

Gebäudeübergreifender Energieaustausch anhand zweier Pilotprojekte in Weiz

WEIZconnected

F. Kern, K. Gschweitl,
M. Schloffer, et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

28/2018

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>

Gebäudeübergreifender Energieaustausch anhand zweier Pilotprojekte in Weiz

WEIZconnected

DI Franz Kern, Edith Reithofer, Mag. (FH) Bernadette Karner
W.E.I.Z. Immobilien GmbH

DI Dr. Kurt Gschweitl, Roswitha Gschweitl
EOS Power Solutions GmbH

DI(FH) DI Martin Schloffer, DI Dr. Thomas Nacht, Evelyn Hummer, MSc.
4ward Energy Research GmbH

Ing. Dipl.WI Dieter Pfeifer, Dr. Gregor Taljan
Energie Steiermark AG

Weiz, August 2017

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 Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMVIT publiziert und elektronisch über die Plattform www.HAUSderZukunft.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula

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

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	10
Abstract.....	13
1 Einleitung.....	16
2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt	16
2.1 Beschreibung des Standes der Technik.....	16
2.1.1 PV-Eigenverbrauchsoptimierung	16
2.1.2 Einsatz von Speichersystemen.....	18
2.1.3 Gebäudeübergreifendes Energiemanagement	19
2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	20
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.....	22
3 Ergebnisse des Projektes	23
3.1 Rechtliche Anforderungen	24
3.1.1 Bestimmungen zur Verteilung elektrischer Energie - Stromversorgung über Direktleitung	24
3.1.2 Stromlieferung – Vertragliche Gestaltung des Elektrizitätsverkaufs	26
3.2 Technische Anforderungen.....	28
3.2.1 Anforderungen Direktleitung.....	28
3.2.2 Anforderungen Energiemanagementsystem.....	29
3.3 Pilotanwendungen	30
3.3.1 Auswahl der Pilotprojekte	30
3.3.2 Beschreibung der realisierten Pilotanlagen.....	38
3.4 Technischer Lösungsansatz: Energiemanagementsystem	45
3.4.1 Zuschaltvorrichtung	45
3.4.2 Steuer- und Regelstrategie zur optimalen Nutzung der Direktleitung.....	48
3.4.3 Hardware.....	51
3.4.4 Software	53
3.5 Monitoringergebnisse.....	61
3.6 Wirtschaftlichkeit des Systems.....	69
4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms.....	73

4.1	Einpassung in das Programm.....	73
4.2	Beitrag zum Gesamtziel des Programms.....	73
4.3	Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt	74
4.4	Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse.....	74
5	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	75
6	Ausblick und Empfehlungen	78
7	Verzeichnisse	79
7.1	Literaturverzeichnis.....	79
7.2	Abbildungsverzeichnis	80
8	Anhang.....	83
8.1	Monitoringergebnisse Pilotanlage 1	83

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Eine auf erneuerbaren, dezentralen Energieträgern basierende, gebäudeintegrierende Energiebereitstellung in Kombination mit einem intelligenten Energiesystem kann über die Zusammenführung von sich ergänzenden Verbrauchslastprofilen eine optimierte (Teil)Autarkie ermöglichen. Netzeinspeisungen können dadurch reduziert werden, Verluste werden minimiert und der wirtschaftliche Einsatz von Erneuerbaren wird unterstützt. Die Zusammenführung der Teilbereiche intelligente Erzeugung, gezielter gebäudeübergreifender Austausch und Verbrauch, Speicherung sowie zentrales Management unter den gegebenen Rahmenbedingungen ist der Ausgangspunkt dieses F&E- Projektes.

Vor allem die Integration eines gebäudeübergreifenden Energieaustauschs in übergeordnete Netze bringt jedoch Herausforderungen mit sich. Dies sind vor allem Problemstellungen hinsichtlich der Schnittstellen zwischen den Systemen, hier sind sowohl technologische als auch rechtliche und wirtschaftliche Aspekte relevant. Systeme des intelligenten gebäudeübergreifenden Energieaustauschs inkl. dezentraler Erzeugung und Speicherung ermöglichen

- das Management überschüssiger Erzeugung ohne Inanspruchnahme von Stromnetzinfrastruktur, sowohl auf Verteilnetz- als auch auf Übertragungsnetzebene,
- eine deutliche Senkung von Einspeisespitzen,
- die Senkung von auftretenden Netzbezugsspitzen
- eine optimierte Erschließung der Vorteile eines zukünftigen Smart Grids,
- einen wirtschaftlichen Einsatz von Erneuerbaren,
- die Bereitstellung eines breiten Spektrums an netzbezogenen Systemdienstleistungen.

Inhalte und Zielsetzungen

Gegenstand des Projektes *WEIZconnected* war die Konzeption, Entwicklung und der Testbetrieb eines Gesamtsystems für den gebäudeübergreifenden Stromaustausch. Das Gesamtsystem strebt dabei die Maximierung der Autarkie durch sich ergänzende Gebäudelastprofile an. Als prioritäres Ziel galt die Entwicklung und Überprüfung der Funktionstauglichkeit des technischen Systems bei zwei Pilotanlagen.

Im Projektfokus standen dabei zunächst die Klärung der rechtlichen und wirtschaftlichen Aspekte, die technologische Problemlösung durch Entwicklung und Adaption der Komponenten, sowie deren Integration in das Gesamtsystem, die intelligente zentrale Steuerung und Überwachung und damit auch die gebäudeintegrierte, nachhaltige Energiebereitstellung. Die Schwerpunkte lagen in folgenden Bereichen:

- Stromerzeugung mittels gebäudeintegrierter Photovoltaikanlage (möglichst hoher Grad der Nutzung des erzeugten Stroms im jeweiligen Gebäudekomplex)
- Stromspeicherung (Einsatz von Batteriespeichersystemen)

- Entwicklung und Einsatz eines intelligenten Energiemanagement- und Monitoringsystems
- Herstellung von Schnittstellen zum übergeordneten Stromnetz

Methodische Vorgehensweise

Für die Erarbeitung des technischen Lösungsansatzes und die Realisierung der Pilotanlagen galt es zunächst die projektspezifischen Rahmenbedingungen und Anforderungen, die hinsichtlich der Realisierung eines gebäudeübergreifenden Stromaustausches bestehen, zu erheben. Dazu wurden in einem ersten Schritt die angedachten Pilotprojekte im Detail betrachtet, sowie deren technische, wirtschaftliche und rechtliche Anforderungen gemeinsam mit den Liegenschaftseigentümern und potentiellen NutzerInnen erarbeitet. In diesem Zusammenhang erfolgte eine detaillierte Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen unter Berücksichtigung der Eigentumsverhältnisse der untersuchten Pilotanlagen. Dabei mussten mehrerer Iterationsschleifen durchlaufen werden, da erst nach Betrachtung und Prüfung einer Vielzahl unterschiedlicher Standorte die tatsächlich zu realisierenden Anlagen festgelegt und entsprechende Detailpläne erarbeitet werden konnten.

Die erarbeiteten Detailkonzepte dienten als Basis für die Entwicklung und Programmierung der notwendigen Komponenten des Gesamtsystems. Nach Fertigstellung der Planungs- und Entwicklungsarbeiten erfolgte die Installation und Inbetriebnahme der technischen Lösung bei beiden Pilotprojekten. Um ein Monitoring der Anlage durchführen zu können, wurden weiters ein eigens entwickeltes Monitoringsystem zur Erfassung und Aufzeichnung relevanter Daten installiert. Die Performance des Systems wurde laufend kontrolliert und durch Adaption der Systemparameter optimiert. Zudem erfolgte von Seiten des Netzbetreibers während des Demobetriebs eine Untersuchung der Auswirkungen der Spannungsqualität auf das Netz. Abschließend wurde auf Basis der erfassten Ergebnisse des Monitorings eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Anlagen durchgeführt.

Nach Zusammenfassung und Auswertung aller vorliegenden Ergebnisse, wurden Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen für die Verwertung der Erkenntnisse aus dem Projekt abgeleitet.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die im Projekt *WEIZconnected* entwickelte Lösung für den gebäudeübergreifenden Strom-austausch hat gezeigt, dass die Verteilung von erneuerbarer Energie auch über die Grenzen eines Gebäudes technisch und unter den im Projektzeitraum geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen möglich ist. Aufgrund der erarbeiteten rechtlichen Anforderungen hat sich herausgestellt, dass die gebäudeübergreifende Stromversorgung (aktuell) nur mit einer Direktleitung sinnvoll realisiert werden kann. Hinsichtlich der rechtlichen Anforderungen können folgende zusammenfassende Aussagen für die gebäudeübergreifende Stromversorgung getroffen werden:

- Eine Direktleitung von A (Anbieter/Erzeuger) zu B (Verbraucher) ist rechtlich zulässig. Allerdings darf A den B nicht mit aus dem öffentlichen Netz bezogener Energie versorgen, sondern ausschließlich mit Energie, die A selbst erzeugt.
- Eine Direktleitung ist nur dann zulässig, wenn eine Trennung der Stromkreise gegeben ist, da es sonst zur „Vermischung“ des durch die PV-Anlage erzeugten Stroms und der Energie aus dem öffentlichen Netz kommt. Die technische Ausführung ist rechtlich allerdings nicht geklärt.
- Versorgung über das öffentliche Netz - keine Direktleitung: In dieser Variante müssten beide (A und B) einer Bilanzgruppe angehören, der Lieferant A müsste Bilanzgruppenverantwortung übernehmen (komplexe Verrechnung!)

Von Seiten des Netzbetreibers (Energie Steiermark AG) wurden für die Umsetzung der Direktleitung folgende technische Anforderungen festgelegt: (1) Auf der Verbindungsleitung darf zu keinem Zeitpunkt Netz-Strom vom Energieversorger fließen. (2) Über die Direktleitung darf ausschließlich selbst produzierter PV-Strom fließen. (3) Es darf zu keinem Zeitpunkt (auch nicht während der Schaltvorgänge der Zuschaltvorrichtung) zu Netzstörungen kommen.

Das entwickelte Energiemanagement- und Monitoringsystem ist anhand der festgelegten Mess- und Regelungsstrategie, über die Verwendung zweier zueinander zeitverzögert eingesetzter Schalter, in der Lage, die Einhaltung der Rahmenbedingungen sicherzustellen. Die Einbindung eines Batteriespeichersystems ermöglicht zum einen die Steigerung der PV-Eigenverbrauchsrate bei den Demonstrationsgebäuden und zum anderen stellt der Batteriespeicher sicher, dass kurzzeitige Leistungseinbrüche der PV-Anlage nicht zu einem Schalten der Direktleitung führen.

Die Funktionstauglichkeit der entwickelten Komponenten und der wirtschaftliche Betrieb des Gesamtsystems für den gebäudeübergreifenden Stromaustausch konnten durch die Umsetzung von zwei Pilotanlagen verifiziert werden.

Ausblick

Die berücksichtigten Rahmenbedingungen beziehen sich auf die rechtliche Situation vor der Novellierung des EIWOGs im Jahr 2017, weshalb für eine Weiterentwicklung des Systems eine neue Bewertung der rechtlichen Situation durchzuführen ist. Für die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse müssen darüber hinaus der rechtliche und wirtschaftliche Mehraufwand bei unterschiedlichen Eigentumsverhältnissen untersucht werden.

Zur Weiterentwicklung der Komponenten und zur Fortführung des technologischen Ansatzes sind auch Lösungen zur sternförmigen Anbindung mehrerer Verbraucher an eine Erzeugungsanlage anzudenken.

Abstract

Starting point/Motivation

A building integrated energy supply, which is based on renewable and decentralised energy sources, in combination with an intelligent energy-management system, enables an optimized (part) autarky by merging complementary load profiles. In this way the power feed into the grid can be reduced, losses can be minimized and the economic use of renewable sources can be supported. The combination of the subfields, intelligent energy production, systematic energy exchange across buildings and consumption, energy storage, as well as centralized management under the given circumstances are the starting points of this project.

The integration of a system that enables energy exchange across buildings in superior grids is challenging. Especially the interfaces between the individual systems pose difficulties. In that case, the technological as well as the economic aspects are important to be considered. Such systems, which allow an intelligent energy exchange across buildings incl. decentralized generating and storing enable,

- the management of the excess production without using the grid infrastructure, on distribution as well as on transmission grid level,
- a significant reduction of feed-in peaks,
- a reduction of grid-consumption peaks,
- an optimized development of future advantages of Smart Grids,
- an economic use of renewable energy sources
- and the provisioning of a broad spectrum of grid related services.

Contents and Objectives

The objectives of the project *WEIZconnected* are the conception, the development and the trial operation of an entire system for the energy exchange across buildings. The aim of the system is the maximization of the autarky by using supplementary load profiles. Moreover, a major goal was the development and the verification of two technical pilot sites.

As first steps the focus of the project has been on the clarification of the legal and economic aspects, on finding appropriate ways of problem solving by the development and adaption of single components as well as on the integration of them in the overall system. A further focus has been on intelligent controlling and monitoring systems and moreover on the building-integrated sustainable energy supply. Thus, the focus has been on the following areas:

- Electricity generation with building-integrated photovoltaic plants (a high level of utilization of the generated electricity in the respective building complex is aspired)
- Energy storage (usage of battery storage systems)
- Development and use of an intelligent energy management and monitoring system
- Development of interfaces for the connection with the electricity grid

Methods

As first step for the formulation of the technical approach and for the realization of the pilot plants, the project specific framework conditions and the requirements, which are necessary for an electricity exchange across buildings, had to be clarified. Therefore, the planned pilot projects have been discussed and analysed in detail and the technical and economical requirements have been developed together with the owners of the properties. In this context, a detailed analysis of the legal framework considering of the ownership structures has been done. Therefore, a lot of iteration loops had to be done to determine the final test sites. After making this decision, detailed concepts have been worked out. These concepts served as a basis for the development and the programming of the necessary components of the overall system. After finishing the planning and development work, the installation and commissioning of the two pilot projects have been carried out. Moreover, an own monitoring system has been developed and installed to enable the recording of the relevant data. With the help of this system the performance of the pilot plants has been continually monitored and analysed and the system parameters have been optimised. In addition to that, an investigation has been carried out by the grid operator during the demo mode to investigate the influence of the system on the voltage quality of the grid. Furthermore, the gained knowledge has been used for an economic efficiency calculation of the test sites. Finally, conclusions and recommendations for actions have been derived after detailed analysis of all results.

Results

The solution developed within the project *WEIZconnected* shows, that an electricity exchange across buildings of renewable energy is technically and legally possible according to the legal situation valid during the project period. Because of the developed legal requirements, it turned out, that the electricity supply across buildings is (currently) only reasonable with a direct line. According to the legal matters the following statements can be made:

- A direct line from A (provider/producer) to B (consumer) is legally possible. However, A is not allowed to supply B with energy from the public grid, but only with energy produced by the decentralized energy system.
- A direct line is only permitted if the electric circuits are separated, because otherwise the self-produced electricity of the PV-plant is “mixed” with the public electricity. However, the technical implementation is not clarified in the law.
- In case of the supply via the public grid (without a direct line), both (A & B) must be part of a balance group. The provider A must take responsibility for the balance group (complex calculation).

The grid operator (Energie Steiermark AG) stated the following technical requirements for the implementation of a direct cable: (1) On the connecting line grid power must never flow from

the utility. (2) Only self-produced PV power may flow via the direct line. (3) At no time (not even during switching operations of the connection device) may network disturbances occur.

The developed energy management and monitoring system is able to ensure compliance with the general conditions by means of the established measurement and control strategy, by using two switches with a time delay. The inclusion of a battery storage system enables on the one hand the increase of the photovoltaic self-consumption rate at the demonstration sites and on the other hand the battery storage ensures that short-time power drops do not immediately lead to a switch of the direct line.

The verification of the functionality of the developed components and of the economic operation of the entire system for the electricity exchange across buildings could successfully be demonstrated by the pilot plants.

Prospects / Suggestions for future research

The framework conditions considered, refer to the legal situation prior to the amendment of the EIWOG in 2017, which is why a further evaluation of the legal situation has to be carried out for further development of the system. In addition, for the reproducibility of the results, the legal and economic overhead in the case of different ownership relationships must be examined.

For the further development of the components and for the continuation of the technological approach, solutions for the star-shaped connection of several consumers to one single generation unit are also to be considered.

1 Einleitung

Der österreichische Photovoltaik-Markt wird von kleinen bis mittelgroßen PV-Anlagen bestimmt, wobei das volle Potenzial bei weitem nicht ausgeschöpft wird. Nach dem Rekordjahr 2013, in dem der PV-Zubau über 260 MW_p betrug, pendelte sich die jährliche Zubaurate trotz sinkender Förderungen 2014 und 2015 bei rund 150 MW_p ein. Mit Ende 2016 waren in Österreich PV-Anlagen mit einer installierten Leistung von etwa 1 GW_p in Betrieb (Biermayr, et al., 2016) (Teoh & Liebl, 2016), wodurch knapp 2 % des österreichischen Strombedarfs gedeckt werden konnte. Photovoltaikanlagen spielen somit in den letzten Jahren eine immer wichtigere Rolle bei der dezentralen erneuerbaren Stromversorgung. Das Photovoltaik-Umfeld befindet sich derzeit allerdings im Wandel. Nicht nur die Modulpreise haben sich merkbar verringert, gleichzeitig ist der europaweite Trend sinkender Einspeisetarife auch in Österreich deutlich spürbar (Teoh & Liebl, 2016). Aufgrund dieser Entwicklungen, gepaart mit niedrigen Einspeisetarifen, ist eine Volleinspeisung des erzeugten PV-Stroms in das öffentliche Netz kaum noch wirtschaftlich darstellbar. Dieser Trend wird sich mit dem zu erwartenden weiteren Preisverfall bei den Einspeisetarifen – bis zum Auslaufen der Tarifförderung 2023 – noch verstärken. Damit die Photovoltaik-Branche unter diesen geänderten Rahmenbedingungen ihr selbst gesetztes Ziel, bis 2020 die Marktfähigkeit zu erreichen, realisieren kann, ist eine Umstellung weg von der Volleinspeisung hin zur Eigenverbrauchsoptimierung bzw. (teil)autarken Versorgung, notwendig.

2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

2.1 Beschreibung des Standes der Technik

Eine auf erneuerbaren, dezentralen Energieträgern basierende, gebäudeintegrierende Energiebereitstellung in Kombination mit einem intelligenten Energiesystem, welches einen gebäudeübergreifenden Energieaustausch forciert, kann über die Zusammenführung von sich ergänzenden Verbrauchslastprofilen eine optimierte (Teil)autarkie ermöglichen. Notwendige Netzeinspeisungen werden dadurch reduziert, Verluste werden minimiert und der wirtschaftliche Einsatz von Erneuerbaren wird unterstützt. Die Zusammenführung der Teilbereiche intelligente Erzeugung, gezielter gebäudeübergreifender Austausch und Verbrauch, Speicherung sowie zentrales Management unter den gegebenen Rahmenbedingungen ist der Ausgangspunkt dieses F&E-Projektes.

2.1.1 PV-Eigenverbrauchsoptimierung

Die installierten PV-Anlagen weisen einen dargebotsabhängigen Charakter auf, wodurch Erzeugung und Verbrauch auf Objektebene einander nicht zu jedem Zeitpunkt entsprechen. Durch den steigenden Anteil an PV-Anlagen auf Gebäuden kommt es also immer öfter zu Situationen, in denen ein lokaler Überschuss an PV-Erzeugung vorliegt. Bei

Einfamilienhäusern hat sich aus Gründen der Wirtschaftlichkeit bereits die Erhöhung des Eigenverbrauchs als primäre Betriebsstrategie etabliert. Bei vergleichsweise niedriger Einspeisevergütung zwischen 2,86 bis 9,02 Cent/kWh (Photovoltaik Austria, 2017) und einem Stromtarif von ca. 14 - 20 Cent/kWh (E-Control, 2017), ist jede selbst konsumierte Kilowattstunde für den Anlagenbetreiber von wirtschaftlichen Vorteil. Die Eigenverbrauchsquote liegt im Bereich der Haushalte derzeit bei etwa 20 - 40 % (Teoh & Liebl, 2016) (Weniger, et al., 2015). Um eine weitere Erhöhung des PV-Eigenverbrauchs zu erzielen und damit Stromkosten zu senken, muss der Stromverbrauch in die ertragsreichsten Tagesstunden verschoben werden. Dazu kommen derzeit unterschiedliche Lösungen zum Einsatz (siehe Abbildung 1).

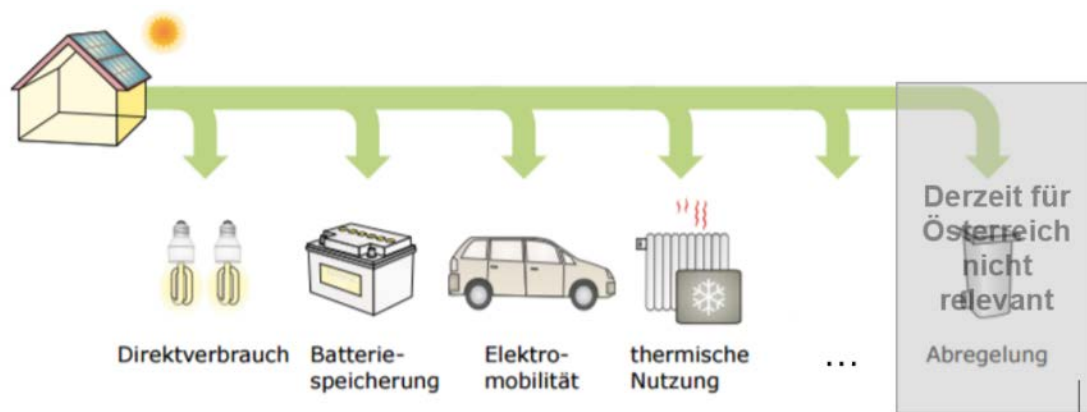


Abbildung 1: Zukunft der Nutzung des PV-Stroms im Haushaltsbereich

Quelle: anhand von (Weniger, et al., 2014)

Lösungen die einen Beitrag zur Eigenverbrauchsmaximierung leisten sind bspw. die Installation einer Wärmepumpe (WP), die Nutzung des PV-Stroms zur Warmwasserbereitung oder die Anschaffung und intelligente Beladung eines Elektroautos. Diese Konzepte wurden, vorwiegend als Einzelmaßnahmen, bereits in zahlreichen Studien und Projekten erprobt. Die Ergebnisse legen nahe, dass sich vor allem der Einsatz einer DSM / Speicherkombination, sowie die Kombination von PV-WP-Systemen (siehe Abbildung 2) positiv auf den Eigenverbrauch auswirken (Tragner, 2016).

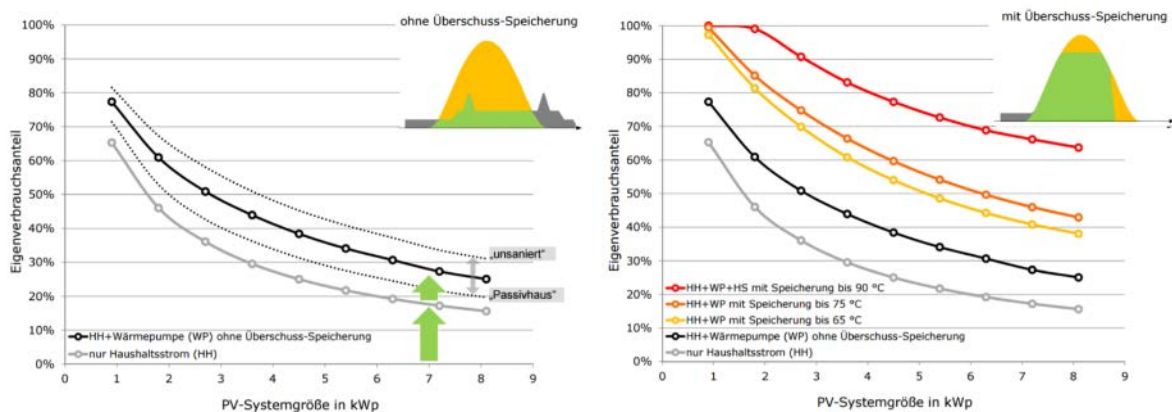


Abbildung 2: Eigenverbrauchsanteile von PV-WP-Systemen (links) ohne und mit (rechts) Überschuss-Speicherung

Quelle: (Quaschnig, 2013)

Es zeigt sich, dass der Anpassung von Einzelanlagen Grenzen hinsichtlich der Erhöhung des PV-Eigenverbrauchs gesetzt sind, wodurch es nach wie vor zu einer Überschusserzeugung kommt. Eine deutliche Steigerung der Nutzung der PV-Erzeugung in Gebäuden kann erst durch eine Betrachtung mehrerer Verbraucher in einem Gebäudeverbund und dem Einsatz von Speicherlösungen und einem Energiemanagementsystem, welches einen gebäudeübergreifenden Energieaustausch forciert, ermöglicht werden.

2.1.2 Einsatz von Speichersystemen

Zumeist werden elektrochemische Speicher, s.g. Batteriespeicher, welche sehr intensiv und marktnah diskutiert bzw. bereits am Markt angeboten werden, für diesen Anwendungsfall gewählt. Mit heute wirtschaftlich vertretbaren Speichergrößen können bis zu 60% des Strombedarfs in Haushalten gedeckt werden (Moshövel, et al., 2015) (Weniger, et al., 2015).

Die technologischen Entwicklungen im Bereich der elektrochemischen Speicher sowie der steigende Bedarf an Ausgleichsmöglichkeiten für die Fluktuation regenerativer Erzeuger machen den Einsatz von direkten Stromspeichern im Energieversorgungssystem zunehmend interessant bzw. notwendig. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme kommt in einer Studie (Hollinger, et al., 2013) bzgl. der Effekte von Photovoltaik-Batteriesysteme auf das Energiesystem sowohl aus technischer als auch ökonomischer Sicht auf folgende zentrale Erkenntnisse:

- Die Stärke dezentraler Batteriesysteme ist die räumliche Nähe des Speichers zum Erzeuger bzw. den Verbrauchern, so dass insbesondere das Management überschüssiger Erzeugung ohne Inanspruchnahme von Stromnetzinfrastruktur, sowohl auf Verteilnetz- als auch auf Übertragungsnetzebene erfolgen kann.
- Bei Einsatz von Photovoltaik-Batteriesystemen ist eine deutliche Senkung von Einspeisespitzen erzielbar (siehe Abbildung 3).

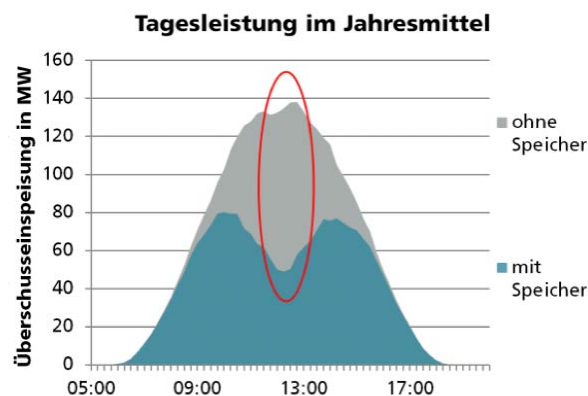


Abbildung 3: Netzeinspeisung der Photovoltaik-Anlagen mit und ohne Batteriesystem (D, 100.000 Speicher)

Quelle: (Hollinger, et al., 2013)

- Der Entlastungseffekt für den Stromnetzbetrieb wird dann wirksam, wenn ein intelligentes Energiemanagement zum Einsatz kommt, welches Betreiberinteressen mit systemischen Anforderungen aus dem Stromnetzbetrieb kombiniert.

- Eine hohe Gesamtleistung installierter Photovoltaik-Batteriesysteme lässt diese auf Grund der Flexibilität bei der Betriebsführung zu einem wesentlichen Instrument für die Erschließung der Vorteile eines zukünftigen Smart Grid Betriebes werden.
- Batteriesysteme können auf Basis moderner Entwicklungen der leistungselektronischen Komponenten ein breites Spektrum an netzbezogenen Systemdienstleistungen bereitstellen, die bisher von konventionellen Kraftwerken geliefert wurden bzw. die erst im Kontext der zunehmenden Dezentralität der Erzeugung benötigt werden (Regelleistungsreserve, Blindleistungsversorgung, lokale Spannungserhaltung etc.).

Systeme zur Speicherung dezentral erzeugten Stroms sind am Markt verfügbar. Diese werden meist in Kombination mit Managementsystemen angeboten, die den Stromfluss bzw. die Stromverteilung zwischen Erzeuger, Speicher, Verbraucher und Netz regeln bzw. steuern. Die meisten dieser Energiemanagementsysteme sind für Anwendungen im Bereich von Einfamilienhäusern und dementsprechend ausgelegten Energieerzeugern konzipiert. Keines dieser Systeme erfüllt die Anforderungen des gegenständlichen Projekts, d.h. keines ist direkt anwendbar für die Rahmenbedingungen der geplanten Pilotanlagen. Deshalb erfolgte innerhalb des Projekts die Entwicklung eines geeigneten Managementsystems.

