



Endbericht

Forschungsprojekt 2177 (MuSK)

Projekt	Entwicklung einer Mess- und Schaltkomponente zur Steigerung der Energieeffizienz in privaten Haushalten
Projektkronym	MuSK
Berichtverfasser	Ing. Klaus Winiwarter Christoph Moser DI Rudolf Passawa, MAS DI Markus Winkler
Dateiname	150319_Entwurf_Endbericht_2177_MuSK.docx
Datum	19. März 2015

Inhalt

1. Hintergrund/Ausgangslage.....	4
1.1. Bisherige Tätigkeiten/Vorarbeit durch die Krems Research GmbH	4
1.2. Projektübernahmedurch die Donau-Universität Krems.....	6
1.2.1. Anpassung der Projekthinhalte an aktuelle Entwicklungen.....	7
2. Projektbeschreibung/Zielsetzung NEU (DUK)/Mehrwert	9
3. Feldtest GEDESAG-Wohnhausanlage Krems/Gneixendorf III	10
3.1. Lageübersicht der fünf gewählten Wohneinheiten in der Wohnhausanlage Gneixendorf	10
3.2. Haustechnische Beschreibung (Ebene WHA)	11
3.2.1. Wärmeerzeugung/-versorgung.....	11
3.2.2. Stromerzeugung/-versorgung	12
3.3. Haustechnische Beschreibung (Ebene Wohneinheit)	12
3.3.1. Wärmeerzeugung/-versorgung.....	12
3.3.2. Stromversorgung.....	14
3.3.3. Be- und Entlüftung	15
3.4. Messkonzept	16
3.4.1. Strommessung in den fünf Testwohneinheiten.....	18
3.4.2. Strommessung von Allgemeinbereichen der Wohnhausanlage	22
3.4.3. Wärmemengenmessung in den fünf Testwohneinheiten	22
3.4.4. Wärmemengenmessung von Allgemeinbereichen der Wohnhausanlage	23
4. Aktueller Projektstand.....	24
5. Ausblick.....	25
5.1. Stromverbräuche/-erträge	25
5.2. Wärmemengenverbräuche/-erträge.....	26
6. Gebäudemonitoring – Evaluierung der Verbrauchsdaten	27
7. Aufgabenstellung Monitoring	27
8. Unterlagen und Daten	28
9. Methodik der Auswertung	29
10. Auswertung und Interpretation der Messdaten	30
10.1. Jahresstrombilanz der untersuchten Wohneinheiten	30
10.2. Haushaltsstrom im Vergleich des Wohnverhaltens	32
10.2.1. TOP RH 1-1	34
10.2.2. TOP RH 2-7	36
10.2.3. TOP RH 3-8	37
10.2.4. TOP 4-10.....	39

10.2.5.	TOP 4-25	40
10.3.	Allgemeinstrom	41
10.3.1.	Stromverbrauch Allgemeinbereiche und Ertrag aus PV-Anlage	43
10.3.2.	Allgemeinstromverbrauch und Ertrag aus Photovoltaik	45
10.4.	Wärmeverbrauch Heizung und Warmwasserbereitung	49
10.4.1.	Energiebilanzierung „Typ_A_gestaffelt“, Bauteil A, Top RH1-1	53
10.4.2.	Energiebilanzierung "Typ_B1, Bauteil B1.2, Top RH3-8	56
10.4.3.	Energiebilanzierung "Typ_B_gestaffelt", Bauteil B, Top RH2-7	59
10.4.4.	Energiebilanzierung "Typ_C++", Bauteil C, Top 4-10 und 4-25	61
10.4.5.	Zusammenfassung Energiebilanz	64
10.5.	Jahreswärmebilanz nach Bauteilen (B, B1.1, B1.2, C)	66
10.5.1.	Wärmebilanz am Bauteil B	67
10.5.2.	Wärmebilanz am Bauteil B1.1	68
10.5.3.	Wärmebilanz Bauteil B1.2	68
10.5.4.	Wärmebilanz am Bauteil C	69
10.6.	Nutzerzufriedenheit	70
10.6.1.	Bauteil A, Top RH1-1	71
10.6.2.	Bauteil B1.2, Top RH3-8	74
10.6.3.	Bauteil C, Top 4-10	77
11.	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	80
11.1.	Stromverbrauch	80
11.1.1.	Haushaltsstrom der untersuchten Wohneinheiten	80
11.1.2.	Allgemeinstrom der Wohnhausanlage	81
11.2.	Wärmeverbrauch	82
11.2.1.	Wärmeverbrauch der Baukörper und der untersuchten Wohneinheiten	82
11.2.2.	Wärmeertrag der Solaranlage und Wärmebezug aus Fernwärme	83
11.3.	Nutzerzufriedenheit	84
12.	Ausblick und Mehrwert eines Monitoringkonzeptes	85
13.	Abbildungsverzeichnis	91
14.	Tabellenverzeichnis	91
15.	Diagrammverzeichnis	92
16.	Anlage – Mieterfragebogen	94

1. Hintergrund/Ausgangslage

Ziel des Projektes ist die Verbesserung der Energieeffizienz von privaten Haushalten. Durch das Aufzeigen von Verbrauchsdaten von einzelnen Geräten und Stromkreisen soll der Endverbraucher einerseits sensibilisiert und andererseits aktiv in den Prozess der Energieoptimierung eingebunden werden können.

Das Forschungsprojekt wurde seitens der KREMS RESEARCH GmbH im März 2009 bei der NÖ Wohnbauforschung zur Einreichung gebracht und im Mai 2009 begonnen.

Ursprünglich sollten vorrangig die dazu nötigen Hardwarekomponenten (intelligente Mess- und Schaltkomponente) konzipiert und entwickelt werden (MUSK 1.0). Die Marktsondierungen der KREMS RESEARCH GmbH führten im Zuge des Projektfortschrittes jedoch zu einer Projektadaptierung in Richtung Softwareentwicklung zur Energieverbrauchsdatenverarbeitung (MUSK 2.0).

Nachdem die KREMS RESEARCH GmbH das Insolvenzverfahren angemeldet hat, wurde das Projekt MUSK, nach einem Jahr Laufzeit, von der Donau-Universität Krems, Department für Bauen und Umwelt, übernommen.

Weitere Marktsondierungen seitens der Donau-Universität Krems führten zu dem Ergebnis, dass der Bedarf an der Entwicklung derartiger Softwaremodule negativ eingeschätzt werden musste, da derartige Implementierungen bereits Einzug im Markt gehalten hatten.

Seitens der Donau-Universität Krems wurde daher, nach Rücksprache mit dem Fördergeber, das Projektziel hin zur Erarbeitung eines Energiemonitoring-Systems, adaptiert. Das ursprüngliche übergeordnete Ziel der Verbesserung der Energieeffizienz von privaten Haushalten wurde dabei aber beibehalten.

1.1. Bisherige Tätigkeiten/Vorarbeit durch die KREMS RESEARCH GmbH

Die Vorarbeiten der KREMS RESEARCH GmbH bestanden im Projektteil MUSK 1.0 in Sondierungen geeignet zu erscheinender Lösungsansätze für Mess- und Schaltkomponenten in 230 V spannungsführende Steckdosensysteme zu integrieren. Die Komponenten sollten dabei so konzipiert werden, dass der Einbau in bestehende Systeme auch ohne großen Installationsaufwand sehr einfach zu bewerkstelligen ist. Es wurden sowohl Komponenten für den Einbau in Unterputzdosen, als auch direkt in die Elektrogeräte angedacht. Die dabei entwickelten Komponenten zur Energieverbrauchsmessung sollten in einer Mustersiedlung der Gemeinnützigen Donau-Ennstaler Siedlungs-Aktiengesellschaft - GEDESAG¹ (Gneixendorf Bauabschnitt III) erstmals zum Einsatz kommen.

Zur Zeit der Antragstellung und ersten Projektbearbeitungsperiode war, zur Erfüllung dieser Anforderungen, noch kein adäquates Produkt auf dem Markt. Im Zuge des Projektfortschrittes wurden diese Komponenten jedoch von Fremdfirmen auf dem Markt gebracht (vgl. z.B. Moeller, digitalSTROM), womit hinsichtlich der Entwicklung derartiger Hardwarekomponenten kein weiterer Bedarf mehr bestand.

Aus diesem Grund wurde das Projekt inhaltlich in Richtung der Entwicklung einer Softwareapplikation zur Energieverbrauchsdatenverarbeitung und Visualisierung in MUSK 2.0 adaptiert. Die Visualisierung der gewonnenen Messdaten sollte dabei mit Hilfe von

¹ Nachfolgend im Bericht nur mehr unter GEDESAG geführt.

Webtechnologien erfolgen. Das übergeordnete Projektziel zur Nutzersensibilisierung blieb dabei ident.

Im Zuge dieser Neuausrichtung wurden die Firmen Moeller und digitalSTROM als Entwickler der Hardwarekomponenten in das Projekt miteingebunden.

Der große Nachteil der Komponenten von digitalSTROM bestand zu dem damaligen Zeitpunkt darin, dass die Messsensoren mit max. 250 W über einen zu geringen Leistungsbereich verfügten, weshalb für erste Testaufbauten auf das System der Firma Moeller zurückgegriffen wurde.



Abbildung 1: Moeller Messkomponente CEMU 01/02

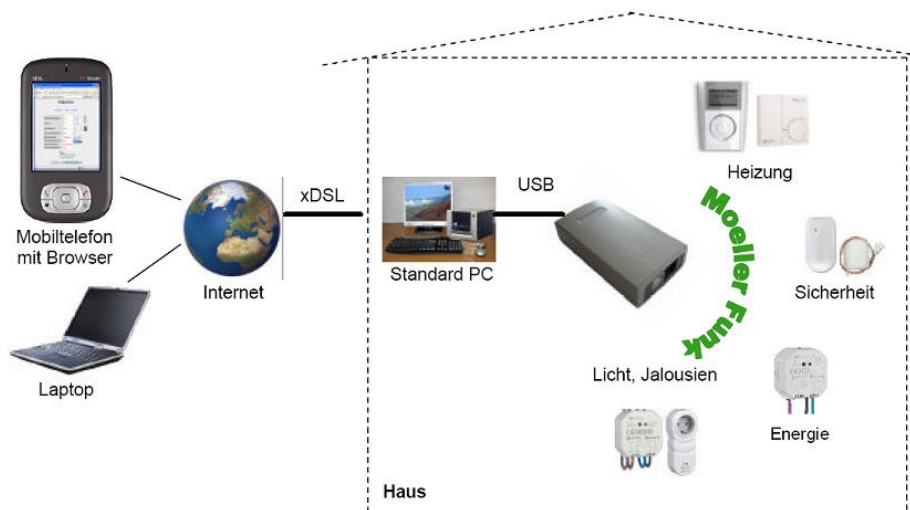


Abbildung 2: Systemskizze Moeller Funksystem

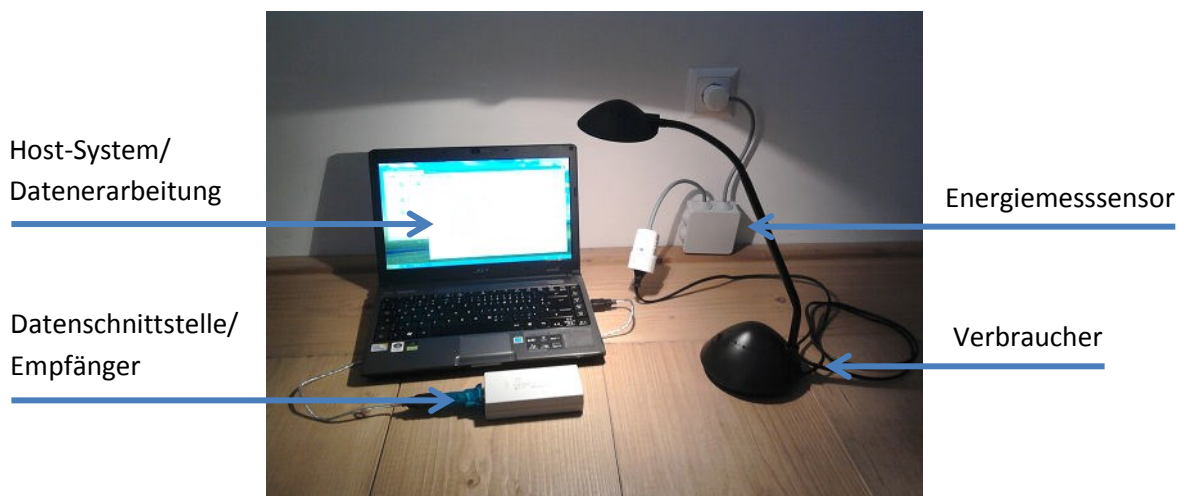


Abbildung 3: Testaufbau des zu implementierenden Messsystems von Krems Research mit dem Moeller Energiesensoren (EMS) CEMU-01-02

Im 2. Quartal 2010 stellte die KREMS Research GmbH Ansuchen um ordnungsgemäße Liquidation womit auch der Abschluss des Projektes massiv gefährdet war.

1.2. Projektübernahme durch die Donau-Universität Krems

Im Zuge des Forum Building Science 2010 sowie des Impulstages 2010 erfolgten erste Gespräche zwischen dem Land NÖ und der Donau-Universität Krems zu einer möglichen Übernahme des Projektes. Ebenso bestand seitens der GEDESAG weiterhin großes Interesse an der Test-Implementierung der intelligenten Mess- und Schaltkomponenten in der geplanten Wohnhausanlage.

Im Juni 2010 wurde das Projekt seitens der NÖ Landesakademie offiziell an die Donau-Universität Krems übergeben, wobei folgende Leistungen abgedeckt werden sollten:

- Marktsondierung über vorhandene Systeme der Mess- und Schalttechnik sowie Generierung von Nutzerinformationen
- Vorbereitung der Implementierung derartiger Messkomponenten im Wohnbauvorhaben der GEDESAG in der WHA GneixendorfBAIII
- Begleitung der Implementierung und nachfolgende Inbetriebnahme
- Ausführung der Messungen. Auswertung und Analyse der Messergebnisse sowie Abwicklung von Verbesserungen und Problemlösungen im Bedarfsfall
- Verfassung eines Schlussberichtes

Im Zuge der Marktsondierungen wurde das Projekt abermals in Richtung Kurzzeit-Energiemonitoring-System adaptiert, unter anderem auch, weil mit der Übernahme des Forschungspartners Moeller durch die amerikanische Eaton-Gruppe dessen Interesse an einer derartigen Produktentwicklung verloren ging.

Es erfolgte eine Auswahl von Messkomponenten hinsichtlich solcher Kurzzeitmessungen, wodurch die Bewohner einerseits eine Sensibilisierung hinsichtlich der Energieverbräuche in Ihrem Haushalt erfahren sollten und andererseits die Auswertungen als Grundlage für entsprechende Stromtarifmodelle (smart grid) herangezogen werden sollten.

Die Sensibilisierung der Bewohner sollte vorrangig durch die NÖ Energieberater erfolgen, welche mit Hilfe unterschiedlicher temporärer Messsensoren die Verbräuche direkt vor Ort anhand eines Tablet-Computers visualisieren und anschließend dem Bewohner eine detaillierte Verbrauchsdatenauswertung in Form eines Excel Tools zukommen lassen sollten.

Folgende Messsensoren sollten dabei eingesetzt werden:

- Zur Messung von Raumwärme und Warmwasser: Wärmemengenzähler mit Ultraschalltechnologie – Dynasonics² DXN welche direkt mit dem Mieter Server kommuniziert.
- Zur Messung des Haushaltsstrombedarfes (Kühl- und Gefrierschrank, HiFi, TV, Waschmaschine, Geschirrspüler, Computer, etc.): Elektrische Verbrauchsmessung durch

² Handelsmarke der Firma Racine Federated Inc., USA

devoloGreenPlug³, Steckdosenmessgeräte kommunizieren über einen Smart Meter mit dem Mieter Server.

- Zur Messung von Raumluft- und Außentemperaturen sowie relativen Luftfeuchtigkeiten und CO₂-Konzentration im Raum: Datenlogger (Raumluft: EXTECH⁴ SD800, Außenluft: Voltcraft⁵ DL-120TH) welche über SD-Karten bzw. USB-Schnittstellen die Daten an das Tablet bzw. an das Tabellenkalkulationsprogramm Excel liefern.

Nachfolgend wird die damals geplante Visualisierung der Verbrauchsdatenerhebung schematisch skizziert:

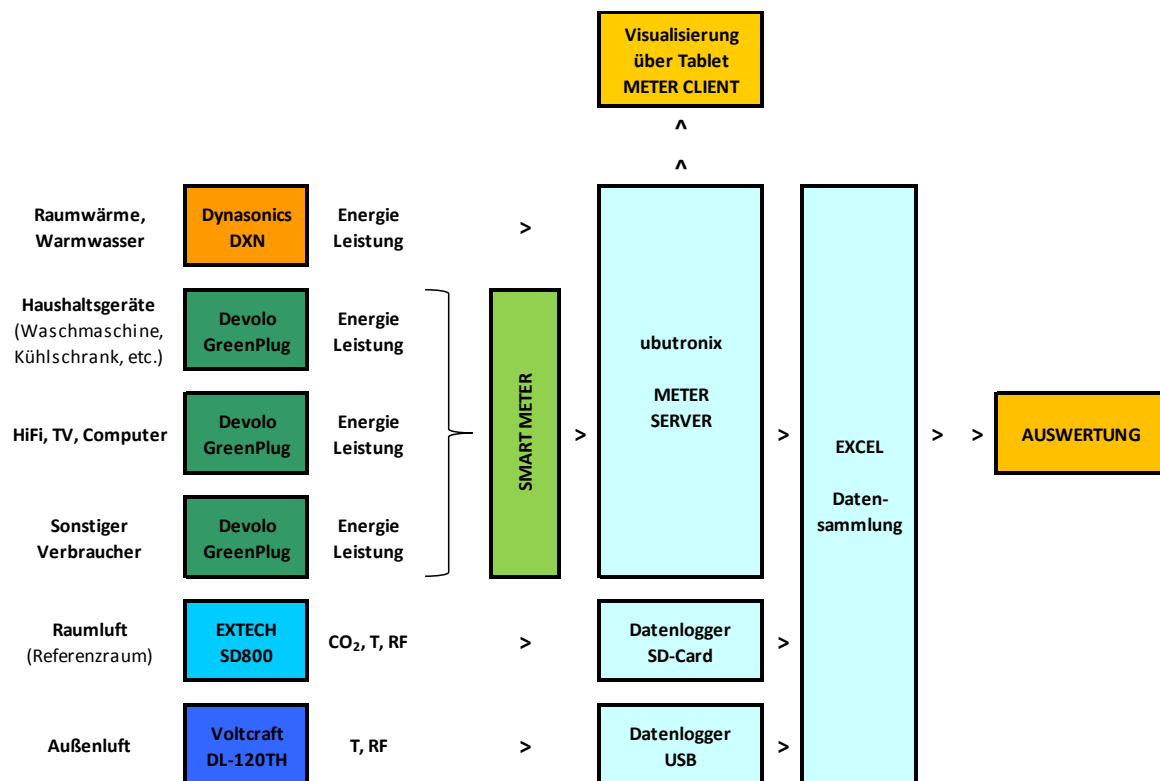


Abbildung 4: Systemschema Kurzzeit-Energiemonitoring

Schlussendlich scheiterte dieser Zugang nach mehreren Testläufen vorrangig durch den vollständigen Datenverlust bei etwaigen Stromausfällen. Zudem war die Programmierung kompliziert und die Visualisierung nicht anwenderfreundlich. Softwaremäßig funktionierte die Anbindung an diverse Tablet-Computer nur bedingt. Auch die Datenübertragung war teilweise unvollständig.

1.2.1. Anpassung der Projektinhalte an aktuelle Entwicklungen

Durch weitere Marktrecherchen konnte ein Strommesssystem gefunden werden welches modular aufgebaut ist und direkt mit dem Internet verbunden ist. Das System ermöglicht eine umfassende und vor allem sichere Übertragung sämtlicher Energieverbrauchsdaten und kann direkt in den Elektro-Zählerkasten eingebaut werden. Damit kann ein einfacher, über längere Zeiträume

³devolo AG, Deutschland

⁴ Handelsmarke der Firma FLIR Commercial Systems, USA

⁵ Handelsmarke der Firma Conrad Electronic SE, Deutschland

installierter, Messaufbau in den Wohnungen sichergestellt werden ohne die Bewohner durch temporäre Messgeräte zu beeinträchtigen.

Die Daten können direkt über das Internet im Büro des Departments für Bauen und Umwelt empfangen und sofort analysiert, ausgewertet und für die Nutzer entsprechend visuell aufbereitet werden. Nach mehreren internen Testläufen wurde das System als äußerst stabil und zuverlässig bewertet. Ein weiterer Vorteil ist der mögliche Ausbau der Messkomponenten binnen zehn Minuten, wodurch die Nutzer äußerst kurz gestört und eine längere Anwesenheitszeit vor Ort vermieden wird. Ein Einsatz der Komponenten in anderen Objekten ist dadurch jederzeit gewährleistet.

In Absprache mit der GEDESAG und dem Land NÖ wurde ein derartiges Langzeit-Monitoring-System als wesentlich sinnvoller und der Projektfragestellung entsprechend zielführender betrachtet als ein temporäres Monitoring, weshalb das Projektziel entsprechend adaptiert wurde.

2. Projektbeschreibung/Zielsetzung NEU (DUK)/Mehrwert

Aufbauend auf dem bisherigen Erfahrungsstand und in Absprache mit der GEDESAG wurde ergänzend zu den innerhalb von Wohneinheiten geplanten Strommessungen das Langzeit-Monitoring-Konzept erweitert, um eine umfassende Sensibilisierung der Nutzer von Wohnungen und Reihenhäusern in Bezug auf Energieverbräuche zu ermöglichen. Dies bedingt die Messung von verbrauchten sowie gewonnenen Wärmemengen auf der Ebene der Wohnungseinheit bzw. auf der Ebene der Wohnhausanlage. Da neben der geplanten thermischen Solar- auch eine Photovoltaikanlage in der WHA Gneixendorf installiert wurde, sind auch die Erträge bzw. Verbräuche dieser in das Messkonzept aufgenommen worden.

Diese Erweiterung ermöglicht es, die berechneten Bedarfszahlen lt. Energieausweis – beim Heizwärmebedarf (HWB) beginnend bis zum Endenergiebedarf (EEB) – den tatsächlichen Verbräuchen gegenüberzustellen.

Primär liegt der Fokus auf der Messung von Energiemengen auf der Ebene der Wohneinheit mit folgenden grundsätzlichen Zielen:

- Senkung des wohnungsinternen Stromverbrauchs durch Aufzeigen von Verbrauchsdaten von einzelnen Geräten bzw. Stromkreisen
- Sensibilisierung für energieeffiziente(re) Geräte
- Senkung des wohnungsinternen Wärmeenergieverbrauchs durch Aufzeigen von getrennt erfassten Heizwärme- und Warmwasserwärmeverbräuchen
- Regulierung des Luftvolumenstroms der kontrollierten Wohnraumlüftungsanlage durch bedarfsgerechte manuelle Anpassung
- Aufklärung von eventuellen Anlagenfehlern aufgrund von Plausibilitätsprüfungen der Messdaten nach Übergabe und während des Betriebs der Wohneinheit
- Plausibilitätsprüfung der Verbrauchsdaten und Ermittlung der Potentiale zur Erhöhung der Energieeffizienz durch wöchentlich ausgefüllte Mieterfragebögen

Sekundär werden auf der Ebene der Wohnhausanlage neben den Energieverbräuchen (Strom/Wärme) auch die Gewinne der thermischen Solar- sowie Photovoltaikanlage erfasst, da für diese Anlagenteile bereits in der Haustechnikplanungsphase entsprechende Zähler vorgesehen wurden. Die dabei gesetzten Ziele können wie folgt zusammengefasst werden:

- Ermittlung der mit den Wohneinheiten indirekt zusammenhängenden Heiztechnikenergieverbräuchen (HTEV), verursacht u.a. durch Umwälzpumpen etc.
- Erhebung und Gegenüberstellung der Erträge der aus vier unterschiedlich großen Teilen bestehenden thermischen Solaranlage am Standort
- Ermittlung der Energieerträge der Photovoltaikanlage am Standort
- Stromabnahme durch Nutzung der für alle Bewohner zugänglichen und von der Photovoltaikanlage versorgten Elektro-Tankstelle
- Aufklärung von eventuellen Anlagenfehlern aufgrund von Plausibilitätsprüfungen der Messdaten nach Übergabe und während des Betriebs der Wohnhausanlage
- Evaluierung der Stromverbräuche in den Allgemeinbereichen (Beleuchtung, Aufzugsanlage...)

3. Feldtest GEDESAG-Wohnhausanlage Krems/Gneixendorf III

Für den Feldtest wurde mit der Gemeinnützigen Donau-Ennstaler Siedlungs-Aktiengesellschaft (in weiterer Folge GEDESAG) Kontakt aufgenommen, die sich bereits vor Übernahme des Projekts durch die Donau-Universität Krems bereit erklärt hat, an diesem mitzuarbeiten.

In mehreren gemeinsamen Abstimmungsgesprächen und Vor-Ort-Besprechungen wurden Messpunkte und Rahmenbedingungen definiert, die es nach Übergabe der Wohnanlage(WHA) am 25. September 2013 ermöglichten, primär die erforderlichen Verbrauchsdaten (Wärme, Strom) der einzelnen Wohneinheiten zu erfassen. Daneben wurden weitere Subzählerpunkte festgelegt, die Teile der Allgemestromverbräuche sowie solare Gewinne innerhalb der WHA aufzeichnen.

3.1.Lageübersicht der fünf gewählten Wohneinheiten in der Wohnhausanlage Gneixendorf

Der Bauabschnitt III der Wohnbebauung GEDESAG Gneixendorf umfasst 25 Reihenhäuser sowie 25 Wohnungen. Nachfolgende Abbildung stellt die im Zuge der Zielsetzung NEU festgelegten und zu monitorenden fünf Wohneinheiten lagemäßig dar.

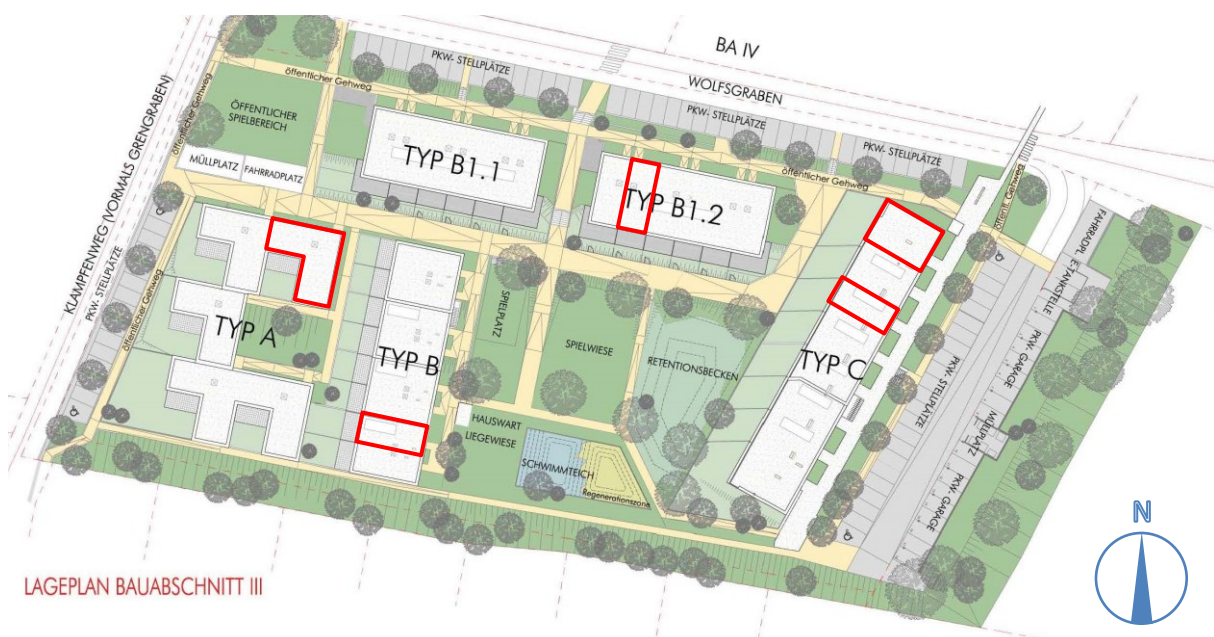


Abbildung 5: Lageplan Wohnhausanlage Gneixendorf III mit Lage der 5 gewählten Wohneinheiten

Die Auswahl der fünf Wohneinheiten wurde durch die GEDESAG vorgenommen, mit der Zielsetzung, möglichst unterschiedliche Wohneinheiten zu erfassen, wobei Unterschiede in der Lage in den Objekten, die daraus resultierende Orientierung sowie in deren Belegungsdichte im Interesse standen. Dies ermöglicht die Erfassung einer gegebenenfalls hohen Bandbreite an verbrauchter Nutzenergie pro definierte Zeiteinheit.

Die nachfolgende Tabelle stellt die ausgewählten und dem Monitoring unterzogenen Wohneinheiten mitsamt seinen wesentlichen Unterscheidungsmerkmalen dar.

Tabelle 1: Übersicht der fünf ausgewählten Wohneinheiten

Wohneinheit	Wohnnutzfläche ⁶ in m ²	Nutzerstruktur ⁷	Anmerkungen
BT A: Reihenhaus RH 1/1: EG	98,39	2 Erwachsene	Bungalow, L-förmiger Grundriss, freistehend
BT B: Reihenhaus RH 2/7: EG+OG	94,33	leerstehend	Ost-West-Orientierung, Rechteckgrundriss
BT B 1.2: Reihenhaus RH 3/8: EG+OG	99,89	3 Erwachsene	Nord-Süd-Orientierung, Rechteckgrundriss
BT C: Wohnung 4/10: EG	56,31	1 Erwachsener	Ost-West-Orientierung, Rechteckgrundriss
BT C: Wohnung 4/25: 2.OG	76,36	1 Erwachsener	Ost-West-Orientierung, Rechteckgrundriss

3.2. Haustechnische Beschreibung (Ebene WHA)

3.2.1. Wärmeerzeugung/-versorgung

Die Wohneinheiten werden mittels Blockheizkraftwerk der EVN zentral mit Wärme versorgt, welches am Standort situiert ist. Es handelt sich dabei um biogene Nahwärme aus Hackschnitzel. Die Wärmeerzeugung wird durch eine thermische Solaranlage (Flachkollektoren), aufgeständert und verteilt auf den Flachdächern der Wohnhausanlage, zentral unterstützt. Eine Ausnahme bilden die fünf Reihenhäuser von Bauteil A, die nicht mit Kollektoren ausgestattet sind und durch den Speicher von Bauteil B 1.1 mitversorgt werden. Daneben wurden vier Pufferspeicher für die solaren Überschüsse in das Anlagenkonzept integriert, welche auch direkt vom Nahwärmenetz der EVN gespeist sind. Übergabestationen sind nicht vorhanden. Tabelle 2: Wesentliche Komponenten der thermischen Solaranlage fasst die wesentlichen Komponenten wie Kollektorfläche und Pufferspeichergröße der thermischen Solaranlage zusammen.

Tabelle 2: Wesentliche Komponenten der thermischen Solaranlage⁸

Anlagenbezeichnung	Kollektorfläche in m ²	Pufferspeicher in Liter	Anmerkungen
BTB 1.1	45	5.000	Mitversorgung von BT A
BTB 1.2	25	3.000	
BT B	32	5.000	
BT C	75	5.000	
Summe	177	18.000	

Abbildung 6 zeigt den Solar-Pufferspeicher in Bauteil B 1.2 mit Solarregelstation samt Wärmemengenzähler zur Ermittlung der solaren Energieerträge.

⁶Stand: 09.05.2012 (Planungsstand lt. Aufstellung Verkaufsbroschüre GEDESAG)

⁷der regelmäßig anwesenden Bewohner, Stand: November 2013, eigene Erhebung

⁸Angaben lt. Aktenvermerk GEDESAG vom 05.06.2013



Abbildung 6: Solar-Pufferspeicher in Bauteil B 1.2

3.2.2. Stromerzeugung/-versorgung

Grundsätzlich wird die gesamte Wohnhausanlage mit Strom aus dem Netz der EVN versorgt. Auf dem Garagenbaukörper an der östlichen Grundstücksgrenze ist eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 3,84 kW_{peak} installiert, die den erzeugten Strom für die Elektrotankstelle sowie für die Allgemeinbereiche bereitstellt. Überschüssiger, nicht abgenommener Strom wird in das Netz der EVN eingespeist.

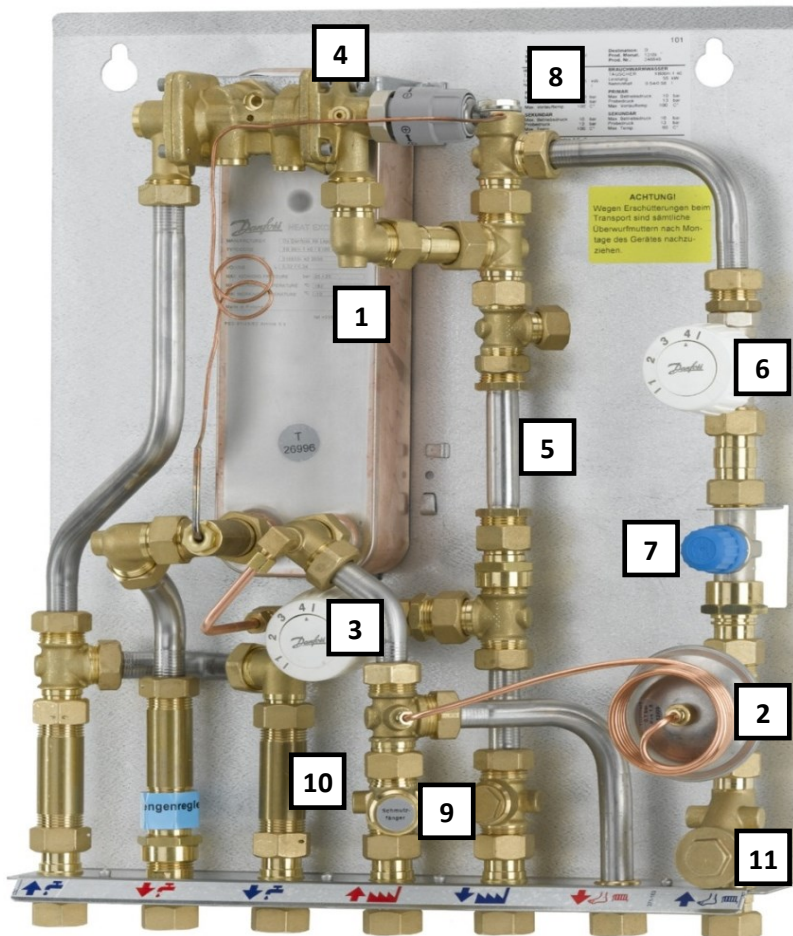
3.3. Haustechnische Beschreibung (Ebene Wohneinheit)

3.3.1. Wärmeerzeugung/-versorgung

In den Wohneinheiten wird die bereitgestellte Wärme aus dem Blockheizkraftwerk (Primärkreis, Abbildung 8) grundsätzlich über eine Wohnungsstation vom Typ Danfoss Complete WR 45 LH (Abbildung 7) einerseits dem wohnungsinternen Heizungskreislauf (Sekundärkreis) und andererseits über einen Wärmetauscher dem Brauchwasser übertragen. Pufferspeicher jeglicher Art sind in den Wohneinheiten nicht vorgesehen. Die fünf Reihenhäuser bilden diesbezüglich eine Ausnahme, indem in den jeweiligen Kellergeschoßen 300-Liter Pufferspeicher vorhanden sind.

Die Heizwärmeabgabe erfolgt über Radiatoren, die mit Thermostatventilen ausgestattet sind, wodurch eine Absenkung bzw. Anhebung der jeweiligen Raumtemperatur individuell vorgenommen werden kann. Grundsätzlich wird die Soll-Raumlufttemperatur zentral über ein programmierbares Digital-Uhrenthermostat vom Typ theben RAMSES 812top2 bzw. 832 top2 (ohne bzw. mit beleuchtetem Display).

Die Wärmemengen je Wohneinheit – Heizwärme- und Warmwasserwärmeverbrauch – werden gemeinsam von einem geeichten Wärmemengenzähler vom Typ Landis&Gyr T550Ultraheat, basierend auf dem Ultraschallprinzip, gemessen. Im Zuge dieses Forschungsprojekts wurden in Abstimmung mit der GEDESAG zwei weitere Wärmemengenzähler in die Wohnstationen verbaut, um die beiden Verbräuche getrennt erfassen zu können (Abbildung 9). Die Reihenhäuser in Bauteil A enthielten planmäßig zwei Wärmemengenzähler für die Einzelverzählerung von Heizwärme- und Warmwasserwärmemengen.



