



Schlussbericht 30. Juni 2010

Operating Agent IEA HPP Annex 32

Economical heating and cooling systems for low energy houses



Auftraggeber:

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

Kofinanzierung:

durch die Teilnehmerländer des IEA HPP Annex 32

Auftragnehmer:

Institut Energie am Bau, Fachhochschule Nordwestschweiz
St. Jakobs-Str. 84
CH-4132 Muttenz
www.fhnw.ch/iebau

Autoren:

Carsten Wemhöner, Institut Energie am Bau, FHNW, carsten.wemhoener@fhnw.ch
Prof. Dr. Thomas Afjei, Institut Energie am Bau, FHNW, thomas.afjei@fhnw.ch

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns, andreas.eckmanns@bfe.admin.ch

BFE-Programmleiter: Prof. Dr. Thomas Kopp, tkopp@hsr.ch

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 151885 / 101579

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Zusammenfassung	5
Abstract	5
1 Executive Summary	6
1.1 Motivation IEA HPP Annex 32.....	6
1.2 Ergebnisse Task 1: Marktüberblick integrierte Wärmepumpen.....	8
1.3 Ergebnisse Task 2: Prototypentwicklungen.....	9
1.4 Ergebnisse Task 3: Feldtests.....	11
1.5 Ergebnisse Task 4: Auslegungsempfehlungen.....	13
1.6 Zusammenfassung und Ausblick.....	14
2 Nationale Projektbeiträge und Ergebnisse	15
2.1 Deutschland.....	16
2.2 Frankreich.....	17
2.3 Japan.....	18
2.4 Kanada.....	19
2.5 Niederlande.....	20
2.6 Norwegen.....	21
2.7 Österreich.....	22
2.8 Schweden.....	23
2.9 Schweiz.....	24
2.10 Vereinigte Staaten von Amerika - USA.....	25
3 Schlussberichte und weitere Produkte	26
3.1 Umbrella Report.....	26
3.2 Teil 1: Marktüberblick multifunktionaler Wärmepumpen.....	26
3.3 Teil 2: Entwickelte Prototypen multifunktionaler Wärmepumpen.....	26
3.4 Teil 3: Ergebnisse der Feldmessungen	27
3.5 Dokumentation von Best-Practice Anlagen und Systemkonzepten.....	27
4 Projektmanagement	29
4.1 Projektdurchführung.....	29
4.2 Reporting an das ExCo des Wärmepumpenprogramms (HPP).....	30
4.3 Verbreitung von Informationen über den IEA HPP Annex 32.....	30
4.4 Informationsaustausch mit anderen IEA Implementing Agreements.....	32
5 Publikationen IEA HPP ANNEX 32	33

Vorwort

Die Projektleitung des Annex 32 im Wärmepumpenprogramm (HPP) der Internationalen Energie Agentur (IEA) wurde im Rahmen dieses Projekts im Auftrag des BFE durchgeführt. Der IEA HPP Annex 32 ist ein internationales Gemeinschaftsprojekt, das in Kosten- und Aufgabenteilung durchgeführt worden ist. Der Dank der Autoren gilt allen Teilnehmerländern für die Beiträge, die erreichten Ergebnisse und die gute Zusammenarbeit über die Projektlaufzeit.

Die Autoren bedanken sich beim Bundesamt für Energie (BFE), insbesondere dem Programmleiter des BFE-Forschungsprogramms Wärmepumpen, WKK, Kälte, Herrn Prof. Dr. Thomas Kopp, und dem Bereichsleiter beim BFE, Herrn Andreas Eckmanns, für die finanzielle Unterstützung und die konstruktive Projektbegleitung.

Zusammenfassung

Das Projekt "Operating Agent IEA HPP Annex 32" umfasst das Projektmanagement des Annex 32 "Economical heating and cooling systems for low energy houses" im Wärmepumpenprogramm (HPP) der Internationalen Energie-Agentur (IEA). Das Projekt umfasst damit zwei Ebenen: Die Forschungsarbeiten im IEA HPP Annex 32 und das Projektmanagement. Der Bericht gibt zunächst einen Überblick der Forschungsarbeiten und der Produkte des Annex 32, bevor im Kap. 4 kurz das Projektmanagement dargestellt wird. Dieses Kapitel kann Hinweise für die Durchführung von Annex-Projekten im IEA-Wärmepumpenprogramm geben. Projektziel des IEA HPP Annex 32 ist die Neu- und Weiterentwicklung von Wärmepumpensystemen für Heiz- und Kühlzwecke, die in Niedrigenergie- und Passivhäusern (z. B. entsprechend MINERGIE® und MINERGIE-P®) eingesetzt werden.

Das Projekt wird task- und cost-shared mit Beteiligung der zehn Länder AT, CA, CH, DE, FR, JP, NL, NO, SE und US durchgeführt. Der Zeitplan gliedert sich in vier Aufgabenbereiche: Task 1 legt die Grundlage mit einer Marktübersicht über den Stand des Gebäudemarktes im Bereich Niedrigenergiehäuser und eingesetzter Systeme. In Task 2 wurden im Wesentlichen neue multifunktionale Wärmepumpen-Prototypen, die für den kleinen Leistungsbereich von 3-5 kW angepasst sind und auch Systeme mit natürlichen Kältemitteln (CO₂, Propan) umfassen, entwickelt. In Task 3 wurden umfangreiche Feldmessungen von marktverfügbaren Systemen durchgeführt, um Erfahrungen zum Systemverhalten im praktischen Einsatz zu sammeln. In Task 4 wurden Auslegungsempfehlungen ergänzt und Einzelanlagen mit gutem Betriebsverhalten zu Best-Practice-Beispielen aufbereitet.

Im Juni 2010 wurden die Resultate dem HPP Executive Committee (ExCo) vorgestellt. Die Ergebnisse wurden entsprechend der einzelnen Projektschwerpunkte in mehreren Berichten zusammengefasst, die im Kap. 3 vorgestellt werden. Die Berichte können nach Vernehmlassung des HPP ExCo auf der Annex 32-Website unter <http://www.annex32.net> und der BFE-Website heruntergeladen werden. Es ist geplant, die Endergebnisse des IEA HPP Annex 32 im Rahmen eines Workshops an der 10. IEA Wärmepumpen-Konferenz in Tokio im Mai 2011 vorzustellen.

Abstract

The project "Operating Agent IEA HPP Annex 32" comprises the project management of the Annex 32 in the Heat Pump Programme (HPP) of the International Energy Agency (IEA) entitled "Economical heating and cooling systems for low energy houses". Thus, the project has two distinct aspects: the research activities in IEA HPP Annex 32 and the project management. The report gives first an overview of the results and research work in Annex 32, while in chap. 4, the project management is shortly described. This chapter can give hints for the accomplishment of Annex projects in the IEA Heat Pump Programme.

The objective of the project is the development of new heat pump systems for space heating and cooling purpose for the application in low and ultra-low energy houses, e.g. according to MINERGIE® and MINERGIE-P®.

The project is carried out task- and cost-shared with the ten participating countries AT, CA, CH, DE, FR, JP, NL, NO, SE and US. The time schedule is divided into four tasks: Task 1 gives a market overview of the state-of-the-art of the building market and applied systems on the market. In Task 2 new heat pump prototypes, which comprise multifunctional systems adapted to the capacity range of 3-5 kW and the application of natural refrigerants (CO₂ and propane) were developed. In Task 3 extensive field testing of marketable systems was accomplished to gather experience with the functionality and performance in practical operation. In Task 4 design recommendations and Best-Practice systems were derived.

In June 2010 the final results have been presented to the HPP ExCo. The results have been summarized in several final reports, which are presented in chap. 3. After the review by the HPP ExCo the final reports can be downloaded on the Annex 32 website at <http://www.annex32.net> and the SFOE website. It is intended to present the final results in the frame of a workshop on the 10th IEA Heat Pump Conference in Tokyo in May 2011.

1 Executive Summary

1.1 Motivation IEA HPP Annex 32

In vielen Ländern sind Gebäude für 40-50% der CO₂-Emissionen verantwortlich. Daher stellen Niedrigenergiegebäude mit deutlich reduziertem Energiebedarf eine Schlüsseltechnologie zum Erreichen der Klimaschutzziele dar.

Seit Mitte der 1990er Jahre ist der Energiebedarf von Neubauten durch Einführung schärfer gesetzlicher Grenzwerte des Heizwärmebedarfs sukzessive reduziert worden. Durch Wärmedämmung der Gebäudehülle, eine kompakte und luftdichte Bauweise, effiziente Verglasung mit optimiertem Gewinn-Verlust Verhältnis und konsequentem sommerlichem Wärmeschutz durch externe Verschattung wurden Gebäude mit einem Heizwärmebedarf bis 15 kWh/(m²·a) nach dem deutschen Passivhausstandard eingeführt (<http://www.passiv.de>).

Während in der Vergangenheit viel Aufmerksamkeit auf die Verbesserung der Gebäudehülle zur Reduktion des Heizwärmebedarfs gelegt wurde, können gegenwärtig im Wesentlichen zwei Konzepte im Hinblick auf hocheffiziente Gebäude unterschieden werden:

- Zum Einen ist das Passivhauskonzept weit verbreitet. Die Grundidee besteht in einer optimierten Gebäudehülle, um das Maximum an passiven Gewinnen zu nutzen und den Heizwärmebedarf soweit wie möglich zu reduzieren. Damit werden die typischen Werte des Heizwärmebedarfs von 15 kWh/(m²·a) erreicht. Die Effizienz der Technik für Heizung (H), Warmwasser (WW), Lüftung und Kühlung kann weitere Verbesserungen bringen, aber wegen der Investition in die Gebäudehülle bekommen die Kosten eine höhere Bedeutung.
- Zum Anderen wird ein Netto-Nullenergiehausansatz verfolgt. Nach gegenwärtiger Definition ist ein Netto-Nullenergiehaus ein netzgekoppeltes Haus, das in der Jahresbilanz soviel Energie aus erneuerbaren Quellen produziert (exportiert) wie es verbraucht (importiert). Dieses Ziel kann entweder durch eine hocheffiziente Gebäudehülle auf Passivhausniveau, womit weniger erneuerbare Energie notwendig ist, oder mit einem guten Niedrigenergiehaus und hocheffizienter Gebäudetechnik mit mehr erneuerbarer Energieerzeugung erreicht werden.

Während Netto-Nullenergiehäuser eher in der Pilot- und Demonstrationsphase sind, wächst der Markt für Niedrigenergie- und Passivhäuser stark, hauptsächlich in den drei zentral-europäischen Ländern Deutschland, Schweiz und Österreich, aber in den letzten Jahren auch in Norwegen. Abb. 1 links zeigt die Entwicklung bei Energiesparhäusern nach Förderbedingungen der Regierungsbank KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau, <http://www.kfw.de>).

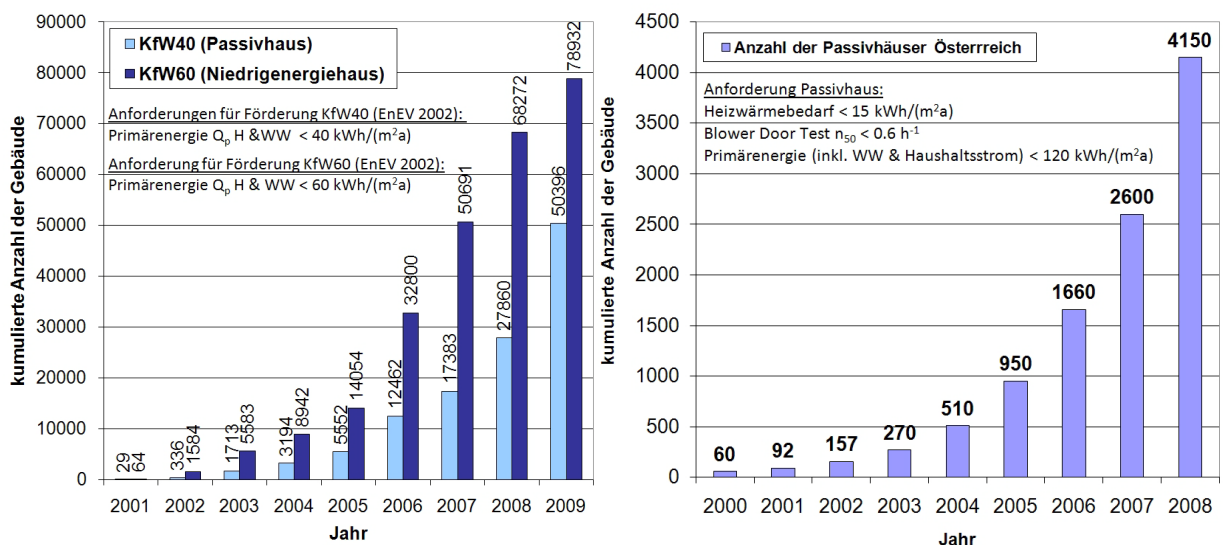


Abb. 1: Entwicklung von KfW-Energiesparhäusern in Deutschland (links) und Passivhäusern in Österreich (rechts) in der letzten Dekade.

Durch niedrigverzinsten Darlehen sind bis 2010 knapp 80'000 Niedrig-¹ und über 50'000 Niedrigstenergiehäuser² gebaut worden. In Österreich hat sich die Anzahl der Passivhäuser von 2006 bis 2008 mit insgesamt 4150 Häusern mehr als verdoppelt, wie in Abb. 1 rechts dargestellt. In der Schweiz sind gegenwärtig über 15'000 Gebäude nach MINERGIE® zertifiziert (<http://www.minergie.ch>) und der Marktanteil von MINERGIE®-Wohnneubauten beträgt mittlerweile ca. 25%.

Hinsichtlich solch eines Marktwachstums ist es offensichtlich, dass auch die Gebäudetechnik an die spezifischen Gegebenheiten in Niedrigenergiehäusern angepasst werden sollte, um einen möglichst effizienten Betrieb und die maximale Reduktion von CO₂-Emissionen zu erreichen. In Niedrigenergiegebäuden

- ist der Heizenergiebedarf wesentlich reduziert, so dass das Warmwasser einen höheren Anteil am Gesamtwärmebedarf ausmacht
- ist die Gebäudehülle luftdicht ausgeführt, so dass Wohnungslüftungen erforderlich sind oder aus Komfortgründen installiert werden
- besteht das Risiko der sommerlichen Überhitzung, so dass eine Komfortkühlung zukünftig vor dem Hintergrund des Klimawandels stärker nachgefragt werden könnten.

Mit diesen geänderten Gebäudelasten weisen multifunktionale und integrierte Systeme Vorteile auf, da

- Abwärme von anderen Anwendungen, z.B. einer Kühlfunktion, intern für die WW-Erzeugung genutzt werden kann, je nach Anlagenkonzept auch simultan
- integrierte Systeme als Kompaktaggregate regelungstechnisch besser abgestimmt werden können und meist Vorteile hinsichtlich Platzbedarf und Installationskosten aufweisen.

Obwohl multifunktionale Systeme mit Wärmepumpe (WP) schon auf dem Markt verfügbar sind, insbesondere für die Anwendung in Passivhäusern, sind die Entwicklungen noch nicht abgeschlossen.

Daher verfolgt der Annex 32 im Wärmepumpenprogramm (HPP) der Internationalen Energie-Agentur (IEA) "Economical heating and cooling systems for low energy houses" die Bewertung und Weiterentwicklung von integrierten Wärmepumpensystemen für die Anwendung in Niedrigenergie- und Passivhäusern. Der Annex 32 wird mit den Teilnehmerländern Österreich, Kanada, Frankreich, Deutschland, Japan, den Niederlanden, Norwegen, Schweden, der Schweiz (Projektleitung) und den Vereinigten Staaten von Amerika durchgeführt. Tabelle 1 gibt einen Überblick der nationalen Beiträge.

Tabelle 1: Überblick der Beiträge der Teilnehmerländer im IEA HPP Annex 32

Land	Arbeitsschwerpunkt
AT	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung eines 5 kW CO₂ Sole/Wasser (S/W) Prototyps (Labortest und Simulation) • Feldtest von 9 WP mit H & WW und 2 Kompaktgeräten mit passiver Kühlung
CA	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurf und Feldtest von zwei EquilibriumTM Netto-Nullenergiehäusern (NZEB) in Kanada
CH	<ul style="list-style-type: none"> • Integration energieeffizienter Kühlbetrieb in Wärmepumpensysteme für Heizung und WW • Feldtest von 2 WP mit passiver Kühlung in Niedrigenergiehäusern
DE	<ul style="list-style-type: none"> • Feldtest von ≈100 Wärmepumpen in Niedrigenergiehäusern und ≈75 Wärmepumpen in Bestandsgebäuden in Zusammenarbeit mit 7 Herstellern und 2 Energieversorgern
FR	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung und Feldtest von Luft/Luft (L/L) Wärmepumpen für Niedrigenergiehäuser
JP	<ul style="list-style-type: none"> • Optimierung der Auslegungsleistung und des Betriebs von WP-Splitgeräten zum Heizen und Kühlen für gemässigttes Klima (Tokyo, Kyoto, Osaka) • Machbarkeitsstudien und Feldtests von erdgekoppelten WP für kaltes Klima (Hokkaido)
NL	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung Systemlösungen mit WP für die Markteinführung von Niedrigenergiehäusern
NO	<ul style="list-style-type: none"> • Machbarkeitsstudien von WP mit natürlichen Kältemitteln in Niedrigenergiegebäuden • Feldtest einer neuen 3 kW Propan Wasser-Wasser (W/W) WP für Passivhäuser
SE	<ul style="list-style-type: none"> • Berechnung und Vergleich von Wärmepumpenlösungen für schwedisches Klima
US	<ul style="list-style-type: none"> • Prototypentwicklung, Labortests und Simulation einer hochintegrierten multifunktionalen Wärmepumpe für Heizung, WW, Lüftung und Kühlung inkl. Entfeuchtung für NZEB

¹ Hauptanforderung: Primärenergie für Heizung und WW < 60 kWh/(m²a) nach der deutschen Energieeinsparverordnung EnEV 2002

² Hauptanforderung: Primärenergie für Heizung und WW < 40 kWh/(m²a) nach der deutschen Energieeinsparverordnung EnEV 2002

Schwerpunkt der Forschungsarbeiten im IEA HPP Annex 32 sind einerseits die Prototypentwicklung von hochintegrierten Wärmepumpen und andererseits die Sammlung von Felderfahrung mit marktverfügbaren Systemen und den Neuentwicklungen hinsichtlich Funktionalität, Nutzungsgrad und Optimierungspotenzial für Weiterentwicklungen.

1.2 Ergebnisse Task 1: Marktüberblick integrierte Wärmepumpen

Hauptsächlich in Ländern mit deutlichem Marktwachstum im Niedrigenergiehausbereich sind integrierte Wärmepumpensysteme bereits auf dem Markt. Wegen der reduzierten Heizlast und oft installierter mechanischer Lüftung wird Abluft zur interessanten Wärmequelle, insbesondere für Passivhäuser.

Wohnungslüftungsanlagen können in Abluftanlagen und balancierte Lüftungen, die einen Zu- und Abluftstrang aufweisen, unterschieden werden. Abluftanlagen werden hauptsächlich für die WW-Erzeugung eingesetzt, aber es sind auch integrierte Systeme für die Heiz- und WW-Funktion auf dem Markt. Balancierte Lüftungsanlagen bieten die Möglichkeit einer passiven Wärmerückgewinnung über einen Wärmeübertrager zwischen Zu- und Abluftstrang, der in Passivhäusern erforderlich ist und die Lüftungsverluste um 60%-80% reduziert. An das balancierte Lüftungssystem gekoppelte Abluftwärmepumpen sind hauptsächlich auf die Heizfunktion ausgerichtet, die eventuell durch eine Kühlfunktion im Umkehrbetrieb der Wärmepumpe ergänzt wird. Die Fortluft dient als Wärmequelle (Heizbetrieb) oder Wärmesenke (Kühlbetrieb) und die Zuluft als Übergabesystem. Durch Umschalten auf einen Warmwasserspeicher kann zusätzlich auch die WW-Erzeugung integriert werden. Diese Systemkonfiguration wird als Lüftungskompaktgerät bezeichnet. Sie werden vor allem in Passivhäusern eingesetzt.

