

online | Vortrag der Gesundheitstechnischen Gesellschaft am 12. September 2025.

EG2050: flexEhome – Ergebnisse aus dem Winterbetrieb

**flexEhome demonstriert den nahezu
netzunabhängigen Betrieb auch in
der winterlichen Heizperiode.**

Raik Sebastian Fahrlich, HRI TU Berlin
Angelika Bopp, GG, Berlin

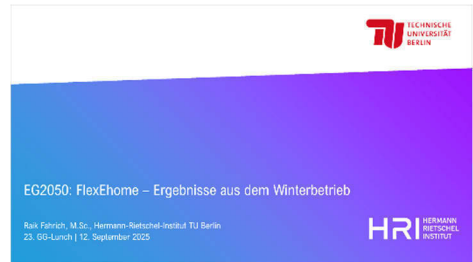
Die Transformation des Gebäudesektors hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung stellt Forschung und Praxis gleichermaßen vor große Herausforderungen. Insbesondere die Integration wetter- und zeitabhängiger erneuerbarer Energien in den Gebäudebetrieb erfordert innovative Konzepte, die sowohl Energieeffizienz als auch Versorgungssicherheit gewährleisten. Mit dem Projekt EG2050: flexEhome wird aufgezeigt, wie ein Einfamilienhaus zukünftig zu einem flexiblen Baustein der Energiewende werden kann. Besonders kritisch ist die Versorgung in den Wintermonaten, wenn Photovoltaik-Erträge gering sind und die Heizlast gleichzeitig stark steigt.

Der Vortrag stellt die Betriebsdaten aus dem Winterbetrieb des bewohnten flexEhome vor und beleuchtet, wie durch die Kombination von Photovoltaik, Batterie, Wärmespeicher, Wasserstofftechnologie (Elektrolyseur, Brennstoffzelle, Speicher) und optimiertem Energie-Management eine ganzjährige Eigenversorgung möglich wird. Im Fokus steht die Auswertung der Betriebsdaten, die zeigen, in welchem Maße saisonale Speicher und Abwärmenutzung aus der Wasserstoffstrecke zur Deckung des winterlichen Energiebedarfs beitragen – ein Thema von hoher Relevanz für Fachleute aus Gebäudetechnik, Energietechnik, Architektur sowie für Forschende und Praktiker:innen im Bereich nachhaltiges Bauen.

Der Themenbeitrag fasst wichtige Erkenntnisse aus dem Vortrag und der im Anschluss geführten interdisziplinären Diskussion zusammen.

Abstract

Das Forschungsprojekt flexEhome untersucht seit Dezember 2020 die ganzjährige Vollversorgung eines seit Ende 2023 von einer vierköpfigen Testfamilie bewohnten Einfamilienhauses. Die Ergebnisse des ersten vollständigen Betriebsjahres zeigen, dass rund 97% des Energiebedarfs für Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien in Vollversorgung gedeckt werden können. Kritische Erfolgsfaktoren sind die Dimensionierung der PV-Anlage, der saisonale Wasserstoffspeicher, die Abwärmenutzung der Brennstoffzelle sowie eine intelligente, modellprädiktive Regelung.



Projektkontext und Zielsetzung

Das Projekt ist Teil des Förderprogramms „EnOB – Forschung für Energieoptimiertes Bauen“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Förderkennzeichen Fkz: 03EGB0025. Es ist als Leuchtturmprojekt in den forschungspolitischen Rahmen eingebettet, der die energieeffiziente Transformation des Gebäudebestands unterstützt.

Das Verbundvorhaben flexEhome läuft seit 12/2020 und endet im September 2025. Ziel ist die Entwicklung, Errichtung und der Betrieb eines Einfamilienhauses, das sich ganzjährig vollständig aus erneuerbaren Energien mit Wärme und Strom versorgt.

Beteiligt sind die TU Berlin mit dem Hermann-Rietschel-Institut sowie dem Institut für Energietechnik und Klimaschutz, die Home Power Solutions AG (HPS) und die Albert Haus GmbH & Co. KG. Assoziierte Partner sind Vaillant und Transsolar.

Durch die Insolvenz von HPS im April 2025 verliert das Projekt einen zentralen Partner für die Wasserstoffstrecke, insbesondere für den kommerziellen saisonalen Speicher. Dennoch werden die Forschungsarbeiten fortgeführt.

Architektur und bauliches Konzept



Der architektonische Entwurf ergänzt die technische Ausrichtung durch das Ziel einer gleichmäßigen solaren Ernte.

