

# GEBÄUDEÜBERGREIFENDER ENERGIEAUSTAUSCH

**Manfred TRAGNER, Evelyn HUMMER, Thomas NACHT, Peter M. RAMHARTER**

4ward Energy Research GmbH, Tannengasse 18/6, +43 664°88500°337,  
[manfred.tragner@4wardenergy.at](mailto:manfred.tragner@4wardenergy.at), [www.4wardenergy.at](http://www.4wardenergy.at)

4ward Energy Research GmbH, Zweigstelle Graz: Reininghausstraße 13a, 8020 Graz,  
+43°664°88500°336, [thomas.nacht@4wardenergy.at](mailto:thomas.nacht@4wardenergy.at), <http://www.4wardenergy.at/>

WICON Engineering GmbH, Grazerstraße 41, 2700 Wiener Neustadt, +43°664°88319711,  
+43°2622°23208, [peter.ramharter@wicon.cc](mailto:peter.ramharter@wicon.cc), [www.wicon.cc/](http://www.wicon.cc/)

**Kurzfassung:** Im Fokus dieser Arbeit stehen die Untersuchungen des Projektes InEnmasys Gebäude in der Programmlinie e!MISSION.at der FFG. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines gebäude- und energieträgerübergreifenden Energiemanagementsystems, welches den Energieaustausch zwischen zwei Gebäuden ermöglichen soll. Als Resultat daraus soll der fossile Gesamtenergieeinsatz der beiden Gebäude minimiert werden. Der Kern dieser Arbeit beruht auf der angestrebten Umsetzung des Energieaustausches zwischen zwei Einfamilienhäusern die über unterschiedliche Energieaufbringungsmöglichkeiten verfügen. Ausgewählte Teilschritte, die für die Umsetzung notwendig sind, werden im Rahmen dieser Arbeit beleuchtet und deren Ergebnisse präsentiert. In einem ersten Schritt werden die notwendigen Daten der beiden Einfamilienhäuser erfasst und die technologischen Möglichkeiten von Speichern und schaltbaren Lasten ermittelt und bewertet. Neben den technischen Aspekten spielen die rechtlichen Faktoren eine entscheidende Rolle und werden deswegen im Rahmen des Projektes eruiert.

Auf Basis der vorangegangenen Datenanalyse wird ein Simulationsmodell erstellt, mit dessen Hilfe die Umsetzbarkeit der Projektziele analysiert und der Betrieb der Verbraucher und Flexibilitäten der beiden Haushalte optimiert wird. Durch die Simulationsergebnisse und die Analyse der Wirtschaftlichkeit des angestrebten Geschäftsmodells können die ersten Projektschritte mit dem Ziel einer Umsetzung gesetzt werden.

**Keywords:** Gebäudeübergreifender Energieaustausch, Energieeffizienz, Speicher, Direktleitung, erneuerbare Energien

## 1 Einleitung

Durch die bestehenden Gesetze und Förderungen werden durch Private, Gewerbebetriebe und Kommunen in den letzten Jahren (und vermutlich auch weiterhin) in großer Anzahl Kleinanlagen zur Energiebereitstellung errichtet. Diese Anlagen zur Selbstversorgung weisen fast ausschließlich einen dargebotsabhängigen Charakter auf, wodurch Erzeugung und Verbrauch auf Objektebene einander nicht zu jedem Zeitpunkt entsprechen. Aus diesem Grund kommt es bei der lokalen Eigenversorgung zu Situationen in denen die Erzeugung den Verbrauch übersteigt (Überdeckung) und zu Situationen in denen der Verbrauch größer als die Erzeugung ist (Unterdeckung).

Das zu Grunde liegende Projekt InEnmasys Gebäude in der Programmlinie e!MISSION.at der FFG hat zum Ziel ein gebäude- und energieträgerübergreifendes Energiemanagementsystem zu entwickeln, das einen Energieaustausch zwischen Gebäuden ermöglicht und den fossilen

Gesamtenergieeinsatz des Gebäudeverbunds minimiert. Durch den gebäudeübergreifenden Energieaustausch zwischen zwei Einfamilienhäusern soll die Nutzung der vorhandenen erneuerbaren Erzeugung gestärkt und damit die Häufigkeit von Über- oder Unterdeckungen reduziert werden. Im Zuge der geplanten Umsetzung der Projektidee sind rechtliche, wirtschaftliche und technische Fragestellungen zu beantworten.

Die Untersuchung von Erzeugung, Verbrauch und den daraus entstehenden Überschüssen erneuerbarer Energiequellen stellt aufgrund der starken Fluktuation große Anforderungen an die Qualität der benötigten Daten.