Komponente

1. Plattenwärmetauscher WW
2. Differenzdruckregler
3. Thermostat für Bypass/Zirkulation
4. PM2+P Regler (Akva Vita II TDP-F)
5. Passtück für WMZ
6. Rücklauftemperaturbegrenzer
7. Zonenventil
8. Entlüftung
9. Schmutzfänger mit Stopfen
10. Passtück für KWZ
11. Schmutzfänger

Abbildung 7: Wohnungsstation vor Adaptierung an das Forschungsprojekt, Quelle: Hausverwaltung GEDESAG

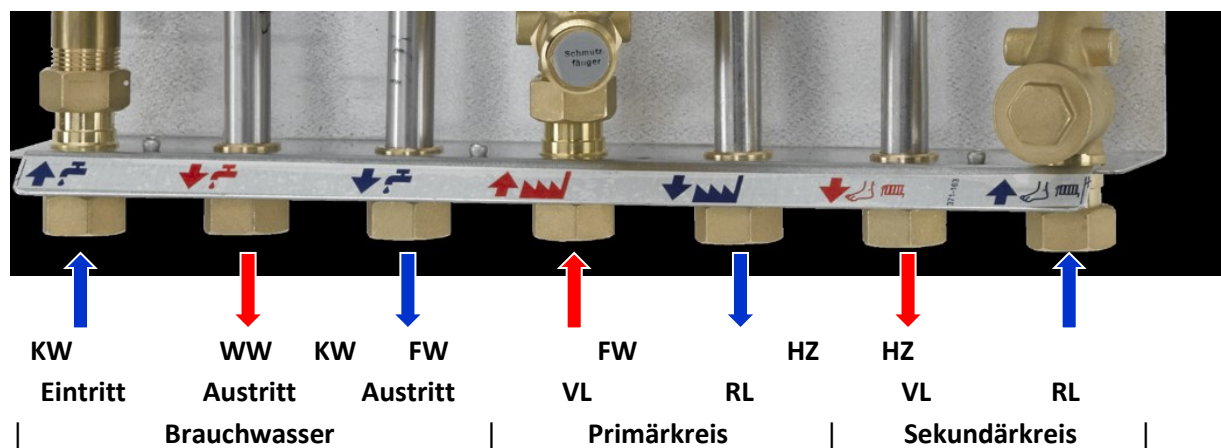
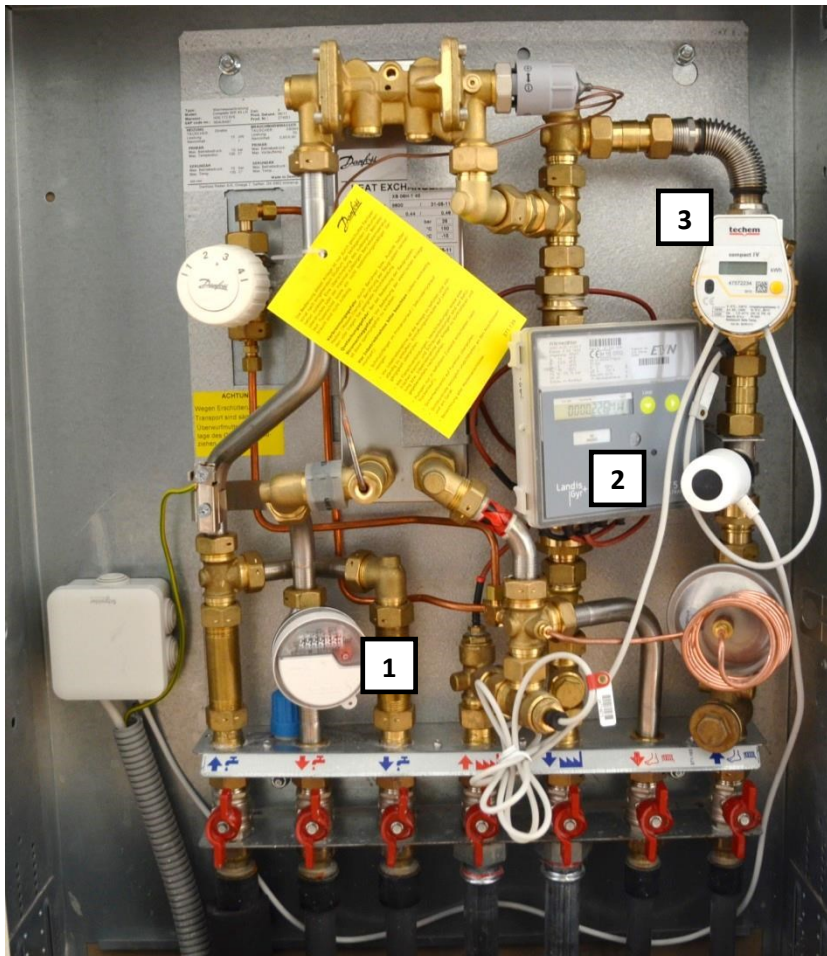


Abbildung 8: Wohnungsstation – Anschlussbelegung, Quelle: Hausverwaltung GEDESAG



Komponenten nachträglich eingebaut:

1. Warmwassermengenzähler (Brauchwasser)
2. Wärmemengenzähler (Primärkreis)
3. Wärmemengenzähler (Sekundärkreis)

Abbildung 9: Wohnungsstation im RH 2/7 nach Adaptierung

3.3.2. Stromversorgung

Die Stromversorgung erfolgt über das Energieversorgungsunternehmen EVN. Zur Messung und Abrechnung der Stromverbräuche der einzelnen Wohnungen sind EVN-Stromzähler zentral in den Technikräumen (KG) der jeweiligen Bauteile vorhanden. Eine Ausnahme bilden die fünf Reihenhäuser von Bauteil A: Hier sind Freiluftzählerkästen an den Außenwänden (EG) vorgesehen.

Innerhalb der Wohneinheiten befinden sich an leicht zugänglichen Stellen je ein Elektro- und ein sogenannter Medienverteiler. Die einzelnen Stromkreise, im ersten dieser Unterputzkästen zusammengeführt, sind wie folgt belegt:

Tabelle 3: Übersicht der in den Wohneinheiten vorhandenen Stromkreise

Stromkreis	Bezeichnung
1	FI-Schutzschalter
2-4	E-Herd (3-phasig)
5	Wohnzimmer, Küche
6	Geschirrspüler
7	Waschmaschine
8	Schuko Küche
9	Schlafzimmer, Kinderzimmer
10	Vorraum, Bad, WC
11	Keller (inkl. Wohnraumlüftungsgerät)

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die Kreise für Lichtstrom mit denen der Schutzkontaktsteckdosen vom Elektroplaner zusammengelegt wurden, wodurch eine getrennte Erfassung nachträglich nur unter beträchtlichem Installationsaufwand möglich gewesen wäre.

Im danebenliegenden Unterputzkasten wurde seitens der Firma kabelplus GmbH ein Gateway vom Typ Genexis Hybrid Live! Titanium in Verbindung mit einer Genexis Universe-100 Einheit (als Endpunkt für den Glasfaseranschluss) installiert, das für die Bewohner einen Telefonie-, Internet- sowie TV-Anschluss bereitstellt.

Der Internetzugang ist im Zuge des Forschungsprojekts zur automatischen Übertragung von Strommessdaten erforderlich (siehe Abschnitt 3.4.1).

3.3.3. Be- und Entlüftung

Die Be- und Entlüftung erfolgt über eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit manueller Bedarfsregelung vom Typ Helios KWL EC 200 Pro (Abbildung 10). Sensoren für eine automatisch geregelte Betriebsweise wie CO₂- oder Feuchtefühler sind nicht vorhanden, können jedoch bei Bedarf nachgerüstet werden. Es obliegt dem Nutzer nach Abhaltung der Informationsveranstaltung der Hausverwaltung vom 23.09.2013 die vorab eingestellten Parameter der Lüftungsanlage über die Fernbedienung vom Typ KWL-FB gegebenenfalls anzupassen.

Das Lüftungsgerät befindet sich bei Wohneinheiten mit zugeordnetem Keller in diesen, sonst innerhalb des thermisch konditionierten Volumens.

Die ausgewählte Lüftungsanlage ist mit acht Ventilator-Drehzahlstufen (Lüfterstufen) ausgestattet. Vor der Übergabe an die Bewohner wurde die Volumenströme der Zu- und Abluft eingeregelt und die Anlage für den Regelbetrieb, laut Angabe der Hausverwaltung, auf Lüfterstufe 7 voreingestellt. Mit dieser Lüfterstufe wird ein Luftvolumen von 235m³/h bewältigt, was je nach Wohnungsgröße einen 0,8 – 1,0-fachen Nennluftwechsel darstellt, also bei weitem über dem zu gewährleistenden, normgemäßen hygienischen Luftwechsel $n=0,4$ 1/h.



Abbildung 10: Lüftungsgerät Helios KWL EC 200 Pro; Quelle: Hausverwaltung GEDESAG

3.4. Messkonzept

Im Projekt MuSK liegt das Hauptaugenmerk auf der Messung von Stromverbräuchen einzelner Haushalte und im Speziellen auf dem tages- sowie jahreszeitlichen Verlauf der Stromabnahme. Die Auswertung der Messdaten soll Aufschluss über die wohnungsweisen Lastprofile geben und daraus Optimierungen ableitbar machen. Zu diesem Zweck wird ein Messsystem verwendet, das durch eine hohe zeitliche Auflösung diese Interpretation ermöglicht.

Daneben erfolgt eine Messung der Wärmemengenverbräuche, getrennt für Heizung und Warmwasser, ausschließlich in den fünf zu untersuchenden Wohneinheiten.

Neben der Strom- und Wärmemengenmessung in fünf Wohneinheiten wurde das Messkonzept in Abstimmung mit der GEDESAG auf Teile der Allgemeinbereiche der Wohnhausanlage, vorwiegend auf Bauteil C, ausgedehnt, sofern dort planmäßig Zählpunkte (Subzähler) verbaut werden sollten. In diesem Zusammenhang sind folgende Teile der WHA zu nennen:

- Thermische Solaranlage (Erträge, Speicherung, Abnahmen) – Strom/Wärme
- Photovoltaikanlage (Erträge, Abnahmen, Einspeisung) – Strom
- Allgemeinbereich – Strom/Wärme

Die nachfolgende Tabelle 4: Messpunkte in der Wohnhausanlage GEDESAG Gneixendorf III gibt eine Übersicht über die in der Wohnhausanlage untersuchten Messpunkte, getrennt nach Strom und Wärme mit den für die Datenaggregation betrauten Institutionen.

Tabelle 4: Messpunkte in der Wohnhausanlage GEDESAG Gneixendorf III

WNFL	STROM							WÄRME						
	Verbrauch	Produktion	Messgröße	Bez.	Messintervall	Ableseintervall	Datenquelle	Verbrauch	Produktion	Messgröße	Bez.	Messintervall	Ableseintervall	Datenquelle
Wohnung(en)														
BT A - RH 1/1 (EG)	98,39 m ²	E-Herd (380V)	kWh				Fernauslesung DUK	Heizwärme Warmwasserwärme		kWh		monatlich	monatlich	Manuelle Ablesung HV Gedesag
BT B - RH 2/7 (EG/OG)	94,33 m ²	Wohnzimmer+Küche	kWh											
BT B 1.2 - RH 3/8 (EG/OG)	99,89 m ²	Geschirrspüler	kWh											
BT C - WHG 4/10 (EG)	56,31 m ²	Waschmaschine	kWh	12 bis 60 Sekunden	variabel, Echtzeit möglich									
BT C - WHG 4/25 (2.OG)	76,36 m ²	Arbeitsschuko Küche	kWh											
		Schlafzimmer, Kinderzimmer Vorraum+Bad+WC Lüftungsanlage (KWRL mit WRG)	kWh											
	Wohnungszähler je TOP im Technikraum vorhanden, exkl. BT A (Freiluftzähler) (zur exakten Erfassung und Validierung der Messwerte)		kWh	monatlich (in den ersten 2 Mo. wöchentlich)	monatlich (in den ersten 2 Mo. wöchentlich)	Manuelle Ablesung HV Gedesag	Gesamt- wärme		kWh	monatlich	monatlich	Manuelle Ablesung HV Gedesag		
Bauteil		Heiztechnikenergieverbrauch (HTEV gesamt je BT):	kWh				Manuelle Ablesung HV Gedesag							
BT A (Subzähler f. Heizung BT B 1.1)		Pufferladepumpe	-	monatlich (in den ersten 2 Mo. wöchentlich)	monatlich (in den ersten 2 Mo. wöchentlich)									
BT B (Subzähler f. Heizung)		Heizungspumpen aller TOPs	-											
BT B 1.2 (Subzähler f. Heizung)		Solarkreisprimärpumpe	-											
BT C (Subzähler f. Heizung)		Solarkreissekundärpumpe	-											
Solar	Kollektor- flächen	Hilfsstromverbrauch (gesamt je BT):					Automat. Erfassung Fa. Riedel		Wärmemenge nach Kollektor je BT			monatlich	monatlich	Automat. Erfassung Fa. Riedel
B 1.1	45 m ²	Steuerung, Ventile	kWh											
B 1.2	25 m ²	Steuerung, Ventile	kWh	monatlich (in den ersten 2 Mo. wöchentlich)	monatlich (in den ersten 2 Mo. wöchentlich)									
B	32 m ²	Steuerung, Ventile	kWh											
C	75 m ²	Steuerung, Ventile	kWh											
PV		Ertrag (am Wechselrichter) Netzeinspeisung	kWh	monatlich (in den ersten 2 Mo. wöchentlich)	monatlich (in den ersten 2 Mo. wöchentlich)	Manuelle Ablesung HV Gedesag								
Allgemeinbereich BT C - Subzähler		Beleuchtung Laubengang Beleuchtung Müll- und Fahrradraum Beleuchtung Kellerräume Aufzug (Licht, Antrieb, Steuerung)	kWh	monatlich (in den ersten 2 Mo. wöchentlich)	monatlich (in den ersten 2 Mo. wöchentlich)	Manuelle Ablesung HV Gedesag								

3.4.1. Strommessung in den fünf Testwohneinheiten

Zur gezielten Erfassung des tages- und somit auch jahreszeitlichen Verlaufs der Stromabnahme in den fünf Testwohneinheiten wurden mehrere auf dem Markt befindliche Mess- und Monitoringsysteme evaluiert. Folgende Tabelle stellt die Anforderungen dar, die möglichst weitgehend zu erfüllen waren.

Tabelle 5: Anforderungen für die Auswahl des Strommesssystems

Kriterium	Muss-kriterium	erfüllt vom gewählten System	Zweck/Anmerkungen
Messung der aktuell abgenommenen Stromleistung in Zeitintervallen kürzer als eine Minute	x	x	Monitoring von kurzen Einschaltzeiten und Schwankungen in der Stromabnahme zur Ermittlung von Lastprofilen
geeichtes Messverfahren			nicht erforderlich, im Vordergrund steht die ungefähre Größenordnung der Stromverbräuche; der Gesamtstromverbrauch wird über einen geeichten EVN-Zähler ermittelt
Einbau des Messequipments nachträglich möglich	x	x	einfache Rückbaubarkeit, Entfernung aus dem Elektroverteilerkasten nach Abschluss des Forschungsprojekts
Einbau ohne Elektrofachmann möglich	x	x	Einbau durch DUK-Mitarbeiter unter Beisein von Elektrofachmann
geringer Platzbedarf, Messkomponenten klein			Einbau im vorhandenen Elektro- bzw. Medienverteiler
Messdatenübertragung automatisch an einen Server		x	Vermeidung regelmäßiger Datenauslesung vor Ort und dadurch keine Störung der Wohnungsmieter
Echtzeit-Zugriff auf aktuelle Verbrauchswerte		x	jederzeitige Kontrolle der Funktion des Messsystems aus der Ferne
geringer Anschaffungspreis für Messung aller Stromkreise pro Wohneinheit		x	Kostenreduktion, Erweiterungsmöglichkeit auf breiteren Feldtest
Ausfallsicherheit des Messsystems	x	x	Schutz vor Datenverlust und Messunterbrechungen

Bei dem ausgewählten Messsystem handelt es sich um das OWL intuition-1c des Herstellers 2 Save Energy Ltd, wobei dieses in der Grundeinheit die abgenommene Leistung in Watt bzw. Kilowatt von drei Phasen getrennt erfasst ermöglicht. Da, wie in Tabelle 3: Übersicht der in den Wohneinheiten vorhandenen Stromkreise angeführt, in den Wohneinheiten zehn zu untersuchende Stromkreise vorhanden sind, sind vier Grundeinheiten erforderlich. Der Hauptkreis 1 (siehe Tabelle 3: Übersicht der in den Wohneinheiten vorhandenen Stromkreise) wird nicht in das Monitoring einbezogen, da das Interesse auf den Einzelkreisverbräuchen liegt. Um die Wohnraumlüftungsanlage alleinig ohne weitere Verbraucher des Kellers (z.B. Beleuchtung,

Hebeanlage in Reihenhaus 1/1) zu erfassen, ist von Stromkreis 11 nur jener Teilkreis mit einer Sensorklemme ausgestattet, an dem das Lüftungsgerät angeschlossen ist.

Jede Grundeinheit besteht aus folgenden wesentlichen Komponenten (siehe auch Abbildung 11):

- (1) Transmitter/Sender (batteriebetrieben) mit Anschluss für drei Messklemmen/Sensoren
- (2) Netzwerkgateway/Funkempfänger (netzbetrieben) mit externer Antenne
- (3) 3 Mess-/Sensorklemmen

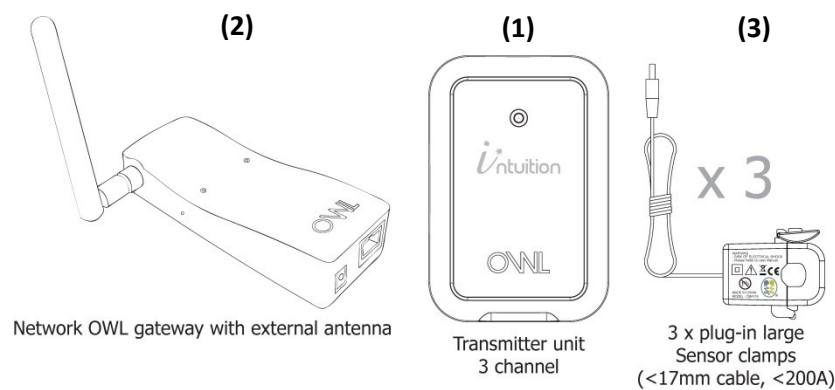


Abbildung 11: OWL intuition-1c Grundeinheit, Quelle: Handbuch 2 Save Energy Ltd.

Das Messprinzip sieht vor, je eine öffnende Sensorklemme über die zu prüfende Phase zu installieren. Die Messung an sich erfolgt dabei berührungslos, basierend auf der Bestimmung des sich aufbauenden schwachen Magnetfelds rund um einen stromdurchflossenen elektrischen Leiter (= Phase). Dabei wird auf die aktuelle Stromstärke in der Phase rückgeschlossen, die mit der einstellbaren Haushaltsspannung verrechnet und so die Leistung in Watt bzw. Kilowatt ermittelt wird. Im Forschungsprojekt liegt das Hauptaugenmerk auf dem zeitlichen Verlauf der Stromverbräuche und weniger auf der exakten Messung der Stromverbräuche einzelner Verbraucher. Für die Abrechnung durch die EVN ist ein geeichter Stromzähler auf Haushaltsebene jedenfalls vorhanden.

Der Transmitter (1) stellt zehn Mal in der Sekunde die Stromstärke fest und mittelt diese über eine Periode von 12 Sekunden. Wird eine Änderung der Stromstärke von mehr als 0,07 Ampere zur vorigen Periode festgestellt, so wird der Wert per Funk an das OWL-Netzwerkgateway (2) gesendet. Dieses speichert die gemittelten Messwerte von maximal drei Sensorklemmen (3) (= 3 Phasen) in Intervallen von 12 bis 60 Sekunden, abhängig davon ob innerhalb einer 12-Sekunden-Periode eine Stromstärkenänderung festgestellt wurde. Nach 50 Datensätzen übermittelt das OWL-Netzwerkgateway die Messdaten via dem von der kabelplus zur Verfügung gestellten Gateway, welches mit dem Internet verbunden ist, an einen Server der Save 2 Energy Ltd. Dort werden diese u.a. im csv-Dateiformat aufbereitet und dem Betreiber des Messsystems (Donau-Universität Krems) über ein Portal nach Registrierung der einzelnen OWL-Netzwerkgateways auf www.owlintuition.com zur Verfügung gestellt.

Der Zugang ist ausschließlich mittels im Rahmen der Registrierung festgelegten Zugangsdaten möglich. Diese liegen bei der Projektleitung der Donau-Universität Krems auf und stehen ausschließlich den Projektmitarbeitern zur Verfügung.

Die nachfolgende Abbildung 12 zeigt das grundsätzliche Installationsschema für eine Grundeinheit, deren vier pro Wohneinheit vorhanden sind. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse im Elektroverteilerkasten wurden die vier OWL-Netzwerkgateways samt den zugehörigen Netzteilen im Medienverteiler platziert, der um eine Steckdosenleiste erweitert werden musste. Bei der Planung zukünftiger Messumgebungen ist auf die Platzressourcen Rücksicht zu nehmen. Ähnliches gilt auch für die eigentlichen Verdrahtungen der Phasen im Elektroverteilerkasten: Es müssen ausreichend freie Leitungslängen vorhanden sein, um die Klemmen darüber installieren zu können. In jenen Verteilerkästen, wo das ursprünglich nicht der Fall war, wurden vom Elektriker vor Bezug der Wohneinheiten auf Anregung Drahtschleifen gelegt um so eine einfache Montage der Klemmen gewährleisten zu können.

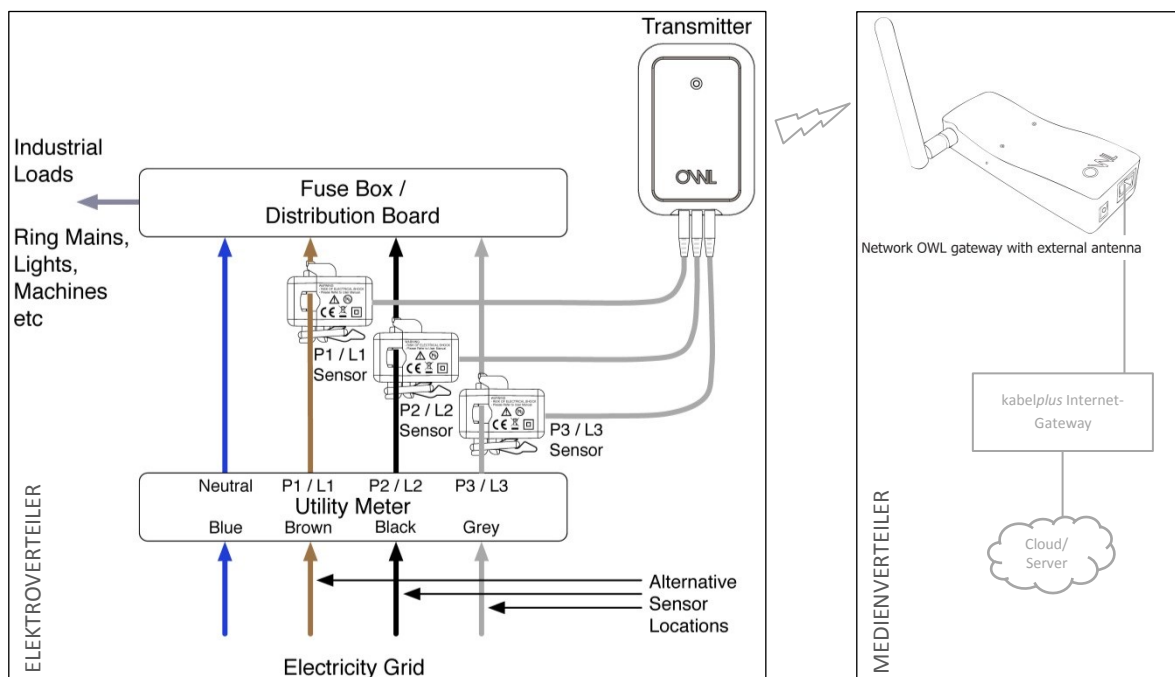


Abbildung 12: Installationsschema einer OWL intuition-1c Grundeinheit, Quelle: Handbuch 2 Save Energy Ltd. (adaptiert)

Insgesamt sind vier Grundeinheiten mit in Summe zehn Sensorklemmen je Wohneinheit verbaut. Tabelle 6: Eingebaute OWL-Komponenten in den fünf Testwohneinheiten fasst sämtliche Komponenten, die in den fünf Wohneinheiten im Rahmen der Stromverbrauchsmessung installiert wurden, zusammen.

Tabelle 6: Eingebaute OWL-Komponenten in den fünf Testwohneinheiten

Wohneinheit	Sensorklemmen	Transmitter	Netzwerkgateways
BT A: Reihenhaus RH 1/1: EG	10	4	4
BT B: Reihenhaus RH 2/7: EG+OG	10	4	4
BT B 1.2: Reihenhaus RH 3/8: EG+OG	10	4	4
BT C: Wohnung 4/10: EG	10	4	4
BT C: Wohnung 4/25: 2.OG	10	4	4
Summe	50	20	20

In der nachstehenden Tabelle 7: Strommesspunkte innerhalb der Wohneinheiten sind die einzelnen Stromkreise den jeweiligen Sensorklemmen (P1 bis P3) zugeordnet sowie die MAC-Adressen der dazugehörigen OWL-Netzwerkgateways zur eindeutigen Identifikation im OWL-Webinterface gelistet.

BT A - RH 1/1 (EG)			BT B - RH 2/7 (EG/OG)			BT B 1.2 - RH 3/8 (EG/OG)			BT C - WHG 4/10 (EG)			BT C - WHG 4/25 (2.OG)		
OWL-Netzwerkgate	Klemme	Stromkreis	OWL-Netzwerkgate	Klemme	Stromkreis	OWL-Netzwerkgate	Klemme	Stromkreis	OWL-Netzwerkgate	Klemme	Stromkreis	OWL-Netzwerkgate	Klemme	Stromkreis
443719001d75 / 377	P1	Herd Phase 1	443719001999 / 9DA	P1	Herd Phase 1	443719001aa9 / F19	P1	Herd Phase 1	443719001a53 / 674	P1	Herd Phase 1	443719001d70 / 902	P1	Herd Phase 1
	P2	Herd Phase 2		P2	Herd Phase 2		P2	Herd Phase 2		P2	Herd Phase 2			
	P3	Herd Phase 3		P3	Herd Phase 3		P3	Herd Phase 3		P3	Herd Phase 3			
4437190019cb / 30E	P1	WoZi + Küche	44371900198c / 3E7	P1	WoZi + Küche	443719001aa1 / A55	P1	WoZi + Küche	443719001a76 / E3E	P1	WoZi + Küche	44371900194d / DC7	P1	WoZi + Küche
	P2	Geschirrsp.		P2	Geschirrsp.		P2	Geschirrsp.		P2	Geschirrsp.			
	P3	WM		P3	WM		P3	WM		P3	WM			
443719001953 / DF4	P1	Schuko Küche	443719001a34 / B08	P1	Schuko Küche	443719001ac7 / 842	P1	Schuko Küche	443719001a7c / AD4	P1	Schuko Küche	443719001a78 / 8AA	P1	Schuko Küche
	P2	SZ+KiZi		P2	SZ+KiZi		P2	SZ+KiZi		P2	SZ+KiZi			
	P3	VR+Bad+WC		P3	VR+Bad+WC		P3	VR+Bad+WC		P3	VR+Bad+WC			
4437190018db / FB1	P1	WRL	44371900184a / EDE	P1	WRL	4437190018de / C50	P1	WRL	44371900184e / 2B7	P1	WRL	4437190018af / 3C9	P1	WRL
	-	-		-	-		-	-		-	-			
	-	-		-	-		-	-		-	-			

Tabelle 7: Strommesspunkte innerhalb der Wohneinheiten

Um die Mieter bzw. Wohnungseigentümer vorab über die Datensammlung in Kenntnis setzen zu können, wurde in den (Miet-)Verträgen ein entsprechender Absatz eingefügt.

„Der Mieter ist in Kenntnis, dass in der gegenständlichen Wohneinheit für ein Forschungsprojekt seitens der Donau-Universität Krems eine anonyme Aufzeichnung des elektrischen Energieverbrauchs an externer Stelle über einen Breitbandanschluss erfolgt. (...) Der Mieter erhält diese Aufzeichnungen. Den Vertretern der Donau-Universität Krems und dem Betreuer (Hausverwaltung, Haustechnik) der GEDESAG ist der Zutritt zur Wohneinheit bei vorheriger Terminvereinbarung insbesondere für Revisionsarbeiten und Wartungsarbeiten zu gewähren. Die installierten Messkomponenten werden nach Abschluss des Forschungsprojektes durch ein fachkundiges Unternehmen, welches durch die GEDESAG beauftragt ist, demontiert. (nur Top 1/1, 2/7, 3/8, 4/10, 4/25).“

Die Fertigstellung der Installation der Strommesskomponenten erfolgte unmittelbar nach Wohnungsübergabe im Beisein der jeweiligen Mieter, da das kabel $plus$ Gateway zeitverzögert zur Verfügung gestellt wurde. Diese wurden vorab mit einem Informationsschreiben über den Vor-Ort-Termin in Kenntnis gesetzt.

Mit diesem Schritt konnte dieses Arbeitspaket abgeschlossen werden.

3.4.2. Strommessung von Allgemeinbereichen der Wohnhausanlage

Wie in Abschnitt 3.4 und in Tabelle 4: Messpunkte in der Wohnhausanlage GEDESAG Gneixendorf III

dargestellt wird in Abstimmung mit der GEDESAG die Strommessung auf allgemeine, wohnungsfremde Anlagenteile ausgedehnt, sofern an diesen entsprechende Subzähler vorgesehen wurden. Eine Erweiterung wurde im Zuge mehrerer Vor-Ort-Besprechungen nicht diskutiert und vorgenommen. Die Messdaten sollen primär Aufschluss darüber geben, ob diese Anlagenteile nach der Gebäudeübergabe ordnungsgemäß ihren Dienst verrichten, da unter Einbezug des beim Berichtverfasser vorliegenden internen Kenntnisstandes ein effizienter Haustechnikbetrieb unmittelbar nach der Gebäudeübergabe oftmals nicht gewährleistet ist.

Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Stromverbräuche der elektrischen Komponenten des Wärmebereitstellungssystems bzw. der vier Solaranlagen gelegt. Dieser Bereich umfasst diverse Pumpen, Steuerungen und Ventile. Nebenbei erfolgt die Protokollierung der gemessenen Stromerträge der Photovoltaikanlage, welche mit den abgenommenen Mengen durch die E-Tankstelle und in den Allgemeinbereichen von Bauteil C verglichen werden. Die ins Netz eingespeiste Überschussmenge wird von einem weiteren Zähler erfasst.

Die Daten werden von der GEDESAG bzw. von der Fa. Riedel (siehe Tabelle 4: Messpunkte in der Wohnhausanlage GEDESAG Gneixendorf III

) gesammelt und der Donau-Universität Krems in regelmäßigen Intervallen übermittelt.

3.4.3. Wärmemengenmessung in den fünf Testwohneinheiten

Zur Erfassung des Gesamtwärmeenergieverbrauchs ist planmäßig ein EVN-Wärmemengenzähler pro Wohneinheit in den zugeordneten Technikräumen vorhanden. Wie in Abschnitt 3.3.1 beschrieben wurden je Wohneinheit im Zuge dieses Forschungsprojekts zwei weitere Wärmemengenzähler in den Wohneinheiten verbaut, um die beiden Verbräuche getrennt erfassen zu können.

Die Messwerte werden von der Hausverwaltung GEDESAG in regelmäßigen Abständen abgelesen und der Donau-Universität Krems übermittelt (siehe Tabelle 4: Messpunkte in der Wohnhausanlage GEDESAG Gneixendorf III

3.4.4. Wärmemengenmessung von Allgemeinbereichen der Wohnhausanlage

Auf Ebene der Wohnhausanlage werden in Abstimmung mit der GEDESAG die Erträge der thermischen Solaranlage, die planmäßig mit Wärmemengenzählern ausgestattet ist, gemessen. Da die gesamte Wohnhausanlage aus insgesamt vier Teilanlagen (siehe Tabelle 2: Wesentliche Komponenten der thermischen Solaranlage) samt dazugehörigen Pufferspeichern besteht, wurde die Gegenüberstellung derer mit in das Messkonzept aufgenommen (siehe Tabelle 4: Messpunkte in der Wohnhausanlage GEDESAG Gneixendorf III

Die Messwerte werden von der Fa. Riedel, die für das Anlagenkonzept und die Steuerung verantwortlich sind, zukünftig zur Verfügung gestellt. Die Daten können ihrerseits fernausgelesen werden.

4. Aktueller Projektstand

Seit der offiziellen Wohnungs- bzw. Reihenhausübergabe am 25.09.2013 seitens der GEDESAG an die Bewohner wurden von der Donau-Universität Krems jeweils am Ende der Monate Oktober und November 2013 die ersten Strommessdaten via Fernauslesung vom Server der OWL-Komponentenhersteller heruntergeladen. Diese werden vorerst auf Plausibilität und Vollständigkeit hin überprüft und anschließend quartalsweise ausgewertet. Die erste monatliche und wohnheitenweise Gegenüberstellung erfolgt im Jänner 2014.

Unabhängig von dieser Datenauslese wurden am 6. Dezember 2013 die ersten Verbrauchs- und Ertragsdaten stromseitig auf Ebene der Wohnanlage von der GEDESAG übermittelt. Da noch weitere Daten, unter anderem die Wärmemengenverbräuche und –erträge, erwartet werden, wird mit einer ersten Auswertung dieser Messdaten noch zugewartet.

Neben der Messung von Strom- und Wärmemengen wird auch der Frage nachgegangen, woraus eventuelle Unterschiede der fünf Testwohneinheiten resultieren. Zu diesem Zweck werden auf zwei A4-Seiten im Rahmen eines entwickelten Fragebogens diverse Parameter erhoben, auf die die Messdaten zurückzuführen sind bzw. grundsätzlich auf Plausibilität geprüft werden sollen. Der Fragebogen bildet neben den Messdaten ein wesentliches Instrument zur Steigerung der Energieeffizienz sowie zur Senkung der Energieverbräuche und kann sowohl digital als auch per Hand ausgefüllt und zurückgesendet werden (siehe Abschnitt 16). Es ist geplant in einem Gespräch mit den fünf Mieterparteien nach Ende der Heizperiode 2013/14 und nach Darstellung und Erläuterung der Messdaten die Verbrauchsgewohnheiten zu ändern und die Veränderung messtechnisch bis zum Ende der Projektlaufzeit wieder darzustellen. Der Versand der Fragebögen startet im Jänner 2014.

5. Ausblick

Nach dem ersten Messquartal Q4/2013 werden die Daten der fünf Wohneinheiten im Jänner 2014 ausgewertet und eine Gegenüberstellung der Verbräuche an den einzelnen Stromkreisen vorgenommen. Durch die Aufzeichnung der zeitlichen Verläufe der Strom-, Heizwärme- und Warmwasserverbräuche und die Offenlegung dieser Verbrauchsdaten soll zudem eine Sensibilisierung der Nutzer im Hinblick auf eine energieeffiziente Verhaltensweise stattfinden. Nachfolgende Ergebnisse werden, getrennt in die Bereiche Strom und Wärme, erwartet.

5.1. Stromverbräuche/-erträge

Die nutzerbedingten Tagesgänge samt Verbrauchsspitzen der fünf Wohneinheiten werden unter Rücksichtnahme der Bewohnerstruktur analysiert und verglichen. Dadurch sollen primär folgende Ziele verfolgt werden:

- Nach Verdeutlichung der Stromverbräuche an den jeweiligen Stromkreisen soll die Möglichkeit der Steigerung der Energieeffizienz durch Tausch von ineffizienten Geräten untersucht werden. Auf elektrische Großgeräte wie den Elektroherd oder den Geschirrspüler, deren Energieverbräuche separat ausgewertet werden können, wird spezielles Augenmerk gelegt, ebenso auf Stromkreise, die quantitativ betrachtet einen Großteil des jährlichen Energieverbrauchs zur Folge haben.
- Das Wohnraumlüftungsgerät, das über eine eigene Phase im Elektroverteilerkasten angeschlossen ist, wird samt seiner durch die Bewohner eingestellten Lüftungsstufe genauer betrachtet. Mittels Erhebung auf dem Mieterfragebogen wird die Einstellung der Stufe wöchentlich abgefragt und mit den vorliegenden Stromverbräuchen verglichen. Die Einsparungspotentiale aufgrund der eingestellten Parameter und die in diesem Zusammenhang von den Mietern beurteilte Luftqualität werden untersucht und die Möglichkeit einer Anpassung der bereitgestellten Luftmengen geprüft.

Neben der Auswertung der Stromverbräuche auf Wohnungsebene wird auf der Ebene der Wohnhausanlage, da die Wärmebereitstellungssysteme in den jeweiligen Heiztechnikräumen und die thermische Solaranlage indirekt an die Wohnungen gekoppelt sind, der Heiztechnikenergieverbrauch mit in die Betrachtung der Stromverbräuche einbezogen. Diese Hilfsstromverbräuche werden auf Plausibilität hin geprüft und eventuelle Verbesserungspotentiale (z.B. effizientere Pumpen etc.) aufgezeigt, da die anfallenden Energiekosten letztendlich den Mietern im Zuge der Betriebskostenabrechnung aliquot in Rechnung gestellt werden.