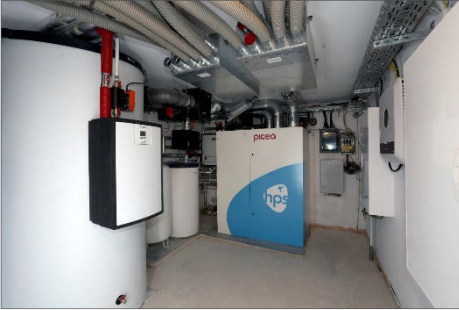
Die kompakte Bauform reduziert den Heizwärmebedarf. Die vertikale Südfassade mit Photovoltaik erzeugt Energie und bietet gleichzeitig Verschattung.

Abbildung 1: Foto des fertiggestellten Gebäudes in Schöneiche

Von Beginn an stand fest: der Winterbetrieb stellt die größte Herausforderung für die Vollversorgung dar. Architektur und Anlagentechnik sind konsequent auf diese kritische Phase ausgerichtet. Der von Albert Haus gemeinsam mit dem Architekturbüro Johannes Kaufmann & Partner erstellte Entwurf sieht ein Ost-West-ausgerichtetes Dach vor mit dem Ziel gleichmäßiger solarer Ernte über den Tagesverlauf. Eine vertikal installierte Balkon-PV-Anlage auf der Südseite ergänzt das Konzept. Die kompakte Kubatur mit Schrägdachflächen reduziert die Außenfläche und senkt den Heizwärmebedarf.

Anlagentechnik und Energiespeicher

Das Gebäude dient als Demonstrator. Es wurde im Sommer 2023 fertiggestellt, steht in Schöneiche bei Berlin und wurde Ende 2023 von einer vierköpfigen Testfamilie (Eltern berufstätig, zwei Kinder) bezogen, um reale Verbrauchsprofile abzubilden.



Im unbeheizten Technik-Keller befindet sich die zentrale Anlagentechnik:

Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit 5 kW thermischer Leistung, ein 1000-Liter-Kombipufferspeicher für Heiz- und Trinkwarmwasser, ein Kaltwasserspeicher sowie eine Fußbodenheizung.

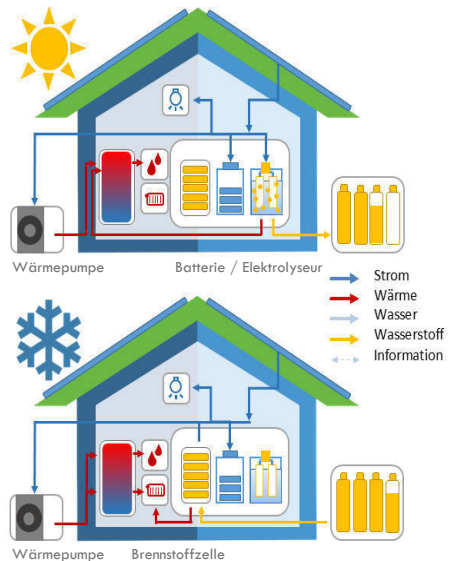
Abbildung 2: Technikraum mit Picea-Anlage und Wärmepumpe

Die Dach-PV-Anlage leistet 27,4 kWp, ergänzt durch eine 2,4 kWp starke Balkon-PV-Anlage. Etwa die Hälfte ist im DC-Betrieb verschaltet, um Komponenten wie Elektrolyseur oder Batterie direkt zu versorgen, die andere Hälfte AC-gekoppelt. Kernkomponente ist die Picea-Anlage von HPS. Sie umfasst einen Elektrolyseur (2,3 kW elektrisch), eine Brennstoffzelle (1,5 kW elektrisch), eine Batterie (20 kWh nutzbare Kapazität) und die Schnittstelle zum externen Wasserstoffspeicher. In Picea ist ebenfalls ein Lüftungsgerät mit Enthalpie-Wärmetauscher verbaut. Die Haushaltswärme und die Abwärme der elektrischen Komponenten und der Wasserstoffstrecke wird über diesen Enthalpie-Wärmetauscher zurückgewonnen. Neben Wärme wird auch Feuchte aus dem Brennstoffzellenprozess der Frischluft zugeführt. Im saisonalen Speicher wird Wasserstoff bei bis zu 300 bar in fünf Hochdruckflaschenbündeln für den Winter eingelagert.

Betriebsstrategien Sommer und Winter

Im Sommer wird überschüssiger PV-Strom zur Elektrolyse genutzt. Der entstehende Wasserstoff wird saisonal gespeichert. Die Abwärme des Elektrolyseurs unterstützt die Trinkwarmwasserbereitung. Die Wärmepumpe sichert den Hauptanteil des Trinkwarmwasserbedarfs. Die Batterie überbrückt die Nachtstunden. Im Winter werden PV, Batterie und Brennstoffzelle kombiniert, um die kritische Heizperiode zu überbrücken. Der geringere PV-Ertrag im Winter wird durch die Brennstoffzelle ergänzt. Sie stellt im Winter Strom bereit und liefert über die Abwärmenutzung Wärmebeiträge für das Gebäude.

