

## **Klimaneutraler Gebäudebestand durch Pauschalmiete?**

## **Erfahrungen bei solarer Eigenversorgung inklusive Speicher**

*Herausgeber:*

*Andreas Gäbler, Undine Fleischmann,  
Thomas Storch, Tobias M. Fieback*

F R E I B E R G E R F O R S C H U N G S H E F T E  
Herausgegeben vom Rektor der TU Bergakademie Freiberg

A 940 Energie

## **Klimaneutraler Gebäudebestand durch Pauschalmiete?**

## **Erfahrungen bei solarer Eigenversorgung inklusive Speicher**

*Herausgeber:*

*Andreas Gäbler, Undine Fleischmann,  
Thomas Storch, Tobias M. Fieback*

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMIE FREIBERG

**Herausgeber:** TU Bergakademie Freiberg  
Der Rektor  
09596 Freiberg

**Vertrieb:** Akademische Buchhandlung, Inh. Anne Münzner, e.Kfr.,  
Merbachstraße, PF 1445,  
09599 Freiberg, Telefon 03731 22198, Fax 03731 22644

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne die Zustimmung des Verlages außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

1. Auflage

© Technische Universität Bergakademie Freiberg, 2021

Gesamtherstellung: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg

Printed in Germany

ISBN 978-3-86012-664-6

# Tagungsband zum Projektworkshop EVERSOL-MFH

„Klimaneutraler Gebäudebestand durch Pauschalmiete?“

*Erfahrungen bei solarer Eigenversorgung inklusive Speicher*

27.-28. August 2020

Konferenzraum der eG Wohnen1902 in Cottbus



Stand: 03.2021

Gefördert durch:



## Inhalt

Liste der Herausgeber .....	5
Danksagung .....	7
Zusammenfassung.....	9
1. Mit Low Tech zu High Savings – warum reduzierte Gebäudetechnik mit autarkem Energiekonzept im Wohnungsbau die Zukunft ist.....	10
2. Pauschalieten in der WoWi – ein ökonomisches Anreizmodell? .....	12
3. Energiekennwerte und Nutzereinfluss zweier teilautarker Mehrfamilienhäuser über 1 ½ Jahre Monitoring .....	16
4. Neue Geschäftsfelder für die Wohnungswirtschaft- Möglichkeiten und Chancen am Projektbeispiel Winner .....	26
5. Wärmepumpe & PV = sinnvolle Energieversorgung im Mehrfamilienhaus? .....	30
6. Energiesprung – Serielles Sanieren von Mehrfamilienhäusern.....	42
7. Ergebnisse der Mieterbefragungen der Sonnenhäuser vor dem Hintergrund zukünftiger Smart-Home Gebäude .....	46
8. Status quo Solarthermie – Ertragskontrolle und neueste Entwicklungen .....	52
9. WINNER – Projekt .....	60
10. Solarenergie auf Wohnungsebene – heute die Stadt von morgen bauen .....	64
Fazit und Ausblick Eversol Workshop .....	66



## Liste der Herausgeber

M.Sc. Andreas Gäbler

Kontakt:

Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, TU Bergakademie Freiberg

Gustav-Zeuner-Straße 7, 09599 Freiberg

+49 3731 39-2276

Andreas.Gaebler@ttd.tu-freiberg.de

B.Sc. Undine Fleischmann

Kontakt:

Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, TU Bergakademie Freiberg

Gustav-Zeuner-Straße 7, 09599 Freiberg

Undine.Fleischmann@ttd.tu-freiberg.de

Dr.-Ing. Thomas Storch

Kontakt:

Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, TU Bergakademie Freiberg

Gustav-Zeuner-Straße 7, 09599 Freiberg

+49 3731 39-3185

Thomas.Storch@ttd.tu-freiberg.de

Prof. Dr.-Ing. Tobias M. Fieback

Kontakt:

Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, TU Bergakademie Freiberg

Gustav-Zeuner-Straße 7, 09599 Freiberg

Tobias.Fieback@ttd.tu-freiberg.de

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Tagungsbandes liegt bei den jeweiligen Autoren.





## Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) für die finanzielle und dem Projektträger Jülich für die beratende Unterstützung des Projektes Eversol-MFH (FKZ 03ETS004). Zudem gilt unser Dank der den beteiligten Technikern und Studenten für die Unterstützung und gute Zusammenarbeit.

Weiterhin danken wir allen Beteiligten für Ihre Teilnahme und die Beiträge beim Workshop „Klimaneutraler Gebäudebestand durch Pauschalmitiete?“. Ihre vorgestellten Themen waren eine Bereicherung und ein guter Blick über den Tellerrand dieses Forschungsprojektes hinaus. Es war für uns eine insgesamt gelungene Veranstaltung. Wir haben einige Anregungen mitnehmen können und hoffen, dass Ihnen das ebenso möglich war.



Wir danken auch unseren Projektbeteiligten und -Unterstützern:





## Zusammenfassung

Der 2. Präsenz- Workshop des Forschungsprojektes „EVERSOL-MFH“ fand diesmal unter besonderen Voraussetzungen bei der eG Wohnen 1902 in Cottbus statt. In direkter Nachbarschaft zu den im Projekt untersuchten Sonnenhäusern kamen ca. 50 Teilnehmer aus Forschung, Wohnungswirtschaft und Planungsbüros mit gebührendem Abstand zusammen. Zusätzlich konnten an zwei Tagen jeweils weitere fast 20 Interessierte der Onlineübertragung aller Vorträge folgen und sich so auch an den anschließenden Diskussionen über den Chat beteiligen. Diese besondere Herausforderung gelang nach anfänglichen Startschwierigkeiten und wird für folgende Workshops als interessante Zusatzoption geplant.

Dank vieler Gastbeiträge wurde insgesamt eine reiche Vortragsvielfalt rund um den Themenschwerpunkt “Bauen der Zukunft“ vorgestellt:

- Mietmodelle und rechtliche Hürden
- Neue Geschäftsfelder für die Wohnungswirtschaft
- Mieterbefragungen mit Blick auf zukünftige Herausforderungen
- Vorstellung von Messdaten und Nutzereinfluss bei Pauschalmitiete
- Sinnvolle Energieversorgungssysteme für das Mehrfamilienhaus, Status quo bei der Solarthermie und Praxisbeispielen
- Alternative Sanierungsstrategien und PV-Fassaden mit Eigennutzung

Im vorliegenden Tagungsband sind freigegebene Vorträge sowie einzelne Inhalte des Workshops noch einmal tiefergehend dargestellt. Weitere Informationen zum Workshop sowie zum EVERSOL-Projekt sind auf der Projekthomepage unter <https://eversol.iwtt.tu-freiberg.de/workshop-2020.html> zu finden.

Wir danken allen Referenten und der eG Wohnen 1902 für die umfangreiche Unterstützung, sowie dem Fördermittelgeber für die finanzielle Ausstattung des Workshops 2020.

M.Sc. Andreas Gäbler

Dr.-Ing. Thomas Storch



# 1. Mit Low Tech zu High Savings – warum reduzierte Gebäudetechnik mit autarkem Energiekonzept im Wohnungsbau die Zukunft ist

*Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld, Timo Leukefeld GmbH*

Vermieter und Wohnungsbauunternehmen stehen heute vor etlichen Herausforderungen. In den kommenden Jahrzehnten strömen immer mehr Menschen in die Städte. Ihr Wunsch: günstig wohnen. In Metropolen wird deshalb zunehmend durch staatliche Regulierung die Höhe der Kaltmiete gedeckelt. Gleichzeitig sind die Investitionskosten im Wohnungsbau mittlerweile durch den Kostentreiber Gebäudetechnik enorm hoch geworden. Gesetzliche Vorgaben für die Gebäudeausstattung wie die Energieeinsparverordnung oder das regenerative Wärmegesetz sollen den Energiebedarf der Haushalte minimieren. Doch mit der Berücksichtigung dieser Vorgaben hält jede Menge kosten- und wartungsintensive Technik Einzug in den Neubau – und das macht das Wirtschaften für Vermieter und Wohnungsunternehmen nicht leichter. Denn die Investitionskosten für die Wärmetechnik stehen in keinem Verhältnis mehr zu den tatsächlichen Heizkosten, da der Heizwärmebedarf durch bessere Gebäudehüllen und Klimawandel kontinuierlich sinkt.

## **High Low Tech – die intelligente Technik der Zukunft**

Genau hier setzt das disruptive Geschäftsmodell der radikal vereinfachten Haustechnik an. Das Autarkie-Team rund um Energieexperte und Zukunftsforscher Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld hat seine Erfahrungen aus der Entwicklung und Umsetzung energieautarker Ein- und Mehrfamilienhäuser genutzt, um die Kostenersparnis im Hausbau voranzutreiben. Das Ergebnis: Weniger Technik bedeutet mehr Nachhaltigkeit – und Lukrativität. Gepaart mit einem energieautarken Gebäudekonzept beschert sie nämlich zusätzliche Mieteinnahmen von bis zu drei Euro pro Quadratmeter. „Bei vernetzter Energieautarkie brauchen wir weder Wärmepumpe noch Heizkessel, auch keine Heizkörper, Fußbodenheizung, Zirkulationsleitungen, Wasserboiler oder eine zentrale kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung“, sagt Leukefeld. Das sorgt für nahezu wartungsfreie Häuser und sei eine enorme Kostenersparnis. „Schließlich steigen vielerorts die Wartungs- und Reparaturkosten durch die eingebaute Technik. Diese Kosten werden künftig die eingesparten Energiekosten bei weitem übertreffen, auch wenn das vielen noch nicht klar ist. Denn komplexe Systeme steigern zwar den Wirkungsgrad, gleichzeitig sinkt aber ihre Widerstandsfähigkeit. Der herrschende Handwerkerangel treibt die Kosten dann zusätzlich in die Höhe.“

## **Auf dem Weg zur reinen „Stromgesellschaft“: real smart – und real clever!**

Sein disruptives Haustechnikkonzept im Wärmebereich beruht auf einer Infrarotstrahlungsheizung, die von Strom gespeist wird und im Winter für wohlige Wärme sorgt. Im Sommer hingegen sorgt eine Klimaanlage für eine aktive Kühlung des Hauses. Der gesamte Strombedarf des Gebäudes wird zu zirka 60 Prozent von der hauseigenen Photovoltaikanlage erzeugt, die ihre solaren Energieüberschüsse von Frühjahr bis Herbst an eine Strom-Cloud-Community abgibt. Im Winter werden die im Sommer gespendeten Überschüsse im selben Umfang als zusätzlich verfügbarer Ökostrom rückvergütet. „Wir

steuern in eine reine Stromgesellschaft. Im Neubau verschwindet die flüssigkeitsbasierte Wasserheizung, die wir seit 70 Jahren gewohnt sind“, so Leukefeld, der Politik, Wirtschaft, Kommunen und Bauherren in Fragen der Zukunftsgestaltung mit Blick auf Energie und Ressourcen berät. „Stattdessen bewegen wir uns hin zu einer einfachen, soliden und wartungsarmen Lösung, deren Strahlungswärme der eines Kachelofens gleichkommt. Und weil der selbst erzeugte Strom nicht nur für Wärme, warmes Wasser und Haushaltsstrom sorgt, sondern auch für eine hauseigene E-Tankstelle, tendieren die Kosten für den gesamten Energieverbrauch inklusive Mobilität gegen Null.“

### **Aus vier Verträgen für Wohnen, Wärme, Strom und E-Mobilität wird ein Rundum-Sorglos-Vertrag**

Die dezentrale Energieversorgung ist eines der spannendsten und wichtigsten Themen in der Wohnungswirtschaft. Mit der Entwicklung energieautarker Gebäude und neuer Geschäftsmodelle leistete der Freiburger bereits Pionierarbeit. So lässt sein Energiekonzept es auch bei Mehrfamilienhäusern zu, Pauschalmieten inklusive einer Energie-Flatrate zu kalkulieren. Für Mieter bedeutet das eine Miete, die ihnen über einen Zeitraum von zehn Jahren zum Fixpreis Wohnen, Wärme, Strom und E-Mobilität garantiert. Und für Vermieter entfällt neben dem Verwaltungsaufwand für jährliche Betriebskostenabrechnungen auch der Aufwand häufiger Neuvermietungen. Dafür gewinnt ihr Image an Umweltfreundlichkeit hinzu, denn der nahezu CO<sub>2</sub>-freie Betrieb der Wohnungen kommt in Zeiten des Klimawandels nicht nur bei den Bewohnern gut an. Leukefeld und sein Autarkie-Team sind sich sicher: „Wir müssen den Mut haben, neu zu denken. Disruption heißt die Unterbrechung des Gewohnten und Neuausrichtung. Wir müssen uns trauen, vielbeschworene Techniken in Frage zu stellen. Manchmal ist weniger mehr – zum Beispiel beim Erschaffen bezahlbaren und dennoch klimafreundlichen Wohnraums.“

#### **Zum Autor:**

Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld  
Kontakt:  
Timo Leukefeld GmbH  
Franz-Mehring-Platz 12 D, D-09599 Freiberg  
049 3731 41 93 86 0  
kontakt@timo-leukefeld.de

#### **Vortrags-Präsentation:**



## 2. Pauschalmieten in der WoWi – ein ökonomisches Anreizmodell?

*Konrad Uebel, Tina Endler, Freiberg Institut*

### Status Quo

Die Ziele der Politik sind ein klimaneutraler Gebäudebestand bis 2050 und eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen Sektoren. Der Status Quo sieht derzeit so aus, dass der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser in den Jahren 2010-2017 (dena Gebäudereport 2019) und die Sanierungsrate bei knapp 1% (notwendig > 1,5%) stagniert, aber ausreichend Förderprogramme und Beratungsangebote vorhanden sind. Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass es einen Interessenskonflikt bei der Erreichung der Zielstellungen gibt, denn die Wohnkosten sollen stabil bleiben und die Mieten müssen bezahlbar sein.

### Stakeholder-Analyse

Das Ziel der Stakeholder-Analyse ist, die Stakeholder und ihre Wechselwirkungen zu identifizieren und deren Bedürfnisse zu analysieren. Als wesentliche Ergebnisse lassen sich zusammenfassend ein sicherer Rechtsrahmen, die Beeinflussung des Nutzerverhaltens, eine technische Risikominimierung und ökonomische Vorteilhaftigkeit feststellen. Fachexperten aus der Wohnungswirtschaft, der Bauwirtschaft und den Energieversorgungsunternehmen (EVU) begrüßen die Vorstöße zur Einführung einer Pauschalmiete.

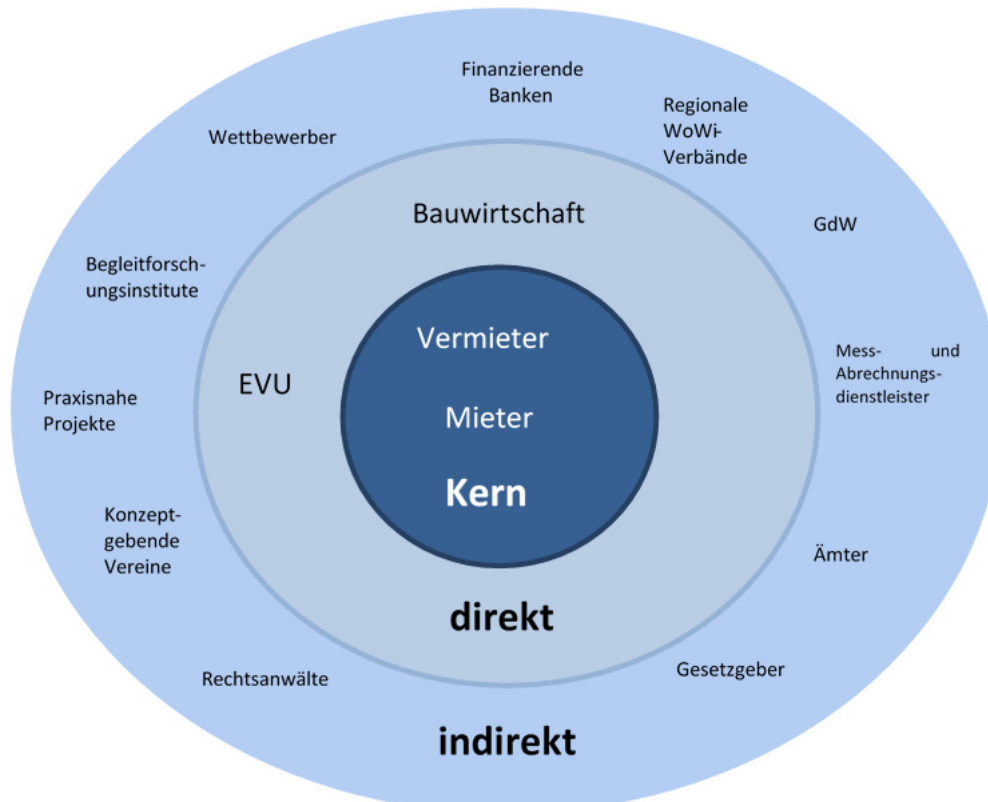


Abbildung 1: Stakeholder-Mapping einer Pauschalmiete

## Pauschalmiete

Innerhalb der Praxis gibt es unterschiedliche Auffassungen einer Pauschalmiete. Daher ist es notwendig, eine generelle Definition je nach Pauschalisierungsgrad der Wohnkosten festzulegen. Die Abbildung 2 stellt eine Möglichkeit für die Pauschalmiet-Modelle dar.

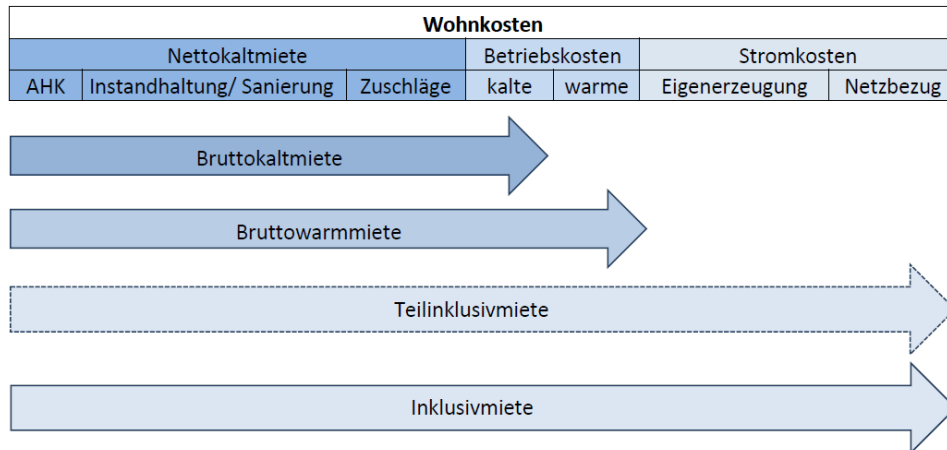


Abbildung 2: Zusammensetzung einer Inklusivmiete

## Kernfragen für die Wohnungswirtschaft

In Anlehnung an die Abbildung 2 entstehen drei Kernfragen bei der Etablierung einer Pauschalmiete:

1. Welches Pauschalmietmodell soll eingeführt werden? (Pauschalisierungsgrad der Wohnkosten)
2. In welchem Umfang soll pauschalisiert werden? (keine Abrechnung vs. Kontingente)
3. Wer trägt die Verantwortung für die Energieerzeugung und -verteilung? (Eigenbetrieb vs. Contracting).

## Konsequenzen und Anreize

Je nach Beantwortung der Kernfragen entstehen unterschiedliche rechtliche, technische und bauliche Konsequenzen, die zu berücksichtigen sind. Zusätzlich dazu sind für jedes Projekt der Standort und die Architektur des betrachteten Gebäudes zu beachten.

Die Wirtschaftlichkeit eines Pauschalmiet-Projekts hängt von der Ausprägung der folgenden ökonomischen Anreize ab:

- Förderungen
- Energieeinsparungen durch energetische Sanierung und Effizienzmaßnahmen
- Erlöse durch Verkauf von Wärme und Strom sowie ggf. zusätzliche Dienstleistungen
- Vermiedene CO<sub>2</sub>-Kosten
- Vereinfachung der Prozesse
- Höhe der Investitionskosten
- Kosten für ein Monitoring



## **Marktübersicht**

Die Umsetzung einer Pauschalmiete findet man u. a. in Schweden, den USA oder auch in den Niederlanden. Jedes Projekt geht dabei von unterschiedlichen Ansätzen aus. In Schweden existiert ein staatlich regulierter Mietmarkt mit einer Warmmiete. Man geht dort von einer Raumtemperatur von 20- 21°C ohne Messen und Abrechnen sowie einer zentralen Steuerung aus. Wollen die Mieter eine höhere Raumtemperatur, so müssen sie diese „zubuchen“. Der Großteil der Mieter hat dies auch getan. In den USA sind sowohl im Bestand als auch im Neubau Warmmieten möglich und verbreitet. Nach einer Studie sind die Mieter aber vor allem Senioren (65+), weniger Personen pro Haushalt, weniger Kinder und die Mieter sind wenig preissensibel für Grenzkosten von Energie. Sie wählen 0,5-1,5 °C höhere Raumtemperaturen in der Heizperiode und haben dadurch einen höheren Energieverbrauch. Die Gebäude sind meist größer und energieeffizient. In den Niederlanden wurde das Energiesprung-Prinzip entwickelt und soll auch in Deutschland, Frankreich, Italien und dem Vereinigten Königreich etabliert werden. Die Hauptmerkmale dieses Prinzips bestehen im NetZero-Standard, seriellen Sanieren, Performance-Versprechungen und Einführung einer Inklusivmiete. Dabei werden die Kennzahlen für die Sanierung vorgegeben. In Deutschland findet man Pilotprojekte mit Wärme und Strom hauptsächlich im Neubau. Pauschalmietenmodelle mit Heizung, Warmwasser und Teile der kalten Betriebskosten werden im Bestand bereits umgesetzt. Der Sanierungsstandard besteht dabei im 3-LiterHaus, Passivhaus oder Null-Heizkosten-Haus und als Anlagentechnik wird Solarthermie, PV und Wärmepumpe, sowie BHKWs gewählt. Wohnungswirtschaften die dies bereits umgesetzt haben sind z B. GEWOBA-Nord eG, ABG GmbH, LUWOG E GmbH oder der bauverein Darmstadt AG.

## **Studien**

In einer Akzeptanzstudie „Mieterstrom aus Mietersicht“ kam deutlich zum Ausdruck, dass den Mietern bei Projekten, wo sie zu 100% beteiligt sind, vor allem lokal erzeugte erneuerbare Energien und der Stromlieferant gefolgt vom Strompreis wichtig sind. Bei Projekten, bei denen sie eine Beteiligung unter 100 % haben, ist der Strompreis der entscheidendste Punkt. In der Civey-Umfrage unter Mieter von Haus & Grund bejahten 60% der Mieter die Frage: „Würden Sie am Haus produzierten Solarstrom von Ihrem Vermieter beziehen, wenn er diesen günstig anbietet und mit den Betriebskosten abrechnet?“ Nur 3 % verneinten dies. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die freie Wahl des Stromlieferanten für die Mieter eine untergeordnete Rolle spielt, aber bei den Mietern ein Informationsdefizit bezüglich des Begriffs Mieterstrom besteht. Als günstige Vertriebsstrategie ist die Vorlage des Angebotes für Mieterstrom bei der Unterzeichnung des Mietvertrages. Massentauglich wird der Mieterstrom aber erst durch einen sehr attraktiven Preis (20-25% unter Grundversorger).

