

Entwicklung eines leistbaren Bau- und Haustechniksystems für Plusenergiehäuser

Plus-Hybrid

M. Heidenreich, W. Hofbauer,
H. Klampfl, H. Schmiedbauer-Wenig,
J. Seidl, M. Treberspurg,
G. Tschernigg

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

24/2014

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Entwicklung eines leistbaren Bau- und Haustechniksystems für Plusenergiehäuser

Plus-Hybrid

Univ. Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg
Universität für Bodenkultur
Konstruktiver Ingenieurbau
Ressourcenorientiertes Bauen

Wien, August 2013

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse www.HAUSderZukunft.at Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	10
Abstract	14
1 Einleitung.....	17
2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt	18
2.1 Beschreibung des Standes der Technik.....	18
2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	19
2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts).....	21
2.4 Verwendete Methoden.....	22
2.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten mit Quellenangabe, Erläuterung der Erhebung.....	24
3 Ergebnisse des Projektes	25
3.1 Bisherige Monitoringergebnisse	29
3.2 Resultate der Kosten-Nutzen-Analyse	44
4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms.....	48
4.1 Einpassung in das Programm	48
4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms	49
4.3 Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind) und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt	51
4.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse.....	53
5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	56
6 Ausblick und Empfehlungen	57
7 Anhang.....	58

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Die bisherigen photovoltaisch-thermischen Hybridkollektoren-Systeme blieben den empirischen Performancebeweis schuldig, im Verbund eine wirtschaftlich attraktive Alternativoption zu den am Markt befindlichen Einzeltechnologien zu sein. Der in **Plus - Hybrid** genutzte ganzheitliche Integrationsansatz mit seiner mehrdimensionalen intelligenten Verknüpfung von Komponenten und zeitlich abgestimmten Arbeitspaketen wie auch AkteurInnen möchte dieser Herausforderung mit der „**Entwicklung eines leistbaren Bau- und Haustechniksystems für Plusenergiehäuser**“ begegnen.

Inhalte und Zielsetzungen

Die optimierte Auslegung ausgereifter Technologien (PV/Thermische-Kollektoren und Wärmepumpe) in Kombination mit einem Erdspeicher und die smarte, zu adaptierende Energiemanagementregelung bilden die Schlüsselemente zur Zielerreichung. Die Arbeitspakete des vorliegenden Projekts setzen auf folgende Grundprinzipien zur erfolgreichen Markteinführung von **Plusenergiehäusern**:

- + **Integrales Gebäudekonzept:** Durch die innovative Kombination energieeffizienter Anlagenkomponenten wie Hybridkollektoren (wassergekühlte Photovoltaikmodule), Wärmepumpe(n) und neuen Speicherkonzepten werden die Solarstromerträge um bis zu 20% erhöht und durch Speicherung der „Absorberabwärme“ im Erdreich die Arbeitszahl der Sole-Wärmepumpe deutlich verbessert.
- + **Dezentrales Plusenergiehaus:** Erneuerbare Energie erzeugt den Energiebedarf im Gebäudebereich (Warmwasser, Heizung, Kühlung und Haushaltsstrom) genau dort, wo dieser verbraucht wird. Der solare Überschussstrom wird teilweise in Batterien gespeichert - teilweise in das öffentliche Netz gespeist.
- + **Konkrete Umsetzung und messtechnische Erfassung:** Identifikation von Optimierungspotentialen im praktischen Betrieb und Darstellung der Marktrelevanz basierend auf empirischen Daten.
- + **Kosten-/Nutzeffizienz:** Das entwickelte System wird im Bereich Ökologie und Ökonomie zeigen, dass es den derzeit am Markt befindlichen Systemen überlegen ist.

Methodische Vorgehensweise

Plus-Hybrid strebt an, genügend Solarstrom am Standort aus der hybriden Photovoltaikanlage zu erzeugen, um fossile bzw. nukleare Anteile im Stromnetz durch eigenerzeugte Elektrizität für den Betrieb der Wärmepumpe zu substituieren und Überschüsse im Sommer den umliegenden Siedlungen zur Verfügung zu stellen. Um die Gesamtleistung von Energiesystemen in neuen und/oder bestehenden Ein- und Mehrfamilienhäusern zu verbessern und die Energienachfrage der Zukunft zu decken, soll

das Zusammenwirken der Komponenten über vier Jahreszeiten¹ anhand eines konkreten Umsetzungsprojekts, dem „Outdoor Lab“, vermessen. Ergebnisse und Schlussfolgerungen der ersten Messergebnisse sind in den Optimierungszyklus für ein effektives Zusammenspiel zwischen dem Design der hybriden Solaranlage, der Dimensionierung der Wärmepumpe in Kombination mit dem Erdregisterspeicher und der Regelung durch die Energiemanagement-Software eingeflossen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Umsetzung des **Plus-Hybrid** Outdoor Labs wurde im letzten Viertel des Projekts durchgeführt. Zuvor gab es Abstimmungsgespräche mit acht verschiedenen Bauherren (sechs davon werden in Anhang A2 dargestellt), welche sehr zeitaufwendig waren. Die bisherigen Ergebnisse konnten das im Fördervertrag skizzierte Gesamtkonzept bestätigen. Seit Sommer 2013 wird das **Plus-Hybrid** Outdoor Lab eingeschränkt und seit November 2013 mit dem wärmeseitigen Messequipment in der Praxis gemessen und evaluiert. Die durchgeführten Planungsoptimierungen für das erste Fallbeispiel in der Steiermark („Haus R.“) sind für das letztendlich ausgewählte Outdoor Lab („Haus K.“) in Maria Enzersdorf, NÖ, überarbeitet worden und flossen so bis zu einem gewissen Grad in die Umsetzungsphase ein. Als relevant ist anzumerken, dass **Plus-Hybrid** relativ spät bei schon feststehendem Bauzeitplan bei Haus K. als Option infrage kam. Der Bauherr hatte schon Implementierungszusagen an andere Firmen gegeben. D.h. bis zu einem gewissen Grad ist der Hydraulikplan des Outdoor Labs ein Kompromiss aus Änderungen und vorgegebenen Tatsachen, mit dem sich das Projektteam zufrieden geben musste. Da die Situation so vorgefunden wurde, kann die letztendlich gefundene Lösung als Synthese für Nachfolgeprojekte hilfreich sein.

Für den Wohnbereich ist ein leistbares Plusenergiehaus prinzipiell möglich. Unter den gegebenen bzw. prognostizierten Standortbedingungen können für die Haustechnik Investitionskosten von 250 - 470,- €/ m² Nutzfläche (abhängig von dem Einsatz kontrollierter Wohnraumlüftung) erwartet werden.

Analysen von ähnlichen – aber in der Regel nicht hundertprozentig vergleichbaren Alternativoptionen nachhaltiger Energielösungen wie z.B. die Nutzung von Tiefensonden in Kombination mit Wärmepumpen – ergaben, dass die Kosten des **Plus-Hybrid** Systems für das Outdoor Lab (Haus K.) bei etwa 60 – 80% der oben angeführten Vergleichsobjekte liegen. Dieses konnte aber nur durch die Ko-Finanzierung durch das Projekt **Plus-Hybrid** erreicht werden, da die gewählte Kombination neu am Markt ist und somit Erfahrungen erst gemacht werden mussten.

Folgende Einsparpotentiale wurden für Replikationen identifiziert:

- Bei Neubauten ist für die Errichtung eines Erdspeichers ein Aushub von etwa 45 cm - statt 2m, wie im Outdoor Lab notwendig - vorzusehen. Die Erdregister können

¹ Da die Fertigstellung des Plus – Hybrid Umsetzungsprojekts erst nahe dem Projektende erfolgte, wird das Monitoring auch nach der Abgabe des Endberichts fortgesetzt.

entweder in verdichteten Sand oder in etwas teurerem Magerbeton verlegt werden. Der Schacht für die Soleverteiler entfällt in der Regel ebenfalls bei Neubauten.

- Je größer der Erdspeicher (z.B.: 1.000 bis 5.000 m² in der Fläche), desto geringer ist der spezifische Aufwand (Erdarbeiten, Verführung, Beton- bzw. Sandlieferungen) pro m².
- Um Hybridkollektoren kostengünstig zur Verfügung stellen zu können, sind produktionsrelevante Weiterentwicklungen notwendig, welche auch einen Ausbau („Upgrading“) im Sinne von „Economy of Scale“ ermöglichen.
- Ein Energiemanagement auch von Kleinanlagen (wie z.B. die **Plus-Hybrid** Referenzanlage bei Haus K.) ist für die Systemoptimierung und Feinjustierung im Testbetrieb nach der Implementierung zu empfehlen. Wichtig ist hierbei allerdings auf die Kompatibilität der Messinstrumente schon in der frühen Planungsphase zu achten, um hohe Kosten zu vermeiden.

Ausblick

Ausgangspunkt der Marktsegmentuntersuchungen von **Plus-Hybrid** sind die im europäischen KIS-PIMS Projekt² von 2008-2012 untersuchten spezifischen Investitionskosten (siehe auch 4.4), welche aus verschiedenen europäischen Studien synthetisiert und mit den Verbreitungsszenarien für 2020 und Ausschöpfung der prognostizierten Potentiale im Jahr 2020 verknüpft wurden. Das kumulierte Investitionsvolumen für erneuerbare Energien beträgt im entsprechenden Bericht für Österreich ca. 28 Mrd. €. Von diesem Gesamtvolumen werden ca. 25% oder 7 Mrd. € in gebäudeintegrierte Energielösungen fließen. Um dieses zu erreichen, gilt es weitere Erfahrungen mit gleichem oder anderem Gebäudetyp wie das vorgestellte **Plus-Hybrid** Outdoor Lab zu sammeln. Aufbauend auf Erkenntnisse des **Plus-Hybrid** Projekts wird die Haustechnik eines weiteren Gebäudes in Mödling entsprechend dem Vorbild von „Haus K“ 2014 adaptiert. Andere Investoren haben ihr Interesse angemeldet und werden vom Bauherrn der Referenzanlage gern über die Vorzüge aber auch über erlebte Herausforderungen des Systems informiert werden. Lokale Öffentlichkeitsarbeit erweist sich als nützlich und effektiv, um das **Plus-Hybrid** Konzept weiterzutragen.

Auch wenn das **Plus-Hybrid** Outdoor Lab nach bisherigen Messergebnissen den empirischen Performancebeweis bringen konnte, im Verbund eine wirtschaftlich attraktive Alternativoption zu den am Markt befindlichen Einzeltechnologien zu sein, so würden weitere Leitprojekte eine robustere Basis zur erfolgreichen Markteinführung hybrider „Plusenergiehäuser“ schaffen. Das Projektteam geht davon aus, dass sich dieses positiv auf den Verkehrswert dieser nachhaltigen Liegenschaften auswirken wird. Schon jetzt hat eine niedrige Energiekennzahl einen zwar schwachen, aber signifikant positiven Einfluss auf den Immobilienwert und es ist anzunehmen, dass dieser Einfluss zunehmen wird, wenn

² Acronym für “Knowledge Intensive Services in the Planning, Installation, Maintenance and Scrap services”,
Quelle: http://www.greenovate-europe.eu/content/kis_pims

entsprechend mehr Beobachtungen des österreichischen Immobilienmarktes zur Verfügung stehen.

Um Erkenntnisse aus diesem „ländlichen“ Projekt in den urbanen Raum zu tragen, bieten sich Förderungsmöglichkeiten – wie z.B. das vom KLIEN 2013 ausgeschriebene „Stadt der Zukunft“ oder die von der EU – Kommission erstmals 2012 ausgeschriebene „Smart City Initiative“ an. Wissenschaftlich profunde begleitete Umsetzungsprojekte können im Rahmen eines Fördervertrags mit genutzt werden, um die Erreichung energiepolitischer Zielsetzungen in urbanen Gebieten durch weitere konkrete Fallstudien mit einem empirisch untermauerten Fundament zu unterstützen.

Abstract

Starting point/Motivation

Solar hybrid systems in combination with other technologies have not proven to be attractive, efficient and economic alternatives to matured individual technology systems yet. The research project “**Plus – Hybrid**” will integrate knowledge and experience from current activities and complement them by adopting a holistic approach, considering the intelligent interconnection of components as well as managing the planned efforts and human resources in the given time frame. The goal of this project is to develop affordable building equipment for future “Energy Plus houses”.

Contents and Objectives

The hybrid system consists of two matured technologies, namely PV/T-collectors and heat pumps combined with ground heat storage. An adapted control of the overall energy management will be implemented. Following the principles towards a reasonable and visible market position of future Energy Plus houses interrelated work packages are planned within this project. According to the requested contract amendment the smart design of the application will be set up and related performance targets will be achieved within 33 months. Those are:

- + **Integrated building concept:** The innovative combination of energy efficient components such as hybrid collectors (water cooled Photovoltaic), heat pumps and novel storage concepts can lead to an increase of solar electric gain of up to 20%. Furthermore ground storage of the absorbed heat energy significantly improves the COP of the used brine heat pumps.
- + **Decentralised Energy Plus houses:** The integration of renewable energy sources in buildings generates energy for domestic hot water, heating and electricity where the energy is used. The surplus of the solar electricity will be supplied partly into batteries and partly to the public grid.
- + **Concrete Implementation and analytical monitoring:** Potentials for optimisation will be generated from data collected by a monitoring system within an outdoor laboratory (Haus K.) and by empirical data. The focus lies on feasibility of the system and towards the envisaged market segment.
- + **Costs vs. benefits:** The objective is to demonstrate the expected significant performance improvements in terms of economic feasibility in comparison to existing technologies.

Methods

Plus–Hybrid intends to produce onsite more solar electricity as consumed (especially by the heat pumps) to substitute fossil and nuclear shares of the electricity in the grid and to provide the surplus to the surrounding settlements/districts. Improving overall energy efficiency of

single family and terraced houses and promoting a sustainable path is the goal of this project. For validation the co-action of the used components are monitored in one outdoor laboratory. Results and conclusions will be transferred into the industrial optimisation process with respect to the design and size of the hybrid collectors, the brine heat pumps and the ground heat storage facilities.

Results

During the first project period, an integrated building concept was developed and adopted to the first case study (Haus R.). An optimization of all **Plus-Hybrid** components as well as a risk assessment of possible extreme weather conditions were conducted. Unfortunately the first outdoor laboratory was cancelled unexpectedly by the building developer. Therefore further building developers were contacted and several information and promotion events were held, at which the **Plus-Hybrid** concept was presented. Through dissemination activities (complete list of events can be found in chapter 4), the innovative idea has been spread among target groups of interested investors. One of them and his willingness to cooperate could match the different interests and the outdoor laboratory respectively the demonstration object could be realized during the last quarter of the project (Haus K.). Since then, the demonstrator undergoes a monitoring program, which will be continued above the project end. Some main findings of the project will be outlined hereafter:

- Investment costs for HVACR are around 250 - 470,- €/ m² (net floor area) depending on the site conditions.
- The comparative analysis with competitive technologies yield that the investment costs for **Plus-Hybrid** is roughly 60 – 80% of sustained competitors.

Of relevance for follow-up projects might be also the utilisation of the following cost saving possibilities:

- For new buildings the height of the ground heat storage can be significantly lowered (45cm instead of 2m excavation).
- The larger the area of the ground heat storage with sizes of e.g.1.000 to 5.000 m, the lower the specific costs per m².
- Hybrid collectors should undergo manufacturing related developments in order to upgrade them in a sense of using the „Economy of Scale“ of this product.
- Integrating an energy management system allowing the adjustment of the different components is recommended. The challenge is to use synergies from the early planning phase onwards, as products are using distinctive software often not compatible with each other.

Prospects / Suggestions for future research

Starting point of investigating niche markets for **Plus-Hybrid** has been the European KIS-PIMS project³. Specific investment costs from different European studies have been examined and synthesised with realisation potentials till 2020. Thereafter the cumulated investment volume for renewable energies will be in the range of 28 Bill. € in Austria. Out of this estimated volume nearly 25% or 7 Bill. € are expected to be invested into building integrated energy solutions. In order to achieve more experiences similar to the **Plus-Hybrid**, outdoor-laboratories will be needed. The construction of another reference building, using the same hybrid technologies as **Plus-Hybrid**, has already begun and will be completed in 2014. The necessary allowances from the local authorities have been given and its realisation is foreseen in 2014. Furthermore new investors are waiting for feedback from building users of the outdoor-lab regarding the performance of the chosen solutions. The awareness campaign triggered by **Plus-Hybrid** project seems to work properly.

Solar hybrid systems in combination with ground heat storage could demonstrate to be an attractive efficient and economical alternative to matured individual technologies within the **Plus-Hybrid** outdoor-laboratory. Nevertheless, the project team recommends more flagship projects in order to underline the found results. For a robust market introduction impact assessments on the influence of current market values should be part of the supposed flagship projects.

In order to transfer conclusions from the “rural area” towards the “urban areas” some actual co-financing opportunities might be of interest. Call for proposals with regard to “City of tomorrow”⁴ and to the “Smart City Initiative” of the EC are published for the time being. Its accompanying measures might be used to underpin the main outcomes of **Plus-Hybrid**.

³ Acronym for “Knowledge Intensive Services in the Planning, Installation, Maintenance and Scrap services”, Source: http://www.greenovate-europe.eu/content/kis_pims

⁴ <http://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/aktuelle-foerderungen/>

1 Einleitung

Die großen Herausforderungen der europäischen Energiezukunft sind die zunehmende Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen aus politisch labilen Regionen, die ständig wachsende Energienachfrage und die global schwierige Konkurrenzsituation heimischer Produkte und Dienstleistungen. Im Zuge der Diskussionen, wie diesen Herausforderungen sowie den Auswirkungen des Klimawandels begegnet werden soll, entstehen starke Bestrebungen in Richtung **Plusenergiehäuser**. Das Europäische Parlament, die europäische Kommission und der Rat haben sich im Mai 2010 zu einer neuen Gebäuderichtlinie entschlossen, welche den Einsatz erneuerbarer Energiequellen zur Deckung des Energiebedarfs der Gebäude betont und das Mikroklima verbessert⁵. Ergänzt werden genannte Bestrebungen auch durch die Energieeffizienzrichtlinie.

Das gegenständliche Projekt mit dem Titel „**Entwicklung eines leistbaren Bau- und Haustechniksystems für Plusenergiehäuser**“ liefert der heimischen Bauindustrie die Umsetzung eines **Plus-Hybrid** Referenzprojekts („Outdoor Lab“) und teilweise empirisch analysierte Forschungsergebnisse zur Erreichung ambitionierter Zielsetzungen (EU 2020 Ziele⁶ etc). Das Projekt strebt die bilanzierte Deckung des Jahresenergiebedarfs und eine Einspeisung der Überschussproduktion der eingesetzten erneuerbaren Energiequellen in das Netz an.

Durch die energetische Gebäudeoptimierung, durch die effiziente Anlagentechnik und durch die Kompensation des Restenergiebedarfs (vor allem Strom) durch die Einspeisung regenerativ erzeugter Energie, wird aus dem Leuchtturmprojekt („Outdoor Lab“) eine **Plus - Hybridreferenz** im Sinne der in der Kurzfassung genannten Zielsetzungen erreicht. Durch die optimierte Auslegung, kosteneffiziente Speicherkonzepte und intelligente Regelung aller Komponenten wird der technische Aufwand zur Erreichung dieser Performance im Vergleich zu am Markt befindlichen Konzepten und Systemen deutlich verringert, es werden hinfert markttaugliche Gesamtkosten für Plusenergiehäuser erzielt. Der Zielmarkt sind Einfamilienhäuser (EFH), verdichtete Bauweise, Reihenhäuser wie aber auch neue großvolumige Gewerbeobjekte.

⁵ EPBD, recital 25: “Priority should be given to strategies which enhance the thermal performance of buildings during the summer period. To that end, there should be focus on measures which avoid overheating, such as shading and sufficient thermal capacity in the building construction, and further development and application of passive cooling techniques, primarily those that improve indoor climatic conditions and the micro- climate around buildings.”

⁶ http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/l27079_en.htm: The Commission presents a strategic plan to accelerate the development and deployment of cost-effective low carbon technologies. This plan comprises measures relating to planning, implementation, resources and international cooperation in the field of energy technology.

2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

2.1 Beschreibung des Standes der Technik

Bei bisherigen Plusenergiekonzepten wird das „Plus“ sehr oft mit zu großem technischem Aufwand erreicht. Gebäude, die als „Null-Heizenergiehäuser“ rein mit Solarenergie betrieben werden, benötigen große Solarflächen und riesige Speicher. Übrig bleibt dann immer noch der elektrische Hilfsstrom, der bei aufwändigen Systemen nicht unerheblich ist. Eine Kombination aus Solarenergie und Biomasse reduziert zwar den Speicherbedarf, da die „Sonne“ im Holz gespeichert ist, es hat aber Systemverluste von rund 30 % und mehr zu verzeichnen, da die Nutzenergie von Passivhäusern gering ist. Ebenfalls relevant sind hier die Stromverbräuche für Pumpen, automatische Feuerungen und Regelungen. Der Einsatz solcher Systeme ist darüber hinaus vor allem in städtischen Lagen beschränkt. Biomasse für Heizzwecke steht weiteres schon in naher Zukunft im Wettbewerb zu Anbauflächen für Nahrungsmittel und ist damit nicht unbegrenzt verfügbar. Ein zweites Segment bei Plusenergie-Gebäudekonzepten zielt auf die Versorgung mit PV-Strom. Am Markt befindliche Komponenten zur Nutzung erneuerbarer Energien Z. B. in Form von solarthermischen Anlagen sind als Standardbauteile einsetzbar. Im Betrieb und in Zusammenspiel mit anderen alternativen Wärmeerzeugern vor allem Wärmepumpen in ganzheitlichen Konzepten liegt dagegen noch Optimierungspotential.

Durch die energetische Gebäudeoptimierung auf Passivhaus- bzw. nahe Passivhausstandard, der effizienten Anlagentechnik und der Kompensation des Restenergiebedarfs (vor allem Strom) durch die Einspeisung regenerativ erzeugter Energie, wird der Plusenergiestandard erreicht. Durch die optimierte Auslegung, kosteneffiziente Speicherkonzepte und intelligente Regelung aller Komponenten lässt sich der technische Aufwand zur Erreichung des Plusenergiestandards im Vergleich zu am Markt befindlichen Konzepten und Systemen deutlich verringern. Dadurch können markttaugliche Gesamtkosten für das Plusenergiehaus erzielt werden. Zielgruppe sind EFH, verdichtete Bauweise, Reihenhäuser etc. Projekterkenntnisse aus dem Zusammenwirken der Systemkomponenten werden auch in der hochwertigen Sanierung bzw. im Geschloßwohnbau zur Anwendung kommen können. Für ein integrales Gebäudekonzept für zukünftige Plusenergiegebäude kommen folgende fünf Grundprinzipien zur Anwendung:

1. Energieeffizienz der Gebäude

Voraussetzung für zukünftige Plus-Hybridgebäude ist es, die Energieeffizienz von Gebäuden auf Passivhausstandard bzw. nahe Passivhausstandard zu bringen. Stromeffiziente Beleuchtung (LEDs), Unterhaltungselektronik, Haushaltgeräte und intelligente Synergien bei Abwärmenutzung (Wärmerückgewinnung aus Abwässern) etc. ergänzen das Konzept.

2. Material- und Kosteneffizienz der Haustechnik

Derzeitige Systemlösungen „bezahlen“ die zusätzliche Energieproduktion zur Erreichung des „Plusenergiestandards“ mit einem erhöhten Aufwand an Technik und Kosten. Durch die intelligente Verknüpfung und Regelung der Systemkomponenten wird ein „schlankes“ Haustechnik-Konzept mit hoher Wirtschaftlichkeit entwickelt.

3. Hoher Komfort und geringe Umweltbelastungen

Neben der Deckung der Bedarfsenergie sorgen hohe Qualitätskriterien für einen wirtschaftlich effizienten Einsatz der notwendigen Komponenten auf hohem Komfortniveau für die BewohnerInnen (v.a. bei Gebäude mit einer spezifischen Heizlast $> 12\text{W/m}^2$) und mit geringer Umweltbelastung über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes.

4. Know-How Input von durchgeführten Best-Practice Beispielen der Projektpartner

Das vorhandene Wissen des Konsortiums und die bestehenden Partnerschaften mit führenden österreichischen Unternehmen im Bereich von Lüftungsanlagen, Passivhaus-Kompaktgeräten, Solar- bzw. PV-Anlagen, kostensparenden Speicherkonzepten wird in diesem Projekt genutzt und in einer neuen Qualität zusammengeführt.

5. Nutzen von vernetzten Systemen

Die Mehrproduktion von Wärme über das wassergekühlte PV-Modul wird im Erdreich gespeichert und der Sole-Wärmepumpe zugänglich gemacht. Der Stromüberschuss wird ins Netz eingespeist.

2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Das Konzept von **Plus-Hybrid** ist es, die Grundlage für leistbare, technisch optimierte Bau- und Haustechniksysteme für Plusenergiehäuser (EFH, Reihenhäuser bzw. verdichtete Bauweisen) zu entwickeln und in einem „Outdoor Lab“ zu testen. Der ursprünglich anvisierte Markt galt dem Neubau, in welchem das ganzheitliche Plusenergiekonzept planerisch leichter eingewoben werden kann (siehe Abb. 1).

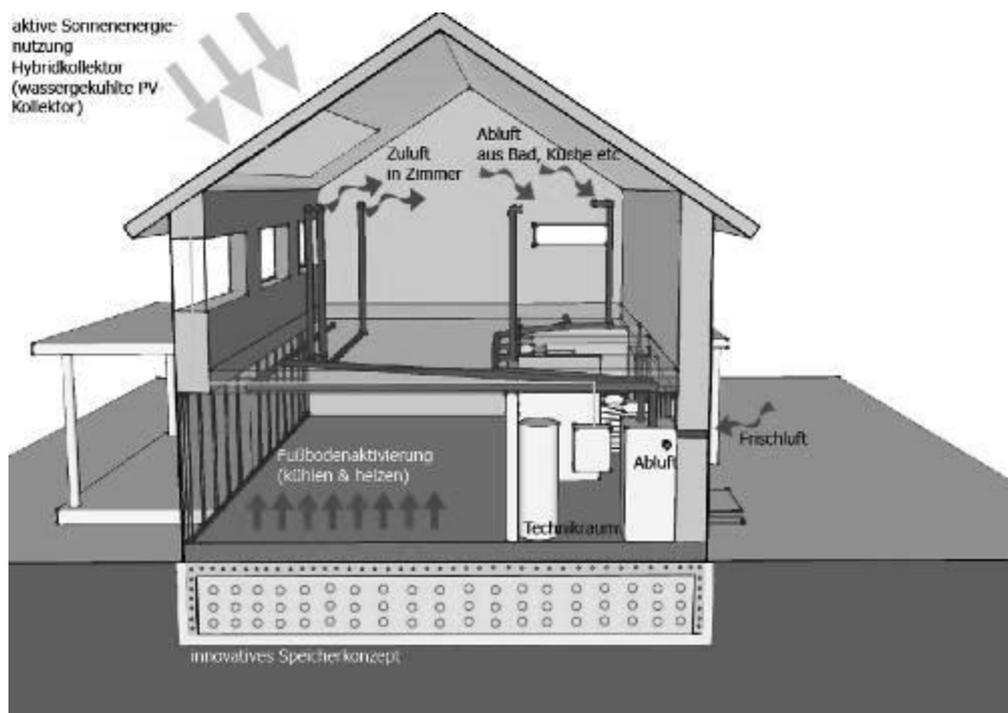


Abb. 1: Darstellung des integralen Gesamtkonzepts von **Plus-Hybrid**

Hybridkollektor für Stromproduktion und Warmwasserbereitung

Der Markt für PV und Solarthermie ist in stetigem Wachstum und wird sich aufgrund der Rahmenbedingungen der Anreizprogramme (z.B.: Wohnbauförderungen, Solarverpflichtung in den Bundesländer, etc) in den nächsten Jahren weiter fortsetzen. Eine laufende Verbesserung und Optimierung der technischen Standards durch die Hersteller bietet ein hohes Potential für die Nutzung ressourcenschonender Energie. Photovoltaisch-thermische-(PV/T) bzw. Kombimodule haben den Vorteil, im Vergleich zu den Einzeltechnologien, bei geringerem Flächenverbrauch gleichzeitig Strom und Wärme zu erzeugen. Der im Projekt geplante „Hybridkollektor“ zielt auf eine Erhöhung der Stromausbeute ab. Durch die „Kühlung“ des PV-Moduls über ein integriertes hydraulisches System steigt einerseits der Wirkungsgrad bei der Stromerzeugung und andererseits wird Wärme für die Warmwasserbereitung und Hebung der Vorlauftemperaturen für die Wärmepumpe bereitgestellt. Sommerliche Wärmeüberschüsse werden in einem „Erdspeicher“ unter dem Gebäude gespeichert, winterliche Erträge direkt dem Solekreislauf zugeführt. Damit kann der „Kollektor“ auf niedrigem Temperaturniveau und mit hohem Wirkungsgrad betrieben werden. Inwieweit solare Erträge direkt in das Heizsystem eingespeist werden können (was höhere Vorlauftemperaturen von ca. 35 Grad erfordert), soll im Projekt untersucht werden. Durch dieses Konzept wird eine deutlich höhere Energieerzeugung bei einem guten Wirkungsgrad erreicht. Die Vorteile gegenüber anderer auf dem Markt befindlicher Produkte bestehen in:

- + Der effizienten Kühlung der wärmeempfindlichen PV-Zellen durch einen integrierten Hydraulikkreislauf (frostgeschützt). Daraus ergibt sich ein bis zu 20% höherer Stromertrag im Vergleich zu anderen am Markt befindlichen Hybridsystemen.
- + Der Nutzung der abgeführten Wärme für Heizung, Warmwasserbereitung bis hin zur Zwischenspeicherung im Erdreich. (Integration der gedämmten Bodenplatte und Frostschräge in das Speicherkonzept)
- + Der passiven Kühlung durch die nächtliche Wärmeabstrahlung der Module bis hin zur Verdunstungskühlung durch nächtliches Kondensat (Morgentau) auf den Modulen.
- + Der erhöhten Wintertauglichkeit durch den integrierten Hydraulikkreislauf, welcher auch zur Schneefreihaltung der Module genutzt werden kann, um damit eine höhere Energieausbeute der PV-Zellen sicherzustellen.
- + Einer architektonisch ansprechenden Lösung mittels rahmenloser Laminat-Kollektoroberfläche.
- + Durch den Wärmeeintrag des Hybridkollektors sinkt der Strombedarf der Kleinstwärmepumpe (Anschlusswert ca. 800 W für ein EFH). Weiters sinkt der Strombedarf durch die höhere Arbeitszahl infolge des vorgewärmten Erdreiches (20-30 Grad, im Laufe des Winters auf knapp über Null abgekühlt, so dass die mittlere Soletemperatur über 10 Grad beträgt). Durch die Kühlung des PV Moduls steigt der Stromertrag, vor diesem Hintergrund werden die Systemkomponenten der Erdspeicher etc. deutlich kleiner, Platzbedarf und Kosten sinken.

Überschaubarkeit von System und Kosten

Trotz der Kombination von aktiven und passiven Systemen im gegenständlichen Energieversorgungskonzept bleibt das System einfach. Basierend auf Erfahrungswerten können die Wärmeabgabeflächen für die Heizung sehr klein gehalten werden (z. B. etwa 40% der Fußbodenfläche eines Einfamilienhauses als Fußbodenheizung).

Vorhandene Bauteile als Speicher

Frostschürze und Bodenplatte, sowie der darin eingeschlossene Raum werden als Speicher ausgebildet. Dieser „Hohlraum“ wird mit kostengünstigem Kabelsand, einem feinkörnigem Sand in den Soleleitungen eingebettet werden, gefüllt. Diese Soleleitungen in den Fundamenten und im Kabelsand dienen dem Wärmeeintrag aus dem Hybridkollektor bzw. als Wärmequelle für die Wärmepumpe.

Vollsolare Versorgung für Heizung Warmwasser und Strom

Durch die Bereitstellung von hohen Sole-Vorlauftemperaturen steigt die Arbeitszahl der Wärmepumpe, wodurch der Strombedarf gegenüber Konzepten ohne Sole-Vorwärmung sinkt. Der Einsatz zusätzlicher thermische Kollektoren zur Deckung der Warmwasserspitzen im Sommer und in der Übergangszeit wird überprüft – wobei von relativ kleinen Kollektorflächen ausgegangen wird.

Verbesserung zu bestehenden Lösungen, Neuheitsgrad, Technologiesprung:

Die hier beschriebenen Komponenten sind in verschiedenen Systemen am Markt bekannt. Es gibt solare Erdspeicher, teilsolare Raumheizungen, Solar unterstützte Luft-Wasser-Wärmepumpen, Bauteilaktivierung usw. Auffallend ist der meist hohe Material- und Montageaufwand mit zahlreichen Pumpen und aufwändige Regelsystemen, großen Kollektorflächen etc.

2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts)

Plus-Hybrid zielt im Wesentlichen auf eine Minimierung der Systeme und deren synergetische Nutzung, sowie auf eine praktische Erprobung im „Outdoor-Lab“ hinsichtlich Praxistauglichkeit ab. Folgende Vorteile gegenüber dem Ist-Stand gibt es:

- + Die vorhandenen Wärmeabgabeflächen in Wänden, Decken oder Fußböden werden zu passiven Kühlflächen und damit Teil des Speichers. Kühlen bringt damit ein Vielfaches mehr an Energie als es ökologisch kostet. (die Kühlleistung beträgt das mehr als 20-fache des Stromverbrauchs für die Umwälzpumpe). Die so ausgestatteten Gebäude werden sommertauglicher und damit sinkt die Gefahr, dass Klimageräte eingesetzt werden.
- + Limitiert zur Verfügung stehende Dachflächen werden durch wassergekühlte Hybridkollektoren (gelegentlich auch PV/T Module genannt), energetisch effizient für die Strom- und Wärmeproduktion genutzt.

- + Ein kaskadisch genutztes Speichersystem (Warmwasserspeicher – Fundamentplatte – Erdspeicher) ermöglicht die Deckung des Energiebedarfs über erneuerbare Energien bei geringem Platzbedarf. Der ohnehin vorhandene Platz unter der Fundamentplatte ist Kern des Speicherkonzeptes für den Neubau. Größere Nutzflächen bleiben für Wohn- und Komfortansprüche frei.
- + Bei der kaskadischen Wärmenutzung (Beladung des Warmwasserspeichers, Bauteilaktivierung, Erdspeichererwärmung) sollte zwischen Ertragsoptimierung und Senkung des Regelaufwandes das Optimum gefunden werden. Das Gleiche gilt für die Sole-seitigen Komponenten. Ebenso ist zu untersuchen, wie sich das Verhältnis – höherer Stromertrag durch niedrigere Erdspeichertemperaturen und weniger Kühlung versus Warmwasserbereitung verhält.
- + Ein für den Einsatz in Neubauten vorgesehenes neuartiges Kompaktgerät kann alle haustechnischen Funktionen übernehmen. Dazu zählen Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Warmwasserbereitung, Heizung und passive Kühlung. Mit neuen Zusatzfunktionen (wie z.B. Flüssigkeitsunterkühlung zur Luftvorwärmung und COP - Steigerung, passive Sommerkühlung) werden Effizienz und Komfort gesteigert. Die Jahresarbeitszahl ohne die geplante Effizienzerhöhung durch die Solevorwärmung beträgt 4,4 lt. Prüfgutachten bei einer Soletemperatur von 0 Grad C und einer Vorlauftemperatur von 35 Grad C. Dieser Wert liegt damit schon im Ausgangswert höher als bei herkömmlichen Konzepten von Luft-Wasserwärmepumpen in Kombination mit einer teilsolaren Wärmebedarfsdeckung über thermische Kollektoren.

2.4 Verwendete Methoden

Im Projekt **Plus-Hybrid** wird die entwickelte Maßnahmenkombination (Gebäude und Anlagentechnik mit innovativen Komponenten für erneuerbare Energien) energetisch, ökologisch und wirtschaftlich optimiert. Das beinhaltet die weitere Verbesserung der Qualität der Komponenten und die Optimierung der Planung, sowie die Performanceverbesserung im Betrieb. Abb. 2 zeigt eine Darstellung der Arbeitspakete und Zielsetzungen, welche zur methodischen Vorgehensweise des Projekts herangezogen worden ist.

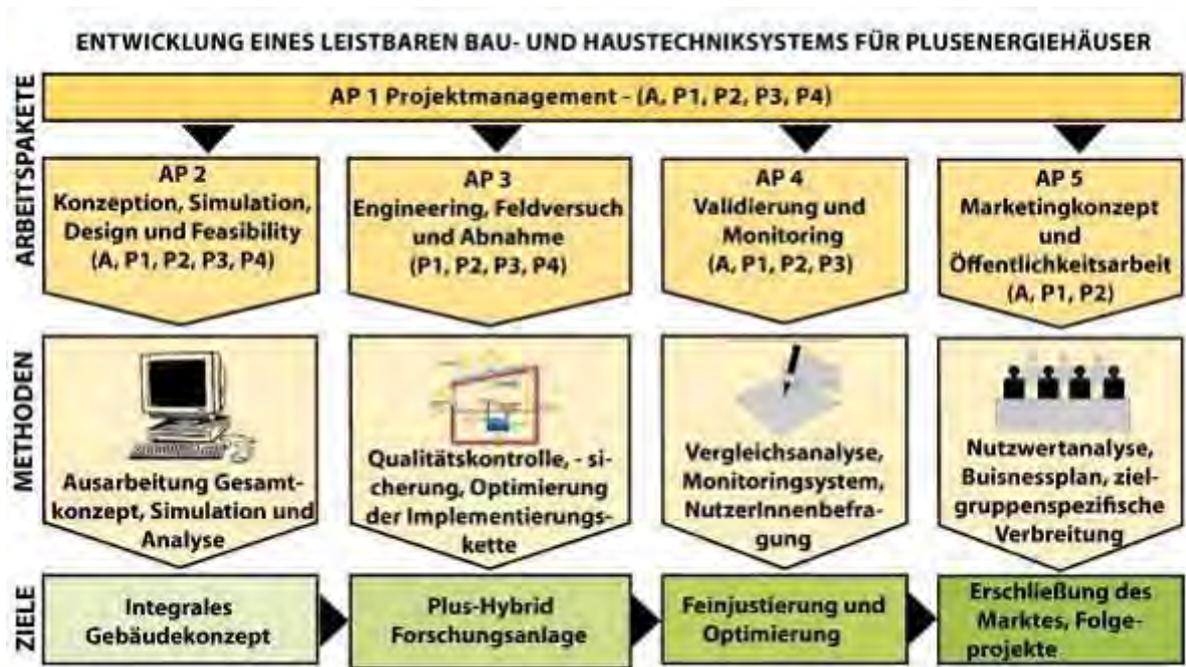


Abb. 2: Ansicht des „Outdoor Labs“ von Südosten – Darstellung der Arbeitspakete und Zielsetzungen (AP = Arbeitspakete, A= Antragsteller, P1= ProjektpartnerIn 1 etc.)

- + **Integrales Gebäudekonzept:** Die innovative Kombination energieeffizienter Anlagenkomponenten baut auf eine architektonisch und energieplanerisch ganzheitliche Darstellung auf. **Plus-Hybrid** Komponenten und Elemente werden in der vorgesehenen Sensitivitätsanalyse auf ihr optimales Zusammenwirken untersucht, auf wetterbedingte, extreme Randbedingungen ausgetestet und auf Systemminimierung ausgelegt. Die Erweiterung und Anpassung von bestehenden Simulationsinstrumenten wird eine realistische wirtschaftliche Einordnung von **Plus-Hybrid** ermöglichen.
- + **Plus-Hybrid Forschungsanlage:** Umfassende Qualitätskontrollen beim Einkauf und der Vorfertigungskette, wie auch die genaue Bauaufsicht bei der Installation werden absichern, dass die installierten Hybridtechnologien den Energiebedarf im Gebäudebereich mit der vorgesehenen Performance decken. Smarte Regelstrategien ermöglichen den prognostizierten Betrieb und das optimale Zusammenspiel der Komponenten.
- + **Messtechnische Erfassung, Feinjustierung und Optimierung:** Ein umfassendes Monitoringkonzept und die Protokollierung verschiedener technischer Daten über alle Jahreszeiten ermöglichen eine empirische Vergleichsanalyse des Gesamtsystems mit anderen vergleichbaren Systemen. Die ganzjährig gemessenen Daten werden mit den Simulationsergebnissen aus anderen Projekten verglichen bzw. auf Worst-Case Szenarien untersucht. Interviewaussagen der NutzerInnen zu technischen und nicht-technischen Fragestellungen ergänzen den Projektbericht.
- + **Kosten-/Nutzeffizienz:** In der Nutzwertanalyse des Feldversuchs im „Outdoor-Lab“ werden die in der Einleitung aufgelisteten Zielsetzungen von **Plus-Hybrid** validiert und die Bedingungen und Wirkungen technischer und sozialer Innovationen auf die NutzerInnen- und MultiplikatorInnen untersucht.

- + **Markteinführung:** Zur Erschließung neuer Personengruppen für innovative und ambitionierte Folgeprojekte wird ein zielgruppenspezifisches Kommunikations- und Marketingkonzept erarbeitet. Wichtige Multiplikatoren (wie Bauträger und Hausverwaltungen) werden in Direktkonsultationen über das Projekt und die wesentlichen Projektergebnisse informiert. Durch Öffentlichkeitsarbeit auf lokalen Veranstaltungen - hauptsächlich in Niederösterreich, Wien und in der Steiermark - werden die Schlussfolgerungen und der gesellschaftliche Nutzen des Projekts an die Industrie und an zukünftige Kunden kommuniziert.

2.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten mit Quellenangabe, Erläuterung der Erhebung

Die im Kap. 2.4 dargestellte Methodik und der angestrebte Lösungsweg wurden eingehalten. Die Projektleitung hat durch die Einberufung und Vorbereitung regelmäßig stattfindender Projektmeetings, die Einhaltung der Arbeitsschritte und des Zeitplans überprüft und bei Bedarf notwendige korrigierende Schritte eingeleitet und mit dem Programmmanagement abgestimmt.

Die optimierte Auslegung ausgereifter Technologien (Hybridkollektoren und Wärmepumpe) in Kombination mit einem Erdspeicher und die smarte, zu adaptierende Energiemanagementregelung bilden die Schlüsselemente für das **Plus-Hybrid** „Outdoor Lab“, dem Demonstrationsobjekt des Projekts. In der ersten Projektperiode konnte ein detailliertes Gebäudekonzept für einen Neubau („Haus R.“), einem Einfamilienhaus mit Büronutzung entwickelt werden. Die **Plus-Hybrid** Komponenten und Elemente wurden bereits in sehr detaillierter Form auf ihr optimales Zusammenwirken hin konzipiert und an die klimatischen Standortbedingungen in der Steiermark angepasst. So entstand gemeinsam mit den Bauherren ein optimiertes Gesamtsystem. Da der Bauherr dieses als „Outdoor-Lab“ geplante Objekt überraschend aus dem Projekt zurückzog, wurden zahlreiche Gespräche und zum Teil ausführliche Standortevaluierungen mit anderen an **Plus-Hybrid** interessierten BauherrInnen über eine eventuelle Umsetzung geführt (siehe 4.3, sowie Anhang A2). Das **Plus-Hybrid** Konzept wurde auf zahlreichen Informationsveranstaltungen präsentiert, wodurch die grundlegenden Ideen und Innovationen weitreichend verbreitet werden konnten. Das im Projektantrag erläuterte Konzept, Hybridkomponenten bei der Errichtung von Neubauten zu integrieren, wurde aufgrund der Projektentwicklung um die Eingliederung in den Gebäudebestand erweitert. Eine Informationsveranstaltung in Mödling führte zur gewünschten Umsetzung des **Plus-Hybrid** „Outdoor Labs“ im Zuge der Sanierung einer bestehenden Doppelhaushälfte („Haus K.“) in Maria-Enzersdorf (siehe Anhang A0). Während der Umsetzungsphase des „Outdoor Labs“ wurden mehrere Meetings abgehalten, welche nicht als Einzelprotokolle, sondern als Umsetzungsbeschreibungen in den vorliegenden Bericht und seinen Anhang eingeflossen sind.



Abb. 3: Geografische Lage des Outdoor-Labs in Maria-Enzersdorf, Mödling [Quelle: Google Maps]



Abb.4: Ansicht des „Outdoor Labs“ von Südosten

3 Ergebnisse des Projektes

Die oben genannten Planungsoptimierungen für das erste, nicht umgesetzte Demonstrationsobjekt („Haus R.“) wurden für das letztendlich ausgewählte „Outdoor-Lab“ „Haus K.“ in Maria-Enzersdorf überarbeitet und flossen so bis zu einem gewissen Grad in die Umsetzungsphase ein. Das Demonstrationsgebäude ist ein Doppelhaus und wurde 1989 errichtet. Die konditionierte Bruttogeschoßfläche (BGF) beträgt rund 250 m², die sich auf 3 Stockwerke (Keller, EG und OG) verteilen. Die Gebäudeheizlast liegt schätzungsweise bei 16 kW. Im Rahmen der Projektarbeit wurde für die Haushälfte des Bauherrn eine Infrarot-Thermografie erstellt, die einige Verbesserungsmöglichkeiten für die Gebäudehülle

aufzeigte. Aufgrund dieser Hinweise wurden unter anderem alte Dachflächenfenster erneuert. Die Haustechnik bestand aus einem 20 kW Gaskessel (Capito EEN20, Baujahr 1990) mit einem 600 Liter Kombi-Pufferspeicher (Capito) sowie einer auf dem Hausdach installierten Solarthermieanlage von 10,2m² (verbunden mit dem Pufferspeicher). Die Warmwassererwärmung durch Gaskessel und Solaranlage erfolgte durch im Pufferspeicher unten eingebaute Wärmetauscher, was keinen effizienten Betrieb der Solaranlage zuließ. Auch die Steuerung der Solaranlage funktionierte nur beschränkt. Eine eingebaute elektrische Nachheizpatrone im Warmwasserpufferspeicher war nicht in Betrieb. Die Speicherladepumpe hatte eine maximale Aufnahmeleistung von 80 W. Es gab keine Warmwasserzirkulation. Somit lieferte die Solarthermieanlage seit ihrer Implementierung im Jahr 2009 keine nennenswerten Erträge, da weder die Auslegung noch die Steuerung richtig umgesetzt waren. Aufgrund der Insolvenz der Installationsfirma wurde dieser Schaden erst mit der Implementierung in das Forschungsprojekt behoben.

Kellergeschoß und Erdgeschoß verfügen über eine Fußbodenheizung. Auch im Fußboden des Wintergartens sind Heizschlangen, allerdings mit größeren Verlege-Abständen eingebaut. Im Dachgeschoß befinden sich kleine Heizkörper für höhere Vorlauftemperaturen. Es existieren zwei getrennte Heizkreise, einer für die Fußbodenheizung und ein zweiter für die Radiatoren im OG. Die Regelung der Heizung erfolgte über einen außenliegenden Temperaturfühler. Die zwei Heizungspumpen weisen maximale Aufnahmeleistungen von 325 W auf. Ein Kachelofen in der Wohnküche des Erdgeschoßes wird etwa zehnmal pro Winter für einen Tag eingeheizt.

Gebäudehülle der Doppelhaushälfte:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| <i>Außenwände</i> | <ul style="list-style-type: none"> • KG: Betonwände mit 3 cm XPS-Dämmung • EG und DG: Leichtbauwände (von innen nach außen) Gipskartonplatte, Holzspanplatte, Holzständerkonstruktion, Hohlräume mit Zelluloseflocken gefüllt, Holzspanplatte, Heraklith mit gewebearmiertem Dickputz |
| <i>Schrägdach</i> | <ul style="list-style-type: none"> • (von innen nach außen) Gipskartonplatte, Holzspanplatte, Holzsparrenkonstruktion, Hohlräume mit Zelluloseflocken gefüllt, Holzspanplatte, Lattung, Dachziegel |
| <i>Flachdach/
Terrasse Nord</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Leichtbau (von innen nach außen) Gipskartonplatte, Holzspanplatte, Holzsparrenkonstruktion, Hohlräume mit Zelluloseflocken gefüllt, Holzspanplatte / Holzdecke mit sichtbaren Sparren und Nut & Feder-Bretter, Hinterlüftung mit Vollholzschalung und –Folienabdichtung, darüber Lärchenholzrost |
| <i>Fenster und
Verglasungen</i> | <ul style="list-style-type: none"> • weitgehend 2-fach-Isolierverglasungen mit Alu-Abstandhalter ohne Wärmeschutzbeschichtung. U-Wert ca. 3,0 W/m²K • Einige wenige Fenster wurden erneuert und mit 2-fach-Wärmeschutzverglasungen ausgestattet. Alu-Abstandhalter und Wärmeschutzbeschichtung, U-Wert ca. 1,7 W/m²K • Im Schrägdach befinden sich alte Dachflächenfenster (U-Wert ca. 3,0 W/m²K), die bei kalten Außentemperaturen beträchtliche Wärmeverluste verursachen. <i>(Besonders kritisch bezüglich Wärmeverlusten und Kondensatrisiko erscheint ein konkretes Dachflächenfenster über der Badewanne)</i> |

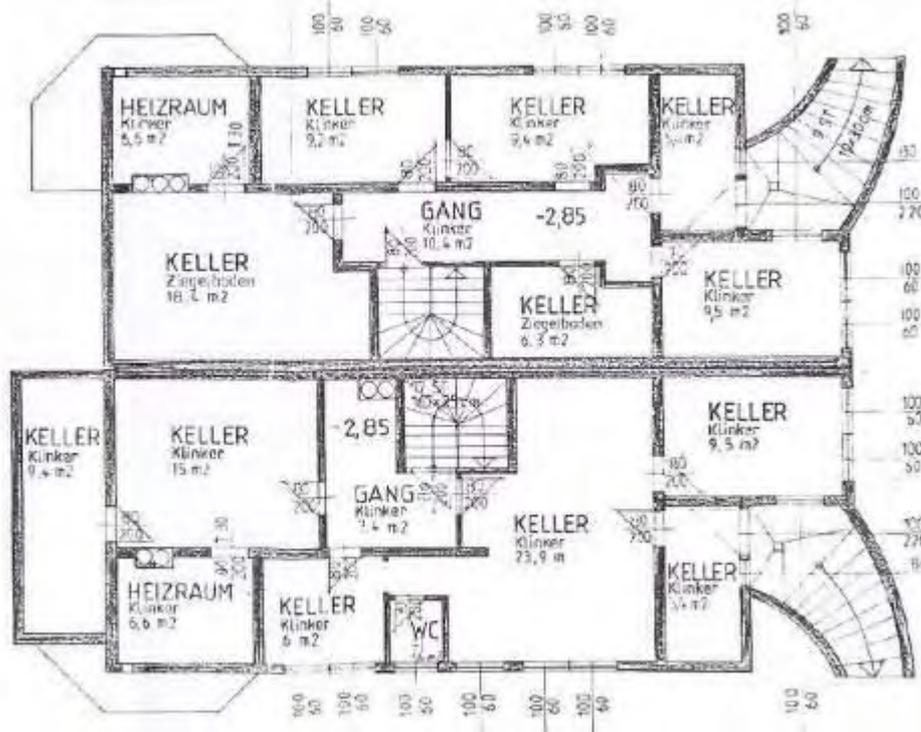


Abb.5: Grundriss Kellergeschoß „Haus K.“

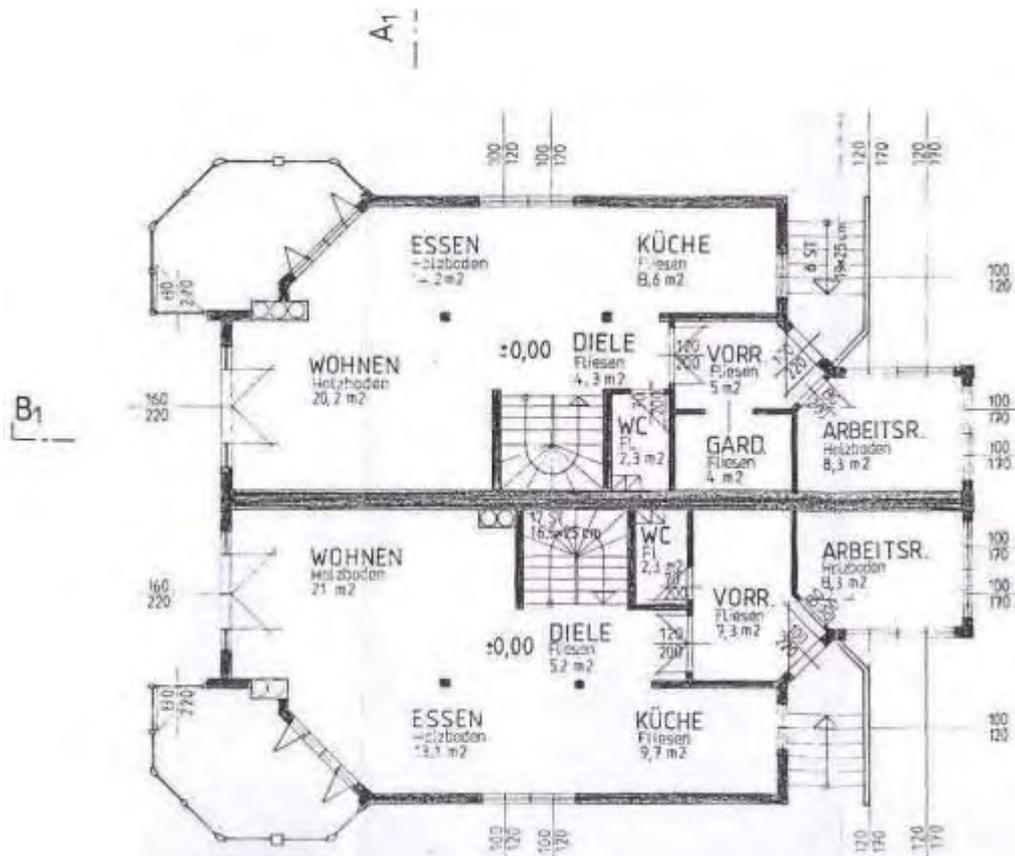


Abb.6: Grundriss Erdgeschoß „Haus K.“

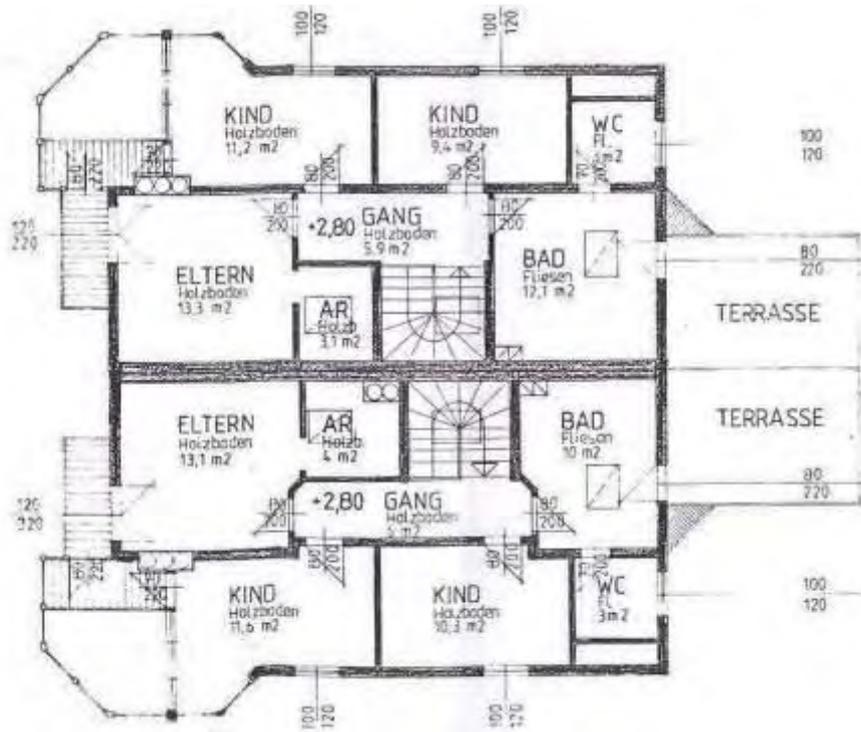


Abb.7: Grundriss Dachgeschoß „Haus K.“

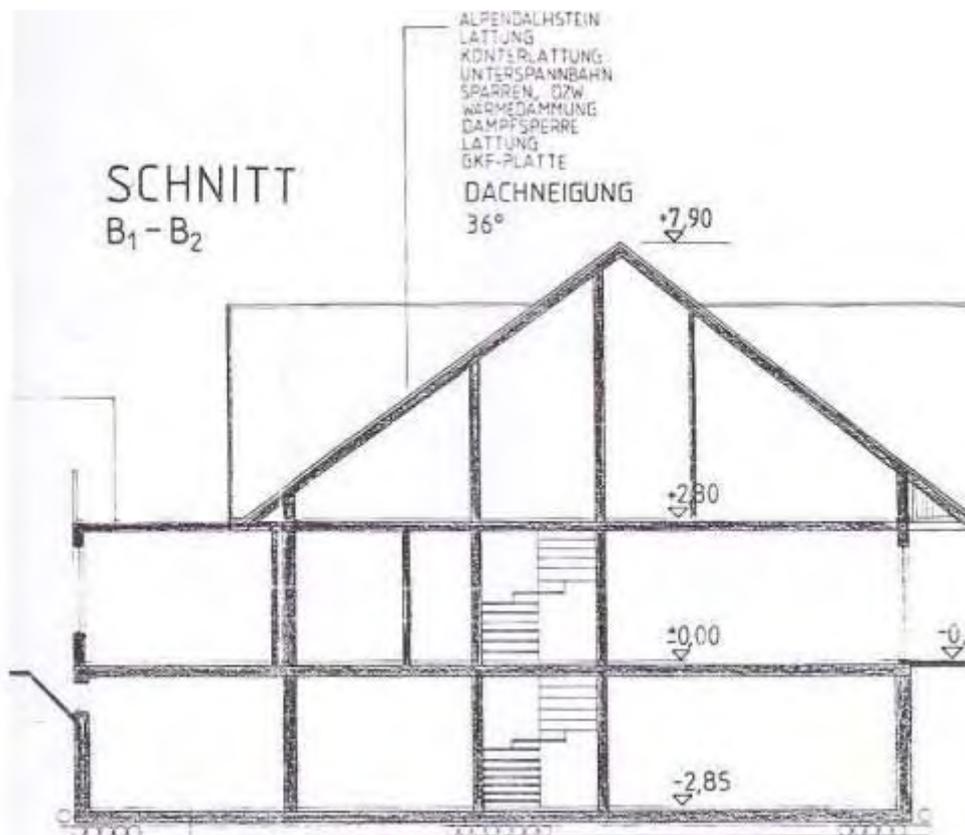


Abb.8: Schnitt B „Haus K.“

Der Salzwasser-Swimmingpool im Norden des Hauses wird etwa von Mitte Mai bis Mitte September genützt und in der Nacht durch eine spezielle Noppenfolie zur Verringerung der Wärmeverluste abgedeckt. Derzeit ist keine Erwärmung des Schwimmbadwassers durch externe Quellen vorgesehen. Während des Winters wird der Swimmingpool bis auf ein Drittel ausgelassen. Hauptstromverbraucher ist hier die Filterpumpe mit ca. 900 W.

Nutzerverhalten: Im Keller wird die Fußbodenheizung nur dann aktiviert, wenn die Räume genützt werden. Vorhandene Leuchtmittel wurden zum Teil durch LED-Lampen und Energiesparlampen ersetzt.

Umbauten: Aufgrund von Behördenauflagen erfolgte die Errichtung eines neuen Carports. Das **integrale Gesamtkonzept** wurde für das ursprünglich vorgesehene Haus R. entwickelt und dann mit dem Bauherrn auf die neue Situation abgestimmt. Wie in Anhang A0 im Detail beschrieben, ist die letztlich umgesetzte Gesamtanlage ein Kompromiss aus verschiedenen standortbedingten Randbedingungen. Das „Outdoor Lab“ wurde wie folgt umgesetzt:

- Auslegung der Gesamt-Solarthermiefläche für eine Gebäudeheizlast von ca. 8 kW bestehend aus 6 Flachkollektoren mit einer Bruttofläche von ca. 15,46 m² unterstützt von 8 Solarhybridkollektoren res-PV++250 (Solarstrom und -wärme) mit einer Bruttofläche von ca. 13,07 m².
- Integration von PV - Modulen mit 32,7 m² und einer elektrischen Spitzenleistung von 5,3 kWp unterstützt von 8 Solarhybridkollektoren res-PV++250 mit 12,8 m² (netto) und einer elektrischen Spitzenleistung von 2 kWp.
- Der Erdspeicher mit im Sand verlegten, Sole-durchflossenen Matten wurde mit einem Volumen von 200 m³ im Garten und unter dem Carport errichtet. Da er ohne Wärmedämmung zwischen Sand und Erdreich ausgeführt wurde, wird das Erdreich unterhalb als Speicher mitgenutzt.
- Um den solarerzeugten Eigenanteil zu vergrößern und unabhängiger von Netz-Black-Outs zu werden, wurde das Batteriesystem IBC SolStore 5.0 Li installiert. Diese Lithium-Ionen-Polymer-Technologie mit einem Energieinhalt von 5kWh ist für eine ca. zweistündige Autonomie ausgelegt. Diese Zeitdauer kann durch die Abschaltung nicht benötigter Verbraucher erweitert werden.

Die Direkt-Solarwärme für Warmwasser und Heizung wird in einem Kombispeicher und der Überschuss in den Erdspeicher eingebracht. Der Solarstrom aus Hybridkollektoren und konventionellen PV-Modulen wird direkt, wie auch über den Stromspeicher indirekt genutzt. Eigenstrom-Überschüsse werden ins Stromnetz eingespeist.

Bisherige Monitoringergebnisse und Resultate der Kosten-Nutzen-Analyse werden in zwei nachfolgenden Unterkapiteln diskutiert.

3.1 Bisherige Monitoringergebnisse

Im Rahmen der Messauswertung vom „Outdoor Lab“ im **Plus-Hybrid** Projekt werden nachfolgend die Qualität der thermischen Gebäudehülle und die wesentlichen Anlagenelemente beschrieben und ausgewählte Messergebnisse bis Dezember 2013 präsentiert. Um Optimierungspotenziale zu identifizieren und dem Bauherrn

Verbesserungsvorschläge unterbreiten zu können, sind alle hydraulischen Kreisläufe sowie Stromerzeuger und -verbraucher in die Messauswertung sukzessive integriert worden. Die Abstimmung mit dem Anlagenbetreiber zur Umsetzung der Verbesserungsvorschläge ist ein fortlaufender Prozess. Die Quantifizierung der Performance, die Aufwandsreduktion und die Feinjustierung des Hybridsystems dauern dementsprechend noch an und werden vom Anlagenbetreiber als Grundlage für weiterführende Investitionen genutzt.

Thermografische Qualitätskontrolle

Aus den umfangreichen thermografischen Analysen des Hauses K. werden nachfolgend einige Aufnahmen beispielhaft herausgegriffen.

Die Messungen wurden am 16.01.2013 morgens unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

Außenklima

	Außenlufttemperatur θ in [°C]	relative Luftfeuchtigkeit φ_i in [%]
Außenklima	-2,0 bis -1,6	80 bis 77
Bewölkung	heiter nach ebensolcher Nacht	
Niederschlag	keine Niederschläge	
Windgeschwindigkeit	schwache Brise	
Außenwandflächen	trocken	

Innenklima

Raumklima	Innenluft- temperatur θ_i in [°C]	relative Luftfeuchtigkeit der Raumluft φ_i in [%]	Taupunkt- temperatur θ_{sat} in [°C]	relative Luftfeuchtigkeit bei 20°C φ_i in [%]
Erdgeschoß	22,0	39		

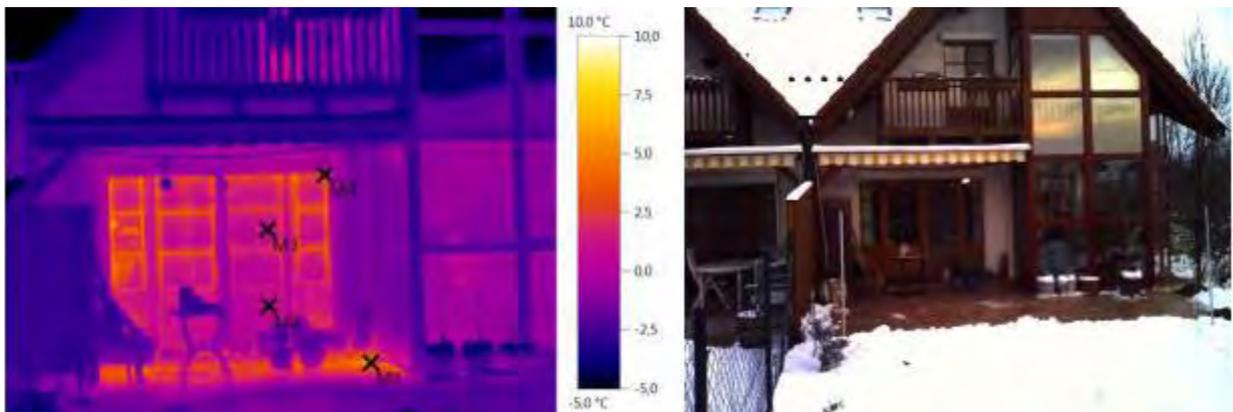
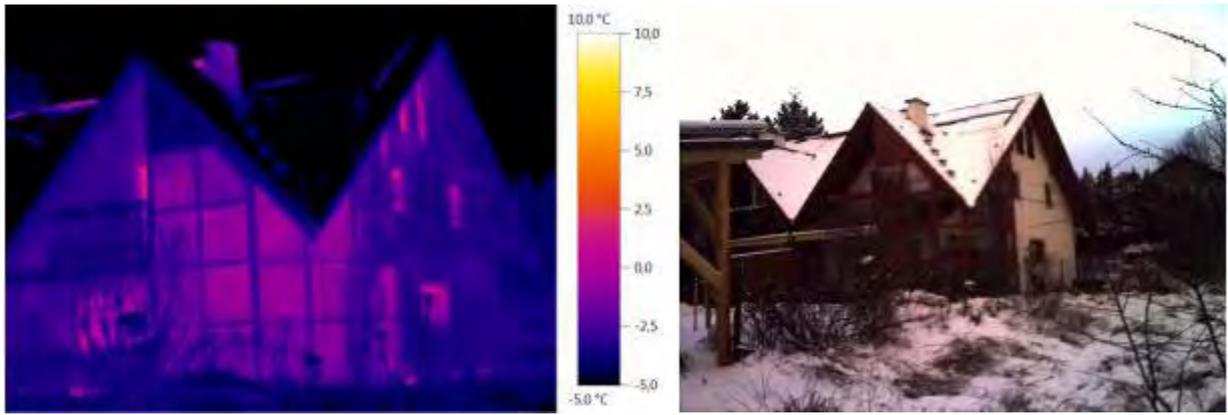


Abb.9: Thermografien „Haus K.“, aufgenommen am 16.01.2013

Diese Aufnahme zeigt hohe Wärmeabflüsse über die Kellerdecke zur Terrasse auf.

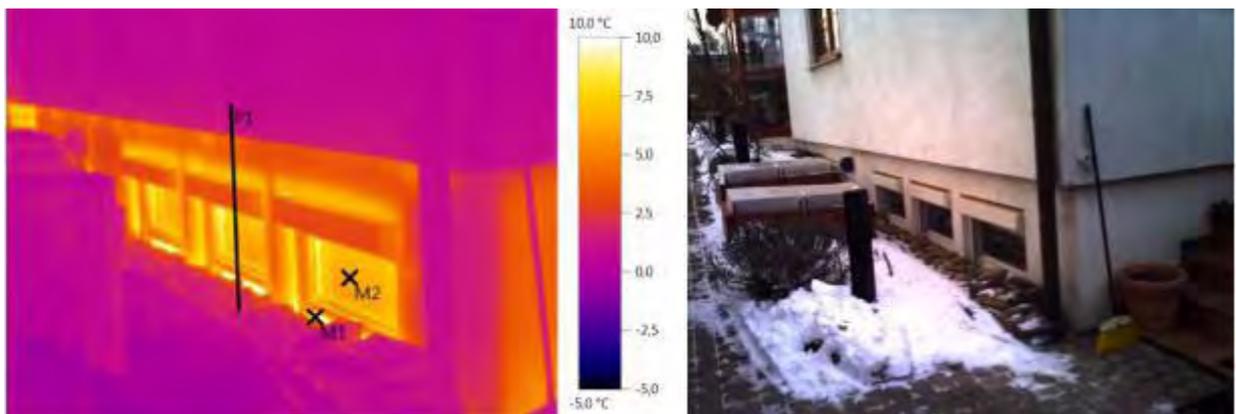


Abb.10: Thermografie „Haus K.“, aufgenommen am 16.01.2013

Profillinie:



Abb.11: Histogramm - Thermografie „Haus K.“, aufgenommen am 16.01.2013

Am Fußpunkt der Kellerfenster treten hohe Wärmeverluste auf. Auch die Verglasung der Kellerfenster hat eine schlechte thermische Qualität.

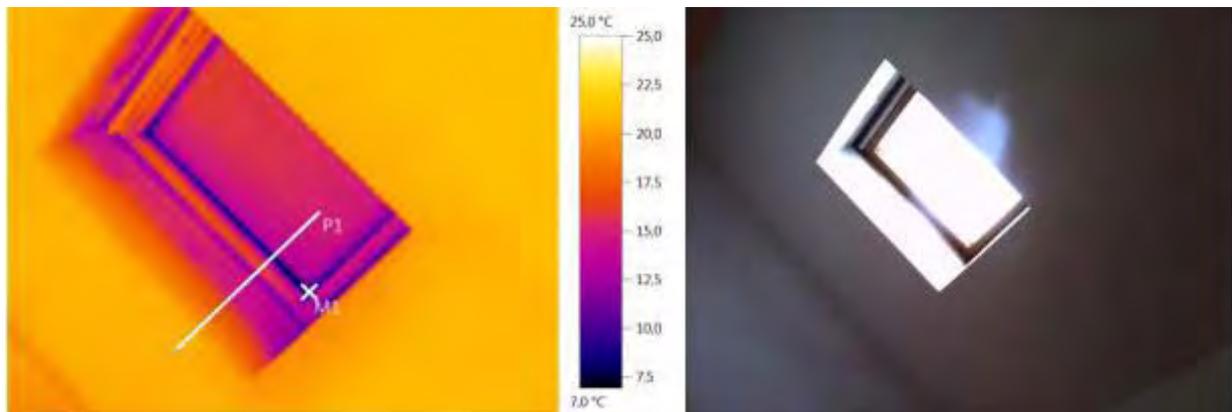


Abb.12: Innenraum - Thermografien „Haus K.“, aufgenommen am 16.01.2013

Profillinie:

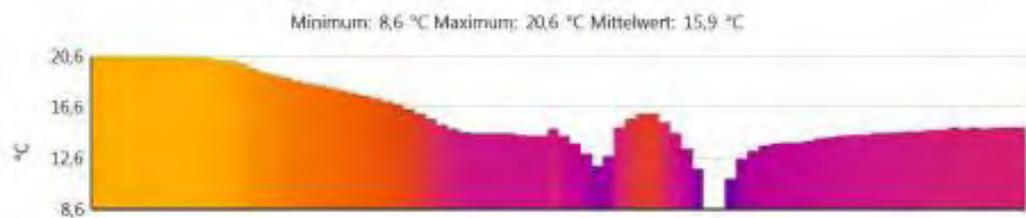


Abb.13: Histogramm - Innenraum - Thermografie „Haus K.“, aufgenommen am 16.01.2013

Dachflächenfenster über Stiegenhaus: Es zeigen sich gravierende Wärmebrücken am Glasrand, Rahmen und Einbaufuge. Auch die Verglasung weist eine schlechte thermische Qualität auf. Das Fenster wurde inzwischen ausgetauscht.

Energiebilanzen

Die nachfolgende Abbildung 14 zeigt eine Square View Repräsentation des Gesamtsystems im Heizfall. Diese Darstellung soll die relevanten Energieflüsse zwischen den verschiedenen Energiequellen, den Einzelkomponenten des Gesamtsystems und den Verbrauchern verdeutlichen. Speicher- und Rohrleitungsverluste bleiben in dieser schematischen Darstellung unberücksichtigt. Beschriftete Pfeile kennzeichnen Energieströme, die von Zählern erfasst werden. Nicht ermittelbar sind Faktoren wie die Wechselwirkung des Erdspeichers mit dem umgebenden Erdreich.

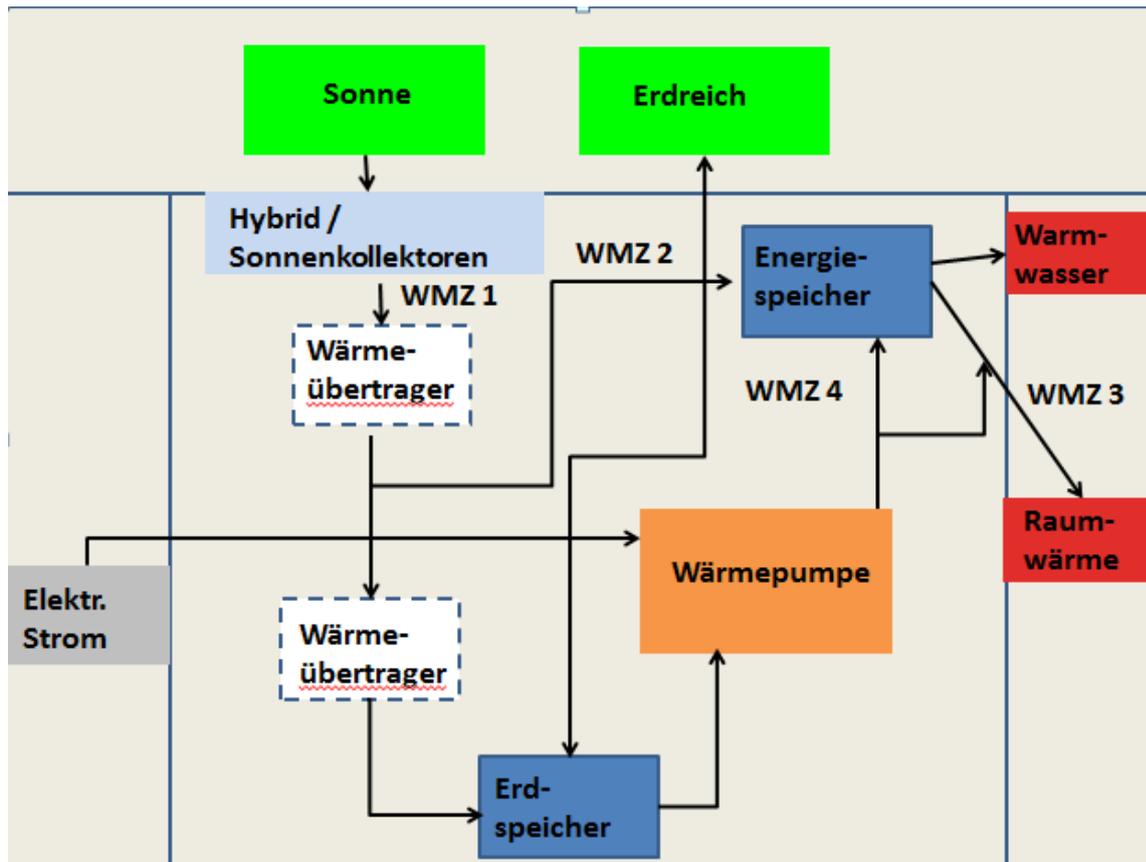


Abb.14: Gesamtheizsystem von „Haus K.“

Gesamtsystem

Die in der nachfolgenden Abbildung 15 dargestellten kumulierten Gesamtenergiemengen des Hauses K. zeigen einerseits die Wärmeinputs in das Gesamtsystem (grün: solarthermische Kollektoren, rot: Hybridkollektoren, violett: Wärmepumpe) sowie den Wärmeoutput (blau: Raumheizung).

Der Warmwasserbedarf wurde nicht gesondert ermittelt. Der Energieertrag der thermischen Kollektoren ist über den betrachteten Zeitraum relativ konstant. Der Wärmeinput des Hybridkollektors nimmt im Winter leicht zu. Klar ersichtlich ist der vermehrte Einsatz der Wärmepumpe zur Abdeckung des Raumwärme- und Warmwasserbedarfs ab Anfang November.

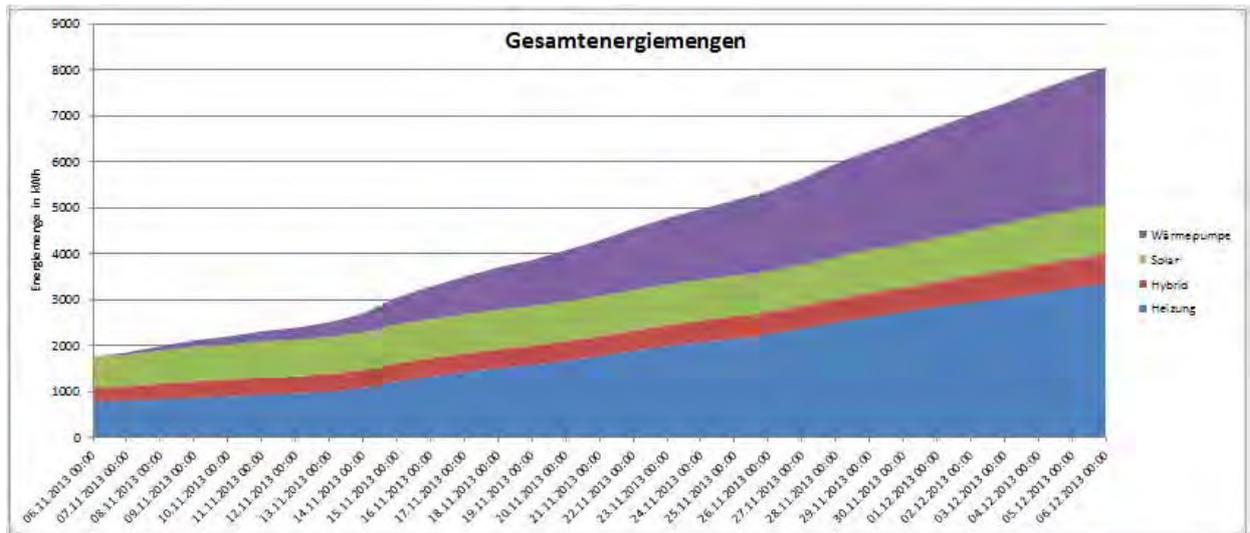


Abb.15: Kumulierte Gesamtenergiemengen des „Hauses K.“

In der nachfolgenden Abbildung 16 sind die einzelnen Energiemengen pro Tag erkennbar. Der Beginn der Heizsaison ist mit 13.11.2013 ersichtlich. Im Zeitraum von 19.11-24.11.2013 war der Energieertrag des Hybridkollektors deutlich höher als der des solarthermischen Kollektors.

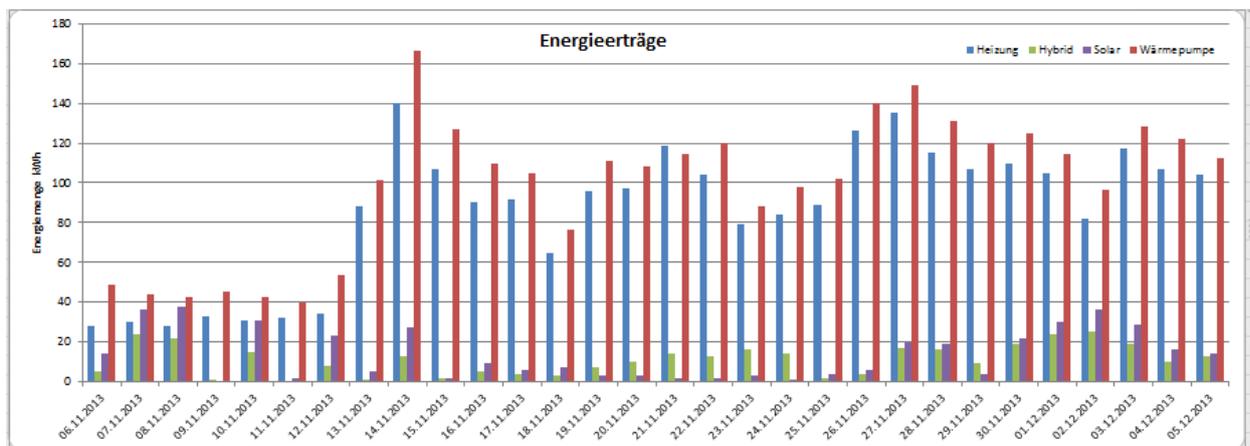


Abb.16: Energiemengen pro Tag des „Hauses K.“

Aus der obigen Abbildung wird vor allem deutlich, dass eine Deckung des Heizenergiebedarfs in den Wintermonaten allein durch die thermischen sowie Hybridkollektoren derzeit nicht möglich ist. Ein großer Teil des Wärmebedarfs wird von der Wärmepumpe abgedeckt.

Energiebilanz Gesamtsystem

Die in der nachfolgenden Abbildung 17 dargestellte Energiebilanz des Gesamtsystems zeigt einerseits die drei Wärmeinputs (hellblau: Solarwärme von den thermischen Kollektoren, grün: Hybridkollektoren, blau: Nachheizung durch die Wärmepumpe) und andererseits den

Output (rot: Raumheizung). Die Erträge des Hybridkreises und des Solarkreises während dieser Zeit fließen praktisch zur Gänze in den Erdspeicher. Der Unterschied zwischen dem Input Wärmepumpe und Output Heizung stellt also in etwa die Wärmemenge für die Warmwasserbereitung und die Verluste dar.

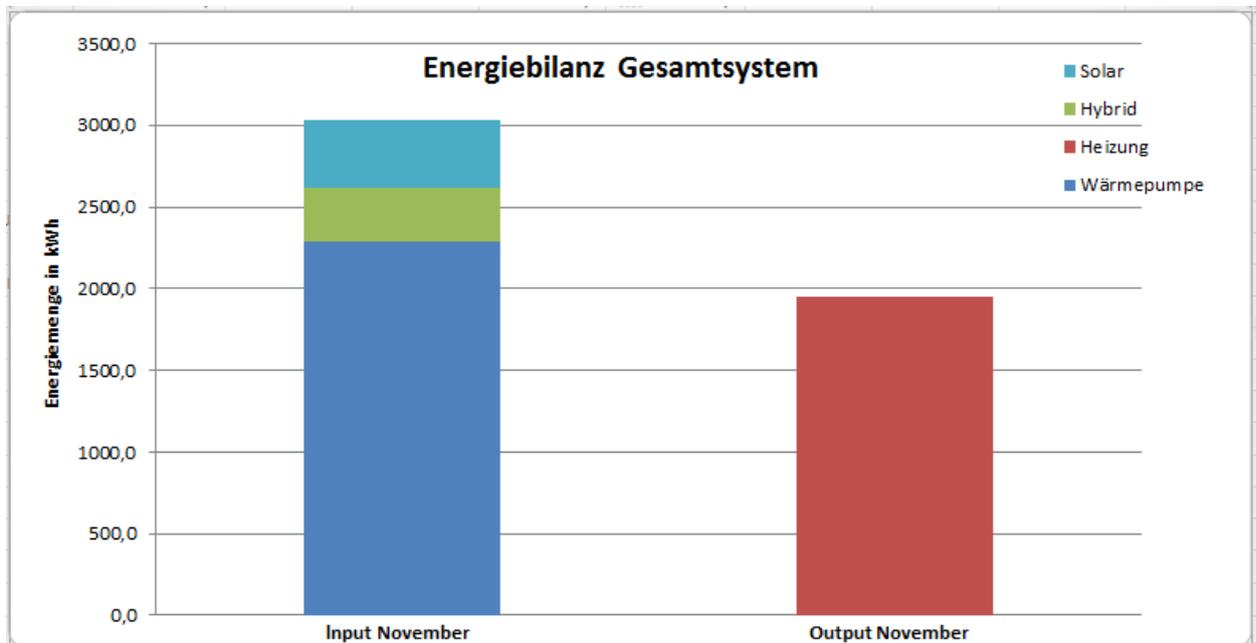


Abb.17: Energiemengen pro Tag des „Hauses K.“

Erdspeicher

In der nachfolgenden Zeichnung (Abb.18) ist der Grundriss des Erdspeichers mit der Position der Messfühler dargestellt.

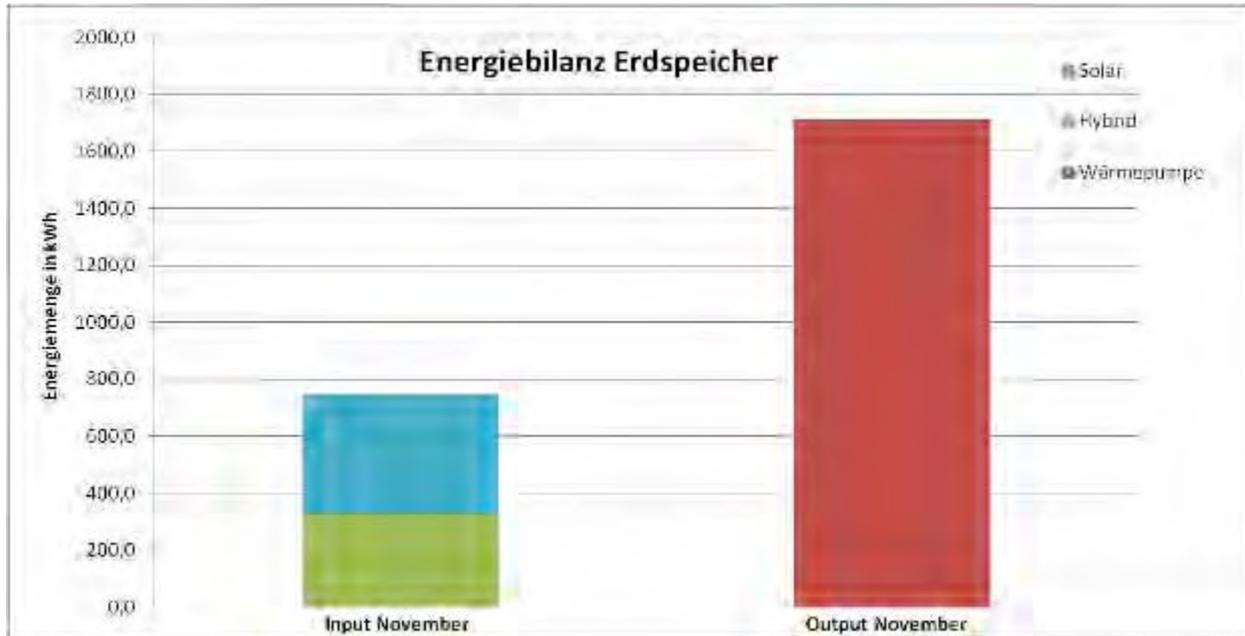


Abb.19: Wärmeeintrag in / Wärmeertrag aus dem Erdspeicher

Aufgrund des Aufbaus des Erdspeichers ist die Speichertemperatur nicht nur vom Nettowert der zu- bzw. abgeführten Energiemenge abhängig. Einerseits gibt es nicht messbare Wechselwirkungen (Energieverluste bzw. -gewinne) des Erdspeichers mit seiner Umgebung, andererseits ist das Temperaturniveau der zugeführten Energiemenge variabel (Unterschied zwischen Solarenergie- und Hybridkollektoreinträgen).

Die Temperaturverläufe im Erdspeicher sind in der nachfolgenden Abbildung 20 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass sich der Speicher von einer mittleren Speichertemperatur von 33,8°C Ende September auf 3,3°C Mitte Dezember entladen hat. Dieser Verlauf ist eher untypisch, da die Entladung relativ schnell erfolgt. Hauptursache ist der zu hohe Heizwärmebedarf des Hauses, bei dem einige thermische Sanierungsmaßnahmen noch möglich sind (siehe auch Thermografische Qualitätskontrolle).

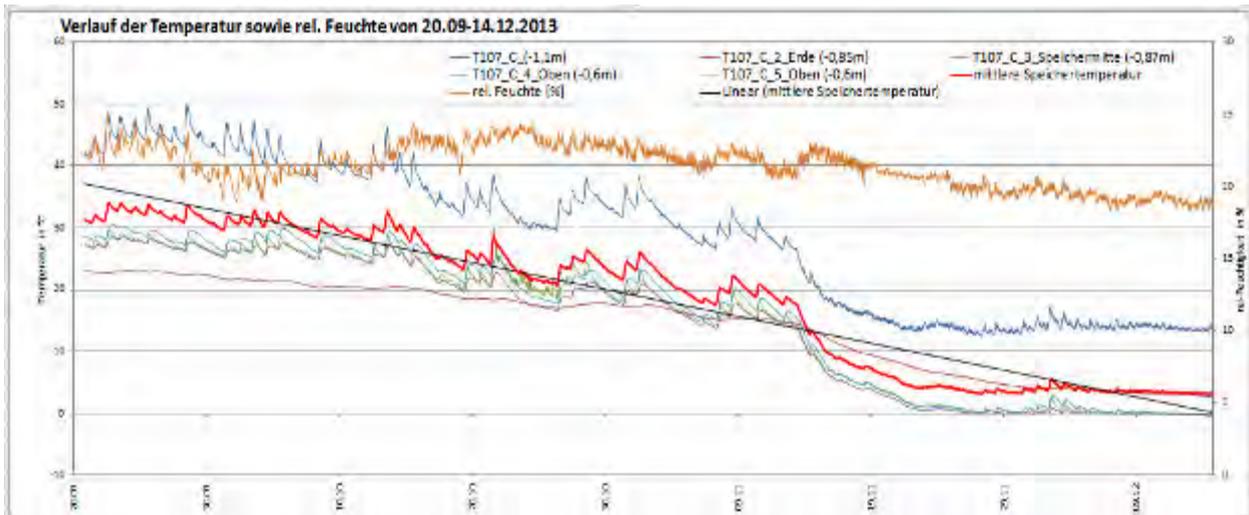


Abb.20: Temperaturverläufe im Erdspeicher

Die relative Feuchte im Boden verhält sich wie erwartet und bleibt über den Betrachtungszeitraum relativ konstant zwischen 18 % und 25 %.

Beim Verlauf der Erdspeichertemperaturen zeigt sich das Phänomen, dass der Sensor T107_C, welcher 1,1m unter Erdniveau angebracht ist, eine um ca. 10 K höhere Temperatur anzeigt als die anderen Temperaturfühler. Die Ursache für diese Abweichung kann erst durch längerfristige Beobachtung geklärt werden.

Raumheizung

Die in der nachfolgenden Abbildung 21 dargestellten Energieströme für die Raumheizung umfassen den Wärmeverbrauch im Heizfall im November 2013 (blau).



Abb.21: Wärmeverbrauch im Heizfall im November 2013

Lufttemperatur und Luftfeuchte im Haus

In der nachfolgenden Abbildung 22 ist die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchte im Erdgeschoß und im ersten Obergeschoß wie auch die Außentemperatur im Zeitraum vom 14.07. bis 27.12.2013 dargestellt.

Wie man in der Abbildung erkennt, liegt die Lufttemperatur im Obergeschoß (hellblaue Kennlinie) in den Sommermonaten deutlich über der Lufttemperatur im Erdgeschoß (rote Kennlinie). Dies liegt hauptsächlich daran, dass das Erdgeschoß thermisch stärker an das kühlere Kellergeschoß gekoppelt ist. Bei Außenlufttemperaturen (grüne Kennlinie) von bis zu 39 °C treten im Erd- und Obergeschoß Temperaturen um die 30°C auf. Diese Temperaturen stellen bei dem vorliegenden Reihenhaus in Leichtbauweise moderate Werte dar. Im Herbst verhält es sich genau umgekehrt und die Temperatur im Erdgeschoß ist deutlich höher, was auf die größeren Hüllflächen im Obergeschoß und die damit zusammenhängende Abkühlung zurückzuführen ist.

Anzustreben wären im Winter Raumtemperaturen um die 22°C, im Sommer bis zu 26°C. Durchschnittlich liegen die Temperaturen im Sommer (14.07.-23.09.2013) im „Outdoor Lab“ im EG und OG bei 25°C sowie im Winter (24.09.-27.12.2013) bei 22,1°C im EG und 21,5°C im OG. Es werden daher weitgehend behagliche Raumtemperaturen erreicht.

Die relative Luftfeuchtigkeit als weiterer beeinflussender Parameter für die Behaglichkeit sollte in Aufenthaltsräumen zwischen 30-65% liegen. Während dem betrachteten Zeitraum kommt das Raumklima bis auf wenige kurze Spitzenwerte dieser Forderung nach.

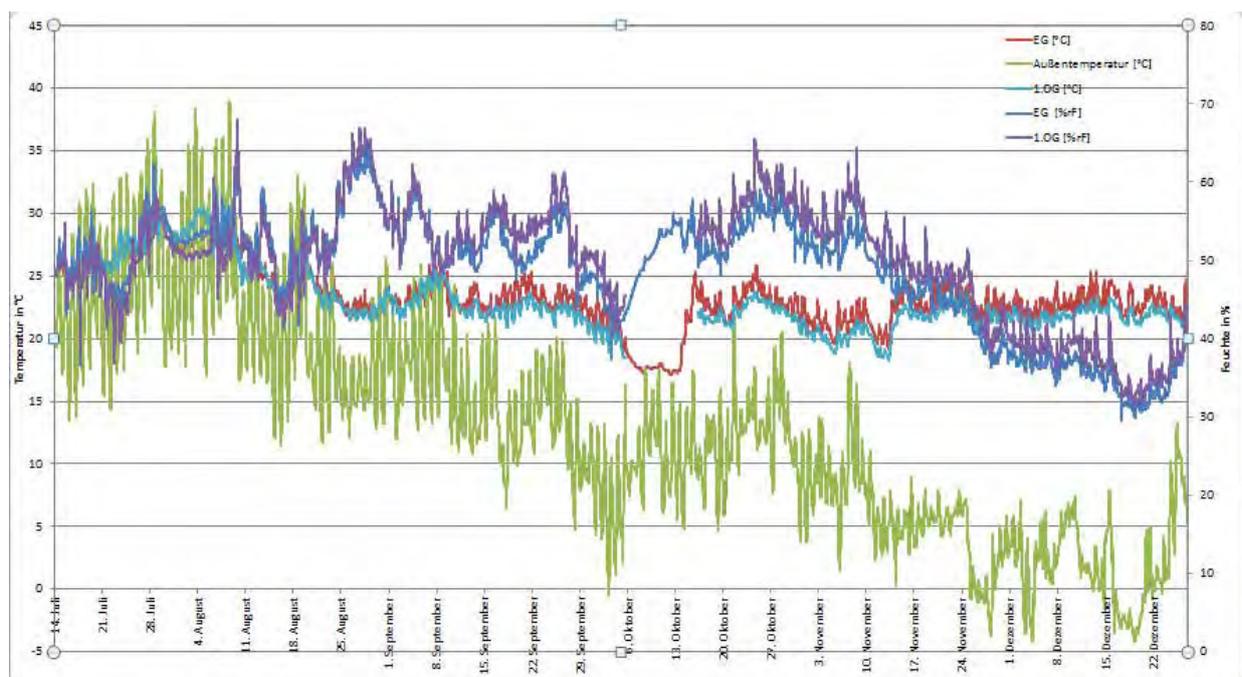


Abb.22: Lufttemperatur und die relative Luftfeuchte im Erdgeschoß und im ersten Obergeschoß

Solarthermie versus Hybridkollektor

Aus der nachfolgenden Abbildung 23 sind die spezifischen Wärmeerträge bezogen auf einen Quadratmeter Bruttokollektorfläche der solarthermischen Kollektoren im Vergleich zu den Hybridkollektoren ersichtlich.

Im Betrachtungszeitraum 06.11.-06.12.2013 war der spezifische Wärmeertrag (kWh/m²) der Hybridkollektoren um 4,29 % geringer als der Wärmeertrag der thermischen Kollektoren. Hybridkollektoren bieten besonders im Sommer aufgrund ihrer Funktionsweise einen Kühleffekt und dadurch höhere Erträge. Im Winter kann im Gegensatz zu den thermischen Kollektoren auch stärker Umgebungswärme genutzt werden, wenn die Außentemperatur genügend hoch über der Erdspeichertemperatur liegt. Dies war z. B. zwischen 19.11. und 24.11.2013 der Fall.

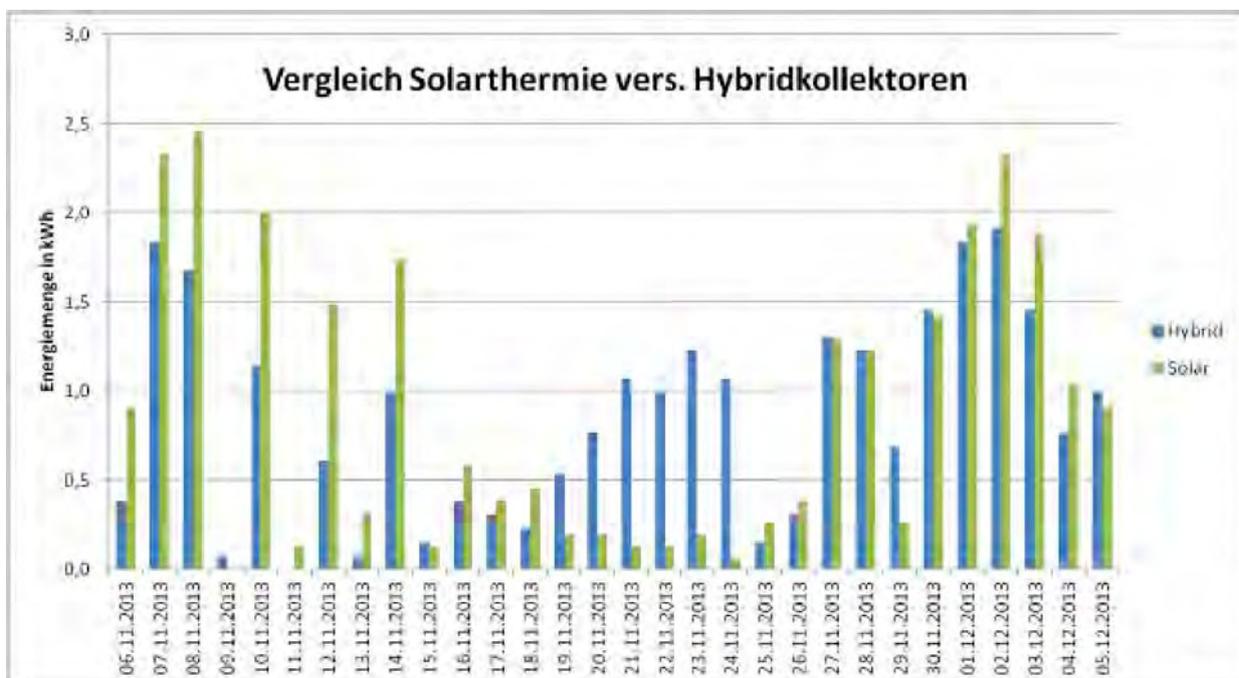


Abb.23: Spezifische Wärmeerträge bezogen auf einen Quadratmeter Bruttokollektorfläche

Stromerträge aus den Photovoltaikmodulen bzw. Hybridkollektoren

Das vorliegende Projekt beschränkt sich bei der Auswertung des Monitorings auf eine Plausibilitätsprüfung, da zum Zeitpunkt der Berichtserstellung auf keine Einstrahlungsdaten zurückgegriffen werden konnte. Als weiterer Aspekt soll mittels der Erträge eine Aussage über die Eignung der Hybridkollektoren im Vergleich zu den Standard-Photovoltaikmodulen getroffen werden.

In der nachfolgenden Abbildung 24 sind die kumulierten Erträge der Photovoltaikanlage im Vergleich zur Hybrid-Anlage erkennbar. Interessant ist, dass die Hybridkollektoren über den betrachteten Zeitraum relativ konstante Erträge liefern. Die PV Module weisen die erwartete Charakteristik auf.

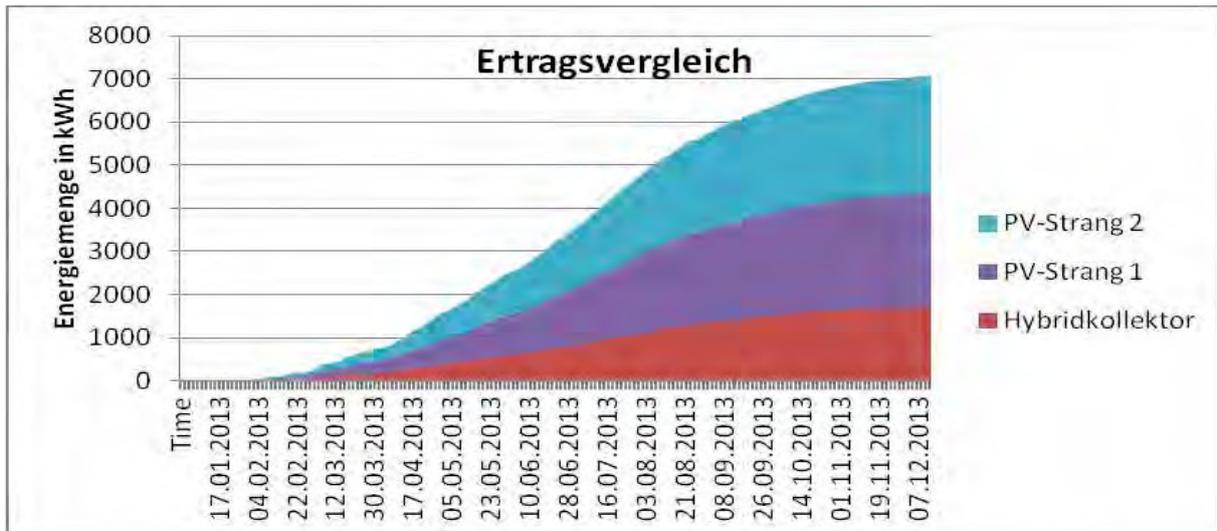


Abb.24: Kumulierte Erträge der Photovoltaikanlage im Vergleich zur Hybrid-Anlage

Bei der Analyse der einzelnen Stränge ist erkennbar, dass der zweite PV-Strang tendenziell mehr Strom produziert (2,94 % mehr im Betrachtungszeitraum). Dieser Mehrertrag ist einerseits durch Mismatchverluste der Module, andererseits durch Verschattungen von umliegenden Bäumen zu erklären.

Vergleicht man die Monatswerte des spezifischen Ertrags (kWh/kWp) in der nächsten Abbildung 25, ergibt sich ein höherer Ertrag bei den Photovoltaikmodulen von 3,6 % bis 24,9 % in den Monaten von Februar-September. In den Monaten Oktober und November ergibt sich ein höherer Ertrag von 4,6 % bzw. 6,6 % bei den Hybridkollektoren. Da der Betrieb der Hybridkollektoren im Oktober optimiert wurde, werden für das nächste Jahr höhere Werte erwartet.

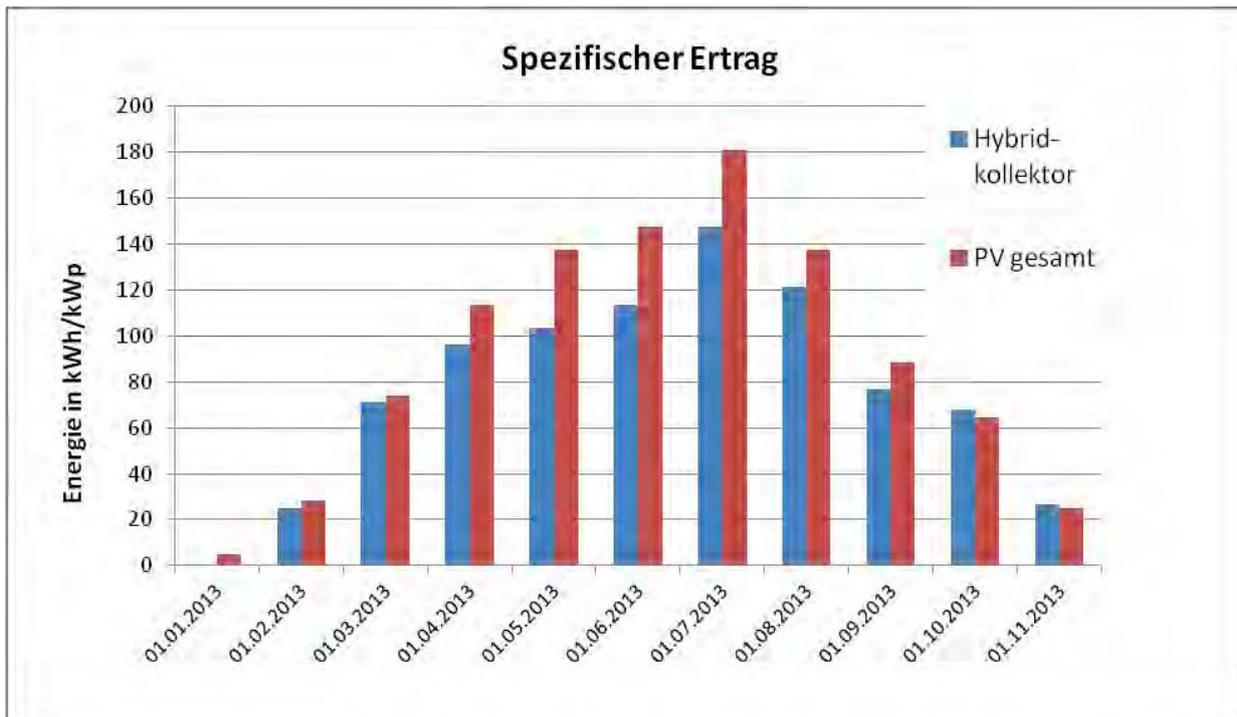


Abb.25: Kumulierte Erträge der Photovoltaikanlage im Vergleich zur Hybrid-Anlage

Elektrischer Gesamtverbrauch versus elektrische Produktion durch Photovoltaik und Hybridkollektoren

Aufgrund der Analyse der Stromrechnungen aus den letzten Jahren konnte ein mittlerer Jahresstromverbrauch für Haushaltsstrom und zur Wärmeerzeugung von ungefähr 6.500 kWh im Jahr ermittelt werden.

Eine erste Analyse der PV-Erträge erfolgte im Zeitraum von 05.02.2013-13.12.2013, d.h. für die Betrachtung konnte nahezu ein Jahr herangezogen werden (siehe Abb. 26).

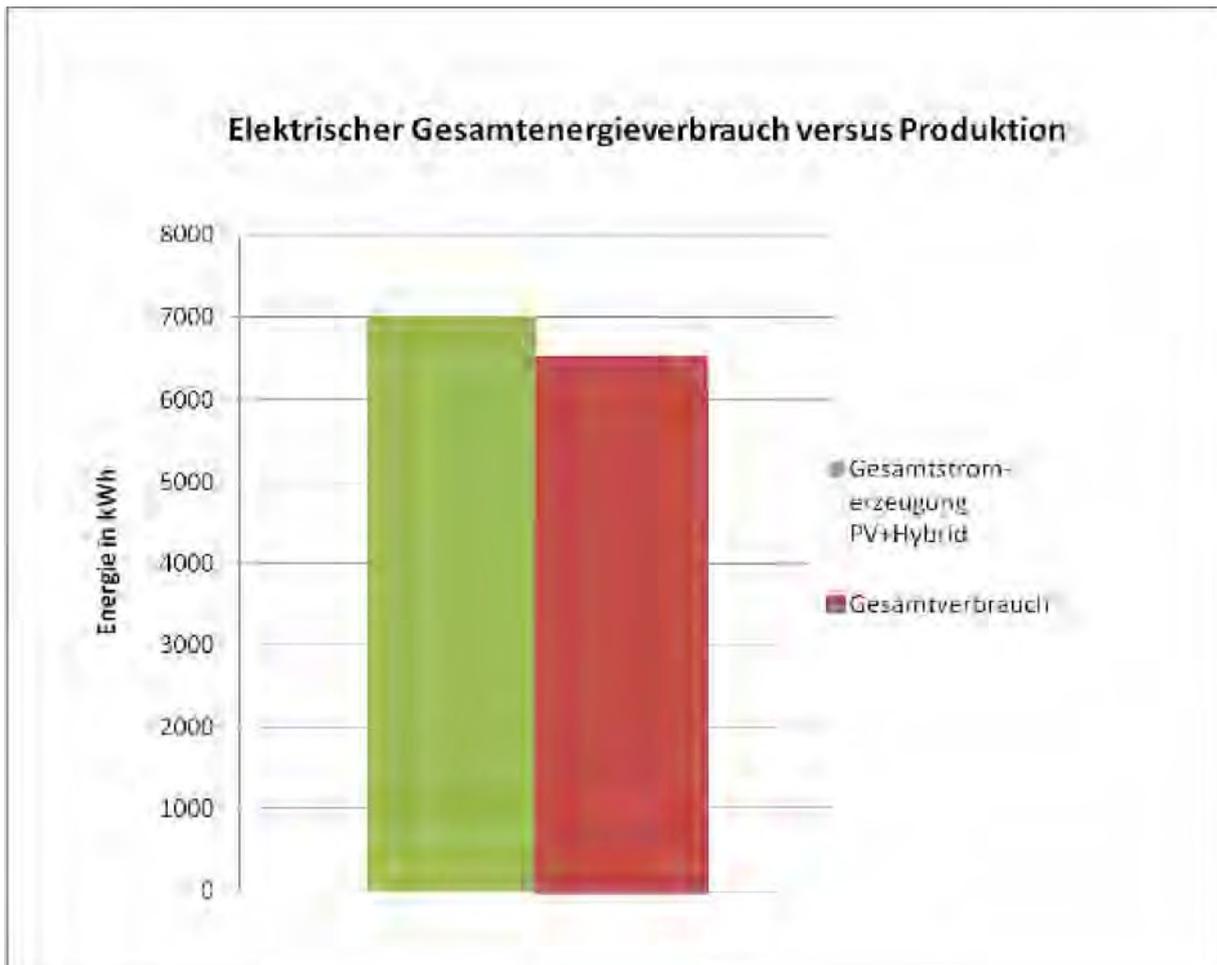


Abb.26: PV-Erträge erfolgte im Zeitraum von 05.02.2013-13.12.2013

Summiert man die Erträge der Standard-Photovoltaikmodule sowie der Hybridkollektoren auf, kann man davon ausgehen, dass über das Jahr gesehen mindestens die Menge an Energie produziert wird, die auch verbraucht wird. Damit wurde die Zielsetzung eines Plus-Energie-Hauses erreicht.

3.2 Resultate der Kosten-Nutzen-Analyse

Die Nachfrage nach kostenoptimierten Plusenergiehäusern steigt. Mit dem im Projekt eingesetzten Analyseverfahren sind die Bedingungen und Wirkungen technischer Innovationen von **Plus-Hybrid** für die dezentrale Integration hybrider erneuerbarer Energieträger in dem „Outdoor – Labor“ untersucht worden. Die Ermittlung der Systemkosten der Demonstrationsanlage ist nachfolgend dargestellt. Ergebnisse dieser Analysen sind mit industriellen Kooperationspartnern diskutiert worden. Die folgende Darstellung enthält Vergleiche zu anderen Referenzprojekten wie auch Beiträge von „Adora⁷“- und „BES⁸“-Systeme, welche aus **Plus-Hybrid** entstanden sind bzw. aus den Erkenntnissen wertvolle Informationen für die Produktspezifikation bekamen. Beide Systeme sind für zukünftige Plusenergiegebäude geeignet.

Die in Tab. 1 zusammengefassten Kosten sind fallspezifisch, da z.B. 4 Solarkollektoren à 2,576m² schon vorhanden waren, welche um zwei Sonnenkollektoren und acht Hybridkollektoren erweitert wurden. Weitere Besonderheiten bildeten die elektrische Verkabelung der Hybridkollektoren zum Wechselrichter als auch das teilweise zur Verfügung stellen von Messgeräten.

Tab. 1: Zusammenfassende Kostendarstellung des **Plus-Hybrid** Outdoor-Labors

Subsysteme	Kosten [€]
Hybridkollektorteil	26.740,31
Erdspeicher	28.882,00
Wärmepumpe	17.900,00
Energiemanagement	4.108,67
Total	77.630,98

Die Benefits für den Bauherrn und seiner Gattin wurden dem Projektteam im Rahmen eines Interviews mitgeteilt und reflektiert recht anschaulich den erwarteten Zusatznutzen im Sinne einer Komfortverbesserung und Optimierung der Versorgungssicherheit. Danach steht den Ausgaben für eine durch die lokalen Behörden erwirkte Parkraumlösung des Standorts, für einen notwendigen mittelfristigen Ersatz des in die Jahre gekommenen Erdgasheizsystems und für einen gewünschten solargespeisten Stromanschluss jetziger und zukünftiger Elektrofahrzeuge folgender Zusatznutzen gegenüber:

⁷ Ing. Wolfgang Himler (Firma „Endlich daheim“ bzw. Firma „Winter“, Rudersdorf) et al.

⁸ BuildingEnergySolutionsGmbH:(vormals IMMOSOLAR)

- Der selbst produzierte Solaranteil ist signifikant gesteigert worden und die Energieversorgung der Gebäudenutzer ist unabhängiger von Netz-Black-Outs.
- Die neue Solarüberdachung erweitert den trockenen Teil der Terrasse und gibt nutzbare Schattenplätze auf dem Balkon im Sommer.
- Liegenschaftsaufwertung des Gebäudes - schon jetzt hat eine niedrige Energiekennzahl einen zwar schwachen, aber signifikant positiven Einfluss auf den Immobilienwert⁹ und es ist anzunehmen, dass dieser Einfluss zunehmen wird, wenn entsprechend mehr Beobachtungen zur Verfügung stehen.
- Das Carport hat sich schon im Sommer als Freizeitort zum Fußballspielen etabliert.
- Die Realisierung des Erdspeichers brachte neue Erde für den Garten und dessen Neugestaltung.
- Wenn die Gesamtanlage mit ihren vielen Komponenten weder zu warm noch zu kalt läuft, dann stellt sich auch ein Wohlgefühl ein, welches sich mit Stolz paart, das System und seine Komponenten anderen potentiellen Investoren zu zeigen.

Zum im **Plus - Hybrid** Outdoor – Labor umgesetzten Energiekonzept liegen insbesondere im Einfamilienhausbereich keine direkt vergleichbaren und gut dokumentierten Objekte vor.

- Am ehesten ist ein Einfamilienhaus in der Nähe von Bamberg/Deutschland (Objekt 1) vergleichbar, bei dem die Sauberkeitsschicht unter dem Haus mit Rohrschlangen versehen und das Erdreich darunter als thermischer Speicher genutzt wurde¹⁰. In dem nach unten offenen Erdreichwärmespeicher wurden Erdreichtemperaturen von maximal 22 °C durch die Wärmeeinspeisung eines solarthermischen Kollektorkreises erreicht. Die Wärme verteilte sich sehr rasch im Erdreich, so dass nur eine geringe saisonale Speicherung möglich war. Durch den Wärmeentzug über die Wärmepumpe ist das Erdreich unter der Bodenplatte im Winter überwiegend kühler, was zu zusätzlichen Wärmeabflüssen ins Erdreich führte. In diesem Fall war keine PV-Anlage zur Stromversorgung vorhanden.
- In einer anderen Pilotanlage (Objekt 2) in der Nähe von Frankfurt/Deutschland¹¹ wurde eine Kombination von Hybridkollektoren, Wärmepumpe und Erdreichtiefensonden zur Wärmeversorgung eines Einfamilienhauses untersucht. Durch die Hybridkollektoren ergab sich ein elektrischer Mehrertrag von etwa 4 % gegenüber konventionellen PV-Paneelen. Der Wärmeertrag der Hybridkollektoren wird hauptsächlich zur Regeneration der Erdsonden eingesetzt. Durch die dadurch erzielten höheren Temperaturen im Erdreich können im Wärmepumpenbetrieb etwa 10 bis 15 % an elektrischer Energie eingespart werden. Für eine ausgeglichene Jahresbilanz bei der elektrischen Energie - also das Erreichen des Plus-Energie-Ziels

⁹ Grundpreissimulationen wurden von D. Bökemann und W. Feilmayr vom Institut für Stadt- und Regionalforschung der TU Wien entwickelt

¹⁰ Sören Peper et al.: Messtechnische Untersuchung und wissenschaftliche Auswertung zur saisonalen Wärmespeicherung über Sole-Register unter der Bodenplatte eines Passivhauses mit Dämmschürze

¹¹ E: Bertram et al.: Wärmepumpensysteme mit ungedeckten photovoltaisch-thermischen Kollektoren

– wurde eine Hybridkollektorfläche von etwa 2m² pro verbrauchter MWh Wärmeenergie bzw. 0,23 kW/MWh ermittelt.

- Eine eher konventionelle Lösung stellt die Kombination von Wärmepumpen mit Erdsonden und Standard-PV-Systemen dar. Die Ergebnisse der Kostenuntersuchungen in Anhang A4 zeigen auf, dass die Kosten des **Plus-Hybrid** Systems für das „Haus K“ bei etwa 60 – 80% der konventionellen Lösung liegen. Dieses konnte aber nur durch die Ko-Finanzierung via **Plus-Hybrid** erreicht werden, da die gewählte Kombination neu ist und somit Erfahrungen erst gemacht werden mussten.

Unterstrichen werden die oben getätigten Ausführungen durch die folgende Gegenüberstellung der vorher genannten Objekte in der Tabelle 10 und die nachfolgenden Erläuterungen.

Tabelle 1 Übersicht über Eckdaten der zum Vergleich herangezogenen Gebäude

Gebäude	Baujahr	Nutzfläche [m ²]	Thermische Qualität	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
Outdoor Lab, Haus K	1989	195	Durchschnittlich ¹⁾	Keine
Objekt 1	2006	152	Sehr hoch	Hocheffizient
Objekt 2	2008	280	Durchschnittlich	Keine

¹⁾ siehe Anhang A1 Infrarot Thermografie

Die in Tabelle 10 angeführten Eckdaten zeigen auf, dass ein Komponenten- aber kein Systemvergleich möglich ist. Auch ist die thermische Qualität der Gebäude sehr unterschiedlich. Beim Haus K und Objekt 1 wird ein Erdspeicher genutzt, während Objekt 2 mit Erdwärmefensonden betrieben wird. In allen drei Fällen wird solare Wärme in das Erdreich eingebracht und die Erdreichtemperaturen angehoben. Diese Wärme wird im Wärmepumpenbetrieb teilweise wieder entzogen und die Temperaturanhebung führt zu höheren Jahresarbeitszahlen. Im Haus K und Objekt 2 werden Hybrid-Kollektoren zur Strom- und Wärmegewinnung eingesetzt.

Beim Haus K wurde ein eigener Sandspeicher neben dem Haus 110 cm tief in das Erdreich eingebettet und seitlich bis auf diese Tiefe gut wärmegeklämt, während im Objekt 1 nur eine 45 cm breite Dämmschürze rund um die Sauberkeitsschicht angebracht wurde. Auf Grund der schlechteren Dämmung des Erdspeichers und der Regelstrategie wurden im Objekt 1 nur Erdreichtemperaturen von maximal 22 °C erreicht. Beim Haus K wurden Erdspeichertemperaturen über 30 °C gemessen und damit eine bessere Ausnutzung des Speichers sowie ein niedrigerer Stromverbrauch im Wärmepumpenbetrieb erzielt. Beim

Objekt 1 wurde außerdem in einer groben Abschätzung festgestellt, dass deutlich weniger als 20 % der eingespeicherten Wärme wieder entnommen werden konnten.

Beim Haus K und dem Objekt 2 lassen sich die Hybridkollektoren gut vergleichen. Im Objekt 2 lieferten die Hybridkollektoren einen tatsächlichen elektrischen Mehrertrag von etwa 4 % gegenüber konventionellen PV-Paneele. Bei günstigen Voraussetzungen wurde ein Mehrertrag von etwa 10 % ermittelt. Im Haus K wurden Mehrerträge von etwa 5 % bis 7 % gemessen. Durch die mit den Hybridkollektoren angehobenen Temperaturen im Erdreich konnten im Objekt 2 die Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpe um 0,4 bis 0,6 verbessert werden.

Weitere Schlussfolgerungen können auf Grund der beschränkten Vergleichbarkeit der Projekte wissenschaftlich seriös nicht gezogen werden.

Über das Projekt ergaben sich zwei nachfolgend neue Kooperationen mit externen Firmen, für die das Projekt **Plus- Hybrid** Impulse zur Weiterentwicklung des Hybridansatzes gab. Die relativ neu am Markt befindlichen Systeme: „Adora¹²“ - und „BES¹³“ wurden im Rahmen des Projekts dem Team vorgestellt und über Stärken wie auch Schwächen von **Plus-Hybrid** offen diskutiert. Aus den Erkenntnissen entstanden wertvolle Informationen für die Produktspezifikationen beider für zukünftige Plusenergiegebäude geeigneter Systeme:

- „**Adora**“ - Im Herbst 2012 begann eine Kooperation zwischen mehreren Firmen aus dem Baubereich, einer Werbefirma und einem Mitglied des Projektteams **Plus-Hybrid** mit dem Ziel, ein möglichst wirtschaftliches Plusenergiehaus auf den Markt zu bringen. Intention von „Adora“ ist es, Wohnbedürfnisse von Familien auf einer Nutzfläche von 120 m² zu decken. Das Gebäude wird wie ein klassisches Fertigteihaus konzipiert. Inklusiv der Ausstattung mit Hybridkollektoren soll ein Preis unter 250.000,- € (brutto) bezugsfertig angestrebt werden. Ausgangspunkt ist ein energetisch optimiertes Gebäude mit einem sehr geringen Wärmebedarf. Neben einem sehr guten Preis-Leistungsverhältnis für das Gebäude soll das Energiekonzept auch weitergehende Maßnahmen zur Nachhaltigkeit enthalten.
- „**BES**“ - einen weiteren Zielmarkt hat der Lieferant der Wärmepumpe vom **Plus-Hybrid** „Outdoor Lab“ im Visier. Innovativ-kommerzielle Gebäude mit einer Heizlast von mehr als 35kW werden mit den gleichen Erdspeicherregistern wie beim **Plus Hybrid** „Outdoor-Lab“ ausgerüstet. Für großflächige Gewerbeobjekte ist eine größtmögliche Minimierung der Betriebskosten unumgänglich. Investitionskosten von 2000 – 3600 € (netto) pro kW Heizlast oder 120 - 150 € / m² Nutzfläche werden vom Hersteller genannt (beruhend auf umgesetztem Referenzgebäude) und ermöglichen eine Amortisation innerhalb von 5 – 7 Jahren.

¹² Ing. Wolfgang Himler (Firma „Endlich daheim“ bzw. Firma „Winter“, Rudersdorf) et al.

¹³ BuildingEnergySolutionsGmbH:(vormals IMMOSOLAR)

4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

4.1 Einpassung in das Programm

Im Rahmen des Projekts **Plus- Hybrid** waren wissenschaftliche Begleitarbeiten an einem konkreten Umsetzungsobjekt, dem „Outdoor-Lab“ vorgesehen. Neben einer Beibehaltung der hohen Wohnqualität im beobachteten Objekt induziert das Projekt folgende Effekte:

- + Eine signifikante Reduktion des CO₂-Ausstoßes.
- + Eine effektive Symbiose von Energieeffizienz und lokalen Energieressourcen auf Basis empirischer Projektergebnisse.
- + Eine Stärkung der nationalen und internationalen Wettbewerbsfähigkeit durch die Replikation an Objekten der kooperierenden MultiplikatorInnen aus der Bauindustrie.

Für Österreich stellt die Vorsorgepolitik zum Schutz der Erdatmosphäre und hier insbesondere die Reduktion der klimarelevanten Emissionen eine besondere Herausforderung dar. Die Notwendigkeit des wirtschaftlichen Handelns ergibt sich aus der Knappheit der Mittel im Vergleich zu den menschlichen Bedürfnissen. Die Ressourcen der konventionellen Energieträger wie Öl, Gas, Kohle und Uran werden bereits mittelfristig knapp. Hierdurch ergibt sich die Notwendigkeit der technisch richtigen Gestaltung von Ökonomie und Ökologie. In diesem Prozess der Ökologisierung der Wirtschaft bekommt auch die symbiotische Nutzung der Solarwärme mit Wärmepumpen im Niedrigenergie- und Passivhausbereich einen immer höheren Stellenwert.

- *Schaffung der technologischen Basis für das Gebäude der Zukunft („Plus-Energie-Haus“)*

Die zukünftige technologische Herausforderung der Solarthermie liegt in der Steigerung des solaren Deckungsgrades. Die weitere technologische Entwicklung der Photovoltaik ist auf die dynamische Marktverbreitung ausgerichtet und bündelt ihre Innovationskraft in Komponentenoptimierungen zur Steigerung der Wirkungsgrade und Reduktion der Systemkosten, welche noch immer das zentrale Hemmnis für eine stärkere Marktdiffusion darstellen. Um den genannten Herausforderungen zu begegnen, werden Hybrid- bzw. Kombimodule weiterentwickelt, die effektiv den Vorteil des geringeren Flächenverbrauchs im Vergleich zu Einzeltechnologien für die Erzeugung von Strom und Wärme ausnutzen.

Im Segment der Wärmepumpen sind Technologiesprünge bezüglich der zugrunde liegenden prinzipiellen Mechanismen bzw. der Anlageneffizienz in Zukunft nicht zu erwarten, da diese Technologie weitestgehend ausgereizt ist.¹⁴ Der für den Betrieb notwendige Strom vom

¹⁴ P. Biermayr, W.Weiss et al `Photovoltaik, Solarthermie und Wärmepumpen in Österreich`Erneuerbare Energien, 2-09

öffentlichen Netz ist ein Technologiemix mit fossilen und im Zuge der Liberalisierung steigenden nuklearen Energieanteilen. Daher stellt sich immer wieder die Frage, wie ökologisch die Nutzung der Wärmepumpentechnik ist. Das Projekt **Plus-Hybrid** möchte mit seinen Messergebnissen zur „Ökologisierung des Meinungsbildes“ von Wärmepumpen beitragen, indem es die lokal emissionslosen Hybridtechnologien effektiv miteinander verknüpft. Damit können Plusenergiehäuser in naher Zukunft industriell verbreitet über ihren Gesamtlebenszyklus mit dem solaren Überschussstrom als CO₂-Senken fungieren. Vorhandene Technologien werden in einem gesamtheitlichen Konzept so zusammengeführt, dass das Gesamtsystem mehr ist, als nur die Summe der Einzelkomponenten.

- *Nationale/internationale Einordnung ambitionierter integraler Gesamtkonzepte für Plusenergiegebäude*

Die Firma Drexel und Weiss energieeffiziente Haustechniksysteme GmbH hat national und international im Niedrigenergie- und Passivhausbereich eine sehr gute Marktposition. Diese soll auf Basis fundierter Resultate aus dem Projekt **Plus-Hybrid** zusammen mit projektintegrierten Multiplikatoren wie der IG Passivhaus Österreich und anderen ausgebaut werden. In weiterer Folge werden die Marktanteile abhängig von den Komponentenkosten schrittweise erhöht.

Die Projektergebnisse werden zur Marktdurchdringung von ökonomisch sinnvollen und ganzheitlich orientierten Energielösungen in zukünftigen Plusenergiegebäuden und -stadtquartieren signifikant beitragen und bilden so einen Benefit für die gesamte Gesellschaft (Wissens-Spill Over). Österreich ist zwar nur für einen Bruchteil der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich, wird aber gleichzeitig dank seiner innovativen Technologien am Sektor Energieeffizienz und erneuerbarer Energieträger international geschätzt und angefragt. **Plus-Hybrid** soll mithelfen, dass sich die österreichische Wirtschaft in dem boomenden Marktsegment für nachhaltige Energielösungen auch weiter gut behaupten kann.

- *Initiierung von Demonstrationsprojekten, um die Sichtbarkeit der Technologie und Konzepte zu gewährleisten*

Die Zielgruppen für die Ergebnisse sind primär EigentümerInnen, BauträgerInnen und Hausverwaltungen. Die konsequente Einbindung von MultiplikatorInnen in die Initiierung von Folgeprojekten an urbanen und ländlichen Standorten dient der weitflächigen Sichtbarmachung und Vermarktung der Projektergebnisse.

4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Einfamilien-, Reihenhäuser und gewerbliche Neubauten haben ein sehr hohes Potential zur Reduktion des Energieverbrauches und des Treibhausgasausstoßes. Trotz steigender Nachfrage nutzen PlanerInnen momentan dieses Einsparpotential hinsichtlich Kosteneffizienz bei weitem nicht aus, da in der Regel bei der integralen, ganzheitlichen Planung, sowie einer sozio-ökonomischen Begleitung gespart wird. Daher wurde im

vorliegenden Projekt **Plus-Hybrid** um Ko-finanzierungen für eine kostengünstige, energieeffiziente und bewohnerfreundliche Lösung mit hohem Replizierungsgrad angesucht.

Neubauten und Sanierungen des Wohnbaubestandes sind österreich- und europaweit einer der bedeutendsten Wachstumsmärkte. Bisherige eher großzügig ausgelegte hybride Haustechniksysteme sind in der Regel nicht kosteneffizient. Im **Plus-Hybrid** Projekt wird ein deutlich verbessertes Gesamtkonzept zur weitverbreiteten Replizierbarkeit, Kosteneffizienz und Nutzerzufriedenheit entwickelt. Für die Realisierung des „Outdoor Labs“ wurden Bauteile und Komponenten eingesetzt, die haustechnisch einen Mehrfachnutzen erfüllen und somit den technische Aufwand auf ein Minimum reduzieren.

Die messtechnische Erfassung von Häusern mit sehr niedrigem Energieverbrauch hat gezeigt, dass unabhängig von den „warmen“ Umschließungsflächen und hochisolierten Verglasungen die gewünschte Raumtemperatur bei etwa 22 -23 °C liegt¹⁵. Somit besteht bei luftbeheizten Gebäuden die Notwendigkeit hierfür die baulichen Voraussetzungen zu schaffen und einzuhalten. Der in **Plus-Hybrid** genutzte ganzheitliche Integrationsansatz mit seiner mehrdimensionalen Verknüpfung von Komponenten und zeitlich abgestimmten Arbeitspaketen wie auch Akteuren trägt dem Wunsch nach kosteneffizienten Wohnkomfort Rechnung. Ziel des Projekts war es, die Grundlage für leistbare, technisch optimierte Bau- und Haustechniksysteme für Plusenergiehäuser (EFH, Reihenhäuser bzw. verdichtete Bauweisen) zu entwickeln. Dieses wird anhand des „Outdoor Labs“ (siehe Kap. 3) getestet.

Besondere Berücksichtigung fand in **Plus-Hybrid** das leistungsoptimierte Design und die Auslegung der verknüpften Komponenten. Aus der schlank gehaltenen Haustechnik wird ein Maximum an Energie gewonnen und gleichzeitig dem Anspruch an Low-Tech Gebäuden entsprochen.

Niedrigenergieobjekte und Schlüsseltechnologien bilden eine energetisch ausbalancierte Symbiose, welche in der nachfolgenden industriell gefertigten Replikation kosteneffizient ausgeführt wird. Zukünftige Plusenergiehäuser mit hocheffizienten Hybridlösungen bilden langfristig CO₂-Senken für die österreichische Energieversorgung. Ergebnisse des vorliegenden Forschungsprojekts werden – so sie vom Markt angenommen werden - eine nachhaltige Dynamik für die Erweiterung und Technologieführerschaft für die kooperierenden Betrieben bringen.

¹⁵ Siehe auch : Riccabona, C. Bednar T. Baukonstruktionslehre 4. Bauphysik. Wien 2008; Endbericht Treberspurg M. Smutny R. „Nachhaltigkeitsmonitoring ausgewählter Passivhausanlagen in Wien“, Wiener Wohnbauforschung, 2009

4.3 Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind) und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt

In der Gesamtperiode konnten die in nachfolgender Tabelle (Tab. 2) dargestellten Publikationen und Vorträge von dem Projektteam zur öffentlichkeitswirksamen Verbreitung des **Plus-Hybrid** Konzeptes durchgeführt werden.

Tab. 2: Übersicht Verbreitungs- und Verwertungsmaßnahmen

Datum	Veranstaltung / Projektpartner	Art der Publikation
26.01.2011	Energy Lunch, Graz (ca. 60 Teiln.) / BOKU & Solardoc	Präsentation
16.03.2011	Seminar Energieeffizienter Bauen, Anger (ca. 30 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
04.04.2011	Wirtschaftsdelegation aus Polen, Ligist (ca. 15 Teiln.) / WSB	Projektvorstellung
17.04.2011	Zeitungsartikel in der Kleinen Zeitung	Artikel in lokaler Zeitung
27.04.2011	Gemeinsame Veranstaltung zwischen dem EU-CONCERTO Projekt SOLUTION und Plus-Hybrid in Kaindorf (ca. 20 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
06.05.2011	Seminar energieeffizientes Bauen, St. Veit a.d. Glan (ca. 10 Teiln.) Josef Seidl	Präsentation
20.10.2011	Fachtagung PV + HdZ Plus Konferenz (ca. 100 Teiln.) / BOKU	Konferenzpräsentation
10.11.2011	Seminar energieeffizientes Bauen, Graz (ca. 60 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
Seit 10.11.2011	Homepage BOKU: https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.projekt_uebersicht?sprache_in=de&menue_id_in=300&id_in=8550	Online - Präsentation
27.01.2012	Vortrag Plusenergiehaus, Oberwart (ca. 35 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
16.02.2012	Vortrag Plusenergiehaus, Graz (ca. 115 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
12.03.2012	Vortrag Plusenergiehaus, Klagenfurt (ca. 34 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
12.04.2012	Vortrag Plusenergiehaus, Leibnitz (ca. 30 Teiln.) / J.Seidl	Präsentation
17.04.2012	Vortrag Energieeffizientes Bauen, Kaindorf (ca. 100 Teiln.) / BOKU	
12.09.2012	Wirtschafts-Innovation-Energie-Stammtisch, Mödling (ca. 12 Teiln.) / BOKU	Projektvorstellung
10.10.2012	Wirtschafts-Innovation-Energie-Stammtisch, Mödling (ca. 15 Teiln.) / BOKU & J.Seidl	Projektdiskussion
15.11.2012	PV-Infoabend Maria - Enzersdorf im Schösschen an der Weide (ca. 24 Teiln.) / BOKU	Projektvorstellung

16.01.2013	PV-Infoabend Maria - Enzersdorf im Schösschen an der Weide (ca. 15 Teiln.) / BOKU	Projektdiskussion
06.02.2013	Vortrag Plusenergiehaus, Bozen (ca. 30 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
06.02.2013	Vortrag Plusenergiehaus, Innsbruck (ca. 28 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
13.02.2013	Wirtschafts-Innovation-Energie-Stammtisch, Mödling (ca. 10 Teiln.) / BOKU	Projektvorstellung
14.02.2013	Vortrag Plusenergiehaus, Graz (ca. 75 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
04.03.2013	Vortrag Plusenergiehaus, Oberwart (ca. 45 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
09.03.2013	Vortrag Plusenergiehaus, Weiz (ca. 17 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
12.03.2013	Vortrag Plusenergiehaus, Atzelsdorf (ca. 12 Teilnehmer) / Josef Seidl	Präsentation
13.03.2013	Vortrag Plusenergiehaus, Rückersdorf (ca. 40 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
14.03.2013	Vortrag Plusenergiehaus, Bad Vöslau (ca. 50 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
21.03.2013	PV-Infoabend Maria - Enzersdorf im Schösschen an der Weide (ca. 15 Teiln.) / Investor des Outdoor-Labors als Multiplikant	Projektdiskussion
26.03.2013	Vortrag Plusenergiehaus, Wels (ca. 50 Teiln.) / Josef Seidl	Präsentation
14.05.2013	Energieevent, Wr. Neudorf (ca. 60 Teiln.) / BOKU	Projektvorstellung
26.06.2013	PV-Infoabend Maria - Enzersdorf im Schösschen an der Weide (ca. 18 Teilnehmer) / Investor des Outdoor-Labors als Multiplikant	Projektdiskussion
21.09.2013	PV-Infoabend Maria - Enzersdorf im Schösschen an der Weide (ca. 21 Teiln.) / Investor des Outdoor-Labors als Multiplikator	Projektdiskussion
13.11.2013	Energy Lunch, Graz (ca. 55 Teiln.) / BOKU & Solardoc	Präsentation

Weitere Veröffentlichungen auf Basis von Messergebnissen über diese Heizperiode hinaus sind durch die BOKU vorgesehen und bei der nächsten AEE-INTEC Veranstaltung in Gleisdorf, wie auch dem nächsten Klimabündnis – Event in der Steiermark durch Solardoc geplant. Alle geplanten Veröffentlichungen hängen von den Ergebnissen des Monitorings und der weiterführenden Analysen über das Projektende hinaus ab.

4.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse

Die Nachfrage nach kostenoptimierten Plusenergiehäusern steigt, welches durch die nachfolgenden Prognosen über die erwartete Verbreitung und Investitionsvolumina der Erneuerbaren Energieträger bis 2020 untermauert wird. Das EU - Projekt KIS-PIMS¹⁶ kommt in seinen Analysen für Österreich zu folgenden Vorhersagen (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Anteil der verschiedenen Technologien der Erneuerbaren Energieträger in Österreich, 2006 und 2020

	Share in 2006	Share in 2020
Biomass	47.3 TWh ¹⁷	77.8 TWh ³⁰
Hydro large scale	33.5 TWh ¹⁸	37.8 TWh ³⁰
Hydro small scale	4.7 TWh ³¹	7.4 TWh ³⁰
PV	25.6 MWp / 13.5 GWh ¹⁹	1000 MWp / 1 TWh ³⁰
Solar thermal electricity	--	--
Tide & wave	--	--
Wind	982 MW / 2 TWh ³⁰	3500 MW / 7 TWh ³⁰
CHP	230MW / 930 GWh ³⁰	380MW / 1530 GWh ³⁰
Biomass for heat	100 PJ ³ / 27,6 TWh ³⁰	170 PJ ³⁰
Geothermal	0.9MW / 2.3 GWh ³¹	
Solar thermal heat	3.6 Mio. M ² / 1.2 TWh ³⁰	36 Mio. M ² / 12 TWh ³⁰
Heat pumps	128MWth ³²	
Sum	~120 TWh	~200 TWh

¹⁶Source: http://www.greenovate-europe.eu/content/kis_pims

¹⁷ Source: According to the attendees on the workshop consist of representatives of the Austrian RES associations such as Biomasse-Verband, IG Windkraft, Kleinwasserkraft, Photovoltaic Austria, Austria Solar, ARGE Kompost & Biogas, Mid May 2008.

¹⁸ Source: www.e-control.at

¹⁹ Source: G. Faninger

Schätzungen über den Anteil der österreichischen Erneuerbaren Energieträger zur Stromerzeugung prognostiziert für 2020²⁰ (siehe Abb. 27).

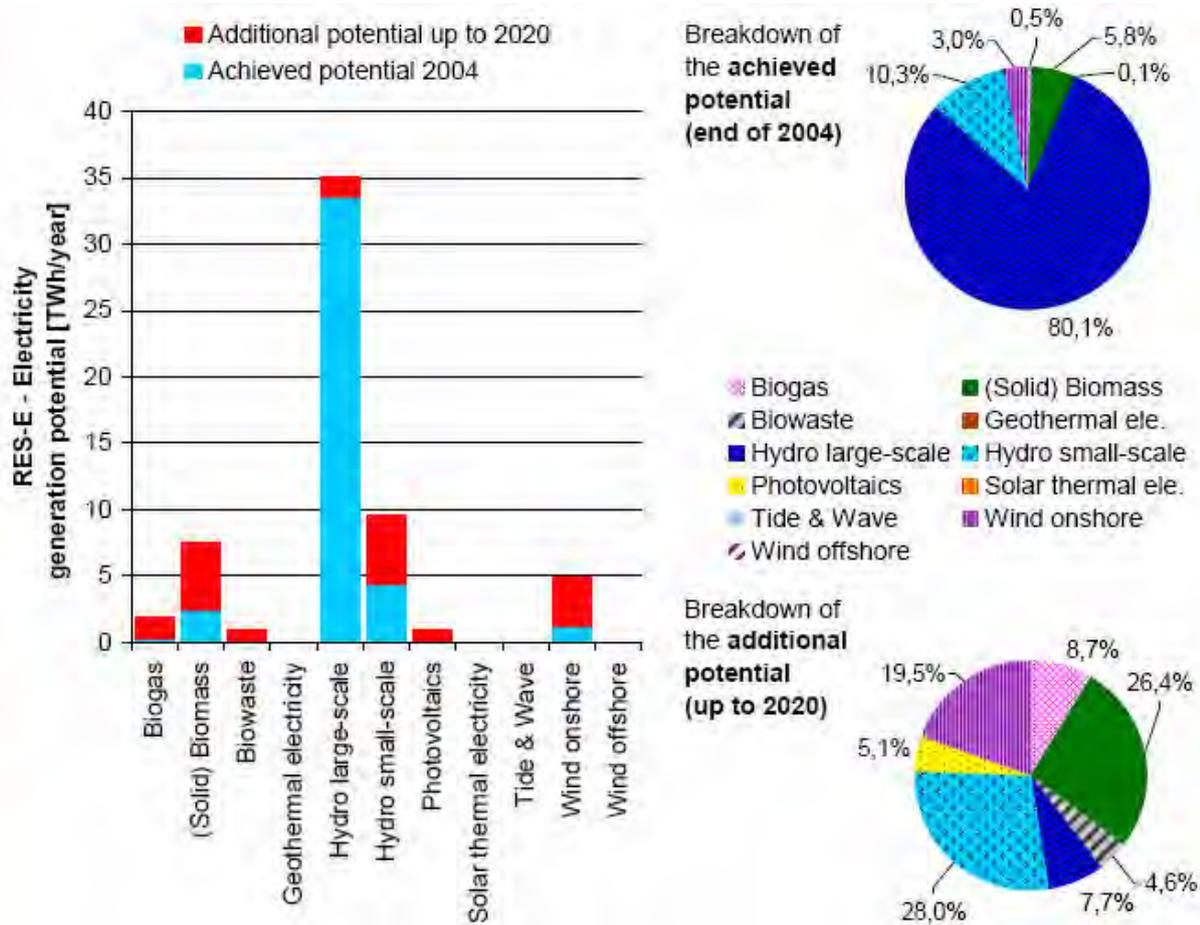


Abb.27: Potentiale zur Stromerzeugung mit Erneuerbaren Energieträger in Österreich für 2020, Quelle: EEG, TU Wien

Weiters wurden im KIS-PIMS Projekt spezifische Investitionskosten aus verschiedenen europäischen Studien zusammengefasst und mit Verbreitungsszenarien für 2020 verknüpft (siehe Tab. 4):

²⁰ Source: <http://www.green-x.at>

Tab. 4: Übersicht über erwartete kumulierte „Turn-key“ Investitionskosten in Österreich, 2006-2020

	Capacity to install	Specific investment costs	Turn-key investments cumulated 2006-2020
RES Electricity	(MWe)	(€/kWe capacity)	(M€)
Biogas	235,6	2690,8	633,84
Solid Biomass	1078,2	2114,2	2 279,42
Biowaste	105,7	5212,5	551,04
Geothermal electricity	--	--	--
Hydro large scale	2925,0	2787,5	8 153,44
Hydro small scale	950,0	2612,5	2 481,88
PV	972,2	5505,0	5 352,08
Solar thermal electricity	--	--	--
Tide & wave	--	--	--
Wind onshore	898,6	1345,0	1 208,67
Wind offshore	--	--	--
RES-E total			20 660,36
Share on gross electricity demand			79,0%
RES Thermal	MWth	(€/kWth)	(M€)
Biogas (grid)	11,1	1 747,5	19,42
Solid Biomass (grid)	539,1	1 443,4	778,09
Biowaste (grid)	222,9	2 233,8	497,82
Geothermal heat (grid)	4,3	2 691,0	11,53
Solid Biomass (non-grid)	4 475,0	964,8	4 317,39
Solar thermal	516,7	1 747,5	902,89
Heat pumps	110,7	3 485,0	385,67
RES-H total	5 879,67		6 912,82
Share on gross thermal demand			31,6%
RES Transport	(kton)	(€/ton)	(M€)
Traditional Biofuels	--	--	--
Advanced Biofuels	639,4	218,20	139,52
Biofuel imports			
RES-T total			139,52
Share on diesel & gasoline demand			9,9%
RES total			27712,7

Demnach wird bei der Ausschöpfung der prognostizierten Potentiale im Jahr 2020 das kumulierte Investitionsvolumen für erneuerbare Energieträger ca. 28 Mrd. € betragen. Von diesem Gesamtvolumen würden ca. 25% in gebäudeintegrierte Energielösungen fließen.

5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Der ursprünglich anvisierte Markt galt dem Neubau, in welchem das ganzheitliche Plusenergiekonzept planerisch leichter eingewoben werden kann. Aufgrund des eingetretenen Projektverlaufs, der durch mehrere Projektabsagen durch BauherrInnen erschwert wurde, wurde das Forschungsfeld von Plus-Hybrid um den Gebäudebestand erweitert. Die Verbreitungs- und Verwertungsmaßnahmen in Mödling (siehe Tab. 2) waren letztlich erfolgreich und führten zur gewünschten Umsetzung des **Plus-Hybrid** „Outdoor Labs“ am Haus K. in Maria-Enzersdorf. Das Ergebnis der Kosten- / Nutzenuntersuchungen zeigt auf:

- Vergleichsanalysen von Alternativoptionen nachhaltiger Energielösungen - wie z.B. die Nutzung von Tiefensonden in Kombination mit Wärmepumpen – sind durchgeführt und kalkuliert worden. Resultat dieser Analysen ist, dass die Kosten des **Plus-Hybrid** Systems für das „Outdoor Lab“ bei etwa 60 – 80% liegen. Diese Einsparungen sind aber nur erreichbar, wenn es ähnliche Firmenkooperationen wie in **Plus-Hybrid** als auch die gemachten Umsetzungserfahrungen zu Gänze genutzt werden können.

- Monitoringergebnisse

Auf Grund der Monitoringergebnisse ließen sich eine Reihe von Empfehlungen für das **Plus-Hybrid** „Outdoor Labs“ Haus K. ableiten, die mehr oder weniger auch auf andere Projekte anwendbar sind.

- Es bestehen noch einige Möglichkeiten die thermische Qualität des Hauses zu verbessern. Insbesondere sollte die Wärmedämmung des Kellergeschosses verbessert und Fenster ausgetauscht werden.
- Der empfohlene Austausch der Umwälzpumpen durch Pumpen der Energieeffizienzklasse A mit einer Stromeinsparung bis zu 90 % wurde bereits umgesetzt.
- Bei der Beleuchtung und bei Haushaltsgeräten gibt es ebenfalls beachtliche Einsparungsmöglichkeiten. Der Ersatz alter Leuchtmittel durch LED-Lampen wurde zum größten Teil bereits verwirklicht.
- Eine Verbesserung der Heizungsregelung wäre vorteilhaft. Vorrangig sollen an den Heizkörpern im Dachgeschoß zu relativ geringen Kosten Thermostatköpfe nachgerüstet werden.
- Für ausgewählte Räume könnte man Einzelraumlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung einbauen.

Weiters wurden im Projekt die neu am Markt befindlichen Systeme: „Adora“- und „BES“- skizziert, welche aus **Plus-Hybrid heraus** entstanden bzw. aus den Erkenntnissen wertvolle

Informationen für die Produktspezifikation bekamen. Beide Systeme sind für zukünftige Plusenergiegebäude geeignet:

- **„Adora“** – für Wohnbedürfnisse von Familien auf einer Nutzfläche von 120 m² ist ein wirtschaftlicher Plusenergieeubau designt worden. Dieses Einfamilienhaus basiert auf dem Konzept eines Fertigteilhauses und soll für 250.000,- € (brutto) bezugsfertig am Markt angeboten werden. Geringer Wärmeenergiebedarf, die Nutzung lokaler Energieressourcen wie Sonne und Wärmepumpe bzw. von Hybridtechnologien sind wesentliche Elemente des Designangebots, welches zurzeit Referenzobjekte baut.
- **„BES“** – kommerzielle Gebäude mit einer Heizlast von mehr als 35kW sind mit den gleichen Erdspeicherregistern wie beim Plus Hybrid „Outdoor-Lab“ ausgerüstet worden. Ergebnisse dieser Erdspeicher . Laut Hersteller können mit Erdspeicher verknüpft mit Solarthermie, Wärmepumpen, Pufferspeicher und Gebäude - Managementsystemen ein Anteil erneuerbarer Energien bis zu 88 % erreicht werden. Investitionskosten von 2000 – 3600 € (netto) pro kW Heizlast oder 120 - 150 € / m² Nutzfläche werden weiterst vom Hersteller genannt und ermöglichen eine Amortisation innerhalb von 5 – 7 Jahren.

6 Ausblick und Empfehlungen

Ziel ist es den Marktanteil von Hybridtechnologien bis 2020 signifikant zu erhöhen. Um dieses zu erreichen, gilt es weitere Erfahrungen mit gleichen oder anderen Gebäudetypen wie das vorgestellte **Plus-Hybrid** „Outdoor Lab“ zu sammeln. Ein weiteres Referenzgebäude in Mödling wurde bereits begonnen und mit den notwendigen Genehmigungen für die Umsetzung soll es 2014 fertiggestellt werden. Andere Investoren haben bereits ihr Interesse angemeldet und werden vom **Plus-Hybrid** „Outdoor Lab“ gern über die Vorzüge sowie aber auch über Herausforderungen des Systems informiert. Lokale Öffentlichkeitsarbeit erweist sich als nützlich und effektiv, das **Plus-Hybrid** Konzept weiterzutragen.

Auch wenn das **Plus-Hybrid** „Outdoor-Lab“ nach bisherigen Messergebnissen den empirischen Performancebeweis bringen konnte eine wirtschaftlich attraktive Alternativoption zu den am Markt befindlichen Einzeltechnologien zu sein, so würden weitere Leitprojekte eine robustere Basis zur erfolgreichen Markteinführung „hybrider Plusenergiehäuser“ schaffen. Das **Plus-Hybrid** Projektteam geht davon aus, dass sich dieses positiv auf den Verkehrswert dieser nachhaltigen Gebäude auswirken wird. Schon jetzt hat eine niedrige Energiekennzahl einen zwar schwachen, aber signifikant positiven Einfluss auf den Wert von Immobilien und es ist anzunehmen, dass dieser Einfluss zunehmen wird, wenn entsprechend mehr Beobachtungen zur Verfügung stehen.

Um Erkenntnisse aus diesem „ländlichen“ Projekt in den urbanen Raum zu tragen, bieten sich Kofinanzierungsmöglichkeiten – wie z.B. das aktuell vom KLIEN ausgeschriebene „Stadt der Zukunft“ oder von der EU – Kommission ausgeschriebene „Smart City Initiative“ an. Wissenschaftlich profund begleitete Umsetzungsprojekte können im Rahmen eines

Fördervertrags mit genutzt werden, um die Erreichung energiepolitischer Zielsetzungen in urbanen Gebieten durch weitere konkrete Fallstudien mit einem empirisch untermauerten Fundament zu unterstützen.

7 Anhang

Folgender Anhang liegt bei:

- A0. Systembeschreibung und Planungsvarianten des Plus-Hybrid „Outdoor Labs“ („Haus K.“)