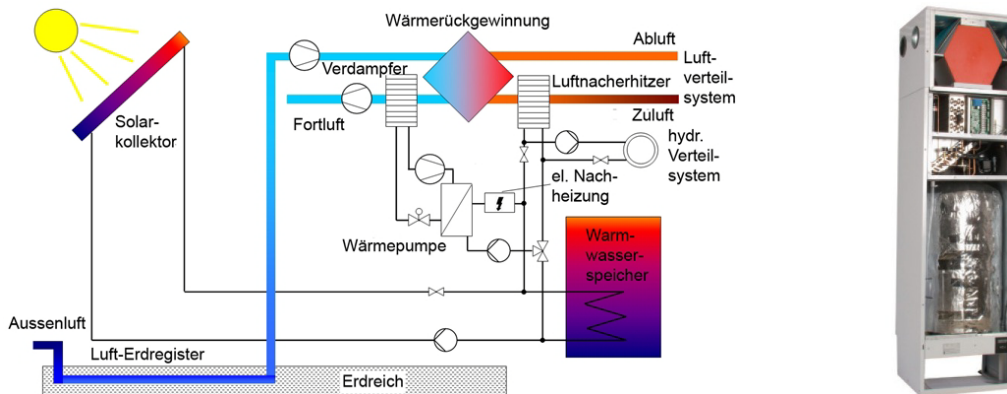


Abb. 2: Beispielhaftes Hydraulikschema eines Lüftungskompaktgeräts mit Abluftwärmepumpe mit zusätzlichen Komponenten (links) und offenes Gerät (rechts)

Allerdings ist die Leistung der Abluft-WP nach einer passiven Wärmerückgewinnung je nach Luftvolumenstrom auf 1.0-1.5 kW begrenzt, so dass optional Systemerweiterungen zum Einsatz kommen, um die Quellenleistung zu erhöhen. Beispielsweise kommen Erdregister zur Vorwärmung und Temperaturerhöhung, ein zusätzlicher Aussenluftvolumenstrom für den Verdampfer der Wärmepumpe, eine kleine Erdanbindung oder eine vollständig erdgekoppelte Wärmepumpe, sowie Solarkollektoren, meist für die WW-Erzeugung zum Einsatz. Abb. 2 links zeigt eine typische Systemkonfiguration und optionale Systemerweiterungen sowie in Abb. 2 rechts ein offenes Gerät, das auf dem Markt ist.

Anlagen mit integrierter Kühlfunktion, die nicht an die Lüftung gekoppelt ist, können in erd- oder grundwassergekoppelte passive Kühlung und aktive Kühlsysteme mit Umkehrbetrieb der WP differenziert werden. Weiterhin kann nach der Wärmequelle unterschieden werden.

Für kombinierten Heiz- und Warmwasserbetrieb sind alternativ und simultan arbeitende Anlagen auf dem Markt. In Europa wird hauptsächlich der Alternativbetrieb durch Umschalten der Wärmepumpe vom Heiz- auf das Warmwassersystem installiert, während in Nordamerika der Einsatz von Enthitzern verbreiteter ist.

Anlagen mit nur einer Betriebsart, meist der Heiz- oder Warmwasserbetrieb, haben hohe

Marktanteile in verschiedenen Ländern erreicht, z.B. werden über 75% der Einfamilienhaus-Neubauten in der Schweiz mit Wärmepumpen ausgestattet. CO₂-WP-Warmwassererwärmer (sog. Eco-Cute) haben in Japan in den letzten Jahren einen hohen Marktanteil erreicht.

1.3 Ergebnisse Task 2: Entwicklung von Prototypen

Die im Annex 32 entwickelten Prototypen berücksichtigen hauptsächlich drei Aspekte, die bei marktverfügbaren Systemen zu Beginn des Annex 32 noch wenig zu finden waren:

- Integration einer zusätzlichen Kühlfunktion
- Zusätzliche Entfeuchtungsfunktion (Grundanforderung in den USA)
- Einsatz eines natürlichen Kältemittels mit vernachlässigbarem Treibhauspotenzial

Die meisten der im IEA HPP Annex 32 entwickelten Prototypen sind multifunktionale integrierte Wärmepumpen im typischen Leistungsbereich von Niedrigenergie-Einfamilienhäusern (EFH) von 3-5 kW. Passive Kühlfunktionen sind von verschiedenen Herstellern inzwischen integriert worden, auch auf Grundlage der Kooperationen im Annex 32.

Machbarkeitsstudien von CO₂-WP und 3 kW Propan Wasser/Wasser Prototyp in Norwegen

In Norwegen sind Machbarkeitsstudien von CO₂-Wärmepumpen durchgeführt worden. Die Simulationsergebnisse eines CO₂-WP-Warmwassererwärmers für die Anwendung in Niedrigenergie-Appartementhäusern ergaben einen Jahresnutzungsgrad von 3.7 bei einer konstanten Quellentemperatur von Wasser mit 7°C und einer WW-Temperatur von 65°C. Im Vergleich zu gängigen WW-Anlagen werden beträchtliche Primärenergieeinsparungen erreicht, die das System auch wirtschaftlich interessant machen:

- ca. 75% Einsparung gegenüber der verbreiteten direkt-elektrischen WW-Erzeugung
- ca. 25% Einsparungen im Vergleich zu typischen solaren WW-Anlagen mit 50% solarem Deckungsgrad und direkt-elektrischer Nachheizung

Für kombinierten Heiz- & WW-Betrieb in EFH zeigen Laboruntersuchungen und Simulationen eines 6.5 kW CO₂-WP Prototyps (siehe Abb. 3 links), dass ab einem Warmwasseranteil von 55% die besten konventionellen H-FKW WP übertroffen werden. Für eine verbesserte CO₂-Technologie (besserer Kompressor, Ejektor) mit 10% höherem Coefficient of Performance (COP) wird der Schwellenwert bei 45% WW-Anteil erreicht (siehe Abb. 3 rechts).

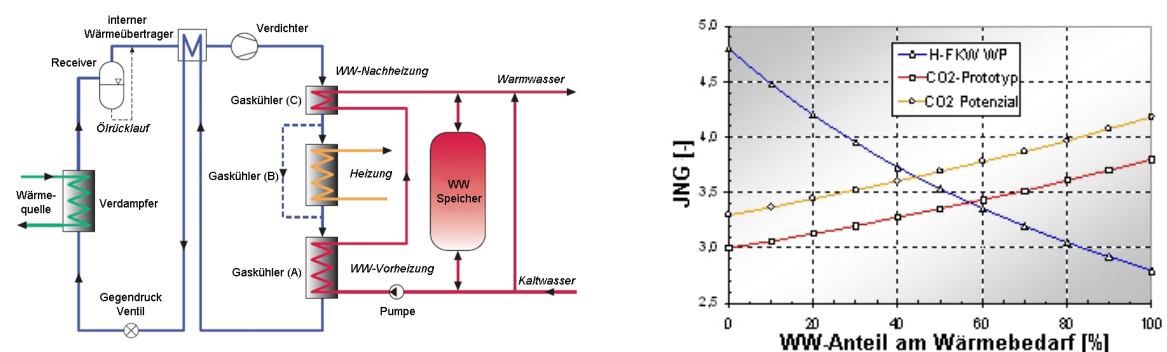


Abb. 3: Prototyp 6.5 kW Sole-Wasser (S/W)-CO₂-Wärmepumpe (links) und Vergleich des Prototyps und einer verbesserten CO₂-Wärmepumpe zum Stand der Technik (rechts) (Stene 2008)

Darüber hinaus wurde eine integrierte 3 kW W/W-WP mit dem natürlichen Kältemittel Propan entwickelt. Das integrierte System ist für Heiz- und WW-Simultanbetrieb mit Enthitzer ausgelegt. Die Systemkonfiguration ist in Abb. 4 links dargestellt. Die Konfiguration umfasst zwei Speicher, einen 300 l Niedertemperaturspeicher zur Vorwärmung des WW und für die Fußbodenheizung sowie einen 300 l Hochtemperaturspeicher zur Nachheizung des WW. Der Sauggasüberhitzer wird hauptsächlich zur Erhöhung der Verdichteraustrittstemperatur genutzt, um das Potenzial der Enthitzung für die WW-Erzeugung zu erhöhen, wie in Abb. 4 rechts gezeigt wird. Im Feldtest in einem Passivhaus in Südnorwegen über zwei Heizperioden erreichte das System mit der Wärmequelle Seewasser (5-15°C) einen Nutzungsgrad von 3.7 auf Grundlage der genutzten Wärme und Elektrizität für WP und einen Nutzungsgrad von 3.1 auf Basis der genutzten Wärme und Elektrizität aller Komponenten.

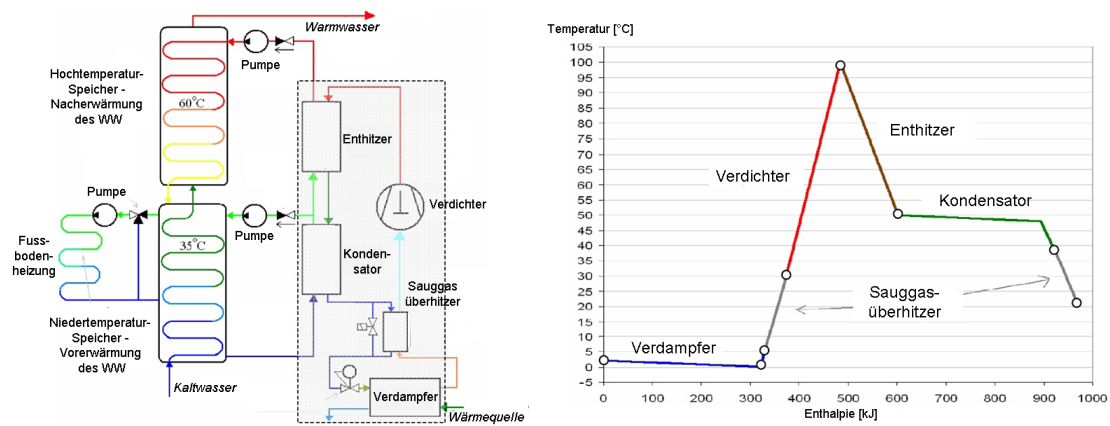


Abb. 4: Konzept des Prototyps einer Propan Wasser-Wasser Wärmepumpe (links) und Einsatz des Sauggasüberhitzers (rechts) (Stene 2008)

Prototyp Sole/Wasser-CO₂-Wärmepumpe in Österreich

Auf Grundlage von Systemkonfigurations- und Kältekreisvergleichen wurde am IWT der TU Graz in Österreich ein 5 kW CO₂-S/W-Prototyp gebaut und im Labor vermessen, der in Abb. 5 dargestellt ist. Systemsimulationen für Heizung, WW sowie passiven und aktiven Kühlbetrieb in einem typischen Niedrigenergiehaus ergaben einen Gesamtsystemnutzungsgrad von 3.2 bezogen auf die Nutzenergie nach dem Speicher ohne Verteil- und WW-Pumpe.

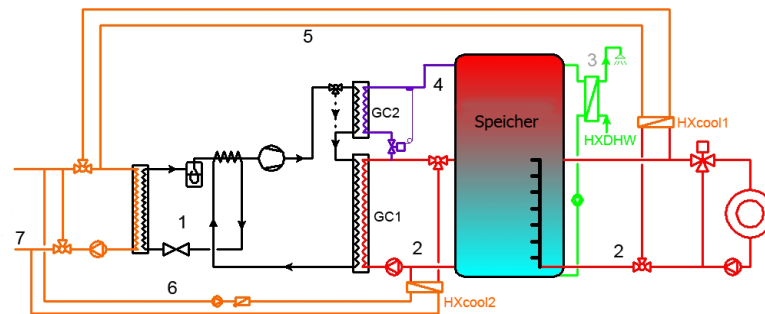


Abb. 5: Systemkonfiguration des österreichischen Prototyps (Heinz und Rieberer, 2010)

Im Fall höherer Kühllasten in Extremsommern steigt der Nutzungsgrad durch die gute Effizienz des passiven Kühlbetriebs. Weitere Systemverbesserungen werden in der Komponententwicklung (Kompressoreffizienz für kleine Leistungen, Ejektor) wie auch in der Systemintegration des Pufferspeichers und der Regelung gesehen.

Gebäudeintegrierte Fotovoltaik/Thermie (BIPV/T) und Wärmepumpe für NZEB in Kanada

In Kanada sind im Rahmen der EQuilibriumTM Netto-Nullenergiehaus Pilot und Demonstrations-Initiative der Canadian Mortgage and Housing Corporation zwei Häuser mit gebäudeintegrierten PV/T-Anlagen im kalten Klima von Montreal ausgerüstet worden, sowohl für eine direkte Heizanwendung als auch als Quelle für eine Luft/Wasser-Wärmepumpe. Durchgeführte Systemsimulationen bestätigen, dass die Gebäude fast die Netto-Null-Jahresenergiebilanz erreichen. Beide Häuser befinden sich im Feldtest.

Hochintegrierter Luft/Luft- und Sole/Luft-Wärmepumpenprototyp in den USA

Am Oak Ridge National Laboratory (ORNL), USA, wurde je ein hochintegrierter Luft/Luft (L/L)- und Sole/Luft (S/L)-WP-Prototyp entwickelt, im Labor getestet und simuliert, der alle Funktionen einschliesslich Entfeuchtung übernimmt. Jahressimulationen für ein 167m² NZEB für 5 Klimazonen der USA ergaben Energieeinsparpotenziale von 46-67% (52-65%) für das L/L- (S/L-) System verglichen mit marktverfügbaren, modularen Komponenten gleicher Funktionalität nach minimalen Effizienzanforderungen des US-Department of Energy (DOE). Statistische Amortisationszeiten wurden zu 5-10 (6-15 inkl. Quelle) Jahren berechnet.

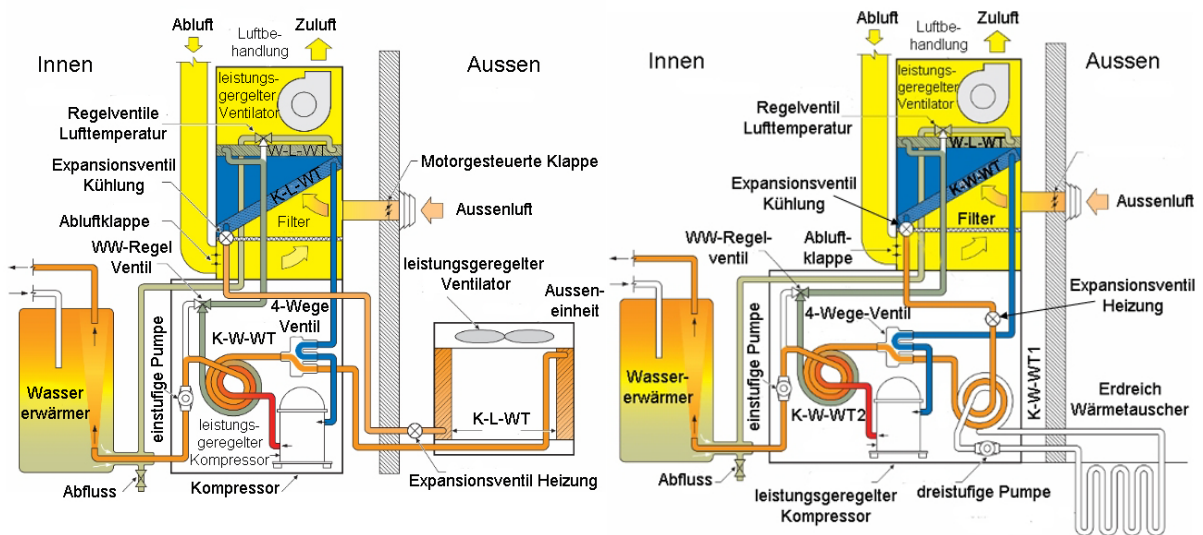


Abb. 6: L/L- (links) und erdgekoppelte Prototyp Integrated Heat Pump (IHP) (rechts) im simultanen Entfeuchtungs- und WW-Betrieb (Baxter 2008)

1.4 Ergebnisse Task 3: Feldmessungen

Im Rahmen des Annex 32 sind mehr als 100 marktverfügbare Wärmepumpen für alternativen Heiz- und WW-Betrieb in neugebauten Niedrigenergiehäusern im Feldtest untersucht worden. Jahresergebnisse des Jahres 2008 sind in Abb. 7 dargestellt. Die mittleren Wärmeerzeugernutzungsgrade (WNG) für Heizung & WW auf Grundlage der erzeugten Wärme und des Elektrizitätsaufwandes für WP, Quelle und eventuell installierter Nachheizung von 43 erdgekoppelten WP (sowohl horizontale Kollektoren als auch Erdwärmesonden) beträgt 3.8. Der elektrische Aufwand für die Quelle beträgt im Mittel 6%, der Nachheizanteil ist mit 2% vernachlässigbar. Der mittlere WW-Anteil beträgt 22%. 6 Aussenluft-Wasser Wärmepumpen erreichten im Mittel einen WNG von 3.0 bei durchschnittlich 7% Quellenaufwand und mit einem ebenfalls vernachlässigbaren Nachheizanteil von 2%.

Die Ergebnisse eines österreichischen Feldtests von 9 Wärmepumpen für Heiz- und Heiz&WW-Betrieb bestätigen die Ergebnisse des deutschen Feldtests. Die Gesamt-WNG von erdgekoppelten WP (horizontal und vertikale Wärmequelle) liegen im Bereich von 4, Aussenluft-Wasser Wärmepumpen im Bereich von 3. Die Quellenenergie kann aufgrund des Messkonzepts nicht getrennt bewertet werden.

In Deutschland ist ein weiterer Feldtest mit ca. 75 WP als Ersatz von Kesseln in Bestandsgebäuden durchgeführt worden. Mittlere Gesamt-WNG für S/W-WP liegen bei 3.3, während Luft-Wasser Systeme durchschnittlich Gesamt-WNG von 2.6 erreichen. Die Ergebnisse zeigen deutlich den Einfluss der höheren Vorlauftemperaturen in Bestandsgebäuden. Der WW-Anteil lag mit ca. 13% niedriger als in den Niedrigenergiehäusern.

