

D 5.1: Beschreibung der Reglerarchitektur und hinterlegten Software

GET

4wardEnergy
Research GmbH

FORSCHUNG
Burgenland
RESEARCH & INNOVATION

JCKE
—SYSTEMS

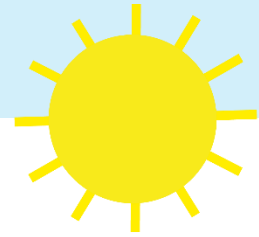
.K.
ENERGIE
HAUS

 **Reiterer & Scherling**
Ingenieurbüro | Unternehmensberatung
Sicherheitsfachkraft

Robert Pratter

4ward Energy Research GmbH

25.08.2023



Cool down

Güssing


powered by 

 **FFG**
Forschung wirkt.

Titel: Beschreibung der Reglerarchitektur und hinterlegten Software

Deliverable: D 5.1

Autoren: Robert Pratter, 4ward Energy Research GmbH
Christian Doczekal, Güssing Energy Technologies GmbH
Markus Goritschnig, Güssing Energy Technologies GmbH

Status: Finale Version

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Easy Energy Saver	2
2.1	Kindergarten.....	5
2.2	EFH Doczekal.....	7
3	Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft	9
3.1	Berechnungsbeispiel Guttomat.....	10
3.1.1	Stakeholderdaten	10
3.1.2	Tarifvariante 1	12
3.1.3	Tarifvariante 2.....	15
3.1.4	Fazit Guttomat	17
3.2	Fazit „Kühl“-Energiegemeinschaft	17
4	Regelung Fensterlüftung	18
4.1	Grundlagen des Lüftungssystems	18
4.2	Technische Spezifikationen und Steuerungsmechanismen	18
4.3	Sicherheitsaspekte und Betriebszeiten	19
4.4	Bedienung und Wartung.....	19
4.5	Zusammenfassung und Erweiterungen	20
5	Smart Home EFH Doczekal.....	21
5.1	Regelung zur teilautomatisierten Nachtlüftung.....	21
5.2	Allgemeine Anwendbarkeit zur teilautomatisierten Nachtlüftung	23
5.3	Regelung der automatisierten Beschattung	24
5.4	Steuerung der Klimasplitanlage in Kombination mit der PV-Anlage	26
6	Guttomat-Steuerung der Nachtlüftung	29
6.1	Messaufbau Temperaturprofil	29
6.2	Test der Nachtlüpfungsfunktion	30
6.3	Ergebnisse der Nachtlüpfungsfunktion bei Firma Guttomat	31

1 Einleitung

Das gegenwärtige Deliverable befasst sich mit der Beschreibung der Reglerarchitektur und hinterlegten Software einzelner Kühllösungen. Das Deliverable baut auf dem Deliverable 4.1 auf, in dem die Konzepte der Kühlmaßnahmen der einzelnen Demogebäude beschrieben sind und vertieft die regelungstechnischen Aspekte dieser.

In Kapitel 2 ist der Einsatz des Easy Energy Savers, ein Empfehlungssystem zur Verbesserung des Lüftungs- und Verschattungsverhaltens, beschrieben, dass sowohl im Kindergarten als auch im Einfamilienhaus Doczekal zum Einsatz kam.

In Kapitel 3 wird die Eignung von Energiegemeinschaften zur Deckung des elektrischen Kühlbedarf diskutiert. Diese bieten Mitglieder die Möglichkeit auch ohne eigene Erzeugungsanlage lokalen erneuerbaren Strom zu beziehen. Neben einer allgemeinen Erläuterung wurden konkrete Berechnungen für das Unternehmen Guttomat durchgeführt, diesen Betriebsgebäude eines der Demonstrationsobjekte im Projekt darstellt.

In Kapitel 4 ist die Regelung der automatischen Fensteröffner beschrieben, die eine Nachtlüftung in drei besonders stark von sommerlicher Überhitzung betroffenen Räumen im Güssinger Kindergarten ermöglichen sollen.