In Anlehnung an die OIB Richtlinie 6 des Österreichischen Instituts für Bautechnik werden die berechneten und in den Energieausweisen enthaltenen Energiebedarfszahlen wie Heiztechnikenergiebedarf (HTEB), Haushaltsstrombedarf (HHSB) etc. mit den tatsächlichen Verbrauchszahlen verglichen und eventuelle Abweichungen festgehalten.

Miteinhergehend werden die Stromerträge der Photovoltaikanlage in die Gegenüberstellungen miteinbezogen (siehe Tabelle 4: Messpunkte in der Wohnhausanlage GEDESAG Gneixendorf III welche die Allgemeinbereiche von Bauteil C sowie die E-Tankstelle versorgt).

5.2. Wärmemengenverbräuche/-erträge

Die getrennt erfassbaren Wärmemengenverbräuche (HWB und WWWB) der einzelnen Wohneinheiten dienen dem Vergleich der im Energieausweis enthaltenen Bedarfswerte mit den tatsächlichen Verbräuchen. Dem gegenüber stehen die Wärmeenergieerträge der vier thermischen Solaranlagen, die mit den Wohnungsverbräuchen bilanziert werden.

Abschließend kann der berechnete Endenergiebedarf (EEB) laut Energieausweis dem tatsächlich vorhandenen EEB gegenübergestellt und die Ursache einer eventuellen Abweichung in den Teilkenwerten gesucht werden.

6. Gebäudemonitoring – Evaluierung der Verbrauchsdaten

Der nachfolgende Berichtsteil dokumentiert die Ergebnisse der ausgewerteten Messreihen aus dem Gebäudemonitoringprojekt an der Wohnhausanlage Gneixendorf III der GEDESAG. Es stehen Daten aus einem einjährigen Langzeitmonitoring zur Verfügung, die sich in individuelle Stromverbräuche je (ausgewählter) Wohneinheit, Stromverbrauch der Allgemeinbereiche inkl. Gehwegbeleuchtung, Stromerträge der Photovoltaikanlage, Wärmemengenverbräuche der Wohneinheiten, sowie Erträge der thermischen Solaranlage gliedern lassen. Weiters wurde zur spezifischen Betrachtung der Messdaten ein wöchentlich auszufüllender Mieterfragebogen erstellt, der die subjektiven Eindrücke der Mieter zu Wohnqualität und Nutzbarkeit der einzelnen Wohneinheiten widerspiegelt.

Die Auswertung folgt dabei dem Konzept der Erstellung von Monats- und Jahresbilanzen der Verbräuche und Erträge und dem Vergleich mit hinterlegten Referenzwerten, sowie mit den für jeden Baukörper erstellten Energieausweisen.

7. Aufgabenstellung Monitoring

Das Ziel dieses Teils des Forschungsprojektes ist die Offenlegung sämtlicher in der Wohnhausanlage Gneixendorf III ermittelten Stromverbräuche und -erträge und Wärmemengenverbräuche und -erträge. Insbesondere dient diese Art der Vorgehensweise der Sensibilisierung der Hausbewohner und dem Gebäudebetreiber selbst und soll in Bezug darauf zu einer optimierten, energieeffizienten Nutzungsweise führen.

Die übergeordnete Fragestellung liegt in der Optimierung des Gebäudebetriebs durch ein begleitendes Gebäudemonitoring zur Lokalisierung von Anlagen- oder Betriebsfehlern zur Senkung des Gebäudeenergiebedarfs, Aufdecken von großen Stromverbrauchern im Gebäudeverband und in den privaten Haushalten.

Dabei soll die Offenlegung der Messdaten, insbesondere die der Stromverbräuche, zur Sensibilisierung der Gebäudebetreiber und der Nutzer führen, da durch eine gezielte Effizienzsteigerung des Haustechnikbetriebs niedrigere Betriebskosten für die Mieter und geringere Betriebs- und Instandhaltungskosten für die Gebäudebetreiber entstehen.

Grundlegend für ein derartiges Langzeitmonitoring ist dabei die richtige Wahl der Messeinrichtungen, und welche Daten zu erfassen und welche als ergänzend einzustufen sind.

Am Beispiel der Effizienzsteigerung der solarunterstützten Heizungsanlage ist es notwendig, sämtliche elektrische Verbräuche der Steuerungs- und Regelungstechnik, der Umwälzpumpen, sowie die Wärmeerträge und -verluste aus den Wärmeverteilungen, den Ertrag der Solaranlage und die Einspeisung in die Pufferspeicher mittels Wärmemengenzähler zu erfassen.

Die Daten aus dem Monitoring zeigen das Potential für die Optimierung des Gebäudebetriebs auf und sind Grundlage für zukünftige Planungsvorhaben.

8. Unterlagen und Daten

Folgende Dokumente und Daten bilden die Grundlage der Untersuchungen an der Wohnhausanlage Gneixendorf III:

- Lageplan mit Anordnung der einzelnen Bauteile der Wohnhausanlage Gneixendorf III
- Einreichpläne der Wohnhausanlage Gneixendorf III
- Flächenaufstellungen über die einzelnen Wohneinheiten
- Energieausweise, Ausstellungsdatum 30. 11. 2012
- Haustechnische Dokumentation: Haustechnikpläne der Solaranlage, Elektropläne, Beschreibung der Lüftungsanlage und Lüftungsgeräte, Anlagenbeschreibung der Photovoltaikanlage, Beschreibung des Wärmeverteilsystems;
- Verbrauchsdaten der fünf ausgewählten Musterwohneinheiten: Wärmemengen für Raumheizung und Warmwasserbereitung
- Gemessene Stromverbräuche in den fünf Musterwohneinheiten (Haushaltsgeräte, Beleuchtung, Steckdosen, etc.) inkl. Stromverbräuche der Allgemeinbereiche (Verkehrswege, Keller, Liftanlage, u. dgl.) und haustechnischen Komponenten (Umwälzpumpen, Hebeanlagen, Heizungssteuerungen, etc.) innerhalb der Wohnhausanlage
- Energiegewinne aus der thermischen Solaranlage
- Energiegewinne aus der Photovoltaikanlage
- Wöchentlicher Mieterfragebogen zu Innenraumklima, Lüftungsverhalten, Einstellung Heizung und Lüftung, außenliegender Sonnenschutz, Außenbedingungen.

9. Methodik der Auswertung

Die Grundlage der Auswertung bilden hinsichtlich der Stromverbrauchs- und Stromertragsmessungen die gewählten Musterwohneinheiten (RH1-1, RH2-7, RH3-8, WHG4-10, WHG4-25) in den Bauteilen A, B, B1.1, B1.2 und C.

Dabei werden die Tagesgänge der Messdaten aufsummiert, mittels Monatsbilanzierung zu einem Vergleichsjahr zusammengefasst, und zur Überprüfung der Plausibilität mit Referenzwerten zur Wohnungsbelegung verglichen.

Es werden die Stromverbräuche der Allgemeinbereiche der Wohnhausanlage (Gehwegbeleuchtung, Heizungsteuerung und -regelung, Pumpen, Hebeanlagen, etc.) und die Erträge der PV-Anlage monatsweise aufsummiert und auf Plausibilität geprüft. Die Plausibilitätsprüfung dient dabei dem Zweck der Einschätzung von Anlagenfehlern bzw. Fehlschaltungen, und der Erarbeitung eines Konzepts zur Effizienzsteigerung.

Monatsweise erfasst werden weiters der Heizwärme- und der Warmwasserwärmeverbrauch je Wohneinheit, der Wärmemengenverbrauch für den gesamten Bauteil ohne Aufteilung zwischen Heizung und Warmwasser, und die Erträge der thermischen Solaranlage.

Zur Vergleichbarkeit mit den Energieausweisen der verschiedenen Baukörper (BT A, B, B1.1, B1.2, C) wurden die Wärmeverbräuche und -erträge der einzelnen Wohneinheiten auf den jeweiligen Gesamtbauteil hochgerechnet. Ersichtlich wird dabei, wie groß der Einfluss der Nutzer sich im tatsächlichen Energieverbrauch auswirkt im Vergleich zu den errechneten Bedarfswerten.

Der wöchentlich auszufüllende Mieterfragebogen für die Wohneinheiten RH1-1, RH3-8, WHG4-10 dient dabei dem Zweck zur detaillierten Erfassung der Nutzungsprofile der Mieter. Inhalt der Fragebögen sind subjektive Parameter wie Innenraumklima, Lüftungsverhalten, Einstellung Heizungs- und Lüftungsanlage, Bedienung des außenliegenden Sonnenschutzes, sowie der vorherrschenden Außenbedingungen.

Anhand der Auswertung wird das vorwiegende Verhalten der Nutzer analysiert, um gegebenenfalls auf ein energetisch ineffizientes Verhalten rückzuschließen bzw. den Nutzer auf Verbesserungspotentiale hinzuweisen.

10. Auswertung und Interpretation der Messdaten

10.1. Jahresstrombilanz der untersuchten Wohneinheiten

Es wurden die folgenden Wohnungen im Rahmen des Monitorings untersucht:

Reihenhaus: Tops RH1-1, RH2-7, RH3-8

Mehrfamilienhaus: Tops WHG4-10, WHG4-25

Ablesungen Stromverbrauch und -ertrag:

- Minutenweise Datenloggeraufzeichnungen der acht Stromkreise für die oben angeführten fünf Wohneinheiten:
 - Stromkreise: E-Herd
 - Wohnzimmer, Küche
 - Geschirrspüler
 - Waschmaschine
 - Schuko-Steckdose Küche
 - Schlafzimmer, Kinderzimmer
 - Vorraum, Bad, WC
 - Kontrollierte Wohnraumlüftung
- Zählerablesungen der PV-Erträge (Ableseung durch Hausverwaltung der GEDESAG AG)

Stromverbrauch:

Die Datenerfassung der elektrischen Verbräuche in den Wohneinheiten RH1-1, RH3-8, WHG4-10, WHG4-25 startete erst nach dem 3. bzw. 8. 10. 2013, deswegen wurden die vorhandenen Oktober-Werte auf 31 Tage hochgerechnet. Die Datenerfassung endet einige Tage nach dem 30. 9. 2014, somit kann ein Jahresverbrauch von Anfang Oktober 2013 bis Ende September 2014 dargestellt werden.

Für die Wohneinheit RH2-7 stehen Messdaten erst ab Jänner 2014 zur Verfügung, da diese Wohneinheit erst Ende 2013 von den Nutzern bezogen wurde. Die Messdatenerfassung endet hier mit August 2014.

Photovoltaikertrag:

Der Erfassungszeitraum beginnt mit 4. 11. 2013 und endet am 2. 10. 2014 und ist kleiner als der Erfassungszeitraum der erfassten Stromverbrauchskreise.

Die PV-Erträge (Ableseung am Wechselrichter) wurden rechnerisch auf die 50 Wohneinheiten aufgeteilt – also den Wohneinheiten je 1/50 zugeteilt. Es soll dadurch aufgezeigt werden, in welchem Maß der Eigenverbrauch kompensiert werden könnte.

Zu beachten ist, dass real nur ein Teil der PV-Erträge direkt genutzt werden kann, da dem PV-Ertrag zeitgleich nicht immer ein gleich hoher Bedarf gegenübersteht, und der Produktionsüberschuss daher in das allgemeine Stromnetz einzuspeisen ist.

Zuordnung der PV-Erträge:

Da der Zähler der Überschusseinspeisung (Zähler BT C Nr. 03409203) den Allgemeinbereichen zugeordnet ist, kommt der PV-Strom den Allgemeinbereichen zugute, insbesondere der E-Tankstelle.

Die Überschusseinspeisung erfolgt in das öffentliche Netz; der Ertrag der PV-Anlage kann regeltechnisch nicht direkt auf die einzelnen Wohneinheiten aufgeteilt werden. Der ins öffentliche

Netz gespeiste Überschussstrom kann jedoch bilanzmäßig, auf Basis der wohnungsweisen Stromabrechnungen, den einzelnen Wohnungen gutgeschrieben werden.

Die einzelnen Tops sind dann direkte Nutznießer des Stromertrags aus Photovoltaik, wenn jede Wohnung mit einer eigenen PV-Anlage ausgestattet wird, angeschlossen an den eigenen Wohnungszähler.

Referenzwerte Stromverbräuche nach Haushaltsgröße:

In der Stromsparbroschüre der eNu – Energie- und Umweltagentur Niederösterreich werden folgende Durchschnittswerte in kWh für den Jahresverbrauch von Haushalten angegeben. Diese werden als Referenz für die gemessenen Stromverbrauchsdaten und als Vergleich herangezogen.

Haushaltsgröße	Niedrig	Durchschnitt
1-Person	1200	1700
2-Personen	1700	3400
3-Personen	2500	4100
4-Personen	3000	4700

Tabelle 8: Jahresstromverbrauch nach Haushaltsgröße (Quelle: eNu)

10.2. Haushaltsstrom im Vergleich des Wohnverhaltens

In den nachfolgenden Tabellen 9 und 10 sind der Jahresverbrauch der Haushaltsstromkreise in den untersuchten Wohnungen und der Ertrag der PV-Anlage angegeben.

	RH 1-1	RH 2-7	RH 3-8	WHG 4-10	WHG 4-25
Kochfeld	290,30	155,37	28,17	338,10	199,49
WoZi+Küche	305,21	306,34	1.256,73	407,41	462,45
Geschirrspüler	125,94	238,81	215,23	8,43	73,54
Wasch-Maschine	630,56	317,17	102,91	79,43	37,99
Schuko Küche	381,77	352,00	268,63	24,62	257,52
SZ+KiZi	169,87	263,89	290,34	1,31	43,45
VR+Bad+WC	139,17	41,31	13,45	48,30	379,14
Wohnraum-Lüftung	311,03	139,22	803,48	122,67	179,47
Gesamt-Verbrauch	2.353,85	1.814,10	2.978,94	1.030,27	1.633,04
Photovoltaik *)	76,75	58,74	76,75	76,75	76,75
Belegung-Pers.	2	leer	3	1	1
Richtwert:	1700		2500	1200	1200

Tabelle 9: Jahresstromverbrauch der untersuchten Wohneinheiten und PV-Ertrag in kWh

	RH 1-1	RH 2-7	RH 3-8	WHG 4-10	WHG 4-25
Kochfeld	12,3%	8,6%	0,9%	32,8%	12,2%
WoZi+Küche	13,0%	16,9%	42,2%	39,5%	28,3%
Geschirrspüler	5,4%	13,2%	7,2%	0,8%	4,5%
Wasch-Maschine	26,8%	17,5%	3,5%	7,7%	2,3%
Schuko Küche	16,2%	19,4%	9,0%	2,4%	15,8%
SZ+KiZi	7,2%	14,5%	9,7%	0,1%	2,7%
VR+Bad+WC	5,9%	2,3%	0,5%	4,7%	23,2%
Wohnraum-Lüftung	13,2%	7,7%	27,0%	11,9%	11,0%
Gesamt-Verbrauch	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Photovoltaik *)	3,8%	3,2%	2,9%	8,5%	5,3%
Belegung - Pers.	2	leer	3	1	1

*) Gesamtertrag der PV-Anlage aufgeteilt auf 50 Wohneinheiten

Tabelle 10: Jahresstromverbrauch der untersuchten Wohneinheiten und PV-Ertrag in Prozentanteilen

Die Wohneinheit TOP RH2-7 wurde erst im Jänner 2014 bezogen, und scheint laut den Messdaten und Auswertung der Mieterfragebögen seit Ende August wieder unbewohnt gewesen zu sein.

Die Tabellen 9 und 10 machen das sehr verschiedene Nutzerverhalten in den untersuchten fünf Wohneinheiten deutlich, was sich sowohl durch den bemerkenswert unterschiedlichen Gesamtstromverbrauch manifestiert (sh. Tabelle 9, Spalte „Gesamtverbrauch kWh“), als auch durch die stark voneinander abweichenden prozentuellen Verbrauchsanteile der einzelnen Messgruppen (sh. Tabelle 10).

Haushaltsstromverbrauch in den untersuchten Wohneinheiten:

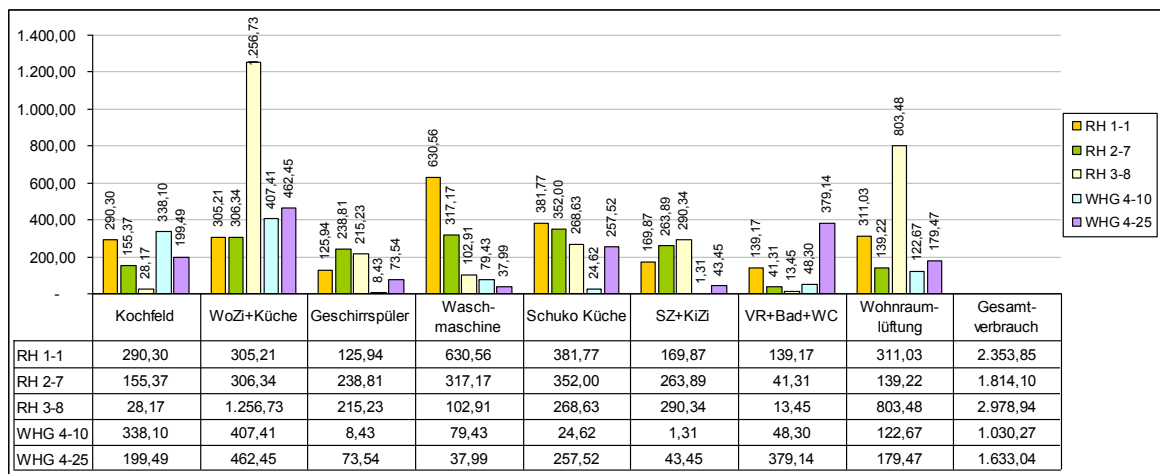


Diagramm 1: Jahresstromverbrauch der Messgruppen in den untersuchten Wohneinheiten in kWh

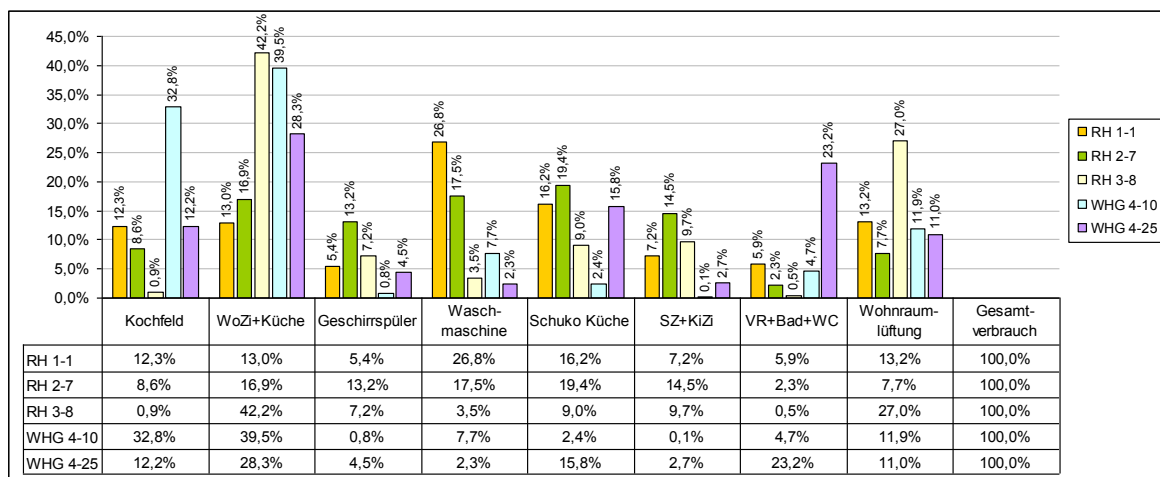


Diagramm 2: Prozentanteile der Messgruppen am Stromverbrauch den untersuchten Wohneinheiten

Vergleich des Wohnverhaltens:

Die Diagramme 1 und 2 veranschaulichen die stark abweichenden Teilverbräuche in den untersuchten Wohnungen auch grafisch.

Unterschiedliches Wohnverhalten zeigt sich hier besonders deutlich, beispielsweise im Kochverhalten in den TOPs RH3-8 (drei Personen im Haushalt) und WHG4-10 (eine Person im Haushalt): Anteil am Gesamtstromverbrauch in der Wohneinheit 0,9% in TOP RH3-8 gg. 32,8% in TOP WHG4-10 (sh. Diagramm 2).

Ebenso fällt der hohe Stromverbrauchsanteil für den Betrieb der Lüftungsanlage in TOP RH3-8 (803,48 kWh bzw. 27,0%) auf, der mehr als doppelt so hoch ist, wie der Lüfterstromverbrauch im vergleichbaren TOP RH 1-1 (311,03 kWh bzw. 13,2%; sh. Diagramme 1 und 2).

Der Lüftungsstromzähler in TOP RH3-8 zeigt im gesamten Beobachtungszeitraum weit höhere Stromverbräuche an, als die Herstellerdatenblätter angeben.

Aufgrund der größeren Wohnungsbelegung (drei Personen im Haushalt), der Wohngewohnheit mit häufiger Anwesenheit in der Wohnung (darauf deutet der hoher Anteil des Stromverbrauchs im Wohnbereich „WoZi+Küche“ hin, sh. Diagramme 1 und 2), sowie des spezifischen

Nutzerverhaltens, abgeleitet aus dem Mieterfragebogen, und laut den Ablesungen am Lüftungsstromzähler, scheint der Schluss zulässig, dass die Lüftungsanlage ständig unter Volllast betrieben worden ist, und/oder die Lüftungsfilter frühzeitig verschmutzt und nicht ausreichend oft gewechselt wurden.

Dieser Sachverhalt ist ggfs. seitens des Vermieters bzw. Eigentümers zu verifizieren (sh. dazu auch Kap. 16.6.2).

In den nachfolgenden Tabellen werden für jede untersuchte Wohneinheit die monatlichen Stromverbräuche und die für den gleichen Zeitraum rechnerisch ermittelten PV-Ertragsanteile gegenüber gestellt.

In den Kreisdiagrammen wird der Prozentanteil der acht Stromkreise am gesamten Stromverbrauch je Wohnung dargestellt.

10.2.1. TOP RH 1-1

Wohneinheit BGF: 250,51 m²

Wohnnutzfläche NF: 98,41 m²

Haushaltsgröße: 2 Personen

Die folgende Tabelle zeigt den Verbrauch der einzelnen Wohnungsstromkreise.

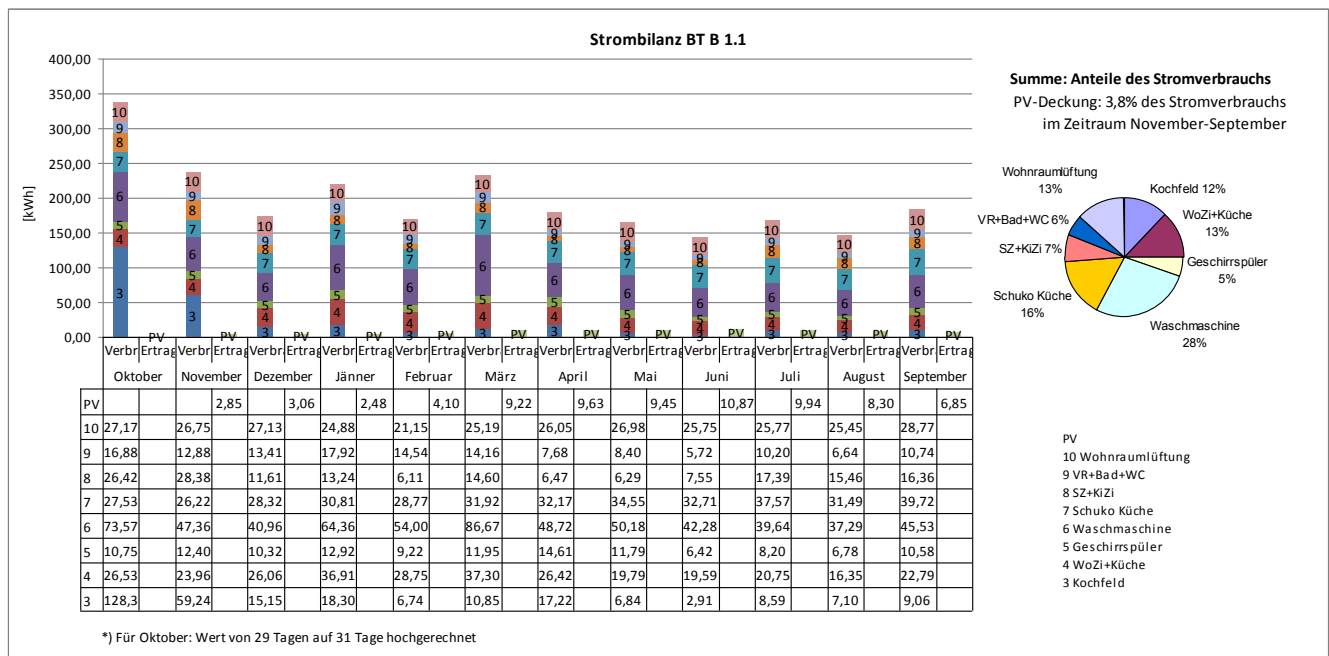


Diagramm 3: monatlicher Verbrauch je Stromkreis in kWh in TOP RH 1-1

Die folgende Tabelle zeigt die Verbrauchsanteile der einzelnen Stromkreise am Wohnungs-gesamtverbrauch in Prozent.

Stromkreis	Oktober		November		Dezember		Jänner		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Summe		Summe kWh	
	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag
3 Kochfeld	38,1%		25,0%		8,8%		8,3%		4,0%		4,7%		9,6%		4,2%		2,0%		5,1%		4,8%		4,9%		12,3%		290	
4 Woz+Küche	7,9%		10,1%		15,1%		16,8%		17,0%		16,0%		14,7%		12,0%		13,7%		12,3%		11,2%		12,4%		13,0%		305	
5 Geschirrspüler	3,2%		5,2%		6,0%		5,9%		5,4%		5,1%		8,1%		7,2%		4,5%		4,9%		4,6%		5,8%		5,4%		126	
6 Waschmaschine	21,8%		20,0%		23,7%		29,3%		31,9%		37,3%		27,2%		30,4%		29,6%		23,6%		25,4%		24,8%		26,8%		631	
7 Schuko Küche	8,2%		11,1%		16,4%		14,0%		17,0%		13,7%		17,9%		21,0%		22,9%		22,3%		21,5%		21,6%		16,2%		382	
8 Sz+Kzi	7,8%		12,0%		6,7%		6,0%		3,6%		6,3%		3,6%		3,8%		5,3%		10,3%		10,5%		8,9%		7,2%		170	
9 W+Bad+WC	5,0%		5,4%		7,8%		8,2%		8,6%		6,1%		4,3%		5,1%		4,0%		6,1%		4,5%		5,9%		5,9%		139	
10 Wohnraumlüftung	8,1%		11,3%		15,7%		11,3%		12,5%		10,8%		14,5%		16,4%		18,0%		15,3%		17,4%		15,7%		13,2%		311	
PV Photovoltaik	0,0%		1,2%		1,8%		1,1%		2,4%		4,0%		5,4%		5,7%		7,6%		5,9%		5,7%		3,7%		3,8%		77	
Summe	100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%			
Summe kWh	337,15		237,18		172,95		219,34		169,27		232,63		179,33		164,81		142,93		168,12		146,58		183,56		2354		2.354	

Diagramm 4: monatliche Verbrauchsanteile je Stromkreis in % in TOP RH 1-1

Der Haushaltstromverbrauch liegt innerhalb der Bandbreite der Richtwerte (vgl. Tabelle 8: Jahresstromverbrauch nach Haushaltsgröße).

Den höchsten Stromverbrauch weist der Betrieb der Waschmaschine auf, der im absoluten Vergleich mit den anderen Wohneinheiten (in [kWh], sh. nachfolgend) sehr hoch ist und dem Prozentsatz nach einem 4-Personen-Haushalt entspräche.

Möglichkeiten, den Stromverbrauch durch Waschmaschine zu senken:

- Energieeffizienteres Gerät. Effiziente Waschmaschinen haben die Effizienzklasse A+++ und weisen gegenüber einem Gerät der Klasse A eine Einsparung von 24% und gegenüber einem Gerät der Klasse B eine Einsparung von 51% des Stromverbrauches auf (Quelle: www.topprodukte.at)
- Eine Wascht Temperatur von 30° ist in Kombination mit üblichen Waschmitteln zu 99% keimtötend und bewirkt gegenüber einer Wascht Temperatur von 60° eine Minderung des Stromverbrauches um 65%, gegenüber 40° eine Minderung um 39% (Quelle: Stromsparbroschüre der eNu-NÖ)
- Auswahl der Gerätegröße nach den tatsächlichen Bedürfnissen, um Minderbelastungen zu vermeiden.

Der Betrieb der Wohnraumlüftung zeigt im Vergleich zu den anderen Wohneinheiten (sh. nachfolgend) einen höheren Stromverbrauch auf. Aus den Nutzerbefragungsbögen ist keine Besonderheit über die Betriebsgewohnheiten der Wohnraumlüftung zu erkennen. Aus der Nutzerbefragung ist jedoch ersichtlich, dass die Lüftungsanlage durchgehend mit hohem Luftwechsel in Betrieb war (Stufe 7, sh. auch Kap. 10.6.1).

10.2.2. TOP RH 2-7

Wohneinheit BGF: 189,67 m²

Wohnnutzfläche NF: 94,39 m²

Haushaltsgröße: 2 Personen

Die folgende Tabelle zeigt den Verbrauch der einzelnen Wohnungsstromkreise. Messdaten stehen für diese Wohnung erst ab Jänner 2014 zur Verfügung, da sie erst Ende 2013 bezogen wurde. Die Messdatenerfassung endet mit August 2014. Im Diagramm 5 und Tabelle 11 sind daher die Monate Oktober 2013, November 2013, August 2014, September 2014 grau unterlegt.

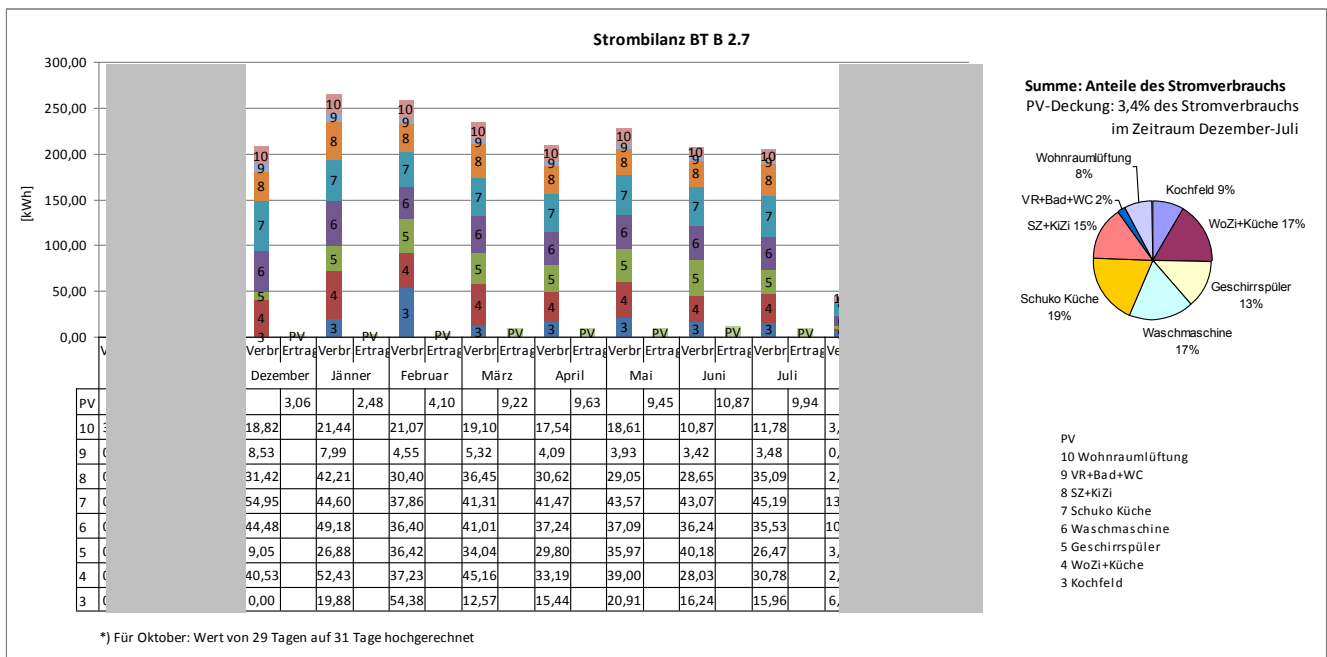


Diagramm 5: monatlicher Verbrauch je Stromkreis in kWh in TOP RH 2-7

Die folgende Tabelle zeigt die Verbrauchsanteile der einzelnen Stromkreise am Wohnungsgesamtverbrauch in Prozent.

Stromkreis	Oktober		November		Dezember		Jänner		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Dez-Juli	
	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag
3 Kochfeld	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,5%	21,1%	5,4%	7,4%	9,2%	7,9%	7,8%	14,7%	14,7%	8,6%	155										
4 WoZi+Küche	0,1%	12,8%	19,5%	19,8%	14,4%	19,2%	15,9%	17,1%	13,6%	15,1%	6,0%	16,9%	306													
5 Geschirrspüler	0,0%	0,4%	4,4%	10,2%	14,1%	14,5%	14,2%	15,8%	19,4%	13,0%	8,6%	13,2%	239													
6 Waschmaschine	0,0%	9,8%	21,4%	18,6%	14,1%	17,5%	17,8%	16,3%	17,5%	17,4%	23,9%	17,5%	317													
7 Schuko Küche	0,0%	5,0%	26,4%	16,9%	14,7%	17,6%	19,8%	19,1%	20,8%	22,1%	31,7%	19,4%	352													
8 SZ+KiZi	0,2%	6,1%	15,1%	16,0%	11,8%	15,5%	14,6%	12,7%	13,9%	17,2%	5,6%	14,5%	264													
9 VR+Bad+WC	0,4%	6,4%	4,1%	3,0%	1,8%	2,3%	2,0%	1,7%	1,7%	1,7%	0,6%	2,3%	41													
10 Wohnraumlüftung	99,3%	59,4%	9,1%	8,1%	8,2%	8,1%	8,4%	8,2%	5,3%	5,8%	8,8%	7,7%	139													
PV		0,0%	6,7%	1,5%	0,9%	1,6%	3,9%	4,6%	4,1%	5,3%	4,9%	19%	62													
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%														
Summe kWh	3,80	42,59	207,77	264,61	258,30	234,97	209,38	228,12	206,69	204,26	43,85	0,00	1814	1.814												

Tabelle 11: monatliche Verbrauchsanteile je Stromkreis in % in TOP RH 2-7

Da die Wohneinheit nur 8 Monate bewohnt war, wurde der Haushaltstromverbrauch mit dem Faktor 8/12 vermindert. Der Haushaltstromverbrauch liegt demnach innerhalb der Referenzbandbreite (vgl. Tabelle 8: Jahresstromverbrauch nach Haushaltsgröße). Den höchsten Stromverbrauch weist der Stromkreis Schuko-Steckdosen Küche auf, gefolgt vom Waschmaschinenstromkreis. Auch der Verbrauch der Raumbeleuchtung ist überdurchschnittlich hoch.

Es wird der Einsatz von energieeffizienteren Küchengeräten und LED-Beleuchtung empfohlen.

10.2.3. TOP RH 3-8

Wohneinheit BGF: 199,30 m²

Wohnnutzfläche NF: 99,89 m²

Haushaltsgröße: 3 Personen

Die folgende Tabelle zeigt den Verbrauch der einzelnen Wohnungsstromkreise.