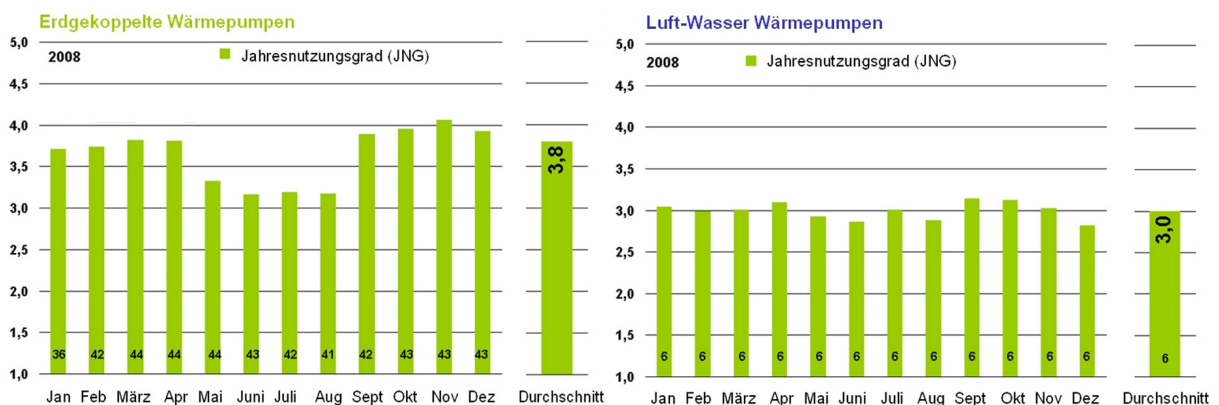


Abb. 7: Wärmeerzeugernutzungsgrade von S/W- und L/W-Wärmepumpen in neugebauten Niedrigenergiehäusern (Miara 2009)

Einige der vermessenen erdgekoppelten Anlagen im Annex 32 waren mit einer passiven Kühlung, die auch als direkte, natürliche oder freie Kühlung bezeichnet wird, ausgestattet, da im passiven Kühlbetrieb nur Hilfsenergie für die Pumpen anfällt. Nutzungsgrade hängen stark von der abgeführten Wärmemenge, also der Kühllast ab, da die Pumpenenergie bei gleicher Pumpenlaufzeit nahezu unabhängig von der Wärmemenge konstant bleibt. Vermessene Anlagen im Feld erreichten Werte von 8, während Simulationen bei höheren Kühllasten Werte bis 25 ergaben, wenn die Pumpen für das Quellen- und Übergabesystem berücksichtigt werden.

In Japan wurden zwei invertergeregelte erdgekoppelte WP in Niedrigenergiehäusern im kalten Klima von Hokkaido vermessen. Heiz-COPs grösser 5 wurden in Kombination mit einer Fussbodenheizung mit Auslegung $35^{\circ}\text{C}/30^{\circ}\text{C}$ erreicht, und Gesamt-WNG (Heizung & WW) liegen bei 3.8. Verglichen mit konventionellen Gebäuden und Heizsystemen der Region, die hauptsächlich mit Ölkesseln ausgestattet sind, wurden CO_2 -Emissionseinsparungen von 50-60% errechnet, welche sowohl von Verbesserungen der Gebäudehülle auf Niedrigenergiehausniveau ($\approx 40\text{-}50\%$) als auch von der effizienteren Gebäudetechnik ($\approx 50\text{-}60\%$) herrühren. Abb. 8 links zeigt die Umweltauswirkungen anhand des Primärenergieaufwands der dokumentierten Best-Practice Anlagen in DE, AT und CH. Verglichen mit Gas-Brennwertkesseln tragen die Best-Practice Anlagen in Niedrigenergiehäusern bei Primärenergiefaktoren von 3.0 für Elektrizität und 1.15 für Erdgas zur Primärenergieeinsparung bei.

In Abb. 8 rechts sind die Arbeitszahlen von S/W Wärmepumpen in Abhängigkeit der Systemkonfigurationen dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass einfachere Konfigurationen oft höhere Nutzungsgrade erreichen. Komplexe Anlagen mit Speichern erzielen oft nicht die erwarteten Nutzungsgrade, eine Aussage, die auch in früheren Feldtests schon festgestellt wurde und im Schweizer Projekt STASCH als Grundlage für die Systemwahl diente.

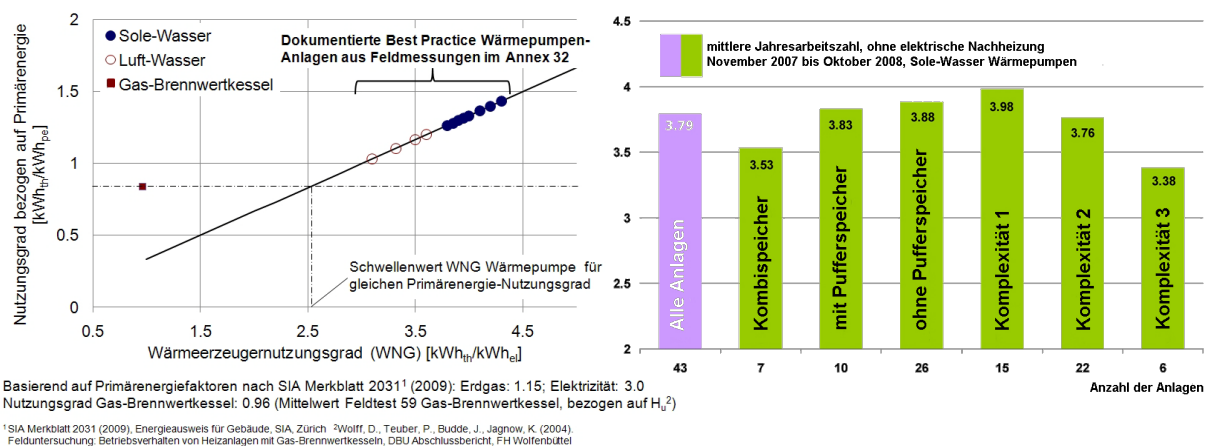


Abb. 8: Vergleich Primärenergienutzungsgrad von WP und Gas-Brennwertkessel (links) und Abhängigkeit des Nutzungsgrads von der Systemkonfiguration von S/W WP (rechts, Miara 2010)

Typische Betriebsprobleme lassen sich nach Design, Installation und Regelung unterteilen. Ein häufig angetroffenes Problem ist die Integration und Regelung von Kombispeichern, die unnötig hohe Vorlauftemperaturen für das Heizsystem verursachen und damit den Nutzungsgrad vermindern. Darüber hinaus sind komplexe hydraulische Schaltungen mit vielen Ventilen fehleranfällig: Ventile, die nicht richtig schliessen und verkehrt eingebaute Rückschlagventile können Wärmeverluste und Speicherentladungen verursachen. Des Weiteren bestehen Optimierungspotenziale hinsichtlich der Pumpenauslegung und -laufzeit. Insbesondere die Quellenpumpen von erdgekoppelten Systemen sind oft überdimensioniert und laufen länger als notwendig, was beides einen hohen Hilfsenergieverbrauch verursacht.

Die folgenden Empfehlungen, die teils frühere Feldtesterfahrungen bestätigen, wurden auf Grundlage der deutschen Feldtests für einen guten Anlagenbetrieb abgeleitet:

- Gründliche Auslegung aller Komponenten auf die Lastsituation des Hauses (Wärmequelle, Speicher, Übergabesystem), möglichst niedrige Vorlauftemperaturen
- Überprüfung der Speicherladestrategie, Vorlauftemperaturen des Heizsystems
- Hydraulischer Abgleich, gründliche Isolation der Speicheranschlüsse und Verbindungen, insbesondere für Kombispeicher

- Deaktivierung von unterstützenden direkt-elektrischen Nachheizungen im Fall von S/W Wärmepumpen (ausser bei der Gebäudeaustrocknung wegen der Gefahr der Schädigung der Quelle durch Einfrieren bei Überlast)
- Systemauslegung so einfach und robust wie möglich, da in vielen Feldtests komplexe Schaltungen mit integrierten Speichern nicht die erwartete Effizienz erreichen.

1.5 Ergebnisse Task 4: Auslegungsempfehlungen

Für unterschiedliche Systemkonfigurationen wurden im IEA HPP Annex 32 Auslegungs- und Rechenmethoden abgeleitet.

Auslegung von WP-Luftkonditionierungssystemen (Splitgeräte für Heiz- und Kühlbetrieb)

In Japan wurde die Auslegung von Wärmepumpen-Luftkonditionierungssystemen (single- or multi-split Geräte), die in der moderaten Klimazone Standard sind, auf den Einsatz in Niedrigenergiehäusern angepasst. Das bestehende Verfahren einer einfachen Auswahl aus Herstellerkatalogen nach der Auslegungsleistung führt in Niedrigenergiehäusern zu Überdimensionierung und schlechter Effizienz. Im Rahmen des IEA HPP Annex 32 wurde daher eine verbesserte Methode erarbeitet, die kontinuierlichen und intermittierenden Betrieb sowie die Summenhäufigkeit der Heiz- bzw. Kühllast berücksichtigt.

Integration einer Kühlfunktion

Im Schweizer Beitrag wurden mittels Simulationen Auslegungshinweise für die Integration einer Kühlfunktion in Wärmepumpensysteme für Heizung & WW abgeleitet. Abb. 9 zeigt die Integration der passiven Kühlfunktion in üblichen Konfigurationen für kombinierten Heiz & WW-Betrieb mit Erdwärmesonde. Ein Systemvergleich ergab, dass Luft/Luft-Splitgeräte für die Luftvariante und erdgekoppelte Systeme die besten Nutzungsgrade erreichen, während die Nutzungsgrade des Umkehrbetriebs von Luft/Wasser Wärmepumpen abfallen.

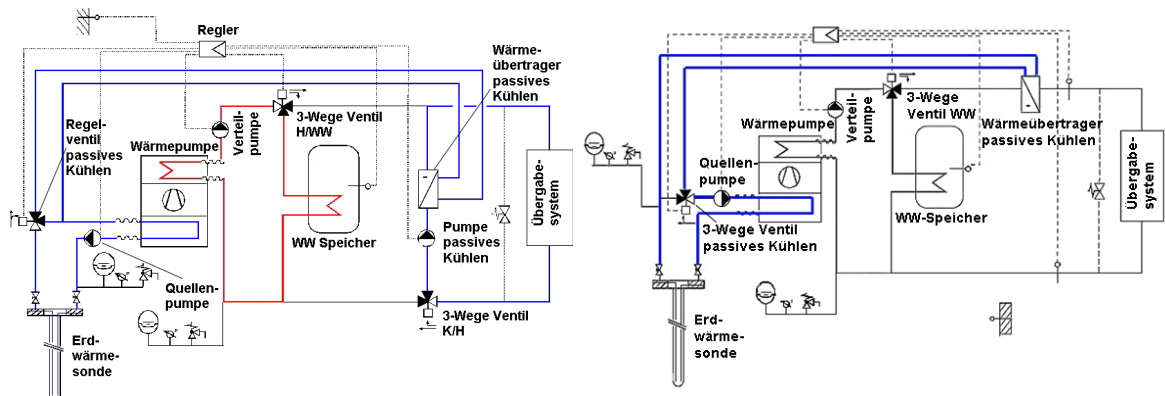


Abb. 9: Hydraulische Integration einer Kühlfunktion für S/W-Wärmepumpen mit Erdwärmesonde mit (links) und ohne (rechts) simultane Kühl-Option (Dott, Afjei und Huber 2007)

Die folgenden Empfehlungen wurden daraus für S/W-Wärmepumpen abgeleitet:

- Die Auslegung der Erdwärmesonde (EWS) für den Heizbetrieb reicht aus, um ca. 90% des Kühlbedarfs zu decken, d.h. unter den derzeitigen Klimabedingungen in der Schweiz ist bei adäquater System- und Gebäudeauslegung keine aktive Kühlfunktion notwendig.
- Der Wärmeübertrager zwischen EWS und Fussboden beeinflusst entscheidend den Deckungsgrad der Kühlung. Eine Auslegung auf Temperaturdifferenzen von 1 K (3 K) ergibt Deckungsgrade von 94% (66%) bei garantierter Kapazität der EWS von 26 (13) W/m.
- Der simultane Kühl- & WW-Betrieb wird nicht empfohlen, da die Verbesserung der Effizienz mit 1.7% durch den Kurzzeitspeichereffekt der abgeführten Wärme im Erdreich vernachlässigbar ist, d.h. die hydraulische Vereinfachung nach Abb. 9 rechts ist sinnvoll.
- Eine Auslegung des Systems auf den Selbstregeleffekt (max. Vorlauftemperaturen von 30°C) führt zu weiteren Vereinfachungen der Hydraulik (keine Thermostatventile), maximiertem COP und zu höheren möglichen Vorlauftemperaturen im Kühlbetrieb.

- Jahresnutzungsgrade liegen im Bereich 10-25 und hängen hauptsächlich von der entzogenen Wärme ab, da der Hilfsenergieverbrauch bei gleicher Pumpenlaufzeit annähernd konstant bleibt. Daher ist der Einsatz von effizienten Pumpen zu empfehlen.
- Die erreichbare Innentemperaturabsenkung liegt bei 2-4 K. Eine Taupunktüberwachung ist in der Schweiz im Allgemeinen nicht notwendig, da die lokalen Komfortanforderungen der Fussbodenoberflächentemperatur härtere Anforderungen darstellen. Räume mit höherer Feuchte (Bad, Küche) sollten nicht über Flächensysteme gekühlt werden.
- Zusatzkosten für den passiven Kühlbetrieb sind mit 1'500 € für die erforderlichen Komponenten (Wärmeübertrager, Ventile) und Stromkosten von ca. 12 €/a moderat.

1.6 Zusammenfassung und Ausblick

Multifunktionale integrierte Wärmepumpen haben verschiedene Vorteile für den Einsatz in Niedrigenergiehäusern. Insbesondere

- können alle Funktionen mit nur einem Erzeugungssystem abgedeckt werden
- können verschiedene Gebäudetechnikfunktionen simultan und mit Effizienzgewinnen erzeugt werden
- werden bei angemessener Anlagenauslegung hohe Nutzungsgrade erreicht
- besteht nur eine geringe Abhängigkeit von fossilen Energien (abgesehen von der Stromerzeugung), und mit grünem Strom ist ein vollkommen CO₂-freier Betrieb möglich.

Die Forschungsschwerpunkte im IEA HPP Annex 32 lagen in der Entwicklung neuer WP-Prototypen für Niedrigenergiehäuser und in der Felderprobung von Wärmepumpen.

Verschiedene Prototypen wurden entwickelt und im Labor getestet, insbesondere mit erweiterter Funktionalität und dem Einsatz natürlicher Kältemittel, was in marktgängigen Produkten zu Beginn des IEA HPP Annex 32 noch wenig umgesetzt war. Kalibrierte Systemsimulationen auf Grundlage der Laborergebnisse ergaben vielversprechende Energieeinsparungen über 50% im Vergleich zu üblichen Lösung in Niedrigenergiehäusern. Einige der entwickelten Prototypen werden zur Bewertung von Funktion und Nutzungsgraden im Feldtest weiter untersucht (US Prototyp, kanadische PV/T, norwegische Propan-Wärmepumpe), um die vielversprechenden Simulationsresultate auch im realen Betrieb zu verifizieren. Weiterhin zeigen die Feldtests mögliche Systemoptimierungen. Durch den Zeitplan des Annex 32 konnten aber nur Feldergebnisse des norwegischen Prototyps berücksichtigt werden.

Die umfangreichen Feldergebnisse von marktgängigen Wärmepumpen in Niedrigenergiehäusern im Rahmen des IEA HPP Annex 32 bestätigen gute Nutzungsgrade und eine bessere Effizienz und weniger Umweltauswirkungen im Vergleich zu konventionellen Heizsystemen wie kondensierenden Gaskesseln. Weiterhin wurden Auslegungsrichtlinien aus den durchgeführten Simulationsstudien für erweiterte Funktionen von Wärmepumpensystemen abgeleitet. Während der Annex 32 den Schwerpunkt auf die Systemintegration und -auslegung gelegt hat, gehen gegenwärtige Marktentwicklungen auch weiter zu einer Integration von Solartechnik und Wärmepumpe. Besonders für Netto-Nullenergiehäuser, bei denen gebäudeintegrierte erneuerbare Energien ein zentraler Teil des Konzepts ist, bietet diese höhere Integration eventuell weitere Vorteile für Energieeffizienz und Kosten.

Zukünftige Gebäude bestehen daher aus multifunktionalen Komponenten, die dazu beitragen, den Energiebedarf kosteneffizient und umweltfreundlich zu decken.

Durch die einzigartigen Eigenschaften stellen Wärmepumpen die zentrale Komponente eines integrierten und umweltfreundlichen Gebäudeentwurfs dar, der die Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft ermöglicht.

Die Ergebnisse des IEA HPP Annex 32 sind in vier Schlussberichten, "Best-Practice Sheets" für Anlagen mit guten Nutzungsgraden und "System Concepts Sheets" für den Feldtest von Prototypen und neuen Systemkonzepten zusammengefasst worden. Die Dokumente können nach der Vernehmlassung durch das HPP ExCo ab Herbst 2010 auf der Annex 32-Webseite unter <http://www.annex32.net> heruntergeladen werden.

2 Nationale Projektbeiträge und Ergebnisse

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Teilnehmerländer im IEA HPP Annex 32.

In der Schweiz wie auch in den anderen Teilnehmerländern ist der Gebäudebereich für 40-50% der CO₂-Emissionen verantwortlich. Niedrigenergiehäuser, etwa nach dem MINERGIE® oder MINERGIE-P®-Standard, können den Jahresheizenergiebedarf und damit die CO₂-Emissionen deutlich reduzieren. Daher sind der Neubau nach Niedrigenergiehausstandards und die Gebäudesanierung zu Niedrigenergiegebäuden in vielen Ländern ein wesentliches Element zum Erreichen der Kyoto-Ziele.

Um die Potenziale allerdings voll auszuschöpfen, wird gleichzeitig eine angepasste effiziente Gebäudetechnik für den Einsatz in Niedrigenergiehäusern benötigt. In Ländern mit nennenswertem Marktanteil von Niedrigenergiehäusern sind in den letzten Jahren einige Systeme speziell für den Niedrigenergiebereich entwickelt worden. Ziel des Annex 32 ist es, diese angepassten Wärmepumpen-Systeme für Niedrigenergiehäuser zu bewerten und weiter zu entwickeln, die Systemintegration zu erweitern und Standardschaltungen energieeffizienter Lösungen abzuleiten. Mit einer Vereinheitlichung der Systeme soll die Verbreitung innovativer und bewährter Lösungen erleichtert werden.

Im Folgenden werden die Teilnehmerländer hinsichtlich

- der beteiligten Institutionen
- der Marktsituation und des Forschungsschwerpunkts
- der einzelnen nationalen Beiträge und
- der Ergebnisse der nationalen Projekte

vorgelegt. Die nationalen Forschungsarbeiten lassen sich in zwei Hauptforschungsgebiete unterteilen, die in Task 2 und Task 3 bearbeitet wurden.

Task 2: Systembewertung und Prototypentwicklung multifunktionaler Wärmepumpen

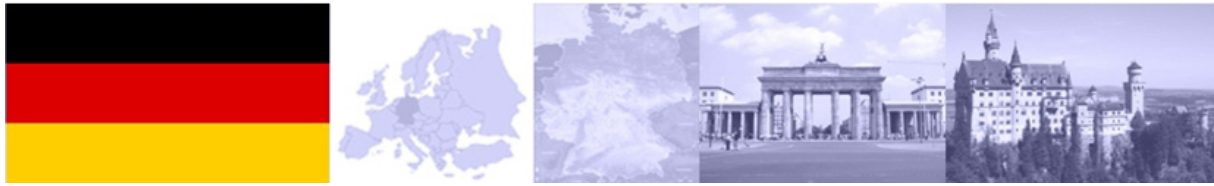
- Entwicklung neuer Konzepte multifunktionaler Wärmepumpen für Niedrigenergiehäuser im Leistungsbereich 3-5 kW
- Prototypentwicklung mit Labortests und Systemsimulationen für
 - die Systemintegration von Zusatzfunktionen für Niedrigenergiehäuser (Lüftung, Komfortkühlung, Entfeuchtung)
 - den Einsatz von natürlichen Kältemitteln (CO₂ (R744) und Propan (R290))
- Ableiten von energieeffizienten Standard-Systemlösungen

Task 3: Bewertung des praktischen Betriebs in Feldtests

- Feldtests von Neuentwicklungen und marktverfügbaren Systemen
- Bewertung der Funktionalität und der Nutzungsgrade
- Aufdecken von Schwachstellen und Ableiten von Optimierungspotenzialen
- Hinweise für Auslegung und Weiterentwicklungen der Systeme

Als Vorbereitung wurde in Task 1 eine Analyse des Standes der Markteinführung von Niedrigenergiegebäuden und angepasster Systemtechnik sowie der politischen Rahmenbedingungen durchgeführt. In Task 4 wurden die Ergebnisse der Task 2 und Task 3 hinsichtlich Auslegungshinweisen und Best-Practice Systemen ausgewertet und dokumentiert und die Ergebnisse für die Darstellung in den Schlussberichten aufbereitet.

2.1 Deutschland



Nationale Projektleitung	
	Marek Miara, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (Fhg-ISE), Heidenhofstrasse 2, D-79110 Freiburg (Brsg.), Deutschland, Tel: +49-(0)761-4588-5529 marek.miara@ise.fraunhofer.de , http://www.ise.fraunhofer.de
Beteiligte Institutionen	
	Dr. Andreas Bühring, Viessmann Wärmepumpen GmbH, http://www.viessmann.de
Nationaler Beitrag unterstützt durch	
	
Energieversorger: E.ON Energie AG , EnBW Vertriebs- und Servicegesellschaft mbH	
Hersteller: Alpha Innotec GmbH , Hautech AG , IVT , Nibe Systemtechnik GmbH , Stiebel Eltron GmbH & Co KG , Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG , Viessmann Wärmepumpen GmbH	
Nationaler Beitrag finanziell unterstützt durch	
	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, http://www.bmwi.de

Projektüberblick

Der deutsche Beitrag bezieht sich auf eine umfangreiche Feldanalyse von ca. 100 Wärmepumpen in Niedrigenergiehäusern ("WP-Effizienz", <http://wp-effizienz.ise.fraunhofer.de>) mit Fussbodenheizung (FBH) und ca. 75 Wärmepumpen in bestehenden Gebäuden als Ersatz für Kessel (<http://wp-im-gebaeudebestand.de>). Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Feldobjekte in den beiden Feldtests.

Tabelle 2 Überblick über Häuser und Systeme in den deutschen Feldtests

Projekt	Fläche	Heizwärme	WP-Leistung	Temperaturen
WP Effizienz (≈100 WP)	ø 192 m ²	20-50 kWh/(m ² a) (Rechenwert)	5-10 kW	30-35 °C (FBH) 45-65 °C (Radiator) ≈50 °C (WW)
WP Gebäude- bestand (≈75 WP)	ø 190 m ²	ø 182 kWh/(m ² a) (Verbrauch)	ø13.8 kW (S/W) ø14.5 kW (L/W)	40-45°C (FBH) 45-65°C (Radiator) 45-60 °C (WW)



Projektziele sind die Charakterisierung der Nutzungsgrade der neusten Generation von Wärmepumpen im Heiz- und WW-Betrieb und die Identifikation von Optimierungspotenzialen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten für den Einsatz in Niedrigenergiehäusern. Ergebnisse für die durchschnittlichen Wärmeerzeugernutzungsgrade der 43 (35) S/W-WP liefern Arbeitszahlen von 3.8 (3.3) im WP-Effizienz (WP-Gebäudebestand) und die 17 (34) L/W-WP ergaben 2.9 (2.6). Es machen sich also die höheren Vorlauftemperaturen in den Bestandsgebäuden deutlich bemerkbar. In den Niedrigenergiegebäuden liegt der WW-Anteil bei über 20%, in den Bestandsgebäuden um 13%. Die monoenergetischen Anlagen haben einen vernachlässigbaren Nachheizanteil von 2% und die Quellenenergie liegt in den Neubauten mit 6%-7% der Elektrizität anteilig höher als bei Bestandsgebäuden mit 3%-5%.

Ergebnisse und Beiträge zum Annex 32:

- Marktüberblick Kompaktgeräte für Heizung, WW und Lüftung auf dem deutschen Markt
- Umfangreiche Feldergebnisse von WP in Niedrigenergiehäusern und Bestandsgebäuden
- Dokumentation von 5 Anlagen mit gutem Betriebsverhalten als [Best Practice Systeme](#)

2.2 Frankreich



Nationale Projektleitung	
	Catherine Martinlagardette, Electricité de France (EdF), Research and Development, Departement ENERBAT, Avenue des Renardières, 77818 Moret sur Loing, Frankreich, Tel. +33-(0)1-60737191, catherine.martinlagardette@edf.fr , http://www.edf.fr
Beteiligte Institutionen	
	Françoise Evin, Electricité de France (EdF), R&D, Dep. ENERBAT, http://www.edf.fr

Projektüberblick

Frankreich ist dem Annex 32 im September 2008 beigetreten. Der Teilnehmer Electricité de France (EdF) R&D hat eine Studie zum Vergleich verschiedener marktverfügbarer Energiesysteme für einen typischen französischen Wohnhausneubau mit 115 m² nach Anforderungen des französischen Niedrigenergiestandards BBC (Bâtiment à base consommation) durchgeführt (<http://www.effinergie.org>). Die Bauweise ist traditionell gewählt worden (Wärmedämmung aus Styropor oder Polyurethan).

Als Varianten wurden für die Heizung unterschiedliche Typen von Wärmepumpen (L/W, S/W und L/L), direkt-elektrische Heizung (Joule-Effekt), Gas-Brennwert- und Holzpellet-Kessel, für die Warmwassererzeugung solare oder Wärmepumpen-Wassererwärmer betrachtet. Die Systemvarianten wurden nach den unterschiedlichen Kriterien Primärenergieverbrauch, CO₂-Emissionen, Endenergieverbrauch sowie Investitions- und Betriebskosten bewertet.

Ein Ergebnis der Studie ist, dass nur eine der besten marktverfügbaren Technologien der drei Bereiche Wärmedämmung der Gebäudehülle, Heiz- und WW-System notwendig ist, um die BBC-Anforderungen zu erfüllen. Hinsichtlich des Systemvergleichs ist das Ergebnis der Studie, dass unter den obengenannten Randbedingungen Wärmepumpen sowohl für die Heizung als auch für die Warmwassererwärmung den besten Kompromiss hinsichtlich Energieverbrauch, Investitionskosten und CO₂-Emissionen darstellen.

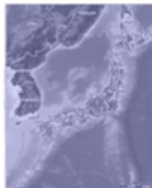
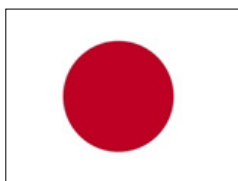
Auf dieser Studie aufbauend hat EDF R&D die folgenden Punkte im Rahmen des IEA HPP Annex 32 untersucht:

- Marktüberblick für Neubauten, Systemtechnik und Entwicklung von Gebäude Richtlinien
- Vergleich von Systemlösungen auf dem französischen Markt (siehe oben)
- Labormessungen eines Lüftungskompaktgeräts mit Heiz-, Warmwasser-, Lüftungs- und Kühlfunktion
- Feldtest eines mit den BBC Label zertifizierten Gebäudes mit Luft-Luft-Wärmepumpe.

Ergebnisse und Beiträge zum Annex 32:

- Marktüberblick für Niedrigenergiehäuser, Labelling und Systeme
- Systemvergleich für verfügbare Technologien für Niedrigenergiehäuser auf dem französischen Markt
- Labormessung eines Kompaktgeräts für die Funktionen Heizung, WW, Lüftung und Kühlung (Resultate nur intern verfügbar)
- Feldtest eines Niedrigenergiehauses nach dem französischen BBC Niedrigenergiehauslabel in St. Sever (kann nicht mehr im Zeitrahmen des Annex 32 berücksichtigt werden)

2.3 Japan



Nationale Projektleitung	
 北海道大学 HOKKAIDO UNIVERSITY	Prof. Dr. Eng. Katsunori Nagano, Urban & Environmental Engineering Graduate School of Engineering, Universität Hokkaido N13-W8, Kita-ku, Sapporo 060-8628, Japan, Tel: +81-(0)11-706-6285, nagano@eng.hokudai.ac.jp , http://www.hokudai.ac.jp/
Beteiligte Institutionen	
 TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY	Hirofumi Ida, Tokyo Electric Power Company, http://www.tepco.co.jp/
 Architec co., ltd.	Yasukazu Kawaraguchi, Architec co., ltd., http://www.architec.jp/
 東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO	Prof. Dr. Sayaka Takeda Kindaichi, Universität Tokyo, http://www.u-tokyo.ac.jp
	Dr. Takao Katsura, Fujiwara Environmental Science Institute Ltd.
Nationaler Beitrag unterstützt durch	
 FUJITSU GENERAL  Panasonic  DAIKIN  TOSHIBA  MISAWA  Asahi KASEI  Morinaga Engineering  MITSUBISHI ELECTRIC	
Hersteller: Fujitsu , Panasonic , Daikin , Toshiba , Misawa , Asahi Kasei , Morinaga , Mitsubishi	
Nationaler Beitrag finanziert durch	
 NEDO	Nedo, http://www.nedo.go.jp

Projektüberblick

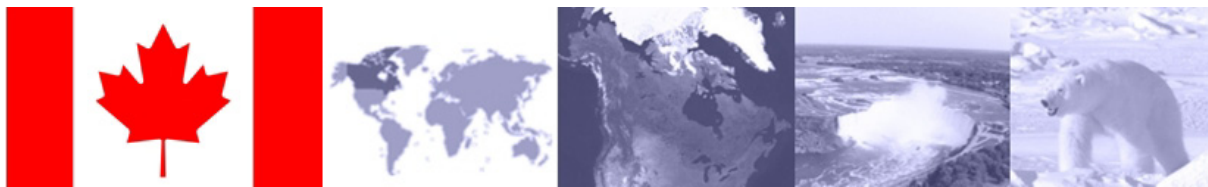
Der japanische Projektbeitrag beschäftigt sich mit dem Einsatz von WP in Niedrigenergiehäusern für kaltes Klima (Hokkaido), in dem Heizbedarf besteht, und moderates Klima (80% der Bevölkerung, Grossstädte Tokyo, Kyoto, Osaka), in dem Heiz- und Kühlbedarf besteht. Im kalten Klima von Hokkaido wurden bislang hauptsächlich Ölkessel eingesetzt. Daher wurden zwei leistungsgeregelte WP mit Erdwärmesonden in Niedrigenergiehäusern durch die Universität Hokkaido im Feldtest vermessen. Zusätzlich sind eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Solarkomponenten installiert. Die Feldtests bestätigen die Machbarkeit und die gute Effizienz der Systeme in Hokkaido mit Gesamt-Nutzungsgraden für Heizung & WW von 3.8. Im Vergleich zu konventionellen Häusern der Region erreichen die vermessenen Häuser CO₂-Einsparungen von 50-60%, die rund zur Hälfte auf die bessere Gebäudehülle und zur anderen Hälfte auf die effiziente Gebäudetechnik zurückzuführen sind.

Standardtechnik in der moderaten Klimazone sind leistungsgeregelte Luft/Luft single- und multi-split Geräte, die im Umkehrbetrieb zum Heizen und Kühlen verwendet werden. Im Projekt wurde eine neue Auslegung für den Einsatz in Niedrigenergiehäusern erarbeitet, die die Lastanforderungen über eine Auswertung der Summenhäufigkeit besser berücksichtigt, und die Betriebsweise (kontinuierlich oder intermittierend) untersucht. Des Weiteren wurden Feldmessungen an Splitgeräten durchgeführt.

Ergebnisse und Beiträge zum Annex 32

- Überblick über Stand der Markteinführung von Niedrigenergiehäusern in Japan und Einsatz von Systemen in den unterschiedlichen Klimazonen
- Auslegungsmethode für Split-Geräte zum Heizen und Kühlen für die gemässigte Klimazone in Japan (Honshu)
- Messmethodik für die Feldmessung von Luft-/Luft WP (Splitgeräte) in Wohnbauten
- [Feldergebnisse](#) von erdgekoppelten WP für H, WW und Lüftung in Hokkaido

2.4 Kanada



Nationale Projektleitung	
	Vasile Minea, Ph. D., Laboratoire des technologies de l'énergie (LTE), Hydro-Québec 600, avenue de la Montagne, Shawinigan (Québec) G9N 7N5, Kanada Tel: +819-(0)539-1400 (1507), minea.vasile@lte.ireq.ca , http://www.ireq.ca
Beteiligte Institutionen	
	Prof. Andreas Athetinitis, PhD, José Candanedo, YuXiang Chen Concordia University, Montréal, http://www.concordia.ca
	Bradley Berneche, Alouette Homes Ltd., http://www.alouettehomes.com
	Sevag Pogharian, Sevag Pogharian Design, Montréal, http://www.spd.ca
Nationaler Beitrag unterstützt durch	
	Solar Building Research Network, http://www.solarbuildings.ca
	Canadian Mortgage and Housing Corporation, http://www.cmhc-schl.gc.ca/

Projektüberblick

Der Beitrag von Kanada bezieht sich auf die [EQuilibrium™ Housing Pilot and Demonstration Initiative](#) der Canadian Mortgage and Housing Corporation (CMHC).



EQuilibrium™ Häuser verfolgen einen Netto-Nullenergiehausansatz und integrieren hocheffizientes passiv solares Design und kommerziell verfügbare On-site Energieerzeugung mit erneuerbaren Energiesystemen wie solare Heizung und Luft- und erdgekoppelte Wärmepumpen. EQuilibrium™ Häuser berücksichtigen weiterhin die Kriterien Gesundheit und Komfort der Nutzer, Bezahlbarkeit, Ressourcenschonung und reduzierter Umweltauswirkungen. Dies reduziert deutlich die Treibhausgasemissionen und die schädlichen Auswirkungen auf Wasser, Land und Luft. Das Ziel der EQuilibrium™ Initiative ist die Erprobung und Verbreitung des Wissens in der kanadischen Gebäude- und erneuerbaren Energieindustrie, um langfristig qualitativ hochwertige Häuser und nachhaltige Kommunen in ganz Kanada zu realisieren. 12 Demonstrationsprojekte, die über ganz Kanada verteilt liegen, wurden aus über 70 Konzepten ausgewählt und werden zurzeit intensiv vermessen und auch im Hinblick auf Reproduzierbarkeit in ganz Kanada bewertet.

In Rahmen des IEA HPP Annex 32 wurden 2 EQuilibrium™ Häuser in Ostkanada konzeptioniert, simuliert, gebaut und detailliert im Feld vermessen.

Das EcoTerra™ Haus des Bauunternehmens Alouette Homes ist ein vorgefertigtes Hauskonzept. Die installierte modulare Gebäudetechnik beinhaltet eine dachintegrierte Photovoltaik/thermische (PV/T) Anlage, eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, eine erdgekoppelte Wärmepumpe sowie einen Abwasserwärmeübertrager zur Wärmerückgewinnung und Hypokausten im massiven Betonfussboden zur Nutzung der vorerwärmten Luft aus der PV/T-Anlage.

Das zweite Haus, das Alstonvale Net Zero Energy House, wird in Hudson, Québec, errichtet, und ist ebenfalls mit einer dachintegrierten PV/T ausgestattet, die allerdings als Wärmequellen für eine L/W-Wärmepumpen fungiert. Das Konzept berücksichtigt verschiedene Aspekte der Nachhaltigkeit, ausser Wohnen auch Mobilität und lokale Nahrungsmittelproduktion.

Ergebnisse und Beiträge zum Annex 32

- Marktüberblick zum Stand der Niedrigenergiehäuser und dem Wärmepumpenmarkt, Gebäuderichtlinien und Rechenprogrammen in Kanada
- Konzeptentwicklung, Auslegung, Simulation und Feldtest von 2 EQuilibrium™ NZEB
- Dokumentation der Systemkonzepte in 2 [System Concept Sheets](#)

2.5 Niederlande



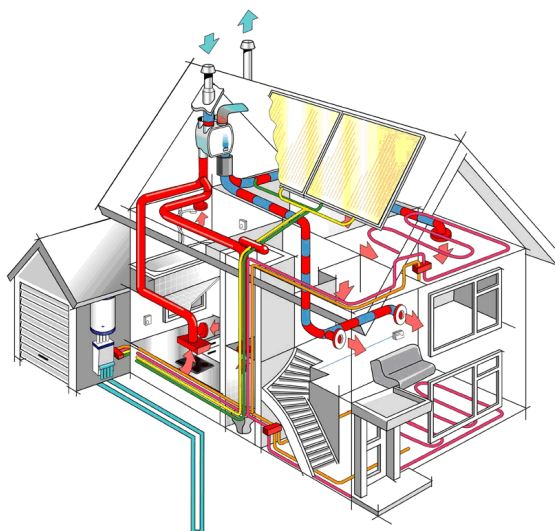
Nationale Projektleitung	
	Onno Kleefkens, Agentschap NL, Niederlande Croeselaan 15, 3521 BJ Utrecht, Tel: +31-(0)88-6022449, Fax: +31-(0)88-6029025 onno.kleefkens@agentschapnl.nl , http://www.agentschapnl.nl
Beteiligte Institutionen	
	Sibe Jan Koster, Q+P Communicatie en Innovatie, http://www.qpcommunicatie.nl/
Nationaler Beitrag unterstützt durch	
	Vos Property development building company, http://www.isozero.nl

Projektüberblick

In den Niederlanden sind Niedrigenergiehäuser noch in der Markteinführung. Ein Problem für die Einführung stellt die eher niedrige energetische Qualität von Neubauten hinsichtlich Wärmedämmung und Luftdichtheit (im Rahmen der gesetzlichen Anforderungen) dar, da der Gebäudemarkt als Verkäufermarkt bezeichnet werden kann, also jedes Haus auf dem Markt verkauft wird. Andere spezifische Markthemmnisse wie die Bautradition wurden ebenfalls identifiziert. Allerdings gibt es seit einigen Jahren kleinere Marktteilnehmer, die in der Marktnische von hochwertigen Niedrigenergiehäusern agieren.

Nichtsdestotrotz fehlt zurzeit eine einheitliche und integrierte Gebäudetechnik für diese Projekte. Da der niederländische Markt aus Kostengründen gegenwärtig von Gas-Brennwertkesseln dominiert wird, soll daher der Versuch unternommen werden, die beiden Markteinführungen von Niedrigenergiehäusern und Wärmepumpen zu koppeln. Einige kleine Projektentwickler bieten schon integrierte Lösungen mit Wärmepumpen an, aber die Technik ist noch nicht für die Anwendung in Niedrigenergiehäusern optimiert. Im Annex 32 sollen daher bestehende Konzepte evaluiert und adäquate Systeme als Kooperation zwischen niederländischen Wärmepumpenherstellern, Bauunternehmen und Forschungsinstituten für den Niedrigenergiehausmarkt entwickelt werden.

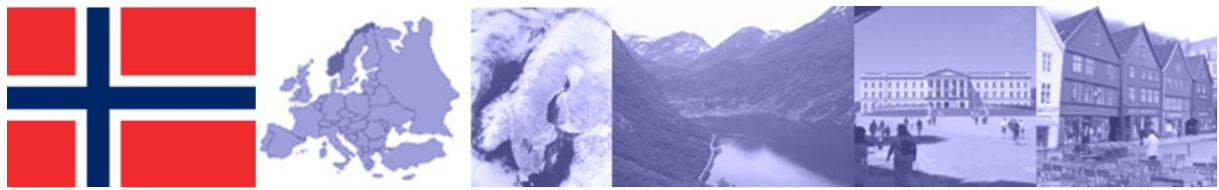
Des Weiteren sollen die Standard-Berechnungsmodelle für die Niedrigenergiehausanwendung überprüft werden. In 2010 sind Feldtests verschiedener neuer Konzepte geplant, die allerdings nicht mehr im Zeitrahmen des IEA HPP Annex 32 behandelt werden können.