2.1.3 Gebäudeübergreifendes Energiemanagement

Allgemein versteht man unter Energiemanagement die Summe aller Maßnahmen, die geplant und durchgeführt werden, um die geringstmögliche Energiemenge bei gegebenem Komfort- bzw. Produktionsniveau zu verbrauchen. Ein gebäudeübergreifendes Energiemanagement wird hierbei für mehrere Gebäude ggf. unterschiedlicher Sektoren (Bürogebäude, Schulen, Wohnungen etc.) parallel und überlappend angewandt. Diese Energiemanagement-Aktivitäten konzentrieren sich auf (1) Energieproduktion, (2) -speicherung und (3) -verteilung über die Gebäude hinweg bzw. für den gesamten verbundenen Gebäudekomplex. Ein gebäudeübergreifendes Energiemanagement bietet dabei folgende Vorteile gegenüber einem Energiemanagement auf Einzelobjektebene:

- Höherer Autarkiegrad als bei Einzelobjekten möglich, vor allem bei einem Einsatz von fluktuierenden Energiequellen (z.B. PV).
- Negative Auswirkungen auf die Stromnetzqualität (erhöhter PV-Anteil) können durch einen hohen Grad an Eigennutzung des Stroms beseitigt / minimiert werden.
- Höhere Effizienz (z.B. harmonische Lastgänge des regionalen Energiesystems) durch mehr Freiheitsgrade
- Höhere Versorgungssicherheit
- Professionellerer Betrieb durch Festlegung von Hauptverantwortlichen für Wartung, Überwachung, Reparaturen etc.

2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Sobald Energieaustausch zwischen verschiedenen Liegenschaften erfolgen soll, stellt sich die rechtliche und wirtschaftlich relevante Frage, ob dafür das öffentliche Netz genutzt wird. Im Rahmen des Projektes *GebEn* (deBruyn, et al., 2014) wurden die relevanten Aspekte und Möglichkeiten des gebäudeübergreifenden Energieaustausches und vor allem die damit einhergehenden Problemfelder identifiziert und analysiert. Als eine Variante zur gebäudeübergreifenden Energieversorgung wurde dabei auch die Möglichkeit der Nutzung einer Direktleitung thematisiert. Die Direktleitung stellt eine direkte elektrische Verbindung zwischen zwei Gebäuden dar, über die ein Überschuss an erneuerbarer Erzeugung transportiert werden kann.

Die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der Übertragung von PV-Strom zwischen zwei Einfamilienhäusern mittels Direktleitung konnte im Zuge des F&E-Projektes *InEnmasys* (Ramharter, et al., 2017), theoretisch und praktisch bewiesen werden. Das Projekt hat gezeigt, dass durch die Direktleitung die direkte Nutzung der PV-Erzeugung erhöht werden kann. Das Ausmaß dieser Steigerung ist jedoch gering, da die gemeinsame Optimierung des Verbrauchsverhaltens der beiden Gebäude fehlt.

Ein weiteres relevantes Projekt in diesem Zusammenhang ist das Projekt *Machbarkeitsanalyse zur Steigerung des Eigenlastgrads durch Gebäudecluster und aktive Speicher in Großschönau* (Leber, et al., 2015). In diesem Sondierungsprojekt wurde die Bildung und Evaluierung von Gebäude-Clustern mit unterschiedlichen Verbrauchsprofilen (Haushalts-, Gewerbe-, Industrie- und auch kommunale Objekte) untersucht, mit dem Ziel den PV-Eigenverbrauch zu erhöhen. Zusätzlich wurde die Anwendung von Demand Side Management Maßnahmen auf die Cluster und der Einsatz von Speicherlösungen analysiert. Die Ergebnisse wurden allerdings nicht praktisch angewendet. Mögliche Demonstrationen sollten dabei weitere Aspekte wie Benutzerakzeptanz (Vorurteile, Transparenz), sowie Aspekte der Finanzierung und Koordination (e.g. Abrechnung, Verantwortlichkeit, usw.) berücksichtigen.

In Hinblick auf den Einsatz von Batteriespeichersystemen gibt es zahlreiche nationale und internationale F&E-Projekte. So beschäftigt sich unter anderem das Institut für Erneuerbare Energie an der FH Technikum Wien seit einigen Jahren schwerpunktmäßig mit Batteriespeichersystemen. Beispielsweise wurden in der Sondierung *s-chameleonStore: Sondierung zu einer universellen Konfigurations- und Steuerungsplattform für multifunktionale Batteriespeichersysteme* (Nenning, et al., 2015) die Anforderungen von Netzbetreibern und Energieversorgern an (dezentrale) Batteriespeichersysteme ermittelt und eine Analyse von am Markt erhältlichen Produkten, die diese Anforderungen erfüllen können, erstellt. Es wurde die Grundlage für die Entwicklung einer flexiblen, multifunktionalen Steuerungs- und Konfigurationsplattform für Batteriespeichersysteme erarbeitet. Diese Plattform ermöglicht es, Batteriespeicher je nach Anwendungsfall mit geringem Aufwand zu konfigurieren und damit für unterschiedliche Betriebsarten einsetzbar zu machen.

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

Gegenstand des Projektes ist die Konzeption, Entwicklung und Demonstration bzw. der Testbetrieb eines Gesamtsystems des gebäudeübergreifenden Energieaustausches (Strom) und der gebäudeintegrierten Produktion bei Gebäuden unterschiedlicher Nutzungsart (Wohnbau / Büro). Neben der gebäudeintegrierten Erzeugung und Speicherung von Strom ist ein gebäudeübergreifender Energieaustausch ein wesentliches Element der zukünftigen Energieversorgung auf Gebäude-, Quartiers- und Stadtebene. Um diese wesentlichen Elemente zu optimieren werden im Rahmen von WEIZconnected insbesondere folgende Technologiebereiche angesprochen:

- Gebäudeintegrierte Energieerzeugung: Einsatz von Photovoltaikanlagen mit möglichst hohem Grad an Nutzung des erzeugten Stroms im Gebäudekomplex
- Speichertechnologien für elektrische Energie im Kontext des Gebäudes
- Gebäudeübergreifendes Energiemanagement
- Gebäudeübergreifender Austausch von Strom, auch zwischen Gebäuden mit unterschiedlicher Nutzungsart (Wohn- und Gewerbegebäude)

Es gibt zahlreiche Konzepte und Produkte bzgl. Energiemanagementsysteme und auch einige Abhandlungen bzw. dem gebäudeübergreifenden Energieaustausch (siehe Abschnitt 2.2). Empirische Erfahrungen bestehen bislang jedoch nur wenige. Diese Projekte adressieren zudem meist einzelne Nutzungsarten der Gebäude (insbesondere Wohnbau). Durch parallele Betrachtung mehrerer Gebäude / Verbraucher bestehen mehr Freiheits- und Optimierungsgrade, wodurch das Gesamtoptimum dieses Energiesystems höher sein soll, als bei Betrachtung der Einzelobjekte (der Einzeloptima). Die Innovationen des gegenständlichen Projekts bestehen daher insbesondere in:

- Konzeption, Entwicklung und Test-Betrieb eines Gesamtsystems das sowohl bei bestehender Gebäudestruktur als auch bei Neubauten eingesetzt werden kann und einen gebäudeübergreifenden Energieaustausch zwischen Gebäuden unterschiedlicher Nutzungsart (Wohnen, Büro, Gewerbe) ermöglicht.
- Erarbeitung und Erprobung eines Energiesystems zur Vernetzung von bereits aktuell hinsichtlich der gebäudespezifischen Energieversorgung fortschrittlichen Einzelgebäuden.
- Vernetzungen / Schnittstellen zum übergeordneten Netz-System werden analysiert, in Pilotprojekten hergestellt bzw. optimiert.
- Photovoltaikanlagen: Erreichung eines möglichst hohen Grades an Nutzung des erzeugten Stroms in einem Gebäudekomplex.
- Behandlung komplexer projektbezogener ökonomischer, rechtlicher, technischer und sicherheitsrelevanter Fragestellungen.

2.4 Verwendete Methoden

Die Erarbeitung und Testung des technischen Lösungsansatzes für die gebäudeübergreifende Energieversorgung erfolgte anhand von zwei unterschiedlichen Pilotprojekten und entsprechenden Monitoring- und Adaptionmaßnahmen direkt vor Ort. Dazu gab es laufende Abstimmungstreffen (Meetings, Planungs- und Projektbesprechungen) mit den einzelnen Projektpartnern, Gebäudeeigentümern und Planern.

In diversen Workshops mit Projektbeteiligten wurden unter Einbeziehung der Liegenschaftseigentümer die Anforderungen an das Gesamtsystem definiert, diskutiert und entsprechende Detailpläne für die Umsetzung erstellt. Für die Erarbeitung der rechtlichen Anforderungen wurde zudem eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt sowie auf vorhandene Rechtsgutachten zurückgegriffen.

Aufbauend auf den erarbeiteten Detailplänen wurden die notwendigen Komponenten ausgewählt bzw. entwickelt und in den beiden Pilotanlagen installiert. Es erfolgte ein mehrmonatiges Monitoring, in dessen Rahmen auch auf Beobachtungen der NutzerInnen sowie deren Anregungen eingegangen wurde. Auf Basis dieser Rückmeldungen wurden Anpassungen an den Systemen durchgeführt. Der Betrieb wurde soweit optimiert, dass weitere Werte in einem längeren Intervall aufgezeichnet bzw. dokumentiert werden konnten. Dabei wird auf die ständige Rückkopplung mit den Erfahrungen der NutzerInnen großer Wert gelegt. Diese NutzerInnenerfahrung wird langfristig auch in Form von Vorträgen und Besichtigungen (insbesondere der Pilotanlage 1) an Interessierte weitergegeben.

Abschließend wurde eine Analyse und Bewertung aller verfügbaren und gesammelten Ergebnisse und Erkenntnisse durchgeführt und darauf aufbauend Handlungsempfehlungen für die weitere Verwertung erarbeiten.

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

Für die Erarbeitung des technischen Lösungsansatzes und die Realisierung der Pilotanlagen wurden zunächst die vorherrschenden Rahmenbedingungen und Anforderungen, die hinsichtlich der Realisierung eines gebäudeübergreifenden Stromaustausches bestehen, erarbeitet. Dazu erfolgte eine detaillierte Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen (Basis bildete im Wesentlichen die zum Projektzeitpunkt gültige Fassung des EIWOG sowie die entsprechenden Ausführungsgesetze der Länder) unter Berücksichtigung der Eigentumsverhältnisse der untersuchten Pilotanlagen. Darauf aufbauend wurden die technischen Anforderungen für die Umsetzung des Vorhabens erarbeitet. Dazu wurden die in Frage kommenden Objekte im Detail hinsichtlich

- vorhandener Verbraucher,
- vorhandene Erzeugungsanlagen bzw. Möglichkeiten zur Installation von PV-Anlagen (Statik, Auswahl des Systems, Dimensionierung, etc.) und

- vorhandene E-Installationen / technische Anlagen (Leitungen, Schaltschränke, etc.) und
- Schnittstellen zum übergeordneten Stromnetz

untersucht. Dabei mussten mehrere Iterationsschleifen durchlaufen werden, da erst nach Betrachtung und Prüfung einer Vielzahl unterschiedlicher Standorte (Variantenbetrachtung) die tatsächlich zu realisierenden Anlagen festgelegt und entsprechende Detailpläne erarbeitet werden konnten. Darauf aufbauend erfolgte die Entwicklung und Programmierung der notwendigen Komponenten für den gebäudeübergreifenden Energieaustausch. Dazu wurde auch der Controller für den Betrieb der Direktleitung mit der zuvor konzipierten Funktionalität ausgestattet. Nach Fertigstellung dieser Planungsarbeiten, erfolgte die Installation aller erforderlichen Komponenten und die Inbetriebnahme der Direktleitung. Um ein Monitoring der Anlage durchführen zu können, wurden weiters ein eigens entwickeltes Monitoringsystem zur Erfassung und Aufzeichnung relevanter Daten installiert. Die Performance des Systems wurde laufend kontrolliert und durch Adaption der Systemparameter optimiert. Abschließend wurde auf Basis der erfassten Ergebnisse des Monitorings eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Anlage durchgeführt.

3 Ergebnisse des Projektes

Prioritäres Ziel des Projektes WEIZconnected war die Entwicklung und der Testbetrieb eines Gesamtsystems für den gebäudeübergreifenden Energieaustausch und die gebäudeintegrierte Stromproduktion. Für die Lösung der technischen Anforderungen standen folgende Themen im Zentrum der Betrachtungen:

- Stromerzeugung mittels gebäudeintegrierter Photovoltaikanlagen
- Energiespeicherung
- Entwicklung und Einsatz eines intelligenten Energiemanagementsystems
- Schnittstellen zu übergeordneten Systemen (Stromnetz)

Das System kann bei Neubauten sowie bei bestehenden mittelgroßen Verbrauchern einfach nachgerüstet werden und zielt auf die Maximierung des Autarkiegrades durch sich ergänzende Gebäudelastprofile ab.

Prinzipiell besteht das Gesamtsystem aus Einzelkomponenten hinsichtlich Stromerzeugung, -verteilung, -austausch, -speicherung sowie einem zentralen Managementsystem und diversen Mess- bzw. Monitoring-Einrichtungen. Es erfolgt eine gebäudeübergreifende Steuerung, wobei Verbrauch, Erzeugung und Verteilung berücksichtigt werden. Ermöglicht wird dies durch die Implementierung von IKT, Mess- und Regeltechnik, Photovoltaikanlagen und Stromspeicher an und in den zugrundeliegenden Gebäuden. Mit der Schwerpunktsetzung auf die dezentrale Stromerzeugung mittels Photovoltaikanlagen wird das volatile Angebot dieser Stromquelle besonders berücksichtigt. Hier wird einerseits der Ansatz verfolgt, dass es nicht sinnvoll ist größere Überschussmengen an Photovoltaikstrom ins übergeordnete Netz einzuspeisen. Andererseits ist eine vollkommen autarke Versorgung aufgrund der gegebenen Rahmenbedingungen, wie bspw. der relativ hohen Kosten von

(elektrochemischen) Stromspeicher und der Tatsache, dass nicht die gesamte erzeugte Energiemenge in diesen Stromspeichern aufgenommen werden kann, nicht erstrebenswert. Vielmehr wird ein wirtschaftlicher Betrieb des Systems angestrebt. Es wurde besonders auf folgende Aspekte geachtet:

- Intelligente Integration von PV um einen möglichst hohen Grad an Eigennutzung des erzeugten Stroms zu erreichen.
- Hohe Wirtschaftlichkeit durch größtmögliche Verwendung des erzeugten PV-Stromes im Gebäudekomplex.
- Optimierte Einbindung des Systems in die übergeordnete Netzstruktur (technische, wirtschaftliche und rechtliche Aspekte).

3.1 Rechtliche Anforderungen

Die wesentliche rechtliche Grundlage für den gebäudeübergreifenden Energieaustausch bilden das Elektrizitätswirtschafts- und Organisationsgesetz (EIWOG 2010 in der Fassung vom August 2013) und die entsprechenden Ausführungsgesetze der Länder (die während der Projektlaufzeit gültigen Fassungen¹).

Hinsichtlich eines Netzanschlusses sind die geltenden gesetzlichen Bestimmungen, die technischen und organisatorischen Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen (TOR), die diesen Regelungen zugrundeliegenden Normen und die auf diesen Bestimmungen basierenden Bedingungen des Netzbetreibers zu berücksichtigen.

3.1.1 Bestimmungen zur Verteilung elektrischer Energie - Stromversorgung über Direktleitung

Eine essentielle Erkenntnis im Rahmen der Erarbeitung der rechtlichen Rahmenbedingungen ist jene, dass für die Umsetzung der Pilotprojekte ausschließlich die Verwendung von Direktleitungen zur gebäudeübergreifenden Stromversorgung in Frage kommt. Eine Nutzung des öffentlichen Netzes ist zwar aus rechtlicher Sicht prinzipiell möglich, jedoch sind dazu entsprechende, projekt- und standortbezogene Klärungen / Vereinbarungen mit dem lokalen Netzbetreiber zu treffen. Diese Variante wäre also mit hohem (administrativem) Aufwand verbunden und wird im Sinne der Multiplizierbarkeit der WEIZconnected Lösung nicht berücksichtigt.

Der Begriff der Direktleitung wird in der Grundsatzbestimmung des § 7 Abs. 1 Z 8 EIWOG wie folgt definiert:

"Direktleitung' entweder eine Leitung, die einen einzelnen Produktionsstandort mit einem einzelnen Kunden verbindet oder eine Leitung, die einen Elektrizitätserzeuger und ein Elektrizitätsversorgungsunternehmen zum Zwecke der direkten Versorgung mit ihrer eigenen Betriebsstätte, Tochterunternehmen und zugelassenen Kunden verbindet; Leitungen innerhalb von Wohnhausanlagen gelten nicht als Direktleitungen."

¹ Steiermärkisches Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2005

Liefern Erzeuger den selbst erzeugten elektrischen Strom über Direktleitungen, hat der Netzbetreiber lt. § 42 EIWOG Rz 1 keinen Anspruch auf Anschluss der Direktleitung an das öffentliche Stromnetz (Pauger & Pichler, 2000).

Sämtliche Ausführungsgesetze räumen den Erzeugern einen Rechtsanspruch auf die Errichtung und den Betrieb von Direktleitungen ein. Die Formulierungen weichen dabei im Detail geringfügig voneinander ab, wobei jedoch mit Ausnahme des Bundeslandes Oberösterreich die Vorgaben der Richtlinie ordnungsgemäß umgesetzt werden.²

Die technischen Voraussetzungen einer Direktleitung legte der Gesetzgeber im EIWOG nicht fest (Oberndorfer, 2007). Generell müssen aber folgende Grundsätze bei der Versorgung Dritter über eine Direktleitung berücksichtigt werden, die sich aus den unionsrechtlichen und innerstaatlichen Regelungen ergeben:

(1) Trennung zwischen Direktleitung und öffentlichem Netz

Eine Direktleitung im Sinne des § 7 Abs 1 Z 8 Bundes-EIWOG liegt nur dann vor, wenn zwischen der betreffenden Leitung und dem öffentlichen Netz keine direkte Verbindung besteht. Es darf also zu keinem unmittelbaren Stromaustausch zwischen der Direktleitung und dem öffentlichen Netz kommen, d.h. kein öffentlicher Strom in der Direktleitung fließen (vgl. dazu auch Hauer/Oberndorfer, aaO, Rz 5 zu § 42 EIWOG 2007).

Keinesfalls darf es auch zu einer Versorgung der Erzeugungsanlage mit elektrischer Energie aus dem Verteilernetz über die Direktleitung kommen. Dies gilt auch dann, wenn die Erzeugungsanlage stillsteht. In diesem Fall bedarf der Kunde entweder eines gesonderten Anschlusses an das Verteilernetz (dazu sogleich) oder einer anderen Stromquelle (etwa ein Notstromaggregat), auch darf die Erzeugungsanlage nicht über die Direktleitung mit Strom versorgt werden (z.B. im Revisionsfall).

Verfügen also beide Gebäude (wie üblich) über einen Anschluss an das öffentliche Netz, so muss der vom Erzeuger in das öffentliche Netz bzw. die Direktleitung eingespeiste Strom streng getrennt über zwei unterschiedliche Zähler gemessen werden. Damit solch ein duales Versorgungssystem funktionieren kann, muss die erforderliche Abstimmung der beiden Stromflüsse (der Stromfluss über das öffentliche Netz und die Direktleitung) immer in der Anlage des Stromlieferanten bzw. des Kunden selbst, unter deren Verfügungsgewalt erfolgen.

Sind der Erzeuger und/oder der Verbraucher an das öffentliche Netz angeschlossen, sind dafür auch Systemdienstleistungsentgelte zu entrichten (Rihs, 2013).

(2) Keine Einspeisung von PV-Überschuss in das öffentliche Netz über die Direktleitung

Weiters darf über die Direktleitung (z.B. über die Anlage des Kunden) kein Strom ins Verteilernetz eingespeist werden. Auch hier würde dies nämlich ansonsten dazu führen, dass die Direktleitung zum Bestandteil des öffentlichen Verteilernetzes würde.

Sollte mehr Strom erzeugt werden, als vom Kunden abgenommen wird, so kann die

² Die entsprechenden Bestimmungen finden sich in § 40 Abs 4 Bgld EIWG 2006, § 47 Abs 2 Ktn EIWOG, § 46 Abs 4 NÖ EIWG 2005, § 43 OÖ EIWOG, § 33 Sbg LEG, § 31 Stmk EIWOG, § 62 Tir Elektrizitätsgesetz 2012, § 28 Vbg EIWG und § 37 WelWG 2005.

Erzeugungsanlage ergänzend direkt an das Verteilernetz angeschlossen werden, damit die "Überschuss"-Energie in das Netz eingespeist werden kann. Dies ist für die Beurteilung als Direktleitung unschädlich (VwGH 04.03.2008, 2007/05/0243). Aber auch in diesem Fall dürfen die Abnehmer über die Direktleitung nicht mit Strom des Verteilernetzes versorgt werden.

Zu erwähnen ist, dass die Überschusseinspeisung bei Erzeuger oder Verbraucher für die Gestaltung der Direktleitung (rechtlich) unwesentlich ist.

(3) Die Direktleitung muss durch den Erzeuger betrieben werden

Eine Direktleitung liegt laut dem Gesetz immer dann vor, wenn ein Elektrizitätsunternehmen bzw. ein Erzeuger einen oder mehrere Kunden über ein elektrisches Leitungssystem versorgt, welches nicht direkt mit dem öffentlichen Netz verbunden ist. Da das Recht zur Errichtung und zum Betrieb der Direktleitung ausschließlich dem Erzeuger zusteht, muss die Direktleitung auch vom Erzeuger betrieben werden.

(4) Sternnetz ist kein Widerspruch zu geltenden Elektrizitätsrecht

Aus der Begriffsdefinition der Direktleitung, die von der Versorgung eines einzelnen Produktionsstandorts mit einem einzelnen Kunden spricht, lässt sich ableiten, dass über die Leitung nicht mehrere Kunden versorgt werden dürfen. Dies führt dazu, dass jeder einzelne Abnehmer mit einer gesonderten Direktleitung versorgt werden muss. Ein derartiges Sternnetz steht nicht im Widerspruch zu den Vorgaben des Elektrizitätsrechts.

Daneben besteht freilich die Möglichkeit, Kunden über das öffentliche Netz zu versorgen, wofür jedoch jedenfalls die oben genannten Systemdienstleistungsentgelte und andere Abgaben zu entrichten sind.

3.1.2 Stromlieferung – Vertragliche Gestaltung des Elektrizitätsverkaufs

Gegenstand des Stromlieferungsvertrages ist der dauerhafte Bezug von Elektrizität zum Betrieb von Anlagen gegen Entgelt. Nach der herrschenden Ansicht ist Elektrizität eine körperliche Sache im Sinne des § 292 ABGB. Der Energielieferungsvertrag ist ein Kaufvertrag in Form eines Sukzessivlieferungsvertrags, der Stromlieferungsvertrag wird dabei als ein Dauerschuldverhältnis angesehen.

Stromlieferungsverträge unterliegen den Bestimmungen des bürgerlichen Rechts und sofern der Strom von Unternehmern an Konsumenten verkauft wird, dem Konsumentenschutzgesetz (KSchG). Nach § 2 Abs 1 KSchG ist ein Unternehmen jede auf Dauer angelegte Organisation selbständiger wirtschaftlicher Tätigkeit, mag sie auch nicht auf Gewinn gerichtet sein. Die Unternehmereigenschaft des Erzeugers wird in den hier zu untersuchenden Konstellationen im Regelfall vorliegen. Nicht anwendbar sind die Bestimmungen des KSchG, wenn der Strom nicht an Konsumenten, sondern an Unternehmen geliefert wird.

Die konkrete Ausgestaltung der Stromlieferungsverträge unterliegt aufgrund der Privatautonomie der freien Gestaltung der Parteien.

Allgemeine Geschäftsbedingungen für die Belieferung mit elektrischer Energie:

Versorger sind gemäß der Grundsatzbestimmung des § 80 Abs 1 EIWOG verpflichtet Allgemeine Geschäftsbedingungen (idF kurz: AGB) für die Belieferung mit elektrischer Energie für Kunden, deren Verbrauch nicht über einen Lastprofilzähler gemessen wird, zu erstellen. Die AGB sowie ihre Änderungen sind der Regulierungsbehörde vor ihrem In-Kraft-Treten in elektronischer Form anzuzeigen und in geeigneter Form zu veröffentlichen.

Für die Belieferung von Kunden, deren Verbrauch mit einem Lastprofilzähler gemessen wird, steht es dem Versorger frei AGB zu vereinbaren. Dies ist aber nicht zwingend notwendig. Nach § 51b OÖ EIWOG sind zudem für Kunden, deren jährlicher Stromverbrauch weniger als 100.000 kWh beträgt, ebenfalls keine AGB zu erstellen.

Änderungen der Geschäftsbedingungen und der vertraglich vereinbarten Entgelte sind nur nach Maßgabe des ABGB bzw des KSchG zulässig und dem Kunden schriftlich in einem persönlich an sie gerichteten Schreiben oder auf dessen Wunsch elektronisch mitzuteilen (§ 80 Abs 2 EIWOG).

Diese AGB oder Vertragsformblätter zwischen Versorgern und Kunden haben gemäß § 80 Abs 3 EIWOG zumindest zu enthalten:

1. Name und Anschrift des Versorgers;
2. erbrachte Leistungen und angebotene Qualität sowie den voraussichtlichen Zeitpunkt für den Beginn der Belieferung;
3. den Energiepreis in Cent pro kWh, inklusive etwaiger Zuschläge und Abgaben;
4. Vertragsdauer, Bedingungen für eine Verlängerung und Beendigung der Leistungen und des Vertragsverhältnisses, Vorhandensein eines Rücktrittsrechts;
5. etwaige Entschädigungs- und Erstattungsregelungen bei Nichteinhaltung der vertraglich vereinbarten Leistungsqualität, einschließlich fehlerhafter und verspäteter Abrechnung;
6. Hinweis auf die zur Verfügung stehenden Beschwerdemöglichkeiten;
7. die Bedingungen, zu denen eine Belieferung im Sinne des § 77 erfolgt;
8. Modalitäten, zu welchen der Kunde verpflichtet ist, Teilbetragszahlungen zu leisten, wobei eine Zahlung zumindest zehn Mal jährlich jedenfalls anzubieten ist.

Inhalte des Stromlieferungsvertrages:

Es bestehen keine besonderen Formvorschriften für Stromlieferungsverträge. Liegen diesen Verträgen AGB zugrunde, unterliegen diese der Inhalts- und Gültigkeitskontrolle des KSchG und des ABGB. Inhaltlich sollten insbesondere folgende Punkte geregelt werden:

- Geltung von AGB,
- Vertragsdauer,
- Liefermenge,
- Preis (allenfalls mit Wertsicherung),
- Stromqualität,
- Übergabestelle,

- Art der Messung der bezogenen Strommenge,
- Abrechnungs- und Zahlungsmodalitäten,
- Regelungen bei Mehr- oder Minderbezug bzw Mehr- oder Minderleistung,
- Regelungen bei Zahlungsverzug,
- Voraussetzungen einer Lieferunterbrechung,
- Kündigungsmöglichkeiten,
- Erforderliche technische Spezifikationen der technischen Anlagen des Kunden,
- Haftungsregelungen,
- Datenschutzerklärung,
- Rechtsnachfolgeregelungen,
- Gerichtsstand

3.2 Technische Anforderungen

3.2.1 Anforderungen Direktleitung

Aufgrund der erarbeiteten rechtlichen Anforderungen hat sich herausgestellt, dass die gebäudeübergreifende Stromversorgung nur mit einer Direktleitung sinnvoll möglich ist. Von Seiten des Netzbetreibers (Energie Steiermark AG) wurden für die Umsetzung der Direktleitung die zu erfüllenden technischen Anforderungen wie folgt festgelegt:

1. Auf der Verbindungsleitung darf zu keinem Zeitpunkt Netz-Strom vom Energieversorger fließen.
2. Es darf ausschließlich selbst produzierter Photovoltaik-Strom über die Direktleitung fließen.
3. Es darf zu keinem Zeitpunkt (auch nicht während der Schaltvorgänge der Zuschaltvorrichtung) zu Netzstörungen kommen.

Das grundlegende technische Konzept für die Umsetzung der WEIZconnected Pilotprojekte sieht also vor eine Direktleitung zwischen zwei Gebäuden – einem mit einer Erzeugeranlage (Gebäude A) und einem von diesem getrennten und hinsichtlich Eigentums von diesem verschiedenen Verbraucher (Gebäude B) zu errichten. Beide sind an das öffentliche Netz angeschlossen. Hinsichtlich der Ausführbarkeit ist zu beachten, dass es über die Direktleitung keine (geschlossene) leitende Verbindung zwischen den Netzbezugspunkt von A und B gibt, d.h. dass kein Strom, der bei A aus dem öffentlichen Netz bezogen wird, von B genutzt wird bzw. über B wieder in das öffentliche Netz gelangt. Zu berücksichtigen ist weiters, was mit dem Überschussstrom passiert bzw. in welcher Ausführung dieser ins öffentliche Netz gespeist werden kann (darf). Randbedingung ist, dass der Bedarf beider Verbraucher zu jedem Zeitpunkt gedeckt sein muss, d.h. die Versorgungssicherheit bei beiden Verbrauchern gewährleistet ist.

Eine Ausführung ist denkbar mit einem **Wechselschalter** bei A, der von der Erzeugeranlage zwischen Gebäude A und der Direktleitung zu Gebäude B geschaltet wird (siehe Abbildung 4). Hierbei liefert die Erzeugeranlage zu jedem Zeitpunkt entweder nur in das Gebäude A,

von wo aus ein Überschussstrom ins öffentliche Netz gespeist werden kann, oder nur in Gebäude B.

