

Im SynergieHaus-Programm fördert die PreussenElektra gemeinsam mit 23 Projektpartnern energiesparende Bauweisen und Anlagentechniken in Wohnungen und Wohngebäuden mit dem Ziel, einen Beitrag zur Einführung des Niedrigenergiehausstandards in der Bundesrepublik Deutschland zu leisten. Durch das Projekt sollen Erfahrungen bei der Planung, beim Bau und bei der Nutzung

solcher Wohnungen gesammelt werden. Alle Gebäude haben einen rechnerischen Wärmebedarf, der mindestens 30% unter den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung '95 liegt und sind mit Wohnungslüftungsanlagen, vorzugsweise mit Wärmerückgewinnung, ausgerüstet. Eine weitere Anforderung besteht in der hohen Luftdichtheit der Gebäude. Durch ein begleitendes Meßprogramm werden 335 Gebäude mit ihren insgesamt 413 Wohneinheiten vermessen

und anschließend einer Bewertung unterzogen. Inhalt der Untersuchung ist dabei vor allem eine allgemeine Bewertung der Energieeffizienz der betrachteten Gebäude und ihrer technischen Ausstattung. Besonderes Augenmerk gilt dabei dem Energiebedarf der Lüftungs- und Heizungsanlagen.

Das Breitenmeßprogramm begann 1996 mit der Vermessung der ersten Gebäude und endet im Mai 1999.

Das SynergieHaus-Meßprogramm

H. Koch, J. Oppermann, J. Kaiser, Kassel, und K. Mußenbrock, Hannover

Anforderungen an das Meßprogramm

Um die Energieeffizienz der Synergiehäuser und der unterschiedlichen haustechnischen Einrichtungen zu überprüfen bzw. zu vergleichen werden in den Wohneinheiten die wichtigsten Betriebs- und Verbrauchsdaten erfaßt. Damit der meßtechnische Aufwand dieses Breitenmeßprogrammes in einem kalkulierbaren Rahmen bleibt, wurde die Anzahl der erfaßten Verbrauchs- und Temperaturdaten auf acht Kanäle begrenzt. In Bild 1 ist der Meßaufbau mit den zu vermessenden Größen schematisch dargestellt.

Abhängig von der Ausstattungsvariante des Synergiehauses ändert sich auch jeweils die zu installierende Meßeinrichtung geringfügig. In Tabelle 1 werden die Meßgrößen für verschiedene Heizungs- und Lüftungssysteme detailliert beschrieben und den acht Meßkanälen des Datenerfassungsgerätes zugeordnet.

Es wurde ein Datenerfassungsgerät (MESS186SYN) mit integriertem Prozessor, einem Batterie-Pufferspeicher sowie sechs digitalen und zwei analogen Meßeingängen entwickelt, das den speziellen Anforderungen im Meßprogramm genügt. An das Gerät wurden die folgenden Bedingungen geknüpft:

- Anpassungsfähigkeit an die vorkommenden Varianten der technischen Einrichtungen.
- Weitestgehende Verwendung von Standardkomponenten.
- Automatische Aufzeichnung und Datenübertragung zu frei definierbaren Zeitpunkten über eine gebührenfreie 0130 Rufnummer.
- Fernparametrierbarkeit der vor-

Ort montierten Meßwerterfassungsgeräte.

- Einfache Montage und Inbetriebnahme, durchführbar unter Nutzung der bei den beteiligten Projektpartnern vorhandenen Infrastruktur.

- Batteriegestützter Pufferspeicher, der die Daten vier Wochen zwischenspeichert.

- Ausstattung mit einer Funktionskontrolle bei Montage und In-

betriebnahme.

- Aufzeichnung der Meßgrößen als 15-min Werte und Speicherung nach Ablauf eines Tages als Tagesdatensatz.