## 2 Analyse der technischen Ausgangslage

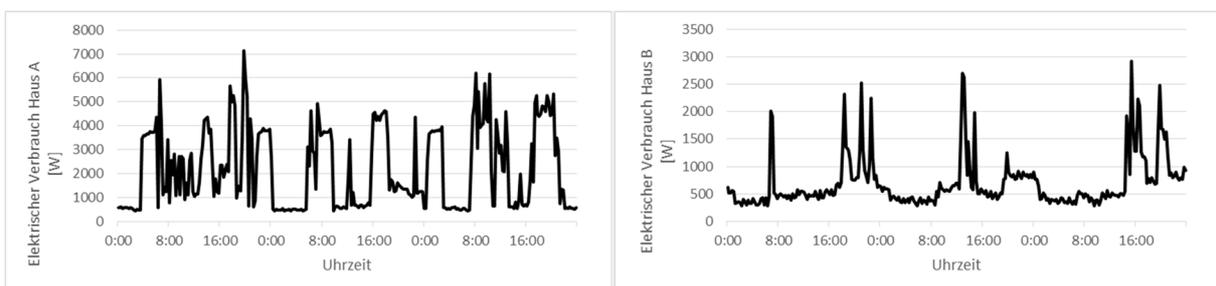
Die Ermittlung der technischen Ausgangslage erfolgt auf Basis einer intensiven Recherche von Literatur, Daten aus dem Internet, sowie vor Ort Besichtigungen bei den beiden Demonstrations-Objekten (Haus A und Haus B).

Bei besagten Demonstrationsobjekten handelt es sich um zwei Einfamilienhäuser, deren technische Daten in Tabelle 1 dargestellt sind.

**Tabelle 1: Gegenüberstellung der technischen Gegebenheiten der beiden Demonstrationsobjekte**

		Haus A	Haus B
Verbrauch	Strom	16,0 MWh <sub>ELEKTRISCH</sub>	15,6 MWh <sub>ELEKTRISCH</sub>
	Wärmeverbrauch	11 MWh <sub>THERMISCH</sub>	10 MWh <sub>THERMISCH</sub>
Erzeugung	PV-Anlage 1	8 kW <sub>P</sub>	-
	PV-Anlage 2	6 kW <sub>P</sub>	-
	Eigendeckung	5 MWh <sub>ELEKTRISCH</sub>	-
	Solarthermische Anlage	-	1300 kWh <sub>THERMISCH</sub>
Wärme- bereitstellung	Wasser-Wasser Wärmepumpe		Luft-Wasser Wärmepumpe Solarthermische Anlage

Abbildung 1 zeigt die Gegenüberstellung der Winter-Tageslastgänge der beiden Haushalte.



**Abbildung 1: Gegenüberstellung eines Winter-Tageslastgangs der beiden Häuser, Haus A mit Verbrauch der Wärmepumpe (links) und Haus B ohne Verbrauch der Wärmepumpe (rechts)**

Der Lastverlauf von Haus A, in der Grafik links dargestellt, beinhaltet den Verbrauch der Wärmepumpe. Der Lastverlauf von Haus B, in der rechten Grafik abgebildet, ist um den Wärmepumpenverbrauch bereinigt. Beide Lastgänge weisen eine gewisse Grundlast auf und zeichnen sich durch Verbrauchsspitzen zur Mittags- und Nachmittagszeit aus. Die im

Lastverlauf des Hauses A erkennbaren Lastblöcke mit einer Höhe von etwa 3,4 kW sind auf die Wärmepumpe zurückzuführen, die für etwa 50 % des Verbrauchs verantwortlich ist.

Bei den dargestellten Werten handelt es sich um Messwerte mit einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten. In Tabelle 2 sind signifikante Verbraucher des Hauses A angeführt, deren Leistung separat gemessen wird, um in weiterer Folge das Potential für die Schaffung von Flexibilitäten zu ermitteln. Ebenfalls in Tabelle 2 angeführt ist der in Haus A vorhandene Ni-Fe Speicher mit einer Kapazität von 19,2 kWh, der ebenfalls für die Optimierung des Stromverbrauchs zur Verfügung steht.

**Tabelle 2: Gemessene und für die Stromverbrauchsoptimierung relevante elektrische Verbraucher in Haus A**

Nachheizregister elektr. Lüfter	Wärmepumpe	Wäschetrockner	Lüftung
Brunnenpumpe, Gartenbewässerung	TV-Station	Geschirrspüler	Heizpatrone Boiler
Gefrierschrank 1 & 2	Klimaanlage	Pooltechnik	Zirkulation WW
Kühlschrank 1 & 2	Waschmaschine 1 & 2	Rasenroboter 1 & 2	Ni-Fe Speicher

Ein Teil des Potentials für Lastverschiebungen von bspw. der Wärmepumpe ergibt sich erst durch eine Flexibilität auf der thermischen Seite des Systems. Dabei wird die thermische Trägheit des Gebäudes ausgenützt. Die thermische Speichermasse der Fußbodenheizung, sowie der thermische Speicher erzeugen dabei eine zusätzliche Flexibilität.

Aus den Analysen der technischen Gegebenheiten in den beiden Haushalten resultiert die Erkenntnis, dass umfangreiche Potentiale für eine Steigerung des Eigenenergieverbrauchs vorhanden sind. Diese Potentiale ließen sich mittels einer Optimierung einzelner Lastkomponenten, sowie durch einen Austausch von sowohl elektrischer als auch thermischer Überschusserzeugung zwischen den beiden Häusern ausschöpfen.