Abbildung 3: Schema für den Sommer- und für den Winterbetrieb



Intelligente Steuerung

Am ETUS-Institut entstand in Kooperation mit HPS eine modellprädiktive Regelung. Sie koordiniert alle Energieflüsse, berücksichtigt Bedarfsprognosen des Gebäudes sowie PV-Ertragsprognosen und löst in einem rollierenden Zeitfenster alle 15 Minuten Optimierungsprobleme. Die Betriebsweise ähnelt einer Kraftwerkseinsatzplanung: Priorisiert werden ökonomische Zielgrößen wie Kosten, Erlöse und Ressourceneffizienz. Gleichzeitig werden Umwandlungsverluste minimiert, indem etwa Strom möglichst direkt verbraucht statt über Zwischenspeicher geführt wird.

Betriebserfahrungen und Analysen

Abbildung 4 zeigt am Beispiel eines Wintertages die Funktionsweise im Detail:

- nächtliche Versorgung zunächst aus der Batterie,
- Unterstützung durch die Brennstoffzelle in den frühen Morgenstunden,
- zunehmende PV-Deckung ab 9 Uhr,
- Mittagsladung der Batterie und Wärmespeicher,
- abendliche Bedarfsdeckung aus den Puffern.

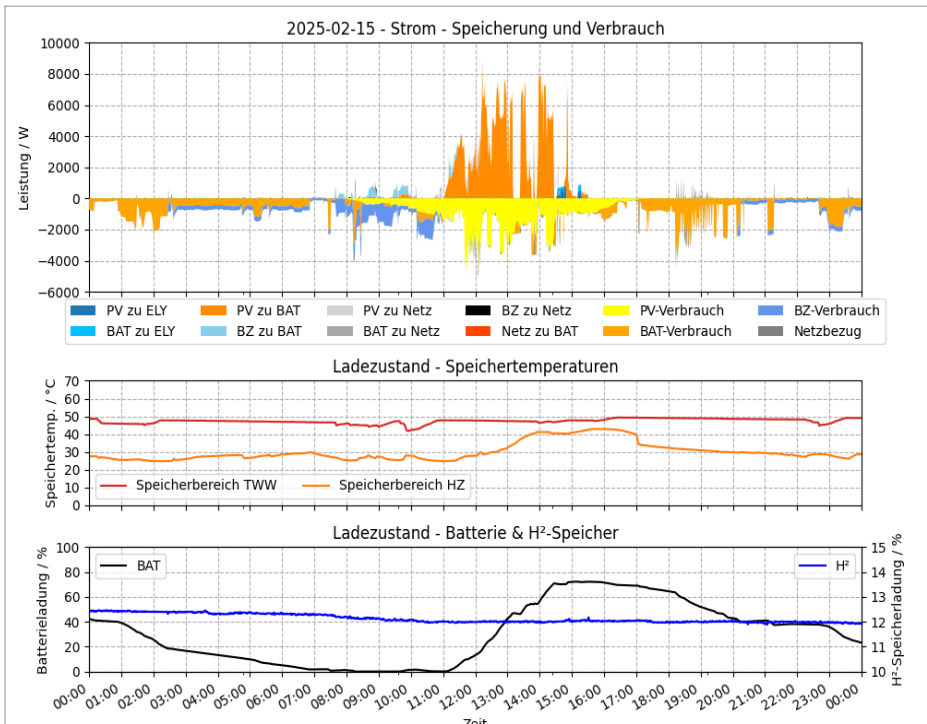


Abbildung 4: Tagesverlauf im Winterbetrieb (15. Februar 2025)

Die modellprädiktive Regelung verlegt den Betrieb der Wärmepumpe gezielt in die Mittagsstunden, um die PV-Erträge optimal zu nutzen. Dadurch wird die Belastung der Brennstoffzelle erheblich reduziert.

Im Jahresverlauf wird der Wasserstoffspeicher über Frühjahr und Sommer schrittweise gefüllt und erreicht im September 2024 volle Kapazität. Über den Winter erfolgt eine kontinuierliche Entladung bis auf etwa 12 % Restfüllstand im Februar 2025 – ausreichend zur Versorgung.

Energiebilanzen

Von Januar 2024 bis Februar 2025 deckt das flexHome rund 97% seines Strombedarfs durch erneuerbare Energien. Ein geringer Anteil von 3 % wird aus dem Netz bezogen. Ursache hierfür sind hauptsächlich Lastsprünge in der Stromnachfrage, die regelungstechnisch nicht unmittelbar zu versorgen sind.

In den Wintermonaten November bis Februar werden insgesamt 3250 kWh Strom bereitgestellt:

- 2000 kWh durch PV,
- 1120 kWh durch die Brennstoffzelle,
- 73 kWh durch Netzbezug (lediglich 0,6 kWh pro Tag im Durchschnitt).

Energieströme 11/2024 bis 02/2025

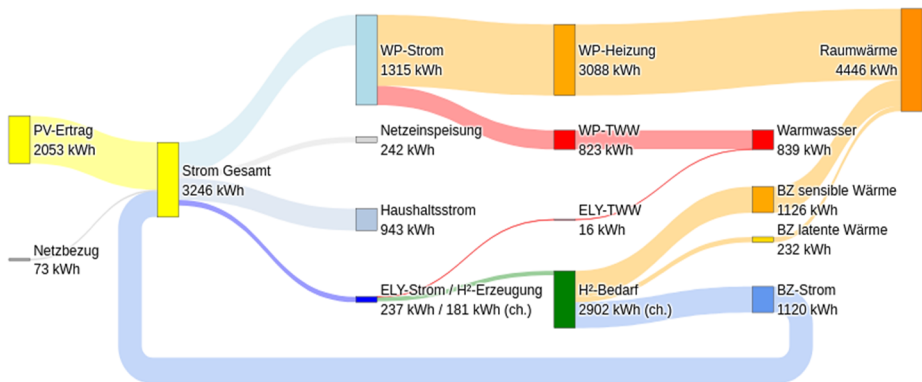


Abbildung 5: Winterbilanz – Energieflüsse

Die Wärmepumpe nutzt 1315 kWh Strom zur Bereitstellung von 3080 kWh Heizwärme und 820 kWh Warmwasser. Die Brennstoffzelle liefert über die Abwärmenutzung und Wärmerückgewinnung weitere ca. 1350 kWh zur Beheizung des Gebäudes. Insgesamt werden so ca. 4450 kWh zur Versorgung der Raumwärme bereitgestellt. Etwa 25–30% dieses Heizwärmebedarfs werden durch die Abwärmenutzung der Brennstoffzelle gedeckt.

Fazit

Das Forschungsprojekt flexEhome zeigt, dass die ganzjährige Vollversorgung eines Einfamilienhauses mit erneuerbaren Energien technisch realisierbar ist.

Erfolgsentscheidend sind die richtige Dimensionierung von PV-Anlage und saisonalem Wasserstoffspeicher, die Abwärmenutzung der Brennstoffzelle sowie eine vorausschauende, ressourceneffiziente Steuerung des Gesamtsystems.

Die bisherigen Ergebnisse verdeutlichen, dass so nicht nur ein vollversorgender Betrieb möglich wird, sondern auch ein netzdienlicher Beitrag entsteht.

Der gezielte Fokus auf den Winterbetrieb erweist sich dabei als zentraler Faktor für die Praxistauglichkeit.

Diskussion

Die Insolvenz des Partners HPS im Jahr 2025 verdeutlicht die Abhängigkeit von einzelnen Schlüsseltechnologien. Für künftige Umsetzungen ist eine Standardisierung der Schnittstellen und eine Diversifizierung der Technologieanbieter erforderlich, um die Systemsicherheit zu gewährleisten.

Die Projektergebnisse verdeutlichen die Leistungsfähigkeit integrierter Energiesysteme im Gebäudemaßstab. Zugleich wird erkennbar, dass die Realisierung einer Vollversorgung hohe Anforderungen an Planung, Dimensionierung und Regelung stellt.

Für eine Übertragung auf den breiten Wohnungsbau müssen Fragen der Wirtschaftlichkeit, der Wartung komplexer Speicher- und Regelungssysteme sowie der Verfügbarkeit von Komponenten geklärt werden. Auch die Abhängigkeit von einzelnen Technologiepartnern – wie die Insolvenz von HPS zeigt – kann sich kritisch auswirken.

Künftige Arbeiten sollten daher stärker auf Standardisierung, Skalierbarkeit und die Einbettung in übergeordnete Energiesysteme abzielen, um das flexEhome-Konzept zukünftig vom Demonstrator in die Breite zu tragen.

Autor:innen

Raik Sebastian Fahrlich M.Sc., Hermann-Rietschel-Institut (HRI), r.fahrlich@tu-berlin.de
Angelika Bopp; kontakt@gesundheitstechnische-gesellschaft.de

Forschungsförderung

Projekt-Nr. 03EGB0025B

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Copyright © 2025

Gesundheitstechnische Gesellschaft (GG) – Technisch-wissenschaftliche Vereinigung