## **Ergebnisse der Sonnenhäuser in Cottbus**

2018 wurden im Cottbuser Stadtteil Sandow 2 baugleiche teilautarke Mehrfamilienhäuser fertiggestellt. Sie zeichnen sich durch einen niedrigen Energiebedarf und dem für ein Mehrfamilienhaus hohen Eigenversorgungsgrad aus. Die eG Wohnen 1902 als Bauherr hat hier erstmalig das Modell der Pauschalmiete angewandt. Messergebnisse zu Energieverbräuchen, einzelnen Raumtemperaturen und Luftqualitäten werden in einem Monitoring erfasst. Zusätzlich erfolgt eine soziologische Untersuchung mittels

Mieterbefragungen. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass sich nach einer gewissen Zeit des „Einwohnens“ ein relativ konstantes Nutzerverhalten einstellt. Allerdings ist dieses nicht homogen über alle Mieter, sondern breit gefächert vom Energiesparer bis zum Mehrverbraucher. Ausgleichseffekte können nur über mehrere Wohnungen erfolgen. Dies betrifft den Warmwasser-, den Heizenergie- und den Stromverbrauch gleichermaßen.

### **Inklusivmiet-Rechner**

Die FI Freiberg Institut GmbH hat für das komplexe Thema Inklusivmiete ein Berechnungstool für die Bewertung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit einer Inklusivmiete entwickelt. Als Eingabewerte werden Objektdaten, ökonomische Kennzahlen, die Unternehmensform, der beabsichtigte Gebäudestandard und die Anlagentechnik benötigt. In Kombination mit der Software EDGAR können projektspezifische simulierte Eingabewerte für die Deckungsgrade von Wärme und Strom generiert und in die Berechnung einbezogen werden. Innerhalb der Kalkulation werden sämtliche ökonomische Anreize und die steuerlichen Auswirkungen der Einführung einer Inklusivmiete berücksichtigt. Im Ergebnis werden eine Inklusivmiete auf Bruttowarmmietenneutralität und die Eigenkapitalrendite kalkuliert.

### **Zusammenfassung**

Das Thema Pauschalmiete ist ein komplexes, sich kontinuierlich veränderndes Konstrukt. Es bietet eine Lösung für den Interessenskonflikt, in dem sich die Wohnungswirtschaft aktuell befindet. Die Pauschalmiete vereint eine Vielzahl an Stakeholdern, deren Interessen und Bedürfnisse zu berücksichtigen sind. Um alle Faktoren einer Pauschalmiete einzubeziehen, sind unterschiedliche Modelle und Entscheidungen notwendig. Diese müssen gesamtheitlich betrachtet werden. Auf dem internationalen und nationalen Markt existieren bereits einige Pauschalmietprojekte. Aus diesen können Erfahrungen und Ideen für die Umsetzung entnommen werden. Studien zeigen, dass eine Beteiligung der Mieter an Pauschalmietprojekten bis zu 100 % möglich ist. Die Energieverbräuche der Mieter in Cottbus gleichen sich bilanziell über das Jahr aus. Durch Ausgleichseffekte über mehrere Wohnungen werden die Pauschalen grundsätzlich eingehalten. Mit Hilfe des Inklusivmiet-Rechners und der Software EDGAR des Freiberg Instituts kann eine Inklusivmiete rechtlich sicher kalkuliert und bewertet werden. Damit sind die Bedürfnisse der Stakeholder einer Pauschalmiete zum Teil befriedigt.

#### **Zu den Autoren:**

Konrad Übel, Tina Endler  
Kontakt:  
FI Freiberg Institut GmbH  
Am St.-Niclas-Schacht 13; 09599 Freiberg  
+49 3731 781 170  
mail@freiberg-institut.de

#### **Vortrags-Präsentationen:**



### 3. Energiekennwerte und Nutzereinfluss zweier teilautarker Mehrfamilienhäuser über 1 ½ Jahre Monitoring

*Andreas Gäbler, TU-Freiberg*

#### Einführung

Zwei nach dem Sonnenhaus-Konzept, im Jahr 2018 in Cottbus neu errichtete Mehrfamilienhäuser (je 7 WE) mit einem geplanten Primärenergiebedarf  $< 10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (EnEV 2013) erreichen planerisch durch Solaranlagen und Speicher Deckungsgrade von bis zu 77 % elektrisch und 65 % thermisch, (vgl. Tabelle 1). Die Mieter erhalten sämtliche Energiedienstleistungen verbrauchsunabhängig, durch eine pauschale Miete finanziert. In diesem Beitrag werden Bilanzergebnisse der ersten 1,5 Jahre energetischem Monitoring, sowie das Verhalten der Nutzer analysiert und deren Auswirkungen auf die Energiebilanz der Gebäude dargestellt.

*Tabelle 1: Ausgewählte Kenngrößen der zwei teilautarken Mehrfamilienhäuser am Standort Cottbus, (Standort - Plus Code: Q84X+C6 Cottbus),*

*\* Aus EnEV-Energieausweis [1]; \*\* Simulationen für 6 WE-Variante [2]*

<b>Kenngröße Sonnenhaus</b>	<b>Wert</b>	
Nutzfläche (EnEV)	853,5 m <sup>2</sup>	
Wohnfläche (m <sup>2</sup> )	634,2	
Anzahl Wohneinheiten (WE) je Gebäude	7	
Fläche Solarthermie (ST)	100 m <sup>2</sup>	
Wärmespeicher	24,6 m <sup>3</sup>	
Zusatzheizung (Gastherme)	48,2 kW	
Leistung Photovoltaik (PV)	29,6 kWp	
Stromspeicher (Li-Ion), Netto-Kapazität	47 kWh	
<b>Planungswert Energiebilanz</b>	<b>Haus 1</b>	<b>Haus 2</b>
Strombedarf (kWh/WE) **	2.500	2.500
Solare Deckung Strom (%) **	77	70
Heizwärmebedarf (kWh/m <sup>2</sup> /a) *	15,58	15,59
Primärenergiebedarf (kWh/m <sup>2</sup> /a) *	8,40	8,41
Solare Deckung Wärme (%) **	65	55

### Weitere Besonderheiten der beiden Sonnenhäuser in Cottbus sind:

- Eine *passive Fußbodenkühlung* durch Nutzung der Wärmesenke Erdreich mittels Geothermiesonden sorgt im Sommer für behagliches Raumklima. Die Anbindung einer Wärmepumpe zur Erschließung des Erdreiches als Wärmequelle ist hingegen kein Bestandteil des Konzeptes.
- Durch eine Nahwärme-Stichleitung wird die *Abgabe von Überschusswärme an Nachbargebäude* ermöglicht. So können sommerliche Wärmeüberschüsse zusätzlich zur Deckung des Warmwasserbedarfs eines angrenzenden Wohnblocks beitragen (vgl. Abbildung 1).
- Die Gebäude verfügen über *keinen eigenen Stromanschluss*. Sie werden durch ein Subnetz von einem benachbarten Bürogebäude versorgt. Damit werden auch die elektrischen *Überschüsse durch das Bürogebäude genutzt* (vgl. Abbildung 1).
- Alle Wohnungen verfügen neben den Kaltwasseranschlüssen über einen *Warmwasseranschluss an den Stellplätzen für Spül- und Waschmaschinen*.

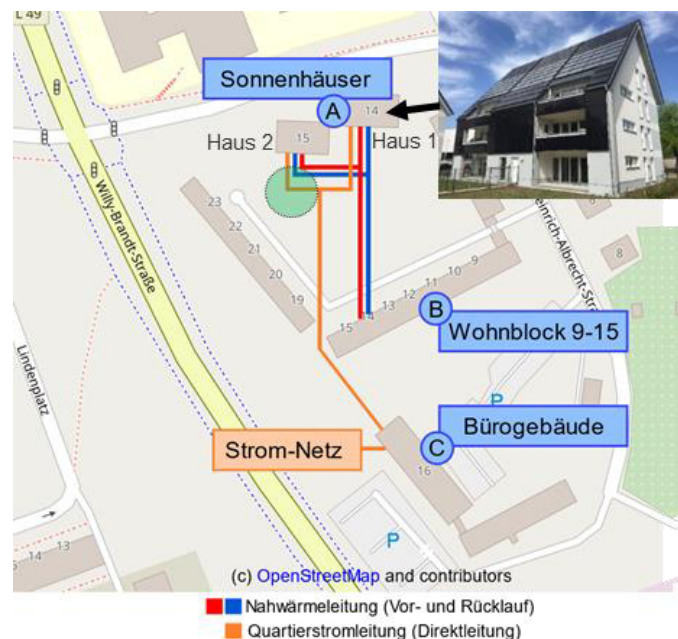


Abbildung 1: Einbindung der beiden Sonnenhäuser in die umgebende Infrastruktur

### **Strombilanz aus Messdaten**

Im Zeitraum von August 2019 bis Juli 2020 erreichte der solare Deckungsanteil in der Stromversorgung der beiden Häuser mit 77 bzw. 78 % die Planungswerte für die 6 WE-Variante. Dazu ist zu vermerken, dass die Gebäude im Betrachtungszeitraum noch keiner Vollvermietung unterlagen. Der Strombedarf lag in Haus 1 bei durchschnittlich 2.045 kWh/WE/a (6 % Leerstand) und in Haus 2 bei 1.603 kWh/WE/a (25 % Leerstand). Im gleichen Zeitraum konnten 12.681 kWh (Haus 1) bzw. 8.043 kWh (Haus 2) in das Subnetz eingespeist werden, wovon ca. 50 % im Quartier (Bürogebäude) verbraucht wurden. Der große Unterschied in der elektrischen Überschussenergie beruht auf Verschattungseffekten der PV-Anlagen von Haus 2. Die Verluste der Batteriespeicher lagen bei 24,7 bzw. 26,5 %.

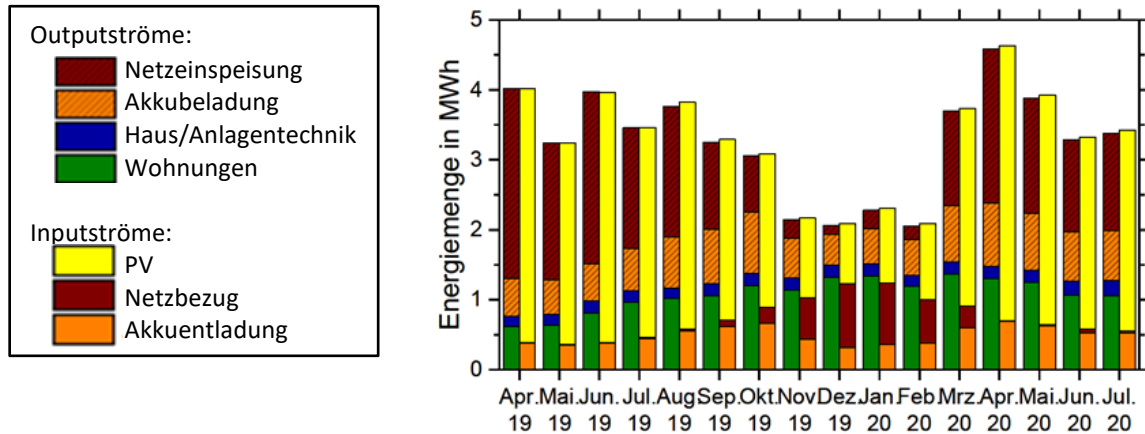


Abbildung 2: Strombilanz von Haus 1

Bei der Analyse der Akkuauslastung zeigt sich, dass die volle Ausnutzung der Kapazität nur während weniger Wochen in der Übergangszeit erreicht werden kann. So ist zum Beispiel bei geringem Nachtverbrauch im Sommer oder bei geringem PV-Ertrag im Winter der Akku zu groß dimensioniert. Für eine maximale Auslastung und damit ökonomisch maximalen Nutzen wäre ein kleinerer Akku folglich sinnvoller. Um eine vollständige Autarkie der Gebäude zu erreichen, ist der Akku hingegen deutlich zu klein ausgelegt.

Eine ergänzende Ermittlung der „Vorhaltezeit“ über die der Akku bei fehlender Solarstrahlung den Bedarf decken kann, könnte eine gute Grundlage für die Akkudimensionierung bei zukünftigen Projekten bilden.

## Wärmebilanz

Die Monatsbilanz der Wärmeversorgung (vgl. Abbildung 3) weist einen für Sonnenhäuser untypisch langen Heizzeitraum und auch einen deutlich höheren Heizwärmeverbrauch im Planungsvergleich auf. Besonders auffällig sind Verbrauchswerte in den Sommermonaten. Diese Beobachtungen lassen sich großteilig auf eine missverständliche Bedienung der Raumthermostate zurückführen als Folge der Steuerungsumsetzung von Heiz- und Kühlfunktion durch dieselben Heizregister.

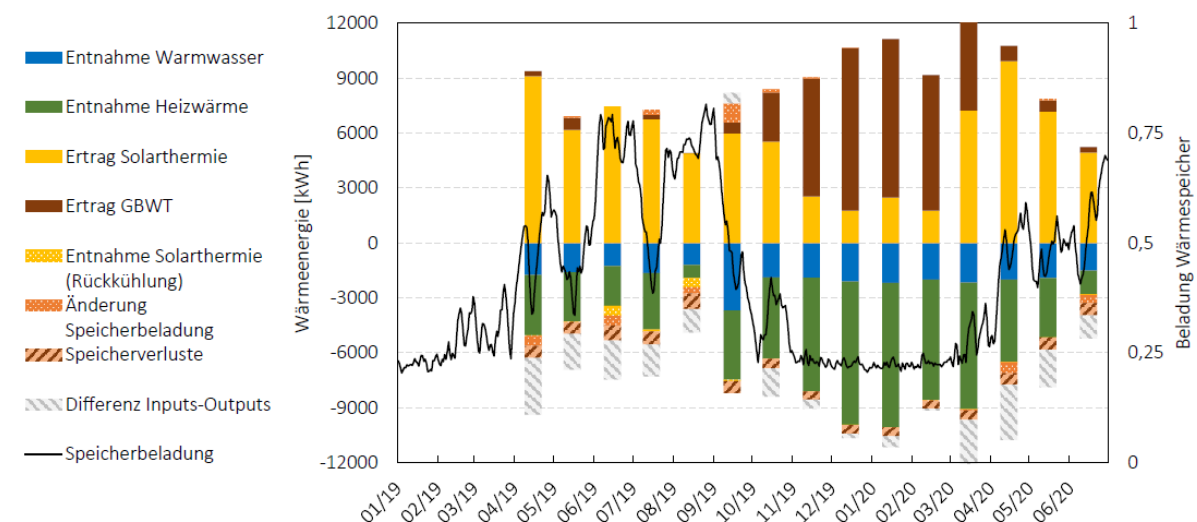


Abbildung 3: Wärmebilanz von Haus 1

## Solarthermie

Der Ertrag der Solarthermie wird typischerweise im Winter durch geringere Einstrahlungswerte begrenzt. Im Sommer hingegen liegt der Wärmebedarf deutlich unter dem möglichen Solarertrag und nach Beladung des Wärmespeichers kann dem Gebäude keine zusätzliche Wärme mehr zugeführt werden (die Wärmeauskopplung im Quartier war im Betrachtungszeitraum noch nicht aktiv). Der hohe Ladezustand des Wärmespeichers im Sommer ist bereits wenige Wochen nach Beginn der Heizphase z.B. im September 2019 wieder entladen. Im Winter wird der Speicher kaum genutzt, da nur eine geringe Aufladung erfolgt. Dies lässt auch für den Wärmespeicher den Schluss zu, dass eine Reduzierung der Speichergröße nur geringe Auswirkungen auf die Jahresenergiebilanz hätte. Die ausgewiesene Bilanzlücke ist nach Berücksichtigung aller gemessenen und berechneten (Speicherverluste, Änderungen Speicherfüllstand) Wärmemengen zu verzeichnen und auf Messfehler oder größere Verluste als angenommen zurückzuführen und Gegenstand aktueller Betrachtungen.

## Autarkiegrade

Von wesentlichem Interesse in der Bewertung der Energieströme ist der jährliche Verlauf des Autarkiegrades. Der Autarkiegrad  $A$  wird im Folgenden bestimmt aus:

$$A = 1 - \frac{\text{Backupbezug}}{\text{Verbrauch}}$$

Diese Definition stellt ein Worst-Case-Szenario dar, bei dem Systemverluste (besonders thermisch) dem selbsterzeugten Energieanteil in Rechnung gestellt werden und unterscheidet sich dadurch von der Vorgehensweise in der Planung [2].

Zwischen April und September konnte ein Autarkiegrad von ungefähr 100 % sowohl in der Wärme- als auch Stromversorgung erreicht werden. Der Akku dient vorrangig der Zwischenspeicherung von Tagesüberschüssen zur Versorgung von Verbrauch am Abend und in der

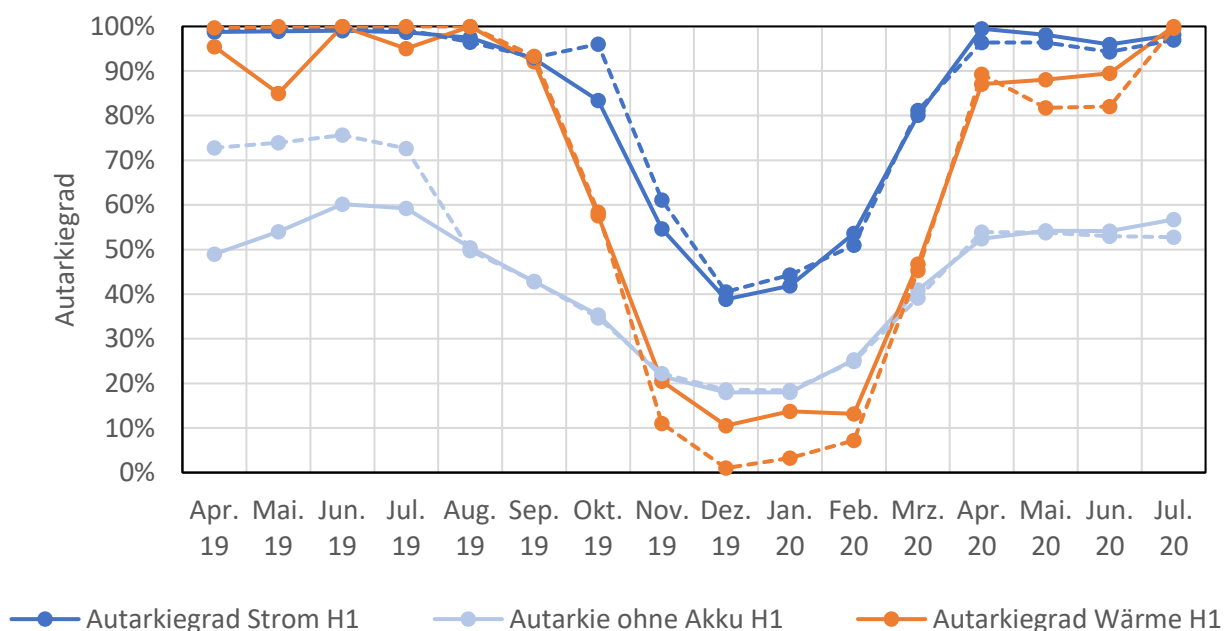


Abbildung 4: Autarkiegrad der beiden Solarhäuser im Zeitraum vom 04.2019 - 07.2020

Nacht und kann damit eine Verdopplung des Eigendeckungsgrades und Anhebung des individuellen Deckungsgrades auf ganzjährig zwischen 40 % bis 100 % erreichen. Im Winter sinkt der Autarkiegrad stark ab. Besonders bei der Wärmeversorgung (vgl. Abbildung 2). Bei Rückgang des solaren Ertrages (sowohl elektrisch als auch thermisch) erhöht sich der Verbrauch an Wärme durch die einsetzende Heizphase, was beim Verbrauch elektrischer Energie nicht zu beobachten ist. Damit steigt in der Wärmeversorgung auch der Einfluss der Monatsautarkiegrade der Heizperiode gegenüber dem Sommerzeitraum auf den Jahresautarkiegrad.

### **Verschattungseinfluss**

Bei der Betrachtung des relativen PV Ertrages von Haus 2 (verschattet) im Vergleich mit Haus 1 (unverschattet) fällt auf, dass die relativen Ertragseinbußen der Verschattung in Haus 2 im Winter geringer ausfallen als in der Planung angenommen. Bei der Simulation des Ertrages mit einem saisonal variablen Durchlassgrad des Laubbaumes (Sommer: 0,11; Winter; 0,54) [3], lässt sich jedoch eine gute Näherung der Messwerte abbilden. Die wechselnde Belaubung des Baumes im Jahresverlauf hat folglich einen wichtigen und saisonal günstigen Einfluss auf den PV-Ertrag. Ein weiterer Aspekt ist die Nähe des Baumes zum Gebäude. Da das Astgerüst in den Wintermonaten einen Kernschatten auf die PV-Module wirft, gewinnt auch die Ausführung der Stringverschaltung der PV-Zellen und -Module an Bedeutung. Diese kann jedoch vom Monitoring nicht abgebildet werden.

### **Missverständliche Steuerung über Raumthermostate**

Die Modiwahl am Heizthermostat in den Wohnungen entspricht lediglich einer Invertierung der Schaltsignale an das Heizkreisventil. Der Betriebsmodus der Gesamtanlage wird davon unabhängig zentral durch die Heizungssteuerung anhand der Auswertung der Außentemperaturen vorgegeben. Dadurch kommt es bei fehlerhaften Einstellungen durch die Mieter zu ungewolltem und übertriebenem Heizen. Der häufigste Fall war, dass sich die Anlage im Heizbetrieb befand und beim Kühlmodus des Raumthermostaten eine eingestellte Zieltemperatur ständig überschritten wurde. Der Raumthermostat hält dabei die Heizkreisventile ständig geöffnet, was zu einer zusätzlichen Erwärmung der Räume führt. In dessen Folge wiederum ist davon auszugehen, dass der Mieter die Raumtemperatur durch Fensterlüftung reguliert. Dass das Problem der hohen Raumtemperatur am eingestellten Kühlmodus im Raumthermostaten liegt, ist dem Mieter dabei schwer vermittelbar. Dieser Regelungsablauf bedarf also einer Nachführung des zentralen Betriebsmodus der Heizungsanlage und kann ferner die dem Mieter suggerierten Reaktionen „Kühl- /Heizmodus“ im individuellen Fall nicht auslösen. Hierfür sind nachträglich zwei Lösungsvarianten verfügbar: Durch eine lückenlose Aufklärung der Mieter in Kombination mit fest kommunizierten Terminen zur Umstellung der Modi wäre unter Zutun der Mieter eine korrekte Systemsteuerung möglich. Eine technische Lösung durch Wechsel aller Raumthermostate wäre weitaus sicherer, jedoch auch aufwändiger. Die Thermostate müssen hierfür den Betriebsmodus aus der zentralen Steuerung übermittelt bekommen, ohne eine manuelle Nutzereingabe zu erwarten. Der Nutzer stellt dann lediglich die Zieltemperatur ein. Aus Einzelfallauswertungen kann gefolgert werden, dass der Heizwärmebedarf durch diese Maßnahme um fast 50 % reduziert werden könnte (vgl. Abb. 5).