Installation und Inbetriebnahme

Um Fehlerquellen bei der Installation und Inbetriebnahme der An-

Dipl.-Ing. *Harald Koch* studierte von 1979 bis 1983 an der Universität Gesamthochschule Kassel, Fachbereich Elektrische Energietechnik, und von 1983 bis 1984 an der Fachhochschule Lübeck, Fachbereich Technisches Gesundheitswesen. Nach einer Tätigkeit als Entwicklungsingenieur in der Industrie war er von 1988 bis 1995 am Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) in Kassel beschäftigt. Seit 1995 ist er an der Universität Gesamthochschule Kassel, Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung tätig (Konzeptionierung und Aufbau des SynergieHaus-Meßprogrammes, Projektleitung SynergieHaus-Programm).

Dipl.-Ing. *Jens Oppermann*, Jahrgang 1967, studierte von 1988 bis 1991 an der Universität Kaiserslautern und ab 1991 an der Universität - Gesamthochschule Kassel im Fachbereich Elektrotechnik, wo er 1994 mit einer Diplomarbeit am Fachgebiet Bauphysik das Diplom I erwarb. 1997 schloß er die zweite Studienstufe mit einer Diplomarbeit am Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (I.T.E.R.) in Teneriffa/Spanien ab. Seit Juli 1997 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Universität Gesamthochschule Kassel tätig.

Jan Kaiser, Jahrgang 1969, studierte ab 1988 Maschinenbau an der Universität Gesamthochschule Kassel. Von 1994 bis 1996 Mitarbeit bei Aufbau und Einführung eines Qualitätssicherungssystems nach DIN EN ISO 9000 in der Dämmstoffindustrie. 1996 Ausbildung zur QM-Fachkraft an der Technischen Akademie Wuppertal. Seit Oktober 1996 Mitarbeit im Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Gesamthochschule Universität Kassel. 1997 Ausbildung zum Qualitätsmanager an der Technischen Akademie Wuppertal.

Dr.-Ing. *Konrad Mußenbrock*, Jahrgang 1957, studierte nach der Ausbildung zum Maschinenschlosser bis 1985 Energie- und Verfahrenstechnik an der Universität GHS Essen. Nach der Promotion 1990 war er bis 1993 Mitarbeiter in der Abteilung Energieanwendung und Verbundwirtschaft bei der PreussenElektra und von 1993 bis 1996 Mitarbeiter in der Abteilung Dienstleistung regionale Versorgung bei der PreussenElektra. 1996 bis 1998 leitete er die Abteilung Energiedienstleistungen innerhalb der Hauptabteilung Absatzwirtschaft der PreussenElektra. Seit März 1998 ist er Leiter des Bereichs Unternehmensentwicklung Technik der PreussenElektra.



Tabelle 1 | Gemessene Größen bei verschiedenen Heizungs- und Lüftungssystemen.

| Varianten, Beschreibung der Lüftungsanlage | Meßgröße 1 | Meßgröße 2 | Meßgröße 3 | Meßgröße 4 | Meßgröße 5 | Meßgröße 6 | Meßgröße 7 | Meßgröße 8 |
|---|--------------------------|----------------------------------|--|---|---|--------------------------|------------------|-------------------|
| A • Zentrale Abluft, dezentrale Zuluft • ohne WRG • externe Heizung | Strombezug des Haushalts | Brennstoffverbrauch ² | Gesamtverbrauch Lüftungsgerät ³ | <i>Optional: Solarwärme, Warmwasser</i> | Hilfsantriebe der Heizungsanlage ⁴ | Wärmemenge zum Heizkreis | Außen-temperatur | Abluft-temperatur |
| B • Zentrale Abluft, dezentrale Zuluft • mit WRG (WP) • externe Heizung | Strombezug des Haushalts | Brennstoffverbrauch ¹ | Gesamtverbrauch Zentralgerät ⁵ | Wärmepumpe | Hilfsantriebe der Heizungsanlage ³ | Wärmemenge zum Heizkreis | Außen-temperatur | Abluft-temperatur |
| C • Zentrale Abluft, dezentrale Zuluft • mit WRG (WP) • integrierte Heizung | Strombezug des Haushalts | Brennstoffverbrauch ¹ | Gesamtverbrauch Zentralgerät ⁶ | Wärmepumpe | Ventilator | Wärmemenge zum Heizkreis | Außen-temperatur | Abluft-temperatur |
| D • Zentrale Zu- und Abluft • ohne WP | Strombezug des Haushalts | Brennstoffverbrauch ¹ | Gesamtverbrauch Lüftungsgerät ⁷ | <i>Optional: Solarwärme, Warmwasser</i> | Hilfsantriebe der Heizungsanlage ³ | Wärmemenge zum Heizkreis | Außen-temperatur | Abluft-temperatur |
| E • Zentrale Zu- und Abluft • mit WP | Strombezug des Haushalts | Brennstoffverbrauch ¹ | Gesamtverbrauch Lüftungsgerät ⁸ | Wärmepumpe | Hilfsantriebe der Heizungsanlage ³ | Wärmemenge zum Heizkreis | Außen-temperatur | Abluft-temperatur |

² Gas, Öl, Fernwärme oder Strom

³ Ventilator, Regelung

⁴ Umwälzpumpe, Brennergebläse, Regelung, ggf. Ölpumpe, nicht evtl. elektrische Warmwasserbereitung

⁵ Ventilator, Wärmepumpe, Regelung, nicht evtl. elektrische Warmwasserbereitung

⁶ Ventilator, Wärmepumpe, Regelung, Hilfsantriebe der Heizungsanlage³, nicht evtl. elektrische Warmwasserbereitung

⁷ Ventilator, Heizregister, Regelung

⁸ Ventilator, Wärmepumpe, elektrische Heizregister, Regelung

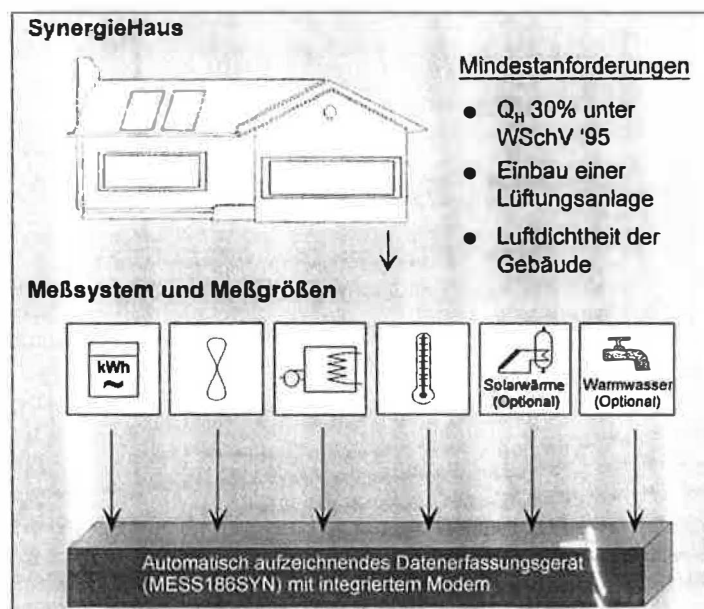


Bild 1 | Schematische Darstellung der Meßgrößen im SynergieHaus-Meßprogramm.

lagen zu minimieren, wurden die Geräte soweit möglich vorkonfiguriert und betriebsbereit ausgeliefert.

Kontrollanzeigen im Gerät geben darüber hinaus dem Monteur Hinweise auf den Status der belegten Kanäle. Die Inbetriebnahme erfolgt nach der Installation per Knopfdruck.

Damit das Datenerfassungsgerät den Meßbetrieb aufnehmen kann, muß es zuvor die Konfigurationseinstellungen sowie das aktuelle Datum und die Uhrzeit vom Zentralrechner in Kassel erhalten.

Datenerfassung und Datenverarbeitung

Fernmeßnetz

Die Datenerfassungsgeräte sind über das integrierte Modem und den Telefonanschluß der Hausbewohner mit der Datenzentrale in Kassel verbunden und bilden so das Fernmeßnetz im SynergieHaus-Programm. Die Standorte befinden sich nördlich der Mainlinie und decken einen großen Bereich der Bundesrepublik ab. Bundesländer mit Synergiehäusern sind in **Bild 2** grau schraffiert. Die Lage der Objekte ist über die ersten beiden Ziffern der Postleitzahl und die Häufung über die Größe des Symbols dargestellt.

Kommunikationsrechner

Die eigens für das Meßprogramm entwickelte Kommunikationssoftware steuert die Verbindungen mit dem Datenerfassungsgerät über mehrere Parameterdateien.

Ein anrufendes Datenerfassungsgerät muß sich erfolgreich identifizieren; andernfalls wird die Verbindung umgehend unterbrochen. War die Anmeldung erfolgreich, so werden die Meßdaten abgefragt und falls notwendig die Uhr des Datenerfassungsgerätes synchronisiert. Um eine definierte Uhrzeit im Meßprogramm zu gewährleisten, wird die Uhr mit DCF-77 auf MEZ synchronisiert.

Datenzentrale

Die Aufgaben im Meßprogramm sind nur zum Teil mit Standardsoftware zu bewältigen. Deshalb wurde der Großteil der verwendeten Software auf die spezifischen Anforderungen zugeschnitten und selbst erstellt. Auf der Grundlage eines relationalen Datenbanksystems wurden die Anforderungen an das Meßprogramm programmtechnisch umgesetzt. Die Aufgaben der Datenzentrale sind in **Bild 3** schematisch skizziert und bestehen im wesentlichen aus den folgenden Punkten:

- Steuerung des Meßprogrammes
- Überwachung des Fernmeßnetzes
- Kontrolle der Meßdaten und Ge-

Tabelle 2 | Objektdaten des untersuchten Gebäudes.

| Angaben zum Gebäude | | | |
|------------------------------|--|---|---------------------------|
| Typ | Einfamilienhaus | | |
| Bauweise | Holzrahmen/-ständer | | |
| Geschoßzahl | 1 und DG ohne Keller | | |
| Energiebezugsfläche | 151,64 m ² | | |
| Energetische Kennwerte | | | |
| Q''_H | 59,7 kWh/m ² a | n_{50} | 1,5 h ⁻¹ |
| Überschreitung der WSchV '95 | 33% | | |
| Wärmetechnische Kennwerte | | | |
| k_D | 0,22 W/(m ² K) | k_F | 1,5 W/(m ² K) |
| k_W | 0,22 W/(m ² K) | k_G | 0,35 W/(m ² K) |
| A/V | 0,84 m ⁻¹ | | |
| Haustechnik | | | |
| Lüftungsanlage | | (Zentrale Zu-/Abluft) | |
| WRG | 2 Kreuzstromwärmetauscher | Einstellungen der Lüftungsanlage | |
| Vor-/Nachheizregister | 1,2 kW/0,55 kW | Zu-/Abluftvolumenstrom: 360 m ³ /h | |
| Ventilatoren | 210 W | Luftwechsel: 0,93 h ⁻¹ | |
| Heizung/Warmwasser | | | |
| Luftheizungsaggregat | 6 kW (elektrisch), Zusatzventilator: 100 W | | |
| Warmwasser | 300 l – Standspeicher, 3 kW (elektrisch) | | |

nerierung von Protokollen für die Störungsbeseitigung

- Archivierung der Meßdaten
- Standardauswertung
- Bereitstellung von Daten für besondere Auswertungen

Hauptaufgabe der Datenzentrale ist die Steuerung des gesamten Meßprogrammes. Hierzu werden nach Abschluß der täglichen Datensammlung automatisch verschiedene Programme mit den folgenden Aufgaben chronologisch ausgeführt:

- Laden der Meßdaten in die Datenbank und Berechnung von Tageswerten
- Erzeugen der Steuerdateien für die nächste Datenabfrage
- Funktionskontrolle

Funktionskontrolle

Eine zentrale Bedeutung in einem Meßprogramm dieser Größenordnung kommt, neben dem Sammeln und Archivieren der Daten, dem Erkennen von Störungen zu. Die Basis der automatisierten Funktionskontrolle bildet die logische Verknüpfung von Meßwerten mit Soll- und Erfahrungswerten. Derzeit werden mehr als 20 Krite-



Bild 2 | Verteilung der Meßobjekte im SynergieHaus-Fernmeßnetz (Darstellung nach zweistelligem Postleitzahlencode).