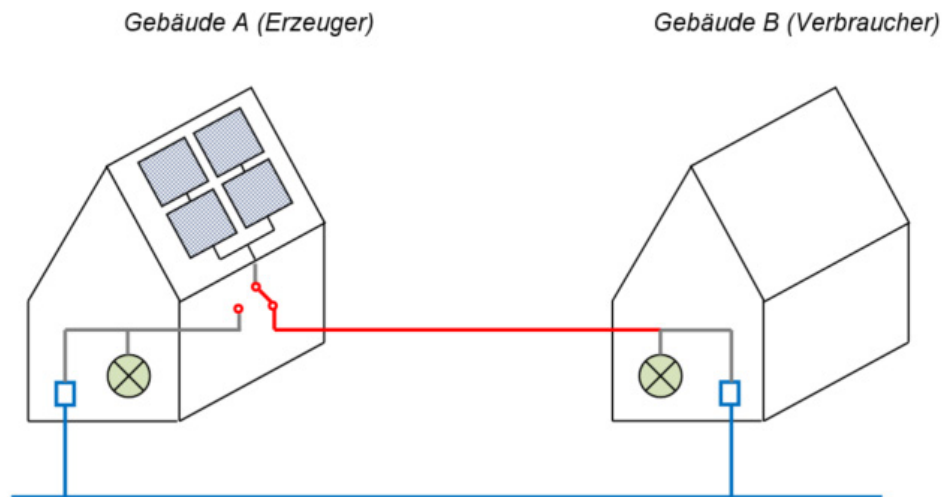


Abbildung 4: Direktleitung – Ausführung mit Wechselschalter

Quelle: (eigene Darstellung)

Ausgehend von dieser Basisvariante wird untersucht, inwieweit ein Speicher zur Zwischenspeicherung von Überschussstrom sinnvoll ist, bzw. wie dieser dimensioniert werden muss, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen. Zudem bilden diese Überlegungen die Grundlage für die Entwicklung des Energiemanagementsystems.

3.2.2 Anforderungen Energiemanagementsystem

Das projektbezogene Energiesystem besteht grundsätzlich aus dezentralen PV-Erzeugungseinheiten, Verbrauchern, Speicher, einem verknüpfenden Netz und IKT-Komponenten. Das gesamte Energiesystem soll zentral überwacht und gesteuert werden. Das Energieverbrauchs-, Bereitstellungs- und Managementsystem erfasst neben dem aktuellen Energiebedarf der einzelnen Verbraucher/Gebäude auch die aktuelle Stromerzeugung der Photovoltaikanlage(n) sowie den Ladezustand des Speichers.

Prinzipiell soll der aktuelle Bedarf der aktuellen PV-Erzeugung gegenübergestellt werden. Daraufhin wird aufgrund mehrerer Parameter entschieden, was mit dem von der dezentralen Erzeugungseinheit gelieferten Strom geschehen bzw. wie die Versorgung der Verbraucher bewerkstelligt werden soll. Es wird entschieden, ob der PV-Strom direkt im Gebäude verwendet, gespeichert, einem anderen Gebäude zur Verfügung gestellt, oder in das öffentliche Netz eingespeist werden soll bzw. ob Strom aus dem Speicher oder aus dem Netz bezogen werden muss.

Die Erarbeitung und Erprobung des dargelegten Gesamtsystems wurde dabei für zwei unterschiedliche Pilotanlagen durchgeführt, weshalb die Darstellung der relevanten Ergebnisse und Meilensteine in den nachfolgenden Kapiteln anhand der beiden Pilotprojekte erfolgt.

3.3 Pilotanwendungen

3.3.1 Auswahl der Pilotprojekte

Dieser Abschnitt gibt Auskunft über die betrachteten Varianten hinsichtlich der Realisierung zweier Pilotanlagen. Dabei werden die angedachten Systemkonzepte kurz erläutert, sowie Begründungen geliefert, wieso die ursprünglich geplanten Anlagen bzw. weiterführende Varianten nicht zur Umsetzung gebracht werden konnten. Die detaillierte Beschreibung der realisierten Pilotprojekte erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten.



3.3.1.1 Pilotprojekt 1

Variante	Gebäude	Konzept	Begründung																																			
1	<p>Mehrfamilien- wohngebäude Langs (Erzeuger)</p> <p>Campus W.E.I.Z. (Verbraucher)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">W.E.I.Z.</th> <th colspan="3">Wohnhaus Langs</th> </tr> <tr> <th>Gebäude W.E.I.Z.</th> <th>Eigentum W.E.I.Z.</th> <th>Wohnhaus</th> <th>Eigentum Fam. Langs</th> <th>Wohnungs- Mieter</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PV-Anlage</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Speicher</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verbraucher</td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>(x)</td> </tr> <tr> <td>Direktleitung</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Das Konzept für das Pilotprojekt 1 sah vor, den von einem Privathaus (MFH Langs) erzeugten PV-Überschuss zum gewerblich genutzten Bürogebäuden W.E.I.Z. IV zu liefern. Dafür müsste neben E-Installationsarbeiten im Haus Langs (E-Steigleitungen, Einbindung im E-Schaltkasten je Wohnung, Subzähler, PV-Anlage) auch eine Stromdirektleitung zwischen beiden Häusern</p>		W.E.I.Z.		Wohnhaus Langs			Gebäude W.E.I.Z.	Eigentum W.E.I.Z.	Wohnhaus	Eigentum Fam. Langs	Wohnungs- Mieter	PV-Anlage			x	x		Speicher			x	x		Verbraucher	x		x		(x)	Direktleitung				x		<p>Eine Analyse der Kosten für die Installation und Errichtung der PV-Anlage und der notwendigen Installationen im MFH Langs und der Stromdirektleitung ergab sehr hohe Investitionskosten. Eine durchgeführte Wirtschaftlichkeitsberechnung ergab, dass die geplante Anlage nicht wirtschaftlich ist.</p>
	W.E.I.Z.			Wohnhaus Langs																																		
	Gebäude W.E.I.Z.	Eigentum W.E.I.Z.	Wohnhaus	Eigentum Fam. Langs	Wohnungs- Mieter																																	
PV-Anlage			x	x																																		
Speicher			x	x																																		
Verbraucher	x		x		(x)																																	
Direktleitung				x																																		

Variante	Gebäude	Konzept	Begründung																													
		hergestellt werden. Die Leitungsführung hierfür ist, obwohl die Grundstücke beider Gebäude aneinandergrenzen, relativ aufwändig und daher kostenintensiv.																														
2	W.E.I.Z. II (Erzeuger) W.E.I.Z. IV (Verbraucher)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <ul style="list-style-type: none"> PV-Anlage Anschluss an das öffentliche Stromnetz Öffentliches Stromnetz Batteriespeicher Direktleitung Verbraucher Allgemeinstrom Verbraucher Mieter (Laborbetrieb) Energiemanagementsystem </div> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">W.E.I.Z. II</th> <th colspan="2">W.E.I.Z. IV</th> </tr> <tr> <th>Gebäude W.E.I.Z. II</th> <th>Eigentum W.E.I.Z.</th> <th>Gebäude W.E.I.Z. IV</th> <th>Mieter W.E.I.Z. IV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PV-Anlage</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Speicher</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verbraucher</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">x</td> </tr> <tr> <td>Direktleitung</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Nutzung PV-Überschuss zwischen Gebäude W.E.I.Z. II und Gebäude W.E.I.Z. IV. Die Herstellung der Direktleitung zw. W.E.I.Z. II und W.E.I.Z. IV wäre grundsätzlich machbar, jedoch mit relativ hohen zusätzlichen Installationsarbeiten verbunden gewesen.</p>		W.E.I.Z. II		W.E.I.Z. IV		Gebäude W.E.I.Z. II	Eigentum W.E.I.Z.	Gebäude W.E.I.Z. IV	Mieter W.E.I.Z. IV	PV-Anlage	x	x			Speicher	x	x			Verbraucher	x			x	Direktleitung	x	x			Mangels Platzbedarf in der E-Technik-Zentrale hätte im W.E.I.Z. IV ein zusätzlicher Schaltschrank eingebaut werden müssen. Dafür gab es zu wenig Platz. Darüber hinaus hätte die Verlegung der Kabel der Direktleitung zu Sicherheitsproblemen (Erwärmung) geführt.
	W.E.I.Z. II			W.E.I.Z. IV																												
	Gebäude W.E.I.Z. II	Eigentum W.E.I.Z.	Gebäude W.E.I.Z. IV	Mieter W.E.I.Z. IV																												
PV-Anlage	x	x																														
Speicher	x	x																														
Verbraucher	x			x																												
Direktleitung	x	x																														
3	W.E.I.Z. II (Erzeuger) W.E.I.Z. I (Verbraucher)	<p>Detailplan siehe Abschnitt 3.3.2.1.</p> <p>Der am Gebäude W.E.I.Z. II durch die installierte PV-Anlage erzeugte Strom wird primär für den Allgemeinstrom im W.E.I.Z. II verwendet. Der Überschussstrom wird entweder zur Ladung des im Gebäude installierten Batteriespeichers verwendet, oder, sobald dieser vollgeladen ist, an das Nachbargebäude W.E.I.Z. I übertragen.</p>	Realisiertes Pilotprojekt 1																													

3.3.1.2 Pilotprojekt 2

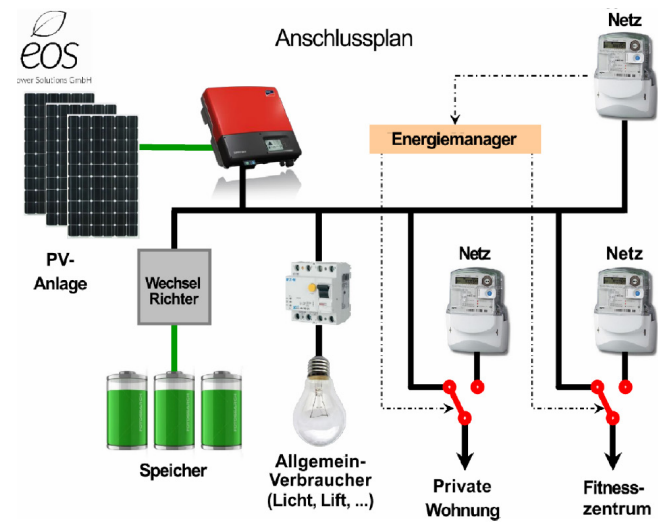
Variante	Gebäude	Konzept	Begründung
1	<p>Wohnhausanlage Mühlgasse (Erzeuger)</p> <p>Weizer Schafbauern (Verbraucher)</p>	<p>PV-Anlage sollte auf dem Parkdeck der Parkgarage der Wohnhausanlage Mühlgasse installiert werden. Von der PV-Anlage sollte der Strom zur Energiezentrale im Wohnhaus Mühlgasse 56 geleitet und von dort primär für den Allgemiestrom der Wohnanlage (Beleuchtung Garage, Beleuchtung Außenanlage und Stiegenhaus, Lift) verwendet werden. Der vorhandene Überschussstrom sollte einerseits an eine Privatwohnung im Gebäude Mühlgasse 56 und zum anderen für den Lebensmittelproduzenten „Weizer Schafbauern“ (Verwendung: Kühlung, Produktion und Büro) weitergeleitet werden.</p>	<p>Es erfolgte eine Verlegung des Betriebes der Weizer Schafbauern nach Mitterdorf. Die Nachnutzung des Gebäudes ist seitens des Eigentümers noch offen.</p> <p>Diese Variante konnte somit nicht weiterverfolgt werden.</p>
2	<p>Kunsthause Weiz (Erzeuger)</p> <p>Gasthaus Plotzhirsch & Büro Kulturmanagement (Verbraucher)</p>	<p>Als alternatives Pilotprojekt 2 wurde das Kunsthause Weiz betrachtet. Für das Pilotprojekt kann davon ausgegangen werden, dass eine optimale Nutzung des erzeugten PV-Stroms in Zusammenhang mit der installierten Speichereinheit erzielt werden kann, da sich die Lastprofile der einzelnen Objekte aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsarten gut ergänzen.</p> <p>Der erzeugte Überschussstrom (der geplanten 20 kWp PV-Anlage) sollte mittels Direktleitung zum Büro Kulturmanagement im 1.Stock des Nachbargebäudes sowie dem Restaurant „Plotzhirsch“ (im EG) übertragen werden.</p>	<p>Eine Installation einer PV-Anlage auf dem Flachdach des Kunsthause erschwert die Schneeräumung im Falle von Starkschneefall. In diesem Fall könnte die zu hohe Schneelast nicht rechtzeitig vom Dach</p>

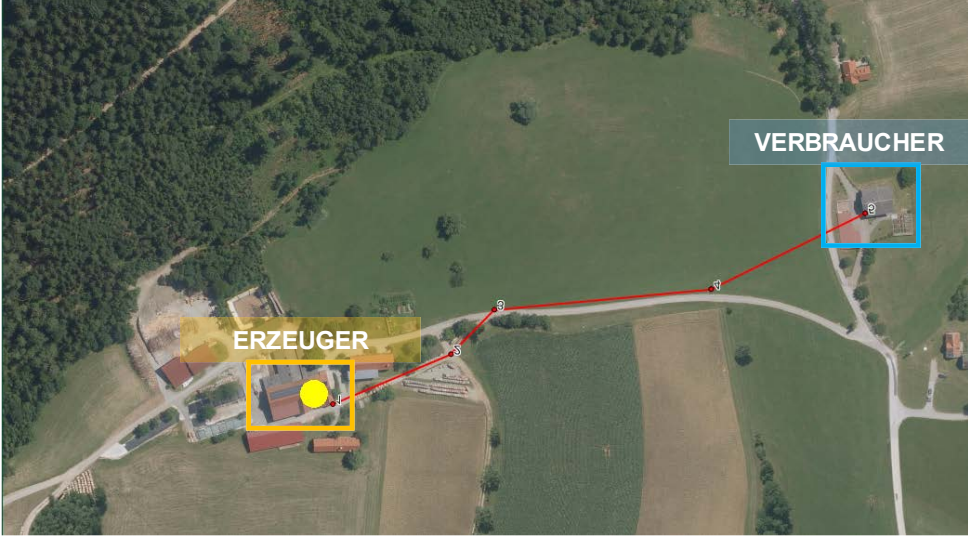
			<p>entfernt werden. Es könnte ein Dacheinbruch drohen, weshalb keine Genehmigung zur PV-Installation auf dem Kunsthause Dach erfolgen kann.</p>
<p>3</p>	<p>Gasthaus Plotzhirsch & Büro Kulturmanagement (Erzeuger)</p> <p>Kunsthhaus (Verbraucher)</p>	<p>In dieser Variante wurde die Möglichkeit betrachtet eine 12 kWp PV-Anlage auf dem Dach des ehemaligen Rathauses der Stadtgemeinde Weiz (jetzt Gasthaus Plotzhirsch und Büro für Kulturmanagement) zu errichten und den PV-Überschuss zur Versorgung einiger Verbraucher im Kunsthaus Weiz zu nutzen. Der Energiemanager sowie ein Batteriespeicher (ca. 10 kWh) sollten im E-Technikraum des Kunsthauses installiert werden.</p> 	<p>Errichtung einer PV-Anlage ist aufgrund der Denkmalschutzzone nicht möglich. Die geplante Orientierung der PV-Anlage am Dach des historischen Gebäudes (ehemaliges Rathaus der Stadt Weiz) „blickt“ zum Hauptplatz. Das ist lt. örtlicher Denkmalschutzverordnung ein „No Go“.</p>

4	Weberhaus (Erzeuger) Kunsthaus und Büro Kulturmanagement (Verbraucher)	<p>Als weitere Variante im Bereich des Kunsthauses wurde die Errichtung einer 5 kWp PV-Anlage am Dach eines Gebäudes (Weberhaus) untersucht. Wiederum sollte der PV-Überschuss an das Kunsthaus Weiz sowie das Kulturbüro der Stadtgemeinde übertragen werden.</p> 	PV-Anlage mit 5 kWp ist für das Demonstrationsvorhaben sehr klein. Der erzeugte PV-Strom würde zu 100% von Weberhaus (Bibliothek, Cafe) selbst benötigt werden. Zudem ist unklar, wer die Investition für die PV-Anlage trägt.
5	Wohnhausanlage Mühlgasse (Erzeuger) Fitness- und Gesundheitszentrum „Lifestyle“ (Verbraucher)	<p>Nachdem alle Varianten hinsichtlich der Einbeziehung des Kunsthauses als Pilotprojekt verworfen werden mussten, wurde erneut der Standort Mühlgasse für die Umsetzung einer Pilotanlage in Betracht gezogen. Ausgehend von der Mühlgassensiedlung sollte eine Stromdirektleitung zum Nachbargebäude Marburgerstraße 24 (angrenzendes Gebäude zum Betrieb Weizer Schafbauern) errichtet werden.</p> <p>Auf dem Parkdeck der Wohnanlage Mühlgasse sollte dazu eine 10 kW_p PV-Anlage errichtet werden. Mit dem Eigentümer der Liegenschaft wurde die Nutzung des PV-Stroms für die öffentliche Beleuchtung der Wohnanlage, die 24h-Beleuchtung der Parkgarage und die Stromversorgung einer Wohnanlage (als Demoanlage für die PV-Stromversorgung von Wohnanlagen) geplant. Der PV-Überschussstrom von der PV-Anlage sollte über eine Direktleitung dem Fitness- und Gesundheitszentrum zur Verfügung gestellt werden (siehe Anschlussplan).</p>	<p>Kosten für die PV-Anlage und die weiteren erforderlichen Installationen waren zu hoch.</p> <p>Der Fitness-Betrieb „Life Style“ wäre nur dann interessiert gewesen, wenn die letztlich zu verrechneten Stromkosten deutlich unter dem Marktpreis gelegen wären.</p>



Daher war die Wirtschaftlichkeit des Gesamtprojekts nicht gegeben.



<p style="text-align: center;">6</p>	<p>Landwirtschaftsbetrieb (Erzeuger)</p> <p>Wohngebäude (Verbraucher)</p>	<p>Eine weitere Möglichkeit zur Umsetzung der Pilotanlage 2 wurde bei einem Landwirtschaftsbetrieb in der Umgebung von Weiz ausgemacht, der bereits eine 25 kW_p PV-Anlage am Dach des Wirtschaftsgebäudes installiert hat. Die PV-Anlage versorgt derzeit den Haushalt, die Landwirtschaft mit Milchkühlung sowie eine Holzwerkstatt. Der PV-Überschuss sollte über Direktleitung (Leitungslänge 330 m) zur Ladung eines Batteriespeichers bei einem benachbarten Einfamilienwohnhaus genutzt werden.</p> 	<p>Wirtschaftlichkeit nicht gegeben: Die Direktleitung müsste entlang der Gemeindestraße und mindestens 3 Straßenquerungen realisiert werden. Die Kosten hierfür wären so hoch, dass sich durch den günstigeren Strombezugspreis ein $R_{\text{stat}} > 25$ Jahre ergeben würde.</p>
<p style="text-align: center;">7</p>	<p>Einfamilienwohnhaus (Erzeuger)</p> <p>Einfamilienwohnhaus (Verbraucher)</p>	<p>Untersuchung der gebäudeübergreifenden Stromversorgung zwischen zwei Einfamilienhäusern. Bei dieser Variante wäre bereits eine PV-Anlage bei einem der Objekte installiert gewesen. Der erzeugte Strom sollte einerseits zur Eigenstromabdeckung im Haus A genutzt werden. Zusätzlich wurden die Installation eines Speichers und die Anschaffung eines E-Autos in Betracht gezogen. Der vorhandene PV-Überschuss sollte mittels Direktleitung an ein benachbartes Einfamilienwohnhaus übertragen werden.</p>	<p>Wirtschaftlichkeit nicht gegeben: Die notwendigen Grabarbeiten für die Installation der Direktleitung wäre sehr kostspielig gewesen, da sowohl eine Landesstraße als auch der neuerrichtete Garten des Verbrauchers durch Grab- und</p>

			<p>Verlegearbeiten sehr beansprucht worden wäre. Die Installationskosten hätten die möglichen Stromersparnisse erst ab einem Zeitpunkt jenseits von 30 Jahren ausgeglichen.</p>
<p>8</p>	<p>Gebäude Fam. Hierzer, Eggersdorf (Erzeuger)</p> <p>Gebäude Fam. Gschweitzl, Eggersdorf (Verbraucher)</p>	<p>Detailplan siehe Abschnitt 3.3.2.2.</p> <p>Demonstration des gebäudeübergreifenden Stromaustausches zwischen einem Einfamilienwohnhaus und einem Wohn-/Bürogebäude in Eggersdorf. Durch systematische Optimierung des Strombedarfs und bestmögliche Ausnutzung der PV-Anlage für Ökostromerzeugung und Einspeisung ins Netz (OeMAG) bleibt ein bedeutender Überschussstrom für gebäudeübergreifende Stromversorgung übrig. Dieser Anteil wird über eine Stromdirektleitung zwischen beiden Häusern transferiert. Für diese Anlage wurden die WEIZconnected-Komponenten und der Energiemanager eingesetzt.</p>	<p>Realisiertes Pilotprojekt 2</p>

3.3.2 Beschreibung der realisierten Pilotanlagen

3.3.2.1 Pilotprojekt 1

Im Unterschied zur ursprünglich angedachten Pilotanlage wurde im Pilotprojekt 1 nun prinzipiell der gebäudeübergreifende Stromaustausch zwischen zwei Bürogebäuden des Campus W.E.I.Z. (siehe Abbildung 5) betrachtet. Beide Gebäude befinden sich im Eigentum der W.E.I.Z. Immobilien GmbH.

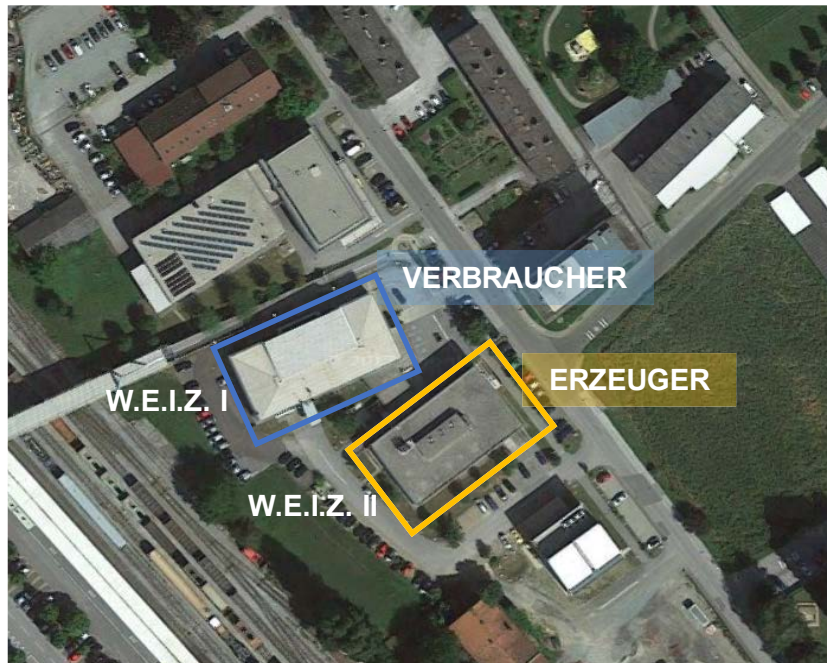


Abbildung 5: Lageplan Pilotprojekt 1

Darstellung anhand von Google maps

W.E.I.Z. I - 1. Passivbürohaus Mitteleuropas: Das W.E.I.Z. I ist ein kompaktes, 3-geschossiges Bürohaus (1.350 m²), ausgeführt in Form eines Holzskelettbaus, ausgefacht mit verleimten Brettstapeldecken und vorgefertigten Wandelementen. Die Gebäudehülle ist optimiert (U-Werte: (1) Dach: 0,1 W/m²K, (2) Wände 0,12 W/m²K, (3) Fenster 0,7 W/m²K). Die Beheizung des Gebäudes erfolgt mittels Luftheizung. Dieses System wird im Sommer als Gebäudekühlung verwendet. Diese Grundkomponenten ermöglichen das 1. Passivbürohaus Österreichs mit einem Energieverbrauch von 15 kWh/m²/Jahr.

Im W.E.I.Z. I sind ca. 80 Personen als Mitarbeiter von Forschungsunternehmen (Joanneum Research Forschungs- GmbH, Human Research GmbH), wirtschaftsnahe Dienstleister (TB Energietechnik, EDV) und Management- und Beratungsunternehmen tätig. Hier sind Büro und Labor-Einrichtungen installiert die in Summe ca. 200.000 kWh/a Strom benötigen. Ein Großteil der elektrischen Energie für das Gebäude wird für die Be- und Entlüftung benötigt (ca. 90.000 kWh/a). Die Energiekosten betragen, wegen der zentralen Lüftungsanlage, die ganzjährig im Betrieb ist, 8 €/m²a.

Das W.E.I.Z. I hat ein überdachtes Atrium (Glasdach: ca. 240 m²) das sich nicht für eine PV-Bestückung eignet. Die restliche Dachfläche ist als Foliendach mit Leichtbau-Holzunter-

konstruktion ausgestattet. Die Tragfähigkeit ist knapp kalkuliert und bietet neben der möglichen Schneelast nur noch wenig zusätzliche Lastreserven für eine evtl. PV-Anlage. Die E-Installationen im W.E.I.Z. I sind sehr selektiv ausgestattet. Es gibt eine gute technische Trennung von „Allgemeinstrom“ und „Büro/Kunden-Strom“. Daher kann zu Forschungszwecken der Bereich Allgmeinstrom mittels Direktleitung versorgt werden und dabei evtl. auftretende Stromschwankungen während der Testphase können sich nicht negativ auf sensible Laborgeräte bei Mietern im Haus W.E.I.Z. I auswirken. Die Abrechnung für den gelieferten Strom von WEIZ II zu WEIZ I kann in der internen Betriebskostenabrechnung gut sichtbar gemacht und finanziell klar abgerechnet werden.

W.E.I.Z. II - Kühlen und Heizen mit der Sonne („Kühle Kiste“): Das Gebäude mit ca. 2.200 m² ist überwiegend F&E- und Gründeraktivitäten gewidmet und bietet auch hochwertige Laborflächen (inkl. Reinraum). Das W.E.I.Z. II ist bautechnisch eine „Cool Box“. Dieses sehr innovative Energiekonzept des 4-geschossigen Bürogebäudes ermöglicht, dass das Gebäude über Erdsonden (Erdwärme) in Kombination mit einer Wärmepumpe und Fernwärme beheizt und gekühlt wird. Der kompakte Baukörper mit guter Wärmedämmung verfügt weiters über thermisch aktive Speichermassen mit Betonkernaktivierung. Diese und weitere Maßnahmen führen zu einer Energiekennzahl von 29 kWh/m²a (Niedrigstenergiehaus Wärmeschutzklasse A).

Das W.E.I.Z. II wird mittels Wärmepumpe und Tiefensonden via Deckenheizung (Betonkernaktivierung) beheizt. Im Sommer wird das Gebäude ohne Kältemaschine (die Wärmepumpe kann auch als Kältemaschine betrieben werden) durch Erdsondenspülung (Umwälzpumpen pumpen das Kühlwasser von den Erdsonden in die Deckenheizung/-kühlung) gekühlt. Diese Methode ist sehr energieeffizient, sodass für die ganzjährige Raumkonditionierung (Heizen und Kühlen) nur ca. 40.000 kWh/a Strom benötigt werden. Die spezifischen Energiekosten betragen im W.E.I.Z. II ca. 2 €/m²a.

Die kompakte und effiziente Flächennutzung erlaubt nur ein sehr smartes, zentrales Artium. Dadurch ist aber die Dachfläche verhältnismäßig groß, was wiederum günstig für die Installation einer größeren PV-Anlage ist (max. Ausbaupazität: 40 kWp). Für das Projekt *WEIZconnected* wurde eine 20 kWp-Anlage auf dem Dach des W.E.I.Z. II installiert (siehe Abbildung 6).



Abbildung 6: PV-Anlage am Dach des W.E.I.Z. II

Quelle: (eigene Darstellung)

Detailkonzept

Mittels einer Stromdirektverkabelung ist das W.E.I.Z. I mit dem W.E.I.Z. II verbunden, wobei beide Gebäude einen unabhängigen Stromanschluss zum öffentlichen Stromnetz haben. Das Detailkonzept der Pilotanlage ist in Abbildung 7 schematisch dargestellt.

