



## COSY PLACE

# SANFTE KÜHLUNG MIT ERDWÄRMESONDEN IM MINERGIE-P WOHNGEBÄUDE COSY PLACE

## Jahresbericht 2009

Autor und Koautoren	Andreas Genkinger, Ralf Dott, Prof. Dr. Thomas Afjei
beauftragte Institution	Institut Energie am Bau, HABG, FHNW
Adresse	St. Jakobs-Str. 84, CH-4132 Muttenz
Telefon, E-Mail, Internetadresse	+41-61-467 44 85, <a href="mailto:andreas.genkinger@fhnw.ch">andreas.genkinger@fhnw.ch</a> , <a href="http://www.fhnw.ch/iebau">www.fhnw.ch/iebau</a>
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	102265 / 152878
BFE-Projektleiter	Charles Filleux
Dauer des Projekts (von – bis)	01. Jan. 2007 – 28. Feb. 2010
Datum	15.11.2009

### ZUSAMMENFASSUNG

In Basel wurde 2007 mit "CosyPlace" das erste Mehrfamilienhaus nach MINERGIE-P®-Standard erstellt. Es wird im Winter mit einer erdgekoppelten Wärmepumpe beheizt und im Sommer mit der Erdwärmesonde passiv gekühlt. Die Wärmeabgabe im Heizbetrieb und die Wärmeaufnahme im Kühlbetrieb erfolgen über eine Niedertemperatur-Fussbodenheizung.

Mit einer messtechnischen Untersuchung werden im Rahmen dieses Projektes das Praxisverhalten und der Benutzereinfluss untersucht. Aus den Erkenntnissen einer ersten Messperiode zwischen November 2007 und Oktober 2008 wurde die Reglereinstellung optimiert. Seit Oktober 2008 sind überdies sämtliche Wohnungen bezogen. Um den Einfluss von Bewohnern, optimierter Reglereinstellungen und Bauaustrocknung einordnen zu können, wurde die Messperiode bis Herbst 2009 verlängert. Für den Winterbetrieb und in einem reduzierten Umfang für den Sommerbetrieb dieser zweiten Messperiode wurden Auswertungen vorgenommen.

Die Effizienz der Wärmepumpenanlage konnte gegenüber der ersten Messperiode gesteigert werden. Verantwortlich dafür sind die neuen Reglereinstellungen sowie ein grösserer Warmwasserbedarf infolge einer höheren Personenbelegung. Im Heizbetrieb betrug der Wärmeerzeugernutzungsgrad 4.3. Im passiven Kühlbetrieb erreichte der wöchentliche Nutzungsgrad dank Optimierung während der Sommerperiode 2009 Werte bis 15.2. Dank der vollständigen Belegung konnte auch der Systemnutzungsgrad im Warmwasserbetrieb gesteigert werden. Die gute erreichte thermische Behaglichkeit zeigt sich bei den Raumtemperaturen, die vorwiegend im Bereich 20 °C bis 26 °C lagen, auch wurde im Sommer ein registrier- und spürbarer Kühleffekt erreicht. Die Raumluftfeuchte war in der Winterperiode eher gering.

Der gemessene Heizwärmebedarf liegt mit 111 MJ/m<sup>2</sup> gegenüber dem Vorjahreswert von 103 MJ/m<sup>2</sup> wenig höher, und noch immer deutlich über dem Nachweiswert von 36 MJ/m<sup>2</sup>. Es zeigt sich, dass die Bauaustrocknung offenbar keinen wesentlichen Einfluss auf den Verbrauch hat, zumindest nicht in den beiden gemessenen Winterperioden.

Zusammen mit der zusätzlichen Erfahrung bei der automatisierten Umschaltung zwischen Heiz- und Kühlbetrieb kann ein wichtiger Beitrag für Planung und Betrieb qualitativ hochwertiger Bauten mit Heiz- und Kühlfunktion geleistet werden, um die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft zu realisieren.

## Projektziele

Das erste MINERGIE-P®-Mehrfamilienhaus des Kantons Basel-Stadt, BS-001-P genannt „CosyPlace“, wurde 2007 erstellt. Es enthält 5 Wohneinheiten mit einer Gesamtwohnfläche von 741 m<sup>2</sup> bzw. einer Energiebezugsfläche von 1'064 m<sup>2</sup> (siehe [1]). Für ein thermisch behagliches Raumklima sorgen eine Komfortlüftung, eine Fussbodenheizung und -kühlung sowie eine dem MINERGIE-P®-Standard entsprechende gute Gebäudehülle. Die Heizenergie für die Fussbodenheizung und die Warmwasserbereitung wird mit einer erdgekoppelten Wärmepumpe erzeugt. Im Kühlfall wird die Erdwärmesonde über einen Wärmetauscher direkt an den Fussbodenkreis angekoppelt. Das haustechnische Konzept der Raumheizung und sanften Kühlung über die Bodenflächen in Verbindung mit einer erdgekoppelten Wärmepumpenanlage stellt ein zwar technisch erprobtes, aber in der Anwendung neuartiges Konzept mit grossem Zukunftspotenzial dar. Die technische Machbarkeit und die grundsätzliche Funktionalität sind unbestritten [2], jedoch gibt es bisher nur unzureichende Kenntnisse über das Betriebsverhalten im Wohnbau, insbesondere betreffend Regelstrategie, Aufwand/Nutzen-Verhältnis und möglicher Risiken.



**Abb. 1: Nordfassade des Gebäudes CosyPlace im Sommer 2009**

Ziel der Arbeiten ist die messtechnische Evaluation der Kälte- und Wärmeversorgung des Gebäudes „CosyPlace“ in Basel über zwei Winter- und Sommerperioden im Zeitraum vom 1.11.2007 bis zum 30.9.2009. Die während der ersten Messperiode zwischen dem 1.11.2007 und dem 31.10.2008 noch im Gang befindlichen Bauarbeiten wurden im Sommer 2008 abgeschlossen, sämtliche Wohnungen sind seit Oktober 2008 belegt. Dadurch konnte das Gebäude in einem bestimmungsgemässen Betriebszustand gemessen werden. Betriebserfahrungen aus der ersten Messperiode mündeten zudem in einer Änderung der Reglereinstellung auf die Wintersaison 2008/2009 hin, deren Auswirkungen erfasst werden sollten. Dazu werden die Energiebilanzen für Wärmeerzeugung und Kühlung mit Erdwärmesonde und Wärmepumpe und die Wassererwärmung untersucht. Zur Ermittlung der Behaglichkeit werden Histogramme von Raumtemperatur und -feuchte erstellt. Das Ausmessen der Lüftungsanlage war nicht Gegenstand des Projektes.

Die Messdaten werden mit Datenloggern im 15 min-Takt erfasst, regelmässig ausgewertet und auf Plausibilität geprüft. Mit den Messungen sollen mögliche Regelprobleme identifiziert und behoben werden. Darüber hinaus dienen sie zur Validierung von Simulationsmodellen.

Eine Übersicht über alle Messperioden des Gesamtprojekts gibt nachstehende Tab. 1 wieder.

	von	bis
<b>Winter 07/08</b>	1.11.2007	30.4.2008
<b>Winter 08/09</b>	1.10.2008	31.3.2009

	von	bis
<b>Sommer 08</b>	1.5.2008	31.10.2008
<b>Sommer 09</b>	1.4.2009	30.9.2009

**Tab. 1: Laufzeiten aller Messperioden im Gesamtprojekt**

*Aufgrund des verzögerten Bezugs der Wohnungen im Jahr 2007 überschneiden sich zwei Messperioden im Oktober 2008*

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die Messungen konnten bis 30. Sept. 2009 plangemäss durchgeführt werden. Im Unterschied zur vorangegangenen Messperiode waren alle 5 Wohnungen bewohnt, von zusammen 10 Erwachsenen und 1 Kleinkind. Entsprechend der gemittelten Aussentemperatur erfolgte automatisch eine zentrale Umschaltung zwischen Heiz- und Kühlbetrieb, wobei im ganzen Gebäude entweder geheizt oder gekühlt werden konnte. Die Raumthermostaten in den Wohnungen mussten von den Bewohnern manuell von Heiz- auf Kühlbetrieb umgeschaltet werden, die Bewohnerschaft wurde mit den ersten warmen Tagen im Juni nochmals darüber informiert. Im Verlauf des Sommers wurde eine Umfrage zur Wahrnehmung des Kühlbetriebes durch die Gebäudebewohner gemacht und ausgewertet. Zudem liegen diverse mündliche Rückmeldungen vor.

Aufgrund der Ergebnisse der ersten Messperiode wurde die Regelcharakteristik für den Heizbetrieb auf die Heizsaison 2008/2009 hin optimiert. Im Verlauf des Sommers 2009 erfolgte eine weitere Anpassung im Hinblick auf eine möglichst effektive Nutzung der passiven Kühlfunktion. Beide Anpassungen führten zu einer gesteigerten Anlageneffizienz. Im Kühlfall konnte zudem ein mess- und spürbarer Effekt auf das Raumklima bewirkt werden.