Für zukünftige Baumaßnahmen lässt sich daraus die allgemeine Forderung ableiten, dass *jeder Steuerungseingriff technisch auch umsetzbar* sein muss. Außerdem sollte vermieden werden, dass die *automatische Steuerung manuell nachzuführen* ist. Diese Forderungen gelten prinzipiell für alle Neubauten, insbesondere aber für Mietwohnungen.

Am Beispiel einer ab Mitte Dezember vermieteten Wohnung wurden die Unterschiede im Hinblick auf den Wärmeverbrauch zwischen unbewohntem und bewohntem Zustand untersucht. Bereits im unbewohnten Zustand bestand die fehlerhafte Einstellung der Raumthermostate, da deren Anpassung bei der Beendigung des Kühlmodus im Herbst verpasst wurde. Nach dem Einzug sank die Raumtemperatur aufgrund häufigerer Fensterlüftung leicht ab. Der Heizwärmebedarf stieg in diesem Monat um 37 % von 35 kWh/d auf 48 kWh/d an (vgl. Abb. 5). Eine Umstellung des Thermostates im Januar vom Kühl in den Heizmodus erwirkte in der Wohneinheit eine Reduktion des Wärmeverbrauches um 48 % (vgl. Abb.5). Die Beobachtungen sind prinzipiell abhängig von der Außentemperatur, die aber im Betrachtungszeitraum im Tagesmittel keinen großen Schwankungen unterlag.

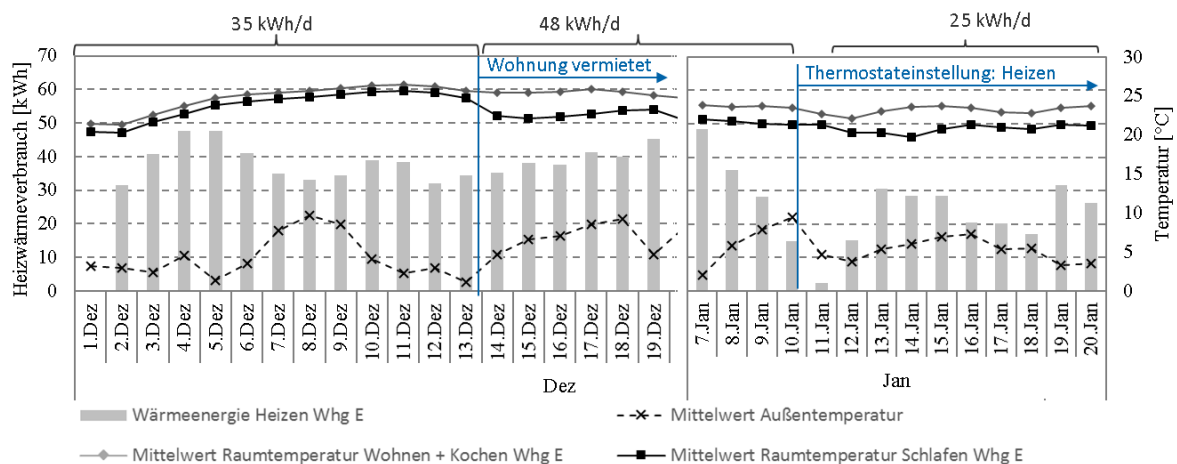


Abbildung 5: Änderung des Wärmeverbrauchs bei Einzug und Thermostatanpassung

## Verbrauchstruktur der Wohnungen für Strom und Wasser

Im Folgenden wird der Jahresverbrauch aus den Messwerten für die Wohneinheiten im vermieteten Zustand dargestellt. Für Wohnungen, die erst im Laufe des Betrachtungsjahres bezogen wurden, wurde anhand der verfügbaren Messwerte eine Prognose durch einfache lineare Hochrechnung erstellt. Sowohl im Hinblick auf den Strom wie auch auf den Warmwasserbedarf sind Viel- und Geringverbraucher in den Mehrfamilienhäusern vorhanden. Der Verlauf der geordneten Werte entspricht in etwa einer Normalverteilung. Die Messwerte zeigen keine besonderen Ausreißer die auf ein missbräuchliches Verhalten schließen lassen, jedoch eine große Bandbreite. So wird für den Warmwasserverbrauch zwischen 1,5 und 34,8 m<sup>3</sup>/Person (Frischwassertemp.: 65 °C Eintritt in Warmwasserleitung) ermittelt. Der Stromverbrauch liegt mit 990 bis 3.430 kWh/WE im Rahmen typischer Verbrauchswerte für 2-3 Personenhaushalte [4].



In Abbildung 6 ist der mittlere Tageslastgang jeder Wohnung im Zeitraum des vermieteten Zustandes erfassten Mittelwerten aufgetragen (15-Minuten-Messwerte). Dabei wurden drei Wohnungen mit niedrigem, mittlerem sowie hohem Verbrauch grafisch hervorgehoben. Durch die teilweise antikorrelative Nutzung und sehr abweichende Grund- und Spitzenlasten kommt es zu Lastausgleichseffekten zwischen den Wohnungen. Insgesamt folgt das Summenprofil aller Haushalte in den wesentlichen Merkmalen dem Verlauf des Standardlastprofils bei 2.000 kWh/WE/a. Die Grundlast fällt dabei allerdings etwas höher aus, was z.B. einer gehobenen technischen Ausstattung bei sparsamer Gerätenutzung entspricht.

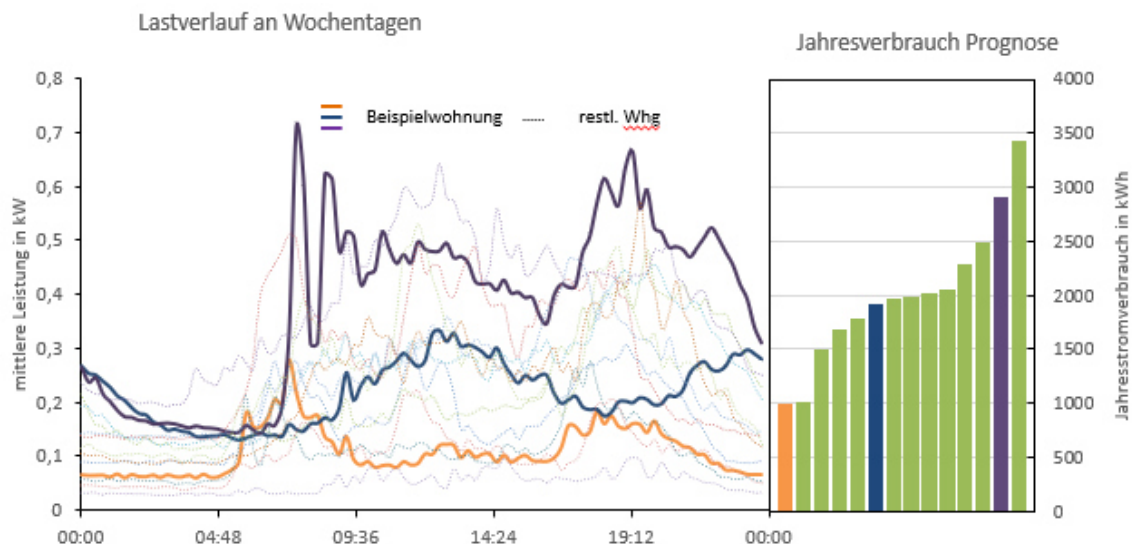


Abbildung 6: Mittlerer Tageslastgang der vermieteten Wohnungen inklusive einer Jahresverbrauchsprognose

## Simulation: Parametervariation

Für die Beurteilung der Anlagendimensionierung wurde eine reine Simulationsanalyse an einem Matlab/Simulink-Modell unter kombinierter Nutzung der Toolboxen Edgar [5] und Carnot [6] durchgeführt. Danach werden die energetischen und ökonomischen Auswirkungen verschiedener Anlagendimensionierungen betrachtet.

Ausgehend von dem in Cottbus realisierten Energiesystem (gestrichelte Linie in Abbildung 7) und den Energieverbräuchen aus dem Matlab/Simulink-Modell ergeben sich die dargestellten solaren Deckungsgrade für Strom und Wärme. Es wurde für die Wärme- und Stromversorgung jeweils die Größe des Solarkollektors und des Speichers variiert.

Die Angabe der Ergebnisse erfolgt unter Normierung der Anlagengröße auf den simulierten Energieverbrauch (elektrisch: 16,9 MWh/a, thermisch: 44 MWh/a). Damit werden die Ergebnisse vergleichbar, sofern ein gleicher oder ähnlicher Profilverlauf angenommen werden kann.

Wird der gemessene Energieverbrauch von Haus 1 eingesetzt ergäbe sich nach der Simulation ein vom Messwert abweichender Deckungsgrad (Punkt C). Die Abweichung kann bei der elektrischen Versorgung an einer höheren Grundlast, bzw. einem größeren Leerstand liegen. Die wesentliche Erkenntnis aus diesen Abbildungen ist, dass sowohl bei der Stromversorgung als auch bei der Wärmeversorgung die Speicherkapazität verringert werden kann um den geplanten solaren Deckungsgrad von 77 % (Strom) und 65 % (Wärme) zu erreichen. Der energetische Zusatznutzen sinkt bei weiterer Speichervergrößerung, da bei zu großen Speicherkapazitäten dieser seltener Be- und Entladen werden kann.

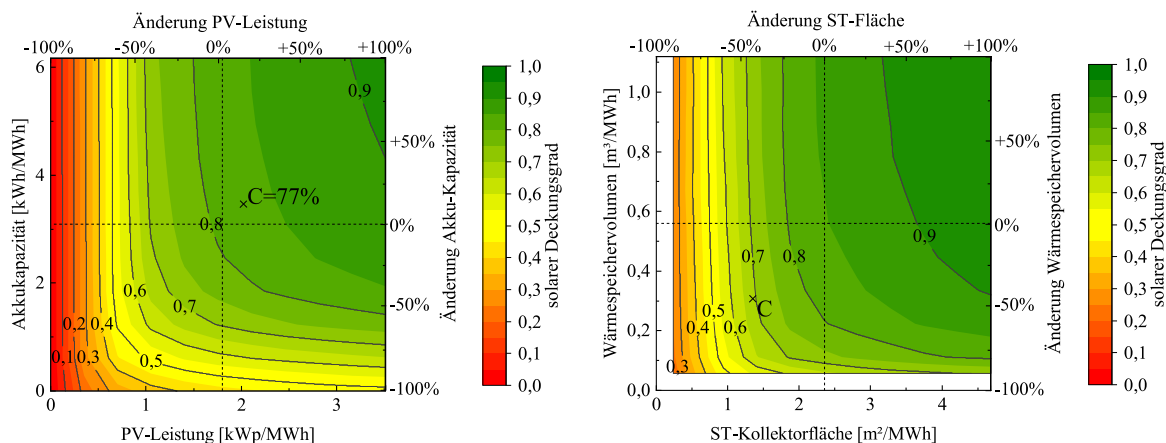


Abbildung 7: simulierte Deckungsgrade Strom- (links) und Wärmeversorgung (rechts) normiert auf Jahresenergieverbrauch (Strom: 16,9 MWh/a, Wärme: 44 MWh/a); gestrichelte Linie zeigt Ausgangslage; „C“: Deckungsgrad, der sich nach gemessenem Verbrauch in Cottbus (Haus 1) ergibt

Die Schlussfolgerung der energetischen Auswertung der Parametervariation spiegelt sich teilweise auch in der wirtschaftlichen Betrachtung wieder (s. Abbildung 8), welche sich aus den Kosten nach Tabelle 2 ergeben. Es wurden nur die Kosten der Energieversorgung berücksichtigt und auf die Referenzvariante einer Versorgung ohne Eigenenergieproduktion bezogen.

Für Einsparungen in der Stromversorgung muss die Akkukapazität deutlich geringer sein als in Cottbus realisiert. Wenn die PV-Leistung mit 30 kW<sub>p</sub> festgesetzt ist, darf der Akku höchstens eine Kapazität von ca. 20 kWh aufweisen. Das Erhöhen der PV-Leistung hingegen führt wegen der garantierten Einspeisevergütung immer zu höheren Einnahmen (vgl. Abb. 8, links).

Tabelle 2: Kosten zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Strom- und Wärmeversorgung

Kosten Stromversorgung		Kosten Wärmeversorgung	
PV-Kosten	1550 €/kW <sub>p</sub>	ST-Kosten	909 €/m <sup>2</sup>
Akku-Kosten	1255 €/kWh	Speicher-Kosten	806 €/m <sup>3</sup> + 5166€
Strom-Preis	29,97 ct/kWh	Gaspreis	7,97 ct/kWh
Einspeisevergütung	9,58 ct/kWh		
EEG-Umlage (auf PV-Eigenverbrauch)	6,76 ct/kWh		

Die Wärmeversorgung mit einer Solarthermie (Abb. 8, rechts) ist nur bei einer geringen spezifischen Fläche von maximal 0,7 m<sup>2</sup>/MWh kostengünstiger als die Referenz, wobei nur ein Deckungsgrad von rund 50 % erreichbar wäre. Das in Cottbus realisierte Konzept ist nach dieser Berechnung mit ca. 1,4-fachen Kosten verbunden. Aus der gemeinsamen Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Strom- und Wärmeversorgung kann geschlossen werden, dass die verfügbare Dachfläche neben einer kleinen solarthermischen Anlage bevorzugt mit PV-Modulen belegt werden sollte. Als weitere Nutzung des zusätzlichen PV-Stroms könnte zur Wärmeversorgung eine Wärmepumpe installiert werden. Als Wärmequelle bietet sich die ohnehin vorhandene Erdsondenbohrung an, die bisher nur für die Kühlung im Sommer genutzt wird.

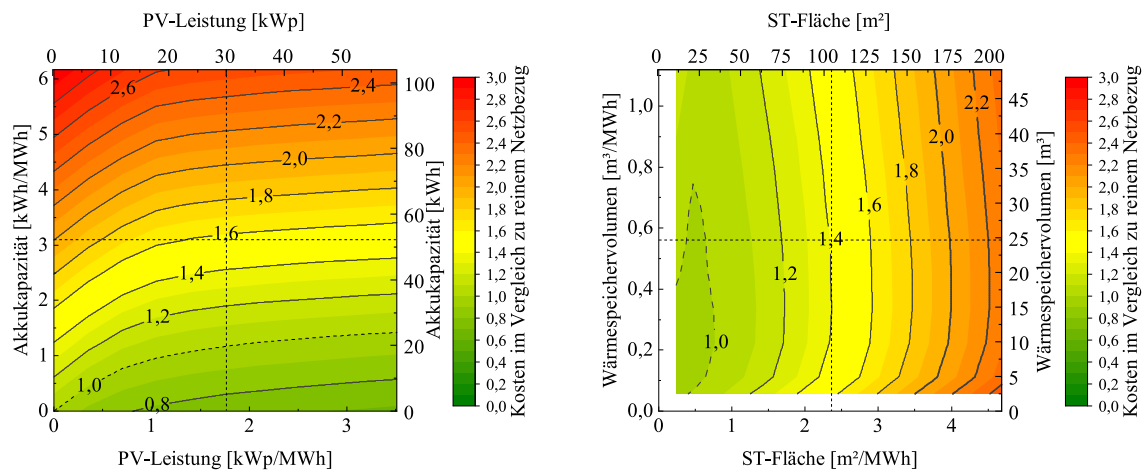


Abbildung 8: Kosten Strom- (links) und Wärmeversorgung (rechts) im Vergleich zu Referenz (nur Netzstrom bzw. nur Gastherme) normiert auf Jahresenergieverbrauch (Strom: 17 MWh/a, Wärme: 44 MWh/a); 2,5% Preissteigerung p.a. (Strom und Erdgas); Betrachtungszeitraum: 20 Jahre; gestrichelte Linie zeigt Ausgangslage

## Fazit

Im Strombedarf konnten hohe Autarkiegrade gemäß den Planungswerten erreicht werden. Darauf hat der Akku einen besonders großen Einfluss. Da dieser nicht voll ausgelastet ist, könnte er für zukünftige Projekte mit gleichen Verbrauchsstrukturen kleiner dimensioniert werden. In den betrachteten Mehrfamilienhäusern zeichnet sich ein geringer Jahresverbrauch im Strombereich mit ausgeglichenen Lastgängen ab. Das Verbraucherverhalten ist also trotz Pauschalmiete im Allgemeinen autarkiefördernd.

Im Wärmebereich können hohe Autarkiegrade wiederum nur im Sommer erreicht werden. In den untersuchten Wohnungen kam es zu einem hohen Wärmeverbrauch und Komforteinbußen im Sommer durch missverständliche Bedienung des Thermostates (Kühlen/Heizen). Bei einer richtigen Einstellung des Thermostates konnte ein Einsparpotential von bis zu ~48 % Heizwärme detektiert werden. Trotz der erfolgten Umstellung waren in der betrachteten Wohnung weiterhin recht hohe Raumtemperaturen zu beobachten.

Im Warmwasserbereich treten generell sehr hohe individuelle Schwankungen zwischen den verschiedenen Nutzern auf.

## Ausblick

Im Monitoring der beiden Gebäude sind weiterhin neue Schwerpunkte und Herausforderungen zu bewältigen. Eine zukünftige Aufgabe besteht in der Untersuchung des Einflusses der Raumtemperaturen auf den Heizwärmebedarf. Auch eine Analyse des Lüftungsverhalten könnte hierzu neue Erkenntnisse liefern. Die besondere Herausforderung dieser Untersuchungen besteht jedoch in einer unzureichenden Datengrundlage für die Analyse dieser Details.

Im Hinblick auf den Stromverbrauch sind weitere Detailanalysen über den Tagesgang notwendig. Eine bessere Vernetzung des Hauses im Quartier kann alternative Akkuladestrategien ermöglichen. Der Einfluss einer Nutzung der Warmwasseranschlüsse für Spül- bzw. Waschmaschine kann in weiteren Untersuchungen herausgestellt werden.

Aktuell noch vorhandene Bilanzfehler im Wärmeverbrauch gilt es weiter zu untersuchen. Für die Analyse der auftretenden Zirkulationsverluste ist wiederum aktuell nur eine unzureichende Datengrundlage vorhanden. In diesem Rahmen sollen auch die Potentiale alternativer Warmwasser-Einbindung und Regelstrategien näher beleuchtet werden.

Ein wichtiger Aspekt bleibt eine gute Kommunikation mit den Mietern, um eine ausreichende Aufklärung zu erwirken und zukünftig Einstellungsfehler bei der Regelung der Thermostate zu vermeiden.

## Quellen

- [1] R. Köster: Energieautarkes Mehrfamilienhaus Haus 1 – Energieberatung nach DIN 4108-6 und DIN 4701-10. Lehrte, 2018
- [2] T. Druschke: Der energetische Kompass für die e.G. Wohnen 1902. Freiberg, 2016
- [3] J. Konarska, F. Lindberg, A. Larsson, S. Thorsson, B. Holmer: Transmissivity of solar radiation through crowns of single urban trees – application for outdoor thermal comfort modelling. In: Theoretical and Applied Climatology 117.3-4 (2014), S. 363-376 DOI: 10.1007/s00704-013-1000-3.
- [4] CO2online GmbH: Stromspiegel für Deutschland 2017. Berlin, 2017
- [5] FI Freiberg Institut GmbH: Toolbox Edgar für Matlab/Simulink. Freiberg, 2020
- [6] A. Wohlfeil, CARNOT Toolbox. Version 6.3, <https://fh-aachen.sciebo.de/index.php/s/0hxub0ilJrui3ED>, Aachen, 2018.

### Zum Autor:

M.Sc. Andreas Gäbler  
Kontakt:  
Institut für Wärmetechnik und  
Thermodynamik, TU Bergakademie Freiberg  
Gustav-Zeuner-Straße 7, 09599 Freiberg  
+49 3731 39-2276  
[Andreas.Gaebler@ttd.tu-freiberg.de](mailto:Andreas.Gaebler@ttd.tu-freiberg.de)

### Vortrags-Präsentationen:



## 4. Neue Geschäftsfelder für die Wohnungswirtschaft- Möglichkeiten und Chancen am Projektbeispiel Winner *Sven Winkler, Verband Sächsischer Wohnungsgenossenschaften e.V.*

### **Einführung**

Betrachtet man die aktuellen Geschäftsmodelle erfolgreicher Unternehmen, vor allem aus dem amerikanischen Raum, wird schnell klar, dass sich die Geschäftsmodelle immer mehr von Produkten hin zu Dienstleistungen und Services verlagert.

Auf Basis dieser Entwicklungen steht der Vortrag, der sich eher visionär und etwas provokativ versteht unter dem Motto:

„Vom Wohnungsanbieter zum Wohnen-as-a-service Provider“

Um sich dem Thema zu nähern, bedarf es zunächst einer Analyse der aktuellen Situation in der Wohnungswirtschaft (WoWi) und somit der Ausgangslage.

Zusammengefasst, könnte man sagen, dass die Wohnungswirtschaft derzeit sehr gut dasteht. Allerdings gilt es mit großer Aufmerksamkeit einige Entwicklungen zu betrachten, die mittelfristig zu einem eingeschränkten Ertragspotenzial – vor allem bei ländlichen Wohnungsunternehmen – führen könnte. Für die nachfolgenden Betrachtungen ist daher die Frage zu stellen, inwiefern die Probleme des Alltags bis hin zu Existenzgefährdungen noch Potenzial für Innovation bieten bzw. im Umkehrschluss, wie lange die Unternehmen noch Zeit haben, sich auf neue Geschäftsmodelle einzustellen. Die neuen Geschäftsmodelle sind dabei sowohl vor dem Hintergrund einer erhöhten Innovation der Branche zu betrachten als auch auf Grundlage eines wirtschaftlichen Erfordernisses, das in weiten Teilen des Landes mit deutlich sinkenden Einnahmen und somit auch sinkenden Potenzialen für neue Investitionen in den Bestand zu rechnen ist.

Zur Identifizierung neuer Geschäftsmodelle muss zunächst verdeutlicht werden, dass in der Wohnung vielschichtige Themen zusammenkommen, auf deren Basis sich neue Geschäftsfelder denken lassen

### **Elektromobilität**

Der Druck zur Beteiligung der Wohnungswirtschaft im Rahmen der Elektromobilität steigt. Unter anderem aus diesem Grund hat sich der VSWG bereits seit 2016 im Rahmen des Bundesforschungsprojektes WINNER (Wohnungswirtschaftlich integrierte, netzneutrale Elektromobilität in Quartier und Region) mit der Elektromobilität beschäftigt. Der Fokus des Projektes lag dabei auf einer Verbindung der Elektromobilität mit Mieterstrom und somit grundsätzlich einer eigenen Stromproduktion auf dem Gebäude. Im Bereich der Elektromobilität hat das Projekt dabei vor allem auf gewerbliche Elektromobilität abgezielt; dazu wurden elektromobile Carsharing sowie die Integration von wohnungswirtschaftlichen Dienstleistern (z.B. Pflege) integriert, welche die Fahrzeuge während Ihrer Dienste im Quartier (am Tag) laden sollten.

Die Elektromobilität ist derzeit im Bereich der Mieterinnen und Mieter quasi noch nicht vorhanden. Hier stehen Investitionen derzeit kaum Refinanzierungspotenzialen gegenüber.