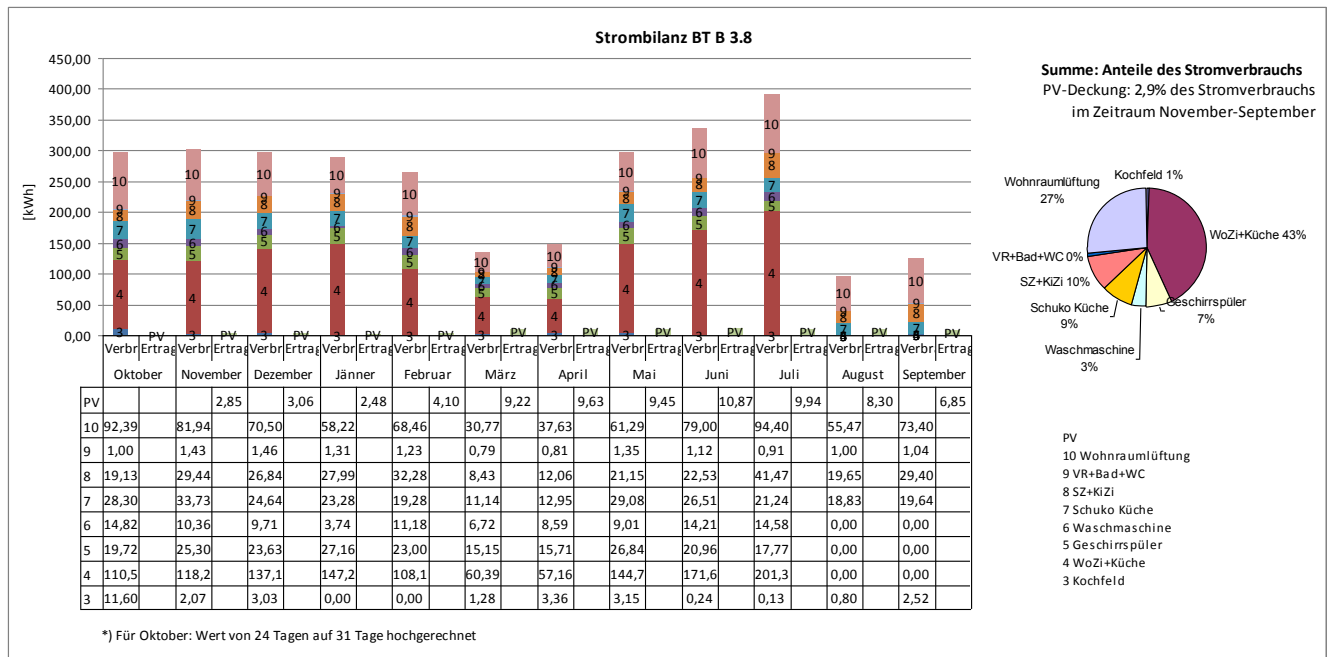


Diagramm 6: monatlicher Verbrauch je Stromkreis in kWh in TOP RH 3-8

Die folgende Tabelle zeigt die Verbrauchsanteile der einzelnen Stromkreise am Wohnungsgesamtverbrauch in Prozent.

Stromkreis	Oktober		November		Dezember		Jänner		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Summe		Summe kWh	
	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag
3 Kochfeld	3,9%		0,7%		1,0%		0,0%		0,0%		0,9%		2,3%		1,1%		0,1%		0,0%		0,8%		2,0%		0,9%		28	
4 WoZi+Küche	37,2%		39,1%		46,2%		51,0%		41,0%		44,8%		38,6%		48,8%		51,1%		51,4%		0,0%		0,0%		42,2%		1.257	
5 Geschirrspüler	6,6%		8,4%		8,0%		9,4%		8,7%		11,2%		10,6%		9,0%		6,2%		4,5%		0,0%		0,0%		7,2%		215	
6 Waschmaschine	5,0%		3,4%		3,3%		1,3%		4,2%		5,0%		5,8%		3,0%		4,2%		3,7%		0,0%		0,0%		3,5%		103	
7 Schuko Küche	9,5%		11,2%		8,3%		8,1%		7,3%		8,3%		8,7%		9,8%		7,9%		5,4%		19,7%		15,6%		9,0%		269	
8 SZ+KiZi	6,4%		9,7%		9,0%		12,2%		12,2%		6,3%		8,1%		7,1%		10,6%		20,5%		23,3%		20,5%		9,7%		290	
9 VR+Bad+WC	0,3%		0,5%		0,5%		0,5%		0,5%		0,6%		0,5%		0,5%		0,5%		0,3%		1,0%		0,8%		0,5%		13	
10 Wohnraumlüftung	31,1%		27,1%		23,7%		20,1%		26,0%		22,8%		25,4%		20,7%		23,5%		24,1%		57,9%		58,3%		27,0%		803	
PV Photovoltaik		0,0%		0,9%		1,0%		0,9%		1,6%		6,8%		6,5%		3,2%		3,2%		2,5%		9%		2,9%		77		
Summe	100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		2.979	
Summe kWh	297,52		302,45		297,00		288,97		263,56		134,66		148,26		296,61		336,24		391,90		95,76		126,00		2.979		2.979	

Tabelle 12: monatliche Verbrauchsanteile je Stromkreis in % in TOP RH 3-8

Der Haushaltstromverbrauch übersteigt die Bandbreite der Richtwerte um ca. 500 kWh (vgl. Tabelle 8: Jahresstromverbrauch nach Haushaltsgröße).

Der Verbrauch des Kochfeldstromkreises ist unterdurchschnittlich.

Auffallend ist der sehr hohe Stromverbrauch im Bereich Wohnzimmer/Küche, sowie des Betriebs der Wohnraumlüftung (vgl. Kap. 10.2, Haushaltsstrom im Vergleich des Wohnverhaltens).

Der Lüftungstromzähler in TOP RH3-8 zeigt im gesamten Beobachtungszeitraum weit höhere Stromverbräuche an, als die Herstellerdatenblätter angeben. Die Mieter gaben an, den voreingestellten mittleren Luftwechsel (Lüfterstufe 4) beibehalten zu haben. Aus den

Nutzerbefragungsbögen ist keine Besonderheit bezüglich der Lüftungsgewohnheiten zu erkennen (sh. auch Kap. 10.6.2).

Es ist zu prüfen, ob der hohe Stromverbrauch im Bedienungsverhalten der Wohnraumlüftung begründet ist.

Es wird der Einsatz von energieeffizienten Haushaltsgeräten und LED-Beleuchtungen empfohlen.

10.2.4. TOP 4-10

Wohneinheit BGF: 72,66 m²

Wohnnutzfläche NF: 56,31 m²

Haushaltsgröße: 1 Person

Die folgende Tabelle zeigt den Verbrauch der einzelnen Wohnungsstromkreise.

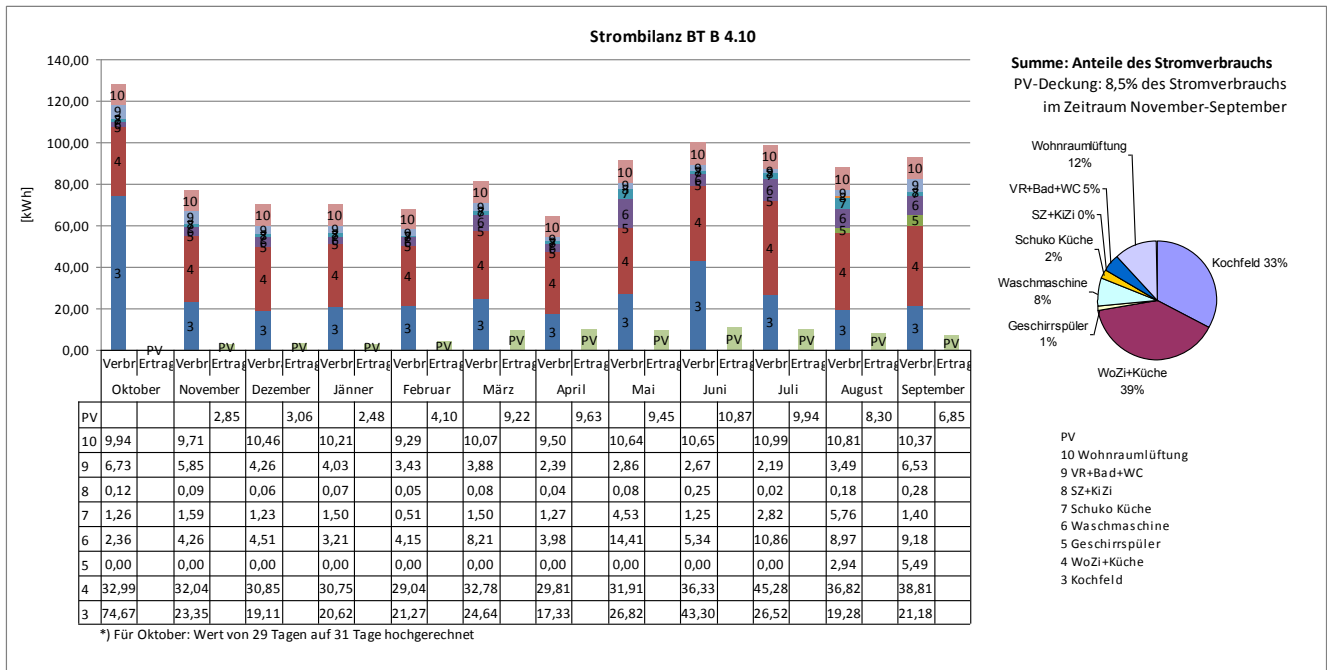


Diagramm 7: monatlicher Verbrauch je Stromkreis kWh in TOP WHG 4-10

Die folgende Tabelle zeigt die Verbrauchsanteile der einzelnen Stromkreise am Wohnungsgesamtverbrauch in Prozent.

Stromkreis	Oktober		November		Dezember		Jänner		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Summe:	Summe kWh
	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag		
3 Kochfeld	58,3%	30,4%	27,1%	29,3%	31,4%	31,4%	30,4%	26,9%	29,4%	43,4%	26,9%	21,9%	22,7%	32,8%	338											
4 WozI+Küche	25,8%	41,7%	43,8%	43,7%	42,9%	40,4%	46,3%	35,0%	43,4%	45,9%	41,7%	41,6%	39,5%	407												
5 Geschirrspüler	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,3%	5,9%	0,8%	8												
6 Waschmaschine	1,8%	5,5%	6,4%	4,6%	6,1%	10,1%	6,2%	15,8%	5,4%	11,0%	10,2%	9,8%	7,7%	79												
7 Schuko Küche	1,0%	2,1%	1,7%	2,1%	0,8%	1,8%	2,0%	5,0%	1,3%	2,9%	6,5%	1,5%	2,4%	25												
8 SZ+KIZi	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,0%	0,2%	0,3%	0,1%	1												
9 VR+Bad+WC	5,3%	7,6%	6,0%	5,7%	5,1%	4,8%	3,7%	3,1%	2,7%	2,2%	4,0%	7,0%	4,7%	48												
10 Wohnraumlüftung	7,8%	12,6%	14,8%	14,5%	13,7%	12,4%	14,8%	11,7%	10,7%	11,1%	12,3%	11,1%	11,9%	123												
PV Photovoltaik	0,0%	3,7%	4,3%	3,5%	6,0%	11,4%	15,0%	10,4%	10,9%	10,1%	9,4%	7,3%	8,5%	77												
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	111,4%	115,0%	110,4%	110,9%	110,1%	100,0%	100,0%	100,0%													
Summe kWh	128,07	76,88	70,48	70,39	67,75	81,15	64,33	91,25	99,80	98,68	88,24	93,24	1030	1.030												

Tabelle 13: monatlicher Verbrauchsanteile in % je Stromkreis in TOP WHG 4-10

Der Haushaltstromverbrauch liegt unter der Bandbreite der Richtwerte (vgl. Tabelle 8: Jahresstromverbrauch nach Haushaltsgröße).

Die größten Stromverbraucher sind die Stromkreise Kochfeld und Wohnzimmer/Küche (vgl. Kap. 10.2, Haushaltsstrom im Vergleich des Wohnverhaltens). Der Geschirrspüler weist dem gegenüber, und im Vergleich mit den übrigen untersuchten Wohnungen, einen außerordentlich geringen Stromverbrauch auf. Dies ist insofern bemerkenswert, als die Wohnungsbelegung nur eine Person umfasst; nähere Untersuchungen des Nutzerverhaltens scheinen angezeigt.

Es wird der Einsatz von energieeffizienten Haushaltsgeräten und LED-Beleuchtungen empfohlen.

10.2.5. TOP 4-25

Wohneinheit BGF: 98,53 m²

Wohnnutzfläche NF: 76,36 m²

Haushaltsgröße: 1 Person

Die folgende Tabelle zeigt den Verbrauch der einzelnen Wohnungsstromkreise.

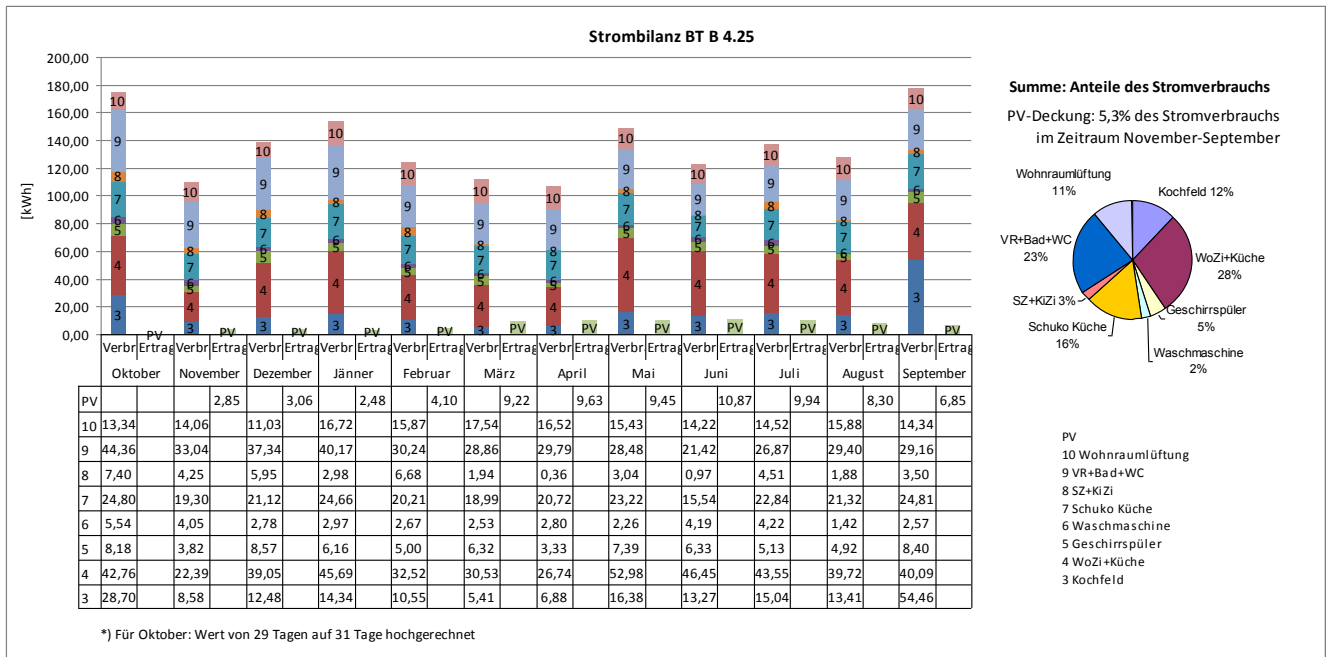


Diagramm 8: monatlicher Verbrauch je Stromkreis in kWh in TOP WHG 4-25

Die folgende Tabelle zeigt die Verbrauchsanteile der einzelnen Stromkreise am Wohnungs-gesamtverbrauch in Prozent.

Stromkreis	Oktober		November		Dezember		Jänner		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Summe: Verbrauch	Summe kWh
	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag		
3 Kochfeld	16,4%		7,8%		9,0%		9,3%		8,5%		4,8%		6,4%		11,0%		10,8%		11,0%		10,5%		30,7%		12,2%	199
4 WoZi+Küche	24,4%		20,5%		28,2%		29,7%		26,3%		27,2%		25,0%		35,5%		38,0%		31,9%		31,0%		22,6%		28,3%	462
5 Geschirrspüler	4,7%		3,5%		6,2%		4,0%		4,0%		5,6%		3,1%		5,0%		5,2%		3,8%		3,8%		4,7%		4,5%	74
6 Waschmaschine	3,2%		3,7%		2,0%		1,9%		2,2%		2,3%		2,6%		1,5%		3,4%		3,1%		1,1%		1,4%		2,3%	38
7 Schuko Küche	14,2%		17,6%		15,3%		16,0%		16,3%		16,9%		19,3%		15,6%		12,7%		16,7%		16,7%		14,0%		15,8%	258
8 SZ+KIZI	4,2%		3,9%		4,3%		1,9%		5,4%		1,7%		0,3%		2,0%		0,8%		3,3%		1,5%		2,0%		2,7%	43
9 VR+Bad+WC	25,3%		30,2%		27,0%		26,1%		24,4%		25,7%		27,8%		19,1%		17,5%		19,7%		23,0%		16,4%		23,2%	379
10 Wohnraumlüftung	7,6%		12,8%		8,0%		10,9%		12,8%		15,6%		15,4%		10,3%		11,6%		10,6%		12,4%		8,1%		11,0%	179
PV Photovoltaik	0,0%		2,6%		2,2%		1,6%		3,3%		8,2%		9,0%		6,3%		8,9%		7,3%		6%		3,9%		5,3%	77
Summe	100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		100,0%	
Summe kWh	175,07		109,50		138,32		153,67		123,73		112,12		107,13		149,17		122,39		136,68		127,94		177,32		1633	1.633

Tabelle 14: monatliche Verbrauchsanteile in % je Stromkreis in TOP WHG 4-25

Der Haushaltstromverbrauch liegt innerhalb der Bandbreite der Richtwerte (vgl. Tabelle 8: Jahresstromverbrauch nach Haushaltsgröße).

Den größten Verbrauch weist der Stromkreis Wohnzimmer/Küche auf. Auffällig ist der relativ hohe Stromverbrauch in Vorraum/Bad/WC: Es ist zu prüfen, ob weitere stromintensive Geräte betrieben werden (z.B. zusätzlicher Badstrahler o. dgl.)

Allgemein wird der Einsatz von energieeffizienten Geräten und LED-Beleuchtungen empfohlen.

10.3. Allgemeinstrom

Stromverbrauch der Allgemeinbereiche:

Die Verbrauchsdaten der Allgemeinbereiche stehen, abweichend vom Monitoringzeitraum der untersuchten Wohnungen, vom 4.11. 2013 bis 2.10.2014, also von 11 Monaten zur Verfügung. Die Ablesung erfolgte durchschnittlich zweimal im Monat.

Für einige Zählerpunkte sind Monatsdaten vor Oktober 2013 vorhanden.

Beginn der Aufzeichnungen:

Fehlende Daten für Oktober und November 2013 wurden aus Extrapolation aus dem Zeitraum zwischen 4. 11. 2013 und 27. 11. 2013 errechnet.

Ein Vergleich mit bekannten Daten ergibt für die Rückinterpolation maximal 0,45% Abweichung.

Ende der Aufzeichnungen:

Um die Daten auf 12 Monate zu erweitern, wurden Werte für den Zeitraum 3. 10. 2014 bis 31. 10. 2014 aus den Verbrauchswerten 17. 9. 2014 und 2. 10. 2014 extrapoliert.

Fehlende Werte für den 2. 10. 2014 wurden aus den beiden vorhergehenden Ablesewerten extrapoliert (betrifft: Zähler BT B1.1 Nr. 03414709, Subzählung Heizung (Zeilen 77,88,99)).

Verbrauchsdaten zu Monatsende:

Die exakten Werte zur Bestimmung des Stromverbrauchs am Monatsende wurden durch Interpolation aus den anschließenden Verbrauchsdaten zu Beginn des Folgemonats ermittelt.

Datenlücken:

Fehlende Verbrauchsdaten wurden durch Interpolation oder Extrapolation der angrenzenden bekannten Ablesewerte ermittelt, betrifft:

- Zähler BT B1.1 Nr. 03414709, Subzählung Heizung (Zeilen 77, 88, 99)
- Gehwegbeleuchtung (Mastleuchten) Zähler Nr. 344168 am 4.11.2013 (Zeile 14),
- Zähler BT B1.2 Nr. 03414718, Subzählung Heizung am 6.12.2013 (Zeile 72)

Korrigierte Daten :

Die übermittelten Daten zwischen dem 17. 4. 2014 und 29. 4. 2014 waren nicht chronologisch geordnet. Es besteht die Annahme eines Eingabefehlers: Durch Änderung von 17. 4. 2014 auf 17. 3. 2014 erscheinen die Daten plausibel.

Zähler M6, Licht Kellerräume (Zeile 9): Annahme eines Eingabefehlers: Korrektur von 255,4 auf 225,4. Der sich dadurch ergebende Verlauf erscheint plausibel.

Zähler BT C Nr. 03409203 (Zeile 31): Werte am 18. 2. 2014 nicht plausibel - Korrektur durch Interpolation.

Zähler BT B Nr. 03414711 (Zeile 115): Werte am 4. 3. 2014 nicht plausibel - Korrektur durch Interpolation.

Beispiel für fehlerhafte Quelldaten und deren Korrektur bzw. Ergänzung:

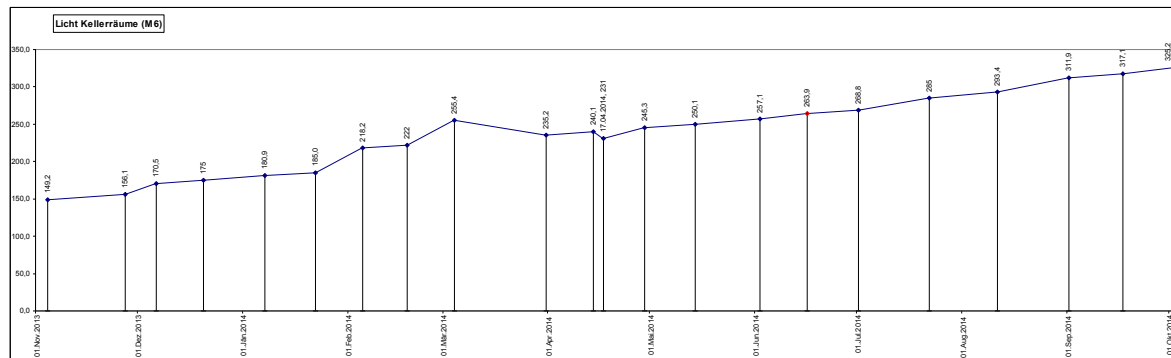


Diagramm 9: Jahresverlauf Strommessdaten Allgemeinbereiche

Der Kurvenverlauf kann bei kumulierenden Aufzeichnungen prinzipiell nicht absteigend sein, die zuvor beschriebenen Korrekturen und Ergänzungen ergeben einen plausiblen, ansteigenden Verlauf:

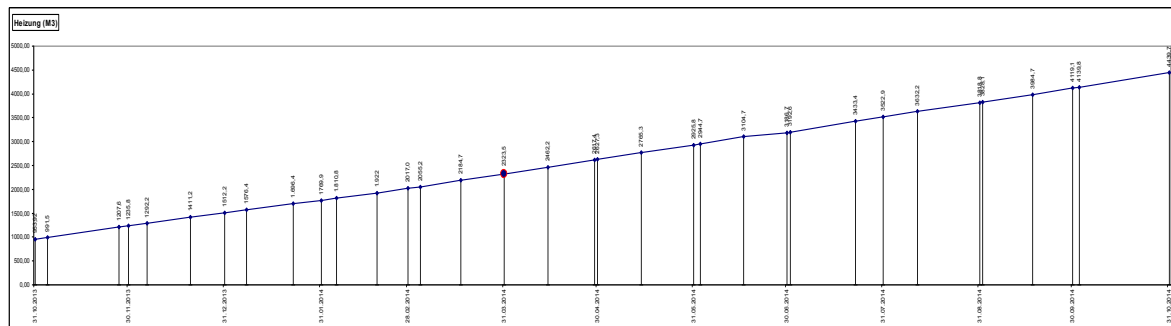


Diagramm 10: korrigierter Jahresverlauf Strommessdaten Allgemeinbereiche

Hauptgruppen des Stromverbrauchs im Allgemeinbereich:

- Heizung
- Beleuchtung etc.
- Allgemein
- Photovoltaik

10.3.1. Stromverbrauch Allgemeinbereiche und Ertrag aus PV-Anlage

In den nachfolgenden Tabellen 1 und 2 sind die monatlichen Verbräuche der Stromkreise im Allgemeinbereich und der Ertrag der PV-Anlage im Untersuchungszeitraum angegeben.

Die Stromverbrauch der Allgemeinbereiche wird gegliedert nach

Hauptgruppen: mit den Untergruppen:

- Summe Heizung:
 - BT C
 - BT B1.2
 - BT B1.1
 - BT B

Unter „Summe Heizung“ ist der Verbrauch der Pufferladepumpen, Heizungspumpen, Solarkreisumpen, etc. der Heizungsanlagen zu verstehen.

- Summe Beleuchtung etc.:
 - Aufzug BT C
 - Licht Laubengang BT C
 - Schwimmteich
 - Licht Müll- und Fahrradraum
 - Licht Kellerräume
 - Gehwegbeleuchtung
 - Verstärkeranlage Kabelplus

Unter „Summe Beleuchtung“ ist der Verbrauch von Gehwegbeleuchtung, Schwimmteich, etc., welche am Subzähler Bauteil C erfasst werden, zu verstehen.

- Summe Allgemein:
 - BT C
 - BT B1.2
 - BT B1.1
 - BT B

Unter „Summe Allgemein“ ist der Verbrauch der Beleuchtung, Hilfsstrom Steuerung, Drucksteigerungsanlage, etc. der vier Bauteile zu verstehen.

Stromzähler	November		Dezember		Jänner		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Summe
	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	
Heizung BT C	281,88		276,36		257,79		247,06		306,50		303,76		298,56		260,92		336,12		295,91		300,35		320,54		0,00		3.485,74
Heizung BT B 1.2	115,89		125,44		122,34		114,79		135,59		133,11		106,23		142,55		139,66		123,17		130,42		137,23		0,00		1.526,42
Heizung BT B 1.1	153,73		233,51		165,12		181,30		199,67		181,65		202,55		206,29		210,88		200,02		192,92		199,37		0,00		2.327,01
Heizung BT B	123,29		134,06		133,27		126,09		149,46		141,01		140,40		139,82		145,69		134,65		128,93		134,95		0,00		1.631,60
Summe Heizung	674,79		769,36		678,51		669,23		791,21		759,53		747,73		749,59		832,35		753,75		752,62		792,09		0,00		8.970,77
Aufzuganlage BT C	82,75		84,42		81,99		73,74		80,91		78,46		74,38		73,10		76,22		79,40		78,48		81,63		0,00		945,48
Licht Laubengang BT C	59,38		63,73		59,09		47,40		44,91		38,29		39,97		43,81		47,90		40,65		42,44		44,02		0,00		571,59
Schwimmbad													567,17		1057,63		1063,04		1059,80		1027,68		1058,34		0,00		5.833,66
Licht Müll- u. Fahrradraum	55,94		61,75		40,94		15,34		27,30		16,03		12,24		10,88		13,47		16,70		13,47		28,74		0,00		332,60
Licht Kellerräume	12,90		17,71		27,74		18,00		10,86		10,42		10,74		12,11		20,31		22,24		13,10		16,74		0,00		192,86
Drucksteigerungsanlage					46,45		125,13		142,01		144,94		156,22		108,71		170,83		162,21		152,26		161,61		0,00		1.370,39
Gehwegbeleuchtung (Masten)	285,67		242,10		217,64		165,75		175,14		140,13		123,99		92,28		117,95		140,89		168,90		183,93		0,00		2.054,37
Verstärkeranlage Kabelplus					24,58		65,71		73,31		72,15		73,93		74,23		75,70		75,39		73,32		75,64		0,00		683,96
Summe Beleuchtung etc.	496,64		469,71		498,43		511,08		554,46		500,43		1.058,63		1.472,74		1.585,42		1.597,28		1.584,91		1.655,19		0,00		11.984,91
Allgemein BT C	503,20		464,13		450,79		351,56		324,51		271,39		754,78		1032,36		1163,21		1247,70		1308,70		1365,03		0,00		9.237,37
Allgemein BT B 1.2	188,40		199,10		196,01		182,53		213,06		209,51		204,82		219,86		218,47		202,24		206,68		215,76		0,00		2.456,44
Allgemein BT B 1.1	152,30		202,18		199,16		192,68		102,99		284,42		204,46		213,26		213,60		202,64		194,12		200,53		0,00		2.362,33
Allgemein BT B	124,60		132,25		133,24		126,90		149,21		141,31		140,58		140,23		145,94		134,99		131,15		136,40		0,00		1.636,80
Summe Allgemein	968,50		997,66		979,20		853,67		789,77		906,63		1.304,65		1.605,70		1.741,21		1.787,56		1.840,65		1.917,72		0,00		15.692,93
Photovoltaik		142,52		152,98		124,25		204,79		460,86		481,73		472,58		543,28		496,75		415,22		342,36		388,53		0,00	4.225,85
Summe	2.139,93		2.236,73		2.156,14		2.033,97		2.135,44		2.166,59		3.111,01		3.828,03		4.158,98		4.138,59		4.178,18		4.365,01		0,00		40.874,46
Überschuss PV		48,70		66,59		47,30		89,32		244,19		231,31		143,59		49,29		37,20		37,92		18,54		25,63		0,00	1.039,57

Tabelle 15: monatlicher Stromverbrauch Allgemeinbereiche und PV-Ertrag in kWh

Stromzähler	November		Dezember		Jänner		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Summe
	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	Verbrauch	Ertrag	
Heizung BT C	13,2%		12,4%		12,0%		12,1%		14,4%		14,0%		9,6%		6,8%		8,1%		7,2%		7,2%		7,3%				8,5%
Heizung BT B 1.2	5,4%		5,6%		5,7%		5,6%		6,3%		6,1%		3,4%		3,7%		3,4%		3,0%		3,1%		3,1%				3,7%
Heizung BT B 1.1	7,2%		10,4%		7,7%		8,9%		9,4%		8,4%		6,5%		5,4%		5,1%		4,8%		4,6%		4,6%				5,7%
Heizung BT B	5,8%		6,0%		6,2%		6,2%		7,0%		6,5%		4,5%		3,7%		3,5%		3,3%		3,1%		3,1%				4,0%
Summe Heizung																											21,9%
Aufzuganlage BT C	3,9%		3,8%		3,8%		3,6%		3,8%		3,6%		2,4%		1,9%		1,8%		1,9%		1,9%		1,9%				2,3%
Licht Laubengang BT C	2,8%		2,8%		2,7%		2,3%		2,1%		1,8%		1,3%		1,1%		1,2%		1,0%		1,0%		1,0%				1,4%
Schwimmbad	0,0%		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%		18,2%		27,6%		25,6%		25,6%		24,6%		24,2%				14,3%
Licht Müll- u. Fahrradraum	2,6%		2,8%		1,9%		0,8%		1,3%		0,7%		0,4%		0,3%		0,3%		0,4%		0,7%		0,8%				0,8%
Licht Kellerräume	0,6%		0,8%		1,3%		0,9%		0,5%		0,5%		0,3%		0,3%		0,5%		0,5%		0,3%		0,4%				0,5%
Drucksteigerungsanlage	0,0%		0,0%		2,2%		6,2%		6,7%		6,7%		5,0%		2,8%		4,1%		3,9%		3,6%		3,7%				3,4%
Gehwegbeleuchtung (Masten)	13,3%		10,8%		10,1%		8,1%		8,2%		6,5%		4,0%		2,4%		2,8%		3,4%		4,0%		4,2%				5,0%
Verstärkeranlage Kabelplus	0,0%		0,0%		1,1%		3,2%		3,4%		3,3%		2,4%		1,9%		1,8%		1,8%		1,8%		1,7%				1,7%
Summe Beleuchtung etc.																											17,7%
Allgemein BT C	23,5%		20,8%		20,9%		17,3%		15,2%		12,5%		24,3%		27,0%		28,0%		30,1%		31,3%		31,3%				22,6%
Allgemein BT B 1.2	8,8%		8,9%		9,1%		9,0%		10,0%		9,7%		6,6%		5,7%		5,3%		4,9%		4,9%		4,9%				6,0%
Allgemein BT B 1.1	7,1%		9,0%		9,2%		9,5%		4,8%		13,1%		6,6%		5,6%		5,1%		4,9%		4,6%		4,6%				5,8%
Allgemein BT B	5,8%		5,9%		6,2%		6,2%		7,0%		6,5%		4,5%		3,7%		3,5%		3,3%		3,1%		3,1%				4,0%
Summe Allgemein																											40,0%
Photovoltaik		6,4%		7,1%		6,1%		9,6%		21,3%		15,5%		12,3%		13,1%		12,0%		9,9%		7,8%				0,0%	10,3%
Summe	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		0,0%		122%

Tabelle 16: monatliche Anteile Stromverbrauch Allgemeinbereiche und anteiliger PV-Ertrag in %

Tabelle 15 zeigt, dass der PV-Gesamtertrag im Beobachtungszeitraum 4.226 kWh betrug. Davon wurden 1.040 kWh als Überschuss in das öffentliche Netz eingespeist, es wurden also ca. 75% direkt genutzt.

10.3.2. Allgemeinstromverbrauch und Ertrag aus Photovoltaik

In den nachfolgenden Diagrammen 11 und 12 sind die monatlichen Verbräuche, aufgeteilt nach den Allgemeinbereich-Hauptgruppen, und der Ertrag der PV-Anlage im Untersuchungszeitraum angegeben.

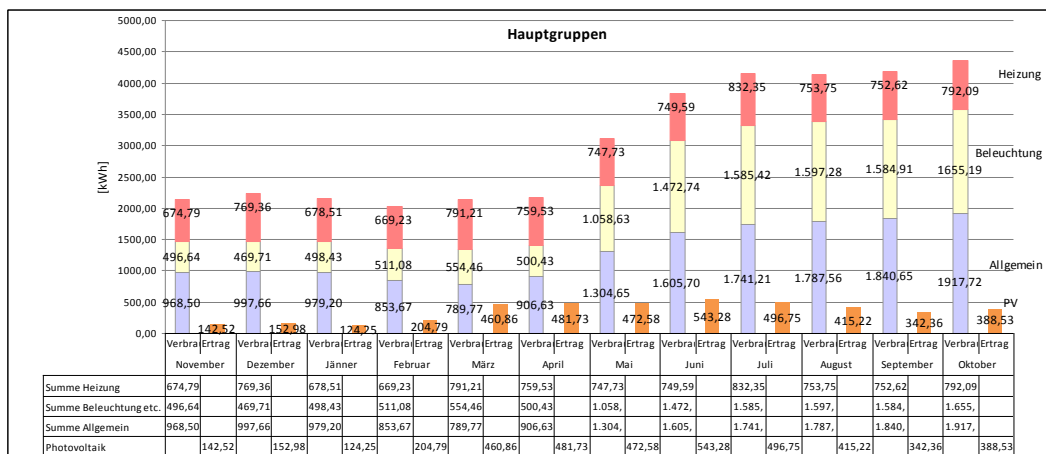


Diagramm 11: monatlicher Stromverbrauch der Hauptgruppen im Allgemeinbereich und anteiliger PV-Ertrag in kWh

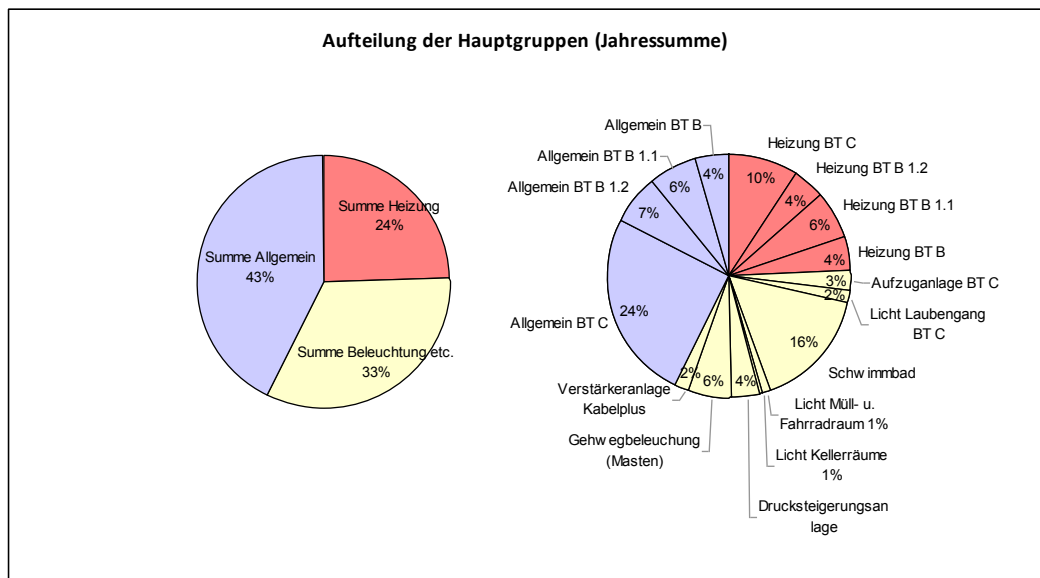


Diagramm 12: prozentuelle Verbrauchsanteile der Hauptgruppen im Allgemeinbereich in %

Anhand des Kreisdiagramms (Diagramm 12) ist zu erkennen, dass die Gruppe Allgemeinstromverbrauch sowie die Gruppe Heizung im Bauteil C (Schwimmteich nicht berücksichtigt, da dieser allen Bauteilen zuzuordnen ist) die größten jährlichen Verbrauchsanteile aufweisen. Es ist anzumerken, dass Bauteil C die Hälfte aller Wohneinheiten in der Gesamtanlage beinhaltet, und der Stromverbrauch der zugeordneten Allgemeinbereiche im Vergleich mit anderen Bauteilen signifikant höher ist.

In den nachfolgenden Tabellen 3, 4 und 5 sind die monatlichen Verbräuche innerhalb der Hauptgruppen, weiter gegliedert nach Untergruppen, im Untersuchungszeitraum angegeben.

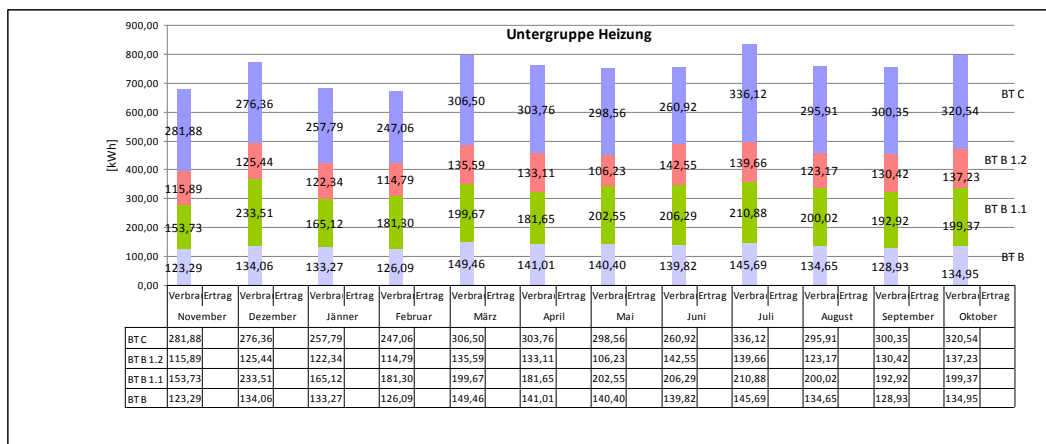


Diagramm 13: monatlicher Stromverbrauch Untergruppe "Heizung" im Allgemeinbereich in kWh

Der Stromverbrauch der den Heizungsanlagen zugeordneten technischen Ausrüstung ist im Beobachtungszeitraum in etwa gleichbleibend (Diagramm 13), d. h. die Aggregate der Wärmeversorgung (Pumpen für die Pufferladung, für die Wärmeverteilung, für die Solaranlagen, etc.) sind ganzjährig im gleichbleibenden Ausmaß in Betrieb.

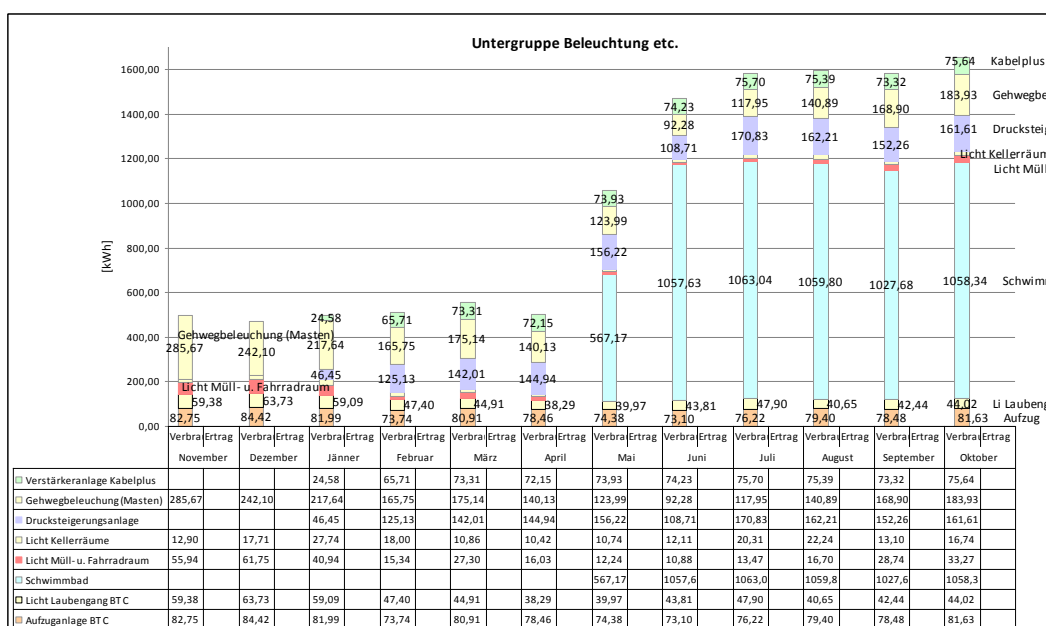


Diagramm 14: monatlicher Stromverbrauch Untergruppe "Beleuchtung" im Allgemeinbereich in kWh

In der Untergruppe „Beleuchtung“ weist der Betrieb des Schwimmteiches (Umwälzpumpen, Filteranlage, Beleuchtung, etc.) mit Abstand den größten Verbrauch auf (Diagramm 14). Der Betrieb des Schwimmteiches startete im Mai 2014 und endete im Oktober 2014. Möglicherweise besteht Optimierungspotential durch Förderung der biologischen Wasserfiltration des Schwimmteiches und, damit verbunden, Reduzierung des elektrischen Energieaufwandes für die mechanische Reinigung und Umwälzung.

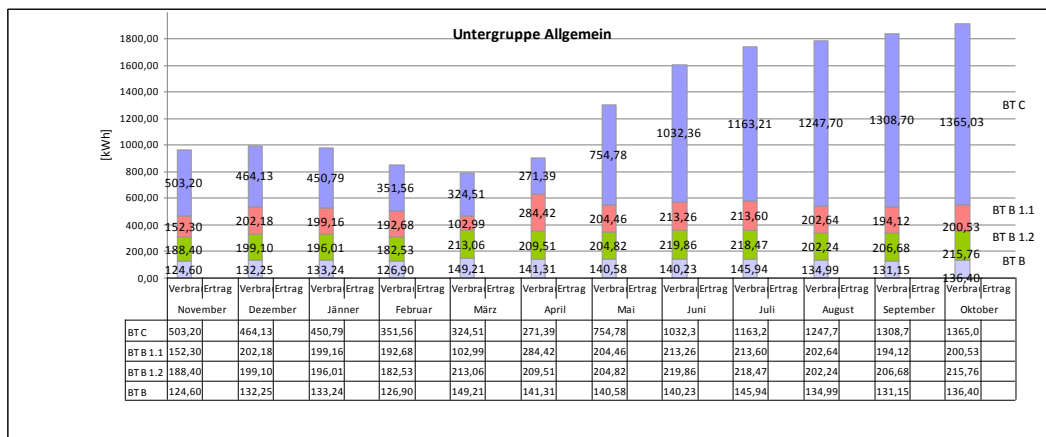


Diagramm 15: monatlicher Stromverbrauch Untergruppe "Allgemein" im Allgemeinbereich in [kWh]

Diagramm 15 veranschaulicht den im Vergleich mit anderen Bauteilen signifikant höheren Stromverbrauch der dem Bauteil C zugeordneten Allgemeinbereiche, da dieser die Hälfte aller Wohneinheiten in der Gesamtanlage beinhaltet.

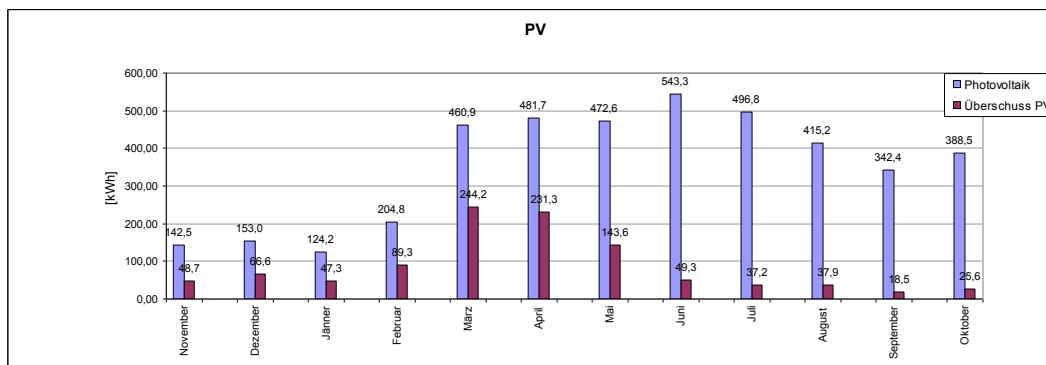


Diagramm 16: monatlicher Stromertrag der PV-Anlage in [kWh]

Erläuterung zu Diagramm 16:

Die Säule „Überschuss PV“ kennzeichnet denjenigen Stromertrag, der in den Allgemeinbereichen der Wohnhausanlage nicht unmittelbar nutzbar war, und daher in das öffentliche Stromnetz gespeist wurde.

PV-Anlage liefert grundsätzlich mehr Strom, als von den Allgemeinbereichen benötigt. Dies ist an der Einspeisung von mehr als 50% des solar erzeugten Stroms ins Netz ersichtlich.

Es fällt auf, dass der Ertragsüberschuss der PV-Anlage ab Mai 2014 bis zum Untersuchungsende im Oktober 2014 abnimmt. Dies scheint mit dem Anstieg des Stromverbrauchs für den Betrieb des Schwimmteiches zu korrelieren (vgl. Diagramm 14).

Die PV-Anlage kann also insgesamt den Strombedarf der Allgemeinbereiche unmittelbar abdecken, womit nur ein geringer Überschuss in das öffentliche Netz einzuspeisen ist.

Mit der Zielsetzung, nur den Eigenstrombedarf abzudecken, ohne Berücksichtigung des Schwimmteichs, erscheint die PV-Anlage aus ökonomischer Sicht als überdimensioniert. Aus ökologischer Sicht ist die Dimensionierung aber durchaus vertretbar, weil durch die Überschussstromeinspeisung Strombezug aus anderen (fossilen) Energieerzeugungsquellen vermindert werden kann.

Die PV-Anlage erweist sich jedenfalls als ausreichend groß dimensioniert, um den nicht unbeträchtlichen Strombedarf der Schwimmteichfilterung und –umwälzung abzudecken.

10.4. Wärmeverbrauch Heizung und Warmwasserbereitung

Es wurden folgende Wärmeverbrauchsablesungen durchgeführt:

- Ablesung des Gesamtbauteils (Gesamter Fernwärmeverbrauch ohne Aufteilung in Heizung und Warmwasser)
- Ablesung je Wohneinheit (Heizung und Warmwasser getrennt vorhanden)

Zu Ablesung des Gesamtbauteils:

Die Verbrauchsdatenaufzeichnungen stehen von 13. 9. 2013 bis 15. 10. 2014 zur Verfügung, wobei die vollständigen Monatsdaten von 1. 10. 2013 bis 30. 9. 2014 in die Auswertungen übernommen wurden.

Für die Zuordnung zur Monatsbilanzierung der Bedarfsberechnung des Energieausweises wurden die Monatsverbräuche chronologisch geordnet: Beginn der Verbrauchsdokumentation Jänner 2014 bis September 2014, darauf folgt Oktober 2013 bis Dezember 2013.

Im Rahmen der Datenauswertung wurden die gemessenen Energieverbräuche für Raumheizung und Warmwasserbereitung den Ergebnissen der Bedarfsberechnung im Energieausweis (OIB RL6:2007) gegenübergestellt. Die Datenauswertungen sind anhand der ausgewählten fünf Referenzwohnungen in den nachfolgenden Unterkapiteln dokumentiert.

Energiebedarfsermittlung im Energieausweis

Blatt 2 des Energieausweises am Beispiel Bauteil B1.2:

Energieausweis für Wohngebäude				ecotec Niederösterreich		
gemäß Önorm H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG				OIB Österreichisches Institut für Bautechnik		
GEBÄUDEDATEN						
Brutto-Grundfläche	1.816,57 m ²					
beheiztes Brutto-Volumen	6.066,6 m ³					
charakteristische Länge (lc)	2,20 m					
Kompaktheit (A/V)	0,45 1/m					
mittlerer U-Wert (Um)	0,32 W/m ² K					
LEK-Wert	23					
KLIMADATEN						
Klimaregion	N					
Seehöhe	232 m					
Heizgradtage	3524 Kd					
Heiztage	154 d					
Norm-Außentemperatur	-14,6 °C					
mittlere Innentemperatur	20 °C					
WÄRME- UND ENERGIEBEDARF						
	Referenzklima		Standortklima		Anforderungen	
	zonenbezogen	spezifisch	zonenbezogen	spezifisch		
HWB	31.399 kWh/a	17,28 kWh/m ² a	34.560 kWh/a	19,02 kWh/m ² a	32,57 kWh/m ² a	erfüllt
WWWB			23.207 kWh/a	12,78 kWh/m ² a		
HTEB-RH			19.207 kWh/a	10,57 kWh/m ² a		
HTEB-WW			33.608 kWh/a	18,50 kWh/m ² a		
HTEB			64.330 kWh/a	35,41 kWh/m ² a		
HEB			122.081 kWh/a	67,20 kWh/m ² a		
EEB			122.081 kWh/a	67,20 kWh/m ² a	93,96 kWh/m ² a	erfüllt
PEB						
CO2						

Abbildung 13: Energieausweisdeckblatt Seite 2

Heizwärmebedarf HWB:

Der Heizwärmebedarf ist die errechnete Energiemenge, die je Gebäudenutzfläche (Bruttogrundfläche) innerhalb der Heizperiode zuzuführen ist, um die gewünschte Innentemperatur (20°C) aufrechtzuerhalten, z. B. durch Heizkörper, an einen beheizten Raum abgegeben wird.

Warmwasserwärmebedarf WWWB:

Der Warmwasserwärmebedarf ist die Energiemenge, die zur Erwärmung dem Wasser mit Trinkwasserqualität zugeführt werden muss. Verluste bei der Energieumwandlung (z. B. Verluste des Heizkessels), der Verteilung und sonstige technische Verluste sind nicht enthalten.

Heizwärmebedarf und Warmwasserwärmebedarf sind Nutzenergien.

Heizenergiebedarf HEB:

Die Endenergiemenge, die dem Energiesystem des Gebäudes zugeführt werden muss, um den Heizwärmebedarf und den Warmwasserwärmebedarf eines Gebäudes zu decken. Die Heizenergie ist gleich der Heizwärme zuzüglich der Verluste in der Heizungsanlage und in der Verteilung.

Heiztechnikenergiebedarf HTEB:

Der Heiztechnikenergiebedarf ist die Energiemenge, die für den Betrieb des Heizsystems notwendig ist, wie Umlaufpumpen der Zentralheizung, Gebläse der Feuerung bei Holzvergaser und Pellets, Motor des Förderers bei Pellets und Hackschnitzel, Steuerelektronik, usw.

Der HTEB besteht aus dem Haustechnikenergiebedarf für Raumheizung (HTEB-RH) und dem Haustechnikenergiebedarf für Warmwasser (HTEB-WW).

Monatsbilanzierung im Energieausweis

am Beispiel eines Bauteils der WHA Gneixendorf III

Wärmebedarf Standort

Projekt: **GzI.: 10180 WHA Gneixendorf BA III**

Datum: 30. November 2012

Monatliche Berechnung des Wärmebedarfs:

Standort	Krems an der Donau	
Klimaregion	N	
Seehöhe	232	m
LT	884,27	W/K
LV	107,91	W/K
Innentemperatur	20	°C
t_Heiz,d	24	h/d
q_ihn	3,75	W/m²
BGF	1.818,57	m²
C	121.331,90	Wh/K

Monate	Trans- verluste [kWh/a]	Lüft- verluste [kWh/a]	Wärme- verluste [kWh/a]	Innere Gewinne [kWh/a]	Solare Gewinne [kWh/a]	Gesamt- gewinne [kWh/a]	Gewinn/ verlust Verhältn.	Nutz- grad	Bedarf [kWh/a]
Jan	14.410	1.758	16.168	4.055	2.043	6.097	0,38	1,00	10.071,5
Feb	11.854	1.447	13.301	3.662	3.423	7.085	0,53	1,00	6.229,8
Mar	10.539	1.286	11.826	4.055	5.383	9.438	0,80	0,97	2.693,6
Apr	7.132	870	8.002	3.924	7.076	10.999	1,37	0,71	146,2
Mai	4.287	523	4.810	4.055	9.070	13.124	2,73	0,37	0,5
Jun	2.169	265	2.433	3.924	8.985	12.909	5,31	0,19	0,0
Jul	1.128	138	1.265	4.055	9.122	13.177	10,41	0,10	0,0
Aug	1.432	175	1.606	4.055	8.284	12.339	7,68	0,13	0,0
Sep	3.688	450	4.138	3.924	6.278	10.202	2,47	0,41	1,0
Okt	7.286	889	8.175	4.055	4.382	8.437	1,03	0,88	736,8
Nov	10.407	1.270	11.677	3.924	2.202	6.126	0,52	1,00	5.562,4
Dez	13.172	1.607	14.779	4.055	1.608	5.663	0,38	1,00	9.117,6
Summe	87.502	10.678	98.180	47.739	67.857	115.596	1,18	0,55	34.560

Abbildung 14: Beispiel Monatsbilanzierung, Dokumentation im Energieausweis

In der Monatsbilanz wird der Heizwärmebedarf HWB ermittelt:

Gewinne und Verluste werden monatlich bilanziert, wobei die Gewinne ggf. durch einen Nutzungsgrad, der die Wärmespeicherung des Gebäudes sowie die Dauer der Heizperiode berücksichtigt, reduziert werden.

Die Summe der derart ermittelten monatlichen Bedarfe ergibt den jährlichen Heizwärmebedarf (vgl. vorangegangene Abbildungen 39 und 40).

Erläuterung zu den Tabellendarstellungen in den nachfolgenden Unterkapiteln der Bauteil-Bilanzierungen:

Es werden zwei Arten der Verbrauchsermittlung gegenübergestellt:

- Ablesung des Verbrauchs einer Wohneinheit
- Ablesung des Gesamtverbrauchs des Bauteils

Da es sich beim Energieausweis um Nutzenergiebedarfe handelt, die Messdaten jedoch Endenergieverbräuche darstellen, kann ein direkter Verbrauchsvergleich nicht angestellt werden. Es lassen sich jedoch Analogien herausarbeiten.

Da die Messwerte nicht vom ganzen Jahr 2014 vorliegen, werden bei den Verbrauchsangaben des Gesamtbauteils die vorhandenen Messdaten aus dem gleichen Zeitraum 2013 linear angereicht (in den entsprechenden Tabellen gelb hinterlegt).

Die folgenden Tabellen 17 bis 20 zeigen zum einen die monatsweise Energiebedarfsermittlung („Heizwärmebedarf“) des jeweiligen Gesamtbauteils im Energieausweis in [kWh/a] und im Vergleich dazu den monatlichen Wärmeverbrauch für Raumheizung (RH) und Warmwasserbereitung (WW), sowohl für den Gesamtbauteil als auch für die darin befindliche untersuchte Wohneinheit.

Die zugehörigen Diagramme 17 bis 28 vergleichen im Einzelnen die Bedarfe Heizwärmebedarf und Warmwasserwärmebedarf aus dem Energieausweis mit den von den Wohnungswärmemengenzählern abgelesenen Verbräuchen für Raumheizung und Warmwasserbereitung, in denen auch die Wärmeverluste vom zentralen Pufferspeicher zu den Wohnungsübergabestationen enthalten sind.

Spaltengruppe „Verbrauchsablesung / Gesamtbauteil“:

In Spalte „Abweichung gg. HWB+WWWB“ wird die prozentuelle Abweichung der Ablesung „RH+WW“ des Gesamtbauteils von der Bedarfsprognose „HWB+WWWB“ aus dem Energieausweis ausgedrückt (Farbmarkierung orange).

Spaltengruppe „Bedarf aus Energieausweis“:

Aus dem für die den Gesamtbauteil vorliegenden Energieausweis sind der Heizwärmebedarf „HWB“ und der Warmwasserwärmebedarf „WWWB“ entnommen, wobei die auf den Jahreszeitraum bezogene WWWB-Angabe im Energieausweis (kWh/a) auf gewichtete Monatswerte aufgeteilt wurde.

Die Spalte „rechnerischer Verbrauch je Whg“ leitet aus der Ablesung des Wärmeverbrauchs des Gesamtbauteils den Wärmebedarf „HWB“ und „WWWB“ je Wohnung ab, um die Bedarfsannahme für den Vergleich der wohnungsweisen Verbrauchsablesungen „RH“ und „WW“ zu ermöglichen (sh. Farbmarkierungen grün und blau).

Kursive Werte in grauer Schrift stellen extrapolierte Werte aus den monatlichen Energieausweisdaten dar (aus den Spalten „HWB“ und „WWWB“).

Spaltengruppe „Verbrauchsablesung / Abl. Wohneinh.“:

Die Spalte „Abweichung RH gg. rechn. HWB“ zeigt für die untersuchte Wohnung die prozentuelle Abweichung des tatsächlichen Wärmeverbrauchs für Raumheizung gegenüber den für die Wohnung theoretisch ermittelten Bedarfswerten (Farbmarkierung grün).

Die Spalte „Abweichung WW gg. rechn. WWWB“ zeigt für die untersuchte Wohnung die prozentuelle Abweichung des tatsächlichen Wärmeverbrauchs für Warmwasserbereitung gegenüber den für die Wohnung theoretisch ermittelten Bedarfswerten (Farbmarkierung blau).

10.4.1. Energiebilanzierung „Typ_A gestaffelt“, Bauteil A, Top RH1-1

Der Energieausweis wurde über alle 5 L-Förmigen Häuser gerechnet. Kellergeschoß und Erdgeschoß befinden sich innerhalb der thermischen Hülle.

Bauteil BGF: 1252,54 m²

Wohneinheit BGF: 250,51 m²

Haushaltsgröße: 2 Personen

Im Bauteil A sind fünf Wohneinheiten untergebracht.

	Bedarf aus Energieausweis						Verbrauchsablesung					
				Rechner. Verbrauch je Whg /5			Gesamtbauteil		Abl. Wohneinh. RH1-1			
	HWB [kWh]	WWWB [kWh]	HWB+WWWB [kWh]	HWB [kWh]	WWWB [kWh]	RH+WW [kWh]	HWB + WWWB [%]	Abweichung gg. RH [kWh]	Abweichung gg. WW [kWh]	Abweichung RH gg. rech. HWB [%]	Abweichung WW gg. rech. WWWB [%]	
Jän	7.791,70	1.358,99	9.150,69	1.838,34	271,80							
Feb	5.723,90	1.227,47	6.951,37	1.144,78	245,49			1.564	60	1.624	+ 36,6%	- 75,6%
Mär	3.959,20	1.358,99	5.318,19	791,84	271,80			1.154	128	1.282	+ 45,7%	- 52,9%
Apr	1.226,50	1.315,15	2.541,65	245,30	263,03			701	101	802	+ 185,9%	- 61,7%
Mai	36	1.358,99	1.394,99	7,20	271,80			468	120	587		- 56,0%
Jun	0,1	1.315,15	1.315,25	0,02	263,03			70	155	224		- 41,3%
Jul	0	1.358,99	1.358,99	0,00	271,80			0	191	191		- 29,7%
Aug	0	1.358,99	1.358,99	0,00	271,80			145	157	302		- 42,1%
Sep	30,1	1.315,15	1.345,25	6,02	263,03			355	120	475		- 54,4%
Okt	1.734,20	1.358,99	3.093,19	346,84	271,80							
Nov	4.742,30	1.315,15	6.057,45	948,46	263,03							
Dez	6.946,30	1.358,99	8.305,29	1.389,26	271,80							
Summe	32.190	16.001	48.191,30	2.195,16	2.121,78			4.457	1.031	5.488	+ 103,1%	- 51,4%
Summe während Ablesungszeitraum WE:	10.976											

Tabelle 17: Vergleich Energiebedarf und -verbrauch Bauteil A, Top RH1-1

Tabelle 17 zeigt den Vergleich des prognostizierten Wärmeverbrauchs aus dem Energieausweis mit den Verbrauchsablesungen im Bauteil und in der untersuchten Wohnung.

Bauteil A wird von der Heizstation in Bauteil B1.1 mitversorgt, daher sind für den Bauteil A keine eigenen Verbrauchsdaten („Ableseung Gesamtbauteil“) vorhanden und in der Tabelle nicht dokumentiert.

Das Diagramm 17 zeigt für die untersuchte Wohnung den Vergleich des gemessenen Wärmeverbrauchs für Raumheizung gegenüber dem Heizwärmebedarf aus dem Energieausweis im Beobachtungszeitraum (ab Oktober 2014 liegen keine Aufzeichnungen vor).

Vgl. mit den grün gekennzeichneten Spalten in Tabelle 17.

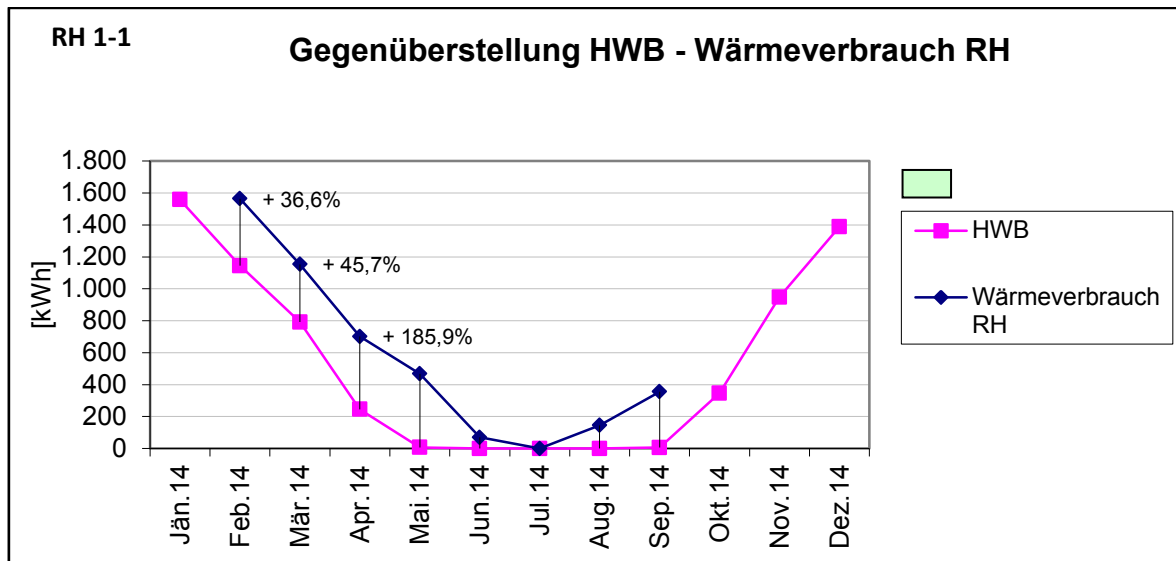


Diagramm 17: Vergleich Heizwärmebedarf mit Wärmeverbrauch der Raumheizung in TOP RH1-1

Diagramm 17 zeigt, dass der monatlich gemessene Heizwärmeverbrauch der Wohnung durchwegs größer als der im Energieausweis prognostizierte Wärmebedarf ist. Der gemessene Wärmeverbrauch beinhaltet die Wärmeverteilverluste zwischen dem Wärmemengenzähler (an der Fernwärmeübergabestation bzw. am Pufferspeicher) und dem Ort der Wärmabgabe (Flächenheizung bzw. Radiatoren). Wodurch die generell höheren Verbrauchswerte gegenüber der Bedarfsprognose zu erklären sind.

Die in Diagramm 17 ersichtlichen, signifikant großen Abweichungen zwischen der Verbrauchsablesung und der Bedarfsprognose erscheinen im Vergleich mit den anderen untersuchten Wohnungen (sh. nachfolgende Unterkapitel) nutzerspezifisch, insbes. bedarf der Wärmeverbrauch für Raumheizung im Zeitraum Juni bis September genauerer Überprüfung.

Das Diagramm 18 zeigt für die untersuchte Wohnung den Vergleich des gemessenen Wärmeverbrauchs für Warmwasserbereitung gegenüber dem monatlich errechneten Warmwasserwärmebedarf aus dem Energieausweis im Beobachtungszeitraum (ab Oktober 2014 liegen keine Aufzeichnungen vor).

Vgl. mit den blau gekennzeichneten Spalten in Tabelle 17.

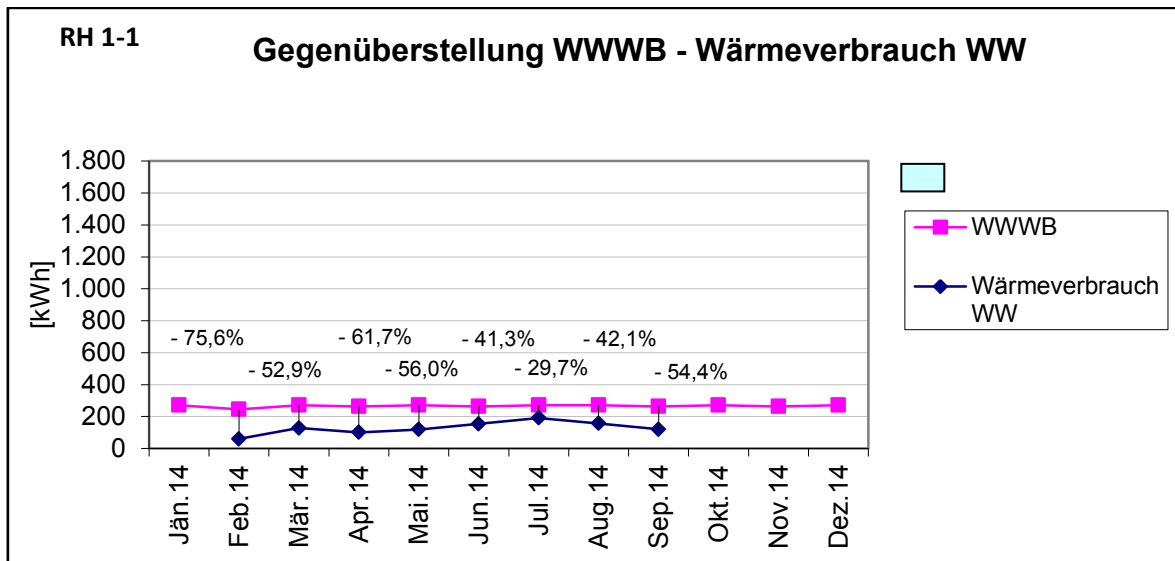


Diagramm 18: Vergleich Warmwasserwärmebedarf mit Wärmeverbrauch Warmwasser in TOP RH1-1

Diagramm 18 zeigt, dass der gemessene monatliche Warmwasserwärmeverbrauch in der Wohnung durchwegs geringer als die aus dem Energieausweis errechnete Prognose im Beobachtungszeitraum ist (ab Oktober 2014 liegen keine Aufzeichnungen vor).

10.4.2. Energiebilanzierung "Typ_B1, Bauteil B1.2, Top RH3-8

Der Energieausweis wurde über ein Reihenhaus mit 6 Wohneinheiten gerechnet. Kellergeschoß, Erdgeschoß und Obergeschoß befinden sich innerhalb der thermischen Hülle.

Bauteil BGF: 1195,78m²

Wohneinheit BGF: 199,30 m²

Haushaltsgröße: 3 Personen

	Bedarf aus Energieausweis						Verbrauchsablesung						
	HWB [kWh]	WWWB [kWh]	HWB+WWWB [kWh]	Rechner. Verbrauch je Whg /6		Gesamtbauteil		Abl. Wohneinh. RH3-8					
				HWB [kWh]	WWWB [kWh]	RH+WW [kWh]	Abweichung gg. HWB + WWWB [%]	RH [kWh]	WW [kWh]	RH+WW [kWh]	Abweichung RH gg. rech. HWB [%]	Abweichung WW gg. rech. WWWB [%]	
Jän	5.513,60	1.297,41	6.811,01	918,83	216,24	6548	-3,9%						
Feb	3.334,40	1.171,86	4.506,26	555,73	195,31	4556	+1,1%	603	93	696	+8,4%	-52,4%	
Mär	1.573,30	1.297,41	2.870,71	262,22	216,24	2125	-26,0%	327	120	447	+24,9%	-44,7%	
Apr	155,30	1.255,56	1.410,86	25,88	209,26	1262	-10,6%	200	91	291	+673,8%	-56,7%	
Mai	1	1.297,41	1.298,41	0,17	216,24	1340	+3,2%	156	78	233		-64,1%	
Jun	0	1.255,56	1.255,56	0,00	209,26	177	-85,9%	43	67	110		-67,9%	
Jul	0	1.297,41	1.297,41	0,00	216,24	156	-88,0%	28	43	71		-80,3%	
Aug	0	1.297,41	1.297,41	0,00	216,24	1160	-10,6%	83	58	142		-73,1%	
Sep	0,6	1.255,56	1.256,16	0,10	209,26	535	-57,4%	83	64	147		-69,6%	
Okt	322,30	1.297,41	1.619,71	53,72	216,24	3028	+86,9%						
Nov	2.860,20	1.255,56	4.115,76	476,70	209,26	4632	+12,5%						
Dez	4.901,70	1.297,41	6.199,11	816,95	216,24	6155	-0,7%						
Summe	18.662	15.276	33.938,40			31.674	-6,7%						
Summe während Ablesungszeitraum WE:	5.065			844,10	1.688,03			1.524	612	2.136	+80,6%	-63,7%	
Hilfsenergie RH:								1.526					
								33.200					

Tabelle 18: Vergleich Energiebedarf und Verbrauch Bauteil B1.2, Top RH3-8

Die gelb unterlegten Werte in obiger Tabelle sind Aufzeichnungsdaten der letzten Monate des Jahres 2013 und wurden infolge fehlender Aufzeichnungsdaten für 2014 chronologisch verschoben verwendet (sh. auch Hinweis S. 52).

Das Diagramm 19 zeigt für den untersuchten Bauteil B1.2 den Vergleich des gemessenen Gesamtwärmeverbrauchs gegenüber der Summe aus Heizwärmebedarf und Warmwasserwärmebedarf aus dem Energieausweis.

Vgl. mit den orange gekennzeichneten Spalten in Tabelle 18.

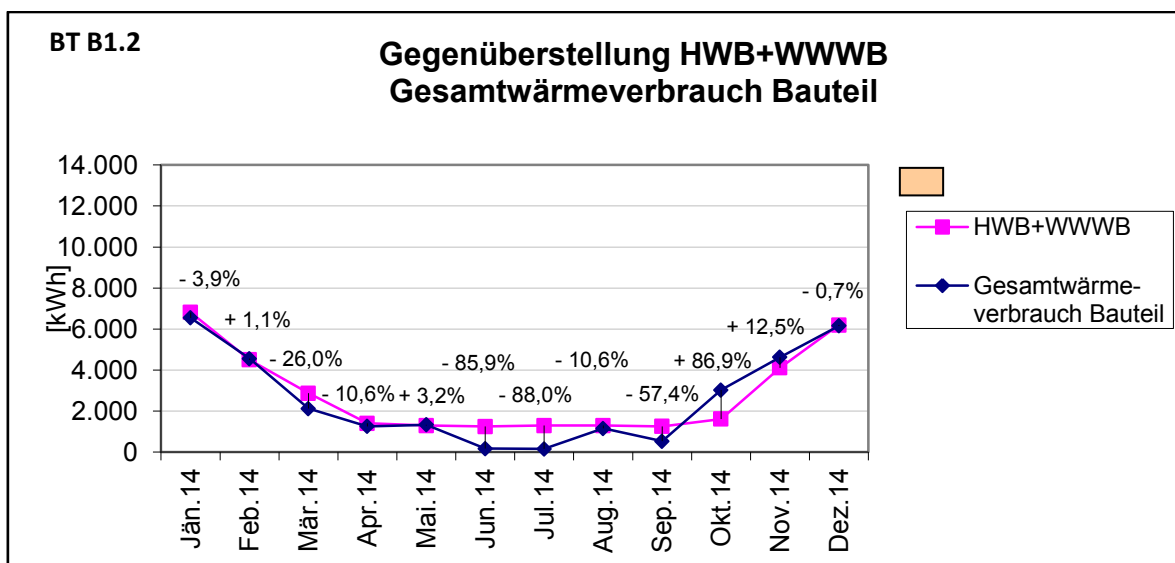


Diagramm 19: Vergleich Gesamtwärmebedarf mit Wärmeverbrauch im Bauteil B1.2

Diagramm 19 zeigt, dass der Wärmeverbrauch im Bauteil B1.2, über den Beobachtungszeitraum betrachtet, mit den Prognosewerten aus dem Energieausweis gut korreliert. Der geringere Wärmeverbrauch zwischen Mai und September gegenüber der Prognose im Energieausweis resultiert augenscheinlich aus dem Minderverbrauch für Warmwasser gegenüber der Rechenannahme (sh. Diagramm 21).

Das Diagramm 20 zeigt für die untersuchte Wohnung den Vergleich des gemessenen Wärmeverbrauchs für Raumheizung gegenüber dem Heizwärmebedarf aus dem Energieausweis im Beobachtungszeitraum (ab Oktober 2014 liegen keine Aufzeichnungen vor).

Vgl. mit den grün gekennzeichneten Spalten in Tabelle 18.

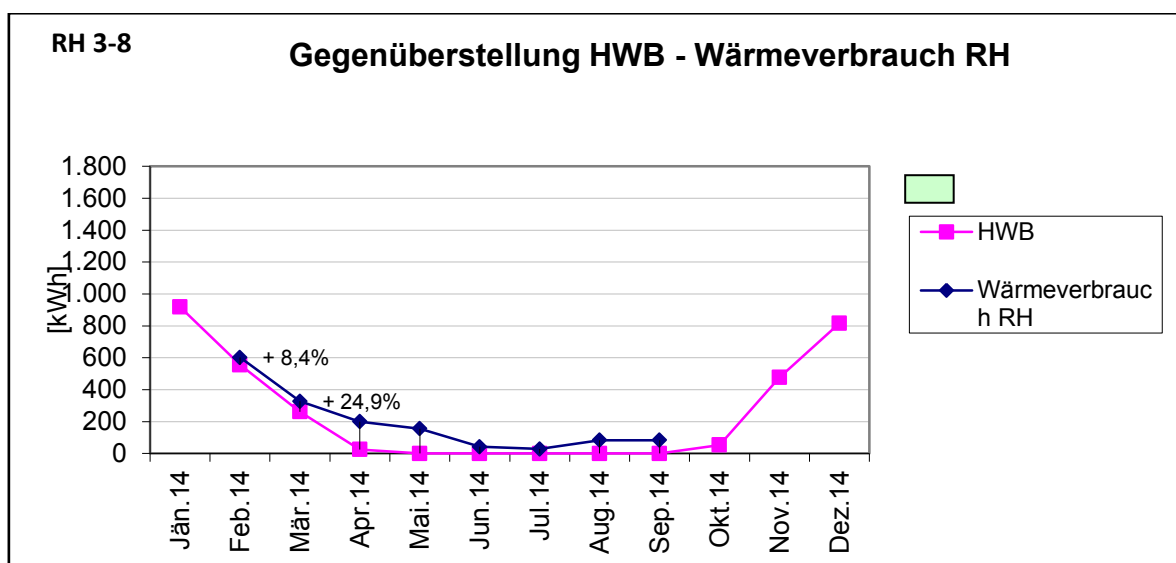


Diagramm 20: Vergleich Heizwärmebedarf mit Wärmeverbrauch der Raumheizung in TOP RH3-8

Diagramm 20 zeigt, dass der monatlich gemessene Heizwärmeverbrauch der Wohnung durchwegs größer als der im Energieausweis prognostizierte Wärmebedarf ist. Der gemessene Wärmeverbrauch beinhaltet die Wärmeverteilungsverluste zwischen dem Wärmemengenzähler (an der Fernwärmeübergabestation bzw. am Pufferspeicher) und dem Ort der Wärmabgabe (Flächenheizung bzw. Radiatoren). Wodurch die generell höheren Verbrauchswerte gegenüber der Bedarfsprognose zu erklären sind.

Das Diagramm 21 zeigt für die untersuchte Wohnung den Vergleich des gemessenen Wärmeverbrauchs für Warmwasserbereitung gegenüber dem monatlich errechneten Warmwasserwärmebedarf aus dem Energieausweis im Beobachtungszeitraum (ab Oktober 2014 liegen keine Aufzeichnungen vor).

Vgl. mit den blau gekennzeichneten Spalten in Tabelle 18.

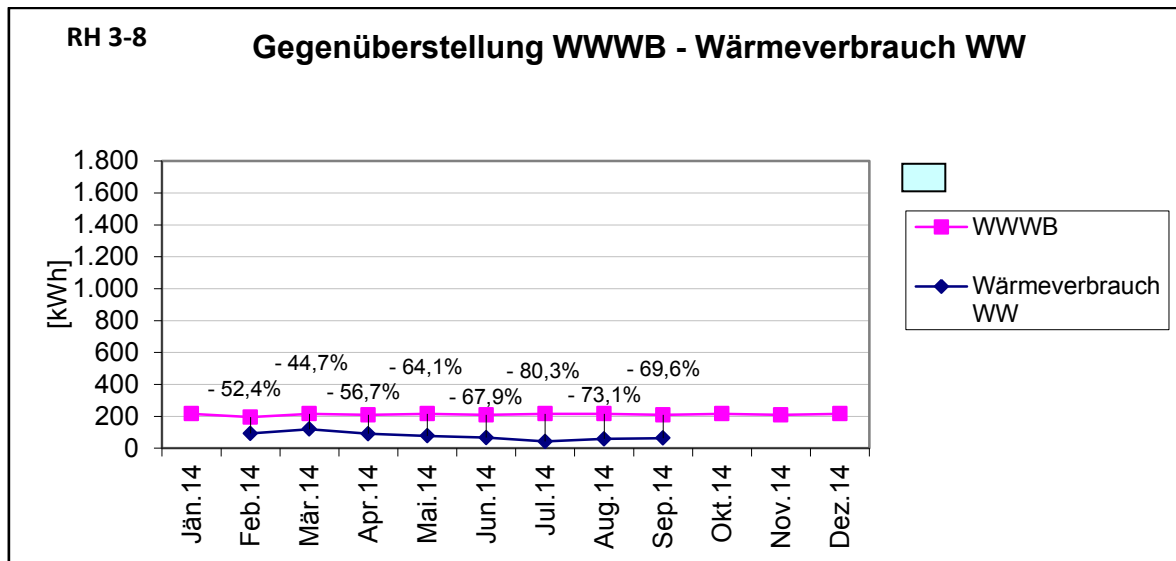


Diagramm 21: Vergleich Warmwasserwärmebedarf mit Wärmeverbrauch Warmwasser in TOP RH3-8

Diagramm 21 zeigt, dass der gemessene monatliche Warmwasserwärmeverbrauch in der Wohnung durchwegs geringer als die aus dem Energieausweis errechnete Prognose im Beobachtungszeitraum ist.

10.4.3. Energiebilanzierung "Typ_B gestaffelt", Bauteil B, Top RH2-7

Der Energieausweis wurde über ein Reihenhaus mit 8 Wohneinheiten gerechnet. Kellergeschoß, Erdgeschoß und Obergeschoß befinden sich innerhalb der thermischen Hülle.

Bauteil BGF: 1517,34m²

Wohneinheit BGF: 189,67 m²

Haushaltsgröße: 2 Personen

	Bedarf aus Energieausweis					Verbrauchsablesung							
	HWB [kWh]	WWWB [kWh]	HWB+WWWB [kWh]	Rechner. Verbrauch je Whg /8		Gesamtbauteil		Abl. Wohneinh. RH2-7					
				HWB [kWh]	WWWB [kWh]	RH+WW [kWh]	Abweichung gg. HWB + WWWB [%]	RH [kWh]	WW [kWh]	RH+WW [kWh]	Abweichung RH gg. rech. HWB [%]	Abweichung WW gg. rech. WWWB [%]	
Jän.	6.618,40	1.297,41	7.915,81	827,30	162,18	9279	+ 17,2%						
Feb.	4.565,90	1.171,86	5.737,76	570,74	146,48	7349	+ 28,1%						
Mär.	2.500,20	1.297,41	3.797,61	312,53	162,18	4148	+ 9,2%						
Apr.	259,80	1.255,56	1.515,36	32,48	156,95	2247	+ 48,3%						
Mai	0,9	1.297,41	1.298,31	0,11	162,18	1385	+ 6,7%						
Jun	0	1.255,56	1.255,56	0,00	156,95	317	- 74,8%						
Jul	0	1.297,41	1.297,41	0,00	162,18	284	- 78,1%						
Aug	0	1.297,41	1.297,41	0,00	162,18	442	- 65,9%						
Sep	1,3	1.255,56	1.256,86	0,16	156,95	908	- 27,8%						
Okt	754,50	1.297,41	2.051,91	94,31	162,18	3994	+ 94,6%						
Nov	3.718,10	1.255,56	4.973,66	464,76	156,95	7637	+ 53,5%						
Dez	5.874,30	1.297,41	7.171,71	734,29	162,18	9751	+ 36,0%						
Summe	24.294	15.276	39.569,40			47.741	+ 20,7%						
Summe während Ablesungszeitraum WE:													
Hilfsenergie RH:						1.632							
						49.373							

Tabelle 19: Vergleich Energiebedarf und Verbrauch Bauteil B, Top RH2-7

Die gelb unterlegten Werte in obiger Tabelle sind Aufzeichnungsdaten der letzten Monate des Jahres 2013 und wurden infolge fehlender Aufzeichnungsdaten für 2014 chronologisch verschoben verwendet (sh. auch Hinweis S. 52).

Das Diagramm 22 zeigt für den untersuchten Bauteil B den Vergleich des gemessenen Gesamtwärmeverbrauchs gegenüber der Summe aus Heizwärmebedarf und Warmwasserwärmebedarf aus dem Energieausweis.

Vgl. mit den orange gekennzeichneten Spalten in Tabelle 19.

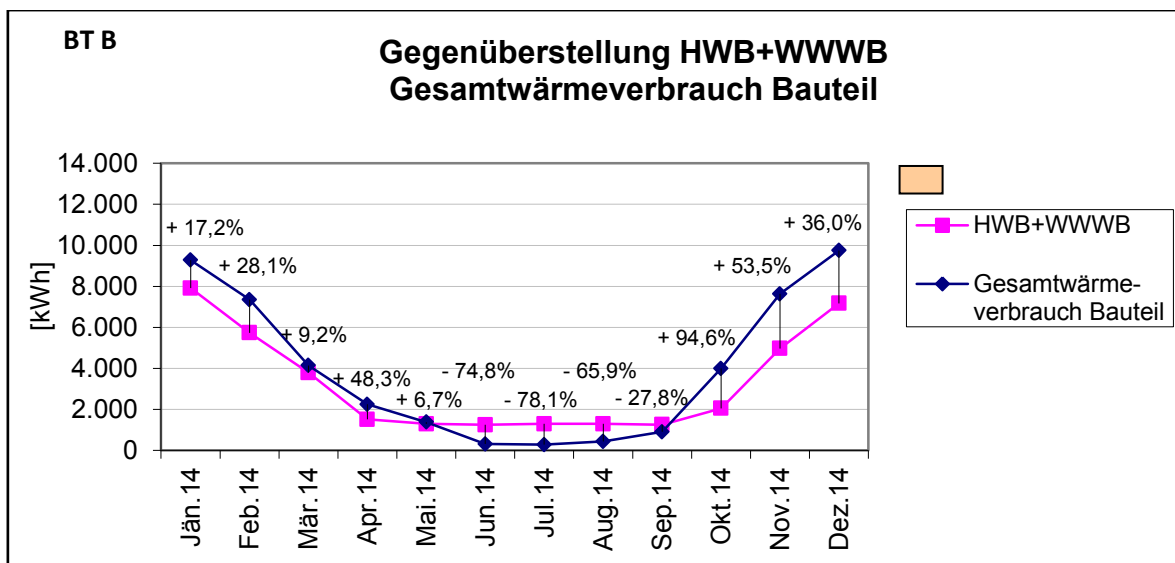


Diagramm 22: Vergleich Gesamtwärmebedarf mit Wärmeverbrauch im Bauteil B

Diagramm 22 zeigt, dass der Wärmeverbrauch im Bauteil B, über den Beobachtungszeitraum betrachtet, mit den Prognosewerten aus dem Energieausweis gut korreliert. Der geringere Wärmeverbrauch zwischen Mai und September gegenüber der Prognose im Energieausweis resultiert augenscheinlich aus dem Minderverbrauch für Warmwasser gegenüber der Rechenannahme (sh. auch voriges Unterkapitel Bauteil B1.2).

Die Energiebilanz für die Wohnung RH2-7 ist nicht durchführbar, weil keine Verbrauchsangaben von TOP RH2-7 vorliegen.

10.4.4. Energiebilanzierung "Typ_C++", Bauteil C, Top 4-10 und 4-25

Der Energieausweis wurde gerechnet über ein Wohnhaus mit 25 Wohnungen. Kellergeschoß (teilweise), Erdgeschoß, 1. und 2. Obergeschoß und Dachgeschoß befinden sich innerhalb der thermischen Hülle.

Bauteil BGF: 1816,57m²

Wohninheit BGF: 72,66 m²

Haushaltsgröße: 1 Person

	Bedarf aus Energieausweis						Verbrauchsablesung							
	HWB [kWh]	WWWB [kWh]	HWB+WWWB [kWh]	Rechner. Verbrauch je Whg /25		Gesamtbauteil		Abl. Wohninh. WHG-10						
				HWB [kWh]	WWWB [kWh]	RH+WW [kWh]	Abweichung gg. HWB + WWWB [%]	RH [kWh]	WW [kWh]	RH+WW [kWh]	Abweichung RH gg. rech. HWB [%]	Abweichung WW gg. rech. WWWB [%]		
Jän	10.071,50	1.971,01	12.042,51	482,88	78,84	16.793	+ 39,4%							
Feb	6229,8	1.780,26	8.010,06	249,13	71,21	13158	+ 64,3%							
Mär	2.693,60	1.971,01	4.664,61	107,74	78,84	7.911	+ 69,6%	227	63	289	+ 110,3%	- 20,6%		
Apr	146,20	1.907,42	2.053,62	5,85	76,30	4.593	+ 123,7%	134	68	203	+ 2193,5%	- 10,4%		
Mai	0,5	1.971,01	1.971,51	0,02	78,84	3.512	+ 78,1%	71	83	154	+ 354275,0%	+ 5,3%		
Jun	0	1.907,42	1.907,42	0,00	76,30	2.678	+ 40,4%	0	81	81		+ 6,8%		
Jul	0	1.971,01	1.971,01	0,00	78,84	1.766	- 10,4%	0	94	94		+ 19,4%		
Aug	0	1.971,01	1.971,01	0,00	78,84	2764	+ 40,2%						+ 0,6%	
Sep	1	1.907,42	1.908,42	0,01	76,30	2.888	+ 51,3%							
Okt	736,80	1.971,01	2.707,81	29,47	78,84	817	- 69,8%							
Nov	5.562,40	1.907,42	7.469,82	222,50	76,30	12.532	+ 67,8%							
Dez	9.117,60	1.971,01	11.088,61	364,70	78,84	16.700	+ 50,6%							
Summe	34.560	23.207	57.766,40			86.112	+ 49,1%							
Summe während Ablesungszeitraum WE:	2.840			113,61	467,95			432	469	900	+ 279,8%	+ 0,2%		
Hilfsenergie RH:						3.486								
						89.598								

Tabelle 20: Vergleich Energiebedarf und Verbrauch Bauteil B, Top 4-10

Die gelb unterlegten Werte in obiger Tabelle sind Aufzeichnungsdaten der letzten Monate des Jahres 2013 und wurden infolge fehlender Aufzeichnungsdaten für 2014 chronologisch verschoben verwendet (sh. auch Hinweis S. 52).

Das Diagramm 23 zeigt für den untersuchten Bauteil C den Vergleich des gemessenen Gesamtwärmeverbrauchs gegenüber der Summe aus Heizwärmebedarf und Warmwasserwärmebedarf aus dem Energieausweis.

Vgl. mit den orange gekennzeichneten Spalten in Tabelle 20.

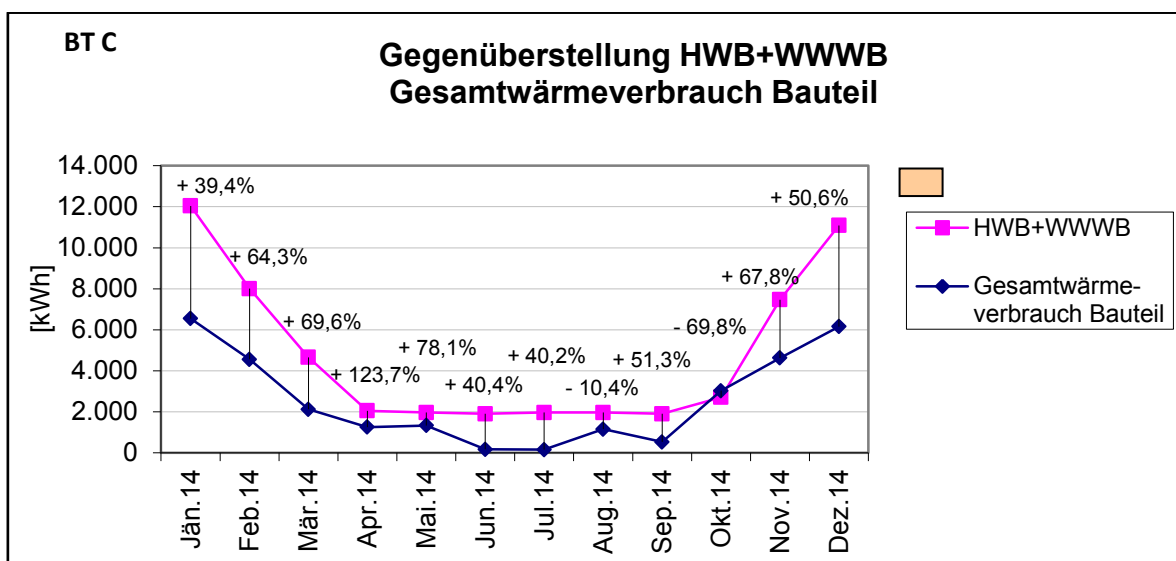


Diagramm 23: Vergleich Gesamtwärmebedarf mit Wärmeverbrauch im Bauteil C

Diagramm 23 zeigt, dass der Wärmeverbrauch im Bauteil C, über den Beobachtungszeitraum betrachtet, teils deutlich unter den Prognosewerten aus dem Energieausweis liegt.

Das Diagramm 24 zeigt für die untersuchte Wohnung den Vergleich des gemessenen Wärmeverbrauchs für Raumheizung gegenüber dem Heizwärmebedarf aus dem Energieausweis im Beobachtungszeitraum (ab September 2014 liegen keine Aufzeichnungen vor).

Vgl. mit den grün gekennzeichneten Spalten in Tabelle 20.

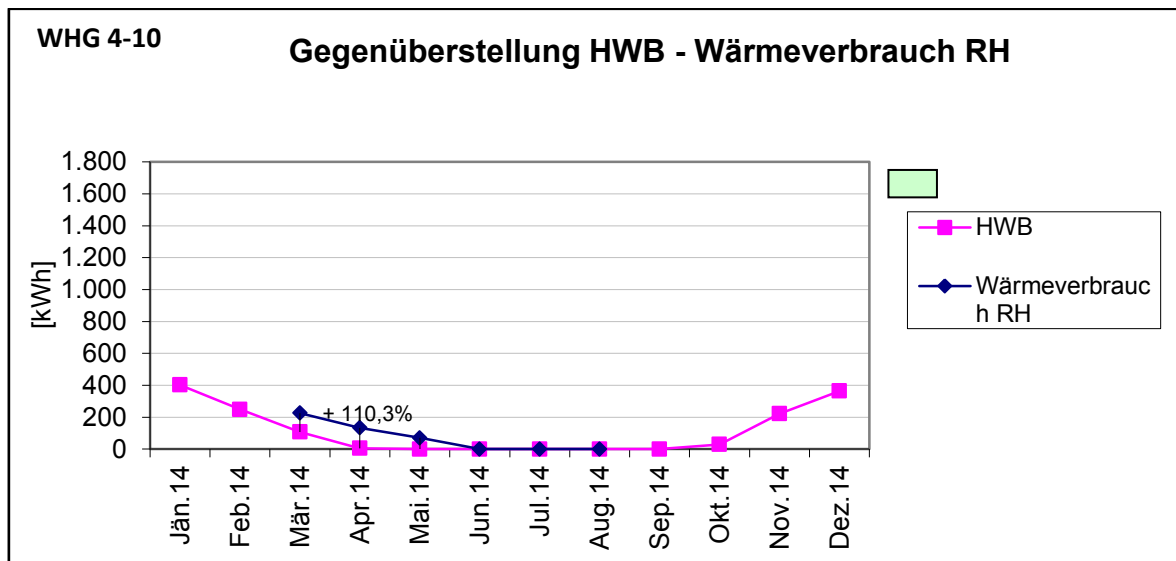


Diagramm 24: Vergleich Heizwärmebedarf mit Wärmeverbrauch der Raumheizung in TOP WHG4-10

Aus Diagramm 24 ist ersichtlich, dass der gemessene Wärmeverbrauch für Raumheizung in TOP WHG4-10 über den aus dem Energieausweis abgeleiteten Bedarfswerten liegt, was wiederum mit den Wärmeverteilungsverlusten, die in den Verbrauchsablesungen enthalten sind, erklärbar ist.

Das Diagramm 25 zeigt für die untersuchte Wohnung den Vergleich des gemessenen Wärmeverbrauchs für Warmwasserbereitung gegenüber dem monatlich errechneten Warmwasserwärmebedarf aus dem Energieausweis im Beobachtungszeitraum (ab September 2014 liegen keine Aufzeichnungen vor).

Vgl. mit den blau gekennzeichneten Spalten in Tabelle 20.

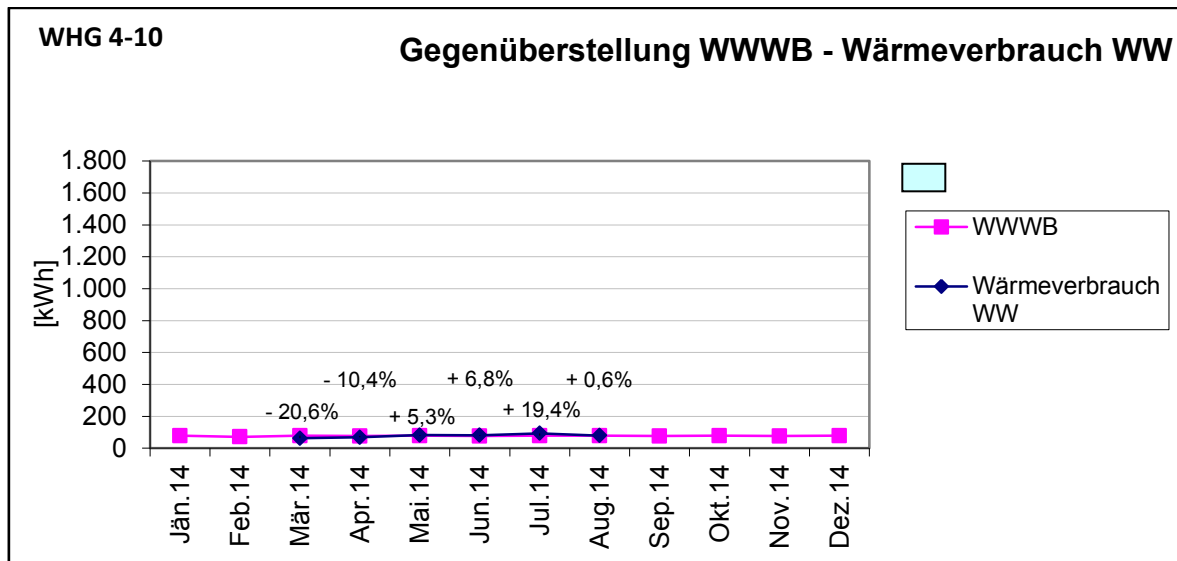


Diagramm 25: Vergleich Warmwasserwärmebedarf mit Wärmeverbrauch Warmwasser in TOP WHG4-10

Diagramm 25 zeigt, dass der gemessene monatliche Warmwasserwärmeverbrauch in der Wohnung mit der im Energieausweis errechneten Prognose im Beobachtungszeitraum sehr gut übereinstimmt.

Bei Wohnung WHG4-10 korrelieren die gemessenen Wärmeverbräuche (für Raumheizung, Diagramm 24, und Warmwasserbereitung, Diagramm 25) gut mit den aus dem Energieausweis errechneten Bedarfswerten. Dem gegenüber ist auffällig, dass der Gesamtwärmeverbrauch im Gesamtbauteil signifikant geringer als die Bedarfsprognose ist (vgl. Diagramm 23). Aufschluss über diesen Widerspruch würden weitere Verbrauchsmessungen in den übrigen Wohnungen im Bauteil C bringen.

10.4.5. Zusammenfassung Energiebilanz

Nachfolgende Tabelle zeigt für jeden Baukörper den abgelesenen Gesamtwärmeverbrauch, und im Vergleich dazu aus den Energieausweisen den Gesamtwärmebedarf (HWB und WWWB) und den Heizenergiebedarf.

Energieausweis	Typ A gest. + Typ B1	Typ_B1		Typ_B gestaffelt		Typ_C++		
Bauteil	BT A + B1.1	BT B1.2		BT B		BT C		
	Verbrauch	HEB	Verbrauch	HEB	Verbrauch	HEB	Verbrauch	HEB
Verbrauch Ges.wärme	keine Daten		31.674		47.741		86.112	
Hilfsenergie RH			1.526		1.632		3.486	
Summe	Verbrauch		33.200		49.373		89.598	
	HEB	173.998		77.316		99.891		122.081
Abw. Verbrauch von HEB			-57,1%		-50,6%			-26,6%

Tabelle 21: Gesamtwärmeverbrauch und prognostizierter Bedarf der untersuchten Bauteile

Im Diagramm 26 wird der Gesamtwärmebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung aus den Energieausweisen (Heizenergiebedarf HEB) der vier Bauteile den jeweils gemessenen Gesamtwärmeverbräuchen gegenüber gestellt.

Zu den Energieverbräuchen für die Gesamtwärmebereitstellung werden, zur Vergleichbarkeit mit den im Energieausweis ausgewiesenen Heizenergiebedarfen, die für jeden Bauteil ermittelten elektrischen Verbräuche für Hilfsenergie (Heiztechnikenergiebedarf HTEB) hinzugezählt und grafisch dargestellt.

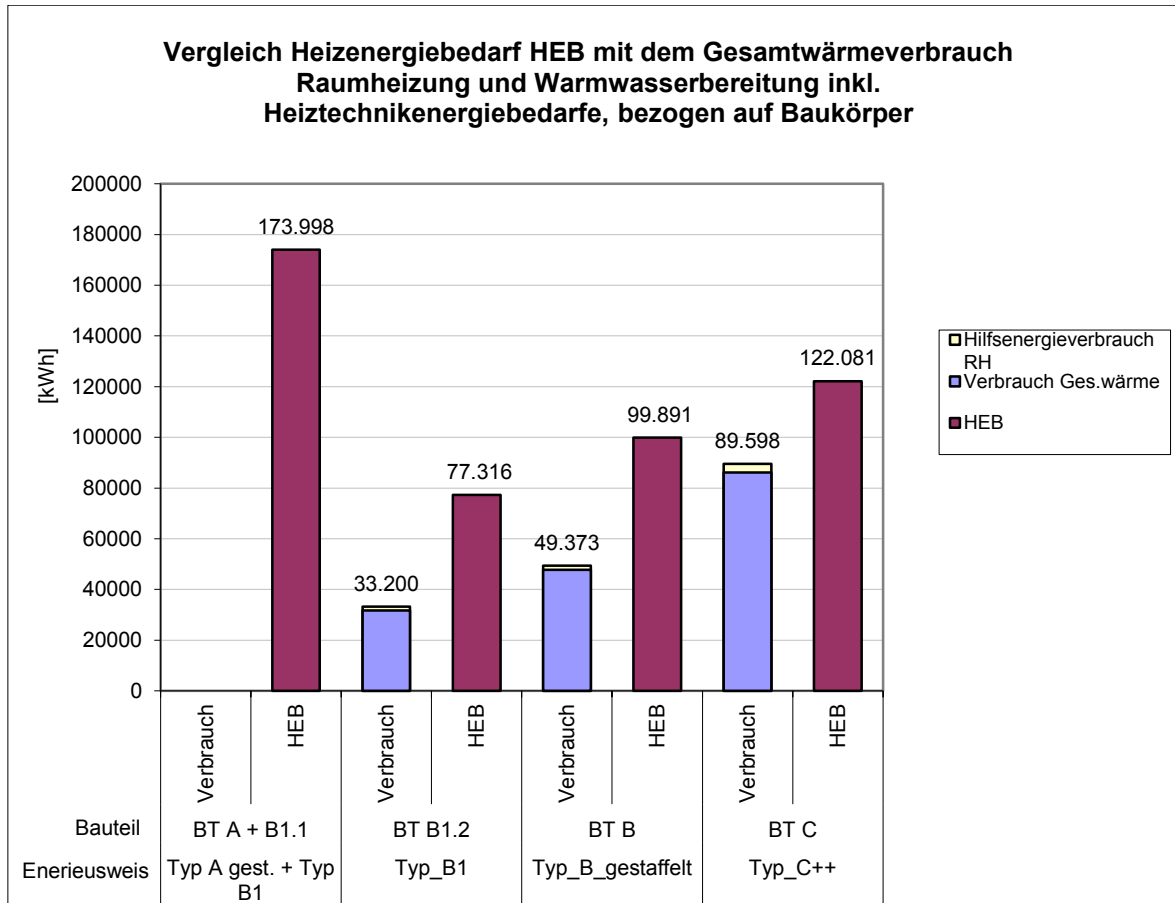


Diagramm 26: Gesamtwärmebedarf und -verbrauch der untersuchten Bauteile

Erläuterung zu Diagramm 26:

Da die Bauteile A und B1.1 wärmetechnisch gemeinsam versorgt werden, wird der Heizenergiebedarf aus beiden Energieausweise addiert, getrennte Verbrauchsdaten liegen jedoch nicht vor.

Bei den übrigen Bauteilen zeigt sich ein wesentlich geringerer Energieverbrauch gegenüber dem Heizenergiebedarf aus den Energieausweisen.

Als mögliche Ursachen dafür sind weiterführend zu untersuchen:

- leerstehende oder nur schwach belegte Wohneinheiten,
- von den Annahmen des Energieausweises abweichende Klimadaten am Standort,
- Anwendung der Defaultwerte im Energieausweis:
 - Pauschalierte Verschattung,
 - Vereinfachte Wärmebrückenberechnung und Erdverluste,
 - von der Ausführung abweichende Defaultwerte bei der Haustechnikeingabe.
- Die Richtigkeit der Recheneingaben im Energieausweis und die Übereinstimmung mit der Bauausführung wurden nicht überprüft.

10.5. Jahreswärmebilanz nach Bauteilen (B, B1.1, B1.2, C)

Bilanzierung der monatlichen Fernwärmeverbräuche und der Erträge durch die thermische Solaranlage.

Gegenstand der Untersuchung war:

- Anteil der Energielieferung aus dem Blockheizkraftwerk (BKW)
- Anteil der Wärmelieferung von der Solaranlage
- Dimensionierung der thermischen Solaranlage

Zur Verfügung standen Datenloggeraufzeichnungen:

Messwerte im 5-Minuten Takt im Zeitraum 13.9.2013 bis 5.10.2014, somit sind komplette Monatsaufzeichnungen von Oktober 2013 bis September 2014 vorhanden.

- Fernwärme und Solar-Zählerstand für jeden Bauteil
- Außentemperaturen

Für Bauteil A standen keine Messwerte zur Verfügung, Bauteil A wird von Bauteil B1.1 mitversorgt.

Für Bauteil B1.1 standen keine Fernwärmedaten zur Verfügung, wegen Ausfall des betreffenden Wärmemengenzählers.

Der Wärmeverbrauch wurde am Wärmemengenzähler an der Fernwärmeübergabestation im Bauteil gemessen. Die Wärmeverteilverluste vom Blockheizkraftwerk zur jeweiligen Bauteil-Übergabestation sind nicht berücksichtigt.

Der Wärmemengenzähler der Solaranlagengewinne ist vor dem jeweiligen Pufferspeicher situiert. Der Gesamtwärmeverbrauch setzt sich aus der Summe der Wärmemengen aus Fernwärme und aus der Solaranlage zusammen.

10.5.1. Wärmebilanz am Bauteil B

Sonnenkollektorfläche: 32m²

Das nachfolgende Diagramm zeigt den monatlichen Wärmeverbrauch, bezogen aus dem Blockheizkraftwerk, und den Wärmeertrag der thermischen Solaranlage, gemessen vor dem Pufferspeicher des Bauteils B.

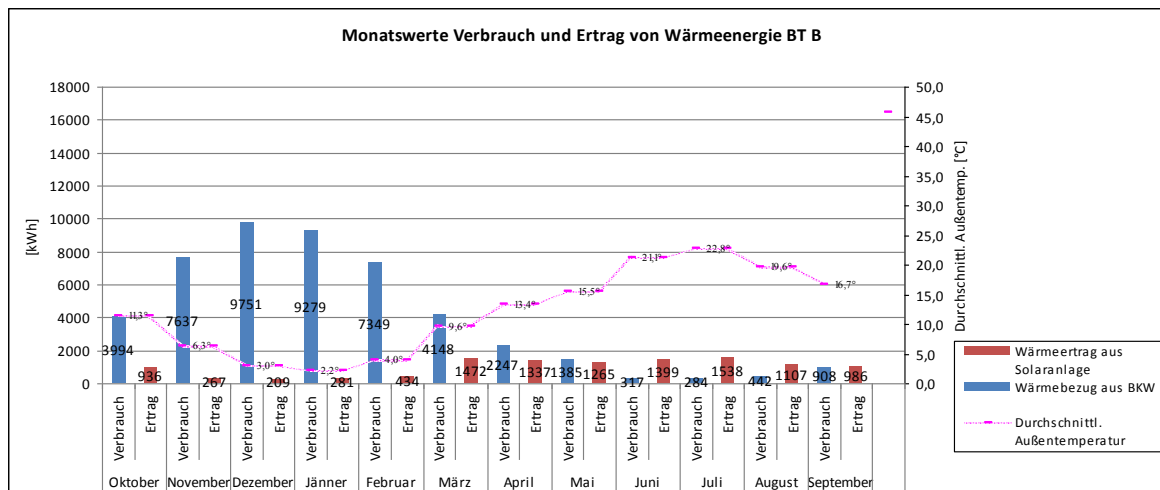


Diagramm 27: Wärmeverbrauch und solarer Ertrag am Bauteil B

Wärmeertrag der Solaranlage:

Der maximale solare Wärmeertrag ist im März erreicht, danach stagnieren die monatlichen Wärmeerträge, bedingt durch die erreichte Vollausslastung der thermischen Kollektorfläche und des Pufferspeichers.

Der Ertrag pro Kollektorfläche und Jahr beträgt 351 kWh/m²a.

Wärmebezug aus Fernwärme:

Im Zeitraum März bis Mai wurde in etwa gleich viel Wärme aus Fernwärme bezogen, wie von der Solaranlage geliefert werden konnte. Daraus ist zu folgern, dass die Solaranlage bereits im Frühjahr die Maximalauslastung erreicht hat (sh. oben), und daher immer noch ein Wärmebezug aus Fernwärme, in ungefähr gleicher Größenordnung wie die Solarerträge, für Warmwasserbereitung und zum Teil zur Heizungsunterstützung erforderlich war.

In den Monaten Juni und Juli ist bei den maximal erreichbaren Solarerträgen immer noch ein Verbrauch aus Fernwärme von ca. 300 kWh/Monat vorhanden.

Die o. a. Interpretation kann in einem weiterführenden Monitoring, das die Vor- und Rücklauftemperaturen (°C) und die Durchflussmengen (m³/h) in den einzelnen Kreisläufen (Heizkreise, Warmwasserentnahmen, Solaranlagenkreise) erfasst, ggfs. präzisiert und untermauert werden.

10.5.2. Wärmebilanz am Bauteil B1.1

Thermische Solaranlage: Kollektorfläche 45 m²

BT B1.1 versorgt die fünf Reihenhäuser des BT A mit.

Aufzeichnungen des Wärmeverbrauches sind für den BT B1.1 nicht vorhanden.

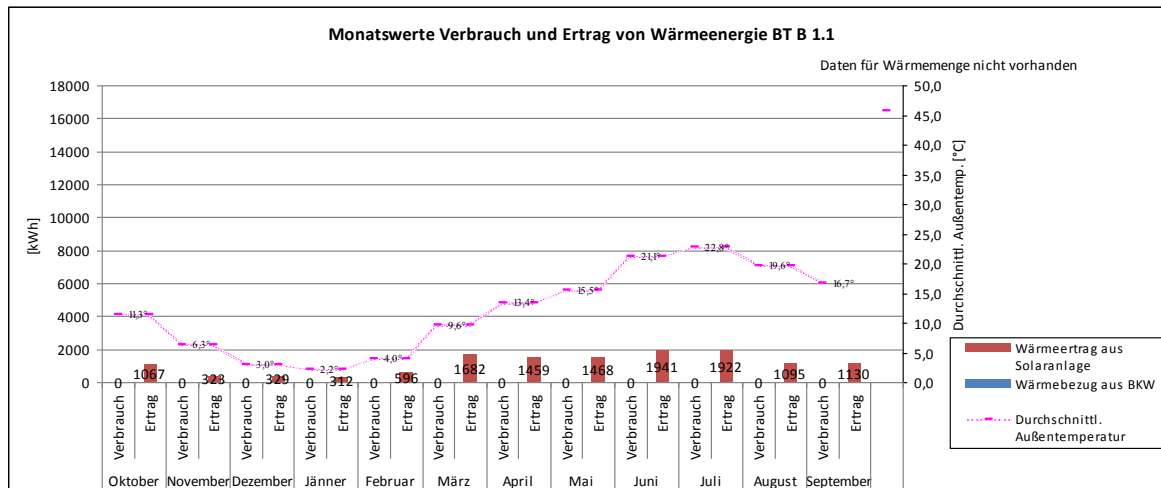


Diagramm 28: Wärmeverbrauch und solarer Ertrag am Bauteil B1.1

Die monatlichen Erträge der thermischen Solaranlage sind vergleichbar wie am Bauteil B und analog zu interpretieren.