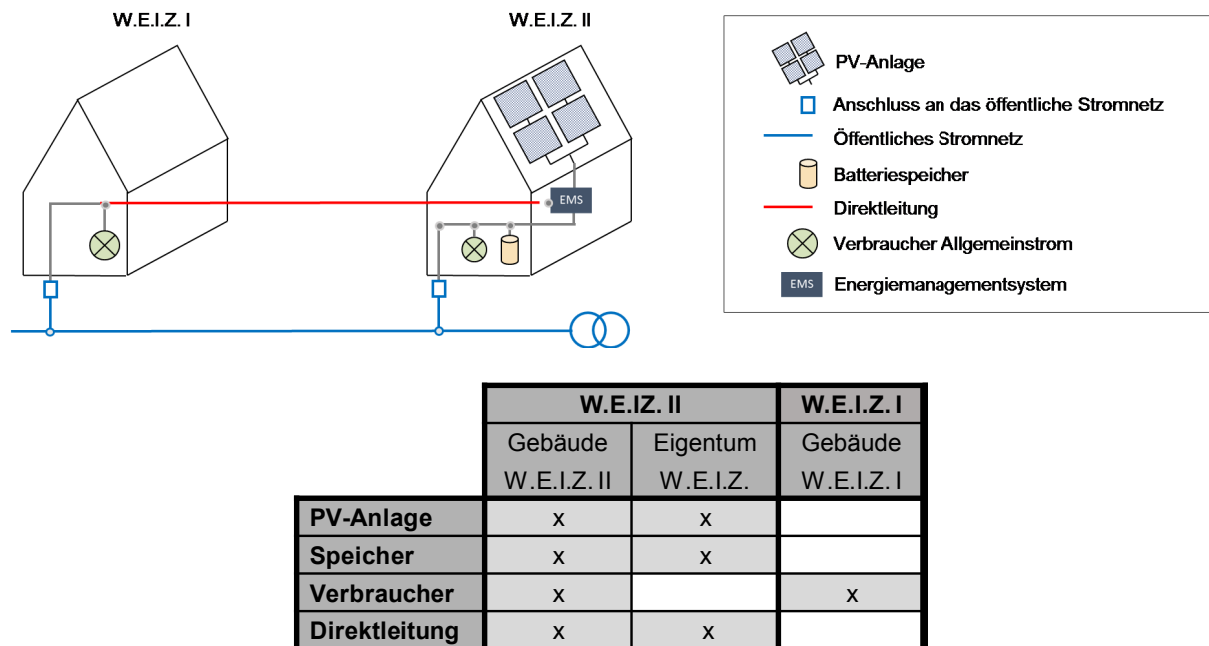


Abbildung 7: Detailkonzept Pilotanlage 1

Quelle: (eigene Darstellung)

In der Energiezentrale des Gebäudes W.E.I.Z. II wurde der Wechselrichter und der dazu ergänzende 15 kWh Stromspeicher mit Batteriewechselrichter aufgestellt. Beide Wechselrichter können auch unabhängig vom öffentlichen Stromnetz als „Inselanlagen“ betrieben werden. Dadurch ist auch eine netzunabhängige Stromversorgung des Hauses W.E.I.Z. II möglich, was auch eine Grundvoraussetzung für eine energieautarke und Blackout-resistente Energieversorgung essentieller Anlagen des W.E.I.Z. II ist (Heizung, Lift, Beleuchtung, EDV- und Kommunikationszentrale). Für *WEIZconnected* werden zu Demonstrationszwecken im W.E.I.Z. II die Stromkreise der Umwälzpumpen für Tiefensonden und Deckenheizung sowie für öffentliche Beleuchtung und Liftbetrieb versorgt. Dieser eingeschränkte Strombedarf ermöglicht den Überschussstrom der installierten PV-Anlage via *WEIZconnected*-Technologie ans Haus W.E.I.Z. I zu liefern. Einen Gesamtüberblick der installierten Hardware-Komponenten in der Pilotanlage 1 gibt Abbildung 8.

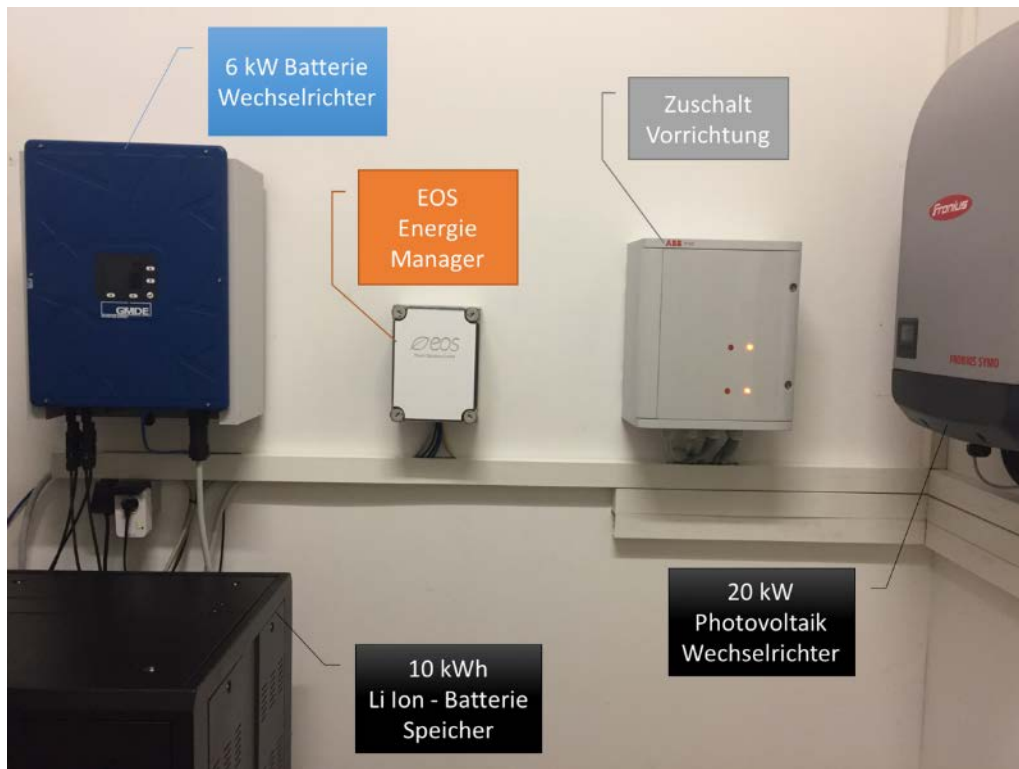


Abbildung 8: Überblick Gesamtanlage Pilotprojekt 1 mit Bezeichnung der einzelnen Komponenten
 Quelle: (eigene Darstellung)

3.3.2.2 Pilotprojekt 2

Nachdem sich die Interessen in der Wohnanlage Mühlgasse verschoben haben, wurde die gebäudeübergreifende Energieversorgung zwischen den Gebäuden der Familie Hierzer und Familie Gschweidl in Eggersdorf bei Graz als Pilotanlage 2 implementiert (Lage siehe Abbildung 9).

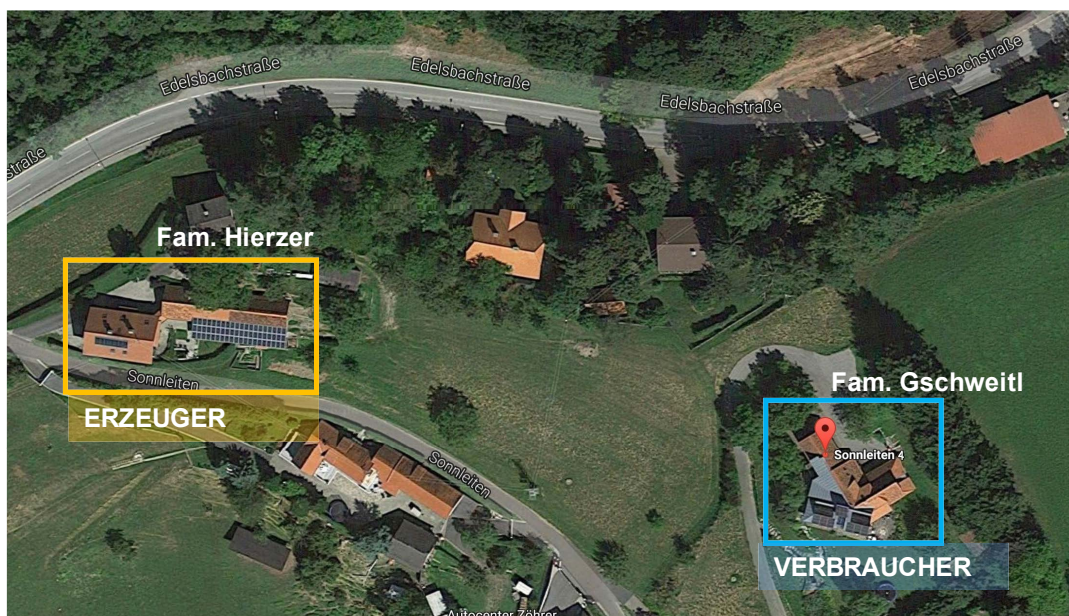


Abbildung 9: Lageplan Pilotprojekt 2
 Quelle: Darstellung anhand von Google Maps

Objekte Fam. Hierzer:

Im Dezember 2015 wurde für eine Auf-Dach-PV-Anlage am Wohnhaus der Familie Hierzer eine OeMAG-Förderung angesucht. Die ursprünglich angebotenen Photovoltaik-Module mit $240 W_{\text{peak}}$ waren zum Zeitpunkt der Anlagenerrichtung nicht mehr verfügbar, sondern nur die leistungsstärkeren Module mit $250 W_{\text{peak}}$. Es wurde daher eine $15 kW_{\text{peak}}$ Anlage am Dach des Einfamilienwohnhauses installiert. Damit produziert die errichtete Anlage nicht wie geplant ca. 14.000 kWh/a sondern ca. 15.000 kWh/a.

Diese Mehrlieferung wurde von der OeMAG beanstandet und der Rückbau der Anlage oder eine demensprechend geringere Einspeisung angeordnet. Da der Rückbau der Anlage als nicht sinnvoll wahrgenommen wurde, entschied sich Fam Hierzer den Überschuss-Strom über eine Direktleitung an die Fam. Gschweidl zu verkaufen.

Objekt Fam. Gschweidl:

Beim Gebäude der Familie Gschweidl handelt es sich um ein Einfamilienhaus mit 3 BewohnerInnen (Wohnfläche ca. 200 m²). Der jährliche Energieverbrauch liegt bei ca. 4.000 kWh pro Jahr, wobei ein Elektrofahrzeug im Besitz der Familie ist. Am Gebäude ist eine hauseigene PV-Anlage mit einer Leistung von 15 kWp installiert.

Detailkonzept

Die PV-Überschusserzeugung (ca. 1.100 kWh/a) der PV-Anlage der Fam. Hierzer wird über eine Direktleitung zu Familie Gschweidl in den Batteriespeicher transportiert. Diese Energie wird in Zeiten genutzt, in denen die Familie Gschweidl auf Netzstrom zurückgreifen müsste. Das Detailkonzept der Pilotanlage 2 ist in Abbildung 10 schematisch dargestellt.

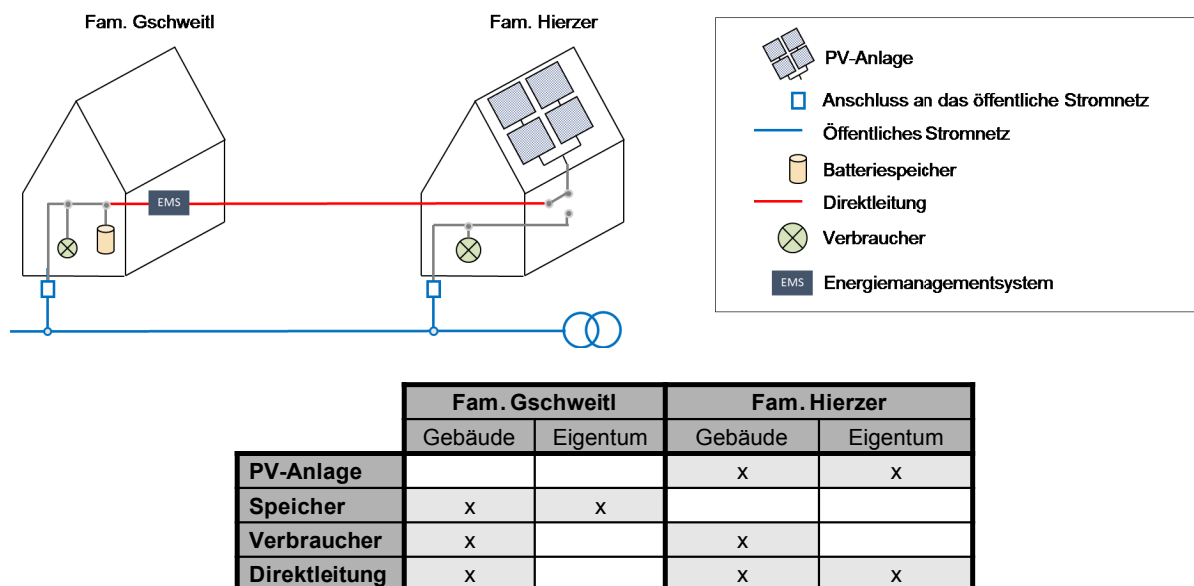


Abbildung 10: Detailkonzept Pilotanlage 2

Quelle: (eigene Darstellung)

Die PV-Anlage, PV-Wechselrichter und die Zuschaltvorrichtung sind am bzw. im Gebäude der Fam. Hierzer installiert.

Bei der Familie Gschweidl stehen der 15 kWh Batteriespeicher, EOS-Energy Manager und der Energiezähler und Schaltschrank mit Leitungsschutzschaltern. Der Stromüberschuss der PV-Anlage wird mittels Direktleitung an die Familie Gschweidl transportiert. Der Strom wird im Speicher zwischengespeichert und kann so zweckmäßig verbraucht werden.

Die Direktleitung (Länge ca. 100 m) führt über die Privatgrundstücke der beiden Hauseigentümer von der Photovoltaikanlage am Hierzer-Grundstück 294/1 über 294/2 auf das Gschweidl-Grundstück 291 (siehe Abbildung 11 und Abbildung 12), wo es in der Garage der Pilotanlage zugeführt wird.

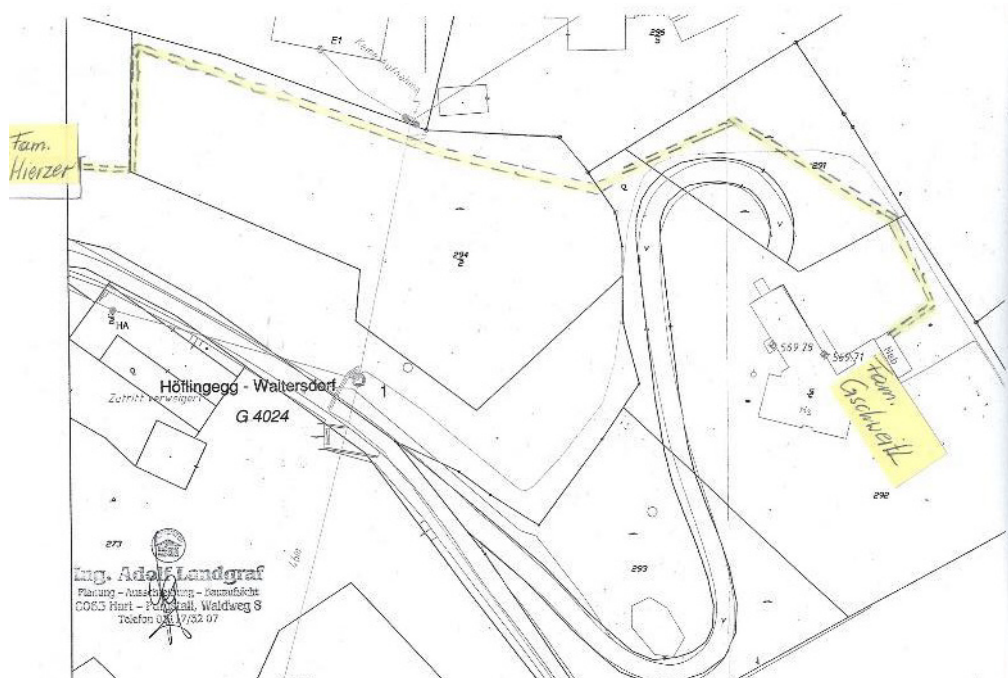


Abbildung 11: Verlauf der Direktleitung zw. Fam. Hierzer und Fam. Gschweidl

Quelle: (eigene Darstellung)



Abbildung 12: Verlegung der Direktleitung Pilotprojekt 2

Quelle: (eigene Darstellung)

Die Installation des Gesamtsystems, bestehend aus Energiespeicher und EOS-Energy Manager (im schwarzen Speicherschrank), Router, Batterie-Wechselrichter (6 kW),

Energiezähler sowie Schaltschrank mit Leitungsschutzschalter, erfolgte in der Garage der Fam. Gschweitzl (siehe Abbildung 13).

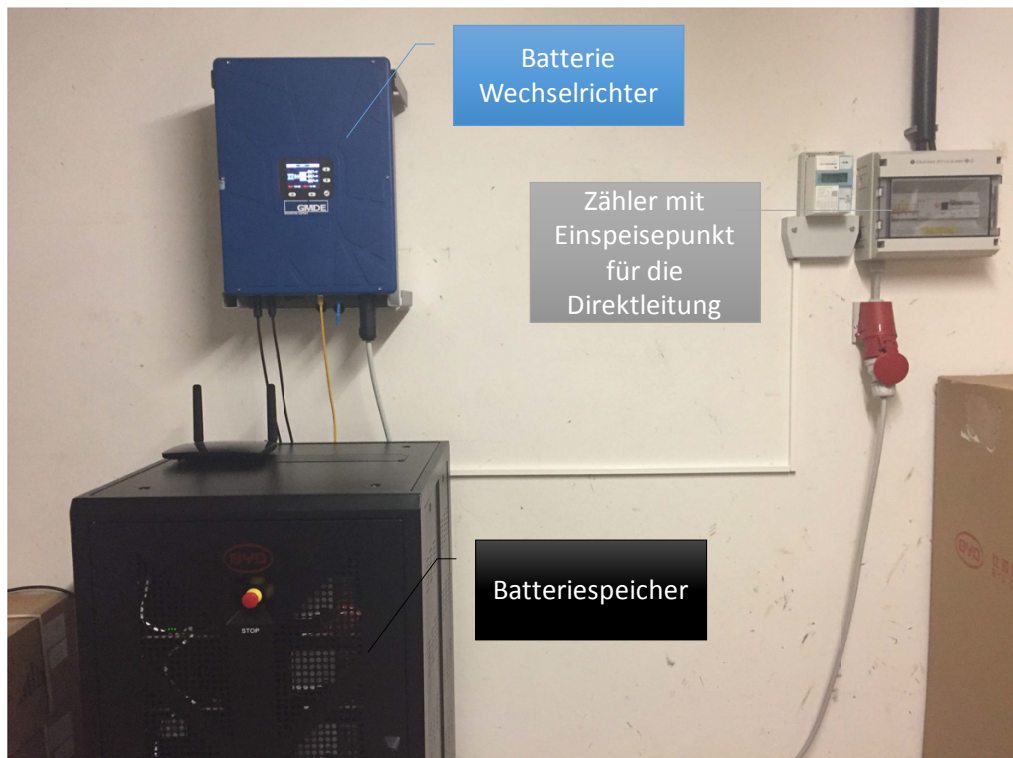


Abbildung 13: Überblick Gesamtsystem Pilotprojekt 2 – Installationen Fam. Gschweitzl

Quelle: (eigene Darstellung)

Im Wirtschaftsgebäude der Familie Hierzer sind die Zuschaltvorrichtungen für die Pilotanlage 2 verbaut (siehe Abbildung 14).

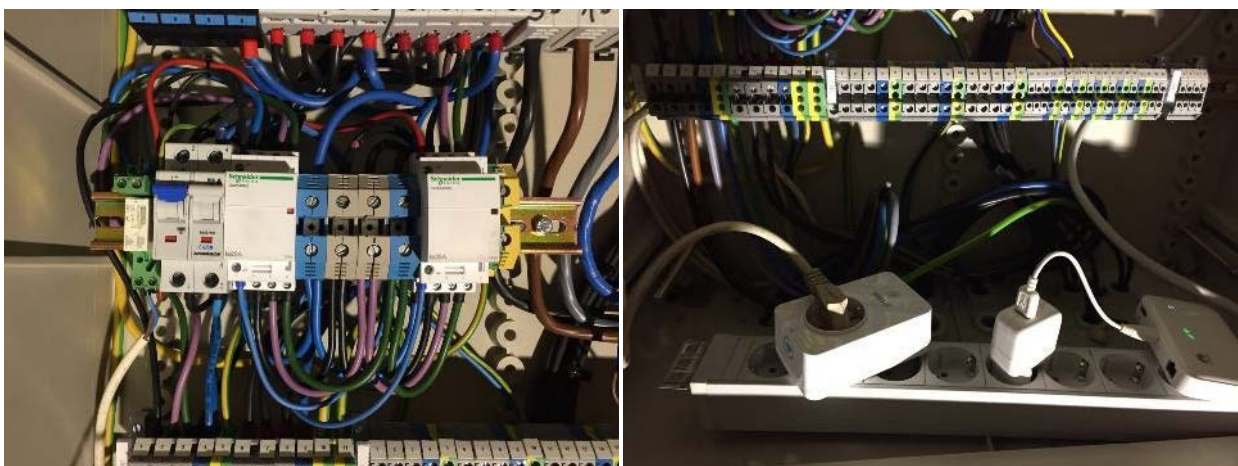


Abbildung 14: Verbaute Zuschaltvorrichtung bei der Fam. Hierzer

Quelle: (eigene Darstellung)

Die Details des entwickelten EOS Energy Managers und der verbauten Zuschaltvorrichtungen sind im nachfolgenden Kapitel näher beschrieben.

3.4 Technischer Lösungsansatz: Energiemanagementsystem

Ursprünglich ging die Firma EOS Power Solutions davon aus, die technischen Anforderungen mit einem DESS (distributed energy storage system) – siehe Abbildung 15, bewerkstelligen zu können. Bei genauer Analyse des Systems stellte sich heraus, dass dieses aufgrund zu geringer Flexibilität nicht für die Aufgabenstellungen im Projekt geeignet ist.



Abbildung 15: Distributed Energy Storage System (DESS) inkl. Bedienungsfenster

Quelle: (eigene Darstellung EOS)

Deshalb begann die Firma EOS mit der Entwicklung eines eigenen Energy Managers. Der neu entwickelte EOS Energy Manager hat nun die Flexibilität, die Kommunikation zwischen den Geräten und Gebäuden zu garantieren und auch die nötigen Umschaltungen zu veranlassen.

3.4.1 Zuschaltvorrichtung

Eine große Herausforderung stellte die Entwicklung der so genannten „Zuschaltvorrichtung“ dar. Die Zuschaltvorrichtung hat die Aufgabe, immer dann, wenn überschüssiger Photovoltaik-Strom zur Verfügung steht, die Verbindungsleitung zu aktivieren und den Überschussstrom an das verbundene Gebäude weiterzuleiten.

Abbildung 16 zeigt die Einbettung der Zuschaltvorrichtung in die bestehende Gebäudeinstallation am Beispiel der Pilotanlage 1. Die zuvor bereits bestehenden Gebäudeinstallationen wurden dabei in keiner Weise verändert.

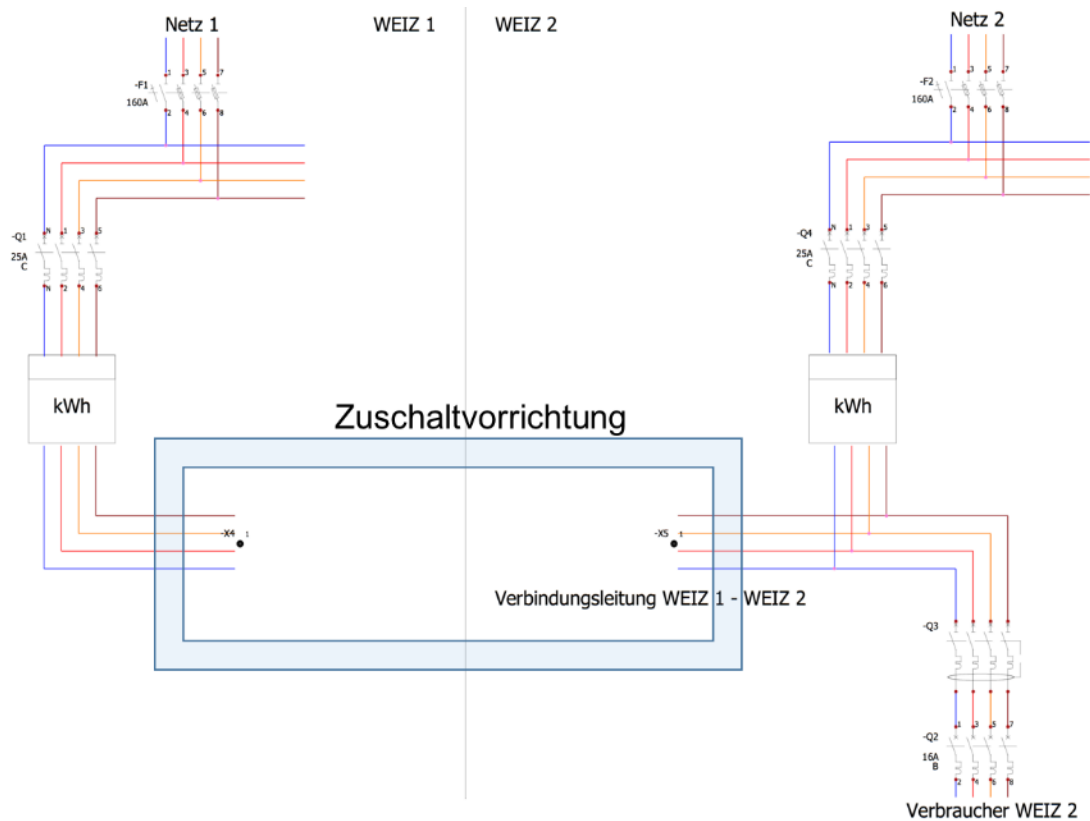


Abbildung 16: Einbettung der Zuschaltvorrichtung in die bestehende Installation (Pilotprojekt 1)

Quelle: (eigene Darstellung)

Die stringenten technischen Anforderungen führten zu nachfolgend dargestelltem technischen Implementierungskonzept. Die Zuschaltvorrichtung besteht im Wesentlichen aus zwei Schalteinheiten, in Abbildung 17 als Schalter 1 und Schalter 2 bezeichnet.

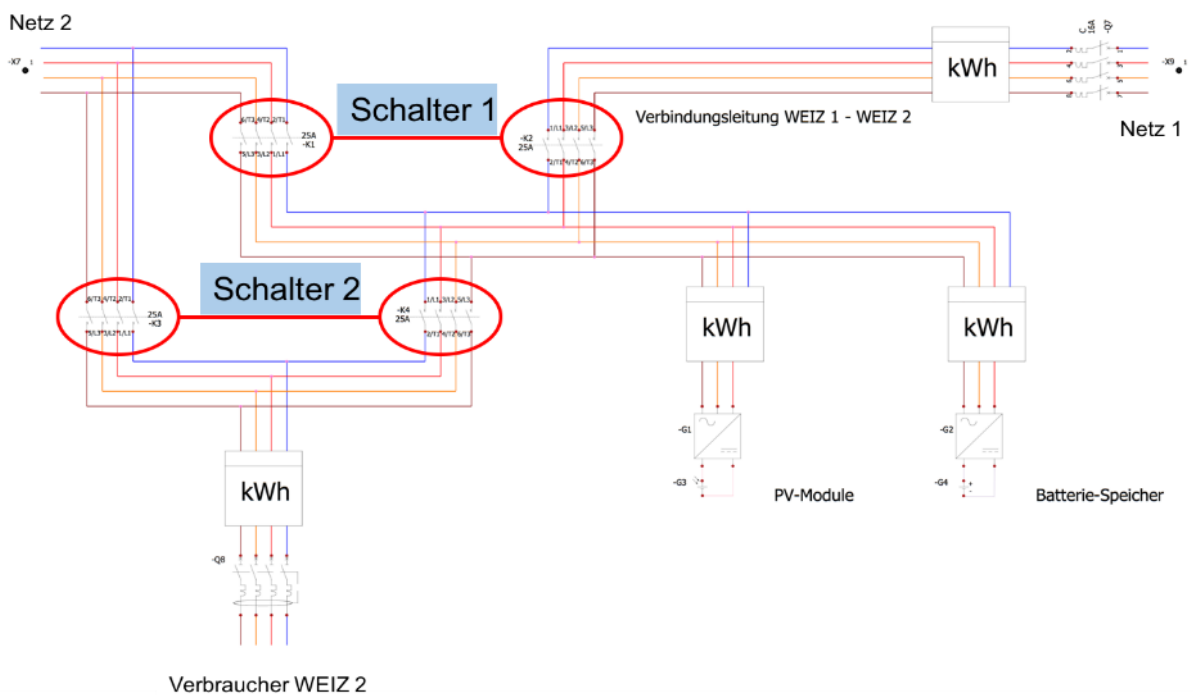


Abbildung 17: Stromlaufplan der Zuschaltvorrichtungen

Quelle: (eigene Darstellung)

Diese beiden Schalteinheiten werden jeweils mit zwei Schützen zum Schalten der Leistungspfade realisiert. Die Schütze sind über Hilfskontakte und eine entsprechende Schaltlogik gegeneinander verriegelt, sodass immer nur ein Schütz jeweils geschlossen sein kann und es zu keiner Zeit eine direkte Verbindung von Netz 1 und Netz 2 über die realisierte Verbindungsleitung geben kann. Dies ist notwendig, um die technischen Anforderungen zum Betrieb der Direktleitung jederzeit einhalten zu können. Abbildung 18 zeigt die Verkoppelung der Schütze über ihre Hilfskontakte, damit diese Bedingung entsprechend erfüllt wird.