Einen größeren Hebel für die Wohnungswirtschaft stellen gewerbliche Dienstleister dar, die eine gewisse Grundauslastung der errichteten Infrastruktur ermöglichen. Eine weitere Erkenntnis war, dass durch die Kombination mit Mieterstrom bzw. eigener Stromproduktion an sich eine bessere Wirtschaftlichkeit erreicht werden. Insgesamt mangelt es derzeit aber vor allem an passenden Rahmenbedingungen, im Speziellen im steuerlichen Bereich. Weiterhin wurde schnell deutlich, dass das Thema Lastmanagement zukünftig eine entscheidende Rolle spielen wird, da die Hausanschlüsse nicht beliebig ausgeweitet werden können. Lastmanagement im Quartier ist eines der wesentlichen Themen, die im Rahmen des Folgeprojektes WINNER reloaded bearbeitet werden sollen. Die Erkenntnisse und Erfolgsfaktoren zu Mieterstrom und Ladeinfrastruktur in der Wohnungswirtschaft sind in zwei Leitfäden zusammengefasst, die kostenfrei unter [www.vswg.de/publikationen](http://www.vswg.de/publikationen) unter dem Stichwort „WINNER“ heruntergeladen werden können.

### **Ambulante Pflege und Gesundheit**

Die Wohnung wird immer stärker zum Mittelpunkt von Pflege und Gesundheit. Dabei gilt der Grundsatz „Ambulant vor stationär“ nicht nur als Leitbild, sondern gesamtgesellschaftlich als alternativlose Notwendigkeit, da die zunehmende Zahl an pflegebedürftigen Menschen nicht weder kapazitativ noch finanziell stationär darstellbar ist. Somit bedarf es zunächst baulicher Anpassungen in den Wohnungen, die sich im Bestand oft nur mit sehr hohem Aufwand und somit hohen Kosten überhaupt realisieren lassen. Ein weiterer Baustein sind Assistenzsysteme in der Wohnung (AAL), die modular gestaffelt zusätzliche Gesundheitsleistungen übernehmen können (Sturzerkennung etc.). Derzeit sind die Entwicklungsraten derartiger ausgestatteter Wohnungen noch überschaubar. Ursächlich ist vor allem die fehlende Finanzierbarkeit. Langfristig müssen dazu neben der Wohnungswirtschaft und den Mieterinnen und Mietern auch die Sozialversicherungsträger zur Refinanzierung mit einbezogen werden.

Einen besonderen Stellenwert wird auch die Telemedizin erhalten. Vor allem im ländlichen Raum fehlt es bereits heute an Ärzten. Die Folge sind immer größere Distanzen zum nächsten Arzt, die dauerhaft nicht mehr darstellbar und finanzierbar sein werden. Hausbesuche verursachen dagegen einen deutlichen zeitlichen Mehraufwand und werden zudem schlechter vergütet, als Präsenzbehandlungen. Telemedizin könnte hier für viele Krankheitsbilder, die regelmäßiger Überwachung bedürfen, der entscheidende Schlüssel sein. Bisher scheitert dies ebenfalls an der entsprechenden Abrechenbarkeit durch die Ärzte. Sollten diese Hürden geschafft sein, stellt sich die Frage nach einem sicheren Datenaustausch und der Rolle der WoWi in diesem Prozess. Ein möglicher Ansatz könnte das Smart Meter Gateway sein. Allein stromseitig gedacht, macht dies keinen Sinn. In Ergänzung mit Wärmedaten und zukünftig Medizindaten könnte sich hieraus ein entsprechendes Geschäftsmodell ableiten lassen. Die Frage ist, ob die WoWi aktiv in den Prozess einsteigen möchte oder die Herrschaft über den Datentransfer und damit auch die Wertschöpfung anderen – oft multinationalen Unternehmen – überlassen möchte.

## **Digitalisierung**

Die Digitalisierung ist eines der dominierenden Themen und Ausgangspunkt folgender Geschäftsmodelle. Hier kommt der Breitbandausstattung eine entscheidende Rolle zu. Dies ist nicht nur Erfordernis für ein zufriedenstellendes Privatleben der BewohnerInnen, sondern auch im Hinblick auf eine zunehmende Anzahl an Arbeitsplätzen mit Möglichkeit zum Home Office eine zwingende Voraussetzung. Bisher ist vielen Wohnungsunternehmen die Bedeutung und die Qualität der eigenen Wohnung gar nicht bewusst. Künftige Mieter könnten ggf. gezielter angesprochen werden, zum Beispiel durch eigenes Labeling der Wohnungen wie „Home-Office-ready“ etc.

Nach diesen rudimentären Bausteinen für die Wohnungswirtschaft fragt sich, wie das Abrechnungsmodell der Zukunft aussieht. Dabei zeigt sich vor allem auf Seiten der Kundschaft von morgen, dass oftmals die Kontaktpunkte zwischen Mieter und Vermieter auf ein Minimum reduziert werden sollen und jede unnötige Komplexität herausgenommen werden sollte. Dies könnten Pauschalmietmodelle lösen. Dazu kommt, dass Flat-Rates für viele künftige Mietergenerationen zum Standard gehören, den sie in vielen Lebensbereichen suchen. Auch für ältere Menschen könnten Pauschalmieten einen hohen Beitrag leisten, um Ängste, das Wohnen nicht mehr bezahlen zu können, zu nehmen.

Ein visionäres Zielbild für die Wohnungswirtschaft könnte eine individuelle Wohnungskonfiguration sein. Diese könnte neben Kernthemen der Wohnung (Ausstattungen, Parkplätze, etc.) auch Themen wie Internet, Versicherung, Smart Home etc. sein.

## **Die Do-it-yourself-Wohnung**

Neben zusätzlichen Geschäftspotenzialen durch die Vermittlung von weiteren Dienstleistungen, wird das Modell dem Anspruch der Menschen nach Individualisierung gerecht. Ein derartiges zukünftiges Geschäftsmodell hätte zur Folge, dass sich die Erträge künftig aus mehreren Ertragsquellen speisen und vielleicht künftig sogar außerhalb des eigentlichen Kerngeschäftes höher sind. Dies setzt auch voraus, sich über neue Gesellschaftsstrukturen innerhalb der WoWi Gedanken zu machen.

Zentrale Botschaft sollte es sein, sich über das „Kapital“ der Wohnungswirtschaft Gedanken zu machen. Dies ist vor allem der Zugang zu den Mietern, die wiederum ein hohes Vertrauen zum Vermieter haben. Der Zugang ist sowohl physisch (Gebäude und Leitungen) also auch mental (Gehör finden) zu verstehen und ein hohes Gut. Dazu kommt, dass in der WoWi viele Daten und Erkenntnisse zusammenlaufen und damit auch Potenzial vorhanden ist, dass derzeit nicht genutzt wird. Holt man sich wieder die Geschäftsmodelle der größten Unternehmen der Welt zusammen, basieren diese auf Daten, deren Nutzung und der Bequemlichkeit der Nutzer, die dazu führt, dass eine hohe Bereitschaft besteht, rund um die Uhr Daten zur Verfügung zu stellen, um das eigene Leben zu optimieren.

Vermutlich ist es genau jetzt an der Zeit, über neue Geschäftsfelder und Mehrwerte für die Mieterinnen und Mieter nachzudenken. Dabei sollte man sich auch nicht von juristischen oder steuerlichen Hürden abschrecken lassen. Mit der entsprechenden Vision lassen sich auch hier Lösungen finden oder zumindest gezielt darauf hinwirken, um die passenden Rahmenbedingungen zu schaffen. Lassen Sie uns gemeinsam Visionen und Phantasie



entwickeln und Mut beweisen, etwas verändern zu wollen. Der VSWG denkt gern mit Ihnen zusammen.

## **Abbinder**

Die 209 im Verband Sächsischer Wohnungsgenossenschaften e. V. (VSWG) organisierten Wohnungsgenossenschaften sind ein bedeutender Faktor im sächsischen Wohnungsmarkt. Sie bewirtschaften mit insgesamt 298.835 Wohneinheiten rund 19 Prozent des gesamten Mietwohnungsbestandes im Freistaat Sachsen und bieten damit rund einer halben Million Menschen ein zukunftsicheres Zuhause. Als Unternehmen erwirtschaften sie mit den jährlichen Umsatzerlösen in Höhe von 1,25 Milliarden Euro einen Anteil von ca. 1 Prozent am sächsischen Bruttoinlandsprodukt und sind für rund 2.500 Mitarbeiter sowie über 75 Auszubildende und Studenten ein verlässlicher Arbeitgeber und sichern gleichzeitig Aufträge sowie Arbeitsplätze in vielen weiteren, die Wohnungswirtschaft flankierenden Branchen. Der VSWG hat seinen Sitz im Verbandshaus in Dresden und ist gesetzlicher Prüfungsverband sowie Fach- und Interessenverband für die im Bundesland Sachsen ansässigen Wohnungsgenossenschaften. Zu seinen Aufgaben zählen unter anderem Information, Beratung sowie Aus- und Weiterbildung der Mitglieder. Zudem übernimmt der Verband die gemeinschaftliche Interessenvertretung der Mitglieder in der Öffentlichkeit.

### **Zum Autor:**

Sven Winkler  
Kontakt:  
Verband Sächsischer  
Wohnungsgenossenschaften e.V.  
Antonstraße 37 01097 Dresden  
0351 80701-26  
winkler@vswg.de

### **Vortrags-Präsentation:**





## 5. Wärmepumpe & PV = sinnvolle Energieversorgung im Mehrfamilienhaus?

*Franziska Bockelmann, Steinbeis - Innovationszentrum  
Braunschweig*

### 1. Einleitung – Motivation

Nachhaltige Energiekonzepte spielen im Bereich des energieeffizienten Bauens eine immer größere Rolle. Mit der europa- und bundesweiten Zielsetzung, ab 2019 bzw. 2021 ausschließlich Gebäude zu bauen, die „nearly zero energy“, also kaum bzw. keine Energie benötigen, werden effiziente Versorgungskonzepte unumgänglich. In diesem Zusammenhang stellt das Konzept „Wärmepumpe und PV“ mit einer hohen solaren Eigenstromnutzung eine der Antworten auf die Herausforderungen unserer zukünftigen Energieversorgung dar.

Die integralen Gebäudekonzepte vereinen das Zusammenspiel von architektonischen Überlegungen zu Ausrichtung und Gebäudeform, eine hochwertige und luftdichte Gebäudehülle mit niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten sowie eine energieeffiziente Gebäudetechnik zur Wärme- und Stromversorgung. Neben der regenerativen Energieerzeugung über Wärmepumpen und PV-Anlagen bilden Batteriesysteme zur Steigerung des Eigenstromdeckungsanteils eine weitere Grundlage zukunftssträchtiger Energiekonzepte.

### 2. Beispielgebäude

Die drei im Rahmen dieses Beitrages untersuchten Mehrfamilienhäuser wurden in der Zeit von 2015 bis 2017 fertiggestellt. Die Neubauten befinden sich an unterschiedlichen Standorten in Deutschland.

Die Energiekonzepte der Wohngebäude beruhen auf einer Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpe. Die erzeugte Wärme wird in Heizungspufferspeichern zwischengespeichert und an die Niedertemperaturheizsysteme abgegeben. Das Trinkwasser wird über Frischwasserstationen oder Speicherladesysteme erwärmt. Dezentrale Abluftanlagen oder zentrale Lüftungsanlagen sorgen für einen stetigen Luftwechsel. Natürliche Lüftung über die Fenster ist in allen Objekten möglich.

Zur Deckung des elektrischen Energiebedarfs der Anlagentechnik und der angeschlossenen Haushalte sind Photovoltaikanlagen installiert. Die Anlagentechnik ist auf sogenannte „Eigenstromnutzung“ ausgerichtet, was eine direkte Nutzung der Photovoltaikerträge bezeichnet. Dazu sind zwei der drei Gebäude mit einem Batteriesystem ausgestattet. Elektrische Energie aus den PV-Anlagen, die nicht direkt verbraucht oder gespeichert werden kann, wird in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist.

#### 1.1. Riedberg

In Frankfurt am Main im Stadtteil Riedberg befindet sich eines der betrachteten Gebäude, ein Mehrfamilienhaus mit 17 Zwei- bis Fünfstückwohnungen in vier Vollgeschossen und einem Dachgeschoss. Das Mehrfamilienhaus in Riedberg ist als „Nur-Strom-Haus“ konzipiert, was bedeutet, dass alle energetischen Prozesse stromgeführt sind. Die Wärmeversorgung des

Gebäudes erfolgt monovalent mittels einer elektrischen Sole-Wasser-Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 50 kW. Im Gebäude sind zwei Verteilnetze – ein Niedertemperaturnetz mit einer Sollvorlauftemperatur von etwa 35 °C und ein Hochtemperaturnetz mit einer Vorlauftemperatur von etwa 55 °C - umgesetzt. Das Niedertemperaturnetz versorgt ausschließlich die Fußbodenheizung, Heizregister der Lüftungsanlage, Badheizkörper in den Wohnungen sowie Vorerwärmung des Trinkwarmwassers in den wohnungsinternen Übergabestationen sind in das Hochtemperaturnetz eingebunden. Die Nacherwärmung des Trinkwarmwassers in den Wohnungen erfolgt ebenfalls elektrisch.

Als Wärmequelle für die Wärmepumpe kommt ein im Erdreich vergrabener Eisspeicher mit einem Volumen von etwa 98 m<sup>3</sup> zum Einsatz. Die Regeneration des Eisspeichers erfolgt über einen thermischen Absorber auf dem Dach des Gebäudes und durch die Wärmeleitung des umgebenden Erdreichs. Je nach Temperaturniveau wird der solarthermische Absorber (11 Module, ca. 85 m<sup>2</sup>) direkt als Wärmequelle für die Wärmepumpe genutzt.

Die Wohnungslüftung erfolgt über eine zentrale mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.

Über die Fußbodenheizung kann das Gebäude im Sommer außerdem gekühlt werden. Es handelt sich hierbei um eine freie Kühlung, bei der Eisspeicher als Wärmesenke dient. Die Fußbodenkühlung übernimmt somit einen Teil der Regeneration des Eisspeichers.

PV-Module auf dem Dach (ca. 84 kWp) und in der Fassade (ca. 15 kWp) sorgen für einen bilanziellen Stromüberschuss.

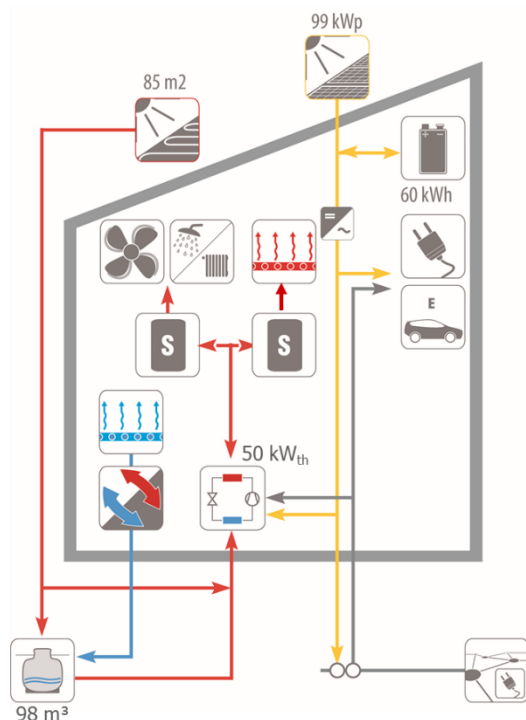


Abbildung 1: Energiekonzept Riedberg (links) und Ansicht von Süd-Westen (rechts) [Foto: EGS-Plan Stuttgart]

## 1.2. Konstanz

Die Wohnanlage in Konstanz besteht aus insgesamt zwei Gebäudeblöcken mit je zwei Häusern, die durch eine Tiefgarage verbunden sind. Beide Gebäudeblöcke wurden entsprechend dem „KfW Effizienzhaus 70“-Standard ausgeführt (nach 2017). In den Häusern 1 und 2 wird zusätzlich das EnergiePLUS – Konzept verfolgt. Die beiden Häuser bestehen aus 3 Vollgeschossen mit jeweils 6 Wohneinheiten. Im Kellergeschoss befinden sich die Tiefgarage sowie Technik- und Lagerräume.

Als Wärmequelle für die Wärmepumpen dienen 9 Erdwärmesonden mit einer Bohrtiefe von jeweils 100 m. Zum einen ist eine Niedertemperaturwärmepumpe für den Heizkreis, zum anderen eine Hochtemperaturwärmepumpe für die Warmwasserbereitung vorgesehen. Beide Wärmepumpen sind an jeweils zwei separaten Pufferspeichern angeschlossen. Eine dezentrale Abluftanlage steigert den Wohnkomfort. Die natürliche Lüftung über die Fenster ist jederzeit möglich. Photovoltaikmodule auf dem Dach runden das Energiekonzept ab.

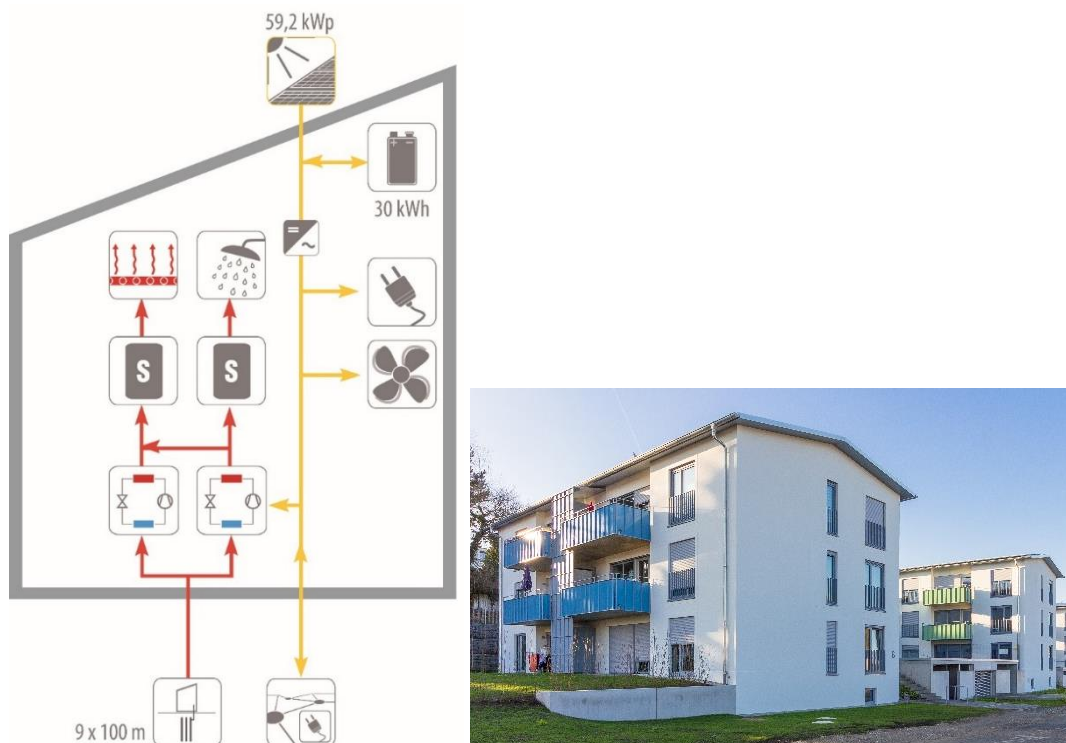


Abbildung 2: Energiekonzept Konstanz (links) und Ansicht von Südwesten (rechts) [Foto: WOBAK]

## 2.2. Goethepark

Die Wohnanlage Goethepark besteht aus vier Gebäuden mit insgesamt 68 Wohneinheiten, die durch eine Tiefgarage verbunden sind. Alle vier Gebäudeblöcke erfüllen den „KfW Effizienzhaus 55“ Standard. Als Wärmequelle für die Wärmepumpen dienen neben 11 Erdwärmesonden (je 135 bis 200 m) auch die Außenluft. Zum einen ist eine Niedertemperaturwärmepumpe für den Heizkreis, zum anderen eine Hochtemperaturwärmepumpe für die Warmwasserbereitung vorgesehen. Die Vorerwärmung des Trinkwassers erfolgt zunächst über drei Luft-Wasser-Wärmepumpen auf ein Temperaturniveau von ca. 50 °C, eine Hochtemperatur Sole-Wasser-Wärmepumpe erwärmt das Trinkwasser anschließend auf das notwendige Temperaturniveau von 55 °C und sichert

die thermische Desinfektion ( $> 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Im Sommer ist das System fast monovalent, sodass sich das Erdreich regenerieren kann.

Eine zentrale Zu- und Abluftanlage steigert den Wohnkomfort. Die natürliche Lüftung über die Fenster ist jederzeit möglich. Photovoltaikmodule auf einem der Dächer (27,4 kW<sub>p</sub>) zur Versorgung der Technikzentrale runden das Energiekonzept ab.



Abbildung 3: Energiekonzept Goethepark (links) und Ansicht von Süden (rechts) [Foto: energydesign braunschweig], Lageplan mit PV-Anlage und Technikraum (unten)

### 3. Vergleich der Gebäude und deren Versorgungskonzepte

In diesem Abschnitt wird ein Vergleich der analysierten Gebäude angestellt. In Tabelle 1 werden die Gebäude noch einmal hinsichtlich ihrer Komponenten und Auslegung vergleichend gegenübergestellt.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Eckdaten der betrachteten Gebäude

		Riedberg	Konstanz	Goethepark
NGF	m <sup>2</sup>	2.417	1.140	9.500
Wohneinheiten	Anzahl	17	12	68
PV-Anlage	kWp	15 Fassade 84 Dach	59,2	27,4
Wärmepumpe	kW <sub>th</sub>	50	30 + 27	90+50 (EWS) 4 x 14 (Luft)
Quelle	-	Eisspeicher und Luftabsorber	Erdwärmesonden	Erdwärmesonden und Luft

Auch hinsichtlich der Eigenstromnutzung unterscheiden sich die Konzepte und Ansätze:

#### Riedberg:

Den Mietern wird ein Strombudget von 1.000 kWh/a zur Verfügung gestellt, was den eigenproduzierten Strom vorrangig aufbrauchen soll. Wird von den Mietern mehr Strom verbraucht, so gibt es einen Mieterstromtarif. Die Abrechnung erfolgt über den Stromversorger.

#### Konstanz:

Die Stadtwerke haben das Dach gepachtet und verkaufen den Strom an die Mieter. Die Mieter können wählen, ob sie den Mieterstromtarif und somit den eigens produzierten Strom oder aber auf konventionellem Wege Strom beziehen wollen. Der Allgemeinstrom im Gebäude wird über den Mieterstromtarif abgerechnet.

#### Goethepark:

Da eine Umsetzung als „Großanlage“ nicht möglich war, werden nur die Technikzentrale und der Allgemeinstrom über ein „kleines“ PV-Feld versorgt. Der Vergleich der drei Mehrfamilienhäuser bezieht sich auf deren Effizienz, Ökologie und Ökonomie, wobei die gesamtheitliche Bilanz und somit der Gesamtverbrauch an elektrischer Energie als Bewertungsgrundlage dient. Der Verbrauch der Gebäude setzt sich aus dem Stromverbrauch von Wärmepumpen und Umwälzpumpen, Allgemeinstrom (Aufzug, Treppenhaus, Garage etc.) sowie dem Nutzerstrom der einzelnen Wohnungen zusammen.