Der Ertrag pro Kollektorfläche und Jahr beträgt 296 kWh/m²a

10.5.3. Wärmebilanz Bauteil B1.2

Sonnenkollektorfläche: 25 m²

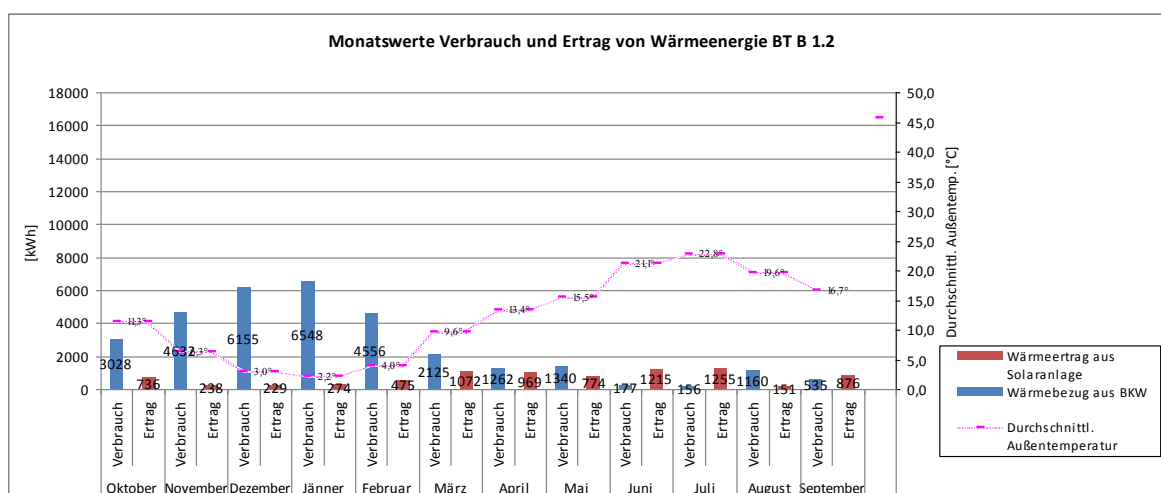


Diagramm 29: Wärmeverbrauch und solarer Ertrag am Bauteil B1.2

Die monatlichen Erträge der thermischen Solaranlage sind vergleichbar wie am Bauteil B und analog zu interpretieren.

Der Ertrag pro Kollektorfläche und Jahr beträgt 331 kWh/m²a

10.5.4. Wärmebilanz am Bauteil C

Sonnenkollektorfläche: 75 m²

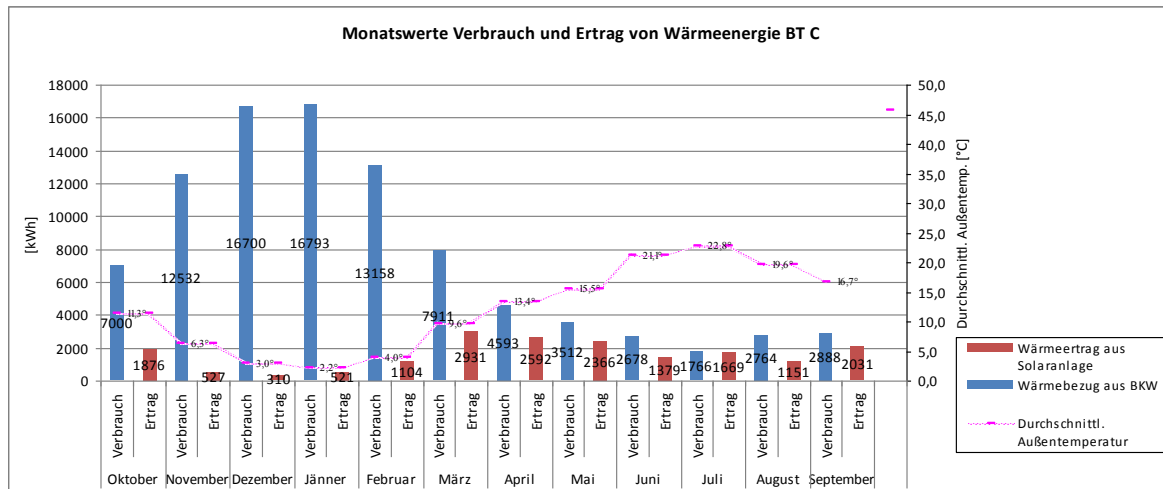


Diagramm 30: Wärmeverbrauch und solarer Ertrag am Bauteil C

Die monatlichen Erträge der thermischen Solaranlage sind vergleichbar wie am Bauteil B und analog zu interpretieren.

Der Ertrag pro Kollektorfläche und Jahr beträgt 246 kWh/m²a

10.6. Nutzerzufriedenheit

Die Zufriedenheit der Bewohner (Mieter) wurde durch einen begleitenden wöchentlichen Fragebogen erhoben, in dem die folgenden Parameter und subjektiven Wahrnehmungen erfasst wurden:

- Außenlufttemperatur und Wetterbedingungen
- Temperaturempfinden
- Luftqualität – Störende Gerüche, Luftfeuchtigkeit
- Zufriedenheit mit der Komfortlüftungsanlage, Lüftungseinstellungen
- Lüftungsverhalten
- Gebrauch des Sonnenschutzes

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Befragung in drei Wohneinheiten in Diagrammen veranschaulicht und kommentiert.

Die subjektiven Wahrnehmungen der Bewohner sind in Farbbalken dargestellt; weiße Felder kennzeichnen diejenigen Tage, für die keine Angaben gemacht wurden (z.B. bei Abwesenheit).

Bei den Fragen zur Raumluftqualität wurde auch die Einstellung der Komfortlüftungsanlage Ventilatorstufe (Lüfterstufe) abgefragt.

Die in den Wohnungen verwendete Lüftungsanlage hat acht Stufen zur Auswahl (0 = aus, 8 = maximaler Luftwechsel). Laut Angabe der Hausverwaltung ist die Lüftungsanlage vor Übergabe an die Mieter einreguliert und auf Lüfterstufe 7 voreingestellt worden.

10.6.1. Bauteil A, Top RH1-1

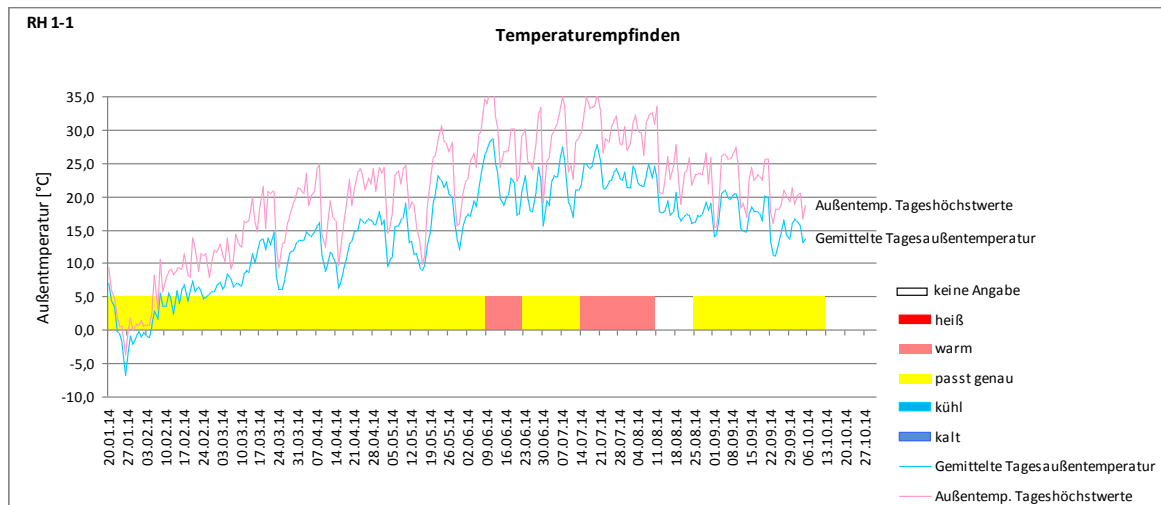


Diagramm 31: subjektives Empfinden der Raumtemperatur

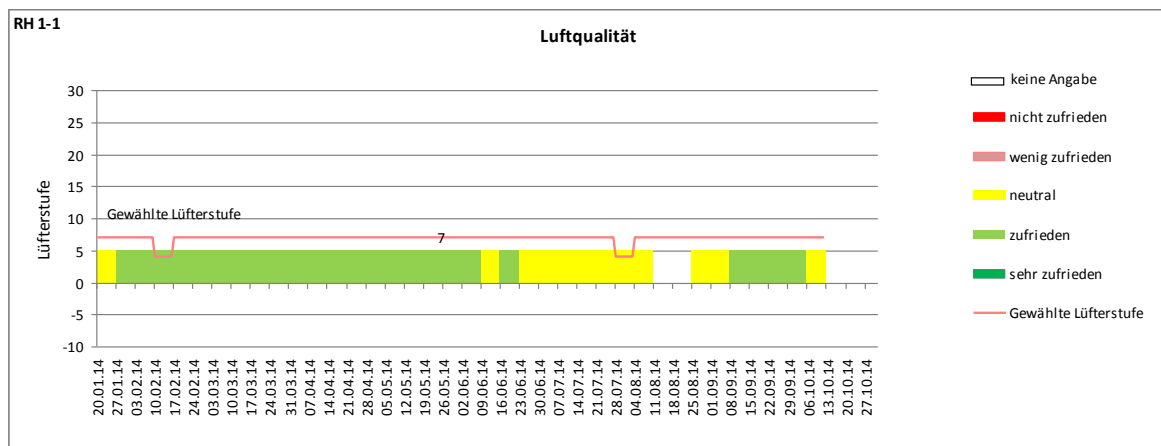


Diagramm 32: subjektives Empfinden der allgemeinen Raumluftqualität

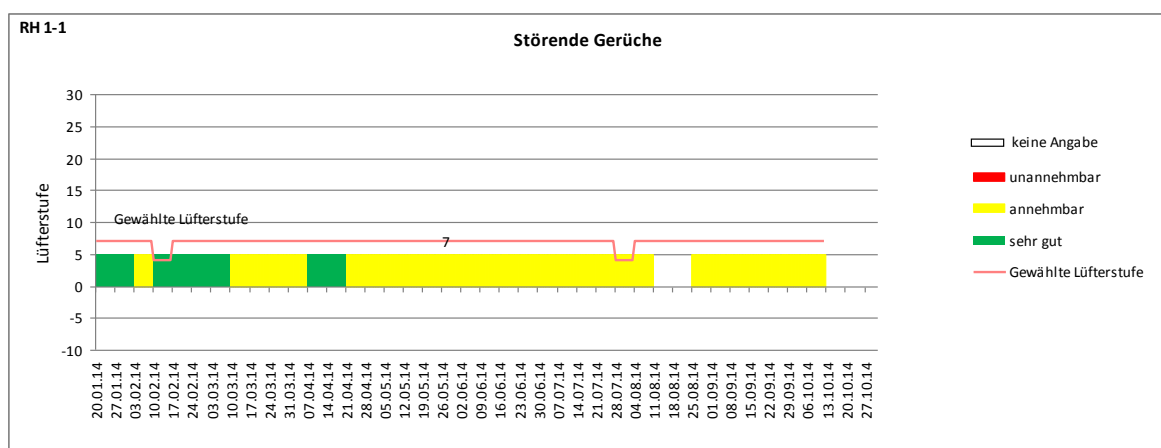


Diagramm 33: subjektives Empfinden störender Gerüche

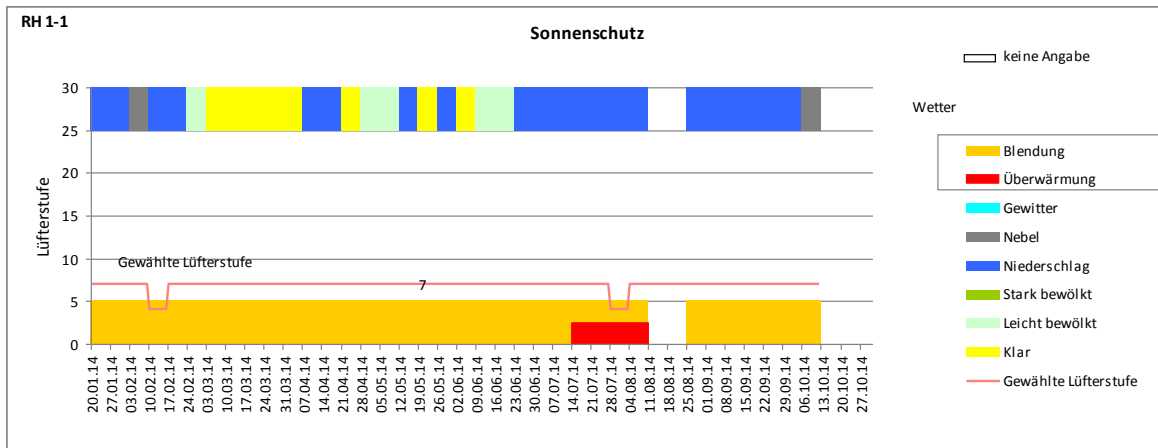


Diagramm 34: Bedienung des Sonnenschutzes

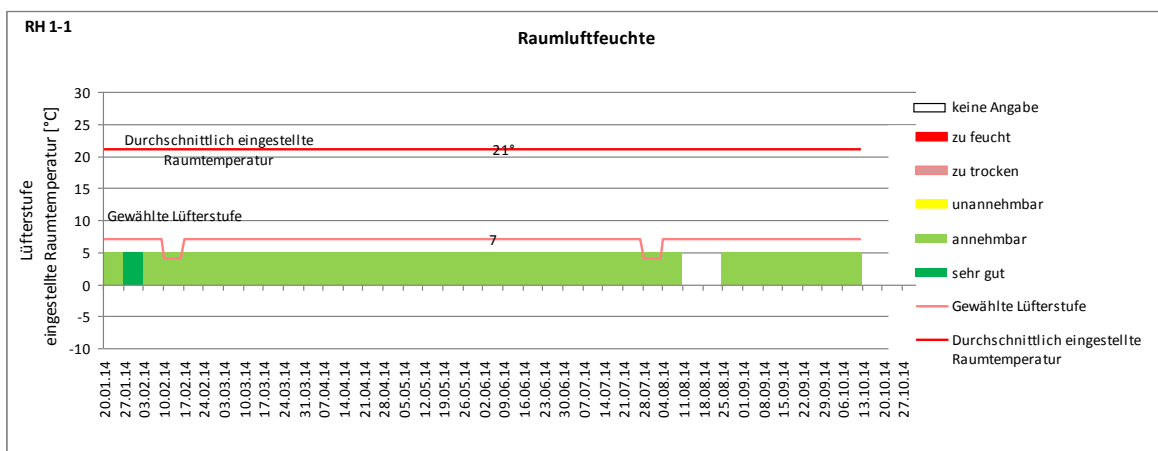


Diagramm 35: subjektive Bewertung der Raumlufffeuchte

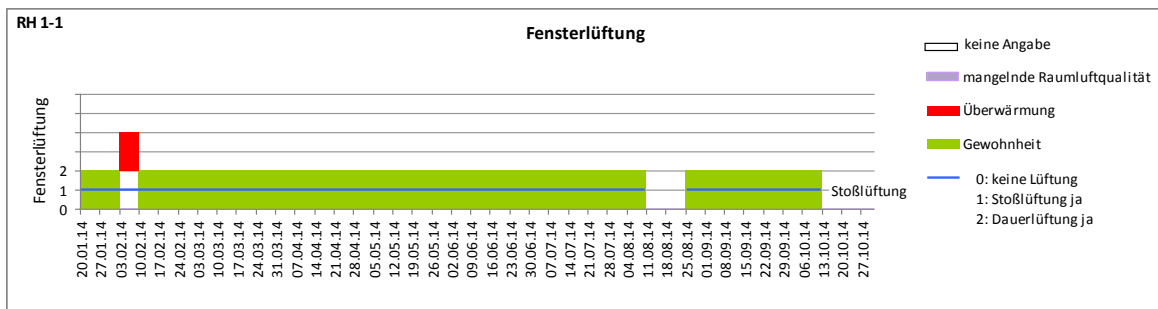


Diagramm 36: Umgang mit Fensterlüftung

Zusammenfassende Interpretation:

Aus den Auswertungen der Befragungsbögen in TOP RH1-1 kann eine prinzipielle Wohnzufriedenheit abgeleitet werden, Veränderungen an den Einstellungen für die Heizung und an der Lüftungsanlage wurden nicht durchgeführt.

Die eingestellte Raumtemperatur beträgt während des Betrachtungszeitraumes unverändert 21°. Ebenso wurde die voreingestellte Ventilatorstufe 7 großteils beibehalten, eine kurze Absenkung Ende Juli fällt in einen Zeitraum, in dem die Zufriedenheit bezüglich Luftqualität und Überwärmung geringer als sonst eingestuft wurde (vgl. Diagramm 34, Bedienung des

Sonnenschutzes), als Maßnahme zur Verbesserung wäre jedoch umgekehrt eine Erhöhung der Luftwechselrate zu erwarten gewesen.

Eine Begründung für die Absenkung der Luftwechselrate in der Woche ab 10. Februar ist aus den zur Verfügung stehenden Daten nicht erkennbar (vgl. Diagramm 34).

Probleme bezüglich Raumlufffeuchte sind trotz geringer Belegung (zwei Personen im Haushalt) nicht aufgetreten (vgl. Diagramm 35, subjektive Bewertung der Raumlufffeuchte).

Über den Betrachtungszeitraum wurde aus Gewohnheit stoßgelüftet, jedoch nicht dauergelüftet. Anfang Februar wurde als Begründung für die Stoßlüftung Überwärmung angegeben, ein signifikanter Zusammenhang mit den anderen Parametern (Wetter, Außentemperatur) ist jedoch nicht erkennbar (vgl. Diagramm 36, Umgang mit Fensterlüftung).

Die südliche Ausrichtung des Baukörpers ist verantwortliche für die Betätigung des Sonnenschutzes während des gesamten Betrachtungszeitraumes mit der Begründung von Blendung.

Von Mitte Juli bis Mitte August wurde zusätzlich Überwärmung angegeben, in diesem Zeitraum wurde auch die Innentemperatur als warm empfunden (vgl. Diagramm 34, Bedienung des Sonnenschutzes).

10.6.2. Bauteil B1.2, Top RH3-8

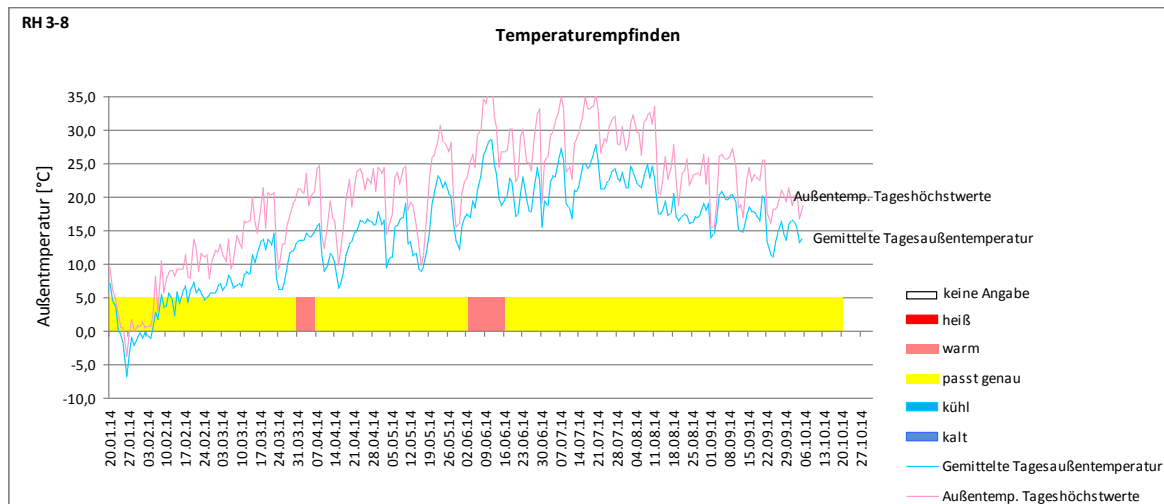


Diagramm 37: subjektives Empfinden der Raumtemperatur

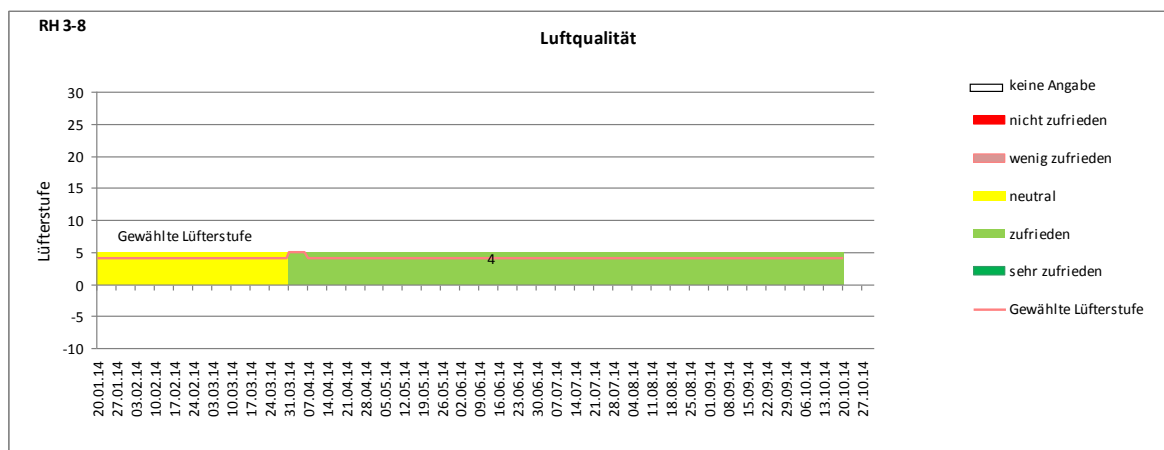


Diagramm 38: subjektives Empfinden der allgemeinen Raumluftqualität

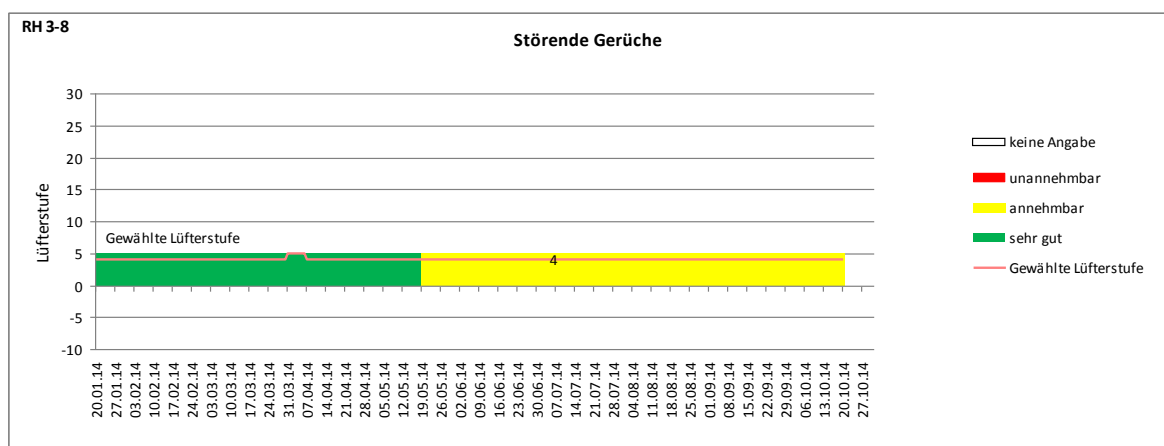


Diagramm 39: subjektives Empfinden störender Gerüche

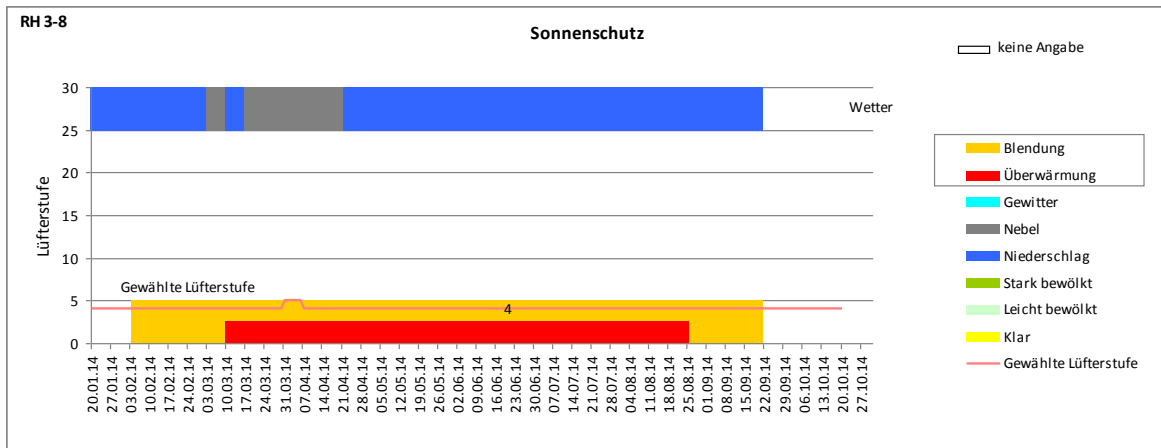


Diagramm 40: Bedienung des Sonnenschutzes

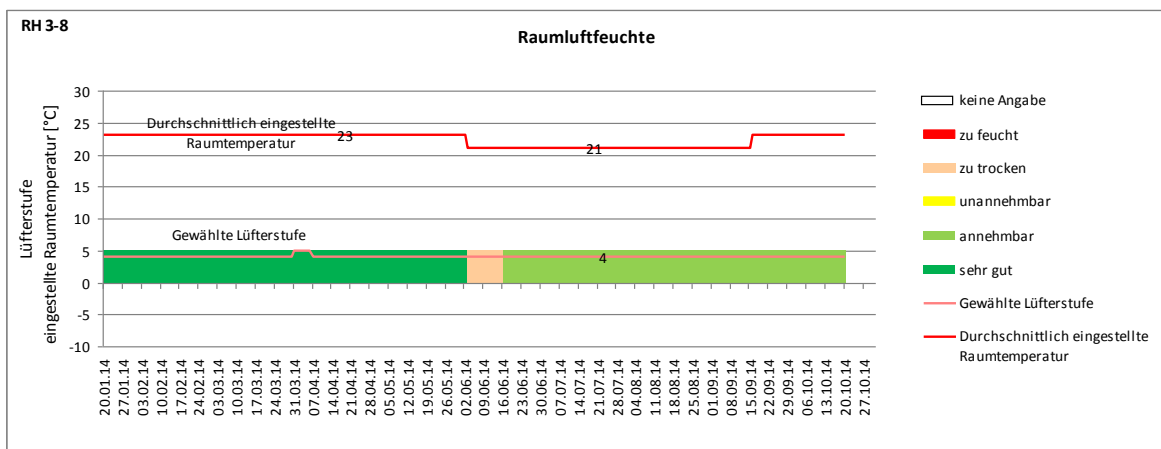


Diagramm 41: subjektive Bewertung der Raumluffteuchte

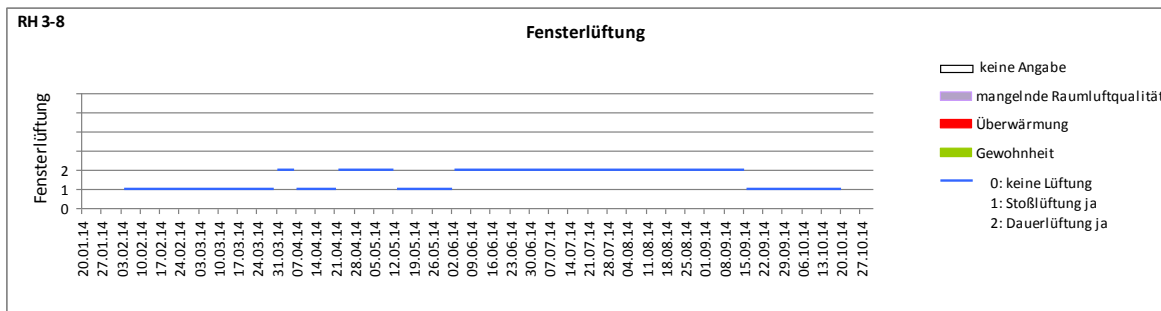


Diagramm 42: Umgang mit Fensterlüftung

Zusammenfassende Interpretation:

Aus den Auswertungen der Befragungsbögen kann eine prinzipielle Wohnzufriedenheit abgeleitet werden.

Die eingestellte Raumtemperatur beträgt 23° und wurde in den Sommermonaten auf 21° abgesenkt.

Eine kurzzeitige Anhebung der Lüfterstufe von 4 auf 5 Ende März fällt in den Zeitraum zwischen 31. 3. und 7. 4., in dem die Raumtemperatur wärmer als sonst empfunden wurde. In den ersten beiden Juni-Wochen wurde die Raumtemperatur ebenfalls als „warm“ empfunden, dies korreliert jeweils mit den gleichzeitigen Außentemperaturspitzen (sh. Diagramm 37).

Ebenfalls Anfang Juni wurde das Raumklima als „zu trocken“ bewertet: Eine plausible Erklärung dafür lässt sich jedoch nicht finden, da gleichzeitig, zusätzlich zur kontrollierten Wohnraumlüftung, über die Fenster dauerlüftet wurde (sh. Diagramm 42).

Die Raumluftqualität wurde in den ersten drei Monaten nur als „annehmbar“ bezeichnet, danach bis zum Auswertungsende als „zufrieden“-stellend (sh. Diagramm 38).

Im Jänner und Februar wurde nicht über die Fenster gelüftet, danach wurde sowohl stoß- als auch dauerlüftet, eine Begründung wurde im Nutzerfragebogen nicht angegeben (sh. Diagramm 42).

Die Bewohner bewerteten die Beeinträchtigung von störenden Gerüchen ab 19. 6. bis zum Auswertungsende ebenfalls nur als „annehmbar“, obwohl fast den gesamten Beobachtungszeitraum über die Fenster stoß- bzw. dauerlüftet wurde (sh. Diagramme 38 und 42).

Die eben beschriebenen Nutzerbewertungen des Innenraumklimas stehen im Widerspruch zur Feststellung, dass die Wohnraumlüftung ständig in Betrieb war: Seitens der Bewohner wurde Lüfterstufe 4 als Fixeinstellung angegeben; demnach wäre laut dem angegebenen Lüftungsverhalten eine besser empfundene Raumluftqualität zu erwarten gewesen.

Das spezifische Nutzerverhalten, abgeleitet aus der Nutzerbefragung, und die Ablesungen vom Lüftungsstromkreis der Wohneinheit legen überdies den Schluss nahe, dass die Lüftungsanlage ständig auf maximaler Stufe betrieben worden ist (sh. dazu auch Kap. 10.2).

Dieser Sachverhalt ist ggfs. mit dem Vermieter bzw. Eigentümer zu verifizieren.

Als Begründung für die Betätigung des Sonnenschutzes wurde über den gesamten Betrachtungszeitraum Blendung und vom 10. März bis Ende August zusätzlich Überwärmung angegeben.

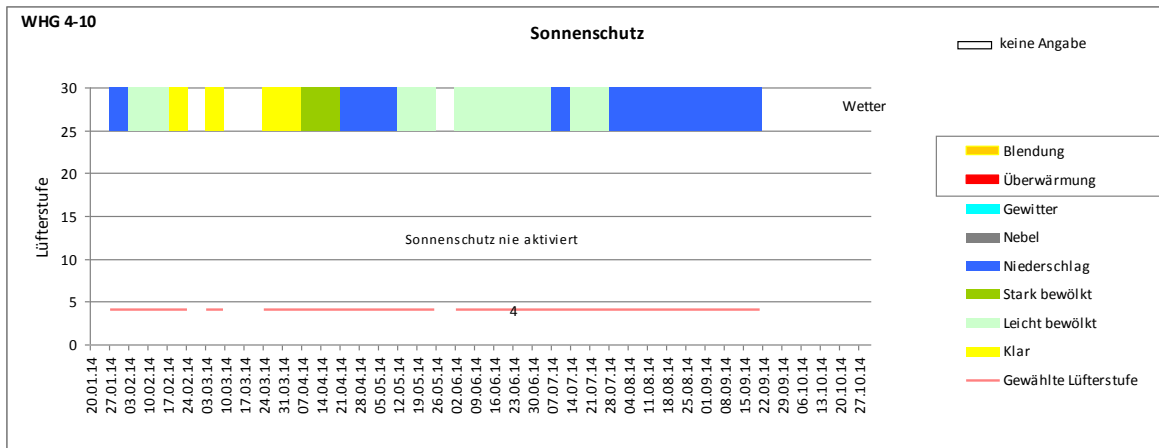


Diagramm 46: Bedienung des Sonnenschutzes

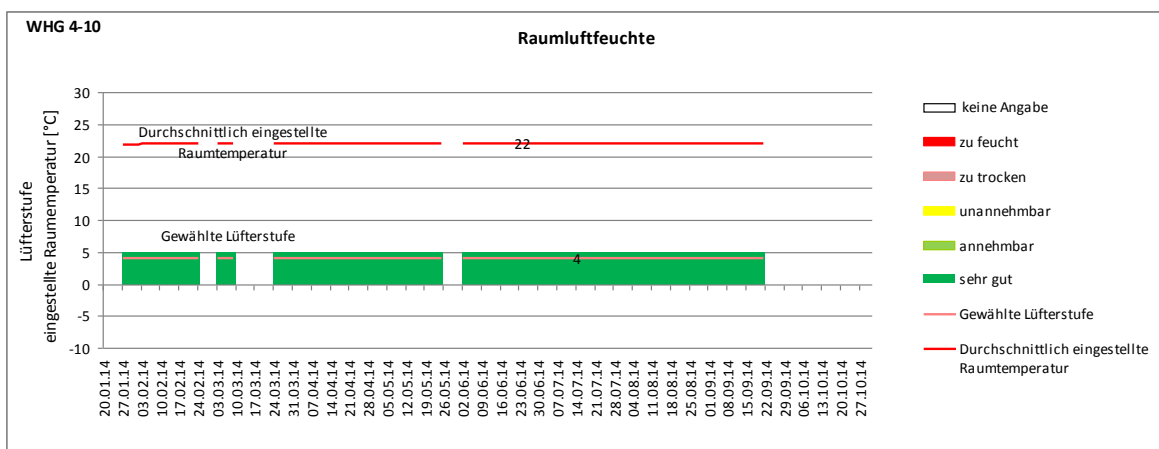


Diagramm 47: subjektive Bewertung der Raumluftfeuchte

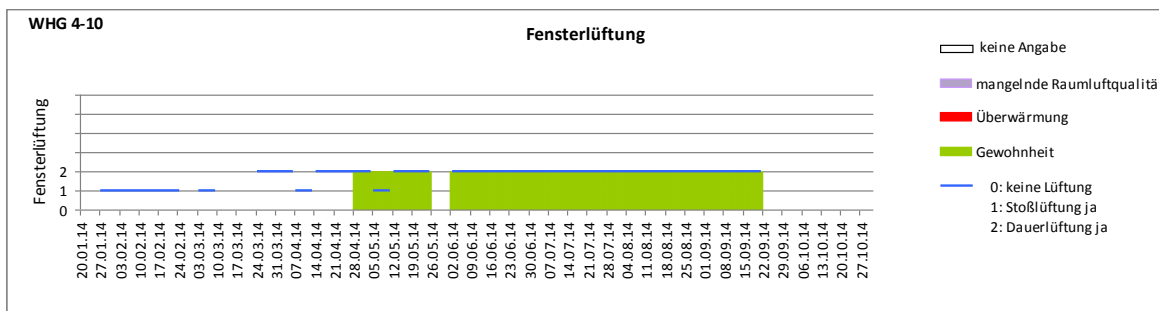


Diagramm 48: Umgang mit Fensterlüftung

Zusammenfassende Interpretation:

Aus den Auswertungen der Befragungsbögen in TOP WHG4-10 kann eine prinzipielle Wohnzufriedenheit abgeleitet werden.

Die eingestellte Raumtemperatur wurde anfangs von 21° auf 22° erhöht und so belassen, die Lüfterstufe blieb unverändert auf Stufe 4 (Diagramm 47).

In Bezug auf störende Gerüche und Raumluftfeuchtigkeit wurde eine große Wohnzufriedenheit vermerkt. Unbehaglichkeiten bezüglich zu geringer Raumluftfeuchte sind trotz geringer Belegung (1 Person) während der Heizperiode nicht aufgetreten (Diagramm 47).

Über den Beobachtungszeitraum wurde über die Fenster stoßgelüftet und ab Ende März bis Ende September dauergelüftet (Diagramm 48), für diesen Zeitraum mit der Begründung „aus Gewohnheit“.

Begründungen für das Lüftungsverhalten über die anderen Zeiträume wurden nicht gemacht.

Der Sonnenschutz wurde nie aktiviert (Diagramm 46), das ist aus Lage und Orientierung der Wohneinheit plausibel (NO-Orientierung).

11. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das Monitoringkonzept für die Wohnhausanlage Gneixendorf-III der GEDESAG wurde entwickelt, nachdem die Gebäude- und haustechnische Planung abgeschlossen war. Das Messequipment – Wärmemengenzähler und Stromzähler – wurde nachträglich in die bereits fertiggestellten haustechnischen Anlagen eingebaut.