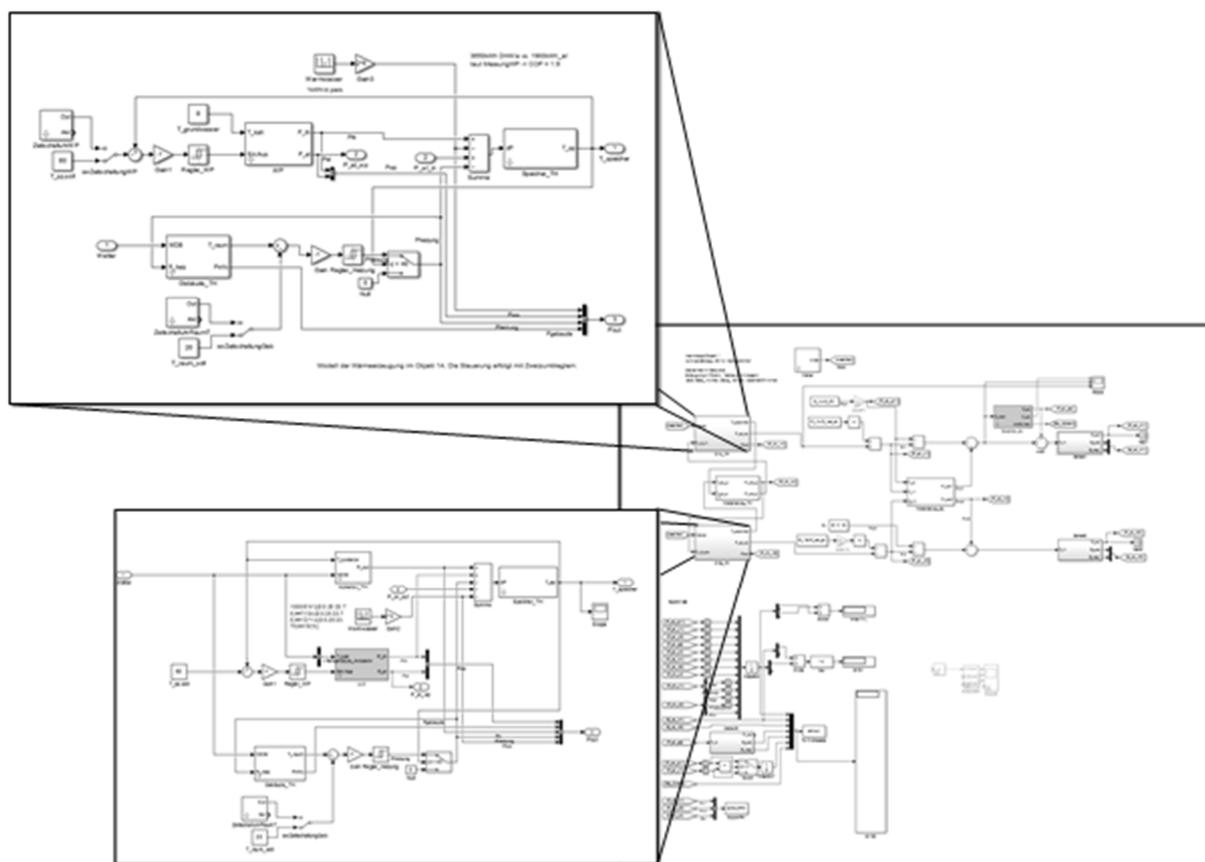
### **3 Analyse der Möglichkeiten zur Optimierung des Energiebezugs**

Um die Nutzung der erneuerbaren Stromerzeugung zu optimieren und in weiterer Folge möglichst viel des erzeugten Überschussstromes von Haus A nach Haus B transportieren zu können, wird eine Simulation der beiden Gebäude durchgeführt. Parallel dazu wird ein Konzept für den Controller und die Regelungsstrategie für den Energieaustausch erstellt. Zusätzlich erfolgt eine Bewertung unterschiedlicher Speicher- und Systemauslegungen, mit dem Resultat des in Haus A mittlerweile bereits aufgebauten und in Betrieb genommenen Ni-Fe Speichers mit einer Kapazität von 19,2 kWh.

#### **3.1 Beschreibung des Simulationsmodells**

Die Umsetzung des mathematischen Simulationsmodells erfolgt in Matlab/Simulink unter Verwendung von Funktionen des CARNOT-Blocksets. Das gesamte Systemmodell berücksichtigt sowohl das thermische, als auch das elektrische Teilsystem, wobei die einzelnen Bestandteile der Teilsysteme durch entsprechende Blöcke abgebildet werden. Es werden die einzelnen flexiblen und nicht-flexiblen Systemkomponenten der Simulationsumgebung entsprechend modelliert um somit die Realität möglichst genau abzubilden. Die Parametrierung und Kalibrierung des Modells erfolgen auf Basis der

vorhandenen Messwerte. Abbildung 2 zeigt den Aufbau des verwendeten Modells und veranschaulicht dabei zeitgleich die Komplexität des Systems und der einzelnen Komponenten.