In Abbildung 4 bis Abbildung 6 sind der Stromverbrauch (aufgeteilt in Eigennutzung und Netzbezug) im Vergleich zur PV-Produktion (aufgeteilt in Eigennutzung und Netzeinspeisung) für die Jahre 2017 bis 2019 sowie die Planungswerte aufgeführt.

Es zeigt sich, dass die in der Planung für die Mehrfamilienhäuser angesetzten Strombedarfe nicht mit den ermittelten Stromverbräuchen übereinstimmen, in allen Gebäuden wird mehr Strom verbraucht. Dies ist auf höhere Nutzerstrom- und Warmwasserverbräuche zurückzuführen.

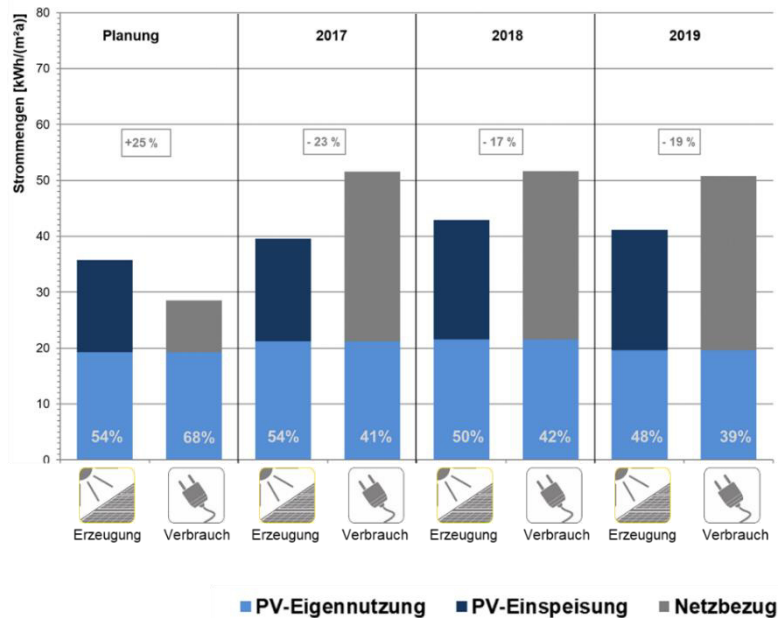


Abbildung 4: Energieverbrauch und -produktion MFH Riedberg

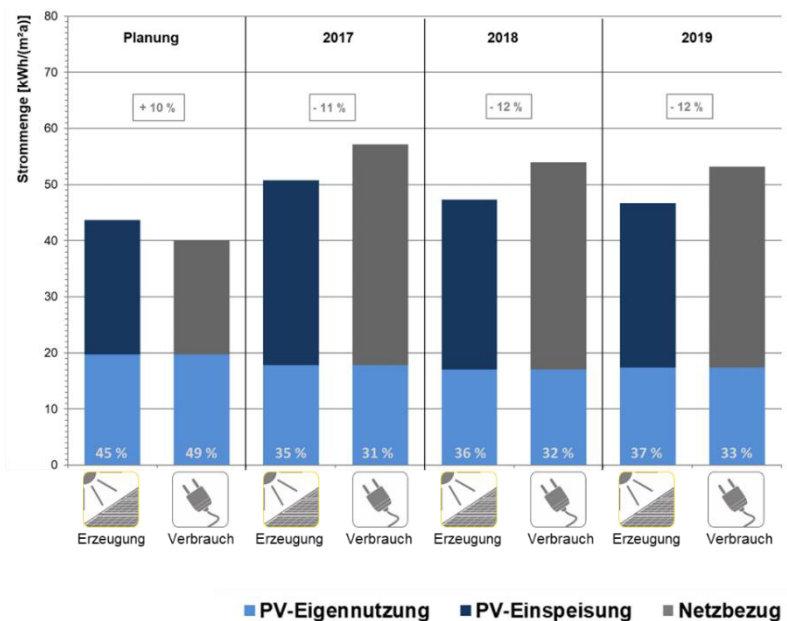


Abbildung 5: Energieverbrauch und -produktion MFH Konstanz

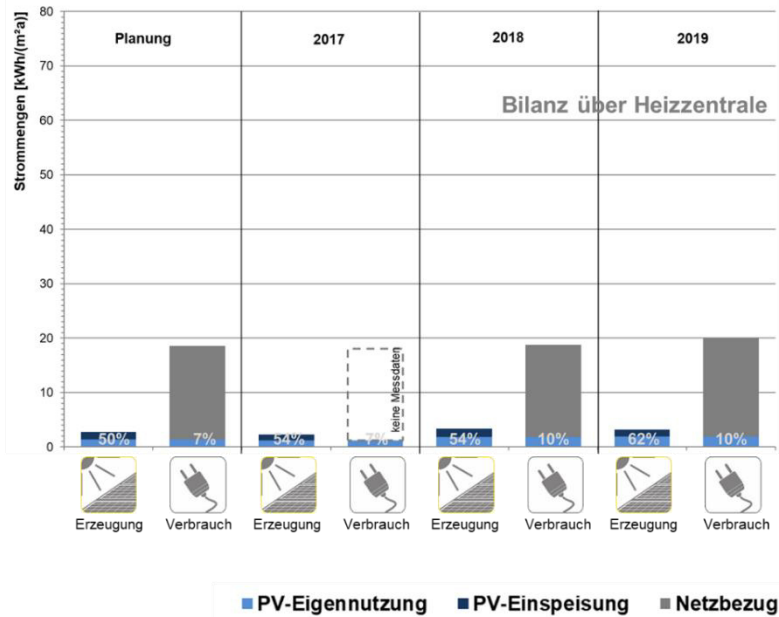


Abbildung 6: Energieverbrauch und -produktion MFH Goethepark

In Tabelle 2 sind die Jahresmittelwerte der drei Monitoringjahre für die Mehrfamilienhäuser hinsichtlich der Wärmeverbräuche und Deckungsanteile aufgeführt.

Tabelle 2: Durchschnittliche spezifische Jahresverbräuche und Kennwerte der betrachteten Mehrfamilienhäuser im Zeitraum 2017 bis 2019; (\*) Bezug nur auf Technikzentrale, nicht auf Gesamtgebäude)

		Riedberg	Konstanz	Goethepark *)
PV-Ertrag	kWh/kWp	975	930	1.020
Eigennutzungsanteil	%	53	36	57
Deckungsanteil	%	42	32	9
Jahresarbeitszahl	-	2,4	4,4 / 3,4	4,9 (gesamt)
<b>Heizenergieverbrauch</b>				
Raumheizung	kWh/(m²a)	18,0	59,7	39,7
Trinkwarmwasser	kWh/(m²a)	24,6	22,3	19,8
<b>Stromverbrauch</b>				
Haushalt	kWh/(m²a)	24,4	23,7	19,5 (Heizzentrale)
CO <sub>2</sub> -Emissionen	kg/(m²a)	12	18	8
PE-Verbrauch	kWh/(m²a)	46	67	31



### PV-Ertrag und Deckungsanteile

Die Gebäudetechnik sieht vorrangig die direkte Nutzung der solaren Erträge aus der Photovoltaik vor. Nur Überschüsse werden in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist. Unterschiede in den Deckungsanteilen zwischen den Monitoringjahren lassen sich auf unbeständige PV-Erträge und schwankende Stromverbräuche zurückführen. Für die Mehrfamilienhäuser ergeben sich Eigenstromnutzungsanteile von 35 bis 62 % und Deckungsanteile am Gesamtstromverbrauch von 7 bis 42 %. Es ist zu berücksichtigen, dass beim Goethepark nur der Technikraum mit PV-Strom versorgt wird und in der Bilanz Berücksichtigung findet.

### Jahresarbeitszahl

Aus den Werten der Stromzähler für die Wärmepumpen (inkl. Umwälzpumpen) und den Aufzeichnungen der Energiemengen aus den Wärmemengenzählern auf der Sekundärseite der Wärmepumpen lassen sich die Jahresarbeitszahlen (JAZ) ermitteln.

$$JAZ = (\text{bereitgestellte Wärme}) / (\text{bezogene Stromenergie})$$

Die durchschnittliche Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen in den drei Gebäuden reicht dabei von 2,4 bis 4,9, wobei eine Arbeitszahl größer 3,0 eine effiziente Wärmepumpe darstellt.

### Wärmeverbrauch Trinkwarmwasser und Heizung

Der Nutzenergieverbrauch ist nach Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung unterschieden. Die Gebäude verbrauchen zwischen 18 und 60 kWh/m<sup>2</sup>a Wärme für die Raumheizung und zwischen 20 und 25 kWh/m<sup>2</sup>a für die Trinkwarmwasserbereitung, was einem Anteil von 25 bis 55% entspricht. Die Unterschiede ergeben sich aus den unterschiedlichen Gebäudestandards. Es wird ersichtlich, dass der Trinkwarmwasserverbrauch tendenziell über der Plangrößen von 12,5 kWh/m<sup>2</sup>a liegt.

### Primärenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu „konventionellen“ Konzepten

Der Vergleich zur Abschätzung der CO<sub>2</sub>- Reduktion erfolgt auf Basis der beiden Versorgungskonzepte

- Gasbrennwertkessel mit Solarthermie (30 % Deckung des Gesamtwärmebedarfs – Deckung des EEWärmeG) und Stromnetzanschlusses sowie
- Fernwärme und Stromnetzanschluss

Die beiden Beispielkonzepte sind gängige Versorgungskonzepte für Mehrfamilienhäusern, um den Mindeststandard nach EnEV zu erfüllen.



Aus Abbildung 7 und Abbildung 8 gehen die durchschnittliche jährliche Differenz der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Primärenergieverbrauchs der Häuser mit den abgeänderten Versorgungssystemen hervor. Es wurden keine Gutschriften für die Einspeisung des PV-Stroms in das Netz berücksichtigt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die für den Vergleich herangezogenen Konzepte 10 bis 80 t/a bzw. 40 – 108 % mehr CO<sub>2</sub> (je nach Konzept und Gebäude) emittieren als das umgesetzte Konzept. Dies entspricht 720 bis 6.640 Bäumen, die mehr gepflanzt werden müssten, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu kompensieren. Beim Primärenergieverbrauch ergeben sich Mehrverbräuche von 50 bis 75 % (37 bis 227 MWh/a).



Abbildung 7: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu Versorgungskonzepten mit Gaskessel und Solarthermie oder Fernwärme



Abbildung 8: Primärenergieverbrauch im Vergleich zu Versorgungskonzepten mit Gaskessel und Solarthermie oder Fernwärme

## Wirtschaftlichkeit

Für die Wirtschaftlichkeit wird auf die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „SolSys - Analyse und Optimierung solarer Energieversorgungssysteme (Wärme/Strom) für Gebäude“ verwiesen. (<https://www.tu-braunschweig.de/igs/forschung/solsys>)

Die Untersuchung der Jahresgesamtkosten zeigt, dass diese signifikant vom Einsatz eines elektrischen Energiespeichers abhängen, sie steigen mit größer dimensionierten Speichern deutlich an. Eine Einbindung in ein solarbasiertes Energieversorgungskonzept ist derzeit nicht wirtschaftlich, Mehrkosten von bis zu 4 €/m<sup>2</sup>a sind bei den MFH zu erwarten.

Weiterhin steigen die spezifischen Jahresgesamtkosten auch an, je größer der Anteil an Solarthermie wird. Der Grund dafür ist u. a., dass die Größe des Zusatzwärmeerzeugers im Allgemeinen nicht verändert wird, das Gerät aber bei steigendem Anteil von Solarthermie weniger in Betrieb ist. Zusätzlich wird die installierte solarthermische Kollektorfläche weniger stark genutzt – es stellt sich ein geringerer flächenspezifischer Ertrag ein. Dennoch liegen die Jahresgesamtkosten für eine solarthermisch orientierte Variante ähnlich hoch wie die einer PV dominierten Variante mit einer Wärmepumpe und einem elektrischen Energiespeicher. Bzgl. der spezifischen Jahresgesamtkosten lässt sich feststellen, dass diese bei der Variante mit Gasbrennwertgerät am geringsten sind. Die verbrauchsgebundenen Kosten sind für den Betrieb von Anlagen mit Gas deutlich niedriger als der Strombezug für eine Wärmepumpe.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass neben der Ökologie auch die Jahresgesamtkosten von Anlagen mit hohen PV-Anteilen an der Dachfläche deutlich von der Bewertung der Einspeisung der elektrischen Energie abhängig sind. Die geringsten Jahresgesamtkosten berechnen sich unter Berücksichtigung der Einspeisevergütung auf 12 €/m<sup>2</sup>a. Wird die Einspeisevergütung für den gleichen Auslegungspunkt jedoch nicht berücksichtigt, steigen die Kosten auf 13,5 €/m<sup>2</sup>a. Im Gegensatz dazu liegen die Kosten für solarthermisch dominierte Systeme zwischen 16 €/m<sup>2</sup>a und 28 €/m<sup>2</sup>a.

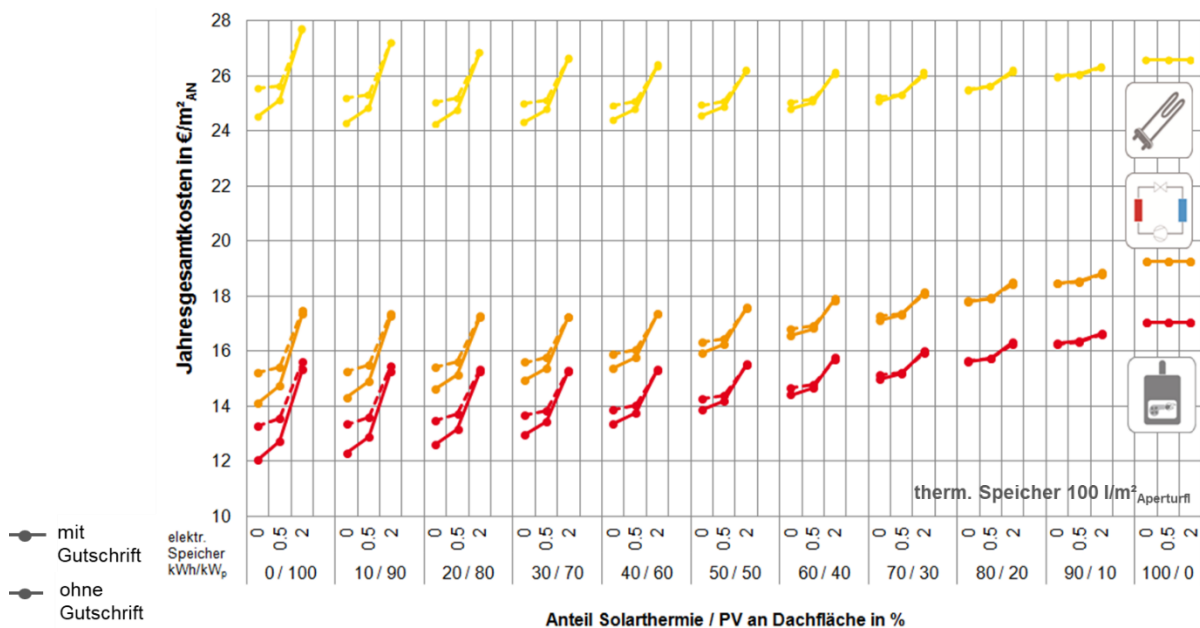


Abbildung 9: Primärenergieverbrauch im Vergleich zu anderen Versorgungskonzepten

#### 4. Fazit und Ausblick

In Zukunft wird es in der Planung von Gebäuden nicht nur um die Reduzierung des Heizenergiebedarfs, sondern auch um eine integrale Betrachtung des gesamten Strombedarfs gehen.

Das Leitmotiv zur Entwicklung und zum Betrieb des Gebäudes sollte darauf beruhen, dass eine optimale Nutzung der Sonnenenergie umgesetzt wird, sodass mehr Energie gewonnen als benötigt wird und ein hoher solarer Eigenstromnutzungsanteil erzielt werden kann.

Sowohl die aus dem Monitoring der drei Mehrfamilienhäuser ermittelten Ergebnisse als auch die generelle Energiekonzeptionierung belegen, dass neben der Nutzung von Wärmepumpen auch Photovoltaikanlagen wesentliche Bausteine darstellen, um das durch die Bundesregierung definierte Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes bis zum Jahr 2050 zu erreichen. Anhand der dargestellten Mehrfamilienhäuser kann gezeigt werden, dass ein solarer Deckungsanteil am Gesamtenergieverbrauch von bis zu 40 % realisiert werden kann.

Sowohl bei der Bilanzierung als auch bei zukünftigen Konzeptbetrachtungen und -gestaltungen sollte darauf geachtet werden, dass die Konzepte auf eine Gesamtenergiebilanz ausgelegt werden, also Wärme- und Strombedarf inklusive Nutzerstrom für das gesamte Gebäude herangezogen werden.

Voraussetzung für hohe Deckungsanteile erneuerbarer Energien sind eine planmäßige Umsetzung und ein ordnungsgemäßer Betrieb der Anlagentechnik! Qualitätssicherung und Monitoring sind für den planmäßigen Betrieb erneuerbarer Versorgungssysteme zwingend erforderlich. Die Anlagen sind keine „Selbstläufer“, die in Betrieb genommen werden können und dann nicht mehr weiter optimiert und analysiert werden müssen.

Zum Teil aus wirtschaftlicher Sicht, vielmehr aber auch aus mangelndem Interesse und Unkenntnis bei den an Bauvorhaben beteiligten Personen, lassen sich die untersuchten Energieversorgungskonzepte derzeit nur schwer umsetzen. Als wichtigen Baustein der Energiewende ist eine intensive Verbreitung der umfassenden Vorteile des Konzeptes Wärmepumpe und PV und deren Realisierung jedoch zwingend erforderlich. Es ist anzunehmen, dass auch zukünftige solare Energieversorgungskonzepte – sofern gesetzliche Vorgaben keine andere Lösung erzwingen – im Wesentlichen auf

- den Vorlieben und der Einstellung zu unterschiedlichen Technologien
- dem Umweltbewusstsein, d. h. ökologischen Aspekten,
- den finanziellen Mitteln, die ein Bauherr investieren möchte oder zu investieren bereit ist und
- der Wirtschaftlichkeit des gewählten Energiekonzepts

basieren werden.

## Abkürzungen

JAZ	Jahresarbeitszahl
MFH	Mehrfamilienhaus
NGF	Nettogrundfläche
PE	Primärenergie
WP	Wärmepumpe

## Weitere Veröffentlichungen:

31.07.2019; Abschlussbericht FKz 0325558A/B (BMWi); [SolSys](#) - Analyse und Optimierung solarer Energieversorgungssysteme (Wärme/Strom) für Gebäude; F. Bockelmann, M. Peter, A. Oliva, D. Bestenlehner, H. Drück, Fraunhofer ISE, TU Braunschweig Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS), Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (SWT)

TU Braunschweig Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS); M. Norbert Fisch, Thomas Wilken, Christina Stähr: „EnergiePLUS. Gebäude und Quartiere als erneuerbare Energiequellen“; Prof. M. Norbert Fisch (Hrsg.) IGS, TU Braunschweig, 2012, 328 S., ISBN 978-300391675.

## Zur Autorin:

Franziska Bockelmann  
Kontakt:  
Steinbeis-Innovationszentrum energie+  
Mühlenpfordtstraße 23, 38106  
Braunschweig  
0531-3913557  
franziska.bockelmann@stw.de

## Vortrags-Präsentation:



## 6. Energiesprung – Serielles Sanieren von Mehrfamilienhäusern

### *dena /energiesprung*

*(redaktionelle Zusammenfassung der Vortragsinhalte von J. Pahl)*

#### **Warum Energiesprung?**

Aufgrund der klimatischen Herausforderungen ergibt sich auch im Bausektor ein hoher Handlungsbedarf, der auch zunehmend von Politik und Gesellschaft erkannt und vorangetrieben wird. Wenn Hausbesitzer Ihre Häuser nicht dämmen und ihren Energie- und Stromverbrauch nicht zunehmend mit erneuerbaren Energien decken, dann wird Deutschland seine Klimaziele künftig verfehlen. Gleichzeitig gibt es in Deutschland eine sehr geringe Sanierungsrate, die nach aktuellem Stand nicht ausreichend ist, den hohen CO<sub>2</sub> Ausstoß im Gebäudesektor bis 2050 soweit zu reduzieren, dass die Klimaziele erreicht werden (Ziel der Bundesregierung: klimaneutraler Gebäudebestand bis 2050).

70 Mrd. Euro geben deutsche Haushalte im Jahr für Energiekosten aus. Ein beträchtlicher Betrag. Daher stellt sich die Frage, ob sich dieses Geld nicht nutzen lässt, um Gebäude zu sanieren, damit sie weniger Energie verbrauchen und damit Kosten erzeugen. Bereits ein Teilbetrag der Energiekosten, der in die Bestandsgebäude investiert wird, kann den Heizbedarf senken und so die Gebäudeenergieeffizienz verbessern.

#### **Problematik Baubranche und Fachkräftemangel**

Energiesprung hat, um dieses vielschichtige Dilemma aufzulösen, zwei Hebel identifiziert:

Ein Hebel ist die Bauwirtschaft, in der oft noch so ähnlich operiert wird, wie vor 50 – 100 Jahren. Die Bauwirtschaft plant von einem Projekt zum nächsten. Es gibt natürlich diverse moderne Tools, die einige Prozesse optimiert haben, aber die wichtigste Säule bleibt das Handwerk.

Eine weitere Ursache für mangelnde Innovation und Nachfragedeckung ist der in der Branche vorherrschende Fachkräftemangel. Sanierungsprojekte bleiben liegen, da Auftragsbücher bereits zu voll sind. Gleichzeitig erleben wir eine hohe Baupreissteigerung als Ergänzung zu vielerorts bereits sehr hohen Mietpreisen. Folglich würde eine mögliche Sanierung viele Mieterschichten an oder über die Belastungsgrenze bringen. Antworten auf diese Probleme zu geben, ist das Ziel hinter Energiesprung. Eine Studie von Mc. Kinsey kommt zu dem Ergebnis, dass eine verstärkte Technisierung und Standardisierung in der gesamten Bauindustrie die Produktivität um den Faktor 5 - 10 steigern könnte.

#### **Vision**

Unser Ziel als Energiesprung Deutschland ist es, einen Markt für klimaneutralen, bezahlbaren und attraktiven Wohnraum zu schaffen.

Es gibt drei Komponenten die maßgeblich zur Verbesserung beitragen:

1. Ein gut isoliertes Dach mit Photovoltaikinstallation ist essentiell, damit das Haus auch zum Energielieferanten wird und nicht nur Energiekonsument bleibt. Optimalerweise ist die PV-Anlage dabei direkt im Dach und ggf. auch in der Fassade integriert.
2. Eine gut gedämmte Hausfassade für die Herabsenkung des Energieverbrauches.
3. Ein Energiemodul, in dem alles enthalten ist: Haustechnik, Warmwasserbereitung, Lüftung und Wärmequelle. Idealerweise kann dieses vor Einbau bereits zusammengebaut werden und muss dann vor Ort nur noch angeschlossen werden.

