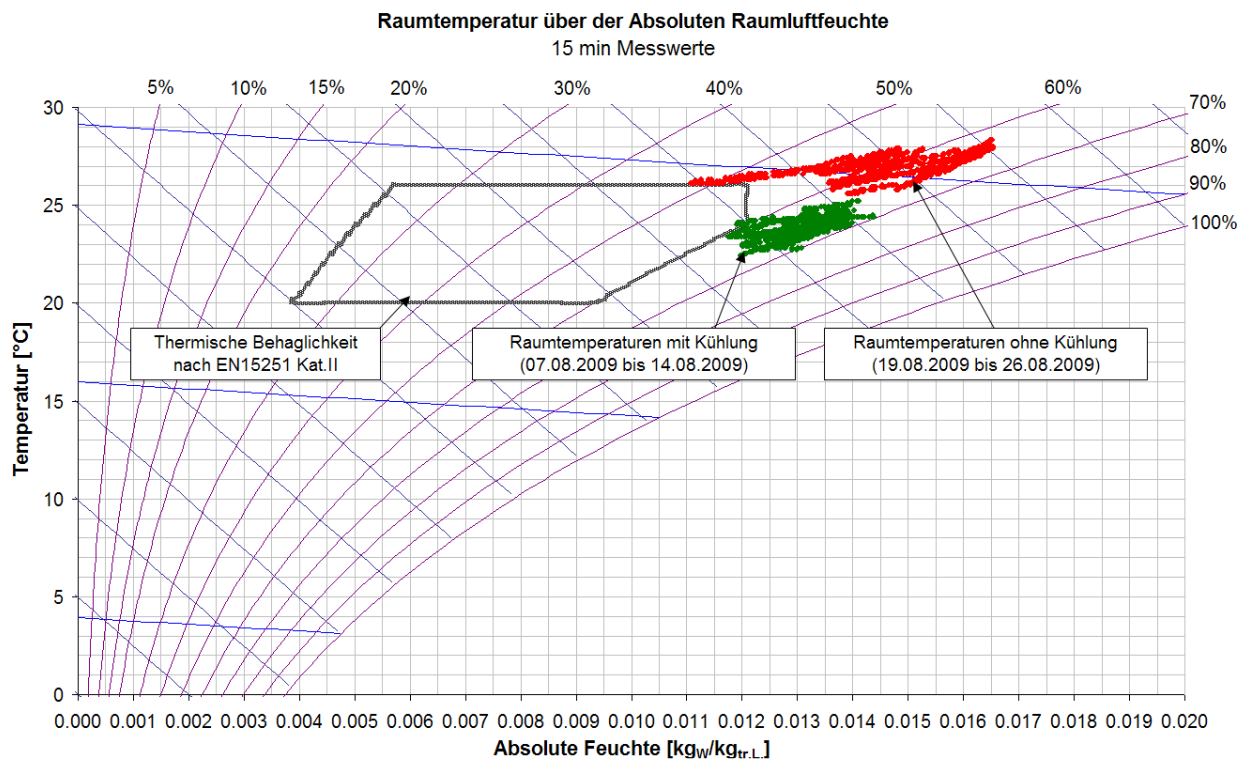


Abb. 4: Raumtemperatur an zwei achttägigen Perioden über der absoluten Feuchte mit und ohne Kühlung um die Behaglichkeit für die Bewohner zu beurteilen

Das Abfallen der Raumlufftemperatur zeigt deutlich die Wirkung des Kühlsystems (Tab. 3).

Datum		24.08.	25.08.	26.08.	27.08.	28.08.
Tagesmittelwert der Aussentemperatur	°C	20.1	22.0	21.2	21.5	21.6
Maximale Aussentemperatur (15min. Mittelwert)	°C	28.5	27.5	25.4	27.0	26.6
Minimale Aussentemperatur (15min. Mittelwert)	°C	12.5	17.7	17.8	15.8	16.3
Tagesmittelwert der Innentemperatur	°C	26.9	27.0	26.8	26.2	25.1
Kühlung		nicht aktiv			Aktiv	

Tab. 3: Tagesmitteltemperaturen der Aussenluft und im Gebäude mit und ohne Kühlung

Präsentationen und Veröffentlichungen

Zwischenergebnisse des Projekts wurden auf verschiedenen Konferenzen und Arbeitstreffen von IEA-Annex-Projekten vorgestellt

- Präsentation auf der Tagung EBH Energieeffizientes Bauen mit Holz in Köln (Juni 2009)
- Präsentation auf der Wärmepumpen - Tagung in Burgdorf (Juni 2009)
- Präsentation auf dem IEA HPP Annex 32-Arbeitstreffen (März & September 2009)
- Präsentation auf der Building and Urban Simulation Conference von IBPSA-CH in Luzern (November 2009)

Nationale Zusammenarbeit

Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit der Firma **Viessmann (Schweiz) AG, Geschäftsbereich SATAG Thermotechnik**, durchgeführt, die das Objekt Muolen für einen Feldtest zur Verfügung gestellt hat. Im Rahmen eines weiteren BFE-Projekts wurde das erste MINERGIE-P®-Mehrfamilienhaus „CosyPlace“ im Kanton Basel-Stadt über 2 Jahre messtechnisch untersucht.

Internationale Zusammenarbeit

Das Projekt stellt den nationalen Schweizer Beitrag zum **IEA HPP Annex 32** mit dem Titel **"Economical heating and cooling systems for low energy houses"** dar [10]. Mit dem **IEA ECBCS Annex 48** mit dem Titel **"Heat pumping and reversible air conditioning"** ist ein enger Informationsaustausch etabliert worden [11].

Bewertung 2009 und Ausblick 2010

Die Schwerpunkte der Tätigkeiten im Berichtsjahr 2009 lagen im Vergleich der Systemvarianten durch Parametervariation und Sensitivitätsanalysen mit Hilfe der thermischen Gebäude- und Anlagensimulation, die Durchführung und Auswertung der Feldmessung Muolen, ein Abgleich der Simulationsergebnisse mit den Praxiserfahrungen, die Weiterentwicklung der Rechenmethode und eine Ableitung der Auslegungsregeln für den Leitfaden. Der Grossteil der Arbeiten konnte im Berichtsjahr durchgeführt werden. Die Arbeiten in den Bereichen Systemanalyse und Rechenmethoden sind noch fertig zu stellen und zu dokumentieren. Die Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Projekt CosyPlace konnten in diesem Projekt ergänzend genutzt werden. Das Projekt wurde vom ursprünglichen Schlusstermin Ende Januar 2009 auf Juni 2010 verlängert. Dies korreliert mit dem IEA HPP Annex 32, zu dem das Projekt den nationalen Beitrag darstellt, der aufgrund von Verzögerungen mehrerer nationaler Projekte ebenfalls verlängert wurde. Schwerpunkte für das Jahr 2010 sind der Abschluss des Systemvergleichs, die Auswertung der Feldmessung Muolen bis Ende April 2010 und die Fertigstellung der Rechenmethode und des Leitfadens.

Referenzen

- [1] Feist W.: **Passivhaus Sommerklima Studie**, Fachinformation PHI 1998/10, Passivhausinstitut Darmstadt, Dez. 1998
- [2] SIA 382/1:2007: **Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen**, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 03-2007, Zürich
- [3] SIA 2028:2008: **Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik**, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 11-2007, Zürich
- [4] SIA 384.342: **Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Wärmeerzeugung für die Raumheizung, Wärmepumpensysteme**, Nationale Umsetzung der EN 15316-4-2:2008, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 06-2008, Zürich
- [5] prEN 14825:2008: **Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern zur Raumheizung und -kühlung – Prüfung und Leistungsbemessung unter Teillastbedingungen**, Europäisches Komitee für Normung CEN, 11-2008, Brüssel
- [6] SIA 382/2 E: **Thermischer Leistungsbedarf, Heizwärme- und Klimakältebedarf von klimatisierten Gebäuden**, Entwurf 546 382/2, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 09-2009, Zürich
- [7] SIA 382/3 E: **Systemwahl und Nutzungsgrad von Klimasystemen und Energiebedarf von klimatisierten Gebäuden**, Entwurf 546 382/3, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 09-2009, Zürich
- [8] Dott R., Afjei T.: **Standard solutions for energy efficient heating and cooling with heat pumps**, Building and Urban Simulation Conference bus2009, IBPSA-CH, 11-2009, Lucerne
- [9] SIA 382.706: **Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik**, Nationale Umsetzung der EN 15251:2007, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 05-2007, Zürich
- [10] Wemhöner C., Afjei Th.: **Operating Agent IEA HPP Annex 32**, Jahresbericht BFE Forschungsprogramm UAW, Dez. 2009, MuttENZ
- [11] **IEA ECBCS Annex 48 "Heat pumping and reversible air conditioning"**, <http://www.ecbcs.org/annexes/annex48.htm>