**Abbildung 2: Darstellung des Systemmodells für die Optimierung der Energiebezüge der beiden Haushalte Haus A und Haus B**

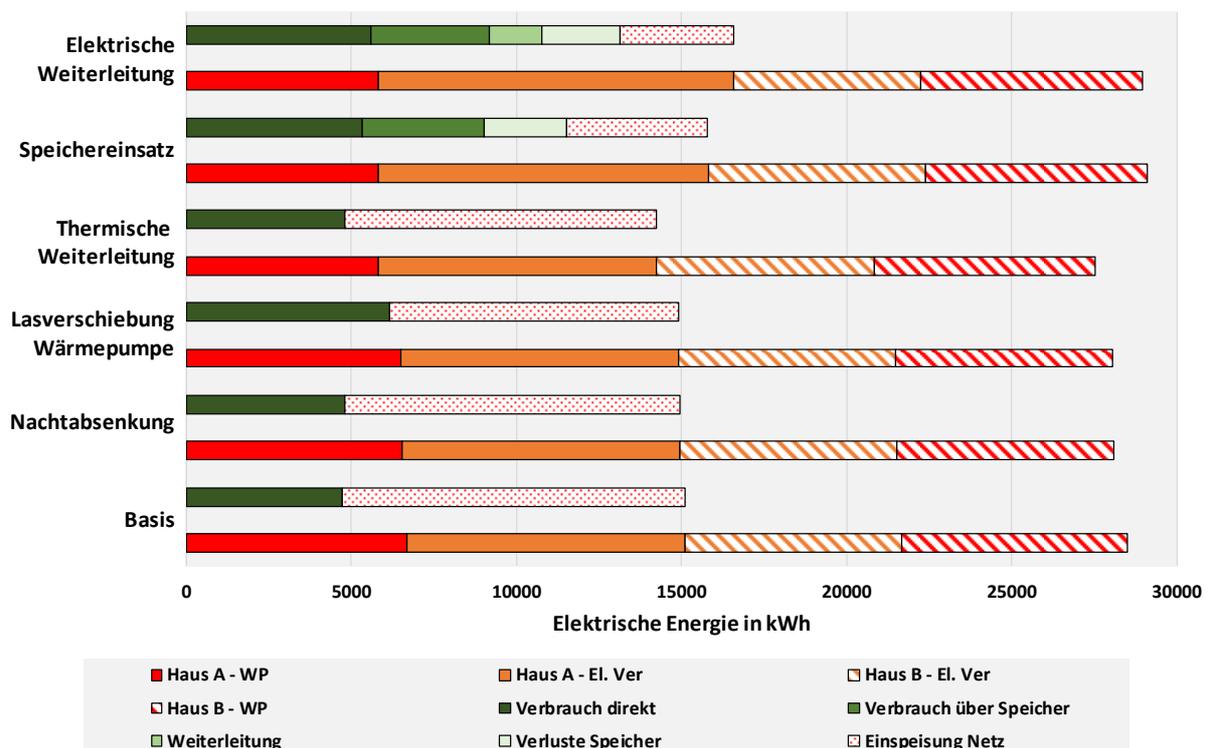
### 3.2 Auswirkungen ausgewählter Maßnahmen im Gebäudeverbund

Mit Hilfe des Systemmodells ist es möglich unterschiedliche Maßnahmen für die Optimierung der Nutzung der erzeugten erneuerbaren Energie miteinander zu vergleichen. Diese Maßnahmen werden im Vorfeld festgelegt, anschließend werden die Auswirkungen durch Simulationen ermittelt. Dabei ist zu verstehen, dass die einzelnen Maßnahmen aufeinander aufbauen und demnach schrittweise miteinander kombiniert werden. Bei den ausgewählten Maßnahmen handelt es sich um:

- **Nachtabsenkung:** Der Sollwert für die Raumtemperatur wird in der Nacht auf 18 °C festgelegt.
- **Wärmepumpe als verschiebbare Last:** Der vorhandene PV-Strom soll vorzugsweise zum Betrieb der Wärmepumpe herangezogen werden.
- **Thermische Weiterleitung:** Der im Sommer produzierte Energieüberschuss der solarthermischen Anlage in Haus B soll für die Warmwasserbereitung im Haus A eingesetzt werden.
- **Speichereinsatz:** Pufferung der Erzeugungsspitzen aus den PV-Anlagen in Haus A und Verlagerung in Zeiten mit wenig Erzeugung und höherem Verbrauch.

- **Elektrische Weiterleitung:** Weiterleitung von Überschussproduktion aus den PV-Anlagen in Haus A an das Haus B.

Die Analyse der verschiedenen Eingriffsmöglichkeiten zur Optimierung des Energieverbrauchs führt zu den in Abbildung 3 dargestellten Ergebnissen. Für jeden Fall werden zwei Balken gezeigt, der jeweils untere Balken stellt den Gesamtstromverbrauch dar, der obere Balken den Eigenbedarf an PV-Erzeugung im Haus A. Der Fall mit dem Namen „Basis“ zeigt die Ausgangssituation mit einem elektrischen Energieverbrauch der beiden Häuser von etwa 28,5 MWh. Der Gesamtverbrauch wird dabei je Haus in 2 Teile untergliedert, den Verbrauch der Wärmepumpe (Endung „- WP“) je Haushalt, sowie den Verbrauch der restlichen elektrischen Lasten (Endung „- El. Ver.“).



**Abbildung 3: Auswirkungen der Optimierungsmaßnahmen auf den Stromverbrauch der beiden Haushalte, sowie den Eigenverbrauch der PV-Erzeugung in Haus A.**

Für die einzelnen Maßnahmen ergeben sich die folgenden Resultate aus den Simulationen:

- **Nachtabsenkung:** Durch die Absenkung der Raumtemperatur in der Nacht auf 18 °C wird der Energiebezug der Wärmepumpe um 3 % reduziert. Der Anteil der Wärmepumpe am Gesamtstrombedarf beträgt rund 50 %, wodurch dieser eine Reduktion um 1,5 % erfährt.  
Durch die Nachtabsenkung kommt es zu einer Steigerung des Eigenverbrauchs erneuerbarer Erzeugung von etwa 0,9 %, da mehr Heizenergie zu Zeiten der PV-Erzeugung bereitgestellt wird.
- **Wärmepumpe als verschiebbare Last:** Hier ergeben sich kaum weitere Auswirkungen, eine zusätzliche Reduktion des Verbrauchs der Wärmepumpe von ca. 0,2 % wird erreicht, jedoch ergibt sich eine erhöhte Nutzung der PV-Erzeugung. Auf den Gesamtverbrauch gerechnet beläuft sich damit die Änderung auf etwa 0,1 %.

Durch diese Maßnahme kommt es zu einem starken Anstieg des direkten Eigenverbrauchs von zusätzlich 9,2 %.

- **Thermische Weiterleitung:** Die Weiterleitung des thermischen Überschusses von Haus B zu Haus A führt zu einer deutlichen Reduktion des Bedarfs an Energie der Wärmepumpe von Haus A. Die Reduktion beläuft sich auf 3,8 %, was in einer Änderung des Gesamtstromverbrauches von 1,8 % resultiert.

Durch die thermische Weiterleitung wird der Eigenverbrauchsanteil wieder reduziert, was sich damit begründen lässt, dass die Wärmepumpe in Haus A weniger Energie zur Erzeugung der benötigten Wärmeenergie benötigt. Dadurch besteht auch eine geringere Möglichkeit der Lastanpassung. Der resultierende Effekt beläuft sich auf eine Reduktion des Eigenverbrauchs von 7,7 %.

- **Speichereinsatz:** Die Integration des Speichers führt zu einer Erhöhung des Stromverbrauchs um 10,4 %. Dieser Umstand lässt sich mit den Verlusten des Speichers erklären. Umgerechnet auf den Gesamtstromverbrauch hat dies eine Erhöhung von etwa 5,5% zur Folge.

Der Einsatz des Speichers hat eine sehr starke Erhöhung des Eigenverbrauchs zur Folge, dieser setzt sich aus den Verlusten im Speicher und der tatsächlich verlagerten Energie zusammen. In Summe wird der Eigenverbrauch durch diese Maßnahme um weitere 39,3 % gesteigert.

- **Elektrische Weiterleitung:** Die elektrische Weiterleitung führt zu einer leichten Reduktion der Verbrauchserhöhung durch den Speicher, welche sich mit 0,9 % des Stromverbrauches beziffern lässt und sich mit 0,5 % in Gesamtverbrauch zu Buche schlägt, da Überschüsse vorrangig nicht eingespeichert sondern an das zweite Haus weitergeleitet werden.

Durch die Weiterleitung ist es möglich, zusätzliche erneuerbare Energie im Häuserverbund zu nutzen, mit dem Effekt, dass der Eigenverbrauch sich um weitere 6,3 % erhöht.

Nach Umsetzung aller Maßnahmen ist eine Reduktion des Energiebedarfs der Wärmepumpe von 7,2 % und eine Erhöhung des Energiebedarfs der restlichen elektrischen Verbraucher (inkl. Speicher) von 9,4 % zu erkennen. Daraus resultiert eine Erhöhung des Gesamtstromverbrauchs um 1,6 %. Diese Ergebnisse müssen jedoch in Kombination mit der Steigerung des Eigenverbrauchs gesehen werden, die sich in Summe auf 79,2 % beläuft, was einer Gesamtsteigerung von 48 % entspricht.

Um die durch die Simulationen gewonnenen Ergebnisse in die Realität umzusetzen, sind weiterführende Untersuchungen und Versuche notwendig, die sowohl die technischen als auch rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen berücksichtigen.

#### **4 Umsetzung der Maßnahmen für den gebäudeübergreifenden Energieaustausch**

Nachdem die Analyse in der Simulationsumgebung klare Vorteile durch die Maßnahmen aufzeigt, erfolgt die Umsetzung und Untersuchung dieser Maßnahmen in der Realität. Um dies zu ermöglichen sind jedoch rechtliche, wirtschaftliche und technische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, die alle eng miteinander verwoben sind. Den Kernpunkt mit dem höchsten Einfluss auf die anderen Rahmenbedingungen stellt die rechtliche Situation dar.

#### 4.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Für rechtliche Fragen wird die Kanzlei Haslinger / Nagele mit der Bearbeitung beauftragt. Die wesentlichsten Punkte für den gebäudeübergreifenden Energieaustausch sind einerseits für den Strombereich, dass die Stromlieferung den Ausführungsgesetzen der Länder zum ELWOG unterliegt und diese keine besonderen Anforderungen an den Erzeuger beinhalten, und andererseits für den Wärmebereich, dass für Wärmelieferungen das freie Gewerbe Wärme-lieferant erforderlich ist, wodurch sich die Anwendung der GewO 1994 i.d.g.F. ergeben kann<sup>1</sup>. Aus diesem Grund wird der Gedanke eines Austausches von thermischer Energie verworfen und der Fokus auf einen Austausch elektrischer Energie gerichtet.

Für die Weiterleitung der elektrischen Energie, in diesem konkreten Fall von Haus A zu Haus B ist die Planung, Dimensionierung und Umsetzung einer Direktleitung notwendig. Aus rechtlicher Sicht handelt es sich bei der Direktleitung um eine direkte Verbindung zwischen einem Erzeuger und einem Verbraucher. Wird die Direktleitung für eine Energielieferung genutzt, sind Maßnahmen vorzusehen, welche einen Transport der zu liefernden Energiemengen über das öffentliche Netz ausschließen<sup>2</sup>. Die Ausführung unterliegt dem Elektrotechnikgesetz und der Elektrotechnik Verordnung. Im konkreten Anwendungsfall liegt auch keine starkstromrechtliche Bewilligungspflicht vor<sup>3</sup>

Aus den rechtlichen Rahmenbedingungen ergeben sich folgende, generelle Anforderungen an das gebäudeübergreifende Strommanagement mit Direktleitung zwischen den zwei Gebäuden:

- Kein Strom aus dem öffentlichen Netz darf über die Direktleitung transportiert werden.
- Keine Einspeisungen ins öffentliche Netz über die Direktleitung.
- Überschusseinspeisung bei Erzeuger oder Verbraucher für die Gestaltung der Direktleitung ist rechtlich unwesentlich.
- Die Direktleitung muss durch den Erzeuger betrieben werden.

Die rechtlichen Vorgaben stellen damit das Anforderungsprofil des Reglers für den Betrieb der Direktleitung.

#### 4.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Durch die Analyse der rechtlichen Ausgangslage und dem damit verbundenen Ausschluss der thermischen Direktleitung, wird der Fokus auf die elektrische Direktleitung gerichtet. Hier ist eine Kosten-Nutzen-Rechnung anzustellen, die zeigen soll, inwieweit die Wirtschaftlichkeit des aufzubauenden Systems gegeben ist. Da es sich in diesem Fall um ein Forschungsprojekt handelt, ist im ersten Schritt nur die Wirtschaftlichkeit an sich ausschlaggebend. Erst wenn die im Forschungsprojekt gewonnen Kenntnisse für eine flächendeckende Verwendung herangezogen werden, ist die Höhe der erreichbaren Gewinne ausschlaggebend. Da aus rechtlicher Sicht ausschließlich ein in Haus A erzeugter Überschuss an PV-Erzeugung an

---

<sup>1</sup> (Lindner, 2014)

<sup>2</sup> (BKA, 2014)

<sup>3</sup> (Lindner, 2014)

Haus B verkauft werden kann, muss zwischen zwei Situationen unterschieden werden. (1) Die PV-Anlage ist noch nicht abgeschrieben (eine Abschreibungsdauer von 25 Jahren wird zugrunde gelegt) oder (2) die PV-Anlage ist bereits abgeschrieben. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der wirtschaftlichen Analyse gegenübergestellt. Es werden die Kosten für die Errichtung und den Betrieb der Direktleitung, sowie die Kosten für die Stromgestehung den Einnahmen aus dem Stromverkauf gegenübergestellt.

**Tabelle 3: Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Direktleitung zwischen Haus A und Haus B in Abhängigkeit der Situation, ob die PV-Anlage bereits abgeschrieben ist**

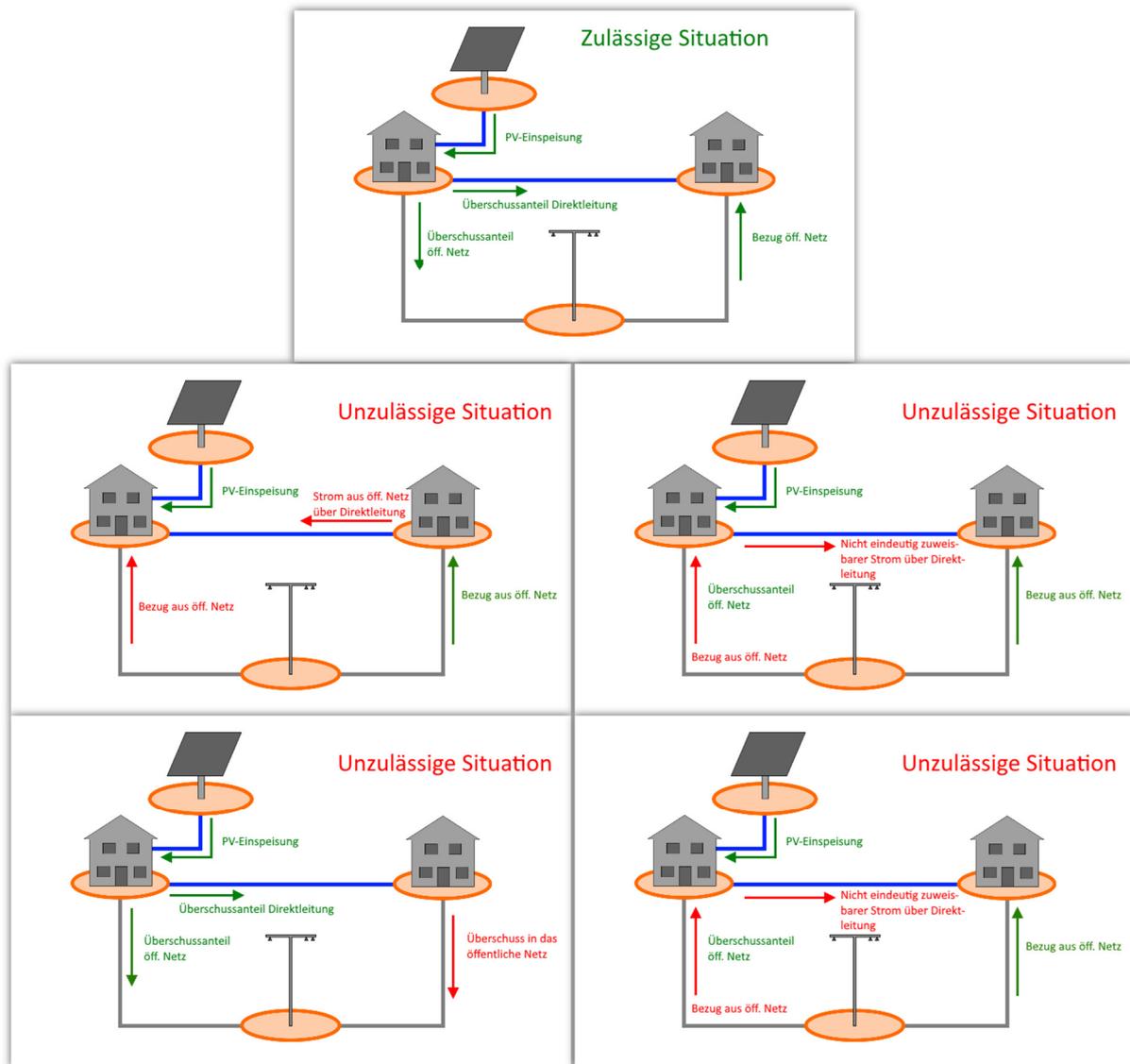
	Ersten 25 Jahre	Nach 25 Jahren
Kosten für die Leitungserrichtung pro Jahr	45,15 €	45,15 €
Stromgestehungskosten	115,31 €	13,79 €
Kosten pro Jahr	160,46 €	58,94 €
Einnahmen durch den Stromverkauf	172,06 €	172,06 €
Einnahmen pro Jahr	172,06 €	172,06 €
Differenz aus Einnahmen und Ausgaben	11,60 €	113,12 €

Die Lebensdauer der Direktleitung wird mit 40 Jahren angenommen, für den Stromverkauf wird ein Preis von 17,22 €cent /kWh festgelegt. In beiden betrachteten Fällen ergibt sich ein wirtschaftlicher Betrieb, jedoch sind die Einnahmen im Falle einer nicht abgeschriebenene Anlage sehr gering.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit ist zu berücksichtigen, dass es sich um eine erste Abschätzung handelt. Gerade die Kosten für die Leitungserrichtung sind in einem Demonstrationsobjekt schwer vorher bestimmbar und daher eher konservativ angenommen. Einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat die übertragene Energiemenge, je mehr Energie über die Leitung zwischen Haus A und Haus B transportiert wird, desto höher werden die Einnahmen sein. Aus diesem Grund soll bei der tatsächlichen Umsetzung der Direktleitung auch eine Anpassung der Verbraucher in Haus B erfolgen, um ohne Komfortverlust möglichst viel Energie auf diesem Weg übertragen zu können.

### 4.3 Technische Rahmenbedingungen

Nach Abklärung der Wirtschaftlichkeit ist vor der Umsetzung eine Überprüfung sowie die Detailplanung der technischen Komponenten notwendig. Die Vorgaben durch die rechtlichen Rahmenbedingungen definieren klare Einschränkungen für den Betrieb der Direktleitung. Diese müssen im Vorfeld der Umsetzung in einem entsprechenden Regelschema abgeklärt werden. In Abbildung 4 ist das grundsätzliche Regelschema dargestellt. In grüner Farbe sind Situationen gekennzeichnet die für sich zulässig sind, in roter Farbe entsprechend unzulässige Situationen. Da die Verletzung eines Kriteriums bereits die Übertragung über die Direktleitung aus rechtlicher Sicht unterbindet, wird das Fenster für zulässige Übertragungen deutlich eingeschränkt.



**Abbildung 4: Regelschema für die Übertragung elektrischer Energie über die Direktleitung**

Daraus lässt sich ableiten, dass für die Übertragung der PV-Erzeugung über die Direktleitung die folgenden Grundvoraussetzungen erfüllt sein müssen:

- Haus A darf zum Zeitpunkt der Übertragung keinen Strombezug aus dem öffentlichen Netz aufweisen. Dadurch wird gewährleistet, dass kein Strom aus dem öffentlichen Netz über Haus A in das Haus B fließt. D.h. zum Zeitpunkt einer Übertragung muss der gesamte Verbrauch in Haus A von der PV-Anlage gedeckt werden. Bestünde ein Restverbrauch in Haus A wäre es nicht möglich ohne teure Regelelemente einen Stromfluss vom öffentlichen Netz über Haus A in das Haus B zu unterbinden. Damit wird der Verkauf von PV-Erzeugung auf den Erzeugungsüberschuss beschränkt.
- Der Verbrauch in Haus B darf nicht niedriger sein als der Überschuss der PV-Erzeugung. Diese Einschränkung ist deshalb wichtig, da ohne die Verwendung teurer Regelelemente nicht garantiert werden kann, dass PV-Strom von Haus A über Haus B in das öffentliche Netz eingespeist wird. Durch die physikalischen Gegebenheiten würde sich in diesem Fall der PV-Überschuss auf die beiden verfügbaren

Verbindungswege ins öffentliche Netz aufteilen. Die Optimierung des Leitungswiderstandes stellt einen Freiheitsgrad für die übertragbare Leistung über die Direktleitung dar.

- Da eine gewisse Verzögerung zwischen Mess- und Schaltvorgängen zu berücksichtigen ist, werden, um eine Einhaltung der Kriterien zu gewährleisten, Grenzwerte eingeführt, die ein Abschalten der Direktleitung bedingen. Diese Grenzwerte lassen sich als Mindestüberschusseinspeisung von Haus A und Mindestbezug von Haus B darstellen.

Um die Kosten für die Errichtung der Direktleitung möglichst zu minimieren, kann nicht auf Standardkomponenten für die Messung und Regelung zurückgegriffen werden. Aus diesem Grund wird im Rahmen des Projektes eine eigene Mess- und Regelstruktur aufgebaut und programmiert. Dieser Prozess ist zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen.

Die Einschränkungen die der Betrieb der Direktleitung erfährt, sowie die Notwendigkeit die Direktleitung technisch zu dimensionieren, machen es nötig, dass in einem nächsten Schritt die Phasenlasten der Haushalte sowie die Erzeugung der PV-Anlage miteinander verglichen und statistisch ausgewertet werden. Anhand dieses Vergleichs soll auch die Dimensionierung der Leitung möglich werden.

## 5 Schlussfolgerung, Zusammenfassung

Die Herangehensweisen und Fortschritte im Projekt „InEnmasys“ verdeutlichen welches Potential sich für eine Steigerung des Eigenverbrauches und damit die bessere Nutzung von erneuerbarer Energie im Haushaltsbereich verbirgt. Die umzusetzenden Maßnahmen unterscheiden sich dabei deutlich in ihrer Komplexität und den resultierenden Effekten. Um die Möglichkeit einer Umsetzung einzuräumen sind vorbereitende Schritte durchzuführen, die sich im Wesentlichen mit der Datenerfassung, der Analyse sowie Auswertung und der Bestimmung der Rahmenbedingungen befassen.

Mittels Simulationen werden die folgenden aufeinander aufbauenden Maßnahmen zur Steigerung des Eigenverbrauchs und der Reduktion des Strombedarfs analysiert:

- **Nachtabenkung:** Zulässige Raumtemperatur in der Nacht auf 18 °C begrenzt: *Gesamtstromverbrauch: -1,5 %, Eigenverbrauch: +0,9 %*
- **Wärmepumpe als verschiebbare Last:** Anpassung des WP-Verbrauchs an die PV-Erzeugung: *Gesamtstromverbrauch: -1,6 %, Eigenverbrauch: +10,0 %*
- **Thermische Weiterleitung:** Weiterleitung thermischen Überschusses von Haus B nach Haus A: *Gesamtstromverbrauch: -3,4 %, Eigenverbrauch: +2,4 %*
- **Speichereinsatz:** Nutzung eines Speichers zur Kompensation erneuerbarer Überschusserzeugung: *Gesamtstromverbrauch: +2,1 %, Eigenverbrauch: +41,7 %*
- **Elektrische Weiterleitung:** Weiterleitung des PV-Überschusses von Haus A nach Haus B: *Gesamtstromverbrauch: +1,6 %, Eigenverbrauch: +48,0 %*

Die Analyse der rechtlichen Gegebenheiten hat für den gebäudeübergreifenden Energieaustausch ergeben, dass eine Wärmeübertragung aus rechtlicher Sicht für Privatpersonen nicht sinnvoll ist, und dass für den Austausch elektrischer Energie strenge Richtlinien für die Regelung des Systems bestehen.

Es ist für eine Umsetzung notwendig, eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Systems durchzuführen, bei der die Kosten für die Errichtung und den Betrieb der Direktleitung, sowie die Stromgestehungskosten der PV-Anlage, den Einnahmen aus dem Stromverkauf gegenübergestellt werden. Mit dem Ergebnis, dass die Direktleitung wirtschaftlich betrieben werden kann, der Erlös aber maßgeblich von der übertragenen Energiemenge abhängt. Ist die PV-Anlage noch nicht abgeschrieben, beläuft sich der Gewinn unter den getroffenen Annahmen auf € 11,6 pro Jahr, bei einer abgeschriebenen Anlage auf € 113 pro Jahr. Dabei handelt es sich um sehr geringe Gewinne, doch verdeutlichen diese, dass ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist.

Die Analyse des notwendigen Regelschemas zeigt, dass der Betrieb der Direktleitung nur in einem sehr schmalen Band an Situationen tatsächlich möglich ist. Dies macht in weiterer Folge die detaillierte statistische Analyse der Verbrauchssituation auf den einzelnen Phasen der beiden Haushalte notwendig, um die übertragbare Energie besser abschätzen zu können und um daraus die Leitung bezüglich der Übertragungskapazität dimensionieren zu können.

## 6 Literaturverzeichnis

BKA. (07. 02 2014). *Gesamte Rechtsvorschrift für die Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010*. Von <http://www.ris.bka.gv.at> abgerufen

Lindner, B. (2014). *Öffentlich-rechtliche Aspekte von gebäudeübergreifenden Energiemanagementsystemen*. Wien, Österreich: Haslinger / Nagele & Partner Rechtsanwälte GmbH.

*Das zugrundeliegende Projekt „InEnmasys“ wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms e!MISSION.at durchgeführt.*