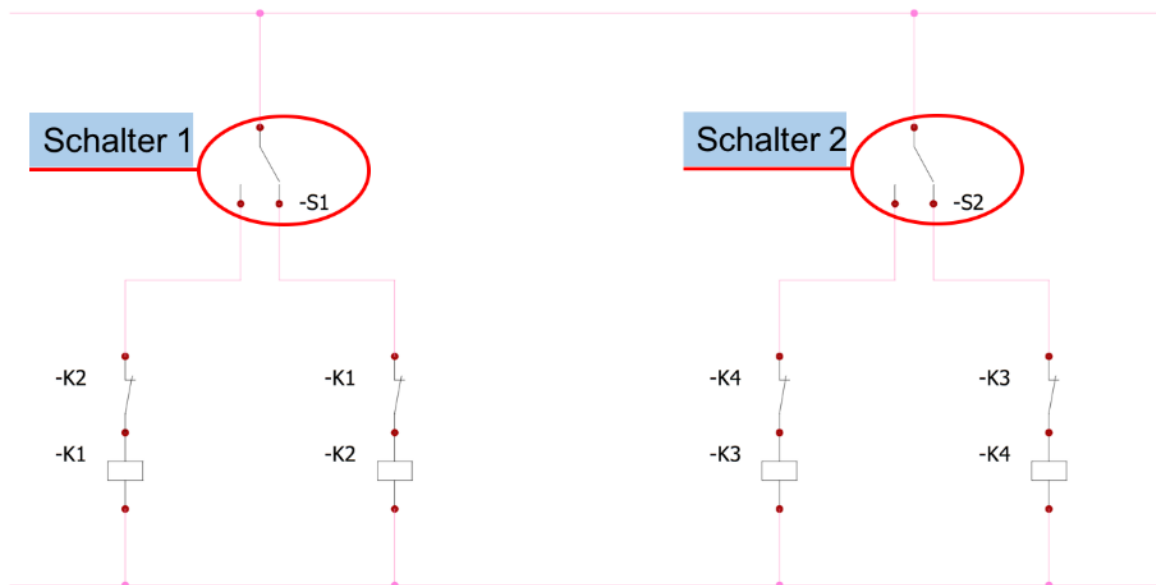


Abbildung 18: Schütz-Steuerung mit gegenseitiger Verriegelung durch Hilfskontakte

Quelle: (eigene Darstellung)

Es stellt sich nun die Frage, warum werden für diese relativ simple Umschaltung zwei Schalteinheiten gebraucht? Die Antwort liegt darin begründet, dass durch die kurze Unterbrechung des Stromflusses während des Schaltvorganges der Schütze, sich die Wechselrichter sowohl von der PV-Anlage als auch vom Batteriespeicher sofort automatisch vom Netz nehmen. Dieses Verhalten ist so auch richtig, da sich alle netzgebundenen Wechselrichter im Netzstörfall zur Vermeidung einer Inselbildung unverzüglich vom Netz trennen müssen.

Diese Trennung hat aber auch zur Folge, dass die Wechselrichter erst nach einer bestimmten Zeitperiode, nachdem diese wieder ein stabiles Netz identifiziert haben, auf das Netz zuschalten und weiter einspeisen. Nun kommen die Anforderungen 1 und 2 (siehe Abschnitt 3.2.1) ins Spiel. Zur Gewährleistung der beiden Anforderungen muss die Umschaltung der Verbraucher im W.E.I.Z. 2 entsprechend verzögert erfolgen und darf erst dann stattfinden, wenn der Photovoltaik-Wechselrichter bereits wieder ins Netz einspeist - dann natürlich über die Verbindungsleitung in das Netz 1. Ist diese Bedingung erfüllt, erfolgt auch die Umschaltung von Schalter 2 und es werden auch die Verbraucher im W.E.I.Z. 2

wieder über die Photovoltaik-Anlage versorgt und der Überschuss-Strom fließt über die Direktleitung zum Gebäude W.E.I.Z. 1.

Die Wegschaltung der Verbindungsleitung ist an folgende Bedingung geknüpft: Sobald von der PV-Anlage kein Überschuss-Strom geliefert werden kann, wird unverzüglich Schalter 2 in die Ausgangslage zurückgesetzt, damit die Verbraucher im W.E.I.Z. 2 direkt vom Netz 2 weiter versorgt werden.

Danach wird mit einer kurzen Verzögerung auch Schalter 1 in die Ausgangslage zurückgesetzt (siehe dazu Abbildung 19).

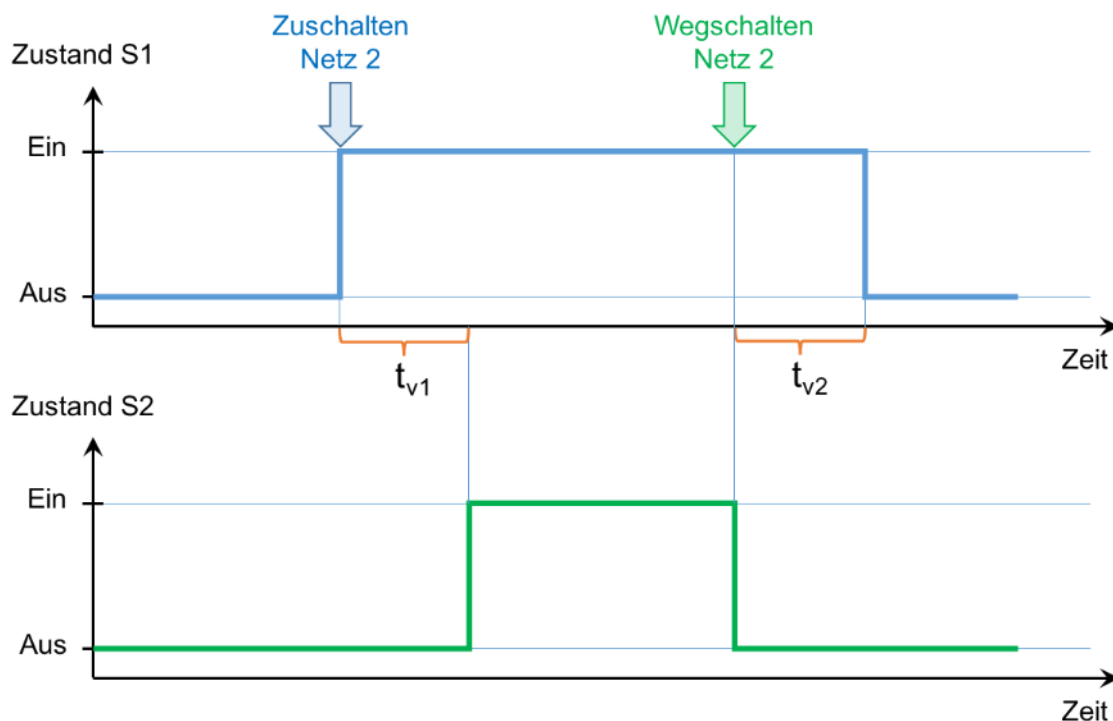


Abbildung 19: Zeitliche Ablaufsteuerung der Umschaltvorgänge über den Energiemanager

Quelle: (eigene Darstellung)

Nach der oben bereits beschriebenen Wieder-Zuschaltung der Wechselrichter nach einer bestimmten Zeit erfolgt auch die Versorgung der Verbraucher im W.E.I.Z. 2 wieder durch die PV-Anlage bzw. durch den Batterie-Wechselrichter.

3.4.2 Steuer- und Regelstrategie zur optimalen Nutzung der Direktleitung

Die im vorigen Kapitel anhand der Pilotanlage 1 beschriebene Zuschaltvorrichtung stellt die Grundvoraussetzung zur Implementierung einer optimalen Schaltstrategie dar. Diese Vorrichtung gewährleistet eine zuverlässige Zu- bzw. Wegschaltung der Direktleitung ohne Störung der jeweiligen Netze. Dies allein ist jedoch noch nicht ausreichend, um die drei Anforderungen an die Stromübertragung mittels Direktleitung zu jedem beliebigen Zeitpunkt zu erfüllen. Dazu bedarf es einer intelligenten Steuer- und Regelstrategie. Diese wurde mit Hilfe des zu diesem Zwecke entwickelten EOS Energiemanagers realisiert.

Die Schaltstrategie für die Pilotanlage 1 sieht wie folgt aus:

Solange die PV-Produktion kleiner ist als der Stromverbrauch der Verbraucher im W.E.I.Z. 2, wird auch keine Energie über die Direktleitung transportiert. Sobald die Produktion jedoch den Verbrauch übersteigt, wird der Überschuss zuerst in die Batterie gespeichert. Erst wenn die Batterie vollständig geladen ist, wird die Direktleitung zugeschaltet. Der Energiefluss auf der Direktleitung wird kontinuierlich überwacht. Kommt es zum Beispiel zwischenzeitlich zu PV-Produktionsschwankungen, sodass sich dadurch die Energieflussrichtung auf der Direktleitung umkehren würde (Verletzung der Anforderung 1), dann wird dieser Einbruch sofort durch den Batteriespeicher ausgeglichen. Bleibt diese Produktionsreduktion länger bestehen, so wird die Direktleitung automatisch wieder weggeschaltet und es werden nur die Verbraucher im W.E.I.Z. 2 versorgt. Solange noch ausreichend Energie in der Batterie vorhanden ist, erfolgt eine 100 % Versorgung durch PV-Anlage und Batterie bzw. in der Nacht ausschließlich durch die Batterie. Bei entleerter Batterie erfolgt die Versorgung wieder durch das öffentliche Netz.

Eine schematische Darstellung der Energieflüsse in den unterschiedlichen Szenarien (Direktleitung zu- bzw. weggeschaltet) ist in Abbildung 20 und Abbildung 21 zu sehen.

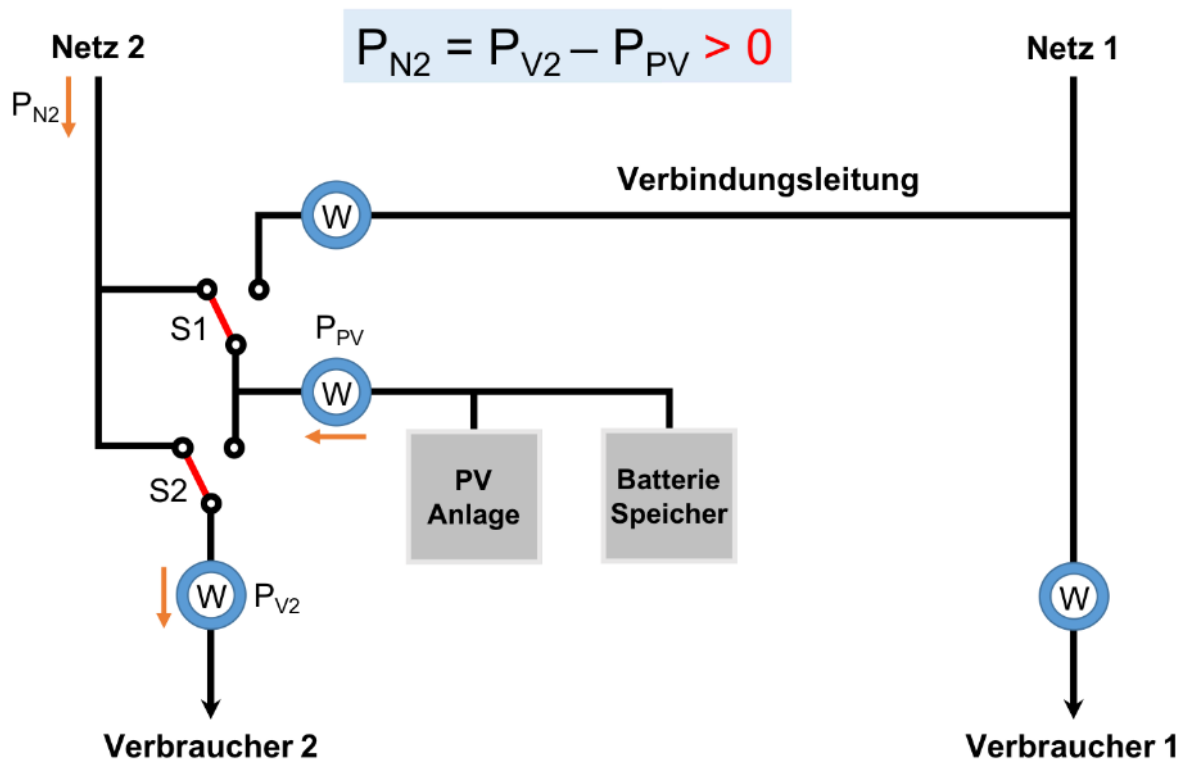


Abbildung 20: Umschaltstrategien für Netzbetrieb W.E.I.Z. II bei Pilotprojekt 1

Quelle: (eigene Darstellung)

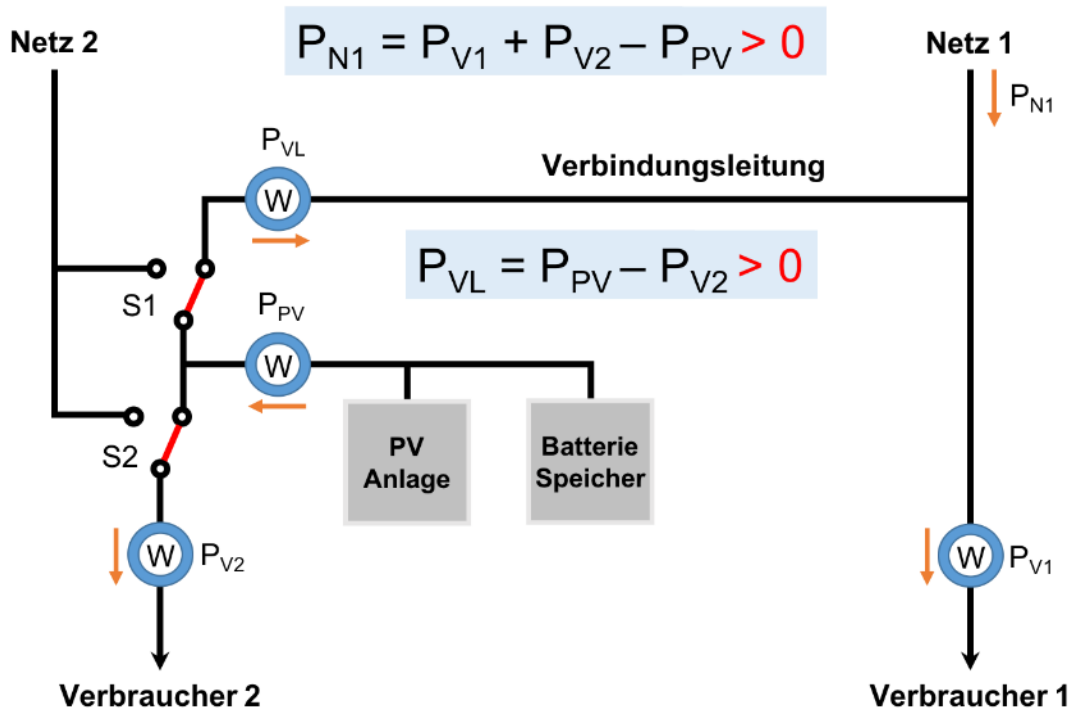


Abbildung 21: Umschaltstrategien für Direktleitungsbetrieb bei Pilotprojekt 1
 Quelle: (eigene Darstellung)

Die Schaltstrategie für die Pilotanlage 2:

Der Schaltungsaufbau bei Pilotanlage 2 wurde anders realisiert als bei der Pilotanlage 1 (siehe Abbildung 22 und Abbildung 23). Die Umschaltung ist einfacher ausgeführt, da kein Gegenfluss vorhanden ist.

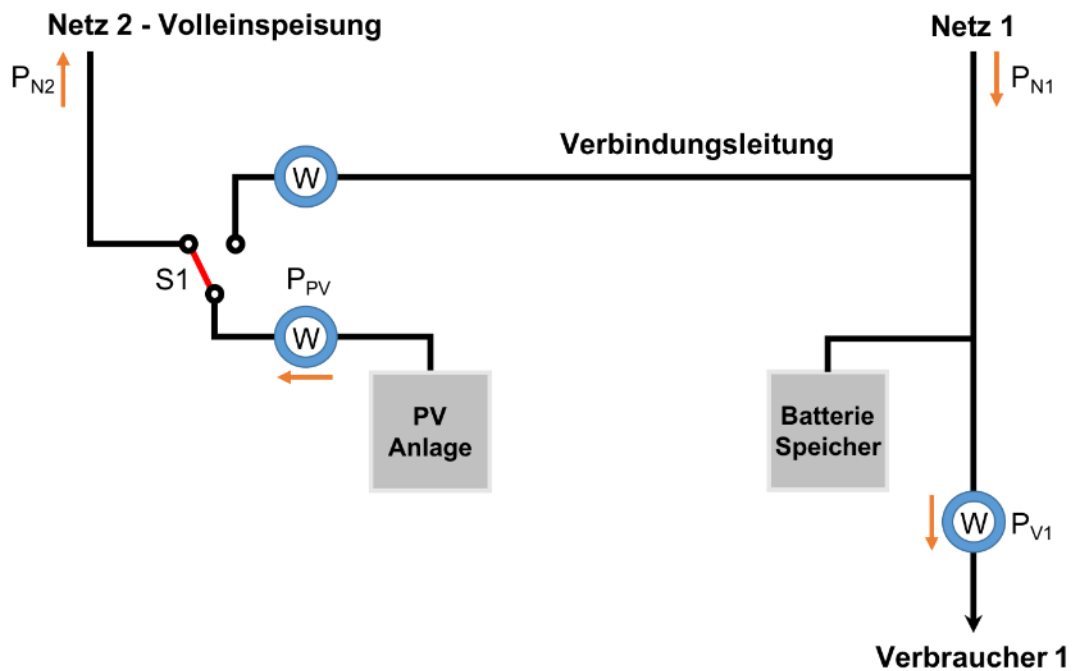


Abbildung 22: Umschaltstrategien für Netzbetrieb bei Pilotprojekt 2
 Quelle: (eigene Darstellung)

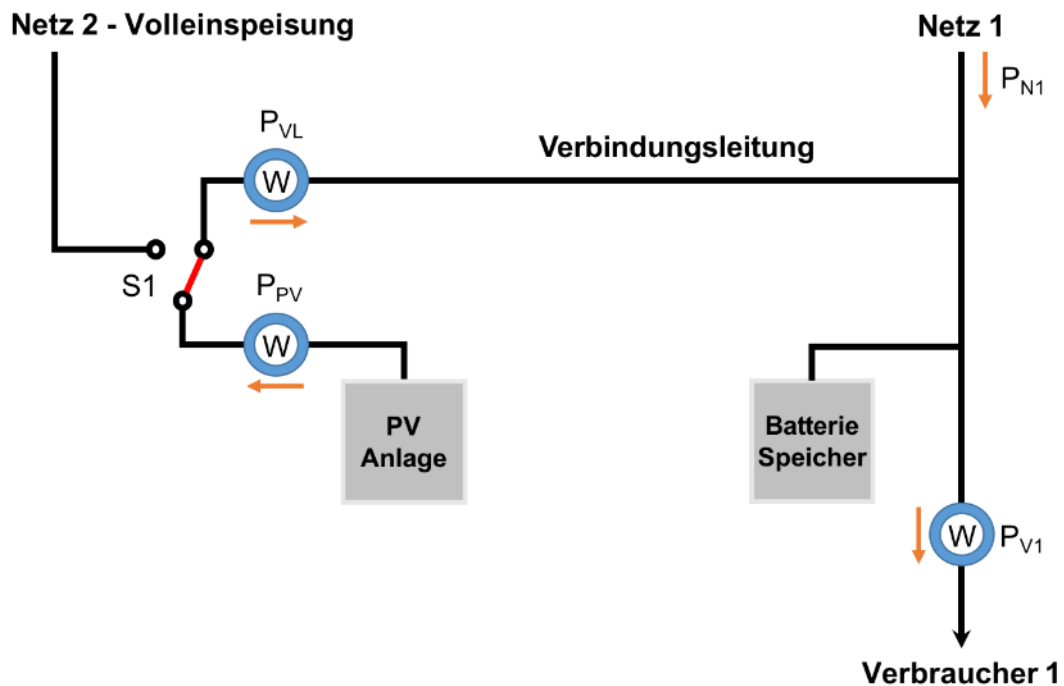


Abbildung 23: Umschaltstrategien für Direktleitungstrieb bei Pilotprojekt 2

Quelle: (eigene Darstellung)

3.4.3 Hardware

Die Implementierung der Zuschaltvorrichtung erfolgte im klassischen Schaltschrankdesign. In einem kleinen Schaltschrank wurden auf zwei Hutschienen die Schaltschütze, die Verbindungsklemmen und die notwendigen Leitungsschutzschalter montiert und entsprechend dem Stromlaufplan aus Abbildung 17 und Abbildung 18 verdrahtet. Die konkrete Ausführung ist in Abbildung 24 exemplarisch für das Pilotprojekt 1 dargestellt.

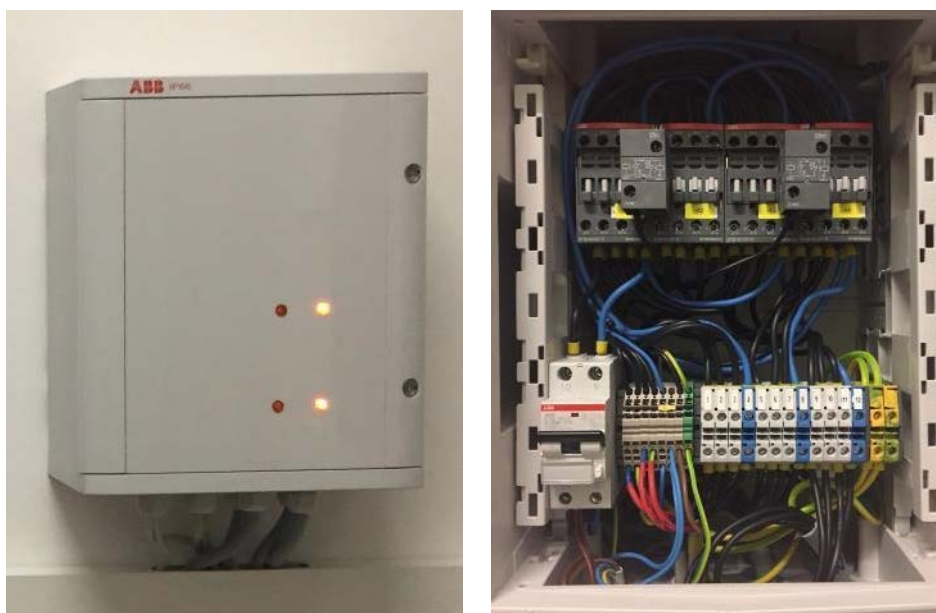


Abbildung 24: Schaltschrankaufbau – Umschaltvorrichtung

Quelle: (eigene Darstellung)

Zur Erfassung aller wichtigen Energieströme entsprechend des Mess-Schemas von Abbildung 21, wurden in einem gesonderten Schaltschrank vier Modbus-Zähler installiert, welche vom EOS Energiemanager kontinuierlich ausgelesen werden (siehe Abbildung 25).



Abbildung 25: Schaltschrankaufbau – Modbus Zähler

Quelle: (eigene Darstellung)

Die Hardware Implementierung des EOS Energiemanagers basiert auf leistungsstarken 32 Bits ARM Mikroprozessor. Diese Prozessoren werden weltweit am häufigsten für Embedded Systems verwendet. Die Hardware verfügt über mehrere RS485 Kommunikationsschnittstellen. Über diese werden die Energieflüsse mittels der Modbus-Zähler erfasst, die Hochvolt-Batteriemodule in ihrem Ladezustand überwacht und der Batterie-Wechselrichter entsprechend der Lade-Entladestrategie gesteuert. Zusätzlich verfügt der EOS Energiemanager über mehrere Relais-Schaltausgänge, die unter anderem zur Steuerung der Zuschaltvorrichtung entsprechend Abbildung 19 dienen (siehe Abbildung 26).



Abbildung 26: Aufbau EOS Energiemanager

Quelle: (eigene Darstellung)

3.4.4 Software

Die Software Implementierung des EOS Energiemanagers basiert auf der Architektur eines embedded Web-Servers. Diese Architektur ermöglicht es, über jeden beliebigen Internetbrowser auf die volle bzw. eine eingeschränkte Funktionalität des EOS Energiemanagers, abhängig von den jeweils frei geschalteten Zugriffsrechten, zuzugreifen. Die gesamte Kommunikation läuft dabei über einen verschlüsselten und gesicherten VPN-Web-Tunnel.

Dadurch kann eine größtmögliche Datensicherheit gewährleistet werden. Abbildung 27 zeigt die Übersicht über alle Software Komponenten. Durch „Doppel-Klick“ auf eines der Icons gelangt man in die jeweilige Komponente und deren HMI (Human Machine Interface).

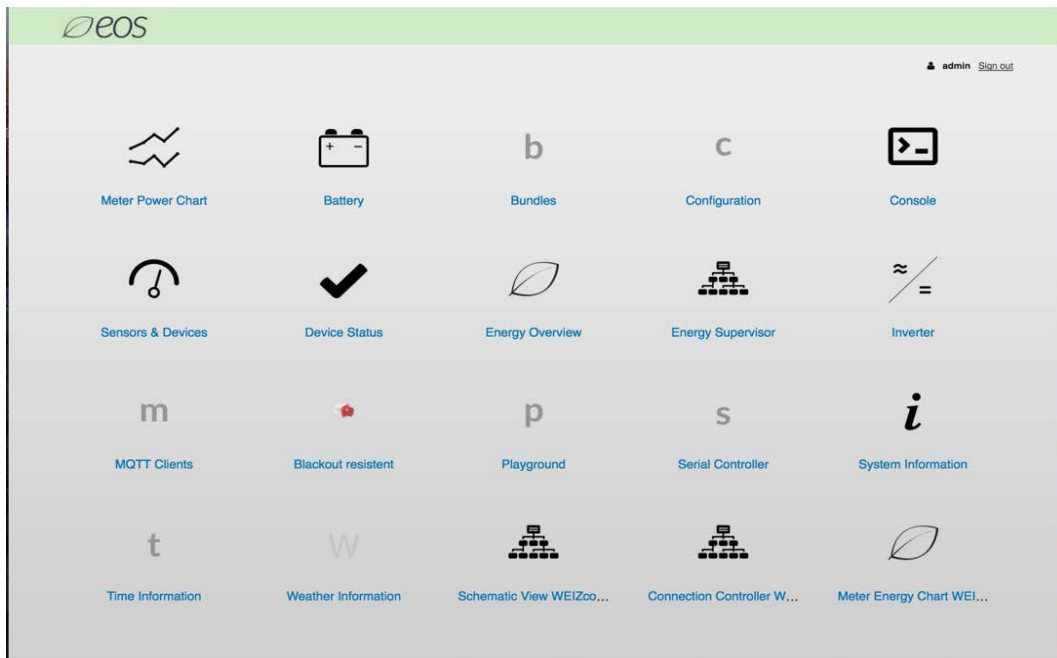


Abbildung 27: Startmaske der Software des EOS Energiemanagers

Quelle: (eigene Darstellung)

Tabelle 1: Funktionalitäten Softwaresystem EOS Energiemanager

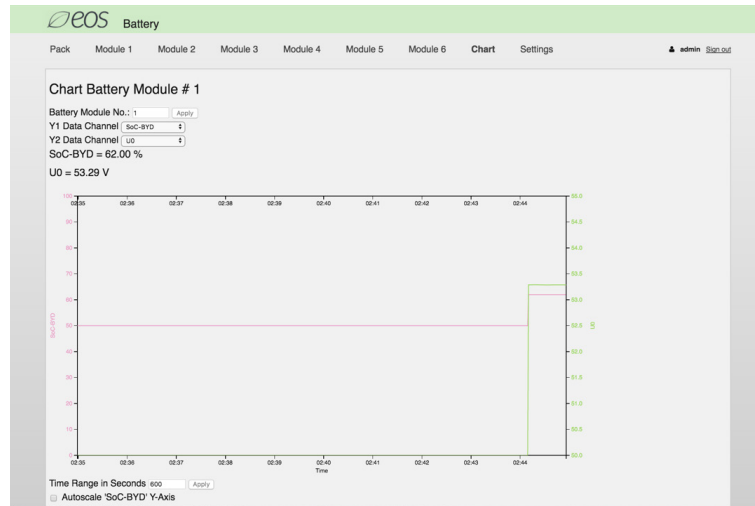
Funktionalität und Beschreibung

Main Power Chart:



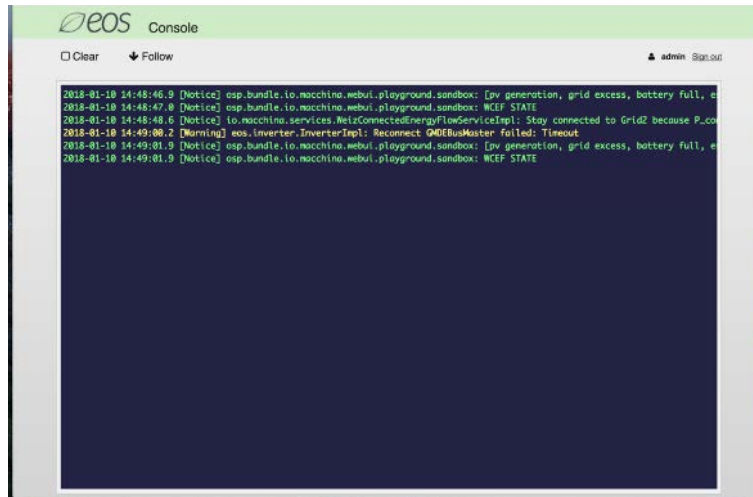
Diese Visualisierung dient dazu alle gemessenen Energieverläufe nach unterschiedlichen Kriterien graphisch anzuzeigen. Folgende Darstellungsmöglichkeiten können interaktiv ausgewählt werden. Es gibt eine Stunden-, Tages-, Wochen- und Monats-Ansicht. Wie im Bild dargestellt, ist hier eine Tagesansicht zu sehen. Die Zeitachse erstreckt sich jeweils von 0 Uhr morgens bis 24 Uhr abends. Wie zu sehen ist, werden die unterschiedlichen Energieverläufe zeitlich hoch aufgelöst (die Daten von den Modbus-Zählern werden im Sekundentakt vom Energiemanager erfasst). Rechts oben sieht man für die unterschiedlichen Energieverläufe die Farblegende. Um die Übersicht zu erhöhen, wird durch das Anklicken eines der Kanäle dieser weg- oder zugeschaltet. Durch Anklicken der kleinen farbigen Quadrate kann von einer Mittelwertsdarstellung auf eine Min. – Max.-Darstellung gewechselt werden. Um Details genauer betrachten zu können, erlauben die separat dargestellten Achsen das Zoomen sowohl in der Zeit- als auch in der Amplituden-Richtung. Über ein Auswahl-Menu ist ein Kalender verfügbar, der eine gezielte Navigation durch die große Datenflut ermöglicht.

Battery:



Das Batterie-Anzeige-Modul bietet eine große Anzahl an unterschiedlichen Informationsquellen. Das Speichersystem besteht aus 6 Einzelmodulen zu je 2,5 kWh Speicherinhalt. Jedes dieser Module besteht wiederum aus 16 Einzelzellen in Serie. Über die in der Batterie-Anzeige vorgesehenen Tabs kann jedes dieser 6 Batteriemodule ausgewählt werden und die 16 Einzelspannungen jedes Moduls in Echtzeit angezeigt werden. Zusätzlich wird für jede dieser Zellen auch deren Temperatur angezeigt. Weiters gibt es ein Tab Batterie-Pack, welches die Gesamtspannung aller 6 Batterie-Einzelmodule in Serie anzeigt. Ebenso wird der Lade- und Entladestrom und der aktuelle Ladezustand angezeigt. Dieser Ladezustand wird über ein eigens entwickeltes Batterie-Modell aus den Zellspannungen und den Lade- und Entladeströmen berechnet.

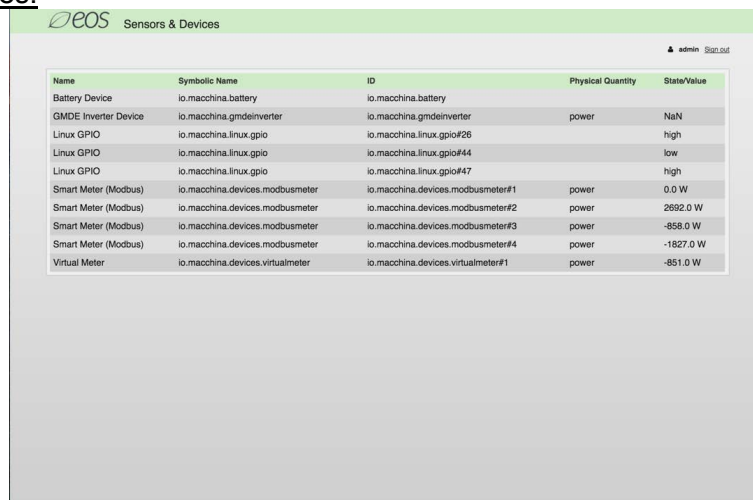
Console:



```
2018-01-10 14:48:46.9 [Notice] esp.bundle.io.macchina.webui.playground.sandbox: [pv generation, grid excess, battery full, e
2018-01-10 14:48:47.0 [Notice] esp.bundle.io.macchina.webui.playground.sandbox: NCEF STATE
2018-01-10 14:48:48.6 [Notice] io.macchina.services.WeizConnectedEnergyFlowServiceApi: Stay connected to Grid2 because P_co
2018-01-10 14:49:00.2 [Warning] eos.inverter.InverterImpl: Reconnect GBEBusMaster failed: Timeout
2018-01-10 14:49:01.9 [Notice] esp.bundle.io.macchina.webui.playground.sandbox: [pv generation, grid excess, battery full, e
2018-01-10 14:49:01.9 [Notice] esp.bundle.io.macchina.webui.playground.sandbox: NCEF STATE
```

In der Consolen-Darstellung werden die wichtigsten Informationen des Energiemanagement-Systems angezeigt. Über entsprechende Farbcodierung (grün, gelb, rot) erhält man in Echtzeit sofort einen guten Überblick über das Verhalten des Gesamtsystems und etwaige aufgetretene Fehlerzustände.

Sensors & Devices:



Name	Symbolic Name	ID	Physical Quantity	State/Value
Battery Device	io.macchina.battery	io.macchina.battery		
GMDE Inverter Device	io.macchina.gmdeinverter	io.macchina.gmdeinverter	power	NaN
Linux GPIO	io.macchina.linux.gpio	io.macchina.linux.gpio#26		high
Linux GPIO	io.macchina.linux.gpio	io.macchina.linux.gpio#44		low
Linux GPIO	io.macchina.linux.gpio	io.macchina.linux.gpio#47		high
Smart Meter (Modbus)	io.macchina.devices.modbusmeter	io.macchina.devices.modbusmeter#1	power	0.0 W
Smart Meter (Modbus)	io.macchina.devices.modbusmeter	io.macchina.devices.modbusmeter#2	power	2692.0 W
Smart Meter (Modbus)	io.macchina.devices.modbusmeter	io.macchina.devices.modbusmeter#3	power	-858.0 W
Smart Meter (Modbus)	io.macchina.devices.modbusmeter	io.macchina.devices.modbusmeter#4	power	-1827.0 W
Virtual Meter	io.macchina.devices.virtualmeter	io.macchina.devices.virtualmeter#1	power	-851.0 W

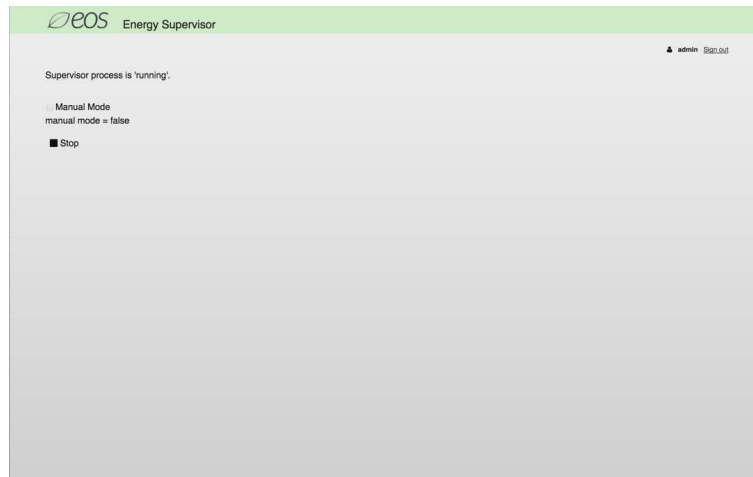
Das Anzeigemodul Sensors und Devices zeigt in tabellarischer Form alle verfügbaren Sensoren (im Fall der WEIZconnected Anwendung sind das im Wesentlichen alle Energiefluss-Mess-Einrichtungen und virtuell generierte Zählfunktionen). Zusätzlich werden auch die Schaltzustände für die Umschaltvorrichtungen hier in Echtzeit angezeigt. Damit erhält man sehr schnell einen Überblick über den aktuellen Zustand des Systems.

Energy Overview:



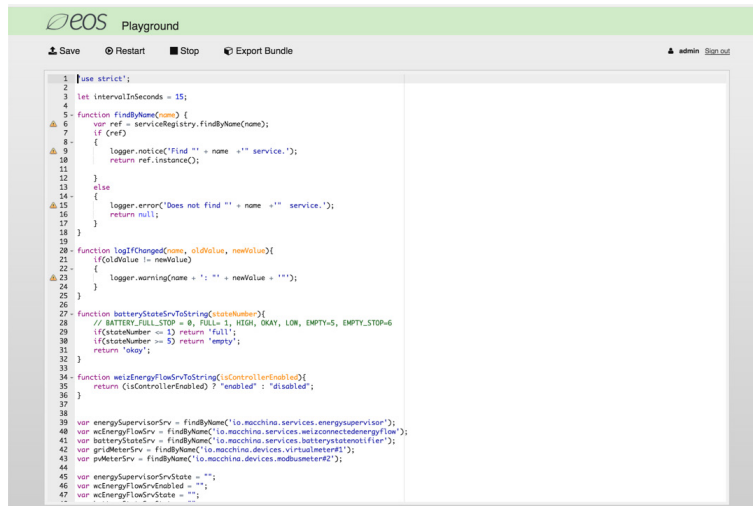
Das Anzeige-Modul Energy Overview ist vergleichbar mit dem „Modul Main Power Chart“ nur mit dem Unterschied, dass hier in einer Balkengraphik jeweils die kumulierten Stunden-, Tages-, Wochen- und Monatswerte als entsprechende Balken angezeigt werden. Die Navigation durch die Datenflut erfolgt in der gleichen Weise wie bereits vorhin beschrieben. Zusätzlich gibt es in der rechten unteren Ecke noch eine zusammengefasste Ansicht in Form eines Kreisdiagramms, um die Verhältnisse schneller erfassen zu können.

Energy Supervisor:



Über den Dialog Energy Supervisor kann die Regel- bzw. Steuerstrategie im Automatikmodus gestartet werden. Dabei werden im Hintergrund alle wichtigen absoluten Grenzwerte und Abschaltbedingungen sowohl vom Batterie-System als auch vom Wechselrichter überwacht. Für Entwicklungs- und Testzwecke gibt es auch einen Manual-Mode, der ein schrittweises Austesten von neuen Steuerungsstrategien ermöglicht.

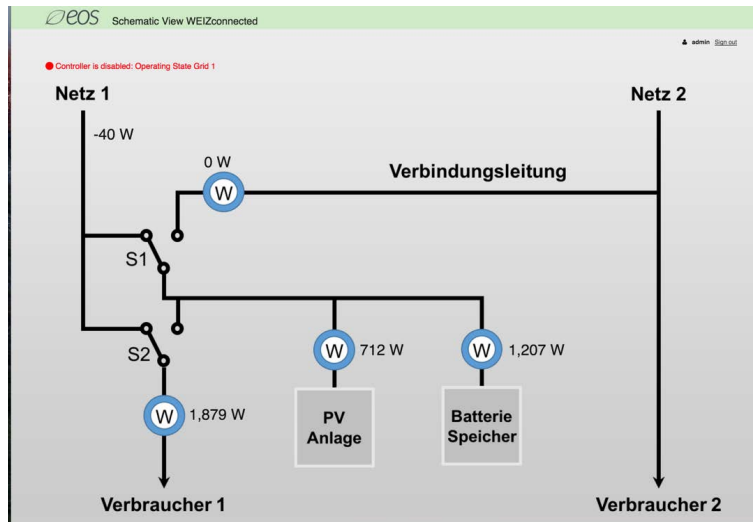
Playground:



```
1 |use strict;
2
3 let intervalInSeconds = 15;
4
5 function findByName(name) {
6   var ref = serviceRegistry.findByName(name);
7   if (ref)
8     {
9       logger.notice('Find "' + name + '" service.');
```

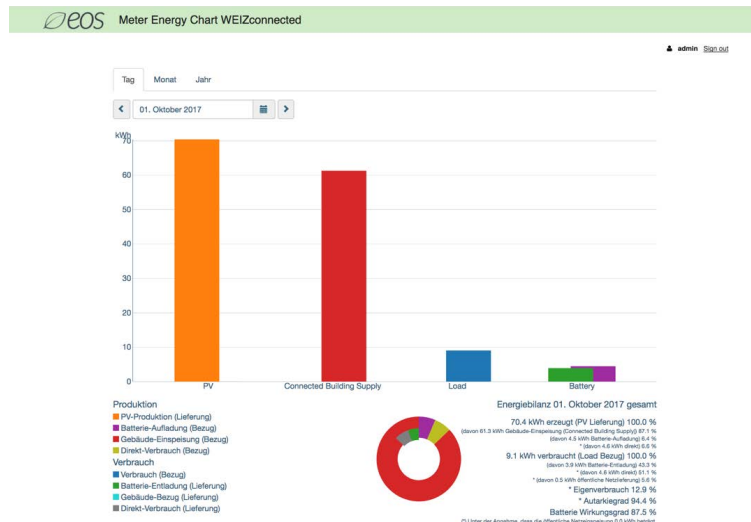
Das Anzeige-Modul Playground stellt das Herzstück für die Implementierung der Steuerungs- und Regelstrategie dar. Mit Hilfe der Programmiersprache Java Script wird die jeweilige Strategie codiert. Über entsprechende Steuerknöpfe kann die Funktion getestet und geprüft werden. Nach erfolgreicher Implementierung wird das Programm bzw. die Strategie automatisch ausgeführt.

Schematic View:



Das Anzeige-Modul Schematic View dient zur Visualisierung der Anlage in Echtzeit. Die Schalterstellungen werden entsprechend der Schaltzustände und der Umschalte-Schütze angezeigt. Auch die Energiefluss-Messeinrichtungen zeigen in Echtzeit ihre aktuellen Messwerte an.

Metering Energy chart:



Das Anzeige-Modul „Metering Energy Chart“ unterscheidet sich zu den vorhin erklärten Charts „Energy Overview“ und „Main Power Chart“ dadurch, dass nicht zeitbezogene Werte über der X-Achse dargestellt werden, sondern dass kumulierte Werte für die 5 unterschiedlichen Klassen von Energieflüssen gezeigt werden. Diese sind:

- PV- Produktion
- Energieaustausch über die Direktleitung
- Energieverbraucher 1
- Batterie-Ladeenergie
- Batterie-Entladeenergie

Rechts unten werden in einer Legende diverse Kennwerte alphanummerisch dargestellt. Die Navigation durch die Datensätze erfolgt auf die gleiche Weise wie bei den vorhin beschriebenen Charts.

3.5 Monitoringergebnisse

Die Installation der Pilotanlage 1 konnte im Jänner 2017 abgeschlossen werden. Nach einem 2-Monatigen Probetrieb, in dem einige Anpassungsmaßnahmen vorgenommen wurden, konnte im März 2017 der Vollbetrieb der Anlage gestartet werden.

Um sicher zu stellen, dass im Realbetrieb die Spannungsqualität im Netz durch den Betrieb der Direktleitung nicht beeinträchtigt ist, wurden vom Netzbetreiber im Zeitraum von zwei Monaten Messungen der Phasenspannungen durchgeführt. In Abbildung 28 sind beispielhaft Messwerte der Phasenspannungen für einen Tag dargestellt.

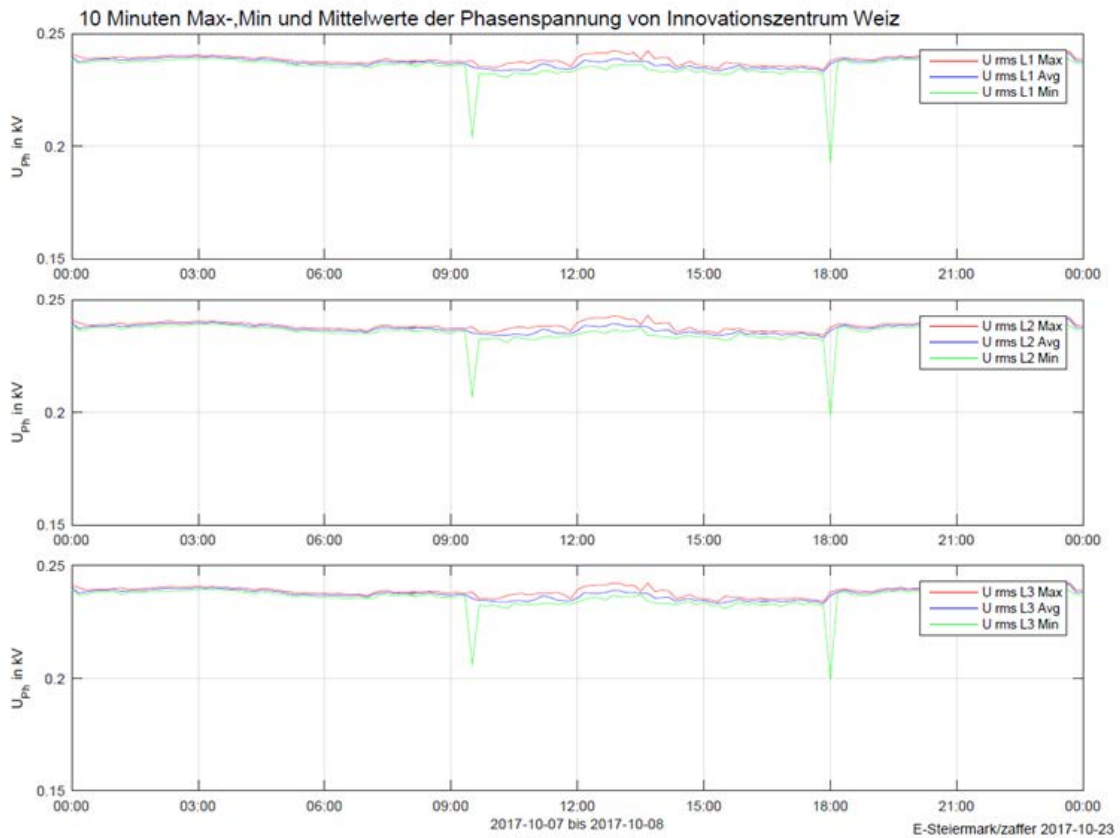


Abbildung 28: Spannungsmessungen am Hausanschluss von W.E.I.Z. II zur Kontrolle der Netzrückwirkungen

Quelle: (eigene Darstellung)

Die Abbildung zeigt jeweils die minimalen, maximalen und mittleren Spannungswerte von 10 Minuten-Zeitfenstern. Aus den Messergebnissen wird ersichtlich, dass es beim Ein- und Ausschalten der Direktleitung zu kurzen Einbrüchen in der Spannungshöhe kommt. Diese zeigen sich jedoch nur bei der Betrachtung der minimal auftretenden Werte. In dem dargestellten Fall finden die Schaltvorgänge um 09:23 Uhr und 17:52 Uhr statt. Aufgrund der Tatsache, dass sich die Spannungsdips weder beim Mittelwert noch beim Maximalwert der Spannung zeigen, ist davon auszugehen, dass die Dips generell von kurzer Dauer sind. Die Erfassung der Dauern der Dips zeigt, dass diese zwischen 0,01 und 0,07 Sekunden auftreten, also tatsächlich nur im Moment der Schaltung. Aufgrund der sehr kurzen Dauer der Spannungsdips wurde die Anlage seitens des Netzbetreibers als unbedenklich bewertet und für den Betrieb freigegeben.

Mittels des installierten Monitoringsystems bekommt man eine Übersicht über die technischen Lösungen und die Wirtschaftlichkeit der Pilotanlagen. Viele Einzelfaktoren können isoliert betrachtet und verändert werden. Die Performance der Anlage kann dabei für einzelne Tage, Monate oder ein gesamtes Jahr beurteilt werden.

Anhand zweier ausgewählter Tage im Oktober (siehe Abbildung 29) und November 2017 (siehe Abbildung 32) wird ein Einblick in den Energiehaushalt von Pilotprojekt 1 in Weiz gegeben. Tabelle 2 zeigt zum besseren Verständnis der Grafiken die entsprechende Legende des Monitoringsystems.

Tabelle 2: Legende Monitoringsystem

<p>Produktion</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Batterie-Aufladung ■ Direktverbrauch ■ Gebäude-Einspeisung 	<p>Produktion steht für den aus der PV gewonnenen Strom, der auf drei Arten genutzt werden kann.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batterie-Aufladung: Aufladung der Batterie - Direktverbrauch: für den mit der Produktion zeitgleichen Direktverbrauch (erzeugter PV-Strom, der für den Direktverbrauch genutzt wird) - Gebäude-Einspeisung: für die Weitergabe (PV-Überschuss) an das Nachbargebäude
<p>Verbrauch</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Batterie-Entladung ■ Direktverbrauch 	<p>Verbrauch steht für den Bezug des Stromes aus der Batterie oder aus dem Netz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batterie-Entladung: Entladung der Batterie - Direktverbrauch: steht für den aus dem öffentlichen Netz bezogenen Strom, der für die Deckung des Verbrauchs genutzt wird

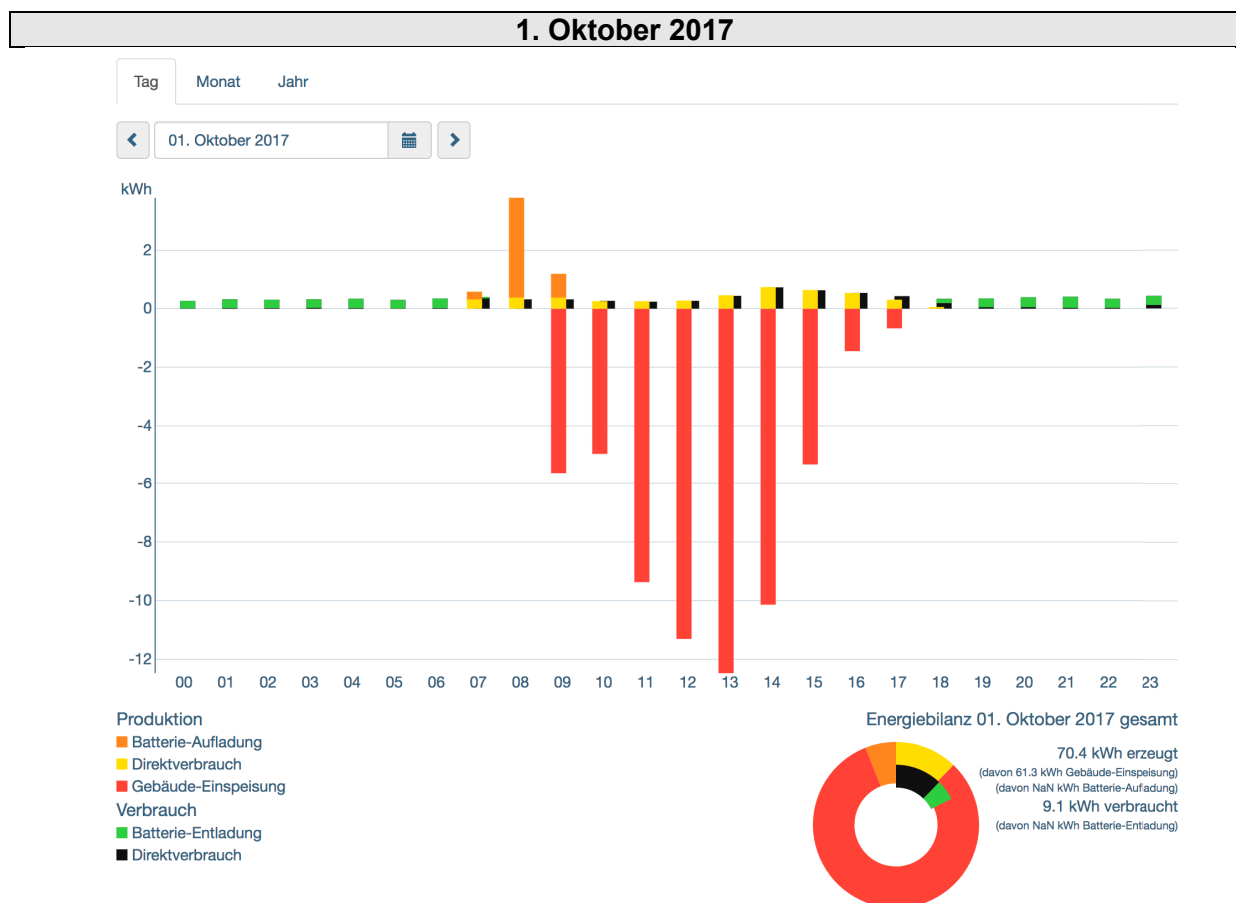


Abbildung 29: Monitoring-Ergebnisse 1. Oktober 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

An diesem 1. Oktober lieferte der Speicher bis 07:00 Uhr morgens Energie (grüner Balken). Ab 07:00 Uhr floss wieder Strom von der PV-Anlage in die Batterie (oranger Balken) weshalb diese bereits um 09:00 Uhr morgens wieder voll aufgeladen war. Ebenso wurde ein Teil der PV-Erzeugung direkt im Gebäude W.E.I.Z. II verbraucht (gelber Balken).

Ab 09:00 Uhr kam zum Direktverbrauch und dem Laden des Speichers noch die Gebäude-Einspeisung in das Nachbarhaus W.E.I.Z. I (roter Balken) bis 17:00 Uhr hinzu.

Ab 18:00 Uhr und die Nacht über lieferte der Speicher den Strom für den Direktverbrauch (grüner Balken).

Abbildung 30 zeigt eine Darstellung der Energiebilanz für den 1. Oktober 2017.



Abbildung 30: Übersicht über den Energie-Tagesverbrauch gesamt – 1. Oktober 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

Aus der Grafik wird ersichtlich, dass am 1. Oktober von 70 kWh erzeugtem PV-Strom rund 61 kWh in das benachbarte Gebäude (W.E.I.Z. I) abgegeben und 9 kWh direkt im Gebäude W.E.I.Z. II (Batterie und Direktverbrauch) verbraucht wurden. Die Batterie wurde sowohl als Stromlieferant als auch als Speicher benutzt, d.h. Strom von der PV-Anlage wurde in der Batterie gespeichert und für den späteren Direktverbrauch entnommen. An diesem Tag wurde ein Autarkiegrad von 94,4 % erreicht.

Die nachfolgende Abbildung 31 zeigt eine Übersicht der Umschaltvorgänge an diesem Tag. In der Grafik sind die Verbraucher im W.E.I.Z. 2 unter dem Titel „load“ als grüner Verlauf dargestellt.

- Bis zum Sonnenaufgang um ca. 7 Uhr wird der Verbrauch (grüne Spur unter der Null-Linie) zu 100 % aus der Batterie (blaue Spur über der Null-Linie) versorgt.
- Nach dem Sonnenaufgang steigt die PV-Produktion von Null beginnend kontinuierlich an (siehe rote Spur im positivem Bereich). Diese Energie dient vorerst zur Deckung des Verbrauchs und der Überschuss geht sofort in die Batterie (siehe blaue Spur

wechselt in den negativen Bereich – dies bedeutet die Batterie wird mit dieser Energie aufgeladen).

- Um ca. 9 Uhr ist die Batterie bereits vollgeladen und es wird die Direktleitung zugeschaltet, um den Überschuss in das Gebäude W.E.I.Z. 1 weiterzuleiten (blaue Spur springt auf null → Batterie vollgeladen; orange Spur im negativem Bereich zeigt den Energieverlauf, welcher über die Direktleitung übertragen wird).
- Um ca. 18 Uhr beginnt das Spiel wieder von neuem: die Direktleitung wird aufgrund der fehlenden PV-Produktion wieder weggeschaltet (orange Spur geht auf null) und die Verbraucher W.E.I.Z. 2 werden wieder aus der Batterie versorgt bis diese leer ist.

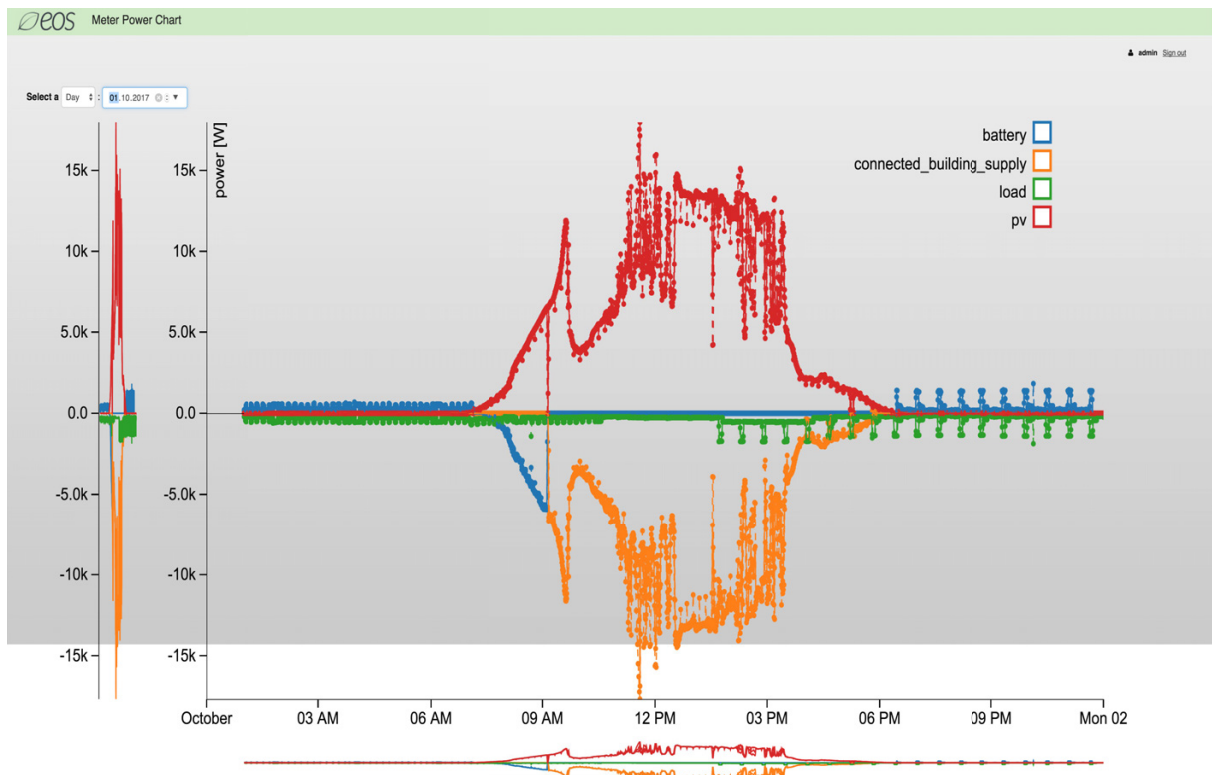


Abbildung 31: Übersicht Umschaltvorgänge am 1. Oktober 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

6. November 2017

Nimmt man als Kontrapunkt zu dem sonnigen Oktobertag einen diffusen Novembertag, so ergibt sich folgende Energiebilanz für die Anlage (siehe Abbildung 32).



Abbildung 32: Monitoringergebnisse 6. November 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

Beginnend um 07:00 Uhr morgens wird der Speicher bis etwa 16:00 Uhr geladen. Ebenso wird der Strom von der PV-Anlage durch Direktverbrauch genutzt. Der Stromertrag aus der PV-Anlage ist allerdings gering, weshalb ein Großteil des erzeugten Stroms direkt verbraucht wird und deshalb der Speicher bis zum Abend nicht vollständig geladen ist, d.h. dass auch kein Überschuss zur Versorgung des Nachbargebäudes vorhanden ist. Die Deckung des Strombedarfs der Gebäude erfolgt an diesem Tag für W.E.I.Z. II zum überwiegenden Teil bzw. für W.E.I.Z. I ausschließlich aus dem öffentlichen Netz.

Insgesamt wurden von der PV-Anlage an diesem Tag 7,8 kWh Strom erzeugt, wovon knapp 4 kWh in die Batterie gespeichert wurden. Der Bezug aus dem öffentlichen Netz lag bei rund 18 kWh. Der Autarkiegrad beträgt an diesem Tag 21,3 % (siehe Abbildung 33).

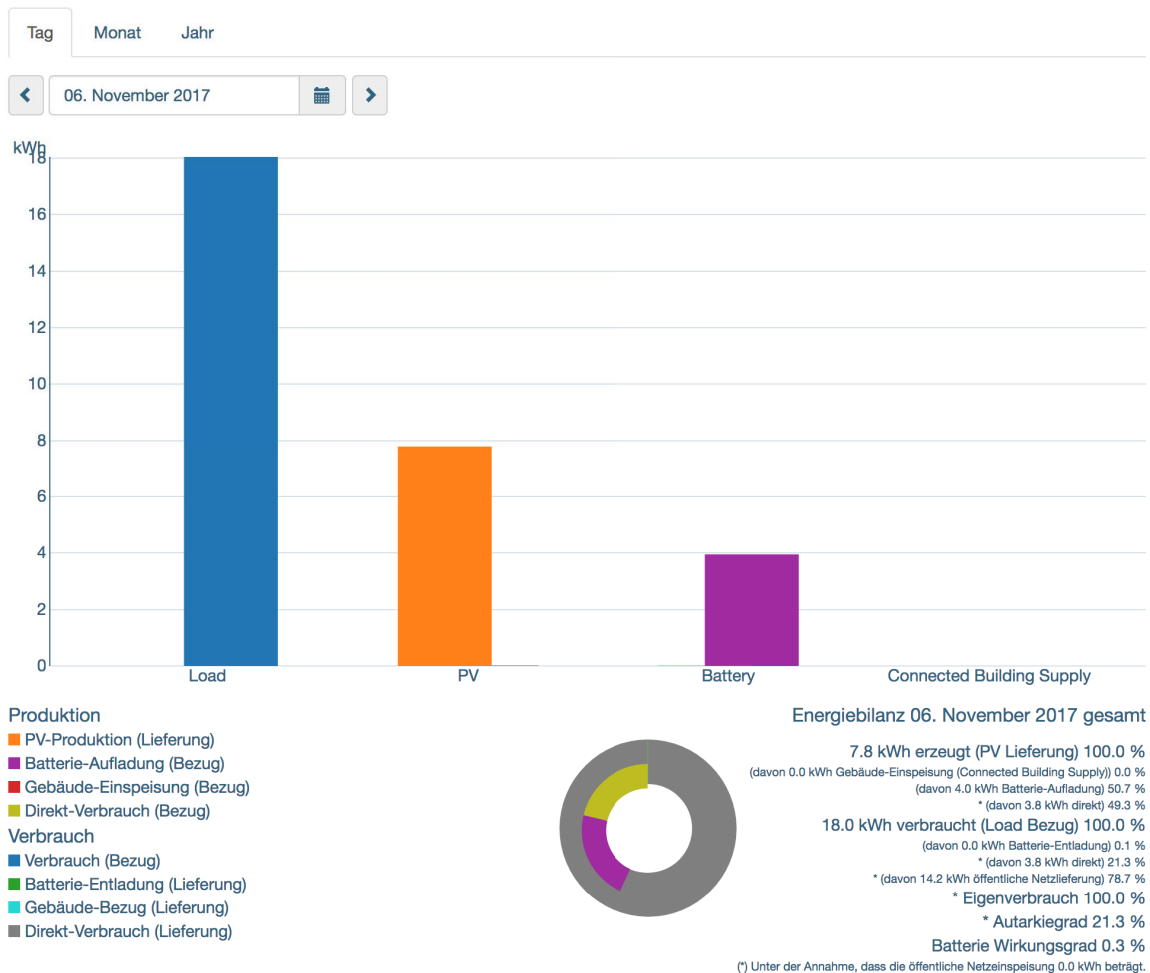


Abbildung 33: Energie-Tagesverbrauch gesamt am 6. November 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

Weitere Monitoringergebnisse sind im Anhang dargestellt. Anhand der gezeigten Ergebnisse ist erkennbar, dass der EOS-Energymanager, der den erzeugten PV-Strom zuerst für den Direktverbrauch, dann für die Speicherung und schlussendlich für die gebäudeübergreifende Einspeisung ins Nachbarhaus sorgt, funktioniert.

Jahresübersicht 2017

Durch die Übersicht in Abbildung 34 erhält man einen guten Einblick über die genauen Stromflüsse im gesamten Betrachtungszeitraum von einem Jahr.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Anlage in den ersten beiden Monaten (Jänner und Februar 2017) im Probetrieb gefahren wurde. Die Software war in dieser Zeit noch in der Entwicklungsphase, weshalb diese zwei Monate nicht aussagekräftig für die Performance der Anlage sind. Erst ab März funktionierte die Software einwandfrei.



Abbildung 34: Energiebilanz 2017 Pilotanlage 1

Quelle: (eigene Darstellung)

Die Übergangszeiten (März, April, Oktober und November) stehen im Mittelfeld mit einer Überschuss-Strom-Abgabe zwischen 1.100 kWh und 1.800 kWh Energie pro Monat an das Nachbargebäude. Weiters ist zu erkennen, dass von Mai bis August jeweils mindestens 2.000 kWh bis 2.500 kWh Energie pro Monat an das Nachbargebäude W.E.I.Z. I geliefert wurden. Das ist Überschuss-Strom, der durch die Direktleitung optimal, d.h. vor Ort verbraucht, das Netz nicht belastend, wirtschaftlich – verwendet wird.

Im Gegensatz dazu konnte in den Monaten September und November aufgrund der vorherrschenden schlechten Wetterverhältnisse ein geringerer Anteil an das Nachbargebäude geliefert werden. Der Direktverbrauch aus dem Netz (schwarzer Balken) ist größer als der Direktverbrauch der PV-Anlage (gelber Balken). Die Energieladung in den Speicher (oranger Balken) ist gegeben und wird 100 %-ig verbraucht (grüner Balken). Die Weitergabe ans Nachbargebäude (roter Balken) ist gering – durchschnittlich 350 kWh.

Der PV-Strom, der in der Batterie gespeichert wurde (oranger Balken), wurde zeitverzögert für den Direktverbrauch wieder entnommen.

In Summe konnten im Zeitraum 01.01.17 bis 31.12.17 über die Direktleitung von Gebäude W.E.I.Z. II zu Gebäude W.E.I.Z. I in etwa 17.115 kWh an erzeugtem PV-Strom übertragen werden. Damit wurde die Eigenverbrauchsquote der PV-Erzeugung von 24 % auf 100 % angehoben.

3.6 Wirtschaftlichkeit des Systems

Eine wesentliche Zielsetzung von WEIZconnected war es, neben der technischen und rechtlichen Funktionalität, auch die wirtschaftliche Betrachtung einer gebäudeübergreifenden Stromversorgung darzustellen bzw. kritisch zu analysieren.

Pilotanlage 1: WEIZconnected für 2 Bürohäuser

Bei der Pilotanlage 1 konnte die an sich kostenintensive Direktleitung zwischen den Gebäuden aufgrund der direkten Nachbarschaft einfach durch die Nutzung einer bestehenden Leerverrohrung zwischen beiden Gebäuden realisiert werden. Durch die Nähe der Gebäude zueinander (von Schaltschrank W.E.I.Z. II zu Schaltschrank W.E.I.Z. I beträgt die Kabellänge ca. 125 Meter) und durch den Entfall der Grabungs- und Verlegearbeiten im Freigelände, konnten die Installationskosten der Direktleitung entscheidend reduziert werden. Die Kosten der anderen Anlagenkomponenten wie PV-Anlage, Energiemanager, Wechselrichter und Speicher (siehe Tabelle 3), entsprechen marktüblichen Preisen und können daher gut als Vergleichskosten für weitere Anlagen ähnlicher Größe herangezogen werden. Die Kosten für die Installation der PV-Anlage am Gebäude W.E.I.Z. betragen €25.578. Die Errichtung und Inbetriebnahme der Direktleitung samt Energiemanagement- und Monitoringsystem, sowie Speicheranlage weist Kosten in Höhe von € 22.020 auf (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Kosten Komponenten für Pilotanlage 1

Baukosten	Aufteilung	Betrag
	%	€
PV-Anlage	53,7	25.578
Speicheranlage	35,7	16.980
Energiemanagementanlage	3,9	1.840
Strom-Leitung WEIZ II zu WEIZ I	6,7	3.200
Baukosten gesamt	100,0	47.598

Die beiden Liegenschaften W.E.I.Z. I und W.E.I.Z. II sind im Eigentum der W.E.I.Z. Immobilien GmbH, wodurch sich durch die gesteigerte Nutzung der PV-Erzeugung ein wirtschaftlicher Vorteil ergibt, da die W.E.I.Z. Immobilien GmbH als Stromabnehmer einen Stromliefervertrag mit dem Energieversorger hat. Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden folgenden Annahmen getroffen:

- Inanspruchnahme verfügbarer PV-Anlagenförderungen der Gemeinde Weiz
- Finanzierung des aushaftenden Kapitals über Bankenkredit. Kein Eigenkapitalzuschuss. Laufzeit des Kredits: 15 Jahre
- Wechsel/Ersatz der Batterieeinsätze des Speichers alle 12 Jahre
- Kalkulatorische Abschreibedauer: 15 Jahre mit Ausnahme PV-Anlage: 20 Jahre
- Energieabgabe: 1,5 €/kWh Stromverkauf, Freimenge: 5.000 kWh/a
- Interner Stromverkauf: 15 €/kWh
- Jährliche Indexierung der Kosten und Erlöse: je 2 %/a

Einen Überblick der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Pilotanlage 1 gibt Tabelle 4. Daraus ist ersichtlich, dass die Wirtschaftlichkeit der Pilotanlage 1 gegeben ist. Am Anfang sind der Nettoerfolg und die Liquidität nur geringfügig positiv. Ab dem 16. Jahr steigt der Erfolg durch den Wegfall der Kreditzinsen klar an. Nach 25 Jahren ist sowohl die bestehende Anlage (inkl. PV-Anlage) voll finanziert und die kumulierte Liquidität liegt über den Anschaffungskosten für eine Neuanlage. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich um einem Prototyp handelt.

Tabelle 4: Erfolgsrechnung WEIZconnected Pilotanlage 1

Erfolgsrechnung WEIZconnected "WEIZ", PV und Speicher im WEIZ											
Basis/Kommentare											
Ausgaben [€]	Betrag [€]	Einheit 1	Einheit 2	Anpassung [%/a]	2017	2020	2025	2029	2032	2037	2043
Erneuerungen - Wechselrichter	3.300								2.800		
Erneuerungen - Batteriespeicher	7.500						7.500				
Instandhaltung, Service, Wartung	200			2	200	212	234	254	269	297	335
Versicherung	200			2	200	212	234	254	269	297	335
Energieabgabe [€/kWh, h/a, kWp]	0,015	1200	20		285	285	285	285	285	285	285
Afa PV-Anlage [Afa, Afa-Dauer]	12.456		15		830	830	830	830	187	187	187
Afa Energiemanagement [Afa, Afa-Dauer]	896		15		60	60	60	60	0	0	0
Afa Solar-PV-Speicher [Afa, Afa-Dauer]	8.269		15		551	551	551	1.051	687	687	687
Afa Strom-Leitung [Afa, Afa-Dauer]	1.558		30		52	52	52	52	0	0	0
Zinsen Kredit (Kreditbetrag, Zinssatz, Kreditlaufzeit)	23.179	3	15		695	580	363	165	0	0	0
Summe Ausgaben					2.874	2.783	2.610	2.950	1.697	1.753	1.828
Einnahmen [€]											
Stromerlöse	Strompreis [€/MWh]	Leistung [MW]	Dauer [h/a]	Anpassung [%/a]							
Überschussstromspeisung OeMAG-Vertrag	105	0,02	0		0	0	0	0	0	0	0
Eigenstrom WEIZ 2 für BK (Allgemeinstrom: Heizung, Licht)	150	0,02	500	2	1.500	1.592	1.757	1.902	2.019	2.229	2.510
Eigenstrom WEIZ 2 für Mieter (interne Stromverrechnung an Büros)	150	0,02	300	2	900	955	1.054	1.141	1.211	1.337	1.506
Eigenstrom WEIZ 1 für BK (Allgemeinstrom: Lüftung, Lift, Licht)	150	0,02	200	2	600	637	703	761	808	892	1.004
Eigenstrom WEIZ 1 für Mieter (interne Stromverrechnung an Büros)	150	0,02	200	2	600	637	703	761	808	892	1.004
<i>Summe Stromerlöse [€/a]</i>			<i>1200</i>		<i>3.000</i>	<i>3.184</i>	<i>3.515</i>	<i>3.805</i>	<i>4.038</i>	<i>4.458</i>	<i>5.020</i>
Summe Einnahmen					3.000	3.184	3.515	3.805	4.038	4.458	5.020
Erfolg					126	401	905	854	2.341	2.705	3.193
Erfolg kumuliert					126	1.050	4.543	8.774	13.184	25.967	43.875
Liquiditätsanalyse											
Cash flow					1.620	1.894	2.398	2.848	3.214	3.578	4.066
Tilgung Kredit	23.179				1.246	1.362	1.579	1.777	0	0	0
Liquidität					373	533	820	1.071	3.214	3.578	4.066
Liquidität kumuliert					373	1.816	5.260	9.343	14.034	22.298	56.040

Durch das installierte System kann der erzeugte PV-Strom bestmöglich vor Ort genutzt werden und zudem bedeutet jede nicht aus dem Netz gelieferte kWh eine theoretische Einsparung von 18 C€€/kWh (Stromkosten W.E.I.Z.). Dem gegenüber stehen etwaige Einnahmen aus Überschusslieferungen des erzeugten PV-Stroms an die OeMAG. Bei der Berechnung der Einsparung sind demnach die Verringerung der Einnahmen durch Verzicht auf Überschussenergieverkauf den Kosteneinsparungen durch Verringerung des Netzbezugs gegenzurechnen. Betrachtet man das gesamte Jahr 2017 so erfolgte aus technischer Sicht ein Austausch von 17.115 kWh an PV-Erzeugung zwischen den beiden Gebäuden. In Summe belaufen sich die Einsparungen, bei Berücksichtigung des OeMAG Einspeisetarifs von 7,91 C€€/kWh, damit auf € 1.783 für das Jahr 2017.

Eine erste Abschätzung für Pilotanlage 1 zeigt, bei Vernachlässigung der Kosten für die PV-Anlage, eine Amortisationsdauer des Systems für den gebäudeübergreifenden Strom-austausch von 12 Jahren. Damit wurde die Eigenverbrauchsquote der PV-Erzeugung von 24 % auf 100 % angehoben.

Pilotanlage 2: WEIZconnected für 2 Wohnhäuser

Die Pilotanlage 2 (siehe Beschreibung unter 3.3.2.2) realisiert den gebäudeübergreifenden Stromaustausch zwischen 2 Wohngebäude. Hier kann eine bereits bestehende PV-Anlage integriert werden und daher ausschließlich die Installation der Verbindungssysteme mit dem Energiemanagement forciert werden. Die wirtschaftliche Herausforderung beim Pilotprojekt 2 ist das ungünstige Verhältnis von Installationskosten zu Connected-Strom-Umfang. Da zurzeit nur der Überschussstrom (Vollleistung abzüglich vertraglicher OeMAG-Liefervertrag= Überschussstrom) für den gebäudeübergreifenden Stromtransfer zur Verfügung steht kann im Jahres-Durchschnitt nur ca. 1.100 kWh/a Strom zwischen den Gebäuden transferiert werden. In der nachstehenden Erfolgs- und Auslastungsanalyse werden sind Auswirkungen der niedrigen Transferrate gut erkennbar.

Tabelle 5: Kosten Komponenten für Pilotanlage 2

Baukosten	Aufteilung	Betrag
	%	€
PV-Anlage, 15 kWp (schon vorhanden)	0	0
Speicheranlage	83,9	13.000
Energiemanagementanlage	8,4	1.300
Strom-Leitung Gschweitz-Hierzer	7,7	1.200
Baukosten gesamt	100,0	15.500

Die Gebäude der Pilotanlage 2 sind direkte Grundstücksnachbarn und liegen nur ca. 100 m voneinander entfernt. Weiters sind die Grabungsarbeiten kostengünstig zu gestalten gewesen (primär Grünland, nur schmale Künette ohne Abstützungen erforderlich, einfache Mauerdurchbrüche= Bohrungen, dünnen Stromkabel).

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden ähnlich wie beim Pilotprojekt WEIZ II–WEIZ I folgende folgenden Annahmen getroffen:

- Inanspruchnahme verfügbarer PV-Anlagenförderungen der Standortgemeinde
- Finanzierung des aushaftenden Kapitals über Bankenkredit. Kein Eigenkapitalzuschuss. Kreditlaufzeit: 15 Jahre
- Ersatz der Batterieeinsätze des Speichers alle 15 Jahre
- Kalkulatorische Abschreibedauer: 15 Jahre mit Ausnahme Stromleitung: 30 Jahre
- Energieabgabe: 1,5 C€/kWh für Stromverkauf, fällt nicht an, da die steuerlich begünstigte Freimenge von 5.000 kWh/a nicht überschritten wird.
- Externer Stromverkauf: 0,17 C€/kWh
- Jährliche Indexierung der Kosten und Erlöse: je 2 %/a

Die nachstehende Erfolgskalkulation für die Pilotanlage auf Basis obiger Annahmen und bei einem Stromtransfer von ca. 1.100 kWh/a liefert das, bei dem sehr niedrigen Umfang der

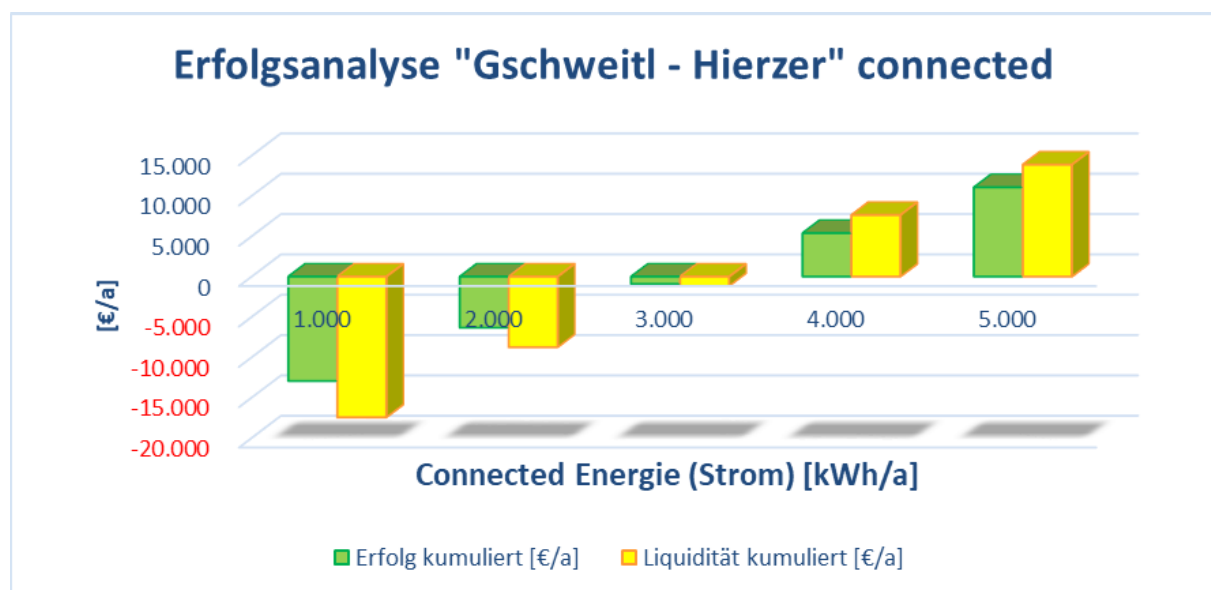
gebäudeübergreifenden Stromlieferung zu erwartende Ergebnis: Negativer Erfolg und negative Liquidität über den gesamte Betrachtungszeitraum (26 Jahr: von 2017 bis 2043).

Tabelle 6: Erfolgsrechnung Pilotanlage 2

Erfolgsrechnung WEIZconnected Pilotanlage 2: Geschweidl (Speicher) - Hierzer (PV)											
Basis/Kommentare											
Ausgaben [€]	Betrag [€]	Einheit 1	Einheit 2	Anpassung [%/a]	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2043
Erneuerungen - Wechselrichter	0										
Erneuerungen - Batteriespeicher	2.800										
Instandhaltung, Service, Wartung	150			2	150	159	176	194	214	237	251
Versicherung	100			2	100	106	117	129	143	158	167
Energieabgabe [€/kWh, h/a, kWp]	0,015	0			0	0	0	0	0	0	0
Afa PV-Anlage [Afa, Afa-Dauer]	0		15		0	0	0	0	0	0	0
Afa Energiemanagement [Afa, Afa-Dauer]	503		15		34	34	34	34	0	0	0
Afa Solar-PV-Speicher [Afa, Afa-Dauer]	5.032		15		335	335	335	522	187	187	187
Afa Strom-Leitung [Afa, Afa-Dauer]	465		30		15	15	15	15	0	0	0
Zinsen Kredit (Kreditbetrag, Zinssatz, Kreditlaufzeit)	6.000	3	15		180	150	94	29	0	0	0
Summe Ausgaben					815	800	771	923	544	581	605
Einnahmen [€]	Strompreis [€/MWh]	Leistung [MW]	Dauer [h/a]	Anpassung [%/a]							
Stromerlöse											
Überschußstromeinspeisung OeMAG-Vertrag	79	0,015	0		0	0	0	0	0	0	0
Connected-Strom Fam. Hierzer zu Fam. Geschweidl	170	0,015	73	2	187	198	219	242	267	295	313
Summe Stromerlöse [€/a]			73		187	198	219	242	267	295	313
Stromlieferung [kWh/a]		1.100									
Summe Einnahmen					187	198	219	242	267	295	313
Erfolg					-628	-601	-552	-682	-277	-286	-292
Erfolg kumuliert					-628	-2.459	-5.321	-8.287	-10.053	-11.464	-12.334
Liquiditätsanalyse											
Cash flow					-243	-217	-168	-110	-90	-99	-105
Tilgung Kredit	6.000				323	353	409	474	0	0	0
Liquidität					566	569	676	684	90	90	105
Liquidität kumuliert					566	2.374	5.707	9.804	12.300	11.871	16.560

Ausgehend von obigen wirtschaftlichen Basisparametern (Kosten, Preise) wurde nachstehend eine Optimierungsanalyse durchgeführt um abzuschätzen bei welchem Umfang des Stromtransfers die Pilotanlage nicht nur technisch und rechtlich, sondern auch wirtschaftlich erfolgreich betrieben werden kann.

Tabelle 7: Dynamische Erfolgsanalyse Pilotanlage 2



Die Analyse zeigt recht klar, dass unter obigen Rahmenbedingungen erst ab ca. 3.000 kWh/a (entspricht etwa den Strombedarf eines Einfamilien-Wohnhauses) WEIZconnected auch wirtschaftlich attraktiv ist.

4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

4.1 Einpassung in das Programm

Das Projekt wurde im Rahmen der 4. Ausschreibung des Programms „Haus der Zukunft Plus“ bewilligt und durchgeführt. Die adressierten Schwerpunkte, die das Projekt behandelte, sind die Entwicklung von Schlüsseltechnologien für die Gebäude der Zukunft und ebenso das Thema der gebäudeintegrierten Energieerzeugung und -speicherung sowie der gebäudeübergreifende Energieaustausch. Durch die erfolgte Konzeption, Entwicklung und den Testbetrieb der innovativen Systemlösung hinsichtlich des gebäudeübergreifenden Stromaustausches, unter Berücksichtigung der gebäudeintegrierten Energieerzeugung und -speicherung passt sich das Projekt und die erzielten Ergebnisse optimal in das Programm ein. Das erarbeitete System kann dabei sowohl bei Neubauten zum Einsatz kommen, als auch in bestehender Gebäudestruktur einfach nachgerüstet werden und zielt auf die Maximierung der Autarkie durch sich ergänzende Gebäudelastprofile ab.

Ein Haus der Zukunft sollte optimal an die Versorgungslage angepasst werden bzw. einen Teil der benötigten Energie selbst erzeugen. Die Idee auch umliegende Gebäude mit Überschuss-Strom zu versorgen ist dabei eine attraktive Möglichkeit, um eine optimale lokale Nutzung von erzeugtem PV-Strom zu erzielen und den Energieaustausch mit dem Netz zu reduzieren.

4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Das übergeordnete Gesamtziel des Programms „Haus der Zukunft plus“ sieht die Entwicklung und Markteinführung bzw. Marktdurchdringung wirtschaftlich umsetzbarer, innovativer technischer und organisatorischer Lösungen im Sinne eines CO₂-neutralen Gebäudesektors vor. Das Projekt *WEIZconnected* trägt durch die technologische Entwicklung und die Realisierung von zwei Demonstrationsprojekten für die gebäudeübergreifende Energieversorgung unmittelbar zum Programmziel bei. Es werden die rechtlichen, wirtschaftlichen und technischen Anforderungen anhand konkreter Pilotanlagen erarbeitet und Konzepte für eine nachhaltige Energieversorgung der Gebäude der Zukunft erprobt. Dadurch kann ein Beitrag zur Sichtbarkeit neuer Technologien und innovativer Lösungsansätze hinsichtlich der gebäudeübergreifenden Energieversorgung und dem Einsatz von Energiespeichersystemen geleistet werden. Die Ergebnisse ermöglichen es, konkrete Aussagen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems zu treffen und zeigen Ansätze für den Einsatz des Konzeptes in Gebäuden unterschiedlicher Nutzungsart auf.

4.3 Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt

Die Einbeziehung der Zielgruppen (Liegenschafts- Gebäudeeigentümer, Bauträger, Netzbetreiber, Energieversorger, Technologieanbieter, Komponentenhersteller, Planer, Städte und Gemeinden) erfolgte zum einen direkt durch Beteiligung einzelner Stakeholder als Projektpartner und zum anderen durch laufende Informationsvermittlung und bilaterale Gespräche mit Interessenten. In diversen Workshops mit Projektbeteiligten wurden unter Einbeziehung der Liegenschaftseigentümer die Anforderungen an das Gesamtsystem definiert, diskutiert und entsprechende Detailpläne für die Umsetzung erarbeitet.

Da die Erarbeitung und Erprobung des technischen Lösungsansatzes für die gebäudeübergreifende Energieversorgung anhand von zwei unterschiedlichen Pilotprojekten erfolgte, wurden die entsprechenden Monitoring- und Adaptionmaßnahmen direkt vor Ort durchgeführt. Dies ermöglichte eine direkte und intensive Abstimmung mit den NutzerInnen der technischen Lösung, wodurch deren Feedback in die Anpassung und Optimierung des Gesamtsystems einfließen konnte. Zudem bestand für die breite Öffentlichkeit die Möglichkeit, das Pilotprojekt 1 im Innovationszentrum W.E.I.Z. zu besichtigen und sich so von der Funktionstauglichkeit des Systems zu überzeugen.

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

Im Projekt konnte durch die Realisierung von zwei Pilotanlagen die Funktionstauglichkeit der entwickelten technischen Lösung für den gebäudeübergreifenden Stromaustausch erfolgreich demonstriert werden. Durch das eingesetzte System kann eine signifikante Steigerung des PV-Eigenbedarfs bei den Gebäuden erzielt werden, wodurch die Ergebnisse die Basis zur Entwicklung attraktiver Geschäftsmodelle für PV-NutzerInnen leisten. Auch können dadurch weitere Überlegungen für Lösungsansätze zur Mobilisierung von Energie- und Flexibilitätspotenzialen für Stromnetze unter Einbeziehung der EndnutzerInnen angestellt werden.

Eine näherungsweise Abschätzung des Marktpotentials kann anhand der, von der OeMAG anerkannten PV-Anlagen aus dem Jahr 2016 erfolgen. Insgesamt sind 65.214 Anlagen in Österreich in der Stromnachweisdatenbank der e-Control registriert (e-Control, 2016).

Bei den installierten Anlagen kann ein erhebliches Potenzial zur Erhöhung des PV-Eigenverbrauchs (EV) abgeschätzt werden, wodurch sich der Strombezug aus dem öffentlichen Netz reduzieren lässt (Annahme durchschnittlicher Strompreis 20 €/ct/kWh). Zudem können durch den Verkauf des PV-Stroms an „Nachbarn“ (Annahme Verkaufspreis 15 €/ct/kWh), im Gegensatz zur Einspeisung des PV-Überschusses (Einspeisetarif 7,16 €/ct/kWh), zusätzliche (höhere) Einnahmen generiert werden. Im Hinblick auf die Daten der OeMAG, könnten so durch den im Zuge von WEIZconnected erarbeiteten und

demonstrierten Ansatz im Bereich der Einfamilienhäuser in Österreich 54.392 MWh/a mehr an PV-Strom vor-Ort genutzt werden (Annahme: 90% von 21.977 Anlagen³). Durch den verringerten Netzbezug entspricht dies einer möglichen Stromkosteneinsparung von gesamt ca. 13,6 Mio €/a bzw. 687,5 €/ Haushalt. Anhand der dargelegten Abschätzungen kann also von einem sehr großen Marktpotenzial für die entwickelte Systemlösung ausgegangen werden.

5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Das Projekt WEIZconnected liefert umfassende Erkenntnisse hinsichtlich der rechtlichen, technischen und wirtschaftlichen Anforderungen und Rahmenbedingungen, die es für die Umsetzung eines Systems für den gebäudeübergreifenden Stromaustausch zwischen zwei Gebäuden zu berücksichtigen gilt.

Anhand der erarbeiteten rechtlichen Anforderungen hat sich herausgestellt, dass die gebäudeübergreifende Stromversorgung (aktuell) nur mit einer Direktleitung sinnvoll möglich ist. Dabei sind aus Sicht des EIWOG folgende Regeln einzuhalten:

- Eine Direktleitung von A (Anbieter/Erzeuger) zu B (Verbraucher) ist rechtlich zulässig. Allerdings darf A den B nicht mit aus dem öffentlichen Netz bezogener Energie versorgen, sondern ausschließlich mit Energie, die A selbst erzeugt. Zudem ist eine Direktleitung nur dann zulässig, wenn eine Trennung der Stromkreise gegeben ist, da es sonst zur „Vermischung“ des durch die PV-Anlage erzeugten Stroms und der Energie aus dem öffentlichen Netz kommt. Die technische Ausführung ist rechtlich allerdings nicht geklärt.
- Versorgung über das öffentliche Netz - keine Direktleitung: In dieser Variante müssten beide (A und B) einer Bilanzgruppe angehören, der Lieferant A müsste Bilanzgruppenverantwortung übernehmen, zudem ist unklar wie die Verrechnung gestaltet werden könnte.
 - Möchte A als Erzeuger die Energie über das öffentliche Netz direkt an B verkaufen müssten die beiden eine eigene Bilanzgruppe bilden oder zumindest in der gleichen Bilanzgruppe einen Lieferanten finden, welcher das Management übernimmt. Ein Lieferant wird jedoch kein Interesse daran haben, es sei denn, er verpflichtet A + B, bei ihm auch die entsprechende Bezugsenergie zu kaufen. Ein ähnliches Modell gab es bei OeMAG bereits mit deutlich höheren Energiepreisen; zusätzlich fallen Netzentgelte an, wodurch diese Variante als eher unattraktiv einzustufen ist.
 - Der Bilanzgruppenverantwortliche der Bilanzgruppe müsste von der E-Control bestellt werden und die § 53a-Erfordernisse erfüllen (Gewerbeberechtigung, jur. Person, Haftungskapital EUR 50.000, fachliche Eignung usw.)

³ 21.977 Anlagen, Ø 5 kWp installierter Leistung bei 1.000 h/a Volllaststunden der Anlagennutzung. Es wird angenommen, dass 90 % dieser Anlagen auf EFH installiert sind und mit einer Eigenstromabdeckung von 55% durch gebäudeübergreifende Stromverteilung mit Speicher- und Energiemanagement.

Eine wesentliche Erkenntnis aus dem Projekt ist die Festlegung der technischen Ausführungsnotwendigkeiten bzw. sicherheitstechnischen Anforderungen für den gebäudeübergreifenden Stromaustausch, insbesondere bei Realisierung einer Direktleitung zwischen zwei Gebäuden. Diese wurden von Seiten des Netzbetreibers (Energie Steiermark AG) für die Umsetzung der Direktleitung bei den beiden Pilotprojekten wie folgt festgelegt:

1. Auf der Verbindungsleitung darf zu keinem Zeitpunkt Netz-Strom vom Energieversorger fließen.
2. Es darf ausschließlich selbst produzierter PV-Strom über die Direktleitung fließen.
3. Es darf zu keinem Zeitpunkt (auch nicht während der Schaltvorgänge der Zuschaltvorrichtung) zu Netzstörungen kommen.

Das im Zuge des Projektes entwickelte Energiemanagement- und Monitoringsystem konnte auch im Testbetrieb die daran gestellten Erwartungen erfüllen. Zudem wird die Funktions-tauglichkeit der erarbeiteten Schalt- und Regelstrategie durch die Ergebnisse der Spannungsmessungen, die vom Netzbetreiber durchgeführt wurden, untermauert. Dadurch konnten die Einhaltung der technischen Anforderungen bewiesen und etwaige sicherheitstechnische Bedenken des Netzbetreibers in Bezug auf die Errichtung und den Betrieb der Direktleitung ausgeräumt werden. Das Projekt legt demnach, auch seitens der prüfenden Behörde des Landes Steiermark zur Überwachung der Einhaltung des EIWOG, eine rechtlich und technisch einwandfreie Lösung der Stromdirektleitung vor.

Der Betrieb der Pilotanlagen hat gezeigt, dass durch den Einsatz der WEIZconnected Lösung der Eigennutzungsgrad der installierten PV-Anlagen wesentlich erhöht und damit die Kosten für einen Strombezug aus dem öffentlichen Netz gesenkt werden konnten. So wurde für Pilotanlage 1 eine Steigerung der Eigenverbrauchsquote der PV-Erzeugung von 24 % auf 100 % erreicht. Netzeinspeisungen werden dadurch quasi vollständig vermieden, Verluste minimiert und der wirtschaftliche Einsatz von PV-Anlagen unterstützt.

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der entwickelten Lösung ist anzumerken, dass diese zum einen wesentlich durch die vorherrschenden technischen Rahmenbedingungen, wie etwa Länge und Verlegung der Direktleitung, sowie zum anderen durch die zur Verfügung stehende Menge an PV-Überschuss bestimmt wird. Dies kann auch anhand der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die unterschiedlichen Varianten, die hinsichtlich einer möglichen Umsetzung einer Pilotanlage geprüft wurden, bestätigt werden. Das Projekt zeigt, dass die wirtschaftlichen Vorteile des gebäudeübergreifenden Strom-austauschs sowohl für Privathaushalte als auch für Gewerbebetriebe bestehen und dadurch die Möglichkeit besteht bislang nicht genutzte energetische Potentiale nutzen zu können.

Aufgrund des bestehenden überregionalen Interesses insbesondere von Seiten anderer (kleiner) Gemeinden und Gewerbebetrieben, sind die Projektpartner bestrebt, die im Zuge des Projektes erprobte Lösung weiter zu verbreiten und hinsichtlich der für diese Zielgruppen vorliegenden Rahmenbedingungen und Anforderungen angepasste technische und wirtschaftliche Konzepte im Zuge weiterer Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu erarbeiten.

6 Ausblick und Empfehlungen

Anzumerken ist, dass sich die in diesem Projekt berücksichtigten Rahmenbedingungen auf die rechtliche Situation vor der Novellierung des EIWOGs im Jahr 2017 beziehen, weshalb für eine entsprechende Weiterentwicklung des Systems in jedem Fall eine Neubewertung der rechtlichen Situation durchzuführen ist. Dahingehend ist insbesondere der durch die Novellierung des Elektrizitätswirtschafts- und Organisationsgesetzes (EIWOG) neu eingeführte §16a „Gemeinschaftliche Erzeugungsanlagen“ zu berücksichtigen, durch den es nun erstmals möglich ist, den von einer PV-Anlage auf einem Mehrparteienhaus erzeugten Strom direkt auf mehrere Nutzer/Innen im Gebäude zu verteilen und nicht wie bisher lediglich für den Allgemeinstromverbrauch des Gebäudes zu nutzen⁴. Dieser erste Schritt in Richtung gemeinschaftlicher Nutzung von erneuerbarer Energie spiegelt auch die Bestrebungen der EU zur Schaffung von Energy Communities wieder⁵. Für die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sind dahingehend auch der rechtliche und wirtschaftliche Mehraufwand in anderen Eigentümer-Konstellationen, als den hier vorliegenden, zu untersuchen.

Zur Weiterentwicklung der Komponenten und zur Fortführung des technologischen Ansatzes sind auch Lösungen mit sternförmigen Anbindung mehrerer Verbraucher an eine Erzeugungsanlage zu untersuchen.

⁴ M. Losch u. a., „Mehr Sonnenstrom für Österreich, Neuerungen der ‚kleinen Ökostromnovelle‘“, Wien, Österreich, 2017.

⁵ L. Hancher und M. Winters, „The EU Winter Package, Briefing Paper“, Allen & Overy LLP, Amsterdam, 2017.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

- Biermayr, P., Eberl, M., Enigl, M., Fechner, H., Kristöfel, C., Leonhartsberger, K., Wopienka, E. (2016). *Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2015*. bmvit, Wien.
- deBruyn, K., Furtlehner, M., Kollmann, A., Schwarz, M., Fritz, S., Kranzl, L., Ritter, W. (2014). *Gebäudeübergreifender Energieaustausch: Rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren*. bmvit, Linz
- E-Control (2016): *Ökostrombericht 2016*, e-control, Wien.
- E-Control (2017). *Strom- & Gaspreise*. Von <https://www.e-control.at/konsumenten/strom/strompreis>, abgerufen am 03.März 2017
- Hollinger, R., Wille-Hausmann, B., Erge, T., Sönnichsen, J., & Kreifels, N. (2013). *Speicherstudie 2013*. Fraunhofer ISE, Freiburg.
- Leber, T., Xypolytou, E., Prügler, W., Blöchle, M., Möller, S., Teppner, R., & Frantes, B. (2015). *Machbarkeitsanalyse zur Steigerung des Eigenlastgrads durch Gebäudecluster und aktive Speicher in Großschönau*. bmvit, Großschönau.
- Moshövel, J., Magnor, D., Sauer, D. U., Gähns, S., Bost, M., Hirschl, B., . . . Schnettler, A. (2015). *Analyse des wirtschaftlichen, technischen und ökologischen Nutzens von PV-Speichern*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.
- Nenning, T., Leonhartsberger, K., Schidler, S., Kathan, J., Esterl, T., Mayr, J., . . . Reichhold, M. (2015). *S-chameleonStore: Sondierung zu einer universellen Konfigurations- und Steuerungsplattform für multifunktionale Batteriespeichersysteme*. Projektbericht im Rahmen des Programms e!Mission.at, Wien.
- Oberndorfer. (2007). Die Versorgung über Direktleitung. *Aktuelle Fragen des Energierechts*, S. 85.
- Pauger, D., & Pichler, H. (2000). *Das österreichische Elektrizitätsrecht. Kommentar zum EIWOG, Verordnungen, Ausführungsgesetze und europarechtliche Grundlagen*. Leykam, Graz.
- Photovoltaik Austria. (2017). *PVA-Plattform für Überschuss-Einspeiser*. Von <http://www.pvaustria.at/strom-verkaufen/>, abgerufen am 28.März 2017
- Quaschnig, V. (2013). *PV-Eigenverbrauch mit Wärmepumpe Status und Entwicklungspotenziale*. 11. Forum Wärmepumpe, 28. November 2013, Berlin.

- Ramharter, P., Lichtenauer, C., Doria, J., Schrammel, M., Nauer, G., Steiner, M., Tragner, M., Nacht, T., Hummer, E. (2017). *InEnmasys Gebäude: Intelligentes Energiemanagementsystem zwischen verschiedenen Erzeugern, Verbrauchern und Speichern in Gebäuden*. Projektbericht im Rahmen des Programms e!Mission.at, Wiener Neustadt
- Rihs, G. (2013). Strom(eigen)erzeuger gefangen im Netz? Die Rechtsposition der Strom(eigen)erzeuger nach dem System der Systemdienstleistungsentgelte. *RdU-UT 2013/18*, S. 42 ff.
- Teoh, M., & Liebl, V. (2016). *Leitfaden zu PV-Eigenverbrauchsmodellen*. Photovoltaic Austria, Wien.
- Tragner, M. (2016). *Speichereinsatz zur Integration erneuerbarer Energien*. Solarstammtisch EUROSOLAR AUSTRIA, Wien.
- Weniger, J., Bergner, J., Tjaden, T., & Quaschnig, V. (2014). *Bedeutung von prognosebasierten Betriebsstrategien für die Netzintegration von PV-Speichersystemen*. 29. Symposium Photovoltaische Solarenergie, 12.-14. März 2014, Kloster Banz, Bad Staffelstein.
- Weniger, J., Bergner, J., Tjaden, T., & Quaschnig, V. (2015). *Dezentrale Solarstromspeicher für die Energiewende*. Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin.

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zukunft der Nutzung des PV-Stroms im Haushaltsbereich.....	17
Abbildung 2: Eigenverbrauchsanteile von PV-WP-Systemen (links) ohne und mit (rechts) Überschuss-Speicherung	17
Abbildung 3: Netzeinspeisung der Photovoltaik-Anlagen mit und ohne Batteriesystem (D, 100.000 Speicher)	18
Abbildung 4: Direktleitung – Ausführung mit Wechselschalter	29
Abbildung 5: Lageplan Pilotprojekt 1	38
Abbildung 6: PV-Anlage am Dach des W.E.I.Z. II	39
Abbildung 7: Detailkonzept Pilotanlage 1.....	40
Abbildung 8: Überblick Gesamtanlage Pilotprojekt 1 mit Bezeichnung der einzelnen Komponenten.....	41
Abbildung 9: Lageplan Pilotprojekt 2	41
Abbildung 10: Detailkonzept Pilotanlage 2.....	42
Abbildung 11: Verlauf der Direktleitung zw. Fam. Hierzer und Fam. Gschweidl.....	43

Abbildung 12: Verlegung der Direktleitung Pilotprojekt 2	43
Abbildung 13: Überblick Gesamtsystem Pilotprojekt 2 – Installationen Fam. Gschweidl.....	44
Abbildung 14: Verbaute Zuschaltvorrichtung bei der Fam. Hierzer	44
Abbildung 15: Distributed Energy Storage System (DESS) inkl. Bedienungsfenster.....	45
Abbildung 16: Einbettung der Zuschaltvorrichtung in die bestehende Installation (Pilotprojekt 1).....	46
Abbildung 17: Stromlaufplan der Zuschaltvorrichtungen.....	46
Abbildung 18: Schütz-Steuerung mit gegenseitiger Verriegelung durch Hilfskontakte	47
Abbildung 19: Zeitliche Ablaufsteuerung der Umschaltvorgänge über den Energiemanager	48
Abbildung 20: Umschaltstrategien für Netzbetrieb W.E.I.Z. II bei Pilotprojekt 1	49
Abbildung 21: Umschaltstrategien für Direktleitungsbetrieb bei Pilotprojekt 1	50
Abbildung 22: Umschaltstrategien für Netzbetrieb bei Pilotprojekt 2.....	50
Abbildung 23: Umschaltstrategien für Direktleitungsbetrieb bei Pilotprojekt 2.....	51
Abbildung 24: Schaltschrankaufbau – Umschaltvorrichtung	51
Abbildung 25: Schaltschrankaufbau – Modbus Zähler.....	52
Abbildung 26: Aufbau EOS Energiemanager.....	52
Abbildung 27: Startmaske der Software des EOS Energiemanagers.....	53
Abbildung 28: Spannungsmessungen am Hausanschluss von W.E.I.Z. II zur Kontrolle der Netzurückwirkungen.....	62
Abbildung 29: Monitoring-Ergebnisse 1. Oktober 2017.....	63
Abbildung 30: Übersicht über den Energie-Tagesverbrauch gesamt – 1. Oktober 2017	64
Abbildung 31: Übersicht Umschaltvorgänge am 1. Oktober 2017	65
Abbildung 32: Monitoringergebnisse 6. November 2017.....	66
Abbildung 33: Energie-Tagesverbrauch gesamt am 6. November 2017	67
Abbildung 34: Energiebilanz 2017 Pilotanlage 1.....	68
Abbildung 35: Monitoring-Ergebnisse 1. Oktober 2017.....	83
Abbildung 36: Monitoringergebnisse 2. Oktober 2017	84
Abbildung 37: Monitoringergebnisse 3. Oktober 2017	85
Abbildung 38: Monitoringergebnisse 4. Oktober 2017	86

Abbildung 39: Monitoringergebnisse 5. Oktober 2017	87
Abbildung 40: Monitoringergebnisse 6. Oktober 2017	88
Abbildung 41: Monitoringergebnisse 7. Oktober 2017	89

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Funktionalitäten Softwaresystem EOS Energiemanager	54
Tabelle 2: Legende Monitoringsystem	63
Tabelle 3: Kosten Komponenten für Pilotanlage 1	69
Tabelle 4: Erfolgsrechnung WEIZconnected Pilotanlage 1	70
Tabelle 5: Kosten Komponenten für Pilotanlage 2	71
Tabelle 6: Erfolgsrechnung Pilotanlage 2	72
Tabelle 7: Dynamische Erfolgsanalyse Pilotanlage 2.....	72

8 Anhang

8.1 Monitoringergebnisse Pilotanlage 1

Anhand der ersten Woche im Oktober 2017 wird ein Einblick in den Energiehaushalt von Pilotprojekt 1 in Weiz gegeben.

1. Oktober 2017

An diesem 1. Oktober lieferte der Speicher bis 07:00 Uhr morgens Energie (grüner Balken). Ab 07:00 Uhr floss Strom von der PV-Anlage in die Batterie (oranger Balken) und diese war schon um 9 Uhr morgens voll aufgeladen. Ein Teil der PV-Erzeugung wurde direkt im Gebäude W.E.I.Z. II verbraucht (gelber Balken). Ab 09:00 Uhr kam zum Direktverbrauch und dem Laden der Batterie noch die Gebäude-Einspeisung in das Nachbarhaus W.E.I.Z. I (roter Balken) bis 17:00 Uhr dazu. Ab 18:00 Uhr und die Nacht über lieferte der Speicher den Strom für den Direktverbrauch im Gebäude W.E.I.Z. II (grüner Balken).

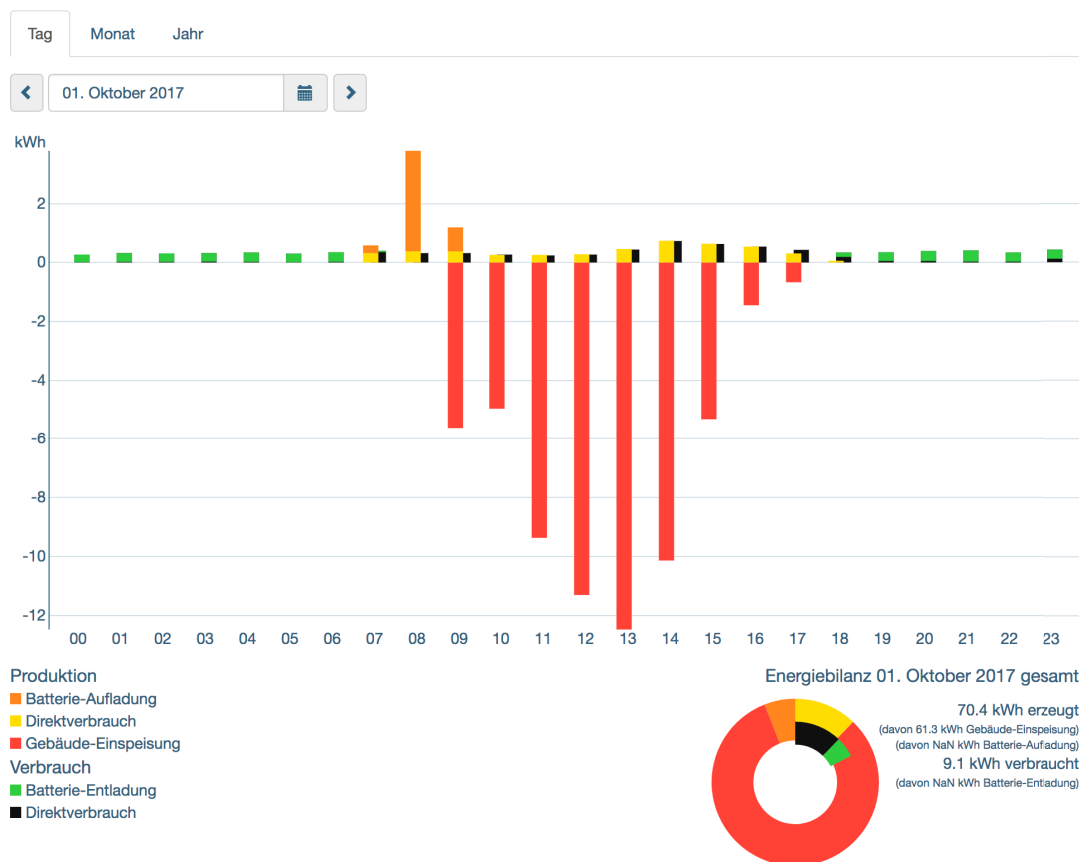


Abbildung 35: Monitoring-Ergebnisse 1. Oktober 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

2. Oktober 2017

Am 2. Oktober war der Speicher ab 00:00 Uhr leer, daher musste der Direktverbrauch vom Netzstrom (schwarzer Balken) gedeckt werden. Ab 07:00 Uhr wurde von der PV-Anlage Strom in die Batterie gespeichert, weshalb dieser bereits um 09:00 Uhr morgens wieder voll aufgeladen war. Ein Teil der von der PV-Anlage erzeugten Energie wurde direkt im Gebäude W.E.I.Z. II verbraucht. Ab 09:00 Uhr kam zum Direktverbrauch und dem Laden in den Speicher noch die Gebäude-Einspeisung in das Nachbarhaus bis 17:00 Uhr hinzu. Ab 18:00 Uhr lieferte wieder der Speicher in der Nacht Strom für den Direktverbrauch.



Abbildung 36: Monitoringergebnisse 2. Oktober 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

3. Oktober 2017

Am 3. Oktober lieferte der Speicher bis 04:00 Uhr Strom, erst dann musste Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen werden. Ab 08:00 Uhr floss wieder Strom von der PV-Anlage in die Batterie und diese war gegen 11:00 Uhr morgens wieder voll aufgeladen. Ein Teil der Energie von der PV-Anlage wurde direkt im W.E.I.Z. II genutzt. Ab 11:00 Uhr kam zum Direktverbrauch und der Speicherladung noch die Versorgung des Nachbarhauses W.E.I.Z. I bis 17:00 Uhr hinzu. Ab 18:00 Uhr und in den Nachtstunden konnte ein Großteil der benötigten Energie in W.E.I.Z. II wieder durch den Speicher bereitgestellt werden.



Abbildung 37: Monitoringergebnisse 3. Oktober 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

4. Oktober 2017

Am 4. Oktober war der Speicher ab 00:00 Uhr leer und der Direktverbrauch musste aus dem Netz erfolgen. Ab 07:00 Uhr floss wieder Strom von der PV-Anlage in die Batterie, welche somit um 09:00 Uhr morgens wieder voll aufgeladen war. Ein Teil der Energie von der PV-Anlage wurde direkt verbraucht. Ab 09:00 Uhr kam zum Direktverbrauch und dem Laden in den Speicher noch die Gebäude-Einspeisung in das Nachbarhaus bis 17:00 Uhr hinzu. Ab 18:00 Uhr lieferte wieder der Speicher in der Nacht Strom für den Direktverbrauch.



Abbildung 38: Monitoringergebnisse 4. Oktober 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

5. Oktober 2017

Am 5. Oktober lieferte der Speicher bis 05:00 Uhr Strom, erst dann erfolgte der Direktverbrauch aus dem Netz. Ab 07:00 Uhr floss wieder Strom von der PV in die Batterie und diese war um 09:00 Uhr morgens wieder voll aufgeladen. Ein Teil der Energie von der PV-Anlage wurde direkt verbraucht. Ab 09:00 Uhr kam zum Direktverbrauch und dem Laden in den Speicher noch die Gebäude-Einspeisung in das Nachbarhaus bis 17:00 Uhr hinzu. Ab 18:00 Uhr lieferte wieder der Speicher in der Nacht Strom für den Direktverbrauch.

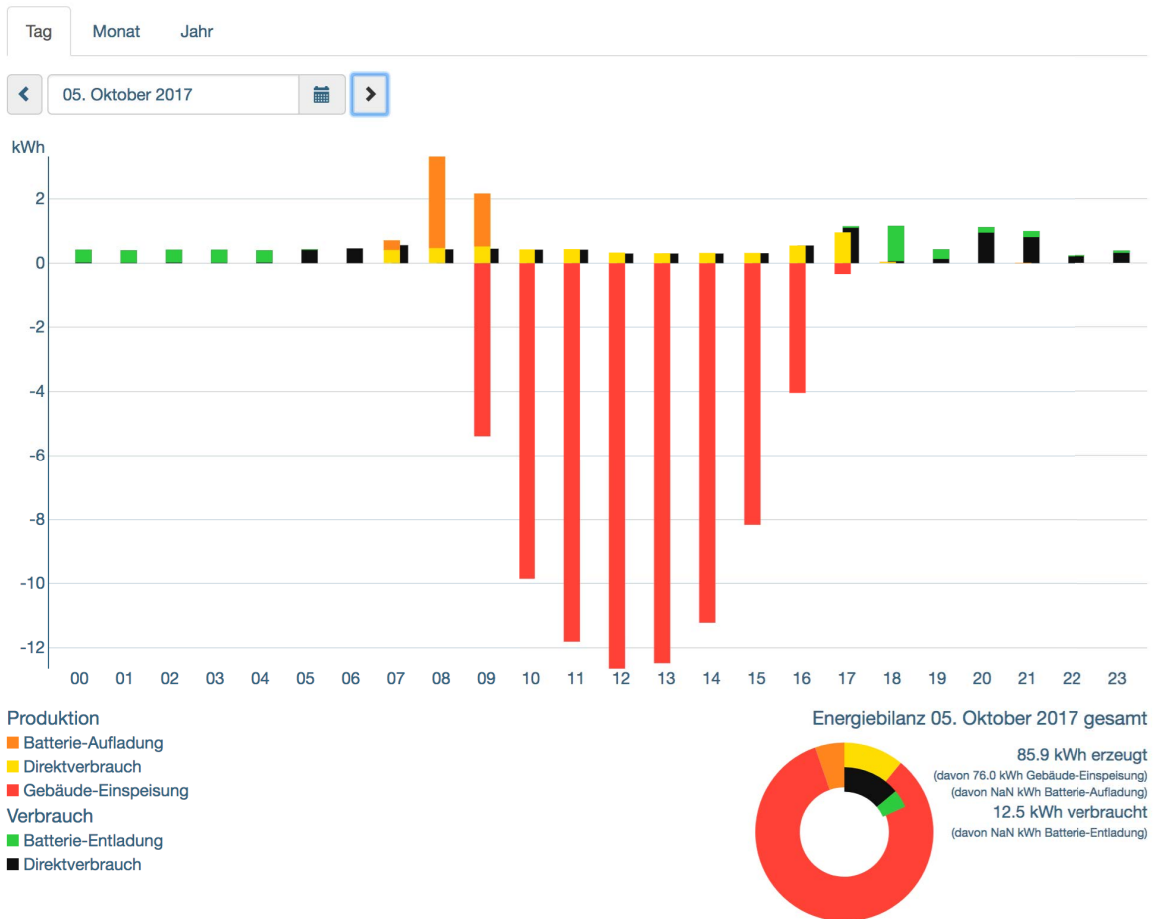


Abbildung 39: Monitoringergebnisse 5. Oktober 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

6. Oktober 2017

Am 6. Oktober lieferte der Speicher bis 00:00 Uhr Strom, dann erfolgte der Direktverbrauch aus dem Netz. Ab 07:00 Uhr wurde die von der PV-Anlage erzeugte Energie direkt verbraucht. Um 08:00 Uhr floss wieder Strom von der PV in die Batterie und diese war gegen 09:00 Uhr morgens wieder voll aufgeladen. Ab 09:00 Uhr kam zum Direktverbrauch und dem Laden in den Speicher noch die Gebäude-Einspeisung in das Nachbarhaus bis 17:00 Uhr hinzu. Ab 18:00 Uhr lieferte wieder der Speicher in der Nacht Strom für den Direktverbrauch.



Abbildung 40: Monitoringergebnisse 6. Oktober 2017

Quelle: (eigene Darstellung)

7. Oktober 2017

Am 7. Oktober lieferte der Speicher bis 05:30 Uhr Strom, erst dann musste die Versorgung über das öffentliche Netz (Direktverbrauch) erfolgen. Ab 07:00 Uhr floss wieder Strom von der PV-Anlage in die Batterie und diese war gegen 09:00 Uhr morgens wieder voll aufgeladen. Ebenso wurde ein Teil der von der PV-Anlage erzeugten Energie direkt im Gebäude (siehe gelber Balken) verbraucht.

Ab 09:00 Uhr kam zum Direktverbrauch und dem Laden in den Speicher noch die Gebäude-Einspeisung in das Nachbarhaus bis 17:00 Uhr hinzu (roter Balken). Ab 18:00 Uhr bis in die Nachstunden konnte die Versorgung des Gebäudes zu einem großen Anteil durch Entladung des Speichers (grüner Balken) erfolgen.



Abbildung 41: Monitoringergebnisse 7. Oktober 2017

Quelle: (eigene Darstellung)