Die Messauswertungen der Energieverbräuche in der untersuchten Wohnhausanlage und in ausgewählten Wohnungen zeigen Übereinstimmungen mit den aus den Energieausweisen abgeleiteten und erwarteten Bedarfsprognosen und abweichende Verbräuche im Gebäudebetrieb auf. Ergänzt wurde der Vergleich der Messergebnisse durch eine stichprobenartige, standardisierte Nutzerbefragung, um einen Bezug zwischen nicht direkt erklärbaren, oder mit anderen Wohneinheiten divergierenden, Messergebnissen und den spezifischen Wohngewohnheiten der Bewohner herzustellen.

11.1. Stromverbrauch

11.1.1. Haushaltsstrom der untersuchten Wohneinheiten

Die ermittelten Verbrauchsdaten wurden mittels Referenzwerten (siehe Tab. 8: Jahresstromverbräuche nach Haushaltsgröße) auf Plausibilität geprüft und die Wohneinheiten, unter Rücksichtnahme auf unterschiedliche Belegungszahl und Wohnverhalten, untereinander verglichen.

Anhand des Gesamtstromverbrauchs ließ sich ein sehr unterschiedliches Nutzerverhalten ableiten, was sich vor allem in den abweichenden prozentuellen Verbrauchsanteilen der einzelnen Messgruppen widerspiegelt (sh. Tab. 9 und 10). Interpretationen konnten somit auf Basis der unterschiedlichen Belegungszahlen zwischen ein und drei Personen Haushalten getroffen werden.

Bemerkenswert ist insbesondere, dass bei der kontrollierten Wohnraumlüftung die Erhöhung der Luftwechselrate (TOP RH1-1: von Lüfterstufe 4 auf 7) einen gegenüber den anderen verglichenen Wohnungen vielfachen Stromverbrauch der Lüftungsanlage bewirkt (vgl. Diagramme 1 und 2).

Widersprüchlich ist die Auswertung des wohnungsbezogenen Stromverbrauchs in TOP RH3-8: Auffallend ist der sehr hohe Stromverbrauch der Wohnraumlüftung, der sich nicht aus der voreingestellten, mittleren Luftwechselrate oder aus den technischen Datenblättern des Herstellers ableiten lässt.

Hier ist zu prüfen, ob der hohe Stromverbrauch im Bedienungs- bzw. Wartungsverhalten der Wohnraumlüftung (Filterwechsel) begründet ist.

Zusammenfassend wurde für jede untersuchte Wohneinheit ein Maßnahmenpaket abgeleitet, welches zur Verringerung bzw. Effizienzsteigerung der Verbräuche zukünftig führen soll.

Folgende Maßnahmenpakete sind aus der Sicht der DUK sinnvoll umsetzbar:

- Einsatz von energieeffizienten Küchen- und Haushaltsgeräten (Geräte der Effizienzklasse A+++ weisen gegenüber einem Geräte der Klasse A ein Einsparung von bis zu 24% und gegenüber einem Gerät der Klasse B eine Einsparung von bis zu 51% des Stromverbrauchs auf – Quelle: www.topprodukte.at)
- Waschmaschine: Senkung der Waschtemperatur auf 30°, soweit hygienisch vertretbar, Auswahl der Gerätegröße nach tatsächlichen Bedürfnissen
- Einsatz von flächendeckender LED-Beleuchtung
- Bedarfsgerechte Schulung von Nutzern einer kontrollierten Wohnraumlüftung, um eventuelle falsche Betriebsgewohnheiten auszuschließen und die erforderliche Wartung (Filterwechsel) zu gewährleisten.

11.1.2. Allgemeinstrom der Wohnhausanlage

Die Messung und folgende Auswertung des Allgemeinstromverbrauchs und des Ertrags der Photovoltaikanlage in der Wohnhausanlage Gneixendorf III erstreckte sich über den Zeitraum von 11 Monaten (04.11.2013 – 02.10.2014).

Zusammengefasst und ausgewertet wurden dabei die Stromverbräuche in den drei folgenden Hauptgruppen mit den jeweiligen Untergruppen:

- Heizung: BT C
BT B1.2
BT B1.1
BT B
- Beleuchtung: Aufzug BT C
Licht Laubengang BT C
Schwimmteich
Licht Müll- und Fahrradraum
Licht Kellerräume
Gehwegbeleuchtung
Verstärkeranlage Kabelplus
- Allgemein: BT C
BT B1.2
BT B1.1
BT B
- Ertrag der PV-Anlage

Die Darstellung der Verbräuche und Erträge erfolgte dabei mit Hilfe von Säulen- und Tortendiagrammen zur besseren Lesbarkeit.

Anhand der Diagramme ist zu erkennen, dass die Gruppe Heizung und Allgemeinstromverbrauch im Bauteil C die größten jährlichen Verbrauchsanteile aufweisen. Dabei gilt es anzumerken, dass dem Bauteil C die Hälfte aller Wohneinheiten innerhalb der Wohnhausanlage zuzuordnen sind,

und die am Subzähler am Bauteil C abgelesenen Allgemeinstromverbräuche im Vergleich zu den anderen Bauteilen daher signifikant höher sind.

Die Stromverbräuche der den Heizungsanlagen zugeordneten technischen Ausrüstung war im Beobachtungszeitraum in etwa gleichbleibend (siehe Diagramm 13),

Die Untergruppe Beleuchtung weist ab Mai 2014 bis Oktober 2014 einen signifikant höheren Verbrauch auf, geschuldet dem Betrieb des Schwimmteiches inkl. zugehöriger Umwälzpumpen, Filteranlagen, etc. (siehe Diagramm 14). Möglicherweise kann der Betrieb des Schwimmteiches durch Förderung biologischer Wasserreinigung und der damit verbundenen Reduzierung des elektrischen Verbrauchs für mechanische Reinigung und Umwälzung optimiert werden.

Die Auswertung des Stromertrags der PV-Anlage ergab, dass grundsätzlich mehr Strom geliefert als in den Allgemeinbereichen unmittelbar genutzt wird, und daher mehr als 50% des erzeugten Stroms in das öffentliche Stromnetz gespeist wird.

Auffallend war, dass der Überschuss der PV-Anlage von Mai 2014 bis Oktober 2014 abnahm, was mit dem Betrieb des Schwimmteiches zu korrelieren scheint (siehe Diagramm 14).

Mit der Zielsetzung, den Eigenstrombedarf der Allgemeinbereiche abzudecken, ohne Berücksichtigung des Schwimmteiches, erscheint die PV-Anlage aus ökonomischer Sicht überdimensioniert. Aus ökologischer Sicht ist die Dimensionierung jedoch durchaus vertretbar, da durch Überschusseinspeisung der Strombezug aus anderen (fossilen) Energieträgern vermindert werden kann.

Die PV-Anlage erweist sich jedenfalls als ausreichend groß dimensioniert, um den nicht unbeträchtlichen Strombedarf der Schwimmteichfilterung und –umwälzung abzudecken.

Nicht erfasst werden konnte der Photovoltaik-Strombezug aus der E-Tankstelle, da dort kein Subzähler installiert war.

11.2. Wärmeverbrauch

11.2.1. Wärmeverbrauch der Baukörper und der untersuchten Wohneinheiten

Der Gesamtwärmeverbrauch der einzelnen Bauteile korreliert im Betrachtungszeitraum gut mit den Prognosewerten aus dem Energieausweis. Der geringere Wärmeverbrauch gegenüber der Prognose im Energieausweis in der warmen Jahreszeit resultiert augenscheinlich aus dem Minderverbrauch für Warmwasser gegenüber der Rechenannahme.

Die Auswertung der untersuchten Wohneinheiten zeigt, dass der monatlich gemessene Heizwärmeverbrauch der Wohnungen durchwegs größer als der aus dem Energieausweis abgeleitete, prognostizierte Wärmebedarf ist, was durch den Umstand erklärbar ist, dass der gemessene Wärmeverbrauch auch die Wärmeverteilverluste zwischen dem Wärmemengenzähler am Wohnungsverteiler und dem Ort der Wärmeabgabe beinhaltet.

Eine Verbrauchsmessung (TOP RH1-1) wies signifikant große Abweichungen zwischen der Verbrauchsablesung für Raumwärme und der Bedarfsprognose im Vergleich mit den anderen untersuchten Wohnungen auf: Hier bedarf der Wärmeverbrauch für Raumheizung in der warmen Jahreszeit genauerer Überprüfung.

Der gemessene monatliche Warmwasserwärmeverbrauch in den Wohnungen ist durchwegs geringer als die aus dem Energieausweis errechnete.

Bei Wohnung WHG4-10 korrelieren die gemessenen Wärmeverbräuche für Raumheizung und Warmwasserbereitung gut mit den aus dem Energieausweis errechneten Bedarfswerten. Dem gegenüber ist auffällig, dass der Gesamtwärmeverbrauch im Gesamtbauteil C aber signifikant geringer als die Bedarfsprognose ist. Aufschluss über diesen Widerspruch können weitere Verbrauchsmessungen in den übrigen Wohnungen im Bauteil C bringen.

Abweichend von abgelesenen wohnungsweisen Wärmeverbräuchen für Raumheizung zeigt sich bei den die Wohneinheiten einhaltenden Bauteilen (Wohngebäuden) ein geringerer Energieverbrauch für Raumheizung gegenüber dem Heizenergiebedarf aus den Energieausweisen. Als mögliche Ursachen dafür sind weiterführend zu untersuchen:

- leerstehende oder nur schwach belegte Wohneinheiten,
- von den Annahmen des Energieausweises abweichende Klimadaten am Standort,
- Anwendung der Defaultwerte im Energieausweis:
 - Pauschalierte Verschattung,
 - Vereinfachte Wärmebrückenberechnung und Erdverluste,
 - von der Ausführung abweichende Defaultwerte bei der Haustechnikeingabe.
- Die Richtigkeit der Recheneingaben im Energieausweis und die Übereinstimmung mit der Bauausführung wurden nicht überprüft.

11.2.2. Wärmeertrag der Solaranlage und Wärmebezug aus Fernwärme

Es wurden der Fernwärmebezug an der Systemgrenze des Bauteils (Gebäudeübergabestation) und der Solarwärmeertrag aus den Sonnenkollektoren gemessen.

Ab März scheint die Volllastung der thermischen Kollektorfläche, daher stagnieren danach in der warmen, sonnenreichen Jahreszeit die monatlichen Wärmeerträge.

Der Wärmebezug aus Fernwärme ist ab März in etwa gleich groß wie der von der Solaranlage gelieferte. Daraus ist zu folgern, dass die Solaranlage bereits im Frühjahr die Maximalauslastung erreicht hat (sh. oben), und daher immer noch ein Wärmebedarf aus Fernwärme, in ungefähr gleicher Größenordnung wie der Wärmebezug aus der Solaranlage, für Warmwasserbereitung und zum Teil zur Heizungsunterstützung erforderlich war.

Die Messauswertungen zeigen, dass die monatlich von den Solarkollektoren zum Pufferspeicher gelieferte Wärmemenge auch im Sommer nicht ausreichte, um den Wärmebedarf abzudecken, und daher ein Fernwärmebezug noch erforderlich war.

Ein weiterführendes Monitoring, das die Vor- und Rücklauftemperaturen ($^{\circ}\text{C}$) und die Durchflussmengen (m^3/h) in den einzelnen Kreisläufen (Heizkreise und Warmwasserentnahmen im betreffenden Baukörper, Solaranlagenkreise) erfasst, scheint angezeigt.

11.3. Nutzerzufriedenheit

Die Basis zur Auswertung der Nutzerzufriedenheit war ein begleitender wöchentlicher Mieterfragebogen. Dabei wurden subjektive Wahrnehmungen der Mieter und folgende Parameter erhoben und weiter interpretiert:

- Zufriedenheit Raumlufttemperatur
- Zufriedenheit mit der Luftqualität und ev. störende Gerüche
- Zufriedenheit Raumluftfeuchte
- Einstellung der Lüftungsanlage
- Bedienung des manuellen Sonnenschutz einrichtung
- Fensterlüftungsverhalten
- Vorwiegende Wetterbedingungen

Die Darstellung der Ergebnisse wurde anhand von Diagrammen veranschaulicht und kommentiert.

Aus der systematischen Auswertung der Fragebögen konnte eine grundlegende Wohnzufriedenheit aller Nutzer/Mieter abgeleitet werden.

Die voreingestellten Raumtemperaturen von 21°C wurden nur geringfügig nach persönlichem Empfinden während der Heizperiode reguliert und bewegen sich zwischen 21°C und 23°C .

Die Zufriedenheit mit der Raumluftqualität und der Einfluss störender Gerüche wurden zum Großteil als annehmbar bzw. passend empfunden und die von der Hausverwaltung voreingestellte Lüfterstufe 4 der Wohnraumlüftung beibehalten. Darüber hinaus wurde in den Wohneinheiten regelmäßig während der Heizperiode stoßgelüftet und außerhalb der Heizperiode dauergelüftet. Weiters wurde die Zufriedenheit mit der Innenraumluftfeuchte durchgehend als annehmbar beschrieben, unabhängig der Personenbelegung je Wohneinheit. Ausgehend davon kann die Funktionsweise der kontrollierten Wohnraumlüftung vor allem während der Heizperiode als gut angesehen werden.

Die Bedienung der manuellen Sonnenschutz einrichtung wurde jedoch sehr unterschiedlich bewertet. Im Reihenhaus RH1-1 wurde der Sonnenschutz vorwiegend gegen Blendung, und im Reihenhaus RH3-8 gegen Blendung und Überwärmung, aktiviert, während der Sonnenschutz in der Wohnung WHG4-10 nie aktiviert wurde. Begründung dafür ist die Orientierung der Wohneinheit RH1-1 nach Süden, sie wird aber gegen Süden und Westen von grundrissgleichen Gebäuden verschattet. RH3-8 ist unverschattet südorientiert und erhält somit die größten solaren Wärmeeinträge. Bei WHG4-10 handelt es sich um eine Ost-West orientierte Wohneinheit, wo keine Notwendigkeit des Sonnenschutzes vermerkt wurde. (siehe Abb. 5).

Die Bewertung der jeweils vorherrschenden Wetterlage wurde von den Mietern jedoch sehr unterschiedliche bewertet. Eine Ergänzung mit Wetterdaten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) wäre für weitere Schlussfolgerungen prinzipiell vorteilhaft.

Etwas widersprüchlich fiel die subjektive Bewertung der Mieter in TOP RH3-8 aus:

Die Raumluft wurde in der warmen Jahreszeit zeitweise, trotz Fensterlüftung, als zu trocken bewertet.

Die Bewohner bewerteten die Beeinträchtigung von störenden Gerüchen in der warmen Jahreszeit nur als „annehmbar“, trotz Fensterlüftung.

Die Wohnraumlüftung war ständig auf Lüfterstufe 4 als Fixeinstellung in Betrieb; demnach wäre laut dem beschriebenen Lüftungsverhalten insgesamt eine bessere empfundene Raumluftqualität zu erwarten gewesen.

Das spezifische Nutzerverhalten, abgeleitet aus dem Mieterfragebogen, und die Ablesungen vom Lüftungsstromkreis der Wohneinheit legen überdies den Schluss nahe, dass die Lüftungsanlage ständig auf maximaler Stufe (Lüfterstufe 8) betrieben wurde.

Dieser Sachverhalt ist ggfs. mit dem Vermieter bzw. Eigentümer zu verifizieren.

12. Ausblick und Mehrwert eines Monitoringkonzeptes

Das technische Monitoringkonzept für das gegenständliche Forschungsvorhaben wurde erst nach fertiggestellter Gebäude- und Haustechnikplanung entwickelt und implementiert. Das Energieeffizienzniveau des Gebäudeentwurfs und der haustechnischen Anlagen war entsprechend den Förderungsrichtlinien des Landes Niederösterreich vordefiniert und ausgelegt, die Zielsetzung des Monitoringprojekts beschränkte sich demnach auf die Feststellung des Soll-Ist-Vergleichs beim Umgang der Bewohner und des Gebäudebetreibers mit den haustechnischen Einrichtungen nach dem Bezug der Wohnungen.

Mit dem Instrument des technischen und nutzerbezogenen Gebäudemonitorings sind darüber hinaus weitere, detailliertere Zielsetzungen verifizierbar, speziell in Bezug auf zunehmend energieoptimierte Gebäude- und Anlagensysteme, die von aktuellen nationalen und internationalen Energieeffizienzrichtlinien verlangt werden⁹.

Der folgende Ausblick für Monitoringvorhaben künftiger, vergleichbarer Wohnprojekte bezieht sich daher insbesondere auf die Umsetzung integraler Planungsmöglichkeiten, d.h. schon während der Gebäude- und Anlagenplanung werden begleitende Messkampagnen nach dem Bezug des Gebäudes geplant und vorbereitet.

Bei Wohnprojekten, bei welchen die haustechnische Planung schon abgeschlossen ist, ist das Monitoringkonzept dem Einzelfall angemessen zu entwerfen. Das präsentierte Monitoringkonzept am Bauvorhaben Gneixendorf III kann als repräsentatives Modell herangezogen werden.

In jedem Fall sind die Zielvorgaben noch vor der Bau- bzw. Haustechnikfertigstellung zu definieren und die erforderlichen Messeinrichtungen vor dem Bezug durch die Bewohner zu installieren und zu testen.

I. Monitoringkonzept als integraler Bestandteil der Haustechnikplanung

Die energetische Betriebsoptimierung ist mit Gebäudemonitoring umso exakter auswertbar, je präziser die Zielvorgaben formuliert sind. In der Planungsphase werden der beabsichtigte

⁹ Sh. Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments: <http://eur-lex.europa.eu/>

Energieeffizienzstandard, die Art der Wärme- und Energieversorgung, sowie die gewünschten Behaglichkeitskriterien festgelegt.

I.I

Folgende Umgebungsparameter und vorher definierte Gebäude- und Anlagenparameter sind jedenfalls Grundlage für ein optimiertes Monitoringkonzept:

Klimadaten:	Klimazone:	Heizgradtage Windverhältnisse Durchschnittliche Sonneneinstrahlung, Diffusstrahlung Durchschnittliche Niederschläge und Luftfeuchte Durchschnittliche Außentemperatur
	Beabsichtigte Innenraumtemperatur	
Gebäudedaten:	Gebäudegeometrie:	Kompaktheit, umbauter Raum, Grundflächen Ausrichtung nach Himmelsrichtungen Fensteranteil, z.B. Kriterium tageslichtoptimiert
	Konstruktion:	Bauweise
Bauphysik:	Transmissionskoeffizienten:	Gebäudehülle, Fenster
Energiebedarf:	Nutzenergiebedarf Raumwärme Nutzenergiebedarf Warmwasser Endenergiebedarf gesamt	
Umweltbilanz:	Grenzwert Primärenergiebedarf Grenzwert Treibhausgasemissionen	
Energiekonzept:	angestrebte Energieeffizienzklasse, z.B.: energieautarkes Haus, oder Null-Energiehaus, o. ä.	
	Art der Energiebereitstellung und des Energieträgers	
	Lüftungskonzept:	Fensterlüftung, oder Abluftanlage, oder Komfortlüftungsanlage (balancierte Zu-/Abluft)
	Energiebereitstellung vor Ort, beispielhaft:	thermische Solaranlage mit Angabe des solaren Deckungsgrades), Dimension des Pufferspeichers, Photovoltaik-Anlage mit Angabe der Nennleistung.
	Ausstattungsdetails, beispielhaft:	Wassersparende Geräte und Armaturen Stromsparende Haushaltsgeräte und Beleuchtung Tageslichtgesteuerte Beleuchtung
	Energiebedarf für Allgemeinbereiche, beispielhaft:	Aufzug Beleuchtung Garagenlüftung

I.II

Damit liegt die Struktur eines umfassenden Monitoringkonzepts vor. Nachfolgend am Beispiel für Wohngebäude, welche Energieverbräuche, und ggfs. welche Energieproduktion, in einer Messkampagne zu erfassen und auszuwerten sind, getrennt nach Wärmeenergie und elektrischem Strom:

VERBRAUCH NUTZENERGIE

Wohnung / Wohnbereiche:

Raumheizung	Wärmemenge für Gebäudeheizung
Warmwasserbereitung	Wärmemenge für Warmwasserbereitung
Wärmeverluste	Wärmeverluste in Wärmeverteilungen
Gebäudetechnik	Strommenge für Verschattungsantriebe u. dgl.
Anlagentechnik	Strommenge für Pumpen, Ventilatoren, u. dgl.
Haushaltsstrom	Strommenge für Haushaltsgeräte und Steckdosen
Beleuchtung	Strommenge für Beleuchtung

Allgemeinbereiche:

Gebäudetechnik	Strommenge für Aufzug, Garagentore, u. dgl.
Beleuchtung	Strommenge für Außen-, Garagenbeleuchtung, u.dgl.

PRODUKTION NUTZENERGIE

Photovoltaik	Stromproduktion aus PV-Anlage
Solaranlage	Wärmeproduktion aus thermischen Kollektoren
Erdkollektor	Wärmeproduktion aus einem Sole-Erdkollektor (bei Wärmepumpe)

Photovoltaik	(falls den Allgemeinbereichen, und nicht den Wohnungen, zugeteilt)
--------------	--

I.III

Aus o. a. Zusammenstellung sind Art, Anzahl und Qualität der erforderlichen Messeinrichtungen definierbar. Im angeführten Beispiel sind anzuordnen, mit Angabe des Orts im Verteilnetz:

Wärmemengenzähler: mit Energieverbrauchs- bzw. -produktionsmessung (kWh),
Volumenstrommessung (m³/h), Temperaturmessung (°C):

Zähler Wärmeverbrauch Raumheizung: vor dem Ort der Wärmeabgabe (z.B. vor dem Heizkreisverteiler)

Zähler Wärmeverbrauch Warmwasser: vor dem Ort der Wärmeentnahme (z.B. vor dem Warmwasserverteiler)

Zähler Wärmeverbrauch Energiebereitstellung: an der Systemgrenze (z.B. Hausübergabestation bzw. Wohnungsverteiler)

Zähler Wärmeproduktion: z.B. Sole-Erdkollektor: vor der Wärmepumpe

Zähler Wärmeproduktion: z.B. Wärmepumpe: vor dem Pufferspeicher, bzw. vor der Wärmeverteilung

Zähler Wärmeproduktion: z.B. Solaranlage: vor dem Pufferspeicher, bzw. vor der Wärmeverteilung

Zähler Wärmeproduktion: z.B. Luftnachheizung: am Lüftungsgerät

Stromzähler Wohnbereiche: mit Energieverbrauchs- bzw. -produktionsmessung (kWh)
Zähler im E-Verteiler der Wohneinheit

Zähler Stromverbrauch Haushaltsgeräte

Zähler Stromverbrauch Steckdosen: Steckdosenkreise 220V, 380V

Zähler Stromverbrauch Beleuchtung: Raumbeleuchtung und zugeordnete Außenbeleuchtung

Zähler Stromverbrauch Gebäudetechnik: z.B. Sonnenschutzantriebe, Fensterantriebe, Gegensprechanlage, Alarmanlage, Telefonanlage, Messdatenübertragung, u. dgl.

Zähler Stromverbrauch Wärmebereitstellung: z.B. Wärmepumpe

Zähler Stromverbrauch Anlagentechnik: Umwälzpumpen, Gebläse, u. dgl.

Zähler Stromverbrauch Lüftung: Ventilatoren,
Subzähler: Luftnachheizregister (optional)

Zähler Stromverbrauch Sensoren: optional, z.B. Temperaturfühler, Windwächter, u. dgl.

Zähler Stromproduktion: PV-Anlage (bei Zuordnung zur Wohneinheit)

Stromzähler Allgemeinbereich: mit Energieverbrauchs- bzw. -produktionsmessung (kWh)
Zähler im E-Verteiler des Allgemeinbereichs

Zähler Stromverbrauch Gebäudetechnik: z.B. Aufzug, Garagentor, Messdatenübertragung, u. dgl.

Zähler Stromverbrauch Beleuchtung: Gang-, Keller-, Außenbeleuchtung, u. dgl.

Zähler Stromverbrauch Sensoren: optional, z.B. Temperaturfühler, Windwächter, u. dgl.

Zähler Stromproduktion: PV-Anlage (bei Zuordnung zum Allgemeinbereich)

Ein haustechnischer Schemaplan der Wärmeverteilung und Elektroversorgung, in dem die o. a. Messeinrichtungen lagemäßig richtig vermerkt sind, ist unerlässlich, um in der späteren Auswertephase die abgelesenen bzw. übermittelten Dateninformationen zielgerichtet zuzuordnen und interpretieren zu können.

Die Ablesungen sollen kontinuierlich erfolgen und automatisch übermittelt werden, und zumindest eine Jahresperiode (zwölf Monate) umfassen, das Ablesezeitintervall beträgt höchstens 15 Minuten, bei Strommessungen auch darunter, z. B. fünf Minuten, um Ein- und Ausschaltzeitpunkte ausreichend genau zu erfassen.

Die angeführten Messeinrichtungen mit Ablesung in den angegebenen Intervallen und die monatliche Auswertung über den angeführten Beobachtungszeitraum gewährleisten zuverlässige Interpretationen, die schlussendlich eine treffende Aussage über das reale Gebäudeverhalten erstellen lassen.

Nicht direkt ablesbare Energieverbrauchsanteile (z. B. die Wärmeverteilungsverluste im haustechnischen Anlagensystem, die erfahrungsgemäß eine zentrale Komponente in der Energiebilanz darstellen!) lassen sich aus den übrigen erfassten Messwerten ableiten.

Die so ermittelte Nutzenergiebilanz des untersuchten Gebäudes ist geeignet für den belastbaren Vergleich mit der Energiebedarfsprognose aus der Planungsphase (z.B. aus dem Energieausweis, thermischen Gebäudesimulationen, o. ä.).

Aus der Nutzenergiebilanz lassen sich außerdem die für die Umweltbilanz maßgeblichen Umweltbelastungen Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen aus dem Gebäudebetrieb ableiten und ebenfalls mit den standardisierten Prognosewerten aus der Energiebedarfsermittlung belastbar vergleichen.

I.IV

Die so ermittelten objektiven Messdaten verhelfen zur Aussage über die Güte des energietechnischen Verhaltens des untersuchten (Wohn)gebäudes.

Wesentlich zur Beurteilung der optimalen Gebäudefunktion im bewohnten Betrieb ist außerdem die Erfassung des Nutzerverhaltens. Im Rahmen des Monitorings von Wohngebäuden ist daher auch eine Nutzerbefragung zielführend, wobei eine soziologisch repräsentative, ausreichend große Stichprobe von Wohnungen zu erfassen ist.

Mit der Erhebung des Nutzerverhaltens können nicht nur individuelle Fehlbedienungen der haustechnischen Einrichtungen aufgezeigt werden, Ziel ist auch die Erfassung der Zufriedenheit der Bewohner im Umgang mit den technischen Einrichtungen und mit dem allgemeinen Wohnkomfort.

Nutzerverhalten und -zufriedenheit werden mit einem standardisierten Fragebogen erfasst, der hinsichtlich der Fragestellungen auf die gebäude- bzw. wohnungsspezifischen Besonderheiten abzustimmen ist. Der empfohlene Kerninhalt des Fragebogens ist, in Anlehnung an den detaillierten Fragenkatalog an die Mieter der Wohnhausanlage Gneixendorf III, folgender:

Fragenkatalog zum Umgang mit der Anlagentechnik:

Raumheizung:	eingestellte Innenraumtemperatur
Lüftungsverhalten:	Lüftungsanlage: manuelle Einstellung der Luftwechselrate Fensterlüftung: Dauer der Stoß- oder Dauerlüftung
Sonnenschutz:	Betätigung der Verschattung

Mit abzufragen ist auch die Begründung der gesetzten Maßnahme.

Fragenkatalog zur subjektiven Zufriedenheit mit dem Innenraumklima:

Bewertung der Innenraumtemperatur	
Bewertung der Luftqualität:	Raumluftfeuchte, störende Gerüche
Bewertung der Tageslichtverhältnisse:	Helligkeit tagsüber, Blendung

Je nach Anlassfall zu ergänzen mit (Aufzählung beispielhaft):

Bewertung des Innenraumschalls
Bewertung Zugluft

Die Bewertung kann z. B. nach dem Schulnotensystem oder mit qualitativer Stichwortbeschreibung abgegeben werden.

Mit abzufragen ist auch die Begründung der gesetzten Maßnahme.

Ergänzend ist die subjektive Bewertung der zum Beobachtungszeitpunkt vorherrschenden Wetterbedingungen abzufragen, um einen Bezug zur subjektiven Bewertung des Wohnklimas der befragten Personen ableiten zu können:

Abfrage Außenbedingungen:

Außentemperatur
Sonnenschein, Bewölkung, Niederschlag
Windverhältnisse

Die Ergebnisse eines in oben beschriebenem Umfang durchgeführten Monitorings geben wertvollen Aufschluss über das allgemeine Funktionieren des Gebäudes. Es dient einerseits als Grundlage für eine konstruktive Kommunikation zwischen Hausverwaltung und Nutzern bei Problemen der technischen Bedienung, andererseits werden Verbesserungs- und Optimierungspotentiale für die Planung künftiger Wohnbauprojekte aufgezeigt.

13. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Moeller Messkomponente CEMU 01/02	5
Abbildung 2: Systemskizze Moeller Funksystem	5
Abbildung 3: Testaufbau des zu implementierenden Messsystems von Krems Research mit dem Moeller Energiemesssensor (EMS) CEMU-01-02	5
Abbildung 4: Systemschema Kurzzeit-Energiemonitoring	7
Abbildung 5: Lageplan Wohnhausanlage Gneixendorf III mit Lage der 5 gewählten Wohneinheiten	10
Abbildung 6: Solar-Pufferspeicher in Bauteil B 1.2	12
Abbildung 7: Wohnungsstation vor Adaptierung an das Forschungsprojekt, Quelle: Hausverwaltung GEDESAG	13
Abbildung 8: Wohnungsstation – Anschlussbelegung, Quelle: Hausverwaltung GEDESAG	13
Abbildung 9: Wohnungsstation im RH 2/7 nach Adaptierung	14
Abbildung 10: Lüftungsgerät Helios KWL EC 200 Pro; Quelle: Hausverwaltung GEDESAG	16
Abbildung 11: OWL intuition-Ic Grundeinheit, Quelle: Handbuch 2 Save Energy Ltd.	19
Abbildung 12: Installationsschema einer OWL intuition-Ic Grundeinheit, Quelle: Handbuch 2 Save Energy Ltd. (adaptiert)	20
Abbildung 13: Energieausweisdeckblatt Seite 2	49
Abbildung 14: Beispiel Monatsbilanzierung, Dokumentation im Energieausweis	50

14. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der fünf ausgewählten Wohneinheiten	11
Tabelle 2: Wesentliche Komponenten der thermischen Solaranlage.....	11
Tabelle 3: Übersicht der in den Wohneinheiten vorhandenen Stromkreise	15
Tabelle 4: Messpunkte in der Wohnhausanlage GEDESAG Gneixendorf III	17
Tabelle 5: Anforderungen für die Auswahl des Strommesssystems.....	18
Tabelle 6: Eingebaute OWL-Komponenten in den fünf Testwohneinheiten	21
Tabelle 7: Strommesspunkte innerhalb der Wohneinheiten.....	21
Tabelle 8: Jahresstromverbrauch nach Haushaltsgröße (Quelle: eNu)	31
Tabelle 9: Jahresstromverbrauch der untersuchten Wohneinheiten und PV-Ertrag in kWh	32
Tabelle 10: Jahresstromverbrauch der untersuchten Wohneinheiten und PV-Ertrag in Prozentanteilen	32
Tabelle 11: monatliche Verbrauchsanteile je Stromkreis in % in TOP RH 2-7	36
Tabelle 12: monatliche Verbrauchsanteile je Stromkreis in % in TOP RH 3-8	37
Tabelle 13: monatlicher Verbrauchsanteile in % je Stromkreis in TOP WHG 4-10	39
Tabelle 14: monatliche Verbrauchsanteile in % je Stromkreis in TOP WHG 4-25	40
Tabelle 15: monatlicher Stromverbrauch Allgemeinbereiche und PV-Ertrag in kWh	44
Tabelle 16: monatliche Anteile Stromverbrauch Allgemeinbereiche und anteiliger PV-Ertrag in %	44
Tabelle 17: Vergleich Energiebedarf und -verbrauch Bauteil A, Top RH1-1	53
Tabelle 18: Vergleich Energiebedarf und Verbrauch Bauteil B1.2, Top RH3-8.....	56
Tabelle 19: Vergleich Energiebedarf und Verbrauch Bauteil B, Top RH2-7	59
Tabelle 20: Vergleich Energiebedarf und Verbrauch Bauteil B, Top 4-10.....	61

Tabelle 21: Gesamtwärmeverbrauch und prognostizierter Bedarf der untersuchten Bauteile..... 64

15. Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Jahresstromverbrauch der Messgruppen in den untersuchten Wohneinheiten in kWh.....	33
Diagramm 2: Prozentanteile der Messgruppen am Stromverbrauch den untersuchten Wohneinheiten	33
Diagramm 3: monatlicher Verbrauch je Stromkreis in kWh in TOP RH 1-1	34
Diagramm 4: monatliche Verbrauchsanteile je Stromkreis in % in TOP RH 1-1	35
Diagramm 5: monatlicher Verbrauch je Stromkreis in kWh in TOP RH 2-7	36
Diagramm 6: monatlicher Verbrauch je Stromkreis in kWh in TOP RH 3-8.....	37
Diagramm 7: monatlicher Verbrauch je Stromkreis kWh in TOP WHG 4-10.....	39
Diagramm 8: monatlicher Verbrauch je Stromkreis in kWh in TOP WHG 4-25.....	40
Diagramm 9: Jahresverlauf Strommessdaten Allgemeinbereiche	42
Diagramm 10: korrigierter Jahresverlauf Strommessdaten Allgemeinbereiche	42
Diagramm 11: monatlicher Stromverbrauch der Hauptgruppen im Allgemeinbereich und anteiliger PV-Ertrag in kWh	45
Diagramm 12: prozentuelle Verbrauchsanteile der Hauptgruppen im Allgemeinbereich in %	45
Diagramm 13: monatlicher Stromverbrauch Untergruppe "Heizung" im Allgemeinbereich in kWh.....	46
Diagramm 14: monatlicher Stromverbrauch Untergruppe "Beleuchtung" im Allgemeinbereich in kWh.....	46
Diagramm 15: monatlicher Stromverbrauch Untergruppe "Allgemein" im Allgemeinbereich in [kWh]	47
Diagramm 16: monatlicher Stromertrag der PV-Anlage in [kWh]	47
Diagramm 17: Vergleich Heizwärmebedarf mit Wärmeverbrauch der Raumheizung in TOP RH1-1	54
Diagramm 18: Vergleich Warmwasserwärmebedarf mit Wärmeverbrauch Warmwasser in TOP RH1-1.....	55
Diagramm 19: Vergleich Gesamtwärmebedarf mit Wärmeverbrauch im Bauteil B1.2	56
Diagramm 20: Vergleich Heizwärmebedarf mit Wärmeverbrauch der Raumheizung in TOP RH3-8	57
Diagramm 21: Vergleich Warmwasserwärmebedarf mit Wärmeverbrauch Warmwasser in TOP RH3-8.....	58
Diagramm 22: Vergleich Gesamtwärmebedarf mit Wärmeverbrauch im Bauteil B	59
Diagramm 23: Vergleich Gesamtwärmebedarf mit Wärmeverbrauch im Bauteil C.....	61
Diagramm 24: Vergleich Heizwärmebedarf mit Wärmeverbrauch der Raumheizung in TOP WHG4-10	62
Diagramm 25: Vergleich Warmwasserwärmebedarf mit Wärmeverbrauch Warmwasser in TOP WHG4-10.....	63
Diagramm 26: Gesamtwärmebedarf und –verbrauch der untersuchten Bauteile.....	64
Diagramm 27: Wärmeverbrauch und solarer Ertrag am Bauteil B	67
Diagramm 28: Wärmeverbrauch und solarer Ertrag am Bauteil B1.1	68

Diagramm 29: Wärmeverbrauch und solarer Ertrag am Bauteil B1.2	68
Diagramm 30: Wärmeverbrauch und solarer Ertrag am Bauteil C	69
Diagramm 31: subjektives Empfinden der Raumtemperatur	71
Diagramm 32: subjektives Empfinden der allgemeinen Raumlufqualität	71
Diagramm 33: subjektives Empfinden störender Gerüche	71
Diagramm 34: Bedienung des Sonnenschutzes	72
Diagramm 35: subjektive Bewertung der Raumluftheuchte	72
Diagramm 36: Umgang mit Fensterlüftung	72
Diagramm 37: subjektives Empfinden der Raumtemperatur	74
Diagramm 38: subjektives Empfinden der allgemeinen Raumlufqualität	74
Diagramm 39: subjektives Empfinden störender Gerüche	74
Diagramm 40: Bedienung des Sonnenschutzes	75
Diagramm 41: subjektive Bewertung der Raumluftheuchte	75
Diagramm 42: Umgang mit Fensterlüftung	75
Diagramm 43: subjektives Empfinden der Raumtemperatur	77
Diagramm 44: subjektives Empfinden der allgemeinen Raumlufqualität	77
Diagramm 45: subjektives Empfinden störender Gerüche	77
Diagramm 46: Bedienung des Sonnenschutzes	78
Diagramm 47: subjektive Bewertung der Raumluftheuchte	78
Diagramm 48: Umgang mit Fensterlüftung	78

16. Anlage – Mieterfragebogen