In Kapitel 5 findet sich die Beschreibung der Einsatzmöglichkeiten von Smart Home Systemen zur Verbesserung des Raumklimas anhand des Demonstrationsobjekts „Einfamilienhaus Doczekal“.

Und in Kapitel 6 findet sich die Beschreibung der Ansteuerung der Braundrauchentlüftungsanlage zu Nachlüftungszwecken in einer Produktionshalle des Unternehmens Guttomat.

Eine weiterführende Beschreibung zur Umsetzung und zum Monitoring der beschriebenen Maßnahmen finden sich in den Deliverables 6.1 und 6.2.

2 Easy Energy Saver

Der sogenannte Easy Energy Saver (EES) ist ein smartes Empfehlungssystem, das die Nutzer:innen dabei unterstützt ihr Lüftungs- und Verschattungsverhalten zu optimieren. Die Nutzer:innen selbst fungieren dabei als Akteur, indem sie die Empfehlungen selbstständig umsetzen. Das auf einem Raspberry Pi basierende Empfehlungssystem wurde im Zuge des Smart City Projekts SED-Pinkafeld¹ entwickelt und im Projekt Cool-down Güssing in den beiden Demoobjekten Kindergarten Güssing sowie EFH Doczekal unterstützend eingesetzt.

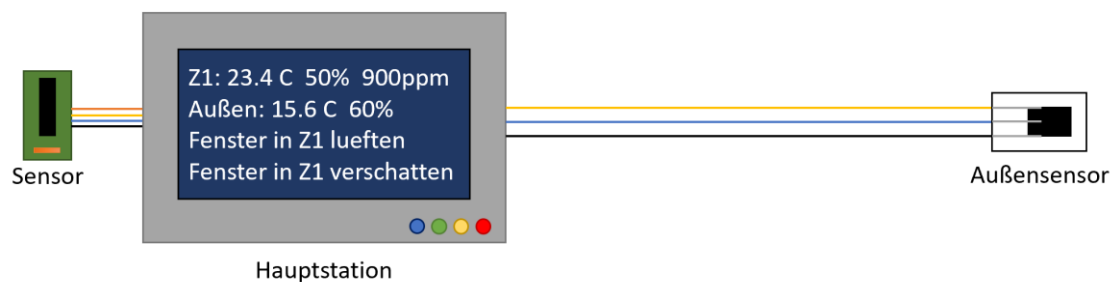


Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Easy Energy Savers

Wie in Abbildung 1 schematisch dargestellt, besteht der EES aus einer Außenstation und einer Innenstation (Hauptstation), die das eigentliche Empfehlungssystem repräsentiert. Die Außenstation misst die Außenlufttemperatur sowie die relative Luftfeuchte im Außenbereich und übermittelt diese kabelgebunden an die Innenstation. Die Innenstation misst die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte und die CO₂-Konzentration in der betrachteten Zone (Innenraum). Basierend auf diesen Messwerten sowie weiteren zonenspezifischen Parametern, wie der Art der Raumnutzung (sitzende Tätigkeit, stehende Tätigkeit, etc.), des Bekleidungsfaktors (repräsentiert die unterschiedlichen Raumtemperaturansprüche in Bad, Wohnraum oder Schlafzimmer) und das Alter und Geschlecht der Nutzer:innen, wird der sogenannte PMV-Wert berechnet. Dieser Wert ist ein Indikator dafür, wie wohl sich eine durchschnittliche Person bei diesen Raumbedingungen fühlt. Der optimale Wert liegt bei null. Bei einer Abweichung nach unten wird das Raumklima zunehmend als zu kalt, bei einer Abweichung nach oben als zu warm empfunden, wie in Abbildung 2 dargestellt.

