



TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Professur für Energie- und Hochspannungstechnik

MESSPROJEKT MITTELSTRASSE 2–8

Ergebnisbericht 2013

eine Zusammenarbeit

zwischen

Sächsische Wohnungsgenossenschaft Chemnitz eG

eins energie in sachsen GmbH & Co. KG

Techem Energy Services GmbH

und

Technische Universität Chemnitz

Chemnitz, den 25.10.2013

Inhaltsverzeichnis

1. Überblick über installierte Messtechnik	3
1.1. Installation der elektronischen Zähler (Smart Meter)	3
1.2. Überblick über das Techem Smart System	4
1.3. Aufbau des Messsystems der TU Chemnitz	5
2. Analyse der Smart Meter-Messungen	7
2.1. Unterschiede zwischen den Messungen	7
2.2. Vergleich ausgewählter Haushalte	8
3. Auswertung des elektrischen Verbrauchs von Haushalten	11
3.1. Analyse eines Haushalts-Lastganges	11
3.2. Bewertung von 32 Haushalten	12
4. Auswertung der solarthermischen Heizungsunterstützung	15
4.1. Berechnung der Wärmeerzeugung für das Mehrfamilienhaus	15
4.2. Berechnung des Wärmebedarfs im Mehrfamilienhaus	16
4.3. Analyse der solarthermischen Heizungsunterstützung	17
5. Zusammenfassung und Ausblick	18
6. Ansprechpartner	19
6.1. eins energie in sachsen GmbH & Co. KG	19
6.2. Techem Energy Services GmbH	19
6.3. Technischen Universität Chemnitz	19
A. Anhang	20

1. Überblick über installierte Messtechnik

1.1. Installation der elektronischen Zähler (Smart Meter)

Im Rahmen der Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben zur Einführung von elektronischen Haushaltszählern (auch Smart Meter genannt) führt die eins energie in sachsen GmbH & Co. KG ein Pilotprojekt zur Erprobung der Technik in der Mittelstraße 2-8 durch. Es wird die Fernauslesung mittels GPRS mit je einem Konzentrator pro Hauseingang durchgeführt. Die Anbindung der Elektrizitätszähler an den Datenkonzentrator erfolgte erstmalig über ein kabelgebundenes RS 485 Netzwerk. Weiterhin erfolgte die Aufschaltung des Gaszählers, des Wasserzählers und der zwei Wärmezähler mittels M-Bus per Kabel.

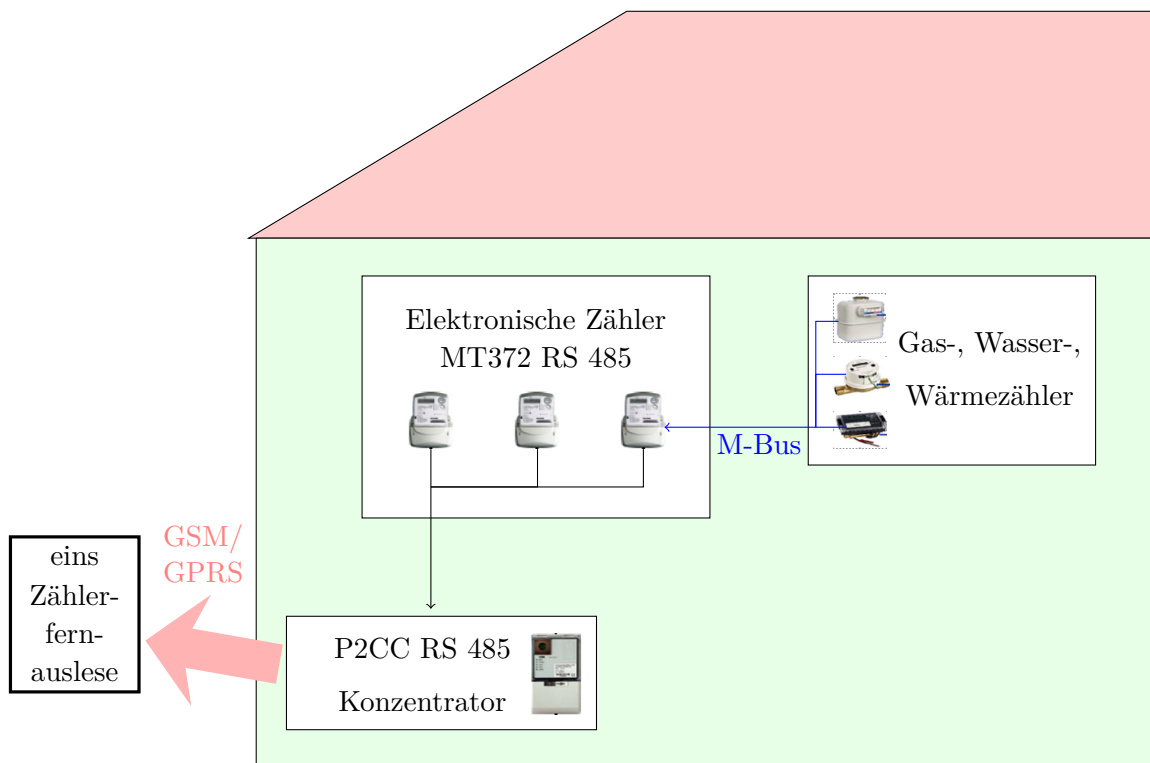


Abbildung 1.1.: Überblick über den Zählerwechsel

Im Rahmen der Umsetzung wurden in dem genannten Mehrfamilienhaus 31 der 32 herkömmlichen Ferraris-Zähler durch elektronische Elektrizitätszähler der Firma ISKRA aus-

getauscht. Bei einem Mieter wurde der Wechsel des Eltzählers aufgrund der fehlenden unterschriebenen Datenschutzerklärung nicht vorgenommen. Der Gaszähler wurde mit einem Impulsmodul mit M-Bus-Konverter nachgerüstet. Der herkömmliche Wasserzähler wurde gegen einen Wasserzähler mit M-Bus-Modul getauscht. Bei den zwei Wärmezählern wurden die Netzversorgung und die M-Bus-Module nachgerüstet. In Abbildung 1.1 ist die Systemübersicht dargestellt.

Die Fernauslesung bei der energie in sachsen GmbH & Co. KG erfolgt vollautomatisch über die Fernauslesoftware *SEP2W* der Firma *Lackmann* mit der Anbindung in das Abrechnungssystem. Ein Webzugriff auf die Zählerdaten ist über eine gesicherte Internetverbindung von jedem Nutzer individuell möglich. Entsprechend der Einwilligungserklärung der Nutzer und der Vereinbarungserklärung der Projektpartner erhält die TU Chemnitz für Zeitreihenanalysen und Vergleichsrechnungen mit der in Teil 2 beschriebenen Wandlermessung den Webzugang auf alle Zählerdaten.