Ergebnisse und Beiträge zum Annex 32

- Überblick über den Stand der Markteinführung von Niedrigenergiehäusern und Wärmepumpen in den Niederlanden sowie spezifischer Markthemmnisse
- Dokumentation von neuen Systemlösungen für Niedrigenergiehäuser mit Wärmepumpen als [System Concept Sheets](#)

2.6 Norwegen



Nationale Projektleitung	
	Maria Justo Alonso, SINTEF Energy Research, Dept. of Energy Processes 7465 Trondheim, Norwegen, Tel: +47-(0)735-93901, Fax: +47-(0)735-93950 maria.justo.alonso@sintef.no , http://www.sintef.no
Beteiligte Institutionen	
	Jørn Stene, dr-ing., nat. Projektleitung 2006-2008, COWI AS, http://www.cowi.no
	D. Zijdemans, T. Hjerkin, Norwegian University of Science and Technology (NTNU) http://www.ntnu.no
Nationaler Beitrag finanziert durch	
	Enova SF, http://www.enova.no

Projektüberblick

Norwegen verzeichnet in den letzten Jahren ein starkes Marktwachstum im Bereich der Niedrigenergiehäuser. Daher werden angepasste Technologien benötigt. Wärmepumpen werden wegen einer hohen Energieeffizienz, Nutzung von erneuerbaren Energien, grosser Flexibilität der Systemgestaltung, verfügbaren Heizleistungen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten (relative hohe Energiepreise und niedrige Zinssätze) als geeignete Lösungen zum Heizen und Kühlen von Niedrigenergiegebäuden angesehen. Die Schwerpunkte im norwegischen Projekt liegen auf dem Einsatz von Wärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln in Niedrigenergiehäusern mit Machbarkeitsstudien, Prototypentwicklung und Feldtest.

- Eine Machbarkeitsstudie eines CO₂ Wärmepumpen-Warmwassererwärmers für Niedrigenergieapartmenthäuser ergab bis zu 75% Einsparungen verglichen mit den konventionellen Lösungen einer direkt-elektrischen Warmwasserbereitung und 25% Einsparung zu üblichen solaren Wassererwärmern mit elektrischer Nachheizung.
- Als beste Variante eines kombinierten 6.5 kW CO₂-WP Prototyps für WW und Niedertemperaturheizung eines Niedrigenergie-Einfamilienhauses ergab sich ein dreigeteilter Gaskühler, in dem das kalte Wasser zunächst vorgeheizt wird, dann der Heizbetrieb im mittleren Teil abgedeckt wird und im oberen Teil das WW nacherhitzt wird, siehe Abb. 3. Ab einem WW-Anteil von 55% zeigen S/W-CO₂-WP bessere Nutzungsgrade als die besten marktverfügbaren H-FKW S/W-Wärmepumpen, mit 10% verbesserter CO₂-Technologie verschiebt sich der Schwellenwert auf 45%.
- Darüber hinaus ist eine 3 kW Propan W/W Wärmepumpe für H und WW entwickelt worden, siehe Abb. 4. Der Prototyp wurde im Labor vermessen und ist zurzeit in einem Passivhaus mit einer Normheizlast von 2.9 kW in Flekkefjord, Südnorwegen, installiert. Übergabesystem ist eine Fussbodenheizung. Das System wurde während der Heizperioden 2007/08 und 2008/09 vermessen. In der ersten Heizperiode wurden Optimierungspotenziale gefunden, die in der zweiten Heizperiode umgesetzt wurden.

Ergebnisse und Beiträge zum Annex 32

- Detaillierter Marktüberblick über den Stand von Niedrigenergiegebäuden, Energiepolitik und Systemlösungen mit Wärmepumpen für den Einsatz in Niedrigenergiehäusern
- Auslegungsrichtlinien und Machbarkeitsstudien für den Einsatz von CO₂-Wärmepumpen-Wassererwärmern in Niedrigenergie-Appartementhäusern und für Heizung und WW in Einfamilien-Niedrigenergie- und Passivhäusern unter norwegischen Klimabedingungen
- Dokumentation von Feldtestergebnissen eines 3 kW-W/W-Propan Wärmepumpenprototyps für den Einsatz im Passivhaus über 2 Heizperioden als [System Concept Sheet](#)

2.7 Österreich



Nationale Projektleitung	
	Ao. Univ. Prof.-Dr. René Rieberer, Institut für Wärmetechnik (IWT), TU Graz Inffeldgasse 25/B, 8010 Graz, Österreich Tel: +43-(0)316-873-7302, rene.rieverer@tugraz.at , http://www.iwt.tugraz.at
Beteiligte Institutionen	
	Dr. Andreas Heinz, IWT, TU Graz, http://www.iwt.tugraz.at/
	Andreas Zottl, Heinrich Huber, Christian Köfinger, Austrian Institute of Technology (AIT), Giefinggasse 2, 1210 Wien, http://www.ait.ac.at
Nationaler Beitrag unterstützt durch	
	Leistungsgemeinschaft Wärmepumpe Austria, http://www.lgwa.at Bundesverband WärmePumpe Austria, http://www.bwp.at
Nationaler Beitrag finanziert durch	
	Österreichisches Ministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Projektüberblick

Der Projektbeitrag am *Institut für Wärmetechnik (IWT)* bezieht sich auf die Entwicklung eines Prototyps einer Wärmepumpe im Leistungsbereich von 3-5 kW, die ein natürliches Kältemittel, z.B. CO₂ (R744) oder Propan (R290) nutzen soll. Der Projektumfang beinhaltet:

- die Bewertung von 3 Systemkonfigurationen und 3 Kältemitteln (R134a, R744, R290)
- den Bau und die Vermessung eines Prototyps
- die Durchführung von Systemsimulationen auf Grundlage der Labormessungen

Die Analyse führte auf einen CO₂-S/W-Prototyp mit horizontalem Erdkollektor und Pufferspeicher, der an eine Fussbodenheizung und über einen externen Wärmeübertrager an ein Frischwassersystem (Vermeidung Legionellenproblematik, kalte Rücklauftemperaturen WW möglich) angeschlossen ist, siehe Abb. 5. Das Wärmepumpenkonzept beinhaltet einen zweigeteilten Gaskühler, dessen unterer Teil das Heiztemperaturniveau (ca. 35°C) in die Speichermite einspeist und dessen oberer Teil das WW auf 55°C nacherwärmt und in den oberen Speicherteil einspeist. Mit dieser Anordnung kann über eine Ventilsteuerung auch ein Simultanbetrieb umgesetzt werden. Über eine externe hydraulische Umschaltung können weiterhin ein aktiver, passiver sowie ein simultaner aktiver Kühlbetrieb mit WW-Erzeugung realisiert werden. Systemsimulationen ergaben eine Gesamtarbeitszahl (Heizung, WW, Kühlung) von 3.2 bezogen auf abgegebene Energie an das Heiz- und WW-System ohne Verteilpumpen.









Das *Austrian Institute of Technology (AIT, früher arsenal research)* ist dem Annex 32 im Jahr 2008 beigetreten und steuert Feldmessungen von 9 Standardanlagen für Heizung und Warmwasser und 2 Kompaktgeräten für Heizung, WW, Lüftung und Kühlung mit horizontalem Kollektor über jeweils ein Jahr bei.

Ergebnisse und Beiträge zum IEA HPP Annex 32

- Marktüberblick NEH, Einsatz von WP und Alternativen (Gas, Holz, Solar) in Österreich
- Bewertung, Labormessungen und Simulationen eines Prototyps einer 5 kW CO₂-Wärmepumpe für Heizen, WW, aktives und passives Kühlen (inkl. Simultanbetrieb)
- Feldergebnisse von 9 Wärmepumpen für Heizung und Warmwasser und 2 Kompaktgeräten für Heizung, WW, Lüftung und passive erdgekoppelte Kühlung
- Dokumentation von 4 Standardanlagen und 2 erdgekoppelten Kompaktgeräten als [Best Practice Sheets](#)

2.8 Schweden



Nationale Projektleitung	
	Svein Ruud, SP Technical Research Institute of Sweden Industrigatan 4, P.O. Box 857, SE-501 15 BORÅS, Sweden, Tel: +46-(0)10-5165514, svein.ruud@sp.se , http://www.sp.se
Beteiligte Institutionen	
      	
Hersteller: IVT AB , Nibe AB , Thermia , LB-Hus , Väst kust Stugan , NCC , Sätla Bygg AB	
Nationaler Beitrag finanziert durch	
	Swedish Energy Agency, http://www.energimyndigheten.se

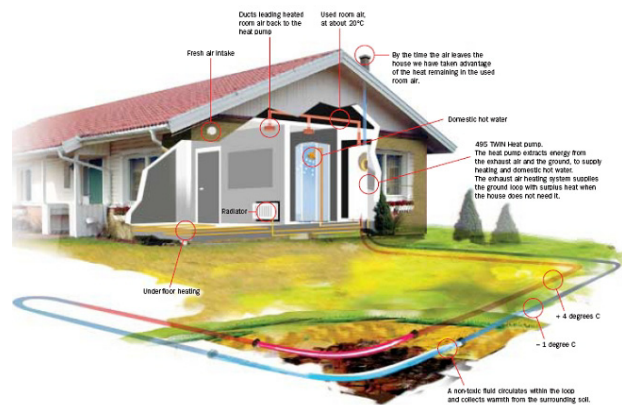
Projektüberblick

Schweden hat einen der grössten Wärmepumpenmärkte in Europa. Niedrigenergiehäuser sind aber eher in der Markteinführung und daher gibt es keine angepassten Systeme auf dem schwedischen Markt.

Eine Studie von SP hat ergeben, dass Wärmepumpen eine Option für die Versorgung von Niedrigenergiehäusern unter schwedischen Randbedingungen hinsichtlich der Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit darstellen.

Die marktverfügbaren Komponenten sind aber nicht angepasst und die Verbesserung von Komponenten und Systemkonzepten werden für Effizienzerhöhung angestrebt. Daher ist eine Produktentwicklung erforderlich und der Schwerpunkt des schwedischen Beitrags zum IEA HPP Annex 32 ist die Konzeptentwicklung und rechnerische Bewertung von Systemlösungen.

Hierfür wurden Vergleiche unterschiedlicher Systemlösungen entsprechend der schwedischen Gebäude Richtlinien, die im Laufe des Annex 32 angepasst wurden, durchgeführt. Eine Auswertung verschiedener Heizsysteme, u.a. auch für Biomasse oder fossilen Energieträgern, ergab, dass in Südschweden Abluftwärmepumpen die Anforderungen einhalten können, während in Nordschweden erdgekoppelte Systeme die geeignete Systemlösung darstellen. Darüber hinaus hat Schweden bestehende Feldtests von Abluft-Wärmepumpen und erdgekoppelten Wärmepumpen ausgewertet. Weitere Feldtests in 3 Niedrigenergie testhäusern haben Ende 2009 begonnen, darunter auch mit Kopplung einer erdgekoppelten Wärmepumpe mit Solarkollektoren, deren Ergebnisse aber nicht mehr im Zeitrahmen IEA HPP Annex 32 behandelt werden können.




Ergebnisse und Beiträge zum Annex 32

- Systemvergleich mit und ohne Wärmepumpen für Niedrigenergiehäuser in Schweden
- Auswertung von bestehenden Feldtests von erdgekoppelten und Abluft-Wärmepumpen in Schweden

2.9 Schweiz



Projektleitung IEA HPP Annex 32 (Operating Agent) (im Auftrag des BFE)	
n w Fachhochschule Nordwestschweiz	Carsten Wemhöner, Institut Energie am Bau (IEBau), Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), St. Jakobs-Str. 84, CH-4132 Muttenz Tel: +41-(0)61-467-4573, carsten.wemhoener@fhnw.ch , http://www.fhnw.ch/iebau
Nationale Projektleitung	
n w Fachhochschule Nordwestschweiz	Prof. Dr. sc. techn. Thomas Afjei, IEBau, FHNW, Tel: +41-(0)61-467-4349, thomas.afjei@fhnw.ch , http://www.fhnw.ch/iebau
Beteiligte Institutionen	
n w Fachhochschule Nordwestschweiz	Ralf Dott, Andreas Genkinger, Norbert Lederle, IEBau, FHNW, http://www.fhnw.ch/iebau
SATAG THERMOTECHNIK	Viessmann Schweiz, Geschäftsbereich SATAG Thermotechnik, http://www.satagthermotechnik.ch
Nationaler Beitrag finanziert durch	
 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra Swiss Federal Office of Energy SFOE	Bundesamt für Energie BFE, Forschungsprogramm Wärmepumpen, WKK, Kälte, Programmleitung: Prof. Dr. sc. techn. Thomas Kopp, http://www.energieforschung.ch

Projektüberblick

Der Schweizer Beitrag untersucht die Integration einer Kühlfunktion in gängige Wärmepumpenkonfigurationen für Heizung und WW in Niedrigenergiehäusern nach MINERGIE®. Im Projekt werden Standardsystemlösungen für den Heiz-, Kühl- und WW-Betrieb, eventuell mit Kopplung an das Wohnungslüftungssystem erarbeitet.

Hintergrund des Projekts ist eine gestiegene Nachfrage nach einer Komfortkühloption mit dem starken Marktwachstum von MINERGIE®-Gebäuden in der Schweiz, die in Wohnneubauten einen Anteil von 25% erreicht haben. Für die Integration ohne nennenswerten Mehrverbrauch an elektrischer Energie für den Kühlbetrieb, der sonst kontraproduktiv zum sinkenden Heizbetrieb in Niedrigenergiehäusern wäre, besteht noch Forschungsbedarf hinsichtlich der Hydraulik, der Einsatzgrenzen, der erreichbaren Nutzungsgrade, des Komforts und adäquaten Regelungsstrategien. Günstig für die Anwendung in marktgängigen Systemkonfigurationen ist eine Erdkopplung, die für eine Vorkühlung (Lufterdregister) oder eine passive Kühlung (Erdkollektor, Erdwärmesonde (EWS)) im Sommer genutzt werden kann.

Drei grundlegende Systemkonfigurationen wurden abgeleitet und mit Komponentenvarianten in Systemsimulationen detailliert untersucht. Zielsetzung war eine möglichst einfache und robuste Hydraulik. Als beste Lösungen stellten sich effiziente Klimasplitgeräte zum Heizen und Kühlen (Lösung für Luft) und der erdgekoppelte passive Kühlbetrieb heraus (Lösung für Erdreich/Wasser), während der Umkehrbetrieb mit Luft-Wasser-Wärmepumpen energetisch schlechter ist.












Parallel wurden zwei S/W-WP mit passiver Kühlfunktion im Feld vermessen. Das eine System ist in einem zertifizierten MINERGIE-P® Mehrfamilienhaus installiert und das andere in einem Einfamilienhaus nach MINERGIE®. Die Ergebnisse bestätigen, dass im passiven Kühlbetrieb hohe Nutzungsgrade zwischen 8-15 im Feldbetrieb erreicht werden und Reduktionen der sommerlichen Innentemperaturen im Bereich von 2-4 K realistisch sind.

Ergebnisse und Beiträge zum Annex 32

- Ableitung und Systemvergleich von WP-Standardlösungen mit integrierter Kühloption
- Rechenmethodik für die Ermittlung des Gesamt-Jahresnutzungsgrades mit Kühlung
- Auslegungshinweise für die oben erwähnten Unsicherheiten der Integration
- Ergebnisse von zwei Feldtests mit passiver Kühloption über EWS als [Best Practice Sheet](#)

2.10 Vereinigte Staaten von Amerika - USA



Nationale Projektleitung					
	Van D. Baxter, Residential Building and Equipment Research, Engineering Science and Technology Division, Oak Ridge National Laboratory P.O. Box 2008, Building 3147, Oak Ridge, TN 37831-6070, USA Tel: 865-574-2104, baxtervd@ornl.gov , http://www.ornl.gov				
Beteiligte Institutionen					
	Arun Vohra (pensioniert, nationale Projektleitung 2006/07), Antonio Bouza US Department of Energy, Building Technology Program, http://www.doe.gov				
	Dr. C. Keith Rice, Dr. Richard W. Murphy, William Craddick, Melissa Voss Lapsa Oak Ridge National Laboratory, http://www.ornl.gov				
	Daniel Ellis, Climatedmaster, http://www.climatemaster.com				
	Oklahoma City Habitat for Humanity				
Beteiligte Institutionen Feldtests - Zero Energy Building Research Alliance (ZEBRAAlliance)					
					
Hersteller: Schaad companies, Energieversorger: TVA, Architekten: Barber McMurry Architects					

Projektüberblick

Das Projekt der Vereinigten Staaten von Amerika bezieht sich auf die Entwicklung einer hochintegrierten Wärmepumpe (Integrated Heat Pump - IHP) für Netto-Nullenergiehäuser. Eine Motivation für die Technologieentwicklung ist das strategische Ziel des Energieministeriums Department of Energy (DOE), dass Gebäudetechnik für Netto-Nullenergiehäuser bis zum Jahr 2020 marktverfügbar sein soll, die Entwicklungen zielen daher auf den zukünftigen Häusermarkt.

Ausgehend von einem detaillierten Systemvergleich stellte sich das IHP Konzept als vielversprechendstes für Netto-Nullenergiehäuser heraus, da es alle Gebäudetechnikfunktionen Heizung, WW, Lüftung, Kühlung mit Be-/Entfeuchtung mit einem Gerät abdecken kann. Ein integriertes Konzept mit Wärmepumpe hat die Vorteile des Simultanbetriebs von verschiedenen Gebäudetechnikfunktionen, z.B. Kühlung oder Entfeuchtung und WW im Sommerbetrieb, während in modularen Systemen die Abwärme oft nicht genutzt werden kann.

Je ein Luft-Luft und ein erdgekoppelter Sole/Luft Prototyp der IHP wurden gebaut und im Labor vermessen. Mit den gemessenen Kennfeldern für die unterschiedlichen Betriebsmodi wurden Systemsimulationen für 5 Klimazonen in den USA zur Ermittlung der Einsparpotenziale im Vergleich zu einem modularen marktverfügbaren System nach Minimumeffizienzanforderungen des DOE bewertet. Einsparpotenziale für das Luftsystem (erdgekoppelte System) liegen bei 46-67% (52%-65%), statische Amortisationszeiten liegen bei 5-10 Jahren (6-15 Jahre inklusive EWS).

Feldtests der beiden Systeme starten mit dem erdgekoppelten System im Sommer 2010, der Luft-Prototyp folgt Ende 2010 als Kooperation der ZEBRAAlliance.

Darüber hinaus ist ein Feldtest in 16 Niedrigenergiehäusern mit erdgekoppelten Wärmepumpen von Oklahoma City Habitat for Humanity durchgeführt worden.

Ergebnisse und Beiträge zum Annex 32

- Prototypentwicklung von L/L und S/L IHP mit Labormessungen und Systemsimulationen
- Dokumentation der Feldtests, die Mitte 2010 anlaufen, als [System Concept Sheet](#)
- Dokumentation 16 Feldtests mit erdgekoppelten WP, Oklahoma, als [Best Practice Sheet](#)

3 Schlussberichte und weitere Produkte

Die Ergebnisse des IEA HPP Annex 32 wurden thematisch entsprechend der jeweiligen Tasks in Kap. 2 in 4 Schlussberichten und weiteren Produkten - im Wesentlichen Dokumentationen von Bestanlagen und Systemkonzepten - zusammengefasst, deren Inhalt im Folgenden kurz beschrieben wird. Die Schlussberichte und weitere Ergebnisse wie Länderberichte und Anlagendokumentationen werden nach Vernehmlassung durch das HPP ExCo unter <http://www.annex32.net> auf der Annex 32 Website und <http://www.energieforschung.ch> auf der BFE-Website zum Download angeboten. Die Schlussberichte und weiteren Produkte sind innerhalb dieses Berichts verlinkt und können durch Anklicken der pdf-Symbole oder der Links direkt von der Annex 32 Website heruntergeladen werden.



3.1 Umbrella Report

Der [Umbrella Report](#) umfasst die Projekthintergründe und die Zusammenfassung der Ergebnisse des IEA HPP Annex 32.

Der Bericht beinhaltet die Zusammenfassung ([Executive summary](#)) von 9 Seiten (siehe Kap. 1), die auch als einzelnes Dokument verfügbar ist, eine Einführung zu Niedrigenergiehäusern, die Zertifizierung und politischen Rahmenbedingungen in den Teilnehmerländern, Marktentwicklungen für Gebäude und Anlagen und für verschiedene Länder durchgeführte Systemvergleiche. Im Anhang wird die vollständige Publikationsliste des IEA HPP Annex 32 (siehe Kap. 5) gegeben.



3.2 Teil 1: Marktüberblick multifunktionaler Wärmepumpen

Der [Teil 1 des Schlussberichts](#) fasst die Ergebnisse des Standes der Systemtechnik von multifunktionalen Wärmepumpen in den Teilnehmerländern zusammen. Dabei werden die Systeme hinsichtlich ihrer Funktionalität kategorisiert, was Hinweise für die Systemwahl gibt. Im Anhang wird ein Marktüberblick verfügbarer Lüftungs-Kompaktgeräte, eine zusammenfassende Charakterisierung der unterschiedlichen Wärmepumpentypen und Entwicklungen bei japanischen Splitgeräten gegeben.



3.3 Teil 2: Entwickelte Prototypen multifunktionaler Wärmepumpen

Der [Teil 2 des Schlussberichts](#) gibt Details zu den Ergebnissen der Prototypentwicklungen von multifunktionalen Wärmepumpen im IEA HPP Annex 32. Es werden die Systemkonzepte und die Resultate der Labormessungen sowie die Ergebnisse nachfolgender Systemsimulationen oder Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen dargestellt. In Tabelle 3 sind die untersuchten Prototypen zusammengestellt.

Tabelle 3: Überblick der Prototypen im IEA HPP Annex 32

Land	Beschreibung des Prototyps
AT	5 kW CO ₂ -S/W Wärmepumpen für H, WW, passive/aktive Kühlung (auch simultan)
CA	EcoTerra™ EQuilibrium™ NZEB mit BIPV/T und S/W-WP (Eastman, Québec)
CA	Alstonvale EQuilibrium™ mit BIPV/T sowie L/W- und S/W-WP (Hudson, Québec)
NO	Machbarkeitsstudie von CO ₂ -WP-Warmwassererwärmer in Niedrigenergieapartmenthaus
NO	6.5 kW CO ₂ -Prototyp für Heizen und WW in Niedrigenergie EFH
NO	3 kW W/W Propan-WP für H und WW in Passivhaus (Flekkefjord, Südnorwegen)
US	Luft-Luft und erdgekoppelte Sole-Luft IHP für alle Gebäudetechnikfunktionen in NZEB

3.4 Teil 3: Ergebnisse der Feldmessungen

Der [Teil 3 des Schlussberichts](#) fasst die umfangreichen Feldtests, die im Rahmen des IEA HPP Annex 32 durchgeführt wurden, summarisch z.B. nach Typen der Wärmequelle oder bestimmter Funktionalität wie passives Kühlen zusammen.

Der Bericht umfasst einen Überblick über Ergebnisse existierender Feldtests und, soweit die Messkonzepte es erlauben, eine Auswertung der Gebäudelasten in Niedrigenergiegebäuden und Bestandsgebäuden, deren Auswirkungen für die Nutzungsgrad sowie einzelne Aspekte wie die Entwicklung der Quellentemperaturen von S/W-Wärmepumpen oder das Taktverhalten.

Als Folgerung aus den Feldtests werden Optimierungspotenziale hinsichtlich Auslegung, Installation und Regelung bewertet, Anforderungen für gute Anlagen definiert und Hinweise für die Durchführung von Feldtests multifunktionaler Wärmepumpen gegeben.

3.5 Dokumentation von Best-Practice Anlagen und Systemkonzepten

3.5.1 Best-Practice Anlagen

Aus den umfangreichen Feldtests von Wärmepumpen in Niedrigenergiegebäuden, die im Rahmen des IEA HPP Annex 32 durchgeführt wurden, sind Anlagen, die im Feld einen störungsfreien Betrieb und gute Nutzungsgrade erreichten, als Einzelanlagen in sogenannte [Best-Practice-Sheets](#) dokumentiert worden. Die Best-Practice-Sheets beinhalten eine Beschreibung der Hintergründe des Feldtests, des technischen Konzepts und des vermessenen Gebäudes, die Prüfdaten der Wärmepumpen sowie die erreichten Feldergebnisse und Umweltauswirkungen. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die dokumentierten Best-Practice-Anlagen.

Tabelle 4: Überblick der dokumentierten Best-Practice Anlagen

Land	Beschreibung der Best-Practice-Anlage
AT	Renoviertes EFH mit L/W-WP für Radiatorheizung und WW-Betrieb (Meiseldorf)
AT	EFH mit S/W-WP für Fussbodenheizung und Frischwassersystem (Felling)
AT	EFH mit L/W-WP für alternativen Heiz- und WW-Betrieb mit FBH (Rutzenmoos)
AT	EFH mit W/W-WP mit Fussbodenheizung und Frischwassersystem (St. Peter)
AT	Erdgekoppeltes Kompaktgerät für H, WW, L und passiv Kühlen in Passivhaus (Judendorf)
AT	Erdgekoppeltes Kompaktgerät für H, WW, L und passiv Kühlen in Passivhaus (Hitzendorf)
CH	Lüftungskompaktgerät mit H, WW und L in MINERGIE®-Haus (Gelterkinden)
CH	S/W-WP für H, WW und passiv Kühlen in MINERGIE-P® Mehrfamilienhaus (Basel)
CH	S/W-WP für H, WW und passiv Kühlen in MINERGIE® Einfamilienhaus (Muolen)
DE	S/W-WP mit Erdwärmesonde für FBH und WW im EFH (Köngen)
DE	S/W-WP mit horizontalem Kollektor und Energiezaun für FHB und WW im EFH (Spechbach)
DE	S/W-WP mit Erdwärmesonde für FBH und WW im EFH (Gaggenau)
DE	Aussenluft/W-WP für FBH und Abluft-WP für WW in EFH (Buchenbach)
DE	S/W-WP mit Erdwärmesonde für FBH und WW im EFH (Neuffen)
JP	Inverter-geregelte S/W WP, L/W-Eco-cute und Lüftung in EFH (Naganuma, Hokkaido)
JP	Inverter-geregelte S/W WP für H und WW, Solarkollektor und Lüftung in EFH (Sapporo)
US	16 S/W WP in EFH (Hope Crossing, Oklahoma City Habitat for Humanity)

3.5.2 Systemkonzepte

Feldtests von Prototypentwicklungen, deren Feldtest abgeschlossen ist (z.B. der norwegische Prototyp) sowie Feldtests von Prototypen und neuen Systemkonzepten, die aufgrund des Zeitrahmens des IEA HPP Annex 32 nicht mehr abschliessend behandelt werden konnten, werden in "[System Concept Sheets](#)" dargestellt. Diese umfassen die kanadischen Netto-Nullenergiehäuser im Rahmen der EQuilibriumTM Initiative, niederländische Konzepte, die an der Grenze zur Markteinführung stehen, und die anlaufenden Feldtests der hochintegrierten Prototypen der USA.

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Systemkonzepte.

Tabelle 5: Überblick der dokumentierten Systemkonzepte im IEA HPP Annex 32

Land	Beschreibung des Systemkonzepts
CA	Konzept EcoTerra EQuilibrium NZEB mit BIPV/T und S/W-WP (Eastman, Québec)
CA	Konzept Alstonvale NZEB mit BIPV/T sowie L/W- und S/W-WP (Hudson, Québec)
NL	Bedarfsgeregelte Lüftung mit S/W-WP für H, WW, und Kühlen (Ypenburg nahe Den Haag)
NL	S/W Wärmepumpen für EFH mit Solarkollektoren (Delfgauw nahe Delft)
NL	S/W Wärmepumpe für Niedrigenergie-Appartments (De Tas, Biddinghuizen)
NO	Prototyp einer 3 kW W/W Propan-WP für H und WW in Passivhaus (Flekkefjord)
US	S/L und L/L IHP-Prototyp für H, WW, L, Kühlung mit Be-/Entfeuchtung in NZEB (Oak Ridge)

4 Projektmanagement

Die Projektleitungsaufgaben umfassen die typischen Aufgaben des Projektmanagements und der Public Relations und sind im Folgenden kurz beschrieben. Dieses Kapitel kann damit auch Hinweise für die Durchführung von Annex-Projekten im Wärmepumpenprogramm der Internationalen Energie Agentur geben.

4.1 Projektdurchführung

Im Rahmen der Projektdurchführung wurden die folgenden Tätigkeiten durchgeführt.

Organisation des Informationsaustauschs

Koordination der nationalen Beiträge zwischen den Teilnehmerländern zur Vermeidung von Doppelspurigkeiten.

Organisation von Arbeitstreffen

Zur Diskussion von Zwischenergebnissen in den unterschiedlichen Teilnehmerländer und Organisation des Projektfortschritts wurden insgesamt 7 Arbeitstreffen organisiert, deren Programm in Tabelle 6 aufgeführt ist.

Tabelle 6: Überblick der durchgeführten Arbeitstreffen im IEA HPP Annex 32

Datum	Durchgeführte Arbeitstreffen im IEA HPP Annex 32
März 2006	<ul style="list-style-type: none">• Kick-off meeting in Muttenz, CH• Technical Tour zur Feldtestanlage in Gelterkinden, BL, CH
Nov. 2006	<ul style="list-style-type: none">• 2. Arbeitstreffen in Alkmaar, NL• Technical Tour mit Laborbesichtigung des Forschungsinstituts ECN und zur Nullenergiehaussiedlung Heerhougwaar mit Besichtigung von IsoZero-Häusern
Mai 2007	<ul style="list-style-type: none">• 3. Arbeitstreffen in Arlington, VA, USA• Technical Tour mit Laborbesichtigung im National Institute of Standards and Technology (NIST)
Dez. 2007	<ul style="list-style-type: none">• 4. Arbeitstreffen in Kyoto, JP• Halbtägiger Workshop mit japanischen Herstellern/Stakeholdern (50 Teilnehmer)• Technical Tour zum Sekisui House Ltd. Institute/DAIKIN Industries, Osaka Plant
Mai 2008	<ul style="list-style-type: none">• Koordinationstreffen an der IEA Heat Pump Conference, Zürich-Oerlikon, CH
März 2009	<ul style="list-style-type: none">• 6. Arbeitstreffen an der TU Graz, AT• Technical Tour zur Feldanlage Judendorf-Straßengel und Fertighausanbieter
Sept. 2009	<ul style="list-style-type: none">• 7. Arbeitstreffen in Montréal, Québec, CA• Technical Tour zu den EQUILIBRIUMTM Netto-Nullenergiehäusern EcoTerraTM Home (Eastman) und Alstonvale Net Zero Energy House (Hudson)

Steuerung des Projektfortschritts

Erstellung und Anpassung von Arbeits- und Zeitplänen zur Kontrolle des Projektfortschritts

Ansprechperson

für das Legal Office der IEA (zur Vernehmlassung des Legal Text) und des Executive Committees (ExCo) des Wärmepumpenprogramms, deren nationalen Vertretern (z.B. im Fall des Beitritts von Frankreich im Sept. 2008), des Heat Pump Centres und der Programmleitung des BFE in Angelegenheiten des IEA HPP Annex 32.

4.2 Reporting an das ExCo des Wärmepumpenprogramms (HPP)

Verfassen von halbjährlichen Statusberichten

Für das HPP ExCo wurden die Projektfortschritte halbjährlich in 3-5 seitigen Statusberichten dokumentiert.

Präsentation der Projektfortschritte im Annex 32

An den halbjährlichen ExCo Arbeitstreffen wurde der Fortschritt im IEA HPP Annex 32 vorgestellt. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Projektfortschritte.

Tabelle 7: Periodisches Vorstellen des Projektfortschritts des IEA HPP Annex 32

Datum	Vorstellung des IEA HPP Annex 32 an ExCo meetings
Mai 2006	Ergebnisse Kick-off meeting durch Programmleiter Th. Kopp, Tokio
Nov. 2006	Zwischenergebnisse Task 1 durch Programmleiter Th. Kopp, Hannover
Mai 2007	Ergebnisse Task 1 und Überblick Task 2/3, Paris
Nov. 2007	Ergebnisse Task 1 und Projekte Task 2 und Task 3 der Teilnehmerländer, Brüssel
Mai 2008	Zwischenergebnisse Task 2/3 im Rahmen des Annex 32 Workshops, Zürich-Oerlikon
Nov. 2008	Projektfortschritt Task 2/3 durch Programmleiter Th. Kopp, Seoul
Mai 2009	Projektfortschritt Task 2/3 und Struktur der Deliverables, Amersfoort
Nov. 2009	Endergebnisse nationale Projekte Task 2/3 und geplante Deliverables, Rom
Juni 2010	Deliverables des IEA HPP Annex 32 und Organisation Projektabschluss, Helsinki

Beiträge zu den Jahresberichten des HPP ExCo und Verfassen der Jahresberichte für das BFE

Es wurden 1-seitige Zusammenfassungen des IEA HPP Annex 32 für die Jahresberichte des HPP ExCo und die BFE-Jahresberichte für die Jahre 2006, 2007, 2008, 2009 verfasst.

Erstellung eines Interim Reports

Zwischenergebnisse des IEA HPP Annex 32 wurden in einen detaillierten Zwischenbericht (ca. 100 S.) für das HPP ExCo im Nov. 2008 zusammengefasst, der die Ergebnisse der Task 1 und die Länderbeiträge beinhaltet.

Erstellung der Country Reports CH

Für den Schweizer Beitrag im Annex 32 wurden zwei Country Reports zum Stand der Technik (Markt Gebäude und Systeme) und zu Zwischenergebnissen der Feldmessungen und Systemuntersuchungen verfasst.

Erstellung der Schlussberichte und anderer Produkte

Als Zusammenfassung der nationalen Projektbeiträge zum IEA HPP Annex 32 wurden die Schlussberichte erstellt. Zum Zeitpunkt dieses Berichts sind der Umbrella und die Teile 1 und 2 fertig für die Vernehmlassung durch das HPP ExCo, für den Teil 3 werden noch nationale Ergebnisse zur Integration in den Berichtsteil erwartet.

4.3 Verbreitung von Informationen über den IEA HPP Annex 32

Erstellen und Aktualisieren einer Website zum Annex 32

Anfang 2008 wurde unter <http://www.annex32.net> die Annex 32-Website freigeschaltet. Die Website führt in die Zielsetzungen und Ergebnisse des Annex 32 ein, gibt einen Überblick über die Teilnehmerländer und nationalen Projektbeiträge und enthält weiterführende Links zu den Themengebieten Niedrigenergiehäuser und Wärmepumpen in den jeweiligen Teil-

nehmerländern. Zusätzlich werden Workshop-Publikationen und Artikel zum IEA HPP Annex 32 zum Download angeboten. Die jeweiligen Seiten werden auch als pdf-Download angeboten, die Links zu den Originaldokumenten auf den Webserver beinhalten.

Nach der Vernehmlassung der Ergebnisse des Annex 32 durch das HPP ExCo wird die Website grundlegend für den Download der Schlussberichte und anderen Produkte des Annex 32 aufbereitet, so dass eine einfache Zugänglichkeit zu den Resultaten gewährleistet ist, um eine Verbreitung der Annex 32 Ergebnisse sicherzustellen.

Veröffentlichungen an Fachkonferenzen und Workshops

Der Annex 32 wurde als Übersichtsvortrag über die Projektaktivitäten und die Zwischenresultate an den in Tabelle 8 aufgeführten Konferenz und Workshops vorgestellt.

Tabelle 8: Vorstellung von Ergebnissen des IEA HPP Annex 32 an Konferenzen und Workshops

Datum	Vorstellung des IEA HPP Annex 32 an Konferenzen und Workshops
Mai 2007	Workshop im Rahmen des HPP ExCo meeting, Paris
Juni 2007	14. Wärmepumpen-Tagung des BFE Forschungsprogramms, Burgdorf
Nov. 2007	Workshop im Rahmen des Joint ExCo meeting IEA HPP und ECBCS, Brüssel
Dez. 2007	Workshop mit japanischen Herstellern im Rahmen des 4. Arbeitstreffens, Kyoto
Mai 2008	Annex 32 Workshop an der 9. IEA WP Konferenz, Zürich-Oerlikon
Juni 2008	15. Wärmepumpen-Tagung des BFE Forschungsprogramms, Burgdorf
Sept. 2008	15. Brenet Status-Seminar, Zürich
April 2009	Joint Workshop IEA EUWP/ EEWP "Towards Net Zero Energy Houses", Paris
Mai 2010	REHVA World Congress Clima 2010, Antalya
Juni 2010	16. Wärmepumpen-Tagung des BFE Forschungsprogramms, Burgdorf durch Th. Afjei
Sept. 2010	16. Brenet Status-Seminar, Zürich
Mai 2011	Abschluss-Workshop an der 10. IEA Wärmepumpenkonferenz, Tokio (abgesagt)

Beiträge zum Heat Pump Centre Newsletter und anderen Fachzeitschriften

Zur periodischen Information über den Stand des IEA HPP Annex 32 wurden regelmässige Artikel im IEA Heat Pump Centre Newsletter und Fachzeitschriften veröffentlicht, die in Tabelle 9 aufgelistet sind.

Tabelle 9: Beiträge des IEA HPP Annex 32 zum HPC Newsletter und anderen Fachzeitschriften

Datum	Beiträge zum HPC Newsletter und Fachzeitschriften
Juni 2006	Artikel Annex 32 und Kick-off meeting, HPC Newsletter, Volume 24, No.2/2006
Aug. 2006	Artikel Annex 32 und Kick-off meeting, Fachzeitschrift HK Gebäudetechnik 08 2006
Feb. 2007	Artikel Stand des Annex 32, Fachzeitschrift Spektrum Gebäudetechnik 02/2007
März 2008	Artikel Annex 32 Arbeitstreffen in Kyoto, HPC Newsletter, Volume 26, No.1/2008
Juni 2008	Column/Themenartikel des Annex 32, HPC Newsletter, Volume 26, No.2/2008
Sept. 2008	Artikel Workshop IEA HP Konferenz, HPC Newsletter, Volume 26, No.3/2008
April 2009	Artikel 6. Arbeitstreffen Graz, HPC Newsletter, Volume 26, No.1/2009
Jan. 2010	Artikel Arbeitstreffen Montreal/Deliverables, HPC Newsletter, Volume 28, No.1/2010
Mitte 2011	Artikel zu Ergebnissen Annex 32 im HPC Newsletter (vorgesehen)

Organisation von Workshops

Workshops zur detaillierten Darstellung von Zwischen- und Endergebnissen wurden an einem Arbeitstreffen und an den IEA Wärmepumpen-Konferenzen organisiert. Im Rahmen des IEA HPP Annex 32 wurde ein Workshop mit japanischen Herstellern am 4. Arbeitstreffen in Kyoto mit ca. 50 Teilnehmern organisiert. An der 9. IEA Heat Pump Conference in Zürich-Oerlikon wurde im Mai 2008 ein halbtägiger Workshop zur Darstellung der Zwischenergebnisse gehalten, den über 150 Teilnehmer besuchten. Ein Abschluss-Workshop zur Präsentation der Endergebnisse ist auf der kommenden 10. IEA Heat Pump Konferenz im Mai 2011 in Tokio geplant.

4.4 Informationsaustausch mit anderen IEA Implementing Agreements

Auf HPP ExCo Ebene wurde ein enger Informationsaustausch zum IEA ECBCS Annex 48 im Implementing Agreement "Energy Conservation in Buildings and Community Systems" (ECBCS) der IEA mit den Titel "Heat pumping and reversible Air-Conditioning" vereinbart. Der Informationsaustausch wurde durch gegenseitige Teilnahme an den Arbeitstreffen zur Darstellung der erreichten Zwischenergebnisse organisiert. In diesem Rahmen wurde der IEA HPP Annex 32 an den Arbeitstreffen des IEA ECBCS Annex 48 präsentiert, die in Tabelle 10 aufgeführt sind.

Tabelle 10: Informationsaustausch mit dem IEA ECBCS Annex 48

Datum	Informationsaustausch IEA ECBCS Annex 48
April 2006	Schweizer Beitrag zum IEA HPP Annex 32 durch Th. Afjei, Stuttgart
Sept. 2006	Präsentation Ergebnisse Kick-off meeting durch Th. Afjei, Paris
März 2007	Ergebnisse Task 1 durch Th. Afjei, Turin
Okt. 2007	Ergebnisse Task 1 und Projektstand Task 2/3, Liège
April 2008	Zwischenergebnisse Task 2/3, Münster
Okt. 2008	Ergebnisse Task 2/3, Lyon
April 2009	Geplante Deliverables, Turin

5 Publikationen im IEA HPP Annex 32

- Wemhoener, C. (Editor) (2010). Final report IEA HPP Annex 32 - Field test results, Muttentz, October, CH.
- Wemhoener, C. (Editor) (2010). Final report IEA HPP Annex 32 - Prototype systems. Institute of Energy in Building, FHNW, Muttentz, October, CH.
- Wemhoener, C. (Editor) (2010). Final report IEA HPP Annex 32 - System solutions, Institute of Energy in Building, FHNW, October, CH.
- Wemhoener, C. (Editor) (2010). Final report IEA HPP Annex 32 - Umbrella: Project outline and summary of main results, Institute of Energy in Building, FHNW, Muttentz, October, CH
- Dott, R., Afjei, Th. (2010). SEK - Standardsysteme zum energieeffizienten Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen, Final report SFOE project, Research programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, Muttentz, October, CH
- Lederle, N., Dott, R., Afjei, Th. (2010) SEK: Standardlösungen zum energieeffizienten Kühlen mit Wärmepumpen, Feldmessung: Das passive Kühlen und Heizen mit erdgekoppelter Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus in Muolen, Final report SFOE project, Research programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, Muttentz, September, CH
- Dott, R., Genkinger, A., Lederle, N., Afjei, Th. (2010). Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen in Wohngebäuden - Theorie und Praxis, 16. Status-Seminar, 2./3. September 2010, Zürich, CH
- Wemhoener, C., Afjei, Th., Dott, R. (2010). IEA HPP Annex 32 - Multifunktionale Wärmepumpen in Niedrigenergiehäusern, 16. Status-Seminar, 2./3. September 2010, Zürich, CH
- Miara, M. (2010). Field monitoring, Final Country Report Germany IEA HPP Annex 32 Task 3, Fraunhofer Institute of Solar Energy Systems, Freiburg (Brsg.), August, DE
- Zottl, A., Köfinger, Ch., Huber, H. (2010). Field monitoring of integrated heat pump systems - Field measurements of 11 heat pump systems, Final country report Austria IEA HPP Annex 32 Task 3, Austrian Institute of Technology, Vienna, July, AT
- Wemhoener, C., Afjei, Th. (2010). Operating Agent IEA HPP Annex 32, Final report of SFOE research programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, Muttentz, July, CH
- Afjei, Th., Dott, R., Wemhoener, C., Lederle, N. (2010). Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen, effiziente Systemlösungen im Annex 32, 16. Wärmepumpentagung BFE-Forschungsprogramm «Wärmepumpen, Wärme-Kraft-Kopplung, Kälte» 9. June 2010, Burgdorf, CH
- Koster, S.J., Kleefkens, O. (2010). Emerging heat pump concepts for low energy houses in the Netherlands, Final country report IEA HPP Annex 32, Netherlands, May 2010, NL
- Dott, R., Wemhoener, C., Afjei, Th., (2010). Heating and cooling with heat pumps in Swiss residential buildings, Abstract IEA Heat pump conference, Proceedings, 10-14. May Tokyo, Muttentz, June 2010, CH
- Wemhoener, C., Afjei, Th., Dott, R. (2010). Heating and cooling in low energy houses - results of the international research project IEA HPP Annex 32, Abstract IEA Heat pump conference, Proceedings, 10-14. May Tokyo, CH
- Martinlagardette, C. (2010), System assessment and lab-test, French Country report IEA HPP Annex 32 Task 2, EdF R&D, Moret-sur-Loing, May, FR
- Stenlund, M., Axéll, M. (2010), Residential ground-source heat pump systems – Results from a field study in Sweden, SP, Borås, May, SE

- Berg, Johan M., Ruud, Svein H., Lindberg, U., Stenlund, M., Axell, M. (2010) Exhaust air heat pumps – results from a field study in Sweden, SP, Borås, May, SE
- Wemhoener, C., Afjei, T., Dott, R. (2010). IEA HPP Annex 32 – Prototyping and field evaluation of multifunctional heat pump systems for residential low energy buildings, Proceedings REHVA World Congress Clima 2010, 9.-13. May, Antalya, CH
- Justo Alonso, M., Stene, J. (2010). IEA Heat Pump Programme Annex 32 – Economical Heating and Cooling Systems for Low-Energy Houses - Umbrella Report, System Solutions, Design Guidelines, Prototype System and Field Testing – NORWAY, Final country report Norway IEA HPP Annex 32, SINTEF Technical report TR A6966, Trondheim, May, NO
- Heinz A., Martin K., Rieberer R. (2010). Experimental Analysis and Simulation of an Integrated CO₂ Heat Pump for Low-Heating-Energy Buildings, 9th IIF/IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, 12th – 14th of April 2010, Sydney, Australia
- Ida, H. (2010), Deliverable design of systems for moderate climate zone - Design method for heat pump air-conditioner based on operating time and area as well as region, insulation level of housing, Final country report Japan IEA HPP Annex 32 Task 2, Tokyo Electric Power Company, Tokyo, April, JP
- Ida, H. (2010), Deliverable monitoring result - Result of measurement on relationship between load ratio, energy efficiency ratio and cooling capacity of a mini-split HPAC installed in an apartment house, Final country report Japan IEA HPP Annex 32 Task 2, Tokyo Electric Power Company, Tokyo, April, JP
- Ida, H. (2010), Deliverable system monitoring guideline - Measurement on coefficient of performance of a mini-split heat pump air conditioner, Final country report Japan IEA HPP Annex 32 Task 2, Tokyo Electric Power Company, Tokyo, April, JP
- Ida H. (2010) Deliverable standard systems for moderate climate zone - Overview of the climate, the energy-saving policy and heat pump systems in moderate climate zone of Japan, Final country report Japan IEA HPP Annex 32 Task 2, Tokyo Electric Power Company, Tokyo, April, JP
- Heinz A., Rieberer R. (2010). System assessment and Prototyping, Final country report IEA HPP Annex 32 Task 2, Austria, Graz, March, AT
- Genkinger, A., Dott, R., Witmer, A. Afjei, Th. (2010). Sanfte Kühlung mit erdgekoppelten Wärmepumpen im MINERGIE-P® Mehrfamilienhaus CosyPlace®, Final report SFOE Research programme REN, MuttENZ, Februar, CH
- Wemhoener, C. (2010). Final working meeting of IEA HPP Annex 32. IEA HPP Newsletter Volume 29, 1/2010, pp. 10-11, January, MuttENZ, CH
- Wemhoener, C., Afjei, Th. (2009). Operating Agent IEA HPP Annex 32. Annual report 2009, SFOE research programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, MuttENZ, December, CH
- Dott, R., Afjei, Th. (2009). SEK - Standardsysteme zum energieeffizienten Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen. Annual report 2009, SFOE research programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, MuttENZ, December, CH
- Genkinger, A., Dott, R., Afjei, Th. (2009). Sanfte Kühlung mit erdgekoppelten Wärmepumpen im MINERGIE-P® Mehrfamilienhaus CosyPlace®, Annual report 2009, SFOE Research programme REN, MuttENZ, December, CH
- Dott, R., Afjei, Th. (2009). Standard systems for energy efficient heating and cooling with heat pumps. Proceedings 1st Swiss Building and Urban Simulation Conference IBPSA-CH (bus2009), 6. November 2009, Lucerne, CH
- Wemhoener, C. (2009). ExCo Statusreport IEA HPP Annex 32, ExCo Autumn Meeting 2009, Rome, November, CH

- McElhaney, Baxter, V. (2009). IEA HPP Annex 32 Economical heating and cooling system, State-of-the-art analysis, Revised US Country Report Task 1, United States Department of Energy, Washington, October 2009, US
- Dott, R. (2009). Mit Sonden kühlen Faktor Wärmepumpen Heft 24 – 2009, pp. 34 - 36, Faktor Verlag AG, Zurich, October, CH
- Miara, M. (2009). 3,8 für Sole-Wasser. Faktor Wärmepumpen Heft 24 – 2009, pp. 26 - 28, Faktor Verlag AG, Zurich, October, CH
- Genkinger, A. (2009). Passive Kühlung in der Praxis. ENERGY.NOW! Volume 2, 2009, pp. 42 – 43, Swiss Engineering STV, STV Verlags AG, Zurich, October, CH
- Miara, M. (2009). Heat Pumps in Action, in: Renewable Energy World Magazine, Volume 12, Number 5, pp. 74-78, September-October 2009, DE
- Zottl, A., Huber, H., Köfinger, C. (2009). Field testing of integrated heat pump systems - Field measurement of 10 heat pump systems, Interim country report Austria IEA HPP Annex 32 Task 3, Austrian Institute of Technology, Vienna, September, AT
- Dott, R., Afjei, Th. (2009). SEK – Standardsysteme zum energieeffizienten Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen. Proceedings 15th Heat Pump Symposium SFOE Research Programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, 24. June 2009, Burgdorf
- Wemhoener, C., Afjei, Th. (2009). Internationale Zusammenarbeit im IEA HPP Annex 32 – Economical heating and cooling systems for low energy houses. Proceedings 15th Heat Pump Symposium SFOE Research Programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, 24. June 2009, Burgdorf, CH
- Candanedo, J., Athienitis, A. (2009). Application of predictive control strategies in a net zero energy solar house, PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, 22-24 June 2009, Québec City, CA
- Dott, R. (2009). Energieeffizientes Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen. Proceedings Forum Holz/Bau/Energie, 2. Europäischer Kongress für energieeffizientes Bauen mit Holz 2009 (EBH 2009), Cologne, June, CH
- Evin, F., Martinlagardette, C. (2009). System assessment, Country report France IEA HPP Annex 32 Task 2, EdF, Moret-sur-Loing, June, FR
- Wemhoener, C. (2009). ExCo Status report IEA HPP Annex 32 spring meeting 2009, Amersfoort, May, CH
- Wemhoener, C. (2009), ExCo Statusreport IEA HPP Annex 32, ExCo Spring Meeting 2009, Amersfoort, May, CH
- Miara, M.; Henning, H. M. (2009). Kombination Solarthermie und Wärmepumpe – Lösungsansätze, Chancen und Grenzen, in: Proceedings 19. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, May, DE
- Wemhoener, C. (2009). Strategies and system concepts from IEA HPP Annex 32, IEA EUWP/EEWP Workshop "Towards Zero Energy Buildings", 1.-2. April 2009, Paris, CH
- Wemhöner, C. (2009). IEA HPP Annex 32 working meeting held in Graz, Austria, IEA HPC Newsletter Vol. 27, No. 1/2009: Borås, April, CH
- Wemhöner, C. (2009), State IEA HPP Annex 32, Presentation on ECBCS Annex 48 meeting, Torino, April, CH
- Dott, R., Afjei, Th., Genkinger, A., Witmer, A. (2009). Sanfte Kühlung mit erdgekoppelten Wärmepumpen im MINERGIE-P® Mehrfamilienhaus CosyPlace®. Interim Report measurement period 2007/2008, SFOE Research programme REN, MuttENZ, Februar CH
- Miara, M., Henning, H. M. (2009). Solarthermie und Wärmepumpen – getrennt oder zusammen?, in Erneuerbare Energie 2009-3, pp. 4-7, March, DE
- Miara, M. (2009) "Richtig geplant – wirklich gespart, IKZ Haustechnik 3/2009, February, pp. 28-32, DE

- Evin, F., Martinlagardette, C. (2009). State-of-the-art of Buildings and systems, country report France IEA HPP Annex 32 Task 1, EdF, Moret-sur-Loing, January, FR
- Kleefkens, O. (2009). System assessment and field monitoring, Country report Netherlands IEA HPP Task 1, SenterNovem, Utrecht, January, NL
- Stene, J. (2009). Høyeffektive CO₂-varmepumper for varmtvannsberedning – del 1 (High-Efficiency CO₂ Heat Pump Water Heaters – part 1). Article in Kulde Scandinavia (1/2009), pp. 6-10. ISSN 1890-8918, NO
- Wemhoener, C., Afjei, Th. (2008). Operating Agent IEA HPP Annex 32. Annual report 2008, SFOE research programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, Muttenz, December, CH
- Dott, R., Afjei, Th. (2008). SEK - Standardsysteme zum energieeffizienten Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen. Annual report 2008, SFOE research programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, Muttenz, December, CH
- Dott, R., Afjei, Th. (2008). Sanfte Kühlung mit erdekoppelten Wärmepumpen im MINERGIE-P® Mehrfamilienhaus CosyPlace®, Annual report 2008. SFOE Research programme REN, Muttenz, December, CH
- Ida, H. (2008). System assessment and field monitoring, Interim Country report Japan IEA HPP Annex 32 Task 2, Tokyo Electric Power Company, Tokyo, December, JP
- Stene, J., (2008). Master Module 7 – CO₂ Heat Pumps. NARECO2. Chapter 7 in textbook about CO₂ technology, incl. CO₂ Heat Pumps for Low-Energy and Passive Houses. The European Community (60 pages), NO
- Stene, J., (2008). Norsk deltakelse i IEA Heat Pump Programme Annex 32 – Sluttrapport (Norwegian Participation in IEA HPP Annex 32 – Final Report). SINTEF report TR A6768. ISBN 978-82-594-3386-2. SINTEF Energy Research, December, NO
- Stene, J. (2008) Høyeffektive CO₂-varmepumper for varmtvannsberedning – del 2 (High-Efficiency CO₂ Heat Pump Water Heaters – part 2). Article in Norsk VVS (11/2008), pp. 54-56. ISSN 0029-2265, NO
- Wemhoener, C. (2008). ExCo Status report IEA HPP Annex 32 autumn meeting, Seoul, November, CH
- Stene, J. (2008). Høyeffektive CO₂-varmepumper for varmtvannsberedning – del 1 (High-Efficiency CO₂ Heat Pump Water Heaters – part 1). Article in Norsk VVS (10/2008), pp. 54-59. ISSN 0029-2265, NO
- Stene, J. (2008). Varmepumper for bygningsklimatisering (Heat Pumps for Heating and Cooling of Low-Energy Buildings). Technical seminar at VVS-dagene 2008, "What are Low-Energy Buildings? Energy for energy-efficient buildings". 31th October 2008, Lillestrøm, Norway.
- Wemhoener, C. (editor) (2008). Low energy buildings and systems, Interim report IEA HPP Annex 32, Muttenz, October, CH
- Miara, M. (2008): Wärmepumpen-Feldtest, Mit Sorgfalt effizient, in: TGA Fachplaner. Das Magazin für die Technische Gebäudeausrüstung 10, Volume 7, pp. 68-70, Stuttgart, October, DE
- Wemhoener, C. (2008). IEA HPP Annex 32 - Results Task2/3, presentation IEA ECBCS Annex 48 working meeting, Lyon, October, CH
- Candanedo, J., Athienitis, A. (2008). Modelling of predictive control strategies in a net zero energy house with active and passive thermal storage, Montréal, September, CA
- Miara, M. (2008). Aktuelle Zwischenergebnisse im Wärmepumpen-Feldtest. Das Gesamtsystem sorgfältig auslegen, in: SBZ 18 Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Klempnertechnik, Stuttgart, September, pp. 60-62.

- Candanedo, J., O'Neill, B., Athienitis, A., Pogharian S. (2008). Major aspects of the energy system design of the Alstonvale Net Zero Energy House, Montreal, CA
- Stene, J. (2008) CO₂ Heat Pump System for Space Heating and Hot Water Heating in Low-Energy Houses and Passive Houses. Paper at the 8th IIR/IIF Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, 7th-10th September, Copenhagen, Denmark. ISBN 978-2-913149-63-2, NO
- Heinz A., Rieberer R. (2008). A Concept for an Integrated R744 Heat Pump for Low-Heating-Energy Buildings, 8th IIF/IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, 7th – 10th of September 2008, Copenhagen, Denmark
- Miara, M. (2008). Zwischenergebnisse des Wärmepumpen-Feldtests. Auf's System kommt es an, in: Gebäude Energie Berater, Volume 4, Stuttgart, September, pp. 22-25, DE.
- Pogharian, S., Ayoub, J., Candanedo, J., Athienitis, A. (2008). Getting to a net zero energy lifestyle in Canada, The alstonvale net zero energy house, 23rd European PV Solar Energy Conference 2008, Valencia, September, CA
- Dott, R., Afjei, Th. (2008). Energieeffizientes Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen im MINERGIE-P® MFH CosyPlace®. Proceedings 15. brenet Status-Seminar, 2.-3. September, Zurich, CH
- Wemhoener, C., Afjei, Th., Dott, R. (2008). IEA HPP Annex 32 - Economical heating and cooling systems for low energy houses. Paper 15. brenet Status-Seminar, 2.-3. September, Zurich, CH
- Takeda-Kindaichi, S., Nagano, K., Katsura, T., Hori, S., Shibata, K. (2008). System performance of HVAC in a low energy house in the cold region of Japan, IEA Heat Pump Centre Newsletter Vol. 26, 3/2008: p.18-26, Borås, September, JP
- Ellis, D. (2008). Field experience with ground-source heat pumps in affordable low energy housing, IEA Heat Pump Centre Newsletter Vol. 26, 3/2008: p.50-61, Borås, September, US
- Wemhoener, C. (2008). IEA HPP Annex 32 – Summary Workshop 9th IEA Heat Pump Conference, IEA Heat Pump Centre Newsletter Vol. 26, 3/2008: p.12-13, Borås, November, CH
- Wemhoener, C., Afjei, Th., Dott, R. (2008). System assessment and field testing, Swiss country report IEA HPP Annex 32 Task 2/3, Muttenz, August, CH
- Noguchi, M., Athienitis, Andreas K., Delisle, V., Ayoub, J., Berneche, B. (2008). Net zero energy homes of the future: a case study of the EcoTerra™ house in Canada, Renewable Energy Congress, July 19-25, Glasgow, CA
- Stene, J. (2008). Høyeffektive CO₂-varmepumper for varmtvannsberedning – del 1 (High-Efficiency CO₂ Heat Pump Water Heaters – part 1). Article in Kulde Scandinavia (6/2008), pp. 14-18. ISSN 1890-8918, NO
- Stene, J. (2008). Høyeffektive CO₂-varmepumper for varmtvannsberedning (High-Efficiency CO₂ Heat Pump Water Heaters). Article in Scandinavian Refrigeration (6/2008), pp. 30-33. ISSN 0284-0758, NO
- Miara, M. (2008). Feldmessungen neuer Wärmepumpen „Wärmepumpen-Effizienz“- Zwischenergebnisse; in Johannes Reichelt (Hrsg.): Wärmepumpen, Stand der Technik, Beiträge des Symposiums „Wärmepumpen - Effizienz und Feldtest-Erfahrungen“, pp. 9-16. C.F. Müller-Verlag, Heidelberg, June, DE
- Nagano, K. (2008). Low-energy house integrated with heat pump system in Japan, IEA Heat Pump Centre Newsletter Vol. 26, 2/2008, p. 36-41, Borås, June, JP
- Hasegawa K. (2008), Residential heat pump systems in Japan, IEA Heat Pump Centre Newsletter Vol. 26, 2/2008, p. 23-26, Borås, June, JP
- Wemhoener, C. (2008). Heat pumps and low energy buildings win the palm, Column IEA Heat Pump Centre Newsletter Vol. 26, 2/2008, p. 4, Borås, June, CH

- Wemhoener, C. (2008). ExCo Status report IEA HPP Annex 32 spring meeting, Zurich, May, CH
- Minea, V. Chen, Y.X., Brendan O'Neill, B., Candanedo, J. (2008). Low energy buildings and systems, Country report Canada IEA HPP Annex 32 Task 2/3, Montreal, May, CA
- Stene, J. (2008). Heat Pump Water Heaters for Apartment Buildings and Block of Flats of Low-Energy/Passive House Standard. Heat Pump Centre Newsletter, Volume 26, 2/2008, pp. 32-36, Borås, May, NO
- Stene, J. (2008). Integrated CO₂ Heat Pump Systems for Low-Energy and Passive Houses. Article in the Heat Pump Centre Newsletter, Volume 26, 2/2008, pp. 27-31, Borås, May, NO
- Wemhoener, C. (2008). Introduction to low energy houses and building systems, Institute of Energy in Building, University of Applied Sciences Northwestern Switzerland, Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, CH
- Kleefkens, O. (2008). Low energy houses in the Netherlands SenterNovem, the Netherlands, Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, NL
- Heinz, A., Rieberer, R. (2008). System layout, cycle evaluation and system simulations of an integrated heat pump prototype for the capacity range of 3-5 kW Institute of Thermal Engineering, Graz Technical University, Austria, Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, AT
- Afjei, T., Dott, R. (2008) Cosy Place: Demonstration of an Energy-efficient Heating and Cooling system? Institute of Energy in Building, University of Applied Sciences Switzerland Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, CH
- Voss Lapsa, M., Baxter, V.D. (2008) Integrated Heat Pump System Technology Development for Net Zero Energy Home (ZEH) Applications, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, US
- Ruud, S. (2008) New building regulations boosts the redesign/development of heat pumps for low energy buildings, SP Energy research, Technical Research Institute of Sweden, Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, SE
- Takeda Kindaichi, S., Ida, H. (2008) Optimization of Japanese heat pump systems in the moderate climate region, University of Tokyo, Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, JP
- Stene, J. (2008) High-Efficiency Heat Pump Water Heater (HPWH) System for Apartment Buildings of Passive House Standard, SINTEF Energy research, Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, NO
- Miara, M. (2008) Performance/optimization of state-of-the art residential heat pump, Fraunhofer Institute of Solar Energy systems (ISE), Germany, Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, DE
- Candanedo, J., Minea, V. and Athenitis, A. (2008) Low energy houses in Canada: National Initiatives and achievements, Concordia University, Montreal, Canada, Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, CA
- Stene, J. (2008) Field Test Results for a Novel Water-to-Water Propane Heat Pump System Installed in a Passive House, SINTEF Energy research Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, NO
- Nagano, K. (2008) Field test of ground-coupled heat pump for cold climate region of Japan, First and Second demonstration project heat pump system in the Low Energy House. University of Hokkaido, Japan Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, JP

- Wemhoener, C. (2008). Workshop conclusions, Institute of Energy in Building, University of Applied Sciences Northwestern Switzerland, Workshop presentation IEA HP Conference 2008, Zurich, May 19, CH
- Wemhoener, C., Afjei, Th., Dott, R. (2008) IEA HPP Annex 32: Economical heating and cooling systems for low energy houses. Proceedings 9th IEA Heat Pump Conference, Zurich, 22. May, CH
- Dott, R., Wemhoener, C., Afjei, Th. (2008). Seasonal Performance and test of multi-function heat pump units. Proceedings 9th IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zurich, CH
- Miara, M. (2008). Two Large Field-Tests of new Heat Pumps in Germany, Proceedings 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zürich, Switzerland, Zurich, DE
- Afjei, Th., Dott, R., Wemhoener, C. (2008). Generic system solutions for heating and cooling of residential dwelling, Proceedings 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zurich, Switzerland, CH
- Baxter, V., Murphy, R., Rice, K., Craddick, B. (2008). Development of a small integrated heat pump (IHP) for net zero energy homes, Proceedings 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zurich, Switzerland, US
- Candanedo, J., Athienitis, A. (2008) Simulation of the performance of a BIPV/T system coupled to a heat pump in a residential heating application, Proceedings 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zurich, Switzerland, CA
- Ellis, D. (2008). Field experience with ground-source heat pumps in affordable low energy housing, Proceedings 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zurich, Switzerland, US
- Heinz, A., Rieberer, R. (2008) Simulation of integrated heat pump systems for heating and cooling of low-heating-energy buildings, Proceedings 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zurich, Switzerland, AT
- Katsura, T., Nagano, K., Hori, S., Umezawa, H., Nakamura, M., Furukawa, O. (2008). Performance test and feasibility study of integrated ground source heat pump for low energy house, Proceedings 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zurich, Switzerland, JP
- Ruud, S. H., (2008) Heat pumps a viable alternative for passive houses, Proceedings 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zurich, Switzerland, JP
- Takeda-Kindaichi, S., NAGANO, K., Katsura, T., Hori, S., Shibata, K. (2008). System performance of HVAC in a low energy house in the cold region of Japan, Proceedings 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zurich, Switzerland, JP
- Wemhoener, C., Afjei, Th., Dott, R. (2008). IEA HPP Annex 32: Economical heating and cooling - Systems for low energy houses, Proceedings 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zurich, Switzerland, JP
- Wemhoener, C. (2007). IEA HPP Annex 32 - Interim results Task2/3, presentation IEA ECBCS Annex 48 working meeting, Münster, April, CH
- Afjei, Th., Dott, R., Huber, A. (2008). Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen - Standardlösungen. Proceedings 12th international passive house conference, pp. 281-282, Nuremberg, April, CH
- Baxter, V.D., Rice, C. K., Murphy R. W. (2008). Small integrated heat pumps (IHP) for net zero energy homes (ZEH) - development status, Country report USA Task 2, Oak Ridge, May, US
- Nagano, K. (2008). System assessment and field monitoring, Country report Japan IEA HPP Task 3, University of Hokkaido, Sapporo, May, JP

- Afjei, Th. (2008). Kälte aus Erdsonden. Heizen und Kühlen mit geothermischer Energie, SIA documentation D 0225, pp. 49-54, ISBN 978-3-03732-012-9, Zurich, 20. May, CH
- Stene, J., (2008). IEA HPP Annex 32 – Economical Heating and Cooling Systems for Low-Energy Houses. 1) Analysis of CO₂ Heat Pump Systems for Low-Energy and Passive Houses, 2) Field Testing of an Integrated Propane Heat Pump System in a Passive House, Interim country report Norway IEA HPP Annex 32, SINTEF report TR A6676. ISBN 978-82-594-3367-1. SINTEF Energy Research, April, NO
- Heinz A., Rieberer R. (2008). System assessment and field monitoring, Interim country report Austria Task 2, Graz, April, AT
- Minea, V. O'Niell, B. (2008). System assessment and field monitoring, Country report Canada Task 2 and Task 3, Shawinigan, April, CA
- Wemhoener, C., Dott, R., Afjei, T. (2008). System assessment and field monitoring, Country report Switzerland Task 2 and Task 3, Muttentz, April, CH
- Miara, M., Kramer, T., Wewiór, J.W. (2008). System assessment and field monitoring, Interim country report Germany Task 3, Freiburg (Brsg.), April, DE
- Stene, J. (2008). CO₂ Heat Pump System for Space Heating and Hot Water Heating in Low-Energy and Passive Houses. Paper at the First Nordic Conference on Passive Houses. Radisson SAS Hotel, Trondheim, 2nd-3rd April 2008. ISBN 978-82-90122-33-6.
- Stene, J., Hjerkin, T., (2008). High-Efficiency Heat Pump Water Heater System for Apartment Buildings of Passive House Standard. Paper at the First Nordic Conference on Passive Houses. Radisson SAS Hotel, 2nd-3rd April 2008, Trondheim, Norway. ISBN 978-82-90122-33-6.
- Wemhoener, C. (2008). Annex 32 working meeting held in Kyoto, Japan, IEA Heat Pump Centre Newsletter Vol. 26, 1/2008, p. 16-18, Borås, March, CH
- Miara, M. (2008). Feldmessung – neuer Wärmepumpen „Wärmepumpen-Effizienz“ – Zwischenergebnisse, in: Proceedings 6. Forum Wärmepumpe, pp. 40-44, March, Berlin, DE
- Den Dulk, F.W., Kleefkens, O. (2008). Development of installation technology in houses with ultra-low energy consumption, Interim country report Netherlands Task 1, Utrecht, January, NL
- Stene, J. (2008). Co-author in text book. Smarte energieeffektive bygninger – Smarte oppvarmings- og kjølesystemer – varmepumper (Smart Energy-Efficient Buildings – Smart Heating and Cooling Systems, Heat Pumps). Tapir akademisk forlag. ISBN 978-82-519-2237-1, January, NO
- Stene, J., (2008). Oppvarmingssystemer for boliger av lavenergi- og passivhusstandard (Heating Systems for Low-Energy and Passive Houses). SINTEF report TR A6579. ISBN 978-82-594-3313. SINTEF Energy Research, January, NO
- Wemhoener, C., Afjei, Th. (2007). Operating Agent IEA HPP Annex 32. Annual report 2007, SFOE research programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, Muttentz, December, CH
- Dott, R., Afjei, Th. (2007). SEK - Standardsysteme zum energieeffizienten Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen. Annual report 2007, SFOE research programme heat pumping technologies, cogeneration, refrigeration, Muttentz, December, CH
- Dott, R., Afjei, Th. (2007). Sanfte Kühlung mit erdgekoppelten Wärmepumpen im MINERGIE-P® Mehrfamilienhaus CosyPlace®, Annual report 2007, SFOE Research programme REN, Muttentz, December, CH
- Wemhoener, C. (2007). IEA HPP Annex 32: Research for heat pumps in low energy houses, Institute of Energy in Building, University of Applied Sciences Switzerland, IEA HPP Annex 32 Workshop, Kyoto, December, CH

- Sawachi T. (2007). Dependency of COP of air-conditioners on actual environmental parameters in residential buildings, National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM), Workshop presentation IEA HPP Annex 32, Kyoto, December 2007
- Baxter, V.D., Vohra, A. (2007). Integrated Heat Pump System Technology Development for Near Zero Energy Home (ZEH) Applications U.S. Department of Energy, IEA HPP Annex 32 Workshop, Kyoto, December 2007
- Hasegawa, K. (2007). Introduction of residential hot-water heating system with heat pump, and duct-type air conditioning system for a whole house, Mitsubishi Electric Corporation, IEA HPP Annex 32 Workshop presentation, Kyoto, December 2007
- Katsura, T. (2007). Performance prediction and feasibility study of heat pump systems for an actual low energy house, Fujiwara Environmental Science Institute Ltd, Workshop presentation IEA HPP Annex 32, Kyoto, December; JP
- Nagano, K. (2007) Outlines of new actual low energy house and its facilities, Hokkaido University, Workshop presentation IEA HPP Annex 32, Kyoto, December, JP
- Stene, J. (2007). Integrated CO₂-heat pump: Heat Pumps for Space Heating and Hot Water Heating in Low-Energy Houses and Passive Houses, SINTEF Energy Research, IEA HPP Annex 32 Workshop, Kyoto, December, NO
- Zeller, A. (2007). Heat pumps for private residential buildings, Daikin Europe N.V.-Brussels office, Workshop presentation IEA HPP Annex 32, Kyoto, December, JP
- Yamamoto, T. (2007). System Efficiency Analysis of a CO₂ Heat Pump Water Heater by Numerical Simulation Using Thermal Network Models Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Workshop presentation IEA HPP Annex 32, Kyoto, December, JP
- Rieberer, R. (2007). Developments within Building Technology & Heating Systems in Austria, Technical University Graz, IEA HPP Annex 32 Workshop, Kyoto, December, AT
- Kawaraguchi Y. (2007). The current Japanese house and preference, Architec Co., Ltd., Japan, Workshop presentation IEA HPP Annex 32, Kyoto, December, JP
- Takeda Kindaichi, S. et al. (2007). Annual energy consumption of an actual low energy house in the cold region of Japan, University of Tokyo, Workshop presentation IEA HPP Annex 32, Kyoto, December, JP
- Stene, J. (2007). Smarte oppvarmings- og kjølesystemer – Varmepumper (Smart Heating and Cooling Systems – Heat Pumps). Paper at the NTNU-SINTEF Smart Building Conference, "Smart Energy-Efficient Buildings for the Future", 20th November, Oslo, NO
- Wemhoener, C. (2007). ExCo Status report IEA HPP Annex 32 autumn meeting 2007, Brussels, Nov., CH
- Wemhoener, C. (2007). IEA HPP Annex 32: Economical heating and cooling system for low energy houses, Workshop presentation joint IEA HPP and ECBCS ExCo meeting, Brussels, November, CH
- Wemhoener, C. (2007). IEA HPP Annex 32 - Results Task 1 and outline Task2/3, presentation IEA ECBCS Annex 48 working meeting, Liège, October, CH
- Miara, M., Russ, C., Rainer, Becker, R. (2007). Wärmepumpen im Feldtest, KI Kälte, Luft und Klimatechnik, September 2007, pp. 24-27, Heidelberg, September, DE.
- Murphy, R. W., C. K. Rice, V. D. Baxter, and W. G. Craddick (2007). Ground Source Integrated Heat Pump for Near Zero Energy Houses: Technology Status Report, ORNL/TM-2007/177, September, US
- Afjei, Th. Dott, R., Wemhöner, C. (2007). Hydraulics, Performance and Comfort of ground-coupled heating-cooling systems, IBPSA Building Simulation 2007, 3. Sept. 2007, Beijing, China, CH
- Afjei, Th. Dott, R. Huber A. (2007). Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen. Final report SFOE Research Programme REN, Muttentz, August, CH

- Kleefkens O. (2007). IEA HPP Annex 32: Task 1: State-of-the-art analysis, Draft country report Netherlands IEA HPP Annex 32 Task 1, Utrecht, August, NL
- Murphy, R. W., C. K. Rice, V. D. Baxter, and W. G. Craddick (2007). Air Source Integrated Heat Pump for Near Zero Energy Houses: Technology Status Report, ORNL/TM-2007/112, July, US
- Heinz, A., Rieberer, R., Mach, T. (2007). IEA HPP Annex 32: Task 1: State-of-the-art analysis, Country report Austria, Graz, July, AT
- Wemhoener, C., Afjei, Th. (2007). SEK – Standardlösungen zum energie-effizienten Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen. Proceedings 14. Wärmepumpen-Tagung, 13. June 2007, Burgdorf, CH
- Wemhoener, C. (2007). IEA HPP: Berichte aus dem Annex 28 und Annex 32. Proceedings 14. Wärmepumpen-Tagung, 13. June 2007, Burgdorf, CH
- Minea, V. (2007). Economical heating and cooling systems for low energy houses. Task 1: State-of-the-art analysis, Canada country report IEA HPP Annex 32 Task 1, Shawinigan, June, CA
- Wemhoener, C. (2007). IEA HPP Annex 32, Workshop presentation, ExCo spring meeting 2007, Paris, May, CH
- Wemhoener, C. (2007). ExCo Status report IEA HPP Annex 32 spring meeting 2007, Paris, May, CH
- Stene, J. (2007). IEA HPP Annex 32: Task 1: State-of-the-art Report Norway, SINTEF Technical Report TR-A6506, ISBN 978-82-594-3223-0. SINTEF Energy Research, Trondheim, April, NO
- Miara, M. (2007). Technik – Messergebnisse. Feldmessung neuer Wärmepumpen „Wärmepumpen-Effizienz“ – erste Ergebnisse, in: Proceedings 5. Forum Wärmepumpe, pp. 126-130, 11.-12. October, Berlin.
- Afjei, Th. (2007). IEA HPP Annex 32 - Results Task 1, presentation IEA ECBCS Annex 48 working meeting, Turin, March, CH
- Wellstein, J., Wemhoener, C. (2007) Kühlen als heisses Thema, Spektrum der Gebäudetechnik, 2/2007, p. 36-37, Robe-Verlag, Küttigen, Februar, CH
- Bühning, A., Bichler, C. Jäschke, M. (2007). IEA HPP Annex 32: Task 1: State-of-the-art analysis, Country report Germany Task 1 IEA HPP Annex 32, Freiburg (Brsg.), February, DE
- Wemhoener, C., Afjei, Th. (2006). IEA HPP Annex 32: Task 1: State-of-the-art analysis, Country report Switzerland, Muttentz, November, CH
- Nagano, K., Ida, H. (2006). IEA HPP Annex 32: Task 1: State-of-the-art analysis, Country report Japan Task 1 IEA HPP Annex 32, Sapporo, November, JP
- Vohra, A. (2006). IEA HPP Annex 32: Task 1: State-of-the-art analysis, US team report, Washington, November, US
- Wemhoener, C. (2006). ExCo Status report IEA HPP Annex 32 autumn meeting 2006, Hannover, Muttentz, October, CH
- Afjei, Th. (2006). IEA HPP Annex 32 - Status report, Presentation IEA ECBCS Annex 48 working meeting, Paris, September, CH
- Wellstein, J., Wemhoener, C. (2006) Entwicklung läuft weiter, HK Gebäudetechnik 08/2006, AZ Fachverlage AG, Aarau, August, CH
- Wemhoener, C., Afjei, Th. (2006). Multifunctional heat pump system for low energy houses IEA HPC Newsletter volume 24, No.2/2006, p. 14-15, Muttentz, June, CH
- Stene, J. (2006). Oppvarmingssystemer for lavenergiboliger (Heating Systems for Low-Energy Houses). SINTEF-rerport TR A6182. ISBN 82-594-2893-8. SINTEF Energy Research, NO

- Wemhoener, C. (2006). ExCo Status report IEA HPP Annex 32 spring meeting 2006, Tokio, Muttentz, May, CH
- Afjei, Th. (2006). Standard Solutions for Heating and Cooling - Swiss contribution IEA HPP Annex 32, Presentation IEA ECBCS Annex 48 working meeting, Stuttgart, April, CH
- Wemhoener, C. (2006) et al. Economical heating and cooling systems for low energy houses, legal text IEA HPP Annex 32, Muttentz, May, CH
- Baxter, V.D. (2005) HVAC Equipment Design Options for Near-Zero-Energy Homes – A stage 2 scoping assessment, ORNL/TM-2005/194, US