Durch solche Maßnahmen kann eine große Beschleunigung der Sanierungsmaßnahme ermöglicht werden: In den Niederlanden ist es schon gelungen, im Rahmen einer selbst gesetzten Challenge eines Bauunternehmers ein EFH an einem Arbeitstag zu sanieren.

## **Der Energiesprung-Ansatz**

Das wesentliche Ziel von Energiesprung ist es, Sanieren

- Einfacher,
- Schneller,
- Bezahlbarer (weitgehend aus Energieeinsparung finanzierbar) und
- Besser (NetZero-Standard, langlebig, hohe Qualität der Sanierung)

zu machen.

Diese Punkte sind für Energiesprung die Basis für skalierbare Sanierungslösungen, die in der Breite funktionieren und den Sanierungsstau endlich auflösen können. Dabei geht es nicht um das Ersetzen von Vorhandenem, sondern um zusätzliche Maßnahmen. Dies muss Folglich auch in der Breite funktionieren.

## **Performance Kriterien**

Ein NetZero Gebäude erzeugt bilanziell, über den Jahresverlauf so viel Energie wie auch für Raumwärme, Warmwasser, Lüftung und Haushaltsstrom verbraucht wird. Es muss dafür eine Mindesttemperatur im Winter (21 Grad), aber auch eine Maximaltemperatur im Sommer (sommerlicher Wärmeschutz) garantiert werden. Zusätzlich muss ein gewisses Kontingent an Warmwasser und Strom pro Person und Tag bereitgestellt werden, das ungefähr dem Durchschnittsverbrauch eines Haushalts mit niedrigem bis mittlerem Verbrauch entspricht. Auch Anforderungen in Bezug auf den Nutzerkomfort, wie eine gute Luftqualität, Schallisolation und geringe Feuchtigkeit sollten durch eine Sanierung erreicht werden.

## **Business Case**

Energiesprung-Sanierungen erlauben der Wohnungsunternehmerseite, die ursprünglich benötigten Energiekosten zur Refinanzierung der Sanierung zu nutzen. Auf der anderen Seite kommt es durch die serielle Sanierung zu Effizienz und Mengengewinnen und dadurch potenziell zu einer Senkung der Baukosten.

## **Wie sieht der Business-case heute aus?**

Auf der einen Seite stehen die Investitionskosten. Die Baukosten sind in der frühen Marktentwicklungsphase für eine Energiesprung-Sanierung noch höher als bei einer

Standardsanierung. Das liegt auch darin begründet, dass durch eine Energiesprong-Maßnahme eine sehr viel höhere Qualität, sowohl energetisch, als auch beim Komfort erreicht wird.

Auf der Refinanzierungsseite haben wir geringere Instandhaltungskosten und die eingesparten Energiekosten. Aktuell ist zudem wesentlicher Bestandteil die Förderung über die KfW zum Effizienzhaus 55 mit dem 40 prozentigen Tilgungszuschuss. Ziel ist es, die Kosten mittelfristig über Skalierungseffekte zu senken. und auf der anderen Seite auch die Einnahmen zu erhöhen. Änderungen bei der Gesetzgebung zu Mieterstrom stellen hierfür einen wichtigen Hebel dar. Ja nach Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Besteuerung, entsteht auch hier wieder ein Vorteil für eine Energiesprong-Sanierung mit geringem Ausstoß

## **Energiesprong Deutschland**

Wir als Marktentwicklungsteam (angesiedelt bei der dena und gefördert vom BMWi), stellen eine Plattform bereit, um die beteiligten Akteure zu vernetzen:

- Begleitung von Wohnungsunternehmen bei der Umsetzung erster Projekte.
- Wir informieren zu seriellem Sanieren nach dem Energiesprong-Prinzip.
- Wir treten für bessere Förderungsbedingungen für einen Energiesprong-Markt bei der Politik ein.
- Meilenstein Volume Deal: 22 Wohnungsunternehmen stellen 11.635 Wohneinheiten für eine Energiesprong-Sanierung bereit. Die feierliche Verkündung fand im Nov. 2019 statt. Eine serielle Net-Zero-Sanierung ist in den nächsten vier Jahren geplant.
- Viele Baufirmen signalisieren, dass es eine Nachfrage gibt und wollen auch Anreize setzen, ein attraktives Angebot auch zu einem attraktiven Preis zu entwickeln.

## **Stand des Projektes**

Die offizielle Fertigstellung des ersten Pilotprojektes in Hameln ist für Anfang 2021 vorgesehen. Weitere Pilotprojekte großer Wohnungsunternehmen (LEG, Vonovia) sind bereits in Planung. Der Sanierungsstart ist für Anfang 2021 angesetzt.

Autorenhinweis: Julius Pahl arbeitete zum Zeitpunkt der Erstellung des Tagungsbandes nicht mehr bei der dena. Andere Ansprechpartner sind aber vorhanden.

## **Kontakt**

Christina Stahl  
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Chausseestraße 128 a  
10115 Berlin  
[stahl@dena.de](mailto:stahl@dena.de)

## **Vortrags-Präsentation:**







## 7. Ergebnisse der Mieterbefragungen der Sonnenhäuser vor dem Hintergrund zukünftiger Smart-Home Gebäude

*Dr. Sibylle Meyer, Fa. SiBis GmbH*

*(redaktionelle Zusammenfassung der Vortragsinhalte)*

### Zielsetzung

Das SIBIS Institut ist im Projekt EVERSOL mit der soziologischen Befragung der Mieter betraut. Dabei sollen insbesondere die Mieterakzeptanz bezüglich des Mietmodells sowie diverser Fragestellungen um das Energiekonzept der Gebäude untersucht werden. Auch die Beweggründe der Entscheidung für die Wohnung im teilautarken Mehrfamilienhaus mit Pauschalmiete war Bestandteil der Untersuchungen.

### Ergebnisse der Befragung

Die Befragung der Mieter findet in 2 Stufen statt. Die Erstbefragung der 14 Mietparteien wurde ca. 6 Monate nach Einzug durchgeführt und ist Bestandteil dieses Beitrages. Die Zweitbefragung stand zum Zeitpunkt des Workshops noch aus.

Es lässt sich zunächst herausfiltern, dass die Grundgesamtheit der Mieter der üblichen sozialen Struktur in Mietwohnungen ähnlicher Komfort- und Preislage entspricht. Dazu zählt ein durchschnittlich hoher Bildungsabschluss der Erwachsenen Bewohner und ein etwas überdurchschnittliches Monatsnettoeinkommen.

Die Altersstruktur der 34 Bewohner ist verhältnismäßig jung, aber alle Altersbereiche sind vertreten. Der Schwerpunkt liegt auf der Altersklasse der 30 bis 49-Jährigen (s. Abb. 1).

Damit kann trotz der recht geringen Grundgesamtheit von einer repräsentativen Zusammensetzung für das Mietniveau gesprochen werden.

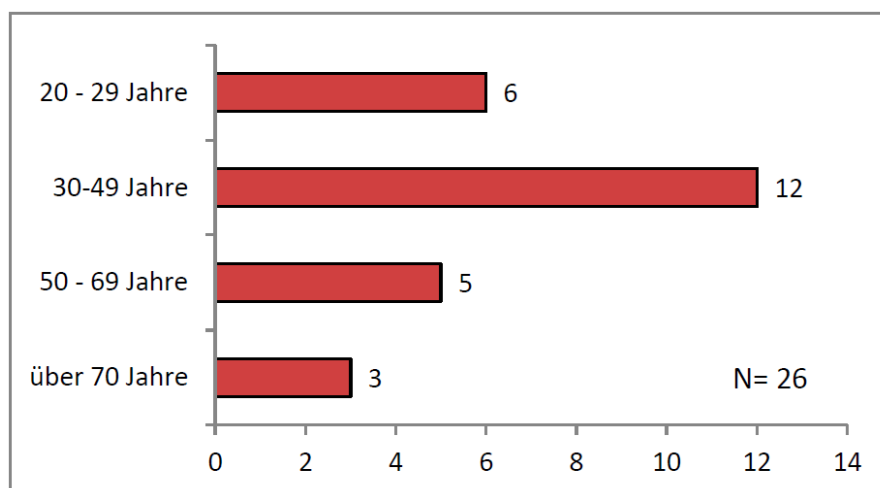


Abbildung 1: Alter der Mieter

### Einzugsgründe

Auch die Hauptinformationsquelle Immoscout, worüber die Wohnung gefunden wurde ist typisch. Problematisch bei der Suche über online-Vergleichsportale ist der Mietpreis, der durch den pauschalen Ansatz stets besonders hoch erscheint und damit hinter

Konkurrenzangeboten zurückbleibt, bzw. schwer mit Standardmietverträgen vergleichbar ist. Dies wird gleichermaßen von Mietern und vom Vermieter berichtet. Interessant ist, dass die am zweit- und dritthäufigsten genannte Position die Erzählung von Bekannten/anderen Mietern und die Direktanfrage bei der eG Wohnen war. Dies zeigt eine hohe Verbundenheit mit den Nachbarn und dem Vermieter, was auch aus einer hohen Zufriedenheit mit dem Vermieter abzulesen ist. Darüber hinaus wurde eine gezielte Bewerbung über lokale Bioläden/Reformhäuser etc. angeregt.

Entscheidend für den Einzug waren allerdings weder das neuartige Energiekonzept noch die Pauschalmiete, sondern vielmehr der Erstbezug eines Neubaus, sowie die modernen und hellen Wohnungen. Das Energiekonzept und die Zukunftsweisung der Gebäude wurden weniger häufig genannt.

Von allen Mietparteien wird der ungewöhnliche, aber sehr geräumige Wohnungsgrundriss als entscheidender Einzugsgrund genannt. Auch die helle Belichtung der gesamten Innenräume ist vor allem für die Mieter überzeugend, welche vorher im Altbau gewohnt hatten. Weiterhin ausschlaggebend für den Einzug war für die Mehrheit der Befragten die gute Infrastruktur (Einkaufsmöglichkeiten), Nähe zur Schule sowie die Verkehrsanbindung und Nähe zur Innenstadt. Als positiv wird von allen Mietern hervorgehoben, dass jede Mietpartei einen Parkplatz bekommen kann. Da mehrere Haushalte über zwei PKWs verfügen, werden die zusätzlichen Parkplätze vor der Eingangstür geschätzt.

### **Bewertung der Wohnungen**

Alle befragten Mietparteien sind mit der Barrierefreiheit ihrer Wohnung (insbesondere der barrierefreien Badezimmer) zufrieden bzw. sehr zufrieden. Dies gilt für ältere und jüngere Mieter gleichermaßen. Allerdings monieren vor allem die älteren Mieter, dass das Gebäude für gehbeeinträchtigte Personen nicht geeignet sei (Problem: fehlender Aufzug sowie die engen und sehr steilen Treppenaufgänge).

Durchgängig positiv bewertet wird auch die Fußbodenheizung in der Wohnung und speziell im Bad.

Die meisten Mietparteien bewerten die bodentiefen Fenster positiv. Dies gilt vor allem für die Fenster zum Innenhof. Kritisch gesehen werden dagegen aber die bodengleichen Fenster zur Straßenseite (fehlende Intimität bzw. Notwendigkeit schwerer Vorhänge, störende Straßenbeleuchtung).

Die Wohnungsbelüftung führt bei vielen Mieter zu Kritik, da die Lüftung im Sommer nicht ausreichend sei und die Geräusche der Lüfter in den Wohnräumen stören.

### **Bewertung des Energiekonzepts**

Das Energiekonzept der Sonnenhäuser war allen befragten Mietern bekannt. 11 von 14 Mietern fanden das Energiekonzept bereits vor Einzug interessant und spannend. Drei der Befragten waren zum Zeitpunkt der Erstbefragung skeptisch, ob das Energiekonzept ausreichend Strom für eine Vollbelegung der Häuser erbringen könnte und waren ebenfalls skeptisch, ob das Wärmekonzept für einen kalten Winter ausreichen würde.

Die Funktionsweise der Solarmodule war allen Mietern grundlegend vertraut. Weniger bekannt war das Speicherkonzept der Gebäude. Lediglich fünf der befragten Mieter, gaben an, die Energiespeicher im Gebäude gesehen zu haben oder über die Kapazität der Speicherung Bescheid zu wissen. Dieser Eindruck hätte noch stärker von dem Konzept überzeugt.

### **All-Inclusive-Miete**

Für alle Mieter war die All-Inclusive-Miete anfangs schwierig nachzuvollziehen. Kein Mieter hat das Konzept bei Vertragsunterzeichnung richtig verstanden. Die hohe All-inclusive-Miete wirkte zunächst abschreckend, da sie nicht ohne weiteres ins Verhältnis zu einer Standard-Vergleichsmiete gesetzt werden konnte. 5 Mieter waren skeptisch, ob alle Mieter gleich sparsam sind. Die Bedenken wurden erst ausgeräumt, als Strom- und Heizungskosten der vorherigen Wohnung gegengerechnet wurden.

### **Zusätzliches Dienstleistungsangebot**

Auf die Frage einer möglichen Erweiterung der Pauschalmiete um Zusatzangebote zeigten sich die Mieter für die Errichtung eines E-Carsharing Angebotes interessiert. Die Inklusion von Haushaltsnahen Dienstleistungen (Lieferdienste, Wäsche oder Wohnungsreinigungsdienste) oder Highspeed-Internetanschlüssen hingegen wurden nicht gewünscht.

### **Einstellung zur Mobilität**

Der Großteil der Haushalte verfügt über ein bzw. zwei PKWs. Einen Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel hielt die Mehrheit der Befragten zwar für politisch erstrebenswert, war dazu aber selbst nicht bereit (eigener PKW ist bequemer bzw. für das Erreichen der Arbeitsstelle essentiell).

Der Fahrradschuppen wird von allen Mietern positiv bewertet und durchaus größer dimensioniert gewünscht. Alle Haushalte verfügen über ein oder mehrere (bis zu 5) Fahrräder. Das bedeutet unter anderem, dass mehr als ein Fahrrad pro Person im Fahrradschuppen untergebracht werden muss (z.B. Mountainbike und Stadtrad). Aktuell wurden zwei Elektrobikes in den Sonnenhäusern gezählt, jedoch berichten 7 Haushalte, dass sie sich demnächst eins anschaffen möchten.

Keiner der Mieter verfügt über ein Elektroauto, zwei Mieter haben zum Zeitpunkt der Befragung eines bestellt. Zusätzlich können sich 6 Mieter vorstellen, beim nächsten PKW auf E-Mobilität umzusteigen. Dazu regt auch die E-Ladesäule an, die von allen Mietern als ein sehr positiver Aspekt der Sonnenhäuser angesehen wird.

Perspektivisch wird von 10 Mietern ein E-PKW-Sharingkonzept über die eG-Wohnen befürwortet. Dies würde den Umstieg auf E-Autos befördern und das ökologische Konzept der Sonnenhäuser unterstützen.

## **Energiesparverhalten vor Einzug in die Sonnenhäuser**

Tägliches Energiesparen war für 12 der 14 Mieter schon vor Einzug in die Sonnenhäuser wichtig oder sehr wichtig. Bisherige Maßnahmen entfielen u.a. auf

- Umstieg auf Energiesparlampen,
- bewusste Anschaffung energiearmer Haushalts Großgeräte,
- bewusstes Lichtlöschen,
- Müllreduzierung und Mülltrennung,
- Geräte aus dem stand-by nehmen sowie
- die Heizung drosseln.

Die so engagierten Mietparteien können sich nicht vorstellen, auf Grund des All-Inklusive-Prinzip mehr Energie zu verbrauchen als dies unbedingt nötig ist. Nur für zwei Mietparteien besteht kein Interesse am bewussten Energiesparen.

Von allen Befragten werden mehr Informationen zu ihrem eigenen aktuellen Strom- oder Wärmeverbrauch gewünscht. Von der Hälfte der Mieter wurde Interesse an einer App laut, die den eigenen Energieverbrauch mit dem der anderen Mieter bzw. der Energieproduktion und dem Energieverbrauch des Hauses vergleicht. Dies könnte auch das Commitment der Mieter zu dem Konzept der Sonnenhäuser weiter steigern und die Mieter stärker in das Konzept der Energiegewinnung und des Energieverbrauchs einbeziehen.

## **Resümee**

Die bisherigen Ergebnisse zeigen deutliche Trends im Hinblick auf Mieterzufriedenheit und Akzeptanz des Sonnenhaus-Konzeptes.

Obwohl das Energiekonzept nicht entscheidend für den Einzug war, wurde ein deutliches Interesse am Energiekonzept der Sonnenhäuser gefunden, dass auf Grund der Erhöhung des ökologischen Bewusstseins der Bevölkerung in den kommenden Jahren noch weiterwachsen dürfte. Deutlich wurde jedoch auch die Skepsis der Mieter, ob die durch das Haus erzeugte Energie ausreicht.

Gewünscht wurde von den Mietern eine kontinuierliche Information über den Energiestatus des Gebäudes und des persönlichen Energieverbrauchs, etwa in Form einer MieterApp. Individualisierte Informationen über den Energieverbrauch des eigenen Haushalts wären am effektivsten, wenn der Mieter auch einen Rückschluss auf die Verbräuche der jeweiligen Geräte (Herd, Waschmaschine, HiFi etc.) hätte, so dass er gezielte Einsparungen vornehmen kann.

Für die Planungen zukünftiger Projekte kann festgehalten werden, dass die Ausgestaltung der Wohnungen in modernem und vor allem hellem Design entscheidend für die Nutzerakzeptanz und Zufriedenheit sind. Weiterhin ist bereits in der Planungsphase das Umfeld des Gebäudes einzubeziehen, indem z.B. bodenebene Fenster wo immer sinnvoll verbaut werden, aber in Richtung öffentlicher Bereiche (Straßenseite) darauf verzichtet wird. Auch sollte generell für alle Altersgruppen auf Barrierefreiheit geachtet und auch an entscheidenden Stellen, wie der Eingangstüren oder Hausfluren nicht nur in Hinsicht der bodenebenen Ausführung, sondern auch schwergängiger Bedienung berücksichtigt werden.

Wert auf Aufklärungsarbeit sollte generell bei der Implementierung innovativer Energiekonzepte oder untypischer Mietmodelle gelegt werden. Dies steigert das Interesse und Verständnis dieser Konzepte deutlich. Lüftungsanlagen und Fußbodenheizungen werden neben der energiesparenden Wirkung auch als deutlicher Komfortgewinn empfunden. Besonderer Wert ist dabei auf eine geräuschlose Lüftungsanlage zu legen, da diese den empfundenen Vorteil bei Geräuschbelastungen wett machen kann.

Für die Mobilität sind Stellplätze für PKW auch in gut angebundener Lage wichtig. Da die Bereitschaft zur Beteiligung an einem E-Auto Car-Sharing höher lag als zum Kauf eines eigenen Elektrofahrzeuges, kann darin auch eine Chance gesehen werden, den Mobilitätswandel zu beschleunigen.

### **Zur Vortragenden:**

Dr. Sibylle Meyer  
Kontakt:  
Institut für Sozialforschung und  
Projektberatung GmbH  
Richard-Wagner-Straße 19, 10585 Berlin  
+49(0)30 330 07 23-0  
info@sibis-berlin.de

### **Vortrags-Präsentation:**





## 8. Status quo Solarthermie – Ertragskontrolle und neueste Entwicklungen

*Peter Pärisch, Institut für Solarforschung Hameln*

### Zusammenfassung

Das Institut für Solarenergieforschung Hameln, eine Forschungseinrichtung des Landes Niedersachsen, widmet sich seit über 30 Jahren der angewandten Forschung für qualitativ hochwertige Solarthermieanlagen. In dem Beitrag werden Methoden der Funktions- und Ertragskontrolle und neueste Entwicklungen für robustere Solarthermieanlagen vorgestellt.

### 1. Einleitung

Ende 2019 waren in Deutschland ca. 2,4 Mio. solarthermische Anlagen installiert, die ca. 8,5 TWh Wärme produziert und so über 2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden haben. Eingesetzt werden die Anlagen fast ausschließlich für Trinkwarmwassererwärmung und Raumheizung von Ein- bis Zweifamilienhäusern. Bei neuen Anwendungen ist aber das zunehmende Interesse an großen Installationen für die Unterstützung von Wärmenetzen zu verzeichnen. Solarthermie trägt aktuell zu ca. 5 % der erneuerbaren Wärme bei. Ihr Beitrag bleibt bisher aber weit entfernt von Ihrem Potential und von in Zukunftsszenarien prognostizierten Zahlen. Nach einer starken Entwicklung bis zum Jahr 2008 war der Kollektorabsatz für über 10 Jahre rückläufig, was zu Konsolidierung am Markt geführt hat und einen starken Preisdruck auf Zulieferer ausgeübt hat. Geringe Installationszahlen und die Komplexität von Solarthermieanlagen machen Maßnahmen zur Qualitätssicherung notwendig. Im folgenden Beitrag sind Methoden zur Qualitätssicherung im Betrieb (vgl. Kapitel 2) und neueste Kollektorentwicklungen zur Erhöhung der Robustheit und Reduktion der Komplexität von Solarthermieanlagen (vgl. Kapitel 3) dargestellt. Seit 2020 mit der Einführung des neuen Marktanreizprogrammes verzeichnet der Markt wieder ein vielversprechendes Wachstum

### 2. Ertragskontrolle

Die Solarthermie wird in Kombination mit einer automatischen Nachheizung eingesetzt, die im Falle eines Ertragsausfalls die Versorgung übernimmt. Dadurch bleiben ertragsrelevante Probleme mitunter für längere Zeit unbemerkt und es entsteht ein wirtschaftlicher Schaden durch die entgangene Einsparung. Abhängig von der Anlagengröße (und somit der Höhe der entgangenen Einsparung) definiert die VDI 2169 [1] unterschiedliche Methoden zur Funktionskontrolle und Ertragsbewertung, die im Folgenden in der Reihenfolge steigenden Aufwands behandelt werden.

Die einfachste Art der Kontrolle wäre die Auslegung auf sommerliche Volldeckung und die Abschaltung der Nachheizung in dieser Zeit (**monovalenter Betrieb**). Dies ist in selbst genutzten Einfamilienhäusern praktikabel, jedoch nicht in Mehrfamilienhäusern oder bei Bestehen eines Mietverhältnisses.

Die **automatische Funktionskontrolle** ist im Solarregler implementiert und es werden die Standard-Regelsensoren, vor allem Temperatursensoren, verwendet. Darüber hinaus bieten viele Regler die Möglichkeit, optionale Sensoren anzuschließen und

Funktionskontrollalgorithmen zu aktivieren. Aufgrund in der Praxis häufig anzutreffender Probleme der Druckhaltung empfehlen wir einen elektronischen Drucksensor. Er ermöglicht die Detektion zweierlei kritischer Betriebszustände. Eine Überwachung auf Überdruck signalisiert ein Ansprechen des Sicherheitsventils mit einhergehendem Verlust von Wärmeträgermedium (sog. Abblasen infolge von Stagnation). Für Maßnahmen dies zu verhindern, sei beispielsweise auf den ISFH-Schlussbericht [2] verwiesen. Eine Überwachung auf

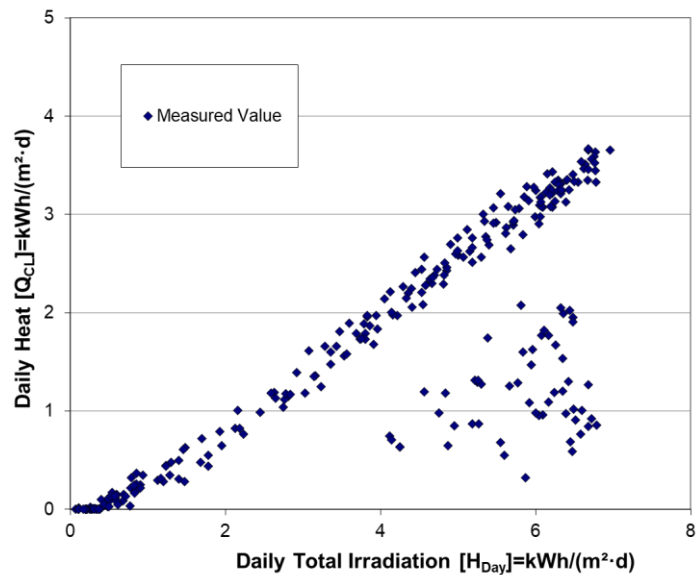


Abbildung 1: Input/Output-Diagramm einer Solaranlage mit sommerlicher Stagnation (geringe Erträge trotz hoher Einstrahlung)

Unterdruck, infolge von Leckage, Entlüftung, falschem Vordruck oder Defekt des Ausdehnungsgefäßes sowie Abblasen, vermeidet Kavitation in der Pumpe und reduziert die Gefahr von Verdampfung sowie partieller Stagnation in Bereichen des Kollektors mit einhergehender beschleunigter Alterung des Wärmeträgermediums. Weiterhin empfehlen wir den Anschluss eines Durchflusssensors, welcher eine Ertragsabschätzung sowie die Überwachung und Einstellung des korrekten Durchflusses bzw. Drehzahlbereichs der Pumpe ermöglicht. Einige Solarstationen verfügen bereits über integrierte Volumenstromsensoren.

Für eine Ertragsbewertung mit einem **Wärmemengenzähler** wird aufgrund der Einstrahlungs- und der Temperaturabhängigkeit der Erträge  $Q_{CL}$  Expertenwissen benötigt. Insbesondere bei Solaranlagen mit hohem Deckungsanteil entstehen gerade im Sommer trotz hoher Einstrahlung  $H_{Day}$  geringe Tageserträge (vgl. Abb. 1). Die **automatische Ertragsbewertung**, war Ziel eines ISFH Forschungsprojekts, in dem zusammen mit Partnern ein Stand-alone Gerät und ein Internet-basiertes Verfahren entwickelt wurden (vgl. [3]). Beide Produkte sind jedoch in Folge des Marktrückgangs, der Kosten und der geringen Anzahl großer Solaranlagen nicht mehr am Markt verfügbar. Alternative Ansätze werden derzeit an der Uni Kassel verfolgt (vgl. [4]).

Eine automatisierte Bewertung ist nur für Teilsysteme möglich. Für besonders große Solaranlagen, die bereits in der Planungsphase simuliert wurden, ist die **manuelle Ertragsbewertung** durch Nachsimulation der Anlageneffizienz auf Basis von gemessenen Verbräuchen und gemessenen meteorologischen Randbedingungen möglich. Entsprechende Arbeiten wurden u. a. an der Uni Kassel durchgeführt (vgl [5], [6]). Hierbei können sogar Abweichungen von Verbrauchsannahmen und ihr Einfluss auf die Solarerträge bewertet werden.

Dennoch kann es vorkommen, dass Planungsfehler in der Peripherie die Solarerträge negativ beeinflussen, was in der Regel bei einer **wissenschaftlichen Begleitung** auffällt. Eine



umfassende Betriebs-optimierung der Wärmezentrale basierend auf Messdaten wird derzeit am ISFH entwickelt (vgl. [7]). Beispiele für Planungsfehler sind die Zerstörung der Temperaturschichtung im Speicher, indem unterschiedlich temperierte Rückläufe zusammengeführt und der gleichen Höhe zugeführt werden.

In diesem Kontext wurde in einer Simulationsstudie der Einfluss der Trinkwassererwärmung auf Solarerträge mit dem Simulationsprogramm TRNSYS untersucht und in dem Vortrag präsentiert.

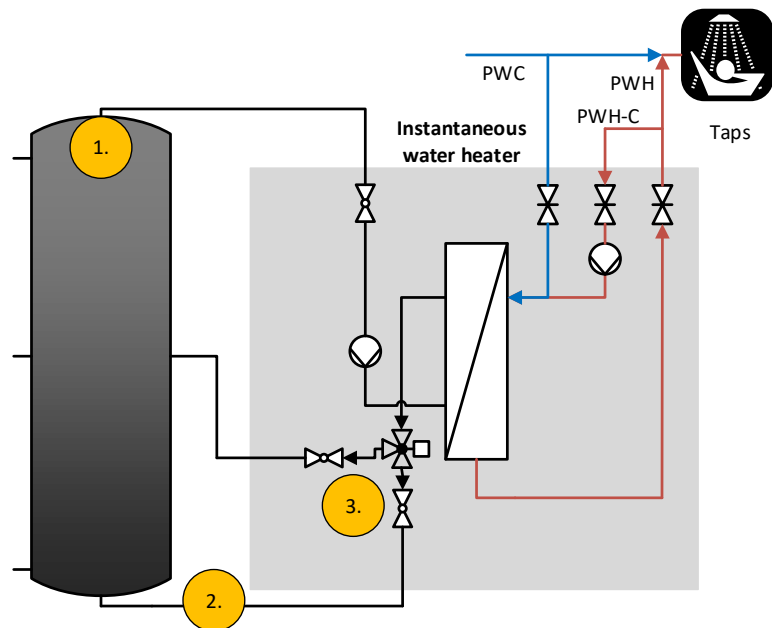


Abbildung 2: Exemplarische Frischwasserstation hinsichtlich der Qualitätsmerkmale (1. Notwendige Puffertemperatur, 2. Rücklauftemperatur im Zapfbetrieb und 3. Umschaltzeit der Rücklaufverteilung)

Die Simulationen beziehen sich auf ein Mehrfamilienhaus mit 8 Wohneinheiten, eine Kombianlage mit Gaskessel und 32 m<sup>2</sup> Solarthermieanlage, eine Zirkulations-Verlustleistung von 1 kW, einen Pufferspeicher von 1600 l und Durchfluss-Trinkwassererwärmer (ugs. Frischwasserstation) mit verschiedenen technischen Eigenschaften. Für eine detaillierte Beschreibung der Randbedingungen sei auf den EuroSun 2020-Beitrag von Pärisch et al. [8] verwiesen.

Frischwasserstationen unterscheiden sich in der Leistungsfähigkeit des Wärmeübertragers, was (1.) die notwendige Puffertemperatur zur Bedarfsdeckung und (2.) die Rücklauftemperatur in den unteren Speicherbereich beeinflusst. Außerdem verfügen manche Frischwasserstationen über zwei Rückläufe, so dass der warme Rücklauf bei Zirkulationsbetrieb in die Mitte des Speichers eingeschichtet werden kann. Da haushaltsübliche Zapfungen im Bereich von wenigen Sekunden und wenigen Minuten sind, ist zum Erhalt der Temperaturschichtung im Speicher, eine kurze Umschaltzeit (3.) vorteilhaft.

In der TRNSYS-Simulation ist die Leistungsfähigkeit des Wärmeübertragers auf die einer üblichen Frischwasserstation für ein Einfamilienhaus normiert und variiert worden. Der Parameter  $f=1$  entspricht also üblichen Frischwasserstationen für Einfamilienhäuser,  $f=2,5$  entspricht einer sehr hohen Leistungsfähigkeit wo zwei Wärmeübertrager in Reihe geschaltet werden. Die Umschaltzeit der Rücklaufverteilung wird zwischen 2 und 50 s variiert. Zusätzlich wird eine Variante ohne Ventil simuliert, wo der Rücklauf immer dem Speicher unten zugeführt wird („always bottom“).

Wie zu erwarten ist, sinkt die für das Bereitschaftsvolumen einzustellende Solltemperatur mit der normierten Leistungsfähigkeit des Wärmeübertragers  $f$ , und zwar um knapp 5 K von

64,5 °C auf 58,8 °C. Anm.: Aufgrund der Spreizung über den Gaskessel stellen sich oberhalb des Temperatursensors etwa 5 K höhere Werte ein.

Die Temperaturabsenkung reduziert die Speicher- und Kesselverluste und ermöglicht der Solaranlage, höhere Erträge zu erreichen.

Dies ist an dem solaren Deckungsanteil (engl. solar fraction) erkennbar, der in Abb. 4 dargestellt wird. Sowohl die normierte Leistungsfähigkeit des Wärmeübertragers  $f$  als auch die Umschaltzeit der Rücklaufverteilung üben einen großen Einfluss auf den solaren Deckungsanteil aus. Das gleiche gilt für die CO<sub>2</sub>-Einsparungen und die Solarerträge.

Ohne Rücklaufverteilung („always bottom“) erreicht die Solaranlage einen Deckungsanteil, bezogen auf die Trinkwassererwärmung sowie die Zirkulations- und Speicherverluste, von 35 bis 37 %, selbst mit leistungsfähigstem Wärmeübertrager  $f=2,5$ . Bereits eine Frischwasserstation mit  $f=1$  (typisch für Einfamilienhäuser) und Rücklaufverteilung ist mit über 38 % etwas effizienter. Beim Vergleich der Frischwasserstationen mit Rücklaufverteilung untereinander ermöglicht eine kürzere Umschaltzeit eine Steigerung des Deckungsanteils um 2 %-Punkte und eine höhere Leistungsfähigkeit des Wärmeübertragers höhere Deckungsanteile von 5-6 %-Punkten.

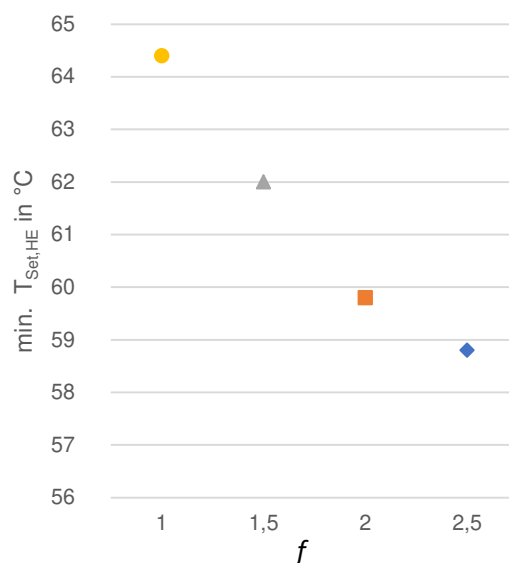


Abbildung 3: Am Gaskessel einzustellende Solltemperatur für das Bereitschaftsvolumen im Pufferspeicher abhängig von der normierten Leistungsfähigkeit  $f$

Basierend auf einer Marktanalyse sind zusätzlich vier exemplarische Produkte eingetragen, die die Bandbreite an untersuchten Parametern abdecken.

I ist ein Standardprodukt mit  $f=1$  ohne Rücklaufverteilung (always bottom) mit nur 35 % solarem Deckungsanteil

II ist ein Standardprodukt für Mehrfamilienhäuser mit  $f=1,5$  und einer Rücklaufverteilung über ein Ventil mit einer Laufzeit von 18 s (solarer Deckungsanteil 42 %)

III verfügt über ein zusätzliches, parallel geschaltetes Zirkulationsmodul mit eigener Pumpe (Umschaltzeit <2 s) und zwei Rückläufen (solarer Deckungsanteil 42,5 %)

IV ordnet das Zirkulationsmodul in Reihe an und erreicht einen solaren Deckungsanteil von über 45 %.

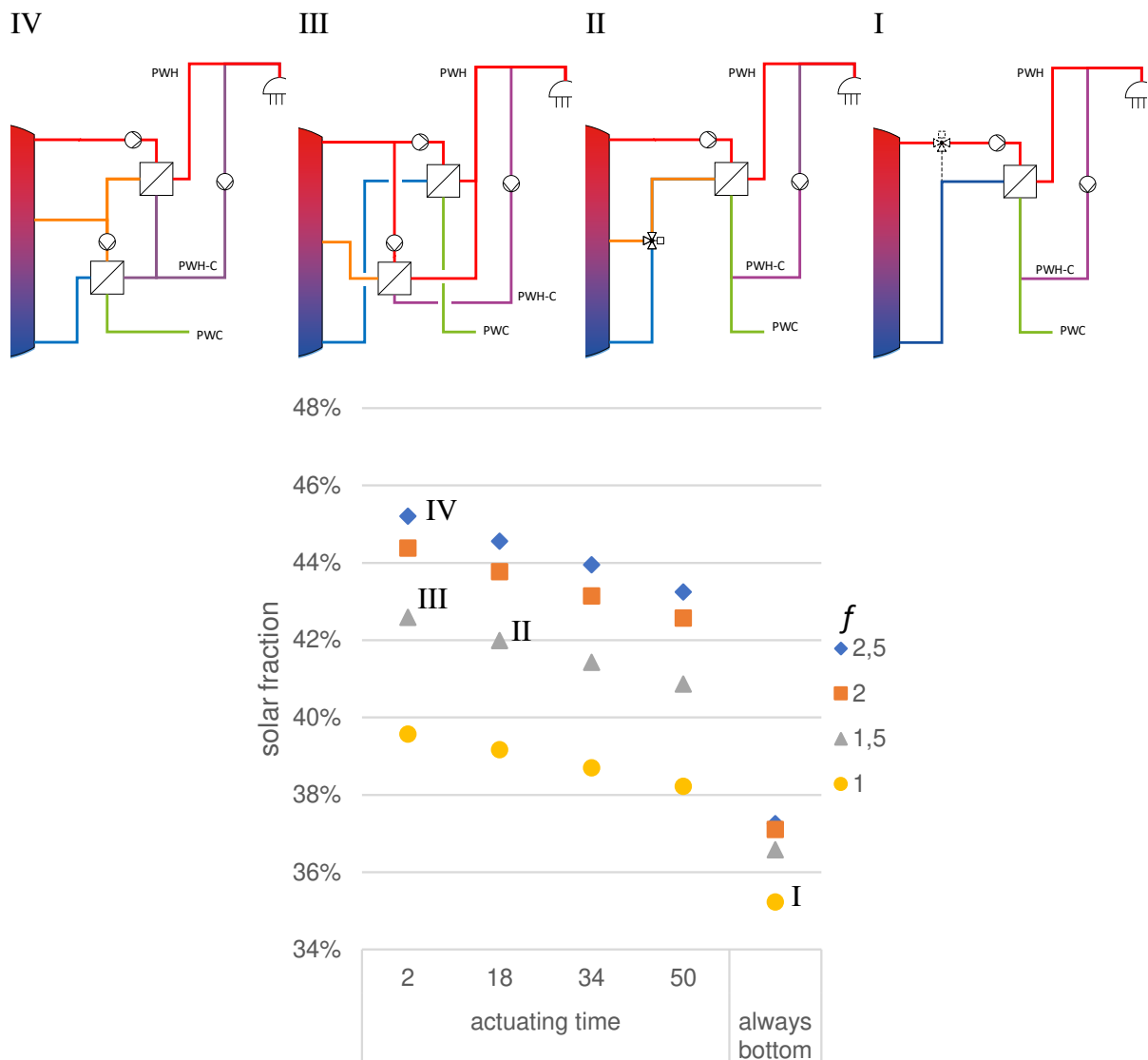


Abbildung 4: Solarer Deckungsgrad abhängig von der Umschaltzeit der Rücklaufverteilung (actuating time) und der normierten Leistungsfähigkeit des Wärmeübertragers  $f$  [8]

### 3. Neueste Entwicklungen

Stagnation der Solaranlage mit einhergehender Überschreitung der Verdampfungstemperatur im Kollektor erhöht die Komplexität der Anlagenplanung. In Kombination mit geringer Installationsanzahl von Solarthermieanlagen im Handwerk, die zu seltener Auseinandersetzung mit der Thematik führt, ist die Fehleranfälligkeit erhöht. Als Beispiele nennt der Vortrag die Einflussfaktoren auf die Felddampfproduktionsleistung, wie Kollektortyp, Kollektoranordnung, Absorberverrohrung (Harfe, Mäander),

Solarkreisverrohrung, welche zusammen mit anderen Faktoren die Größe des Ausdehnungsgefäßes, seinen Vordruck, die Größe und Wärmeleistung eines Vorschaltgefäßes beeinflussen.

Um die Qualität realisierter Anlagen unter diesem Aspekt zu unterstützen, sind am ISFH in den letzten Jahren nicht nur entsprechende Auslegungsempfehlungen erarbeitet worden, sondern auch zwei spezifische Entwicklungen verfolgt worden: Thermochrome und Heatpipe Kollektoren.

Eine thermochrome Absorberbeschichtung wurde im Projekt proTASK entwickelt, die bei einer Temperatur von 68 °C den Emissionsgrad erhöht und die Felddampfleistung deutlich reduziert. Die Stagnationstemperatur des Kollektors liegt etwa bei 150 °C und in dynamischen Simulationen konnte eine Reduktion der Zeiten mit Verdampfung um 65 % nachgewiesen werden [9]. Basierend auf Simulationsergebnissen steigt hier der Nachheizenergiebedarf für ein typisches TWW-System um 7 % und für ein Kombi-System um 1,4 % [10].

Bei Heatpipe Kollektoren kann über die Wahl und die Dosierung eines geeigneten Arbeitsfluids für die Heatpipes die Temperaturgrenze eingestellt werden, bei der die Leistungsabgabe an das Wärmeträgermedium minimiert wird. Dadurch können sogar Vakuumröhrenkollektoren in ihrer Stagnationstemperatur auf etwa 100 °C begrenzt werden, ohne signifikante Einbuße im Betriebsbereich. Dies wurde im Projekt HP-KOL untersucht [11]. Die Auswirkungen auf das System und die mögliche Reduktion von Systemkosten werden derzeit im Folgeprojekt HP-SYS untersucht.

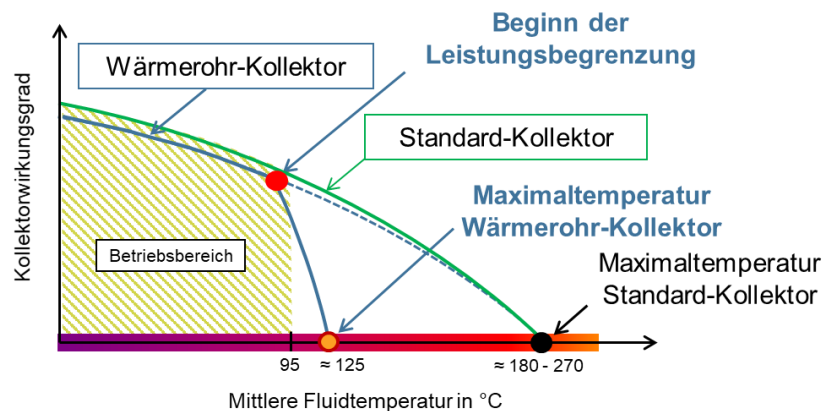


Abbildung 5: Kollektorwirkungsgrad über der mittleren Fluidtemperatur für Standard- und Heatpipe-Kollektoren [11]

#### 4. Fazit

Beide Kollektortechnologien reduzieren die Komplexität von Solarthermieanlagen, insbesondere mit höheren Deckungsanteilen, und steigern damit die Robustheit der Systeme. Gemeinsam mit den Methoden der Funktionskontrolle entstehen qualitativ hochwertige Lösungen mit zufriedenen Kunden, was Voraussetzung für die notwendige Marktdurchdringung erneuerbarer Wärmetechnologien ist.

## Literatur

- [1] VDI 2169: Funktionskontrolle und Ertragsbewertung bei solarthermischen Anlagen, Beuth (2012)
- [2] SCHEUREN, JÖRN; EISENMANN, WOLFGANG: *Stagnationsuntersuchungen in den Kollektorkreisen hochdimensionierter großer thermischer Solaranlagen* ( Nr. 0329268A). Emmerthal, Deutschland : Institut für Solarenergieforschung Hameln GmbH, 2007
- [3] PÄRISCH, PETER ; VANOLI, KLAUS: *Wissenschaftlicher Schlussbericht zu dem Forschungsvorhaben: „Wissenschaftlich-technische Untersuchung des ISFH-Input/Output-Verfahrens zur Ertragskontrolle solarthermischer Systeme sowie Entwicklung und Erprobung von Input/Output-Controllern“* (Abschlussbericht Nr. 0329718A). Hameln : Institut für Solarenergieforschung Hameln GmbH, 2007
- [4] SCHMELZER, CHRISTOPH ; GEORGII, M ; OROZALIEV, JANYBEK ; VAJEN, KLAUS: Fault Detection for Solar Thermal Systems – overall system evaluation or component-oriented approach. In: *Proceedings of the EuroSun 2020* : ISES, 2020
- [5] WIESE, FRANK: *Langzeitertragsüberwachung großer solarintegrierter Wärmeversorgungsanlagen*. Kassel, Germany, Universität Kassel, Doktorarbeit, 2006
- [6] DE KEIZER, CORRY ; KUETHE, STEFAN ; JORDAN, ULRIKE ; VAJEN, KLAUS: Simulation-based long-term fault detection for solar thermal systems. In: *Solar Energy* Bd. 93 (2013), S. 109–120. — 00000
- [7] YASIN, MODAR: Automatisierte Effizienzkontrolle von Wärmezentralen in Mehrfamilienhäusern. In: *Tagungsband der 12. Effizienztagung*, 2020
- [8] PÄRISCH, PETER ; BÜTTNER, CHRISTOPH ; KEULER, JONAS ; LAMPE, CARSTEN ; GIOVANNETTI, FEDERICO: Parameter study of four different instantaneous water heaters in a solar assisted multi-family-house with TRNSYS (in press). In: *Proceedings of the EuroSun 2020* : ISES, 2020
- [9] MÜLLER, SEBASTIAN ; REINEKE-KOCH, ROLF ; GIOVANNETTI, FEDERICO ; HAFNER, BERND: Experimental Investigations on the Stagnation Behavior of Thermochromic Flat Plate Collectors. In: *Proceedings of EuroSun 2018*. Rapperswil, CH : International Solar Energy Society, 2018 — ISBN 978-3-9820408-0-6, S. 1–11
- [10] DITTRICH, ARNE ; HEINEMEYER, FRANK ; MÜLLER, SEBASTIAN ; XU, CHENCHENG ; REINEKE-KOCH, ROLF ; DIDELOT, AURÉLIEN ; PORTHA, NICOLAS ; LEONHARDT, CORINNA ; U. A.: *Prozesstechnik, Qualitätssicherung und Systemlösungen für thermochrome Absorber für Solarkollektoren (ProTASK) : Abschlussbericht zum Vorhaben : Kurzbezeichnung: „ProTASK“ : Laufzeit: 01.02.2016-30.06.2019*. Emmerthal : Institut für Solarenergieforschung GmbH, 2019
- [11] SCHIEBLER, BERT ; GIOVANNETTI, F. ; SCHAFFRATH, WOLFRIED ; JACK, STEFFEN: *Kostengünstige und zuverlässige Solarsysteme durch neuartige Wärmerohr-Kollektoren* (Schlussbericht Nr. 0325550A-C). Emmerthal, Deutschland : ISFH, NARVA Lichtquellen, KBB Kollektorbau, 2018

### Zum Autor:

Peter Pärisch  
Kontakt:  
Institut für Solarenergieforschung Hameln  
Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal  
05151 -999645  
p.paerisch@isfh.de

### Vortrags-Präsentation:





## 9. WINNER – Projekt *Matthias Korn, Fa. GEMAG*

*(redaktionelle Zusammenfassung der Vortragsinhalte)*

### **Vorstellung des WINNER-Projektes**

**(WINNER = Wohnungswirtschaftlich Integrierte Netzneutrale Elektromobilität in Region und Quartier)**

Das Ziel des WINNER-Projektes ist die Schaffung einer energetisch sinnvollen, zukunftsweisenden und dauerhaft tragfähigen, wirtschaftlichen Lösung in Verbindung von Wohnungswirtschaft, Energieversorgung/-bereitstellung und Elektromobilität.