1.2. Überblick über das Techem Smart System

Bereits vor Projektbeginn wurde von der Techem Energy Services GmbH ein elektronisches System zur Fernablesung des Wärmebedarfs der Mittelstraße 2-8 installiert. In Abbildung 1.2 wird ein Überblick über das verwendete Techem Smart System gegeben. Dabei senden Funkheizkostenverteiler sowie Funk-Wärmemengenzähler/Kältezähler und Funk-Wasserzähler die Daten für den jeweiligen Haushalt zu einen Datensammler. Ein Masterdatensammler sendet die gesammelten Daten an den Techem Server, welcher die Daten archiviert. Aus diesen Daten werden dann die Abrechnungen für die SWG erstellt.

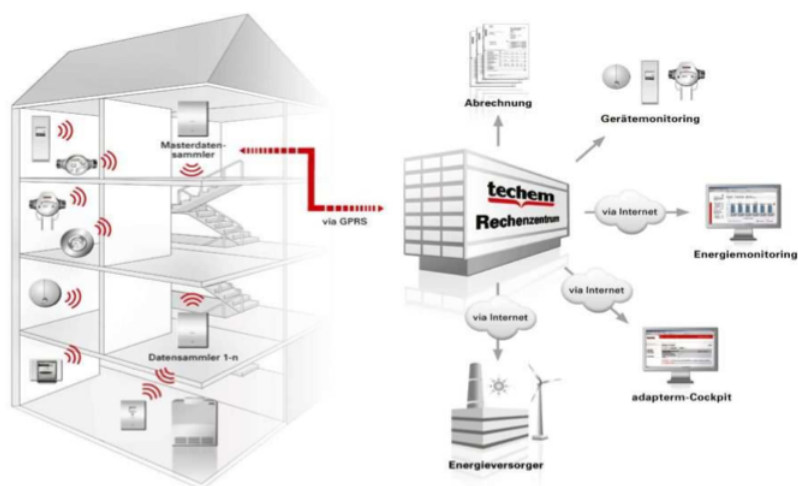


Abbildung 1.2.: Überblick des Techem Smart System

Dieses System ermöglicht neben der Fernablesung zudem ein Gerätemonitoring, sodass der Ausfall von Zählern nicht erst bei Ablesung bekannt wird. Weiterhin ist durch das Aufzeichnen und Bereitstellen der eigenen Daten des jeweiligen Haushaltes ein individuelles Energiemonitoring möglich. Änderungen am Verbrauchsverhalten können somit durch die Fernablesung zeitnah überprüft und nachvollzogen werden. Diese Funktionen sind aufgrund der Datenschutzproblematik eingeschränkt.

Weiterhin wurde das System *adapterm* im Rahmen des *Techem Smart System* installiert, welches auch ohne eine Veränderung des Heizverhaltens eine Verringerung des Wärmebedarfs leisten soll. Dabei handelt es sich um ein selbstlernendes System, welches die Vorlauftemperatur an den Wärmebedarf der Haushalte anpasst.

Die Langzeitmessung der TU Chemnitz wird auf die vom Techem Smart System aufgenommenen Daten für die Auswertung des Wärmebedarfs zurückgreifen. Eine elektronische Verbindung zwischen beiden Messsystemen wird dabei jedoch aus technischen Gründen nicht realisiert, welches auch nicht nötig erscheint. Vielmehr werden die von Techem Energy Services GmbH erhaltenen Daten direkt in den Datenserver mit eingepflegt und so für Zeitreihenanalysen und vergleichende Betrachtungen mit verwendet.

1.3. Aufbau des Messsystems der TU Chemnitz

Das Messsystem der TU Chemnitz in der Mittelstraße 4 dient dazu, möglichst hochauflösende Zeitreihen des thermischen und elektrischen Verbrauchs sowie der zeitgleichen Sonneneinstrahlung zu erhalten. In Abbildung 1.3 ist ein schematischer Überblick über das Messsystem gegeben.

Dabei ist zu erkennen, dass drei verschiedene Sensoren für die Aufnahme der Sonneneinstrahlung genutzt werden. Weiterhin sind zwei Haushalte anhand ihres durchschnittlichen Jahresverbrauchs ausgewählt wurden, um somit zwei verschiedene Haushaltsgrößen über die Projektlaufzeit zu messen. Für die Messung des elektrischen Verbrauchs an Haushalten werden Spannung und Strom an jeweils drei Phasen mittels Wandlermessung bestimmt. Der thermische Verbrauch wird anhand der Durchflussmenge der Warmwasserleitung (mittels Ultraschall-Sensor) sowie der Temperatur des Warmwassers bestimmt.

Die genannten Sensoren werden an einem zentralen Messsystem gebündelt und in Datenpakete umgewandelt. Aufgrund der hohen Abtastrate von 1 kHz (1000 Werte pro Sekunde) werden diese Datenpakete im laufenden Betrieb komprimiert, kodiert und an den Messdatenserver in der TU Chemnitz gesendet. Dieser Datenserver erstellt automatisch Sicherungskopien, sodass auch bei einem Systemausfall die aufgenommenen Daten nicht verloren gehen.

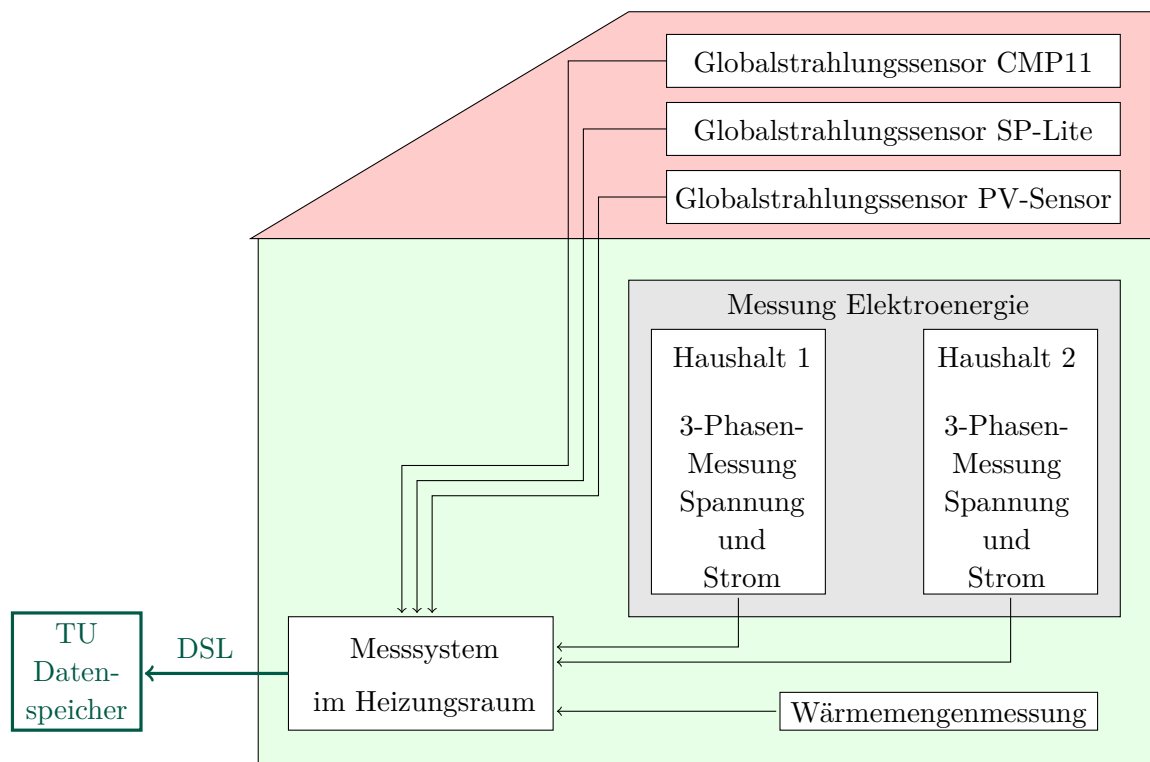


Abbildung 1.3.: Überblick über das Messsystem der TU Chemnitz

2. Analyse der Smart Meter-Messungen

2.1. Unterschiede zwischen den Messungen

In einem Aufgabenfeld des Messprojektes Mittelstraße 2–8 galt es, die eingesetzten elektronischen Zähler (Smart Meter) der Fa. eins energie in sachsen GmbH & Co. KG hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit zu überprüfen, um eventueller anfänglicher Skepsis entgegen zu wirken. Dabei wurden die Daten der Wandlermessung der TU an zwei ausgewählten Haushalten mit den jeweiligen Daten der elektronischen Zählern verglichen. Als Grundlage eines solchen Vergleichs gilt es zunächst, die bestehenden Randbedingungen zu klären. In Tabelle 2.1 sind dabei die wesentlichen Unterschiede zwischen den zwei Messverfahren aufgelistet.

	Elektronische Zähler	Wandlermessung
Messgröße	Wirkleistung P	Scheinleistung S
Zeitintervall	15 min	1 ms

Tabelle 2.1.: Unterschiede zwischen den Messverfahren

Ein wesentliche Unterschied zwischen beiden Messverfahren liegt in der Messgröße. Der elektronischen Zähler summiert den Elektroenergieverbrauch über eine Viertelstunde auf, sodass daraus eine mittlere Wirkleistung über diesen Zeitraum bestimmt werden kann. Im Gegensatz dazu liefert die Wandlermessung auf Basis von Strom- und Spannungsmessungen der einzelnen drei Phasen eines Haushaltes eine Scheinleistung für jede Millisekunde. In dieser Scheinleistung ist neben der gesuchten Wirkleistung zudem noch ein Blindleistungsanteil enthalten. Dieser entsteht durch motorische Verbraucher sowie durch leistungselektronische Bauteile (Schaltnetzteile, etc.). Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Wandlermessung in den meisten Fällen einen leicht höheren Betrag im Vergleich zum elektronischen Zähler misst. Zu nennen ist weiterhin, dass für einen Vergleich der Messverfahren ein Angleich des Messintervalls notwendig ist. Es wurden daher die Daten der Wandlermessung zu Viertelstundenwerten zusammengefasst.

2.2. Vergleich ausgewählter Haushalte

In Abbildung 2.1 ist der Vergleich zwischen den Messwerten der elektronischen Zähler und der Wandlermessung dargestellt.

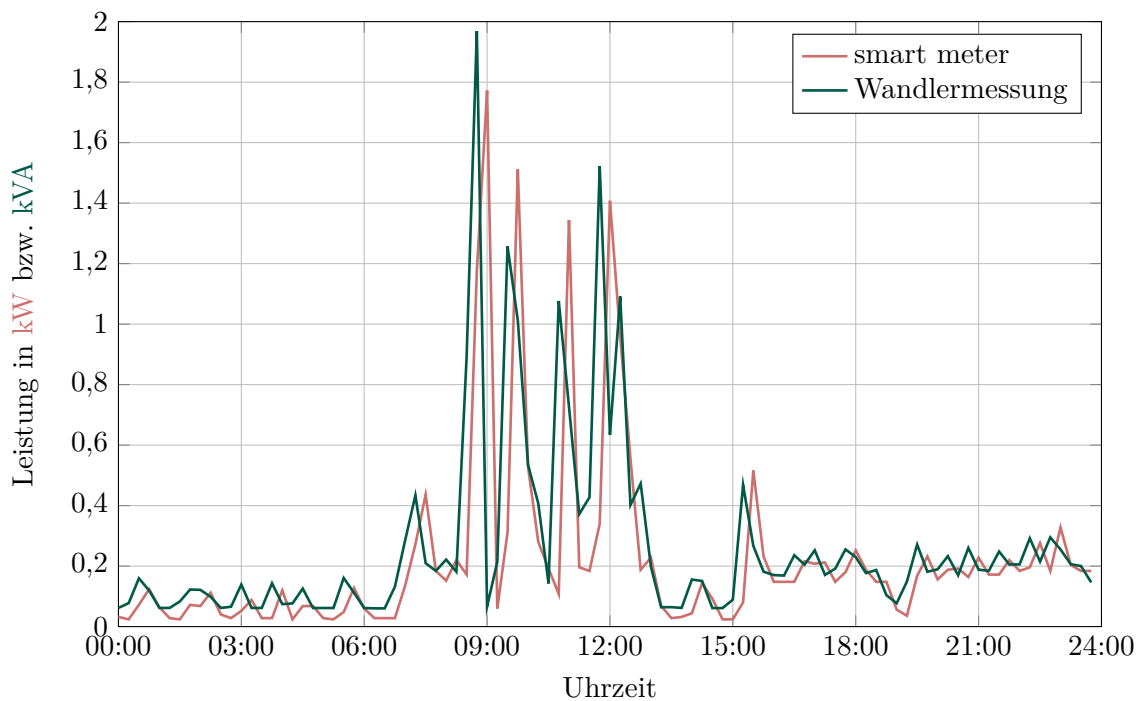


Abbildung 2.1.: Vergleich der Messungen ohne Beachtung des Zeitversatzes

Dabei ist deutlich eine Verschiebung zwischen den zwei Kennlinien zu erkennen. Dies basiert auf der Bildung der Viertelstundenwerte aus den Wandlermessungen. Es ist dabei von entscheidender Bedeutung, zu welcher Startzeit die zu betrachtende Viertelstunde beginnt. So wurde in Abbildung 2.2 diese Startzeit entsprechend variiert, sodass eine Überdeckung der Zeitreihen ermöglicht und der entstandene Zeitversatz angepasst wurde.

So ist in Abbildung 2.2 zu erkennen, dass in den meisten Fällen die Wandlermessung einen höheren Betrag im Vergleich zu den elektronischen Zählern misst. Dies erfüllt die theoretischen Erwartungen, welche in Abschnitt 2.1 bereits beschrieben wurden. In Tabelle 2.2 ist überblickshaft über einen betrachteten Zeitraum der Unterschied zwischen Wandlermessung und elektronischem Zähler dargestellt.

	Elektronische Zähler	Wandlermessung
gemessene Energiemenge	1.433 kWh	1.616 kVAh

Tabelle 2.2.: Vergleich der aufgenommenen Energiemengen zwischen Juni 2011 und Juni 2012

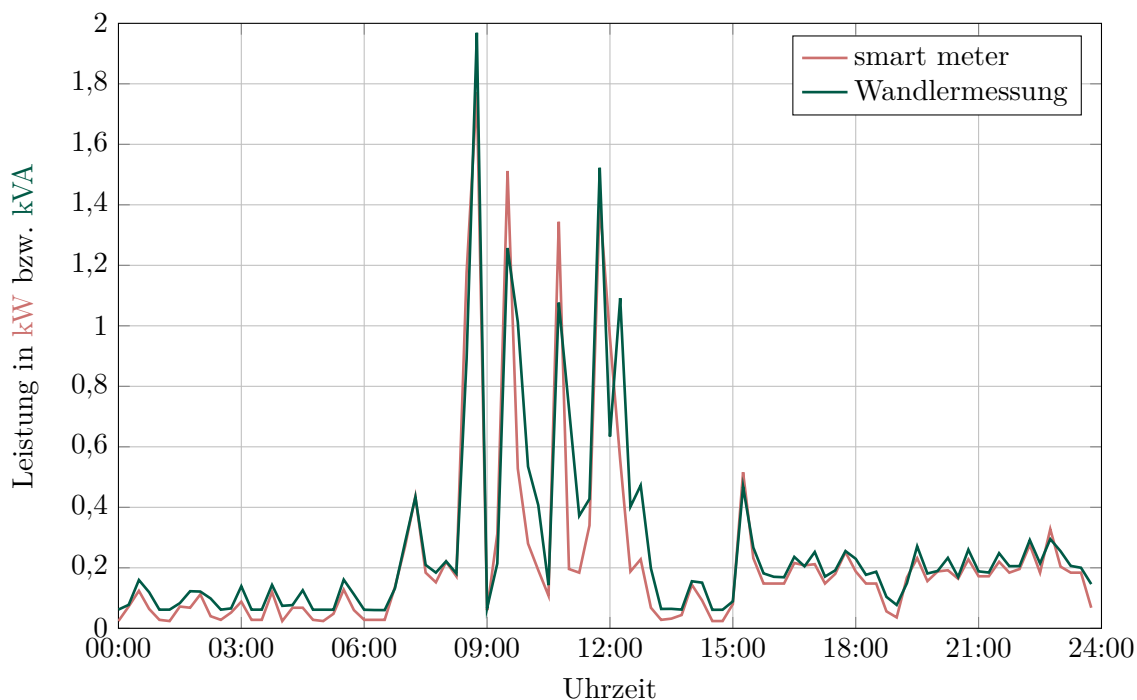


Abbildung 2.2.: Vergleich der Messungen mit Beachtung des Zeitversatzes

Dabei wird nochmals deutlich, dass die Wandlermessung aufgrund der Beachtung der Blindanteile über das Jahr hinweg konstant höhere Energiemengen aufnimmt. Als Maß für diesen Blindanteil wird der Leistungsfaktor $\cos\varphi$ gesehen, welcher durch das Verhältnis von Wirk- und Scheinleistung definiert ist. Laut TAB MITTELDEUTSCHLAND wird ein $\cos\varphi$ von 0,9 für Anlagen am Niederspannungsnetz gefordert. Im Folgenden wurde daher eine Plausibilitätsprüfung vorgenommen, wobei durch detaillierte Betrachtung des Leistungsfaktors Aussagen über die oben genannten Unterschiede zwischen elektronischen Zählern und der Wandlermessung getroffen werden können.

In Abbildung 2.3 ist der Leistungsfaktor in seiner Tageszeitabhängigkeit dargestellt. Dabei wird deutlich, dass der Leistungsfaktor zwischen den Schwachlastzeiten zu den Nachtstunden deutlich geringere Werte im Vergleich zu den Spitzenzeiten annimmt. Dies spiegelt den theoretisch erwarteten Verlauf wieder. So sind in den Spitzenlastzeiten im Haushaltsgebrauch zumeist Geräte in Anwendung, welche überwiegend einen Wirkleistungsbezug verursachen (z.B. Beleuchtung, Kochen). In den Schwachlastzeiten gewinnen Standby-Verbraucher, welche zumeist auf elektronischen Schaltungen basieren, einen deutlich höheren Anteil, sodass der Leistungsfaktor sinkt.

Auch über das Jahr hinweg ist in den Tagesmittelwerten ein saisonaler Verlauf zu erkennen. So steigt der Leistungsfaktor in den Wintermonaten signifikant an, da hier der Energiebedarf für Beleuchtung entsprechend zunimmt. Im Durchschnitt wurde in den beiden betrachteten Haushalten ein Leistungsfaktor von 0,88 und 0,92 bestimmt. Dies spiegelt

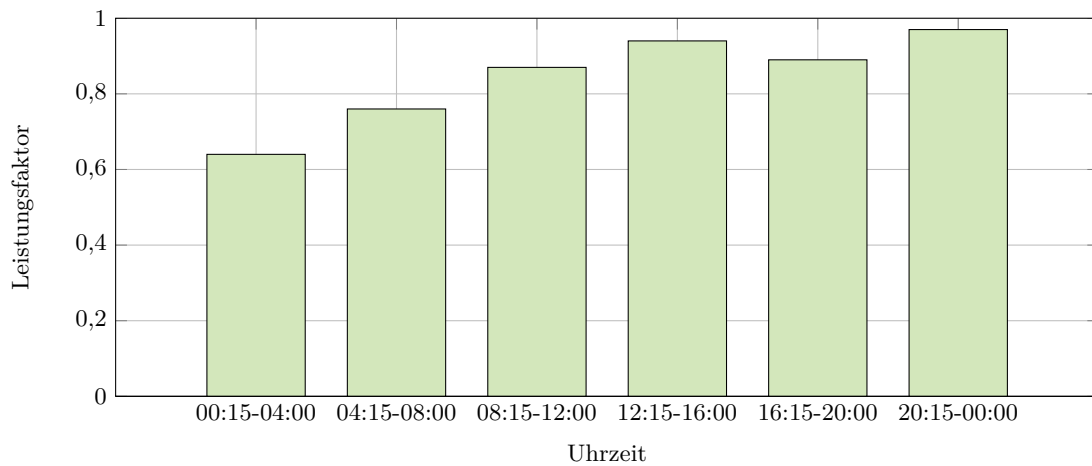


Abbildung 2.3.: Tageszeitabhängigkeit des Leistungsfaktors eines Beispielhaushaltes

die erwähnte Forderung laut TAB MITTELDEUTSCHLAND von 0,9 wider und bestätigt die Unterschiede zwischen elektronischen Zählern und Wandlermessung.

Zu nennen ist weiterhin, dass es durch Messtoleranzen der eingesetzten Wandler sowie der verschiedenen Messprinzipien zu Messabweichungen kommen kann, welche in dieser Auswertung nicht mit berücksichtigt wurden.

3. Auswertung des elektrischen Verbrauchs von Haushalten

3.1. Analyse eines Haushalts-Lastganges

Weiterhin wurde der elektrische Verbrauch von Haushalten (auch Haushalts-Lastgang bezeichnet) im Detail hinsichtlich des Elektroenergieverbrauchs untersucht, um ein mögliches Einsatzfeld von Mehrtarifsystemen zu analysieren. Hierzu wurden zunächst die mittels Wandlermessung betrachteten Haushalte näher analysiert. In Abbildung 3.1 ist ein typischer Lastgang eines Tages dargestellt. Aufgrund der hohen Auflösung der Wandler-

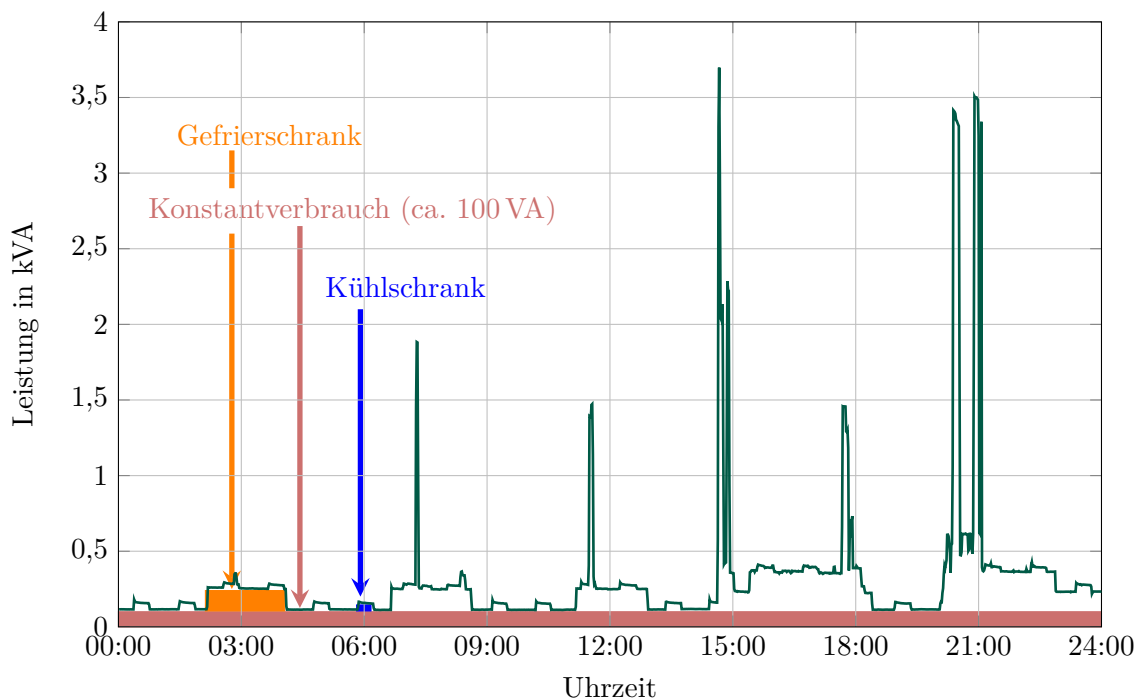


Abbildung 3.1.: Detaillierte Darstellung eines Beispielhaushaltes

messung können auch Aussagen zur Klassifikation des Lastganges getroffen werden. So sind einzelne Haushaltsgeräte, wie die wiederholend energiebeziehenden Kühlgeräte eines Haushalts, deutlich zu erkennen. Bei der Betrachtung dieser einzelnen Geräte können auch Abschätzungen über den Energieverbrauch dieser Geräte durchgeführt werden. In Tabelle

3.1 wurde für einen Beispielhaushalt eine Klassifikation des Energieverbrauchs durchgeführt. Zu beachten ist hierbei, dass es sich bei den Wandlermessungen um Messungen der

	Energieverbrauch	Anteil am Gesamtverbrauch
Gesamtverbrauch	ca. 2.800 kVAh	100 %
Konstantverbrauch	ca. 900 kVAh	32,1 %
Kühlschrank	ca. 120 kVAh	4,3 %
Gefrierschrank	ca. 550 kVAh	19,6 %
Sonstiges	ca. 1.230 kVAh	44,0 %

Tabelle 3.1.: Klassifikation des Energieverbrauchs

Scheinleistung handelt (siehe Abschnitt 2.1). Aus diesem Grund liegen die Energiemengen etwas über den abrechnungsrelevanten Energiemengen der elektronischen Zähler. Tabelle 3.1 gibt jedoch einen guten Überblick über die Verteilung der einzelnen Geräte. So ist deutlich zu erkennen, welchen starken Einfluss Kühlgeräte sowie der Konstantverbrauch auf den Gesamtverbrauch eines Haushaltes besitzen.

3.2. Bewertung von 32 Haushalten

Um eine Aussage zum realen Elektroenergieverbrauch von Haushalten sowie zu einem Einsatz eines Mehrtarifsystems treffen zu können, wurden die Daten der elektronischen Zähler der Fa. eins energie in sachsen GmbH & Co. KG für die gemessenen 32 Haushalte als Grundlage herangenommen. In Abbildung 3.2 ist ein Überblick über den Energieverbrauch pro Jahr dargestellt. Dabei wurden vier Haushalte aufgrund eines zu geringen Elektroenergieverbrauchs (durch Mieterwechsel, o.ä.) nicht mit berücksichtigt. Es zeigt sich, dass der geringste berücksichtigte Elektroenergieverbrauch bei ca. 575 kWh/a liegt. Der höchste Elektroenergieverbrauch liegt bei den untersuchten Haushalten bei 2.625 kWh/a. Der Durchschnittsenergieverbrauch unter den untersuchten Haushalten beträgt ca. 1.300 kWh/a. Aus Daten des Statistischen Landesamt Sachsens kann ermittelt werden, dass der durchschnittliche Elektroenergieverbrauch eines sächsischen Haushaltes bei ca. 1.900 kWh/a liegt. Hierbei werden jedoch auch ländliche Haushalte mit elektrischen Wärmeerzeugern berücksichtigt, sodass der höhere Wert im Vergleich zu den betrachteten Haushalten zu erklären ist.

Für eine Analyse des Einsatzes eines Mehrtarifsystems wurden drei Haushalte näher untersucht. Neben einem Haushalt mit durchschnittlichen Energieverbrauch (siehe Abb. 3.2 - Haushalt 26) wurden ein Haushalt mit sehr hohem Energieverbrauch (siehe Abb. 3.2 - Haushalt 22) und mit sehr niedrigem Energieverbrauch (siehe Abb. 3.2 - Haushalt 16) detaillierter betrachtet.

Im Hinblick auf ein Mehrtarifsystem sind aktuell nur Modelle mit zwei unterschiedlichen

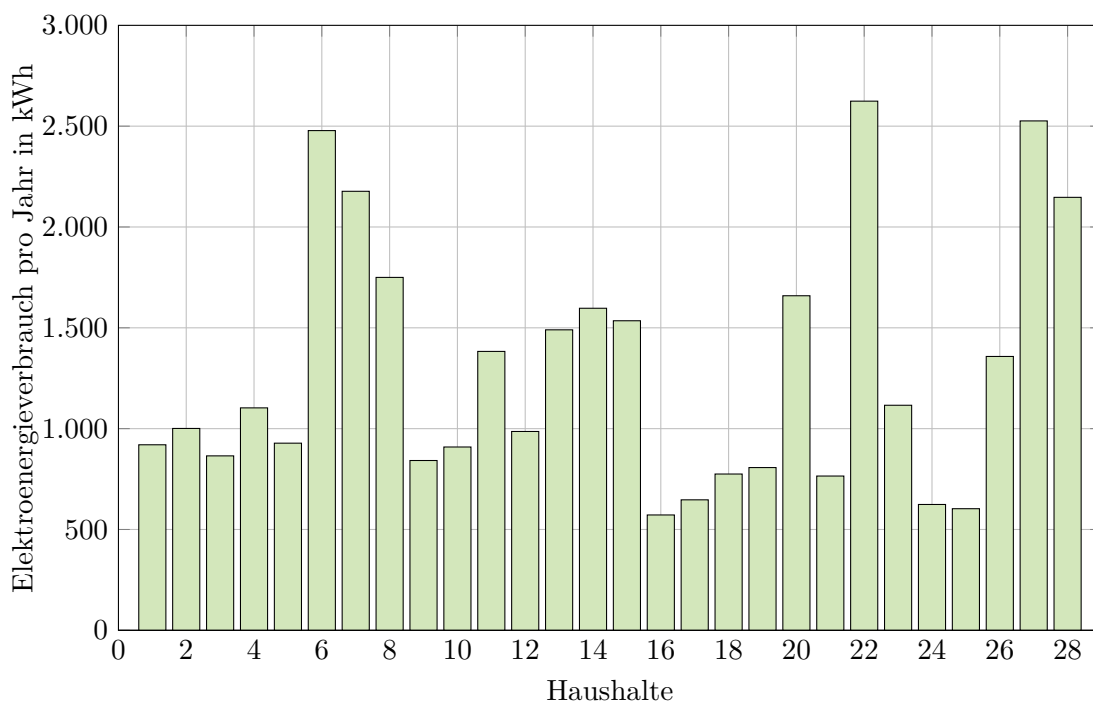


Abbildung 3.2.: Übersicht über den Elektroenergieverbrauch pro Jahr der untersuchten Haushalte

Tarifen am Markt erhältlich. Dabei wird ein Niedertarif zu Schwachlastzeiten und ein Hochtarif zu den Spitzenzeiten angeboten. Den Einsparungen durch dieses System stehen höhere Zählerkosten zumeist gegenüber. Bei den üblichen Modellen wird eine Schwachlastzeit zwischen 22.00 Uhr und 06.00 Uhr definiert. Bezogen auf die betrachteten Haushalte wird im Durchschnitt lediglich 23,5% des Elektroenergiebedarfs in dieser Schwachlastzeit benötigt. Nach aktuellen Verbrauchsverhalten werden somit über dreiviertel des Elektroenergiebedarfs in der Zeit von 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr bezogen. Im Allgemeinen haben Mehrtarifsysteme für den Energieversorger den Vorteil, dass der Energieverbrauch durch Preisanreize in die Schwachlastzeit verschoben wird. Praktisch ist dieses Lastverlagerungspotential jedoch nicht höher als 10% einzuordnen, da hier nur der Kühl- und Wärmebedarf sowie vereinzelte Haushaltsgeräte (z.B. Waschmaschine) zum Teil Potential ergeben. Jedoch auch mit diesem Verlagerungspotential würden weiterhin über zwei Drittel der Elektroenergie in der Zeit von 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr verbraucht werden. Dies gibt schon einen Überblick, dass ein Zwei-Tarif-System für den Kunden nur von Vorteil ist, wenn der Hochtarif kaum über dem Grundversorgungstarif liegt als der Niedertarif unter dem Grundversorgungstarif liegt. So lohnt sich bei einem doppelten Leistungspreis (aufgrund der Bereitstellung des Mehrtarifzählers, u.ä.), einem Hochtarif gleich dem Grundversorgungstarif und einem Niedertarif, welcher 2 Ct/kWh unter dem Grundversorgungstarif liegt, solch ein Modell erst ab einem Jahresenergieverbrauch von 7.000 kWh. An diesem

Beispiel wird deutlich gezeigt, dass ein solches Mehrtarifsystem für die betrachteten Haushalte unter den aktuellen Bedingungen nicht relevant ist.

Das gleiche Szenario wurde nochmals bei den drei ausgewählten Haushalten angewendet. Dabei wurde wiederum der Leistungspreis sowie der Hochtarif wie im obigen Beispiel definiert. Nun wurde für die verschiedenen Haushalte ein Niedertarif gesucht, mit welchem sich solch ein Mehrtarifsystem rechnet. Bei dem Haushalt mit dem höchsten Energieverbrauch von 2.625 kWh/a müsste der Niedrigtarif ca. 5,5 Ct/kWh unter dem Grundversorgungstarif liegen. Beim Durchschnittshaushalt (1.300 kWh/a) wäre eine Differenz von ca. 10,5 Ct/kWh notwendig. Noch deutlicher wird dies bei dem Haushalt mit dem geringen Energieverbrauch von 575 kWh/a. Hier müsste der Niedrigtarif ca. 24 Ct/kWh unter dem Grundversorgungstarif liegen. Die aktuellen Marktmodelle liegen in der Regel bei einer Differenz zwischen Niedrig- und Hochtarif von 2 Ct/kWh, wodurch der Einsatz eines Mehrtarifsystems für die betrachteten Haushalte als nicht praktikabel einzustufen ist. Auch wurde bei diesen Szenario ein Hochtarif gleich dem Grundversorgungstarif angenommen. Bei einem höheren Hochtarif würden die Zielgrößen noch deutlicher von der Realität abweichen. Es ist daher deutlich zu erkennen, dass unter dem aktuellen Rahmenbedingungen sowie den aktuellen technischen Möglichkeiten ein Mehrtarifsystem als nicht einsatzfähig zu bewerten ist.

4. Auswertung der solarthermischen Heizungsunterstützung

4.1. Berechnung der Wärmeerzeugung für das Mehrfamilienhaus

Bei der Analyse der Wärmeerzeugung für das Mehrfamilienhaus in der Mittelstraße 2–8 konnte zum einen auf die Gasverbrauchsdaten in m^3 von Energie in Sachsen GmbH & Co. KG und zum anderen auf die Globalstrahlungsdaten auf die ebene Fläche (Pyranometer auf dem Dach der Mittelstraße 4) der Technischen Universität Chemnitz zurückgegriffen werden.

Mit Hilfe der Gasverbrauchsdaten sowie dem Brennwert für das verwendete Erdgas von $11,2 \text{ kWh/m}^3$ (siehe Anhang) wurde die in Abbildung 4.1 dargestellte Kennlinie *Energie durch Gas* berechnet. Eine größere Herausforderung stellte die Berechnung der bereitge-

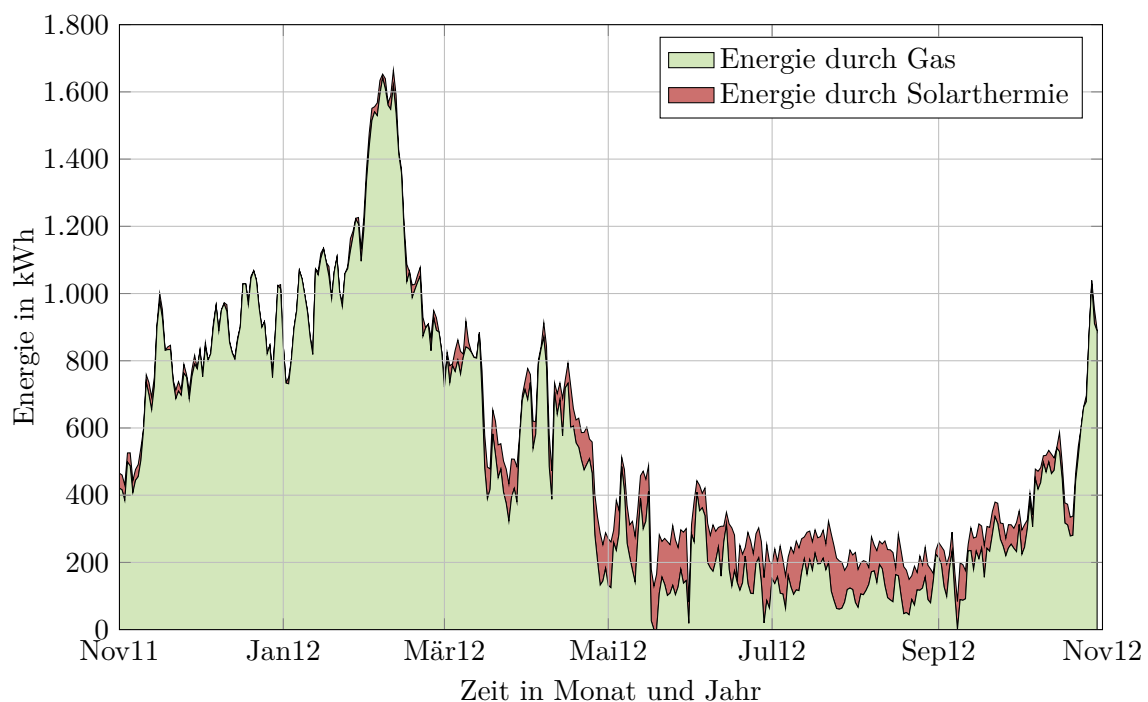


Abbildung 4.1.: Übersicht über die Wärmeerzeugung des Mehrfamilienhauses Mittelstraße 2–8

stellten Energie durch die Solarthermieanlage dar. Hierzu wurden zunächst die Global-

strahlungsdaten auf der ebenen Fläche auf die Standortbedingungen der Solarthermieanlage (Neigung 37° und Azimut von -15° - siehe Anhang) mit Hilfe der Modelle nach REINDL und PEREZ umgerechnet. Mit den technischen Daten der Solarthermieanlage (Größe von 43 m^3) sowie einem Faktor der Energieumsetzung von 0,6 (aus Studien ermittelt) sowie der Annahme eines Eigenverbrauchs der Solarthermieanlage von 10 kWh/d konnte die zur Verfügung gestellte Energie berechnet werden. Weiterhin wurde für die Berechnung angenommen, dass die installierten Pufferspeicher ein maximales Speichervermögen von 150 kWh pro Tag ermöglichen, welches in etwa einem 1,5-fachen Auf- und Entladen der Pufferspeicher entspricht. Mit Hilfe dieser Annahmen konnte die in Abbildung 4.1 dargestellte Kennlinie *Energie durch Solarthermie* ermittelt werden.

4.2. Berechnung des Wärmebedarfs im Mehrfamilienhaus

Die Analyse des Wärmebedarfs des betrachteten Mehrfamilienhauses in der Mittelstraße 2–8 basiert auf den Abrechnungsdaten von Techem Energy Services. Im Detail wurden hier zum einen die Daten der Heizkostenverteiler über die Heizwärme der Mieträume in kWh genutzt, welche in Abbildung 4.2 unter Heizwärme dargestellt ist. Zum anderen wur-

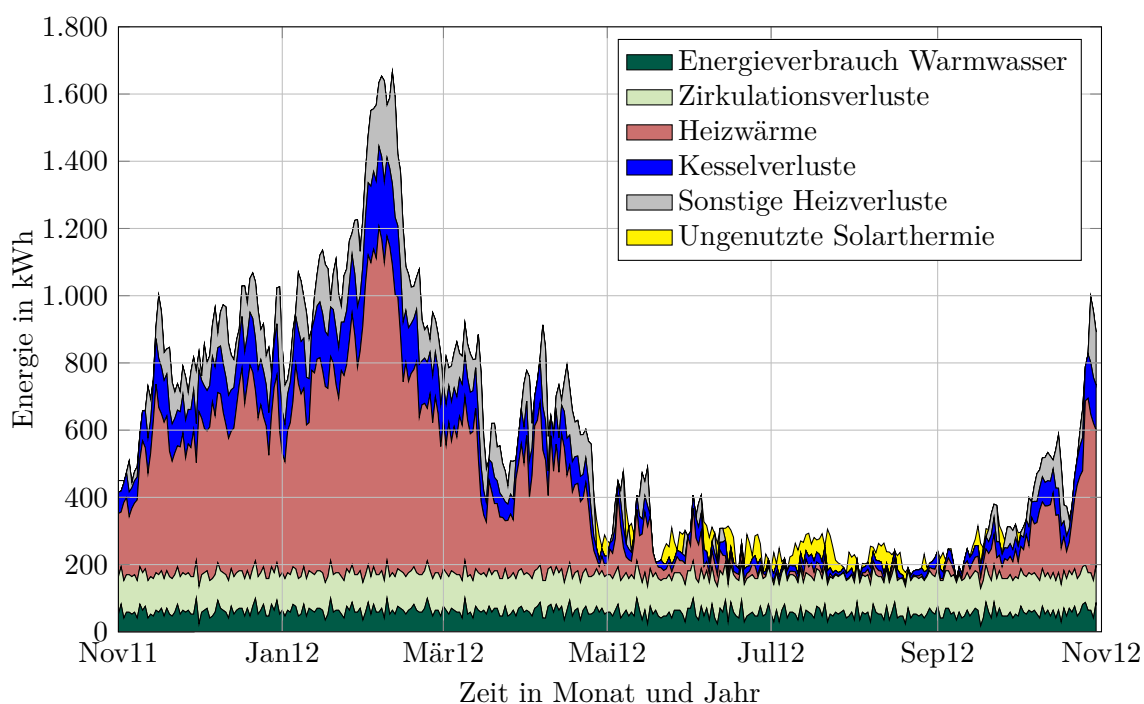


Abbildung 4.2.: Übersicht über den Wärmebedarf des Mehrfamilienhauses Mittelstraße 2–8

den die Daten der Menge des Warmwasserverbrauchs in m^3 verwendet. Diese wurde mit Hilfe der spezifischen Wärmekapazität ($c = 4,19\text{ kJ}/(\text{kg K})$) und einer angenommenen Tem-

peraturdifferenz von 50 K zum Energieverbrauch für Warmwasser umgerechnet (siehe Abb. 4.2). Die Annahmen sind zunächst als kritisch zu betrachten. Der Anteil der Energie für Warmwasserbereitstellung (inkl. Zirkulationsverluste) am Gesamtenergiebedarf liegt unter diesen Annahmen bei ca. 29 %. Mit Hilfe von Erfahrungswerten von Techem Energy Services GmbH zu ähnlichen Gebäudetypen und deren Sanierungsgrad kann diese Energieverteilung, und somit auch die getroffenen Annahmen, bestätigt werden.

Weiterhin wurde durch Stichprobenmessungen die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklaufemperatur mit ca. 4 K bestimmt. Hierdurch konnten die Zirkulationsverluste bestimmt werden, wobei diese aufgrund der geringen Schwankungen der Temperatur der Innenwände des Gebäudes als konstant über das Jahr angenommen wurden.

Bei der Bestimmung der Kesselverluste wurde aus dem Datenblatt des Kessels ein Wirkungsgrad von 85 % verwendet, wodurch die Kesselverluste mit ca. 15 % angenommen wurden.

Die Differenz zwischen der zuvor untersuchten Energieerzeugung sowie dem bislang errechneten Wärmebedarfs wurde zum einen durch sonstige Heizverluste sowie durch nicht genutzte solarthermisch erzeugte Energie bewertet.

4.3. Analyse der solarthermischen Heizungsunterstützung

Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben, konnten Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit der Messtechnik nur durch einige Annahmen berechnet werden. Unter den beschriebenen Annahmen wurde eine Energiebereitstellung durch die Solarthermieanlage von ca. 25.000 kWh/a berechnet, wobei davon 21.000 kWh/a genutzt werden können. Im Vergleich zum Gesamtenergiebedarf entspricht dies in etwa 10 %, welches den geplanten Ertrag bei der Anlagendimensionierung von 9,7 % erfüllt.

Es ist jedoch dabei zu beachten, dass die Berechnungen auf einem Zeitraum von November 2011 bis November 2012 basieren. Dieser Zeitraum wurde laut Deutschen Wetterdienst als leicht überdurchschnittlich gutes Jahr bei der Betrachtung der Sonnenstunden bewertet. Für eine fundierte Aussage über die Erfüllung des geplanten Ertrages ist daher eine Betrachtung über mehrere Jahresscheiben notwendig, um Witterungseinflüsse in der Berechnung zu reduzieren und die getroffenen Annahmen zu bestätigen.

Weiterhin wurden die beschriebenen Berechnungen mit leicht veränderten Annahmen durchgeführt, um den Einfluss von Zirkulationsverluste, Speichervermögen sowie Eigenverbrauch der Solarthermieanlage zu überprüfen. Bei der Variation der Parameter um jeweils $\pm 50\%$ wurde ermittelt, dass der Anteil der durch die Solarthermieanlage erzeugten Energie am Gesamtenergiebedarf zwischen 8,5 % und 11 % schwankt.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Hinblick auf den Vergleich der elektronischen Zähler zur Wandlermessung konnte gezeigt werden, dass eine Übereinstimmung der Messwerte gegeben ist. Die auftretenden Unterschiede sind erklärbar auf die unterschiedlichen Messprinzipien zurückzuführen.

Bei der Auswertung des Elektroenergieverbrauchs einzelner Haushalte wurde deutlich, dass ein verwertbares Modell eines Mehrtarifsystems unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht umsetzbar ist. Bei der detaillierten Betrachtung einzelner Haushalte wurde ersichtlich, welchen großen Einfluss der Konstantverbrauch sowie Kühlgeräte auf den Gesamtenergieverbrauch eines Haushaltes besitzen.

Die Analyse der solarthermischen Heizungsunterstützung ergab, dass diese die Planungswerte im Betrachtungszeit erfüllt. Hier sind jedoch zum einen weitere Messungen durchzuführen, um die getroffenen Annahmen zu bestätigen. Auch ist hier eine Betrachtung mehrerer Jahresscheiben anzustreben, um den Witterungseinfluss mit in die Analyse einzubeziehen.

Daher ist eine Fortführung des Messprojektes über das ursprünglich geplante Projektende im Januar 2014 anzustreben und die in der Vereinbarungserklärung erklärte mögliche Verlängerung von einem Jahr angedacht. Des Weiteren sind die Mieter über die erreichten Ergebnisse sowie die Verlängerung des Messprojektes in Kenntnis zu setzen. Zudem ist geplant, die erreichten Ergebnisse auf geeigneten Plattformen (Fachzeitschriften, o. ä.) einem breiten Publikum zu vorzustellen.

6. Ansprechpartner

6.1. eins energie in sachsen GmbH & Co. KG

eins energie in sachsen GmbH & Co. KG
Abteilung Messwesen
Dipl.-Ing. (FH) Michael Hunger
Tel.: 0371 525 4770
E-mail: michael.hunger@eins-energie.de

6.2. Techem Energy Services GmbH

Techem Energy Services GmbH
Regionalzentrum Südost
Systemberater Technik Energy Consultant
Andreas Schramm
Tel.: 0351 837774 124
E-mail: andreas.schramm@techem.de

6.3. Technischen Universität Chemnitz

Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Maschinenbau
Professur Technische Thermodynamik
Dipl.-Ing. Noah Pflugradt
Tel.: 0371 531 38745
E-mail: noah.pflugradt@mb.tu-chemnitz.de Technische Universität Chemnitz

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Professur für Energie- und Hochspannungstechnik
Dipl.-Ing. Jens Teuscher
Tel.: 0371 531 37752
E-mail: jens.teuscher@etit.tu-chemnitz.de

A. Anhang

- Dimensionierung der solarthermischen Heizungsunterstützung in der Mittelstraße
2–8
- Brennwert im Versorgungsgebiet der Netzgesellschaft Chemnitz GmbH