Tabelle 3 | Spezifische Verbräuche und Vergleich zwischen Rechnung und Messung.

| Spezifische Jahreswerte (gemessen) | | |
|---|-------|----------------------|
| Haushalt | 18,8 | kWh/m ² a |
| Ventilator (6 953 Betriebsstunden) | 8,9 | kWh/m ² a |
| Warmwasserbereitung | 26,3 | kWh/m ² a |
| Beheizung | 28,8 | kWh/m ² a |
| Hilfsenergie der Heizung | 4,3 | kWh/m ² a |
| Vergleich zwischen Rechnung und Messung | | |
| Heizwärmebedarf (gerechnet) | 9 224 | kWh/a |
| Heizenergieverbrauch (gemessen) | 4 454 | kWh/a |
| gradtagsbereinigte Einsparung | 41 | % |

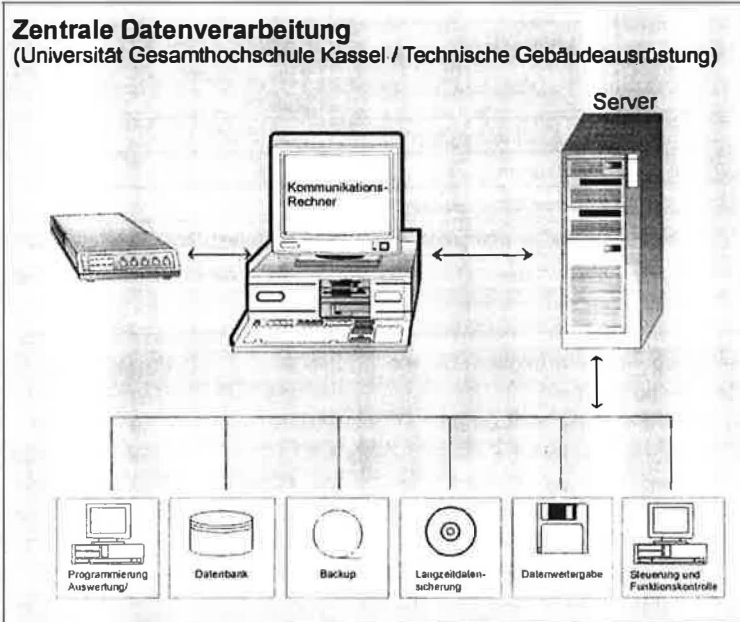


Bild 3 | Aufgaben der Datenzentrale.

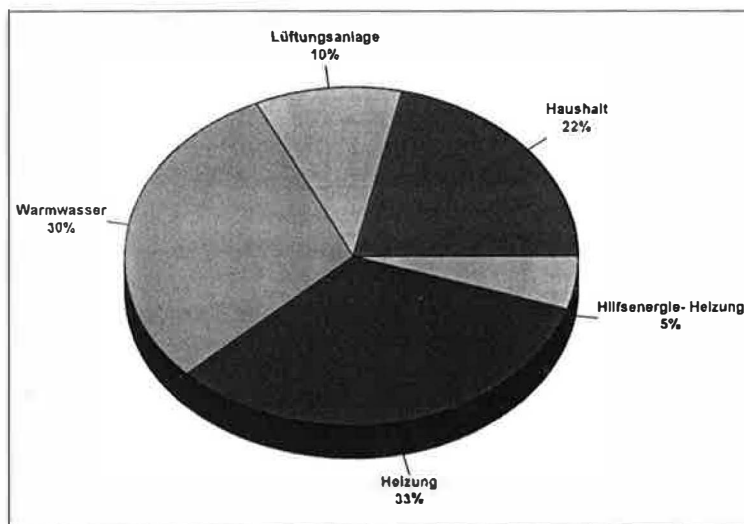


Bild 4 | Verteilung des gemessenen Gesamtenergieeinsatzes.

rien für die Funktionskontrolle eingesetzt.

Die Kontrolle wird täglich nach dem Laden der Meßdaten in die Datenbank durchgeführt. In einem

Protokoll werden Störungen mit Hinweisen zu den betroffenen Meßkanälen aufgeführt. Die exakte Eingrenzung der Störung ist durch automatische Routinen nur sehr ein-

geschränkt möglich, da bei den vielseitigen haustechnischen Anlagenkonzepten, in Kombination mit den Eingriffsmöglichkeiten durch den Bewohner wie z.B. die Abschaltung einer Anlage oder einer Anlagenkomponente, von ausbleibenden Meßwerten nicht unmittelbar auf einen Defekt der Meßtechnik geschlossen werden kann. Statt dessen müssen in einem zweiten Schritt, der visuellen Datenüberprüfung, die fehlerhaften Kanäle lokalisiert werden. Die Erfahrungen aus der visuellen Überprüfung und der Vorortkontrolle führen unmittelbar zu einer Erweiterung und damit zu einer Verbesserung der automatisierten Funktionskontrolle. Zusätzlich werden für die betroffenen Meßobjekte Berichtsblätter mit Angaben zur Art und zum Beginn der Störung erstellt, die den zuständigen Projektpartnern zur Fehlerbeseitigung zugesandt werden.

geschränkt möglich, da bei den vielseitigen haustechnischen Anlagenkonzepten, in Kombination mit den Eingriffsmöglichkeiten durch den Bewohner wie z.B. die Abschaltung einer Anlage oder einer Anlagenkomponente, von ausbleibenden Meßwerten nicht unmittelbar auf einen Defekt der Meßtechnik geschlossen werden kann. Statt dessen müssen in einem zweiten Schritt, der visuellen Datenüberprüfung, die fehlerhaften Kanäle lokalisiert werden. Die Erfahrungen aus der visuellen Überprüfung und der Vorortkontrolle führen unmittelbar zu einer Erweiterung und damit zu einer Verbesserung der automatisierten Funktionskontrolle. Zusätzlich werden für die betroffenen Meßobjekte Berichtsblätter mit Angaben zur Art und zum Beginn der Störung erstellt, die den zuständigen Projektpartnern zur Fehlerbeseitigung zugesandt werden.

Exemplarische Meßdatendarstellung

In den nachfolgenden Ausführungen soll ein erster Eindruck über das Potential dieses Meßprogrammes vermittelt werden. Am Beispiel einer der mit 55% am häufigsten im Meßprogramm vertretenen Holz- bzw. Holzständerbauweise wird eine exemplarische Auswertung vorgestellt. Sowohl die Beheizung als auch die Warmwasserbereitung erfolgt in diesem SynergieHaus durch ein elektrisches System. Die Wärmeübergabe erfolgt wie bei 9% der Häuser über ein Luftheizsystem.

Die wichtigsten Gebäudedaten dieses Objektes sind in **Tabelle 2** zusammengefaßt:

Der gemessene Jahresenergieverbrauch von 13 477 kWh wurde zu zwei Dritteln für die Warmwasserbereitung und Beheizung des Gebäudes aufgewandt (**Bild 4**).

Der niedrige Heizenergieverbrauch von 28,8 kWh/m²a ist hervorzuheben, da er nach einer Gradtagsbereinigung immerhin noch um ca. 41% unter dem errechneten Wert nach Wärmeschutzverordnung liegt.

Der spezifische Energieaufwand für die Warmwasserbereitung von

26,3 kWh/m²a entspricht nach Abzug der Wärme- und Verteilverluste dem in der Literatur (VDI 2067) genannten Wert für einen mittleren Bedarf.

Die Bewohner erhalten jährlich ihre Betriebsdaten mit Angaben zu monatlichen Verbräuchen, spezifischen Jahreswerten und dem sogenannten SynergieHaus-Index, der die Abweichung zu den mittleren Verbräuchen im Meßprogramm angibt. Zusätzlich sind in dem Betriebsdatenblatt die typischen Tagesgänge zum Haushaltsstromverbrauch und Heizwärmeverbrauch grafisch dargestellt (Bild 5). Auf Wunsch der Bewohner besteht darüber hinaus die Möglichkeit eine Energieberatung durch die jeweiligen Projektpartner in Anspruch zu nehmen.

Ausblick

Das SynergieHaus-Meßprogramm ist in seiner Art und seinem Umfang einzigartig.

Die Stärke dieses Breitenmeßprogrammes ist die umfassende Erfassung der am Markt verfügbaren Anlagentechnik in Kombination mit den unterschiedlichen Bauweisen. Die große Zahl der vermessenen Objekte gewährleistet darüber hinaus eine breite statistische Basis und ermöglicht wertvolle Hinweise für den späteren Abgleich zwischen Rechnung und Messung.

In den Objekten wird über mindestens zwei Heizperioden gemessen, bei rund 20% der Häuser werden bis Ende Mai 1999 Daten über drei Heizperioden vorliegen.

Die Ergebnisse dieses Breitenmeßprogrammes werden nicht nur

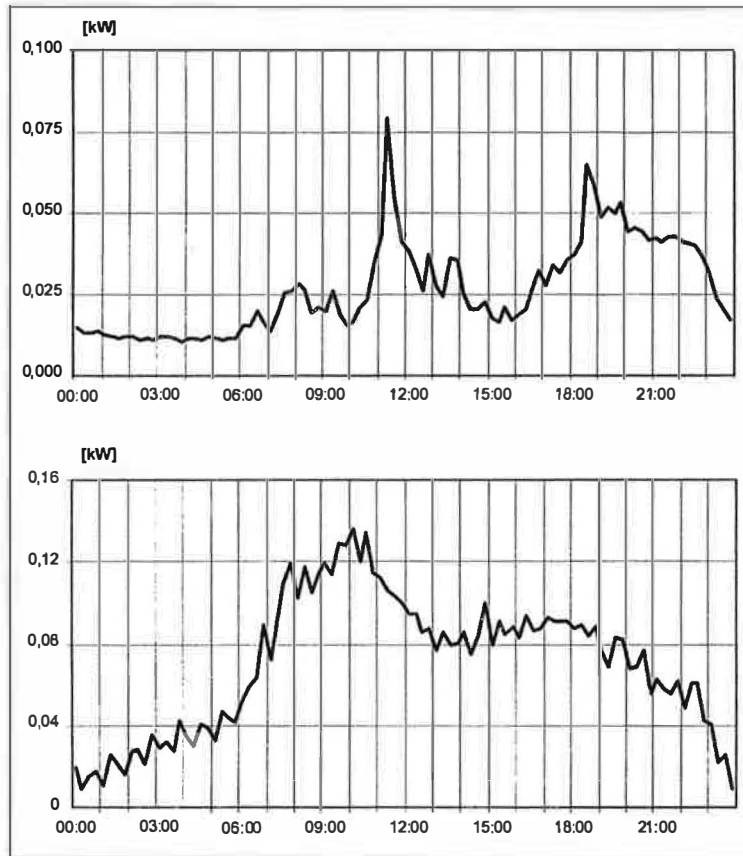


Bild 5 | Typische Winter-tagesgänge für den Haushaltstromverbrauch (oben) und den Heizenergieverbrauch (Januar 98).

einen Einfluß auf die Verbesserung der Effizienz der eingesetzten Technologien haben, sondern auch einen Beitrag für den zukünftigen Niedrigenergiehaus-Standard liefern.

Da das Nutzerverhalten bekanntlich einen erheblichen Einfluß auf den Energieverbrauch hat, werden die Ergebnisse dieses Meßprogrammes für die Energieberater der Projektpartner, die die Synergiehäuser auch während der gesamten Meßphase betreuen, dazu beitragen den Energieverbrauch weiter positiv zu beeinflussen.

Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über den Aufbau und

die Abwicklung des Meßprogrammes.

In einer späteren Ausgabe dieser Zeitschrift werden die Ergebnisse aus der vergangenen Heizperiode vorgestellt und diskutiert.

[H 696]

Literaturangaben

[1] Hauser, G.; Hausladen, G. und K. Müßbrock: Das SynergieHaus-Projekt der PreussenElektra. HLH Bd. 49 (1998) Nr. 7, S. 26-31.

[2] Projektunterlagen zum SynergieHaus-Förderprogramm, PreussenElektra AG, Hauptverwaltung, Hannover 1997.



Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Wasseraufbereitung

Alfred Tormöllen, Warendorfer Str. 449, 48157 Münster, Tel. 02 51/31 10 48, Fax 02 51/31 10 40