Im „Standard“-Fall der Stromversorgung von Gebäuden sind Wohnungsunternehmen nur für die Bereitstellung des Allgemeinstroms (Hauslicht, Aufzug, Heizungsbetrieb, etc.) zuständig. Das Wohnungsunternehmen tritt dabei als Letztverbraucher in einem eigenen Vertragsverhältnis zum Energiedienstleister auf. Die dabei anfallenden Kosten werden als Betriebskosten den Mietern in Rechnung gestellt. Zur Versorgung der Wohnung mit elektrischer Energie schließen die Mieter individuell unabhängige Verträge mit dem Energiedienstleister ihrer Wahl ab.

Die Einbeziehung von erneuerbaren Energien aus Eigenerzeugung durch PV oder KWK-Anlagen ändert dieses klassische Zuständigkeitskonzept. Das Mieterstromgesetz soll eine Möglichkeit bieten, die selbsterzeugte Energie auch dem Mieter als Endkunden über ein eigenes Vertragsmodell zur Verfügung zu stellen und damit direkt im Gebäude zu verbrauchen. Die Versorgungssicherheit ist durch einen Reststrombezug aus dem „öffentlichen“ Stromnetz zu gewährleisten. Die vom Mieter genutzte Energie wird damit aus verschiedenen Bezugsquellen zusammengesetzt. Genauso wird die selbsterzeugte Energie teilweise von Mietern verbraucht und teilweise ins „öffentliche“ Netz eingespeist. Im Winner-Projekt wird diesem Modell die zusätzliche Komponente der Elektromobilität hinzugefügt.

Für die Umsetzung des Mieterstrommodells kommen verschiedene Ansätze in Frage:

### **Zwei-Schienenmodell (Doppelte Sammelschiene)**

Bei der Einführung eines Zwei-Schienenmodells (vgl. Abb. 1) werden die Anschlüsse der Abnehmer auf zwei Sammelschienen getrennt. Anschlüsse von Mietern, die einen externen Versorger wählen sind auf einer eigenen Sammelschiene zusammengefasst und mit Zählern ausgestattet, die dem Netzbetreiber bekannt sind. Die zweite Sammelschiene wird mit einem Zweirichtungszähler an das öffentliche Netz angeschlossen und verbindet alle Teilnehmer des Mieterstrommodells. Die Messung dieser weiteren Abnahmestellen erfolgt durch die Wohnungswirtschaft selbst bzw. einem beauftragten Unternehmen. Es entsteht ein internes Stromnetz direkt vor Ort. Dies vereinfacht eine Laststeuerung zur Erhöhung des Selbstverbrauchsanteils und ermöglicht die genaue Zuordnung von Fremdverbrauch und eigener Erzeugung. Allerdings entstehen beim Wechsel des Stromvertrages hohe Kosten, da ein Umklemmen der Anschlüsse zwischen den Sammelschienen, sowie der Wechsel des Zählers vonnöten ist. Das Konzept eignet sich vorwiegend bei einer klaren Abnehmerstruktur. Anderenfalls fallen deutlich höhere Investitionskosten an.

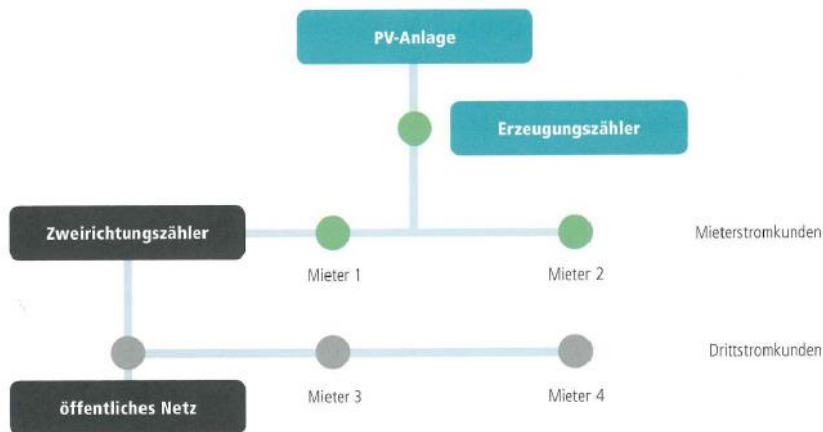
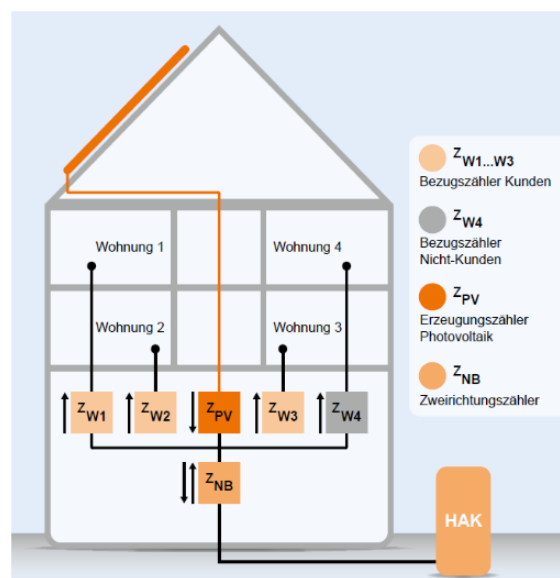


Abbildung 1: Struktur des Zwei-Schienenmodells

### Summenzählermodell

Bei dem typischen Summenzählermodell (vgl. Abbildung 2) sind alle Zähler dem Netzbetreiber bekannt und so ist ein einfacher Wechsel des Lieferanten möglich. Die Strommengen werden aus allen Zählerdaten in einem virtuellen Summenzähler bilanziell ermittelt. Dafür muss an allen Zählpunkten eine Lastgangmessung durchgeführt werden, die eine Bilanz auf Grundlage von 15-Minuten-Messwerten erlaubt. Die Abrechnung wird durch diese Verrechnung der Messwerte sehr komplex, während eine exakte Aufteilung der Verbrauchsmengen nicht erfolgt. In diesem Modell gehören alle Zähler dem Netzbetreiber.



Quelle: Energieagentur NRW

Abbildung 2: Struktur des Summenzählermodells



## **Anforderungen und Wirtschaftlichkeit**

Für die Stromerzeugung und Vermarktung bestehen eine Vielzahl gesetzlicher Regelungen. Sobald der Vermieter Strom an seinen Mieter (Letztverbraucher) liefert, sind diese Gesetze zu berücksichtigen (Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), Messstellenbetriebsgesetz (MsbG)). Diese stellen hohe Anforderungen hinsichtlich des Lieferverhältnisses zu den Kunden dar, die in den einzelnen Gesetzen und Verordnungen geregelt sind.

Für die an Mieterstromkunden gelieferten Strommengen kann nach Mieterstromgesetz eine Mieterstromförderung in Anspruch genommen werden, die sich an der erzielbaren Einspeisevergütung nach EEG orientiert. Diese Förderung ist allerdings an Bedingungen geknüpft. So kann die Förderung unter Anderem nur für Wohnprojekte gewährt werden, solange der Stromtarif mindestens 10% unter dem örtlichen Grundversorgertarif liegt, die Mindestvertragslaufzeit maximal 1 Jahr beträgt und die Anlagengröße 100 kW nicht überschreitet. Auch ein Vertragskoppelungsverbot ist ein wichtiger Bestandteil des Mieterstromgesetzes, das eine feste Bindung an den Mietvertrag der Wohnung untersagt.

Am Beispiel der Finanzierung einer gepachteten Anlage ergeben sich trotz Mieterstromförderung mehr Ausgaben als Einnahmen. Da die Erlöse für den verbrauchten Mieterstrom deutlich höher sind als die EEG-Umlage für Netzeinspeisung, ist ein hoher Eigenverbrauchsanteil entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg dieses Modells. Die Integration von Elektromobilität als Verbraucher wirkt sich diesbezüglich positiv aus.

### **Fazit**

Die Lieferung von selbsterzeugtem Strom an die Mieter funktioniert technisch und wirtschaftlich, soweit die entsprechenden Rahmenbedingungen stimmen. Dieser Ansatz ist vor allem im Zusammenhang mit Quartierslösungen und Einsatz von PV- und KWK-Strom geeignet. Das Ziel hierbei ist eine hohe Versorgungsrate, da das beste Ergebnis erzielbar ist, wenn der erzeugte Strom vollständig von den Mietern verbraucht wird. Das Modell der Mieterstromlieferung muss jedoch auf die Rahmenbedingungen des Wohnungsunternehmens abgestimmt sein

### **Ausblick –WINNER Reloaded**

Vom 01.01.2020 bis zum 31.12.2022 läuft das Folgeprojekt WINNER Reloaded. Das Hauptziel des Forschungsvorhabens bleibt dabei weiterhin eine Wirtschaftlichkeit des Ansatzes zu gewährleisten. Im Rahmen des Projektes ist die Durchführung von drei Demonstrationsprojekten in Chemnitz und Cottbus geplant (z.B. Umsetzung eines SmartGrids).

#### **Zum Vortragenden:**

Matthias Korn  
Kontakt:  
GEMAG Gebäudemanagement  
Aktiengesellschaft  
Walther-Rathenau-Str. 36, 03044 Cottbus  
0355 8763-148  
matthias.korn@gemag-online.de

#### **Vortrags-Präsentation:**





## 10. Solarenergie auf Wohnungsebene – heute die Stadt von morgen bauen

*Florian Herrmann, Fa. AUXOLAR*

*(redaktionelle Zusammenfassung der Vortragsinhalte)*

Die AUXOLAR GmbH ist ein innovatives Solarunternehmen aus Berlin mit dem Ziel, die Energiewende im Gebäudebestand voranzubringen. Dies beinhaltet vorrangig die Planung und Umsetzung wohnungsbezogener Photovoltaikanlagen.

### „Hinter dem Zähler“ Lösung und „Zero Injection“ Technologie

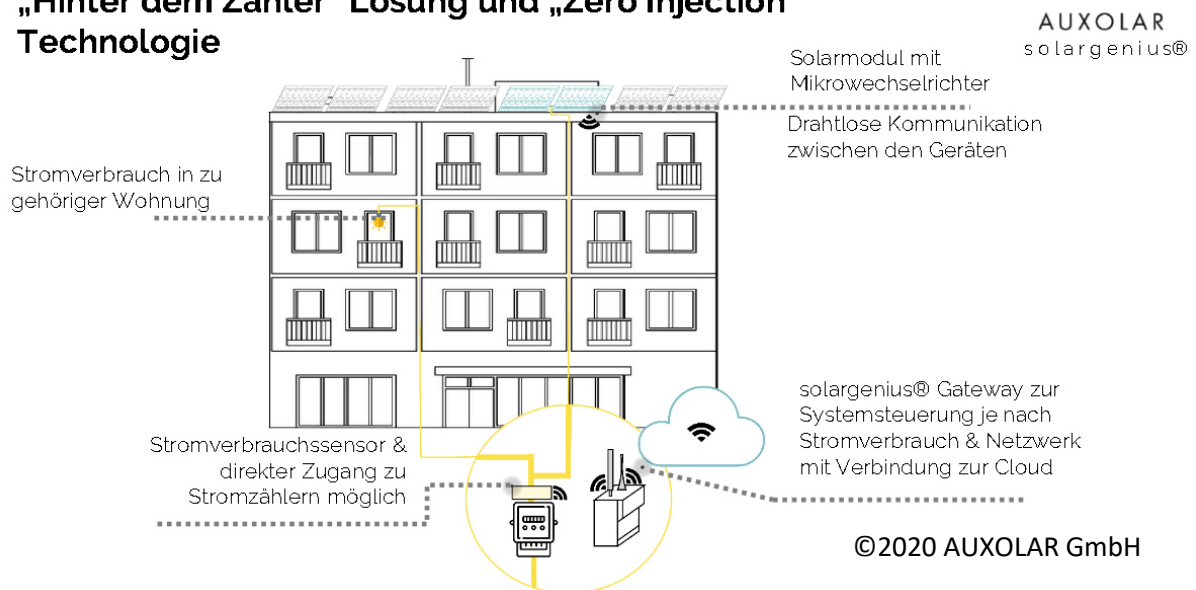


Abbildung 1: Schema der Einbindung wohnungsbezogener PV-Anlagen im MFH

Das Konzept ist in Abbildung 1 dargestellt. Es besteht in einer PV-Anlage, die sich aus mehreren elektrisch getrennten Teilfeldern zusammensetzt. Jede dieser Kleinanlagen wird mit einem eigenen Wechselrichter jeweils hinter dem bestehenden Wohnungszähler angeschlossen und wird damit Teil der vermieteten Wohnung. Dadurch wird rechtlich und physikalisch eine ausschließliche Zuordnung zu einer Wohneinheit möglich. Eine weitere entscheidende Komponente liegt in der Zero Injection Technologie wodurch eine Netzeinspeisung vermieden wird. Dadurch dient die Anlage ausschließlich der Deckung von Eigenverbrauch. Leistungsüberschüsse werden abgeregelt. Die Vorteile bestehen darin, dass das Gewerbesteuerprivileg erhalten bleibt, keine Abgabe auf selbst erzeugten Strom zu zahlen ist und auch ein zusätzliches, teures Messkonzept entfallen kann.

# Einmalige Win-Win Situation für Vermieter und Mieter über 25 Jahre bei energetischer Modernisierung

AUXOLAR

- Ökonomische Darstellung als Beispielrechnung -

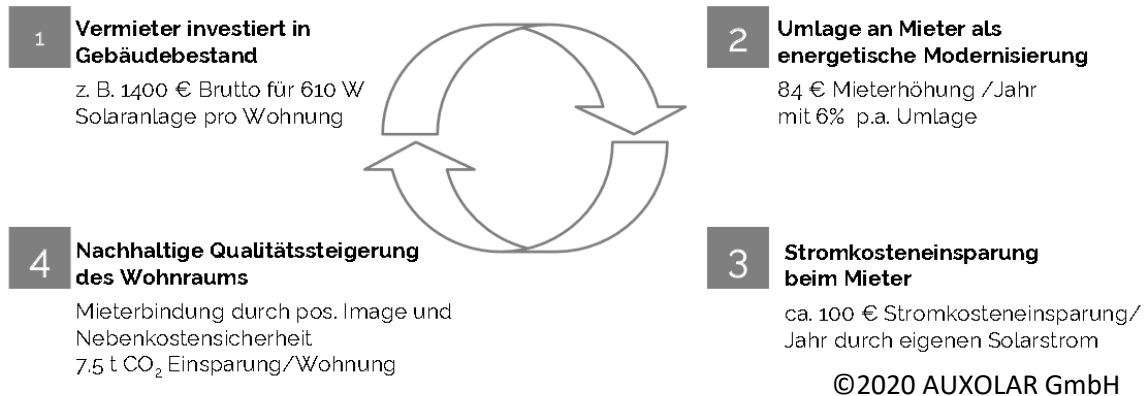


Abbildung 2: Finanzierungskonzept der Integration wohnungsbezogener PV-Anlagen

Dadurch wird eine Situation geschaffen, die unabhängig vom Mieterstromgesetz eine Teilversorgung der Mieter mit eigenem PV-Strom ermöglicht. Das Finanzierungsmodell sieht dabei eine Win-Win-Situation für Mieter und Vermieter vor (vgl. Abbildung 2). Der Vermieter tätigt die Investition, die als Modernisierungsumlage der Kaltmiete beaufschlagt wird. Der Nutzen durch Einsparung verbleibt derweil vollständig beim Mieter.

Mithilfe der digitalen Plattform solargenius® kann die gesamte Hausanlage digital vernetzt und den Mietern eine Visualisierung und Kontrolle des eigenen Verbrauchsverhaltens über eine Web-App angeboten werden. Ebenso dient diese Plattform der Überwachung aller Solarsysteme im Wohnbereich.

Basierend auf den Stromverbrauchsdaten der Mieter können ergänzend Zusatzservices wie z.B. ein Ökostrom-Vertrag oder eine Empfehlung für Energiespargeräte, Peer-to-Peer-Trading oder Netzdienstleistungen angeboten werden.

## Zum Vortragenden:

Florian Herrmann  
Kontakt:  
AUXOLAR GmbH  
Husemannstrasse, 10435, Berlin  
+49 30 54716818  
info@auxolar.com

## Vortrags-Präsentation:



## Fazit und Ausblick Eversol Workshop

Insgesamt lag der Fokus des Workshops auf Erfahrungs- und Ergebnisaustausch sowie Vernetzung der Teilnehmer. Nach der Begrüßung durch Herrn Prof. Dr. Fieback (TU Freiberg) und Herrn Uwe Emmerling (eG Wohnen 1902) setzte Herr Timo Leukefeld erste Akzente und Diskussionsherde mit seiner interessanten Darstellung des Wandels im Wohnungsmarkt und verschiedener, auch gezielt provokanter Lösungsvorschläge einer Enttechnisierung.

Die Diskussionsgrundlage des Workshops bestand in den steigenden Anforderungen an den und zur regenerativen Deckung des Energiebedarfs von Wohngebäuden. Dies erhöht die Anstrengungen und Kosten für technische Lösungen. Damit steigt der fixe Kostenanteil von Nebenkostenabrechnungen, während die verbrauchsabhängigen Kosten immer weiter sinken. Sobald der Kippunkt erreicht ist, bei dem die Kosten der Energieabrechnungen und des Zählerbetriebes jene durch eventuellen Mehrverbrauch ausgleichen, wird eine pauschalisierte Miete interessant. Damit kehren sich auch viele Interessensfelder zwischen Mieter und Vermieter um.

So geht mit der Einführung einer Pauschalmiete das Interesse am Energiesparen zum Vermieter über, der darüber hinaus zukünftig weitere grundlegende Dienstleistungen des Lebens in einem Rundpaket integrieren könnte. Damit trägt der Vermieter neben dem Risiko des mehr oder weniger energiebewussten Verhaltens seiner Mieter auch die Chance, die sich aus energetischen Einsparmaßnahmen durch Sanierung oder die Wahl des Versorgungskonzeptes ergibt. In der Gemengelage der Interessen am Wohnungsbau finden sich neben Mieter und Vermieter aber auch Bauherren, Planer, Energieversorger, Banken und der Bund wieder, deren verschiedene Interessen sich auf das Baugeschehen in Deutschland auswirken.

So wurde diskutiert, dass die Barrierefreiheit der Wohnungen nicht nur durch steigende Immobilität der Mieter im Alter, sondern auch durch neue Technologien, wie Haushaltsroboter auch für jüngere Mieter interessant wird. Für einige interessante und zukunftsweisende Dienstleistungen der Wohnungswirtschaft, insbesondere der Vermarktung lokal erzeugter Energie, werden auch nach Einführung des Mieterstromgesetzes die gesetzlichen Hürden oft als wesentlich höher eingeschätzt als die technischen (Energieförderungen als schädliche Umsätze, Vermietung von E-Mobilität, etc.).

Neben bisher noch unklarer Gesetzeslage fehlen Vorgaben zur Einbeziehung von Kühlung und Wohnungsstrom in Auslegungsprozessen von Bauvorhaben. Auch sind bisher keine belastbaren Technologievergleiche für planbare Sanierungskonzepte mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien vorhanden. Einzelne Konzepte zeigen aber großes Potential durch modulare Fassadensanierung oder wohnungsbezogener PV-Stromversorgung auf, bei der kein schädlicher Umsatz generiert wird. Insgesamt waren sich fast alle Teilnehmer einig, dass zeitnahe Lösungen für die Wohnungswirtschaft auch nötig sind. Durch die Einführung der CO<sub>2</sub>-Steuer 2021 wird nicht nur eine Kostensteigerung erwartet, sondern dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen als Vergleichsgröße an Bedeutung gewinnen und damit der Fokus auf die Energieversorgung im Wohnungsmarkt steigen wird.

Zu den im Projekt EVERSOL-MFH untersuchten Gebäuden wurden Ergebnisse des ersten Betriebsjahres vorgestellt. Da die Gebäude erst im Laufe des Jahres voll vermietet wurden,

sind alle Auswertungen noch unter dem Einfluss eines Teilleerstandes zu sehen. Generell kann festgehalten werden, dass auf der elektrischen Seite die solare Deckung wie geplant erreicht wird und ein zusätzlicher Benefit durch Nutzung von Überschüssen im Quartier besteht.

Besonderer Mehrverbrauch durch das Pauschalmietmodell wurde bisher nicht festgestellt. Wärmeseitig wird die Bilanz durch Programmier- und Einstellungsfehler unter anderem an Raumthermostaten dominiert. Die kommenden Heizperioden werden zeigen, welchen Einfluss die Aufklärung der Mieter über die Funktionalität des Systems auf die Einsparungen im Heizwärmeverbrauch haben. Die Kühlung der Wohnungen funktioniert nach Parameteranpassungen im zweiten Sommer korrekt. Auch konnten im Monitoring erkannte Probleme erläutert und Empfehlungen für zukünftige Bauvorhaben ausgesprochen werden.

Für sämtliche Neubau- und Sanierungsmaßnahmen ist festzuhalten, dass Planungs- und Messwerte oft signifikante Unterschiede aufweisen. Diese kommen teilweise durch ungünstige normative Annahmen als auch fehlerhafte Einstellungen und Unwissenheit zu Stande. Daher ist für alle Systeme ein einfaches Monitoring empfehlenswert, welches typische und grobe Fehlfunktionen detektieren und Ergebnisse mit Planungsdaten abgleichen kann.

Ein wichtiger aber bisher kaum berücksichtigter Untersuchungspunkt besteht in der Einbeziehung der Mieter. Die Zusammensetzung der Mietparteien in den Häusern wird nach ersten Befragungen als repräsentativ für das Mietniveau bezeichnet. Wichtig für die Akzeptanz ist eine frühestmögliche Einbeziehung der Mieterinteressen in den Planungsprozess (Bsp.: bodenebene Fenster im Erdgeschoss zur Straße vermeiden), sowie eine Einführung in die Technikkomponenten der Wohnung nicht nur einmalig bei Einzug.

Im Sommer 2021 soll ein weiterer Workshop stattfinden, bei dem weitere Ergebnisse vorgestellt und Handlungsempfehlungen für Planer, Wohnungswirtschaft und Politik herausgestellt werden sollen. Eine Auswahl von aktuellen Messwerten, sowie weitere Beschreibungen des Energiekonzeptes sind auf der Projektwebseite zu finden:

