



COSY PLACE

SANFTE KÜHLUNG MIT ERDWÄRMESONDEN IM MINERGIE-P WOHNGEBÄUDE COSY PLACE

Jahresbericht 2007

Autor und Koautoren	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 45 74, ralf.dott@fhnw.ch , www.fhnw.ch/iebau
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	102265 / 152878
BFE-Projektleiter	Charles Filleux
Dauer des Projekts (von – bis)	01. Jan. 2007 – 28. Feb. 2009
Datum	23.11.2007

ZUSAMMENFASSUNG

Mit einer messtechnischen Untersuchung eines Wohngebäudes nach MINERGIE-P Standard, das mit einer erdekoppelten Wärmepumpe beheizt und im Sommer mit den Erdwärmesonden passiv gekühlt wird, sollen Erkenntnisse über das Praxisverhalten und den Benutzereinfluss gewonnen werden. Werden Fussbodenheizung und Erdwärmesonde für den Heizbetrieb ausgelegt, kann mit einem zusätzlichen passiven Kühlbetrieb die thermische Behaglichkeit im Sommer mit geringem Zusatzaufwand wesentlich gesteigert werden. Dies haben theoretische Untersuchungen in einem früheren Projekt gezeigt.

Die Arbeiten im Berichtsjahr 2007 liefen wie erwartet. Das Messkonzept wurde erarbeitet und implementiert. Nach Fertigstellung und Bezug des Gebäudes konnten die Wärmeversorgungsanlage in Betrieb genommen und die Messtechnik installiert werden. Der Fokus der kommenden Arbeiten liegt in der Aufnahme und Auswertung der Messdaten während dem normalen Alltagsbetrieb, ohne die Benutzer durch spezielle Instruktionen zu beeinflussen.

Projektziele

Am Unteren Batterieweg in Basel wurde „CosyPlace“ als erstes MINERGIE-P-Mehrfamilienhaus des Kantons Basel-Stadt erstellt. Es enthält 5 moderne und grosszügige Wohneinheiten mit einer Gesamtwohnfläche von 741 m² (siehe Fig. 1 sowie [1]). Für ein thermisch behagliches Raumklima sorgen eine Komfortlüftung, eine Fussbodenheizung und -kühlung sowie eine dem MINERGIE-P Standard entsprechende gute Gebäudehülle. 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, jedoch gibt es bisher nur unzureichende Kenntnisse über das Betriebsverhalten im Wohnbau, insbesondere betreffend Regelstrategie, Aufwand/Nutzen-Verhältnis und möglicher Risiken. Diese Untersuchung stellt eine Chance dar, das Wissen über einen neuen Trend im Bauwesen frühzeitig zu erweitern. Die Ergebnisse der Untersuchung sollen fundierte Entscheidungsgrundlagen für oder gegen das System und erweiterte Kenntnisse über das in der Praxis zu erwartende Betriebsverhalten liefern.



Fig. 1: Ansicht des Gebäudes CosyPlace im Zeitraum des Bezugs im Spätsommer 2007

Ziel der Arbeiten ist die messtechnische Evaluation der Kälte- und Wärmeversorgung des Gebäudes „CosyPlace“ in Basel über eine Messdauer von einer Sommer- und Winterperiode bzw. einem Jahr. Dabei werden die Energiebilanzen für Kälte- und Wärmeerzeugung mit Erdwärmesonde und Wärmepumpe, die Wassererwärmung und das Raumklima anhand Raumtemperaturen & -feuchten betrachtet. Das Ausmessen der Lüftungsanlage ist in Absprache mit dem Bauträger nicht Gegenstand des Projektes.

Die Messdaten werden automatisiert mit einem Datenlogger im 15 min - Takt erfasst, regelmässig ausgewertet und auf Plausibilität geprüft. Mit der dynamischen Messung sollen auch mögliche Regelprobleme identifiziert und behoben werden. Darüber hinaus dienen die Daten auch zur Validierung von Simulationsmodellen.

Der Projektablauf ist in folgende fünf Etappen gegliedert:

- Etappe I: Jan. 2007 – Aug. 2007: Entwickeln des **Messkonzepts**; Definition der zu beantwortenden Fragestellungen und Auswertungen sowie Koordination des Messprojektes mit der Erstellung des Gebäudes
- Etappe II: Mai 2007 – Sep. 2007: Einrichtung und **Inbetriebnahme** des Messsystems im Gebäude
- Etappe III: Okt. 2007 – Okt. 2008: **Messperiode**: Erfassung und fortlaufende Aufbereitung der Messdaten, um mögliche Fehler in der Datenerfassung schnell beheben zu können.
- Etappe IV: Dez. 2007 – Dez. 2008: Analyse und **Auswertung** der Messdaten
- Etappe V: Okt. 2008 – Feb. 2009: Erstellen eines technischen **Berichtes** mit Aussagen zur Dimensionierung und Betriebsweise des Systems. Öffentlichkeitsarbeit in Form einer Publikation in einer technischen Fachzeitschrift.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Mit der Fertigstellung des Gebäudes und dem anschliessenden Bezug der Wohnungen seit August dieses Jahres erfolgte die Inbetriebnahme der Wärmeversorgung und der Messtechnik. Vorgängig wurden das Messkonzept und die zu beantwortenden Fragestellungen definiert.

Die folgenden Fragestellungen sollen auf Basis der Messergebnisse untersucht werden:

- Welche Raumtemperaturen und Raumfeuchten werden erreicht? Wie gross ist der Einfluss der Komfortfunktion (passive Kühlung)?
- Wie viel Wärme wird den Räumen entzogen und welchen Einfluss hat dies auf die Raumtemperierung? Wie oft wird die Komfortfunktion (passive Kühlung) benutzt?
- Wie viel Heizwärme wird insgesamt erzeugt bzw. je Wohnung genutzt? Wie gross sind die Verteilverluste?
- Wie viel Wärme wird für die Erzeugung des Warmwassers benötigt und wie viel davon wird genutzt?
- Wie viel Elektrizität wird jeweils für die Erzeugung von Heizwärme, Warmwasser und Kälte aufgewendet?
- Mit welcher Effizienz (Arbeitszahl bzw. Nutzungsgrad) werden Heizwärme, Warmwasser, Raumkühlung in Abhängigkeit der gegebenen Randbedingungen erzeugt?
- Sind die Bewohner mit dem Raumklima zufrieden? Wie werden die technischen Möglichkeiten (Heizen, Kühlen) genutzt?
- Gibt es oder bestand Gefahr für Kondensation auf der Fussbodenoberfläche?

Zur Evaluation der Anlageneffizienz, welche ein wesentliches Element der Qualifizierung des Systems als gekoppeltes Heiz- und Kühlsystem bildet, sollen die aufgeführten Kennzahlen aus den Messwerten bestimmt werden.

➤ Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) Heizung (h) & Warmwasser (ww)

durch die Wärmepumpe erzeugte Wärme für Heizung & Warmwasser dividiert durch den elektrischen Energiebezug der Wärmepumpe (WP) inklusive der Umwälzpumpe (UWP) für die Wärmequelle Erdwärmesonde (EWS)

$$WNG_{hww} = \frac{Q_{h-WP} + Q_{ww-WP}}{[E_{WP} - E_{UWP-WVÜ}]_{hww}}$$

$$E_{WP} = E_{Verd} + E_{RGL} + E_{UWP-EWS} + E_{UWP-Kond} + E_{UWP-WVÜ}$$

$$WNG_h = \frac{Q_{h-WP}}{[E_{WP} - E_{UWP-WVÜ}]_h} \quad WNG_{ww} = \frac{Q_{ww-WP}}{[E_{WP} - E_{UWP-WVÜ}]_{ww}}$$

➤ Systemnutzungsgrad (SNG) Heizung (h) & Warmwasser (ww)

in den Wohnungen genutzte Wärme für Raumheizung & Warmwasser dividiert durch den elektrischen Energiebezug der Wärmepumpe (WP) mit den Umwälzpumpen (UWP) für die Erdwärmesonde (EWS), den Kondensator (Kond) und die Wärmeverteilung und -übergabe (WVÜ)

$$SNG_{hww} = \frac{\sum Q_{h-Whg} + \sum Q_{ww-Whg}}{[E_{WP}]_{hww}}$$

$$\sum Q_{h-Whg} = Q_{h-EGW} + Q_{h-EGO} + Q_{h-OGW} + Q_{h-OGO} + Q_{h-AG}$$

$$\sum Q_{ww-Whg} = Q_{ww-EGW} + Q_{ww-EGO} + Q_{ww-OGW} + Q_{ww-OGO} + Q_{ww-AG}$$

$$SNG_h = \frac{\sum Q_{h-Whg}}{[E_{WP}]_h} \quad SNG_{ww} = \frac{\sum Q_{ww-Whg}}{[E_{WP}]_{ww}}$$

➤ Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) Kühlung (k)

abgeführte Wärme an die Erdwärmesonde (EWS) für Raumkühlung (k) dividiert durch den elektrischen Energiebezug der Umwälzpumpe (UWP) für die Erdwärmesonde. Da mit der Sonde nur passiv gekühlt wird, entspricht der Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) einem elektrothermischen Verstärkungsfaktor (ETV).

$$WNG_k = ETV_k = \frac{Q_{k-EWS}}{[E_{UWP-EWS}]_k}$$

➤ Systemnutzungsgrad (SNG) Kühlung (k)

abgeführte Wärme aus den Wohnungen dividiert durch elektrischen Energiebezug der Umwälzpumpen für die Erdwärmesonde (EWS), die Wärmeverteilung & -übergabe und den Aufwand für die Regelung (nur passive Kühlung mit Erdwärmesonde)

$$SNG_k = \frac{\sum Q_{k-Whg}}{[E_{UWP-EWS} + E_{UWP-WVÜ} + E_{RGL}]_k}$$

➤ Anteile Nutzwärme: Raumheizung, Warmwasser, Raumkühlung

➤ Anteile Elektrizitätsbezug: Raumheizung, Warmwasser, Raumkühlung

Die Messpunkte wurden so gewählt, dass die Energieflüsse und Zustandsbeschreibungen der erwähnten Bilanzgrenzen ermittelt werden können. In Fig. 2 sind die Messpunkte im Anlagenschema der Wärmeversorgung dargestellt. Die detaillierte Beschreibung der Messpunkte befindet sich im Anhang.

Ein Teil der Messgrößen wird dabei über speziell installierte Sensoren und einen Datenlogger aufgezeichnet, der andere Teil über eine Abfrage und Protokollierung bestehender Energiezähler in einem M-Bus Netzwerk mittels PC.

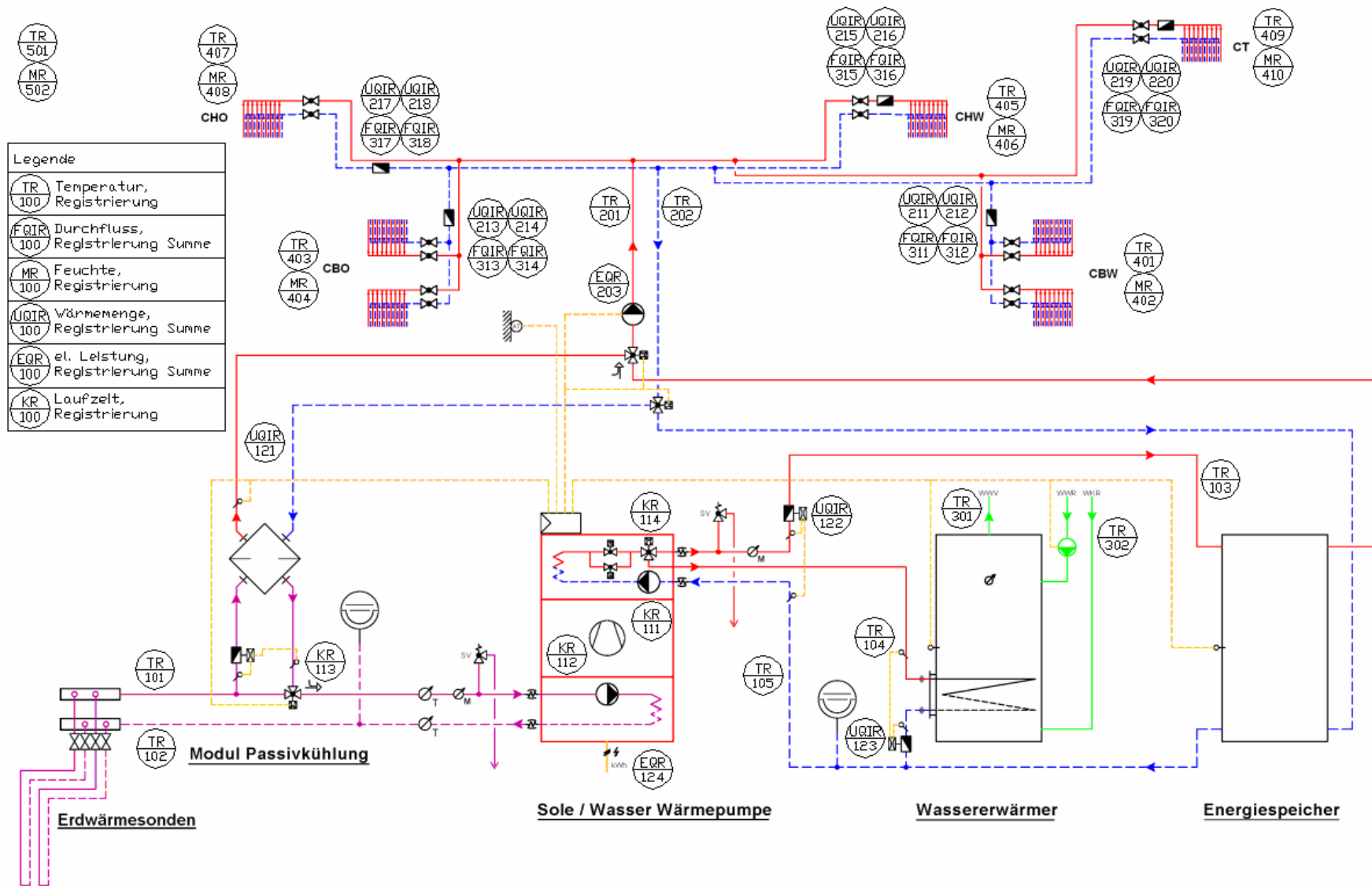


Fig. 2: Messpunkte der Feldmessung „CosyPlace - sanfte Kühlung mit Erdwärmesonden“ dargestellt im Anlagenschema

Nationale Zusammenarbeit

Das Projekt wird in Zusammenarbeit bzw. Koordination 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.

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

Die Bewohner des Gebäudes sind über die Messungen informiert. Sie tragen mit ihren Rückmeldungen zum Gelingen des Projekt bei.

Die Zusammenarbeit mit allen Projektbeteiligten wird als gut und konstruktiv erachtet.

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 [4].

Bewertung 2007 und Ausblick 2008

Der Schwerpunkt der Arbeiten lag auf der Erstellung des Messkonzeptes sowie der Installation und Inbetriebnahme der Wärmepumpen - Anlage und der Messtechnik. Der Beginn der Messungen verschob sich gegenüber der ursprünglichen Planung durch den späteren Bezug der Wohnungen von Juni auf Oktober. Bis zum Berichtsdatum sind 3 von 5 Wohnungen bezogen. Die erste Sommerperiode konnte wie geplant für die Inbetriebnahme genutzt werden. Die geplanten Arbeiten für das Jahr 2007 konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Referenzen

- [1] gribi-theurillat AG: **CosyPlace – Edles Wohnen am Bruderholz**, Prospekt & Internet-Darstellung, <http://www.cosyplace.ch>, Basel, 2007
- [2] Th. Afjei, R. Dott, A. Huber: **Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen**, Schlussbericht BFE Forschungsprogramm REN, Muttenez, Aug. 2007
- [3] C. Wemhöner, Th.. Afjei: **Standardlösungen für energieeffizientes Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen (SEK)**, 14. UAW Tagung 2007, Burgdorf, 13. Juni 2007
- [4] C. Wemhöner, Th. Afjei: **Operating Agent IEA HPP Annex 32**, Jahresbericht BFE Forschungsprogramm UAW, Muttenez, Dez. 2007

Anhang

Tab. 1: Liste der Messpunkte der Feldmessung „CosyPlace - sanfte Kühlung mit Erdwärmesonden“

Messst. Nr.	Symbol	Einheit	Messgrösse	Messprinzip
101	$\theta_{\text{EWS-Aus}}$	°C	Temperatur Austritt Erdwärmesonde	PT100
102	$\theta_{\text{EWS-Ein}}$	°C	Temperatur Eintritt Erdwärmesonde	PT100
103	$\theta_{\text{WP-VL-h}}$	°C	Temperatur WP-Vorlauf-Heizung	PT100
104	$\theta_{\text{WP-VL-ww}}$	°C	Temperatur WP-Vorlauf-Warmwasser	PT100
105	$\theta_{\text{WP-RL}}$	°C	Temperatur WP-Rücklauf	PT100
111	$Z_{\text{WP-UWP-Kond}}$	-	Laufzeit WP-UWP Kondensator	Status
112	$Z_{\text{WP-UWP-EWS}}$	-	Laufzeit WP-UWP Erdwärmesonde	Status
113	$Z_{\text{WP-k}}$	-	Laufzeit WP Kühlbetrieb	Status
114	$Z_{\text{WP-ww}}$	-	Laufzeit WP Warmwasser-Ladung	Status
115	$Z_{\text{WP-h}}$	-	Laufzeit Heizbetrieb	Status
121	$Q_{\text{k-EWS}}$	kWh	erzeugte Kälte EWS-Kühlung	WMZ
122	$Q_{\text{h-WP}}$	kWh	erzeugte Wärme Raumheizung	WMZ
123	$Q_{\text{ww-WP}}$	kWh	erzeugte Wärme Warmwasser	WMZ
124	E_{WP}	kWh	elektrischer Energiebezug Wärmepumpe (enthält UWP Erdwärmesonde, UWP Kondensator, UWP Wärmeverteilung & -übergabe)	EEZ
125	$E_{\text{UWP-EWS}}$	W	elektrischer Energiebezug UWP Erdwärmesonde	rechnerisch
126	$E_{\text{UWP-Kond}}$	W	elektrischer Energiebezug UWP Kondensator	rechnerisch
201	$\theta_{\text{h-VL}}$	°C	Temperatur Heizkreis-Vorlauf	PT100
202	$\theta_{\text{h-RL}}$	°C	Temperatur Heizkreis-Rücklauf	PT100
203	$E_{\text{UWP-WVÜ}}$	kWh	elektrischer Energiebezug UWP Wärmeverteilung & -übergabe	EEZ
211 212	$Q_{\text{h-EGW}},$ $Q_{\text{k-EGW}}$	kWh	Nutzwärme Raumheizung Nutzwärme Raumkühlung Wohnung EG-West	WMZ
213 214	$Q_{\text{h-EGO}}$ $Q_{\text{k-EGO}}$	kWh	Nutzwärme Raumheizung Nutzwärme Raumkühlung Wohnung EG-Ost	WMZ
215 216	$Q_{\text{h-OGW}}$ $Q_{\text{k-OGW}}$	kWh	Nutzwärme Raumheizung Nutzwärme Raumkühlung Wohnung OG-West	WMZ
217 218	$Q_{\text{h-OGO}}$ $Q_{\text{k-OGO}}$	kWh	Nutzwärme Raumheizung Nutzwärme Raumkühlung Wohnung OG-Ost	WMZ
219 220	$Q_{\text{h-AG}}$ $Q_{\text{k-AG}}$	kWh	Nutzwärme Raumheizung Nutzwärme Raumkühlung Wohnung AG	WMZ
301	θ_{ww}	°C	Temperatur Austritt WW-Speicher	PT100

302	θ_{kw}	°C	Temperatur Kaltwasser	PT100
311 312	V_{ww-EGW} V_{kw-EGW}	l l	bezogene Menge WW bezogene Menge KW Wohnung EG-West	MZ
313 314	V_{ww-EGO} V_{kw-EGO}	l l	bezogene Menge WW bezogene Menge KW Wohnung EG-Ost	MZ
315 316	V_{ww-OGW} V_{kw-OGW}	l l	bezogene Menge WW bezogene Menge KW Wohnung OG-West	MZ
317 318	V_{ww-OGO} V_{kw-OGO}	l l	bezogene Menge WW bezogene Menge KW Wohnung OG-Ost	MZ
319 320	V_{ww-AG} V_{kw-AG}	l l	bezogene Menge WW bezogene Menge KW Wohnung AG	MZ
401 402	$\theta_{EGW},$ φ_{EGW}	°C %rF	Raumluf-Temperatur Raumluf-Feuchte Wohnung EG-West	PT100 kap.F.
403 404	$\theta_{EGO},$ φ_{EGO}	°C %rF	Raumluf-Temperatur Raumluf-Feuchte Wohnung EG-Ost	PT100 kap.F.
405 406	$\theta_{OGW},$ φ_{OGW}	°C %rF	Raumluf-Temperatur Raumluf-Feuchte Wohnung OG-West	PT100 kap.F.
407 408	$\theta_{OGO},$ φ_{OGO}	°C %rF	Raumluf-Temperatur Raumluf-Feuchte Wohnung OG-Ost	PT100 kap.F.
409 410	$\theta_{AG},$ φ_{AG}	°C %rF	Raumluf-Temperatur Raumluf-Feuchte Wohnung AG	PT100 kap.F.
501	θ_{AUL}	°C	Aussenluft-Temperatur	PT100
502	φ_{AUL}	%rF	Aussenluft-Feuchte	kap. F.

100: Wärmeerzeuger 200: Wärmeverteilung & -übergabe
300: Trinkwasser 400: Gebäude 500: Wetter

Variablen

Variable	Beschreibung	Einheit
θ	Temperatur	°C
φ	relative Luftfeuchte	%rF
Z	Zustand	-
Q	Wärmemenge	kWh
E	Energiemenge	kWh
V	Volumen	l
WNG	Wärmeerzeugernutzungsgrad	-
SNG	Systemnutzungsgrad	-
ETV	elektrothermischer Verstärkungsgrad	-

Indices

Index	Beschreibung
AUL	Aussenluft
Aus	Austritt
Ein	Eintritt
EWS	Erdwärmesonde
h	Heizung
k	Kühlung
Kond	Kondensator
kw, KW	Kaltwasser
RGL	Regelung
RL	Rücklauf
UWP	Umwälzpumpe
VL	Vorlauf
Verd	Verdichter
Whg	Wohnungen
WP	Wärmepumpe
WVÜ	Wärmeverteilung & -übergabe
ww, WW	Warmwasser
EGW	Wohnung Erdgeschoss West (CosyBigWest)
EGO	Wohnung Erdgeschoss Ost (CosyBigOst)
OGW	Wohnung Obergeschoss West (CosyHipWest)
OGO	Wohnung Obergeschoss Ost (CosyHipOst)
AG	Wohnung Attikageschoss (CosyTop)