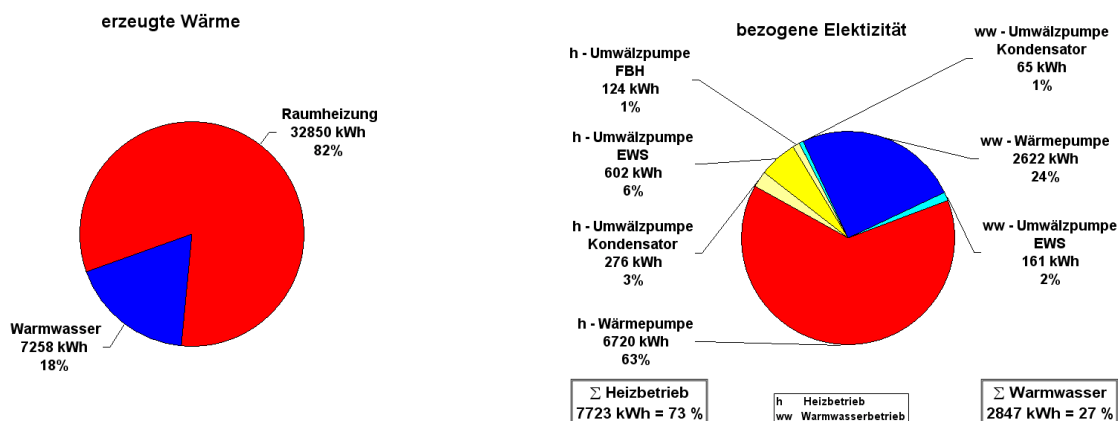
Für die Auswertung wurden die Heiz- und Kühlperiode kalendarisch festgelegt, wobei in den Übergangszeiten in beiden Perioden geheizt und gekühlt wird. Die Auswertung der letzten Winterperiode wird für den Zeitraum 1. Okt. 2008 bis 31. März 2009 vorgenommen. Die Sommerperiode wird auf den Zeitraum 1. April 2009 bis 30. Sept. 2009 festgelegt.

## ERGEBNISSE WINTER 2008/2009

Wesentliches Ergebnis ist eine gesteigerte Anlageneffizienz im Heizbetrieb, welche durch eine Regleranpassung vor der Heizsaison 2008/2009 erfolgte.

### Energie

Abb. 2 zeigt links die erzeugte Wärme der Wärmepumpe sowie rechts die zur Erzeugung und Verteilung dieser Wärme bezogene Elektrizität. Für Warmwasser wurden von der Wärmepumpe 7'258 kWh Wärme erzeugt. Daraus ergibt sich eine spezifische Warmwasserbereitstellung von 3.80 kWh/Person/Tag. Der gemessene Verbrauch beträgt 55.9 l/Person/Tag bei einer Bezugstemperatur von rund 50 °C. Diese Menge liegt im Bereich eines typischen Bedarfs. Die erzeugte Wärme für Warmwasser beträgt in der Winterperiode 18 % der insgesamt erzeugten Wärme. Für Raumheizung wurden 32'850 kWh oder 82 % der Wärme erzeugt.



**Abb. 2: Auswertung Winter (01.10.2008-31.03.2009)**

*Erzeugte Wärme (links) und bezogene Elektrizität (rechts)*

Mit berechneten 2'647 Heizgradtagen (Vorjahr: 2'423) und einer gemessenen Globalstrahlungssumme von 282 kWh/m<sup>2</sup> (Vorjahr: 345 kWh/m<sup>2</sup>) war die Wintersaison 2008/2009 etwas kälter als die Vorangegangene. Die bereitgestellte Raumwärme liegt mit 111 MJ/m<sup>2</sup> (Vorjahr 103 MJ/m<sup>2</sup>) leicht höher als im vorgängigen Winter und deutlich höher als der gemäss SIA 380/1 ermittelte Heizwärmebedarf von 36 MJ/m<sup>2</sup>.

Dank Verbesserungen in der Regelung, insbesondere durch Absenkung der Vorlauftemperaturen, konnte die Anlageneffizienz gesteigert werden.

Die bezogene Elektrizität zur Erzeugung und Verteilung der Wärme verteilt sich zu 73 % bzw. 7'723 kWh auf den Heizbetrieb und zu 27 % auf den Warmwasserbetrieb. 13 % des gesamten elektrischen Aufwands fiel zu Lasten der Umwälzpumpen an. Gegenüber der letzten Winterperiode stieg der Energieverbrauch für die Warmwasseraufbereitung von 1'939 kWh auf 2'847 kWh an, dies als Folge der nun vollständigen Belegung des Gebäudes. Im Gegenzug erhöhte sich mit dem erhöhten Warmwasserverbrauch auch die Effizienz der Warmwasserbereitstellung, da nun deutlich weniger Speicher- und Verteilverluste anfielen (Saison 2007/2008 53 %, Saison 2008/2009 35 %).

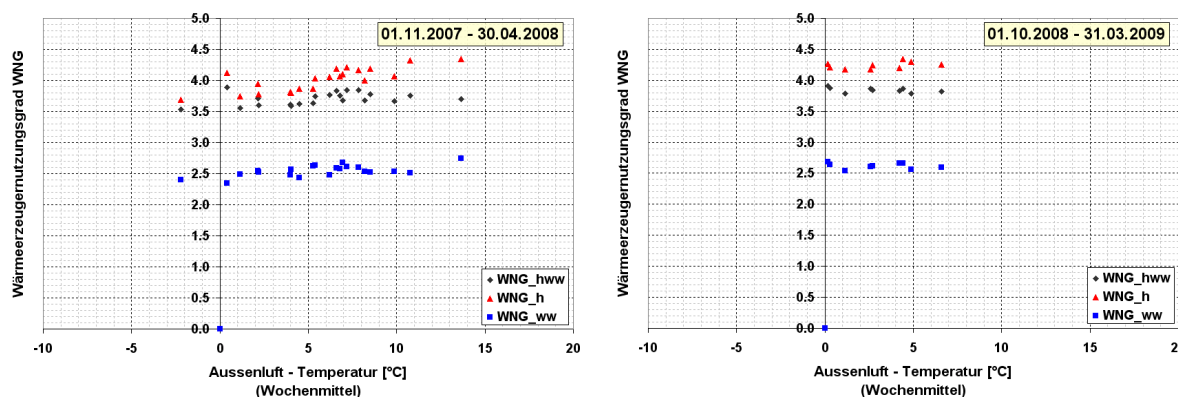
	Personenbelegung	HGT 20/12	Raumheizung erz. Wärme = Nutzwärme	Warmwasser erz. Wärme	Warmwasser Nutzwärme
Winter 07/08	5.5	2'423	30'414 kWh	4'962 kWh	2'321 kWh
Winter 08/09	10.5	2'647	32'850 kWh	7'258 kWh	4'713 kWh

**Tab. 2: Erzeugte Wärme und Nutzwärme für Raumheizung und Warmwasser im Vergleich der beiden Messperioden.**

Die Umwälzpumpe der Fussbodenheizung hat mit nur 1 % einen sehr geringen Anteil am Elektrizitätsbezug. Diese Pumpe ist im Gegensatz zu den anderen Umwälzpumpen eine elektronisch geregelte hocheffiziente Permanentmagnet-Synchronmotor-Pumpe. Sie passt den Gesamtvolumenstrom an die infolge der Raumthermostaten wechselnden Einzelvolumenströme der Wohnungen an.

#### Kennzahlen Energieeffizienz

Der Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) ist das Verhältnis aus erzeugter Wärme durch die Wärmepumpe und dem dafür notwendigen elektrischen Aufwand der Wärmepumpe inklusive Umwälzpumpen für die Erdwärmesonde sowie die Ladung des Pufferspeichers. Abb. 3 zeigt Wochenmittelwerte des Wärmeerzeugernutzungsgrades für Heizung (h), Warmwasser (ww) und der Kombination (hww) im Vergleich der beiden Winterperioden. Der Wärmeerzeugernutzungsgrad im Warmwasserbetrieb liegt bei rund 2.5, im Heizbetrieb bei 4.2 bis 4.3 und über beide Betriebsarten gewichtet bei 3.8 bis 3.9 (siehe Abb. 3). Ein teilweiser Ausfall des Messsystems im Winter 08/09 reduzierte die verwertbaren Wochendaten für diese Periode. Die saisonalen Daten für Sommer- und Winterperioden sind davon nicht betroffen (siehe Abb. 2).



**Abb. 3: Vergleich Winter 2007/2008 und 2008/2009  
Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) der Wärmepumpe im Heiz- und Warmwasserbetrieb.**

Der Systemnutzungsgrad (SNG) ist als Verhältnis zwischen Nutzwärme und dem gesamten zur Bereitstellung benötigten elektrischen Aufwand der Wärmepumpe mitsamt allen Hilfsaggregaten definiert. In Tab. 3 sind die Kennzahlen Wärmeerzeuger- und Systemnutzungsgrad beider Messperioden zusammenfassend aufgeführt. In den erhöhten Nutzungsgraden für den Heizbetrieb im Winter



2008/2009 im Vergleich zur Vorjahresperiode schlägt sich die Regelungsoptimierung messtechnisch nieder.

	WNG_h	SNG_h	WNG_ww	SNG_ww
Winter 07/08	4.0	3.9	2.6	1.2
Winter 08/09	4.3	4.3	2.5	1.7

Tab. 3: Effizienzkennzahlen im Vergleich der beiden gemessenen Winterperioden

#### Raumkonditionen

Die Häufigkeitsverteilung der Raumtemperaturen in der Winterperiode, dargestellt in Abb. 4 links, zeigt, dass die Raumtemperaturen aller Wohnungen grösstenteils –teilweise sogar deutlich– höher liegen als die in der Norm-Rechnung angesetzten 20 °C. Die Raumtemperatur in Wohnung 1 weist einen Mittelwert über die Heizperiode von 21.2 °C und eine Standardabweichung von 1.5 °C auf. In Wohnung 3 wurde eine Mitteltemperatur von 22.3 °C registriert (Standardabweichung 0.4 °C), in Wohnung 5 eine Mitteltemperatur von 22.8 °C mit einer Standardabweichung von 0.8 °C. Insgesamt bewegen sich die Raumtemperaturen in einem zum Vorjahr vergleichbaren Rahmen.

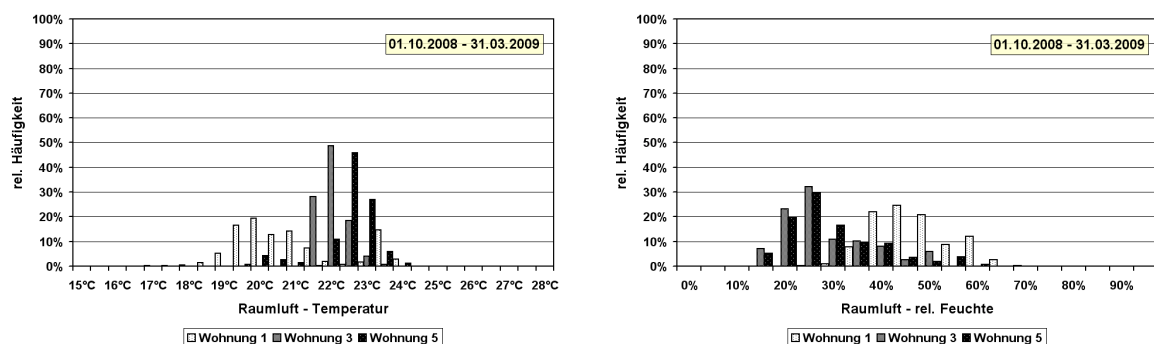


Abb. 4: Auswertung Winter 2008/2009 für die Wohnungen 1, 3 & 5

**Häufigkeitsverteilung der Raumlufttemperatur (links) und rel. Raumluftfeuchte (rechts). In Wohnung 1 befand sich in der zweiten Winterhälfte ein Luftbefeuchtungsgerät in unmittelbarer Nachbarschaft zum Datenlogger.**

Die relative Feuchte der Raumluft, dargestellt in Abb. 4 rechts, liegt für Wohnung 1 zwischen 26 % r.F. und 74 % r.F., bei einem Mittelwert von 50 % r.F.. In Wohnung 3 beträgt die gemessene Raumluftfeuchte im Mittel 31 % r.F., bei einer Spannweite von 15 % r.F. bis 56 % r.F.. In Wohnung 5 beträgt die mittlere Feuchte 32 % r.F. und reicht von 18 % r.F. bis 63 % r.F..

Gemäss Rückmeldungen der Bewohner von Wohnung 1 wurde die Luftfeuchte im Gegensatz zum Vorjahr als extrem trocken empfunden. Daher wurde ein Luftbefeuchter in Betrieb genommen. Der Datenlogger befand sich in unmittelbarer Nähe desselben, was die Aussagekraft der Feuchtemessungen in Wohnung 1 einschränkt.

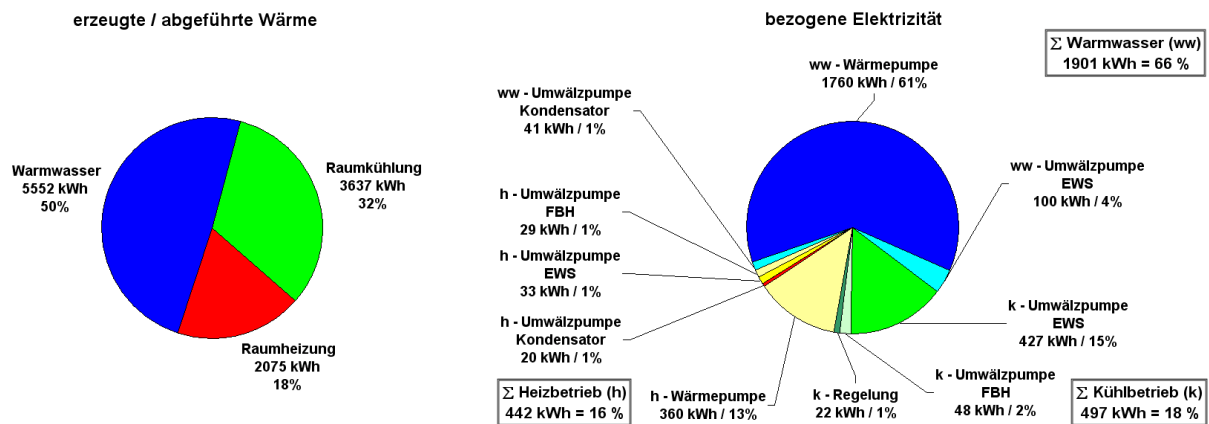
#### ERGEBNISSE SOMMER 2009

Wesentliches Ergebnis ist ein gesteigerter Nutzen sowie erhöhte Effizienz der passiven Kühlfunktion welche durch eine Regleranpassung anfangs August 2009 erreicht wurde.

#### Energie

Abb. 5 zeigt links die von der Wärmepumpenanlage erzeugte respektive abgeführte Wärme sowie rechts die dazu bezogene Elektrizität. Für Warmwasser wurden von der Wärmepumpe 5'552 kWh Wärme erzeugt. Daraus ergibt sich eine spezifische Warmwasserbereitstellung von 2.9 kWh/Person/Tag. Die gemessene Warmwasser-Zapfmenge betrug 46 l/Person/Tag (50 °C Bezugstemperatur), was im Bereich eines typischen Bedarfs liegt. Die erzeugte Wärme für Warmwasser beträgt 73 % der insgesamt erzeugten Wärme. Für Raumheizung wurden 2'075 kWh oder 27 % der Wärme erzeugt. Im Kühlbetrieb wurden 3'637 kWh (Vorjahr 2'078 kWh), entsprechend 12 MJ/m<sup>2</sup> Wärme abgeführt. Am 5.8.2009 wurde die Regelung der Kühlfunktion angepasst, insbesondere wurde die Begrenzung der minimalen Vorlauftemperatur von 22 °C auf 17 °C abgesenkt, wodurch die Kühlleistung grob verdoppelt werden konnte. Als typische Kühlleistung wurden in dieser zweiten Periode Werte zwischen 4 kW und 5 kW registriert. Während in der Zeit vor dieser Regleranpassung (1.4.2009

- 4.8.2009) 1'232 kWh Wärme abgeführt wurden, betrug dieser Wert für den Rest der Sommerperiode (5.8.2009 - 30.9.2009) 2'405 kWh.

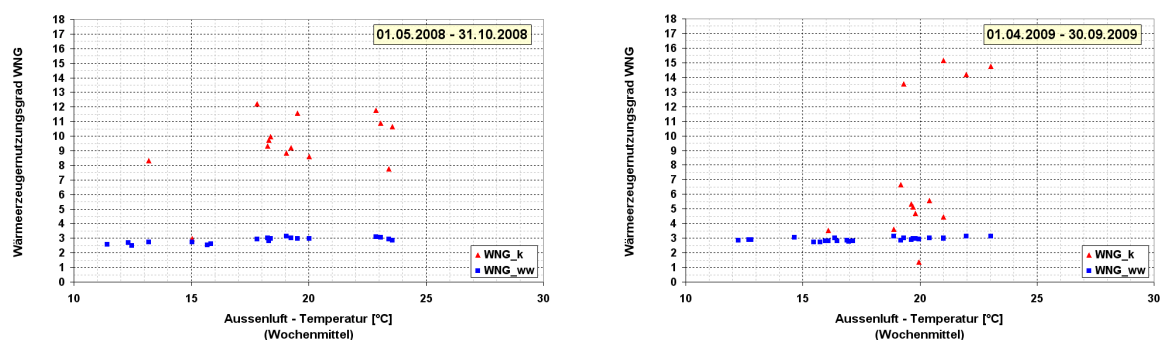


**Abb. 5: Auswertung Sommer (01.04.2009-30.09.2009)**  
Erzeugte / abgeführte Wärme (links) und bezogene Elektrizität (rechts)

Die bezogene Elektrizität der Wärmepumpenanlage inklusive aller Hilfsaggregate verteilt sich zu 16 % bzw. 442 kWh auf die Wärmepumpe im Heizbetrieb, zu 66 % bzw. 1'901 kWh auf die Wärmepumpe im Warmwasserbetrieb und zu 18 % bzw. 497 kWh auf den Kühlbetrieb.

#### Kennzahlen Energieeffizienz

Abb. 6 zeigt Wochenmittelwerte des Wärmeergeugernutzungsgrades für Warmwasserbereitung und den passiven Kühlbetrieb. Im Warmwasserbetrieb liegt er bei 2.9, also leicht höher als in der Winterperiode. Im Kühlbetrieb ist der Wärmeergeugernutzungsgrad als Verhältnis zwischen abgeführter Wärme und dazu benötigtem elektrischem Aufwand für die Regelung und die Umwälzpumpe der Erdwärmesonde definiert. Im Sommer 2009 liegt er zwischen 1.4 und 21.0. Die grosse Spannweite ist unter anderem eine Folge der zwischenzeitlichen Reglerumstellung vom 5. August 2009. Sämtliche Werte des Wärmeergeugernutzungsgrades für die passive Kühlung welche über 13.0 liegen, stammen aus Daten nach dieser Umstellung. Die Effizienzkennzahlen beider Sommerperioden sind in Tab. 4 zusammengefasst.



**Abb. 6: Effizienzkennzahlen im Vergleich der beiden Sommerperioden 2008 (links) und 2009 (rechts)**  
Wärmeergeugernutzungsgrad (WNG) der Wärmepumpe im Warmwasser- und passiven Kühlbetrieb

	WNG_k	SNG_k	WNG_ww	SNG_ww
Sommer 08	8.8	8.0	3.3	1.6
Sommer 09	4.3 / 14.6	3.9 / 13.2	2.9	1.7

**Tab. 4: Effizienzkennzahlen im Vergleich der beiden gemessenen Sommerperioden**  
Für den Sommer 2009 sind die Werte für den Kühlbetrieb bis 4. August respektive ab 5. August getrennt angegeben.

## Raumkonditionen

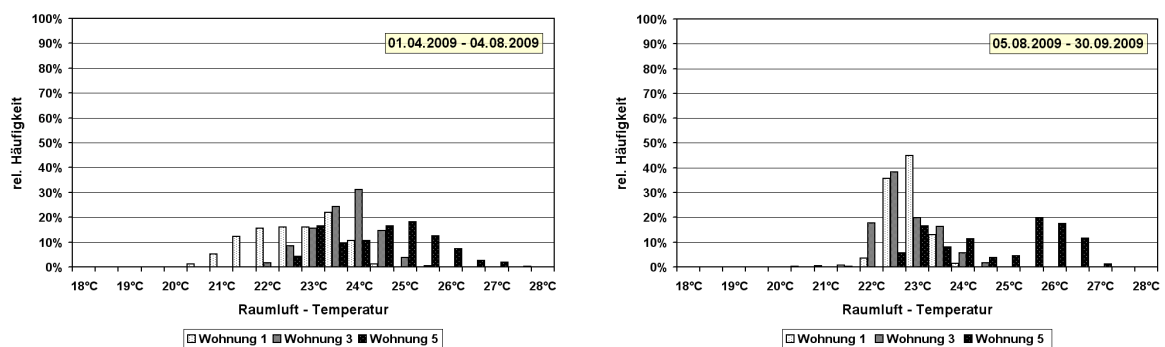
Aufgrund eines Auslesefehlers des Datenloggers in Wohnung 3 liegen die Werte zum Raumklima (Temperatur und Feuchtigkeit) vorerst lediglich bis zum 26.8.2009 vor. Die Auswertung der Daten dieser Wohnung bezieht sich daher nur auf die Periode 1.4.2009 - 26.8.2009, alle anderen Daten sind komplett vorhanden.

Die Häufigkeitsverteilung der Raumtemperaturen in der Sommerperiode wird in Abb. 7 für die Zeiten vor (links) und nach (rechts) der Reglerumstellung vom 5.8.2009 dargestellt. In der ganzen Zeit blieb Wohnung 5 auf Wunsch der Benutzer ungekühlt, während Wohnungen 1 und 3 gekühlt wurden.

Vor der Umstellung weist die mittlere Raumtemperatur in Wohnung 1 einen Wert von 23 °C bei einer Standardabweichung von 0.9 °C auf. Im gleichen Zeitraum liegt die mittlere Raumtemperatur in Wohnung 3 bei 24.0 °C (Standardabweichung 0.7 °C) und in Wohnung 5 bei 24.8 °C (Standardabweichung 1.1 °C).

Die mittleren Raumtemperaturen nach der Umstellung betragen in Wohnung 1 und Wohnung 3 je 23.1 °C (Standardabweichung 0.4 °C resp. 0.6 °C) und 25.0 °C (Standardabweichung 1.3 °C) in Wohnung 5.

Der Vergleich der Raumtemperaturen vor und nach der Reglerumstellung zeigt einen sanften aber messbaren Kühleffekt in denjenigen Wohnungen, welche den Kühlbetrieb nutzten (Wohnung 1 und 3). Die Daten zu Wohnung 3 sind nur bis zum 26.8.2009 berücksichtigt (Auslesefehler des Datenloggers).



**Abb. 7: Auswirkungen der Regleranpassung im Sommer 2009 auf die Wohnungen 1, 3 & 5**  
**Häufigkeitsverteilung der Raumlufttemperaturen vor (links) und nach der Anpassung (rechts). Die Bewohner der Wohnung 3 verzichteten bewusst auf die Kühlfunktion**

Die relative Feuchte der Raumluft variiert für Wohnung 1 zwischen 32 %<sub>r.F.</sub> und 76 %<sub>r.F.</sub> bei einem Mittelwert von 60 %<sub>r.F.</sub> und für Wohnung 3 zwischen 23 %<sub>r.F.</sub> und 76 %<sub>r.F.</sub> bei einem Mittelwert von 50 %<sub>r.F.</sub>. In Wohnung 5 wurden Werte zwischen 24 %<sub>r.F.</sub> und 67 %<sub>r.F.</sub> gemessen, der Mittelwert liegt bei 49 %<sub>r.F.</sub>.

## Nutzerzufriedenheit

Am 10. Juni 2009 wurden die Bewohner in einem Schreiben daran erinnert, ihre Raumthermostaten auf Kühlbetrieb umzustellen. Eine Umfrage anfangs August ergab, dass in Wohnung 5 bewusst auf Kühlung verzichtet wurde, in allen anderen 4 Wohnungen wurden die Thermostaten auf Kühlung umgeschaltet. Auf eine Verschattung während heisser Tage achteten die Bewohner gemäss dieser Umfrage teilweise, aber nicht konsequent.

Sofern von der Kühlung Gebrauch gemacht wurde, empfanden die Bewohner das Raumklima vor der Regleranpassung durchgehend als zu warm, die Kühlung wurde nicht bewusst wahrgenommen. Rückmeldungen aus zwei unterschiedlichen Wohnungen nach der Betriebsumstellung zeigten, dass diese wahrgenommen wurde. Das Raumklima wurde nun unabhängig als "sehr angenehm" bewertet.

## Nationale Zusammenarbeit

Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit den an der Erstellung des Gebäudes beteiligten Unternehmen, der gribi-theurillat AG (Generalunternehmer & Gebäudebetrieb), der Friap AG (Hersteller der Wärmepumpe), der Raimann + Partner AG (Haustechnikplaner), der Gartenmann Engineering AG (Energiekonzept), der Rosenmund Haustechnik AG (Heizung & Sanitär Installation) und der K. Schweizer AG (Elektroinstallation) durchgeführt. Von der Firma EMB Pumpen AG wurde

die Umwälzpumpe im Fussbodenkreis zur Verfügung gestellt. Die Bewohner des Gebäudes sind über die Messungen informiert. Sie tragen mit ihren Rückmeldungen zum Gelingen des Projekt bei.

Neben der Hauptfinanzierung durch das Bundesamt für Energie (BFE) beteiligt sich das Amt für Umwelt und Energie (AUE) des Kantons Basel-Stadt mit einem zusätzlichen Förderbeitrag am Projekt.

Allen Beteiligten wird bei dieser Gelegenheit für die gute Zusammenarbeit gedankt.

## Internationale Zusammenarbeit

Die Ergebnisse des Projektes fliessen in die Arbeit des **IEA HPP Annex 32** mit dem Titel "**Economical heating and cooling systems for low energy houses**" des Wärmepumpenprogramms (HPP) der Internationalen Energieagentur (IEA) ein [3].

## Bewertung

Die Messungen konnten auch im Jahr 2009 bis zum Ende der vorgesehenen Messperiode erfolgreich durchgeführt werden. Eine detaillierte Auswertung folgt im Schlussbericht 2010.

Die Ergebnisse der vorgängigen sowie Erkenntnisse der aktuellen Messperiode wurden umgesetzt, woraus eine Steigerung der Anlageneffizienz und insbesondere der sommerlichen Behaglichkeit erreicht werden konnte.

Die erdgekoppelte Wärmepumpenanlage mit Fussbodenheizung zum Heizen und Kühlen zeigte ihre Funktionstüchtigkeit mit guten Effizienzen mit einem realisierten Wärmeerzeugernutzungsgrad im passiven Kühlbetrieb bis 15.2 (Wochenmittelwert) und einer guten thermischen Behaglichkeit mit Raumtemperaturen vorwiegend im Bereich 20 °C bis 26 °C. Die Raumluftfeuchte war in der Winterperiode eher gering.

Der Heizwärmebezug und der gemäss MINERGIE gewichtete Endenergiebezug für Heizung des Gebäudes liegen mit 111 MJ/m<sup>2</sup> gegenüber dem Nachweiswert von 36 MJ/m<sup>2</sup> bzw. mit 14.5 kWh/m<sup>2</sup> gegenüber einem Nachweiswert von 5.9 kWh/m<sup>2</sup> unerwartet hoch, jedoch immer noch deutlich niedriger als die gesetzlichen Mindestanforderungen. Die Ursache kann nur zum Teil aus den Messdaten nachvollzogen werden. Beispielsweise würde eine Raumtemperatur von 23 °C einen rechnerischen Heizwärmebedarf von 53 MJ/m<sup>2</sup> anstatt den bei 20 °C nachgewiesenen 36 MJ/m<sup>2</sup> verursachen.

Dank Regleranpassung für den passiven Kühlbetrieb konnte die durchschnittliche Kühlleistung ungefähr verdoppelt und dadurch der Nutzen der passiven Kühlfunktion wesentlich gesteigert werden. Dies zeigen auch Rückmeldungen der Bewohner. Da der benötigte Aufwand für die Kühlung im Wesentlichen durch die Laufzeit der Umwälzpumpen gegeben und von der Kühlleistung unabhängig ist, konnte gleichzeitig auch die Effizienz gegenüber dem Vorjahr beträchtlich gesteigert werden.

Die Erfahrungen aus dem Projekt werden aus Sicht der Autoren einen wichtigen Beitrag dazu leisten, dass in Zukunft qualitativ hochwertige Bauten, welche den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft entsprechen, mit einer energieeffizienten Kühlung versehen in Betrieb genommen werden können.

## Referenzen

- [1] gribi-theurillat AG: **CosyPlace – Edles Wohnen am Bruderholz**, Verkaufsprospekt, Basel, 2007
- [2] Th. Afjei, R. Dott, A. Huber: **Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen**, Schlussbericht BFE Forschungsprogramm REN, Muttensz, Aug. 2007
- [3] C. Wemhöner et al.: **System assessment and field monitoring, Interim Country Report Switzerland Task 2 and 3 IEA HPP Annex 32, Economical Heating and Cooling Systems for Low-Energy Houses**, Muttensz, Aug. 2008
- [4] **Reglement zur Nutzung der Qualitätsmarke MINERGIE®**, Verein MINERGIE, Bern, Jan. 2005, <http://www.minergie.ch>