¹ <https://www.4wardenergy.at/de/referenzen/empower-citizens>

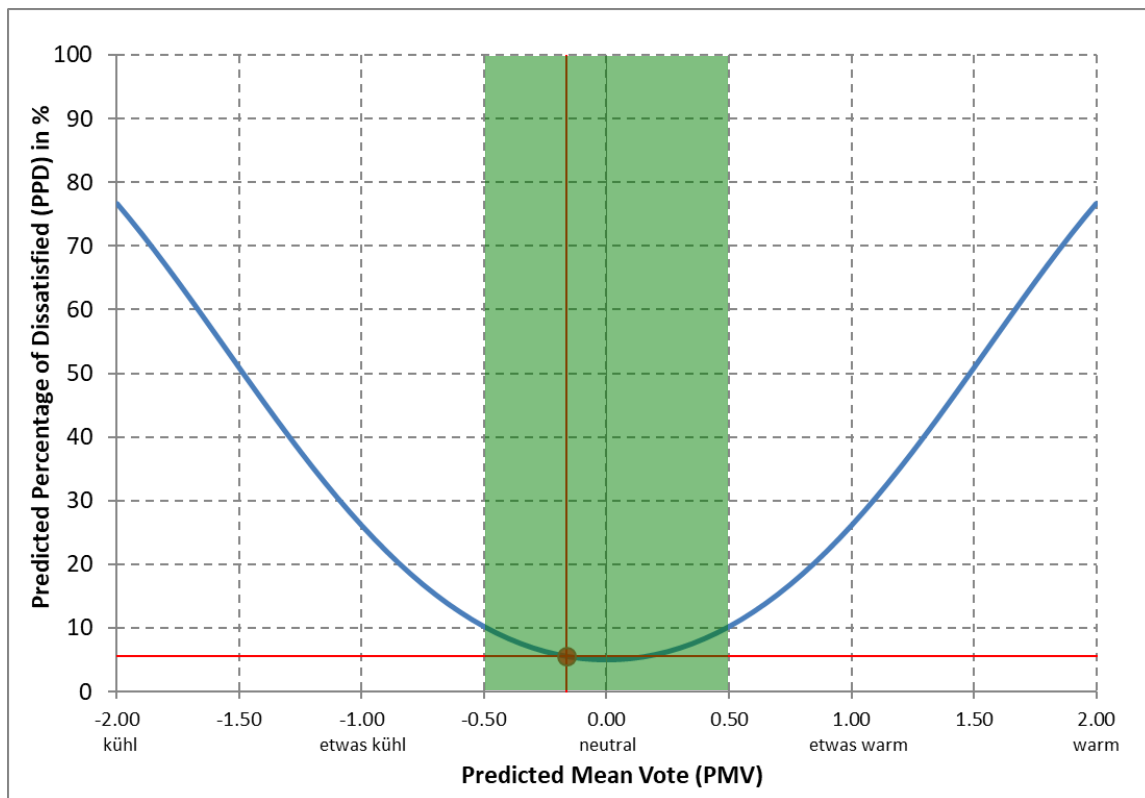


Abbildung 2: PMV-Wert und Standardeinstellungen des Komfortbereichs

Folgende Empfehlungen können vom Gerät ausgegeben werden, um einen optimalen PMV-Wert zu erreichen.

- Lüftungsempfehlung aufgrund des PMV-Wertes: Liegt der PMV-Wert in der betrachteten Zone außerhalb eines definierten Toleranzbandes (standardmäßig zwischen -0,5 und + 0,5) und herrschen im Außenbereich Bedingungen vor, die es ermöglichen den PMV-Wert zu verbessern, dann wird eine Lüftungsempfehlung ausgegeben. Wurde diese Empfehlung einmal ausgegeben bleibt sie so lange aufrecht, wie das Außenklima in der Lage ist den PMV-Wert weiter zu verbessern. Sobald sich das ändert, beispielsweise aufgrund eines Anstiegs der Außenlufttemperatur oder wenn das Raumklima das Optimum erreicht hat und ansonsten in die andere Richtung abweichen würde, wird die Empfehlung zurückgenommen und damit indirekt die Empfehlung ausgegeben das Fenster nun wieder zu schließen.
- Lüftungsempfehlung aufgrund der CO₂-Konzentration: Wird eine CO₂-Konzentration von 1200 ppm überschritten, wird ebenfalls eine Lüftungsempfehlung ausgegeben. Diese Empfehlung zur Gewährleistung der Luftqualität hat eine höhere Priorität als die Lüftungsempfehlung aufgrund des PMV-Wertes, was bedeutet, dass die Lüftungsempfehlung auch ausgegeben wird, wenn sich das Außenklima negativ auf den PMV-Wert im Innenbereich auswirkt. In diesem Fall wird allerdings darauf geachtet, dass die Lüftungsempfehlung nur so kurz wie nötig, also, bis sich

der CO₂-Wert wieder gesenkt hat, aktiv bleibt. Damit wird einerseits eine gute Luftqualität gewährleistet, andererseits aber auch sichergestellt, dass es zu keinen unnötig langen Lüftungsvorgängen kommt, die im Sommer meist mit einem vermeidbaren Hitzeeintritt einhergehen.

- Verschatten: Das Verschatten stellt den zweiten wesentlichen Hebel zur Vermeidung von sommerlicher Überhitzung dar. Wenn der EES in Betrieb genommen wird, wird eingestellt welche verschattbaren Glasflächen in der betrachteten Zone zur Verfügung stehen und wie diese ausgerichtet sind. Mittels Simulation des Sonnenstands wird berechnet, wann es zu einer direkten Sonneneinstrahlung kommen würde und darauf basierend werden zielgerichtet Verschattungsempfehlungen und für die betroffenen Fensterflächen ausgegeben. Damit wird sichergestellt, dass es zu keiner unnötigen Abdunklung eines genutzten Raums kommt, was im schlechtesten Fall eine elektrische Beleuchtung zu solchen Zeiten notwendig machen würde.

Diese Empfehlungen werden am Display des Empfehlungssystems sowie zusätzlich mittels Signal-LEDs angezeigt. Im für diesen Anwendungsfall relevanten Sommerbetrieb unterstützt das Gerät die intelligente Nachtlüftung und gibt Hinweise/Erinnerungen zur richtigen Verschattungsdauer. Außerdem wird sichergestellt, dass die notwendigen Lüftungszyklen zur Gewährleistung der Luftqualität so kurz wie möglich ausfallen.

Im Zuge der Entwicklung und Testung des EES haben sich vor allem zwei wesentliche Herausforderungen herauskristallisiert:

- Da die Bewohner:innen selbst als Akteur fungieren können die Empfehlungen nur umgesetzt werden, wenn diese Zuhause sind.
- Jeder Mensch hat ein anderes Behaglichkeitsempfinden. Der PMV-Wert gibt zwar das wahrscheinlichste Optimum wieder, jedoch können die individuellen Bedürfnisse zum Teil stark davon abweichen.

Im Hinblick auf diese beiden Herausforderungen, wurde der EES mit einer zusätzlichen Intelligenz versehen, die es dem System ermöglicht selbstständig die Vorlieben und Anwesenheitszeiten der Nutzer:innen zu detektieren und entsprechend zu reagieren. Dazu wird anhand der Messwerte, vor allem anhand der CO₂-Konzentration aber auch anhand der Raumtemperatur, detektiert, wann und bei welchen PMV-Werten die Empfehlungen des EES angenommen werden. Darauf basierend wird eine wochentagsbasierte Anwesenheitsmatrix erstellt, die es dem System ermöglicht zu erkennen, wann sich die Nutzer:innen voraussichtlich in der Zone aufhalten. Nehmen wir als Beispiel einen Einpersonenhaushalt, bei der die Bewohner:in unter der Woche einer geregelten Arbeit von 07:00 – 16:00 Uhr nachgeht. In diesem Fall wird sich zeigen, dass von wenigen Ausnahmen abgesehen, keine Empfehlungen während dieses Zeitraums angenommen werden. Eine um 08:00 Uhr ausgegebenen Verschattungsempfehlung wäre also wirkungslos, weshalb der EES diese Erkenntnis nutzt und Empfehlungen bereits vorgezogen anzeigt. Darüber hinaus wird detektiert

ob bzw. wann die PMV-bezogenen Lüftungsempfehlungen angenommen werden. Zeigt sich beispielsweise, dass diese Empfehlungen, trotz vermeintlicher Anwesenheit, meistens erst ab einem PMV-Wert von 1 angenommen werden, obwohl sie bereits bei einem PMV-Wert von 0,5 ausgegeben werden, wird angenommen, dass die Nutzer:innen ein wärmeres Raumklima bevorzugen, und das Toleranzband wird entsprechend angepasst. Diesbezüglich ist anzumerken, dass der EES eine gewisse Zeit laufen muss, bevor diese Funktionen im vollen Ausmaß genutzt werden können.

Im gegenständigen Projekt Cool-down Güssing wurde der EES ergänzend zu weiterer Maßnahme genutzt, um den Kühlbedarf zu reduzieren. Außerdem soll dadurch ein Bewusstsein für richtiges Lüften und Verschatten geschaffen werden, das auch über die Nutzungsdauer des EES hinausgeht.

Eine detaillierte technische Beschreibung des Aufbaus und der Funktionsweise des EES findet sich in Deliverable 3.1.

2.1 Kindergarten

Im Kindergarten wurde der EES im süd-östlich ausgerichteten Gruppenraum im Obergeschoss installiert. Dabei handelt es sich um einen am stärksten von der sommerlichen Überhitzung betroffenen Raum, der auch in den Sommermonaten häufig genutzt wird. Zu Spitzenzeiten halten sich ca. 15 Kinder in diesem Raum auf.

Der Raum verfügt über fünf in östliche und vier in südliche Richtung ausgerichtete Fenster, mit außenliegenden Verschattungsmöglichkeiten in Form von Außenjalousien. Außerdem verfügt der Raum über einen Zugang zu einer überdachten Loggia, der über eine westlich ausgerichtete Tür erreicht werden kann. Diese Tür verfügt über keine Verschattungsmöglichkeiten, weshalb sie auch nicht in das Empfehlungssystem als solche aufgenommen wurde. Da es über diese Tür aufgrund der Überdachung nur zu geringen direkten Einstrahlungen kommt ist dieser Aspekt jedoch nicht weiter problematisch. Durch die in drei Seiten ausgerichteten Fenstern und Türen weist der Raum zudem optimale Bedingungen zum schnellen und effektiven Stoßlüften auf.

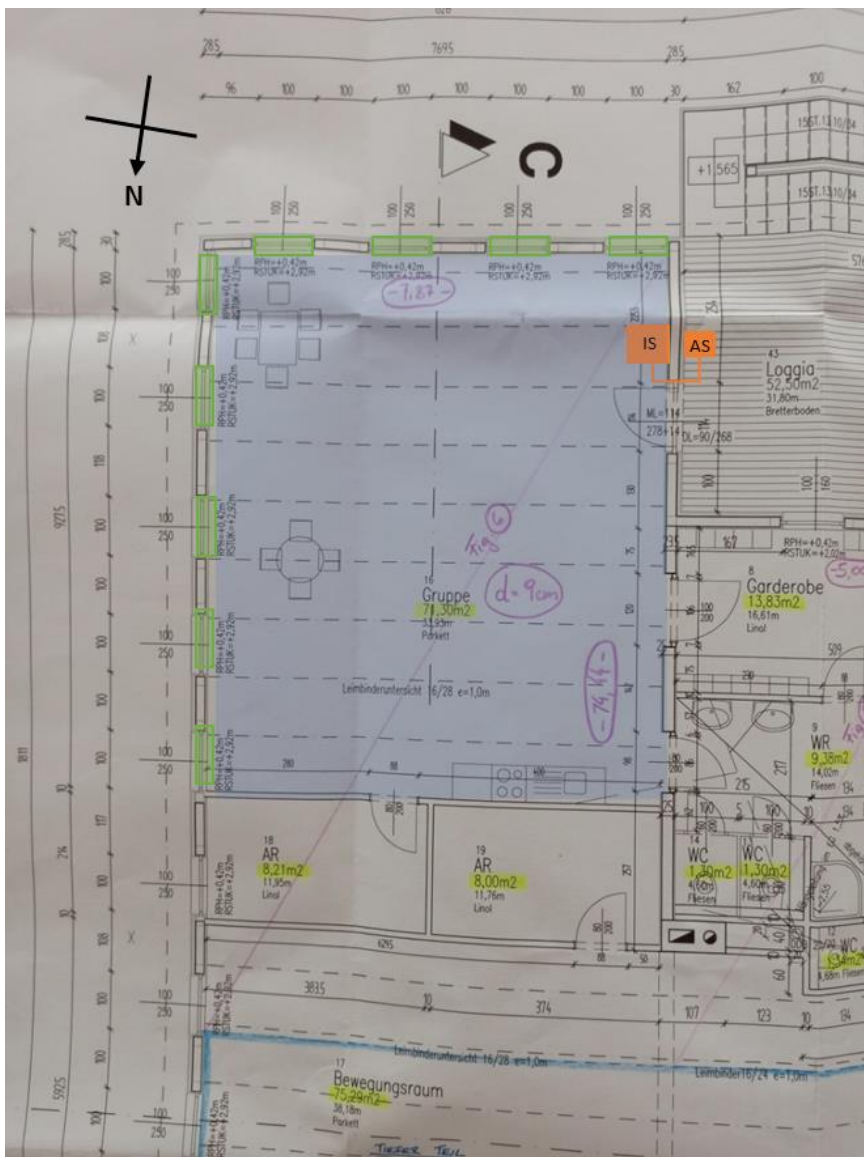


Abbildung 3: Konfiguration und Ausgangslage Kindergarten

Wie in Abbildung 3 dargestellt wurde die Außeneinheit auf der Loggia installiert, da diese dort am besten vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt ist, was die Messwerte der Außentemperatur verfälschen würde. Das Kabel wurde über die Tür nach innen geführt und die Hauptstation neben der Tür auf der Wand montiert, so dass diese gut einsehbar und für die Kinder nicht zu erreichen ist.

Problem mit Außenstation: Durch die sehr dicht schließenden Türen und Fenstern, die im Kindergarten verbaut sind, ist es zwischenzeitlich zu Ausfällen des EES gekommen, da die Signalleitung, zwischen der Haupt- und der Außenstation unterbrochen wurde. Versuche von der kabelgebundenen Verbindung zu einer Funkverbindung zu wechseln haben leider zu keinen befriedigenden Ergebnissen geführt, da trotz der geringen räumlichen Distanz keine stabile Verbindung hergestellt werden konnte. Da sich im zugrundeliegenden Projekt Empower Citizens gezeigt hat, dass das Raspberry PI zwar ausgezeichnet für den Bau von Prototypen jedoch nur bedingt für den tatsächlichen Einsatz geeignet ist, wurde davon abgesehen einen allzu großen Aufwand für die

Rückmeldungen der Nutzer:innen im EFH Doczekal zur Verwendung des EES:

Unsere Erfahrungen mit dem Easy Energy Saver (EES) im Haus waren durchweg positiv. Das System hat uns umfassende Informationen über die Raumtemperatur, Raumlufftfeuchte und die Außentemperatur geliefert. Besonders wertvoll fand ich persönlich den Hinweis auf das richtige Lüften, gestützt durch den CO₂-Sensor. Dieser zeigte an, wann es sinnvoll war, den Raum zu lüften. Ich habe versucht, mich so gut wie möglich an diese Hinweise zu halten, was sich als sehr hilfreich erwiesen hat.

Ein weiterer nützlicher Aspekt waren die Empfehlungen zum Verschatten der Fenster. Diese Tipps haben dazu beigetragen, dass wir falsches Lüften, das besonders im Winter zu erhöhtem Heizungsstromverbrauch führen kann, minimiert haben. Ebenso konnte im Sommer die Überhitzung der Räume deutlich reduziert werden.

Trotz all dieser positiven Aspekte gab es leider auch einen Nachteil: Der EES erwies sich als etwas fehleranfällig, was zum mehrmaligen Ausfall des Gerätes führte (Anmerkung: siehe Abschnitt „Problem mit der Außenstation“ in Kapitel 2.1). Trotz dieser kleinen Schwachstelle haben wir das System gerne eingesetzt, da die Empfehlungen insgesamt sehr sinnvoll und hilfreich waren.

3 Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft

Im Rahmen des Projektes Cool-down Güssing wurde die Eignung von Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften für Kühlzwecke untersucht.

Energiegemeinschaften ermöglichen den grundstücksübergreifenden Austausch von elektrischer Energie ohne Einbindung eines Energieversorgers und unter Nutzung des öffentlichen Stromnetzes. Damit sollen Energiegemeinschaften dazu beitragen, den Anteil der dezentralen erneuerbaren Energien zu erhöhen und lokal erzeugte erneuerbare Energie auch lokal zu nutzen. Die Gründung von Energiegemeinschaften ist in Österreich seit 2021 möglich und wird im Rahmen des Erneuerbaren Ausbau Pakets geregelt. Dieses Paket umfasst unter anderem das Erneuerbaren Ausbaugesetz sowie eine Novellierung des ElWOG. Details zu den rechtlichen Rahmenbedingungen finden sich in Deliverable 3.1

Energiegemeinschaften setzen sich aus Erzeugungsanlagen, Verbraucher und Prosumern (Verbraucher mit eigener Erzeugungsanlage) zusammen. In der Regel handelt es sich bei diesen Erzeugungsanlagen um Photovoltaikanlagen, deren Überschuss in die Energiegemeinschaft eingespeist wird. Die Teilnahme an einer Energiegemeinschaft steht auch Personen ohne eigener Erzeugungsanlage offen. Durch die Gleichzeitigkeit von PV-Ertrag und Kühlbedarf bieten Energiegemeinschaften daher diesen Personen die Möglichkeit ihren anfallenden Strombedarf für Kühlzwecke mit lokalem, erneuerbarem Strom aus einer Energiegemeinschaft zu decken.

Bei einer klassischen Energiegemeinschaft erfolgt die Abrechnung anhand der Smart Meter Daten. Der vorhandene Strom wird über einen festgelegten Verteilungsschlüssel auf die Mitglieder aufgeteilt. Die Zuteilung erfolgt im Nachhinein auf Basis der 15-Minuten-Daten der Smart Meter. Eine Regelung im klassischen Sinn ist daher nicht notwendig. Das bietet den Vorteil, dass keine zusätzlichen technischen Komponenten für die Teilnahme an einer Energiegemeinschaft notwendig sind. In manchen Fällen kann es allerdings Sinn machen, in diesen rein bilanziellen Betrieb optimierend einzugreifen. Werden beispielsweise gemeinschaftlich genützte Speicher innerhalb einer Energiegemeinschaft betrieben, werden Echtzeitdaten für die Speicherregelung benötigt. Ähnliches gilt für das Adressieren von Flexibilitäten. Als eine solche Flexibilität können auch Kühlgeräte angesehen werden. Diese können intelligent, je nach Verfügbarkeit von Überschussstrom in der Energiegemeinschaft betrieben werden. Dabei gilt es aber zu beachten, dass durch die Gleichzeitigkeit des PV-Ertrags und des Kühlbedarf auch ohne Optimierung gute Synergien bestehen. Es gilt daher sorgfältig zu prüfen, ob der zusätzliche regelungstechnische Aufwand in einem vernünftigen Verhältnis zur erwarteten Steigerung des Eigenverbrauchs innerhalb der Energiegemeinschaft steht. Außerdem gilt es den zusätzlichen finanziellen Aufwand für etwaige Messgeräte bei den Mitgliedern zu berücksichtigen.

Im Burgenland gibt es darüber hinaus das Bestreben der Raiffeisen Nachhaltigkeits-Initiative das gesamte Netzgebiet mit regionalen Energiegemeinschaften

abzudecken.² Es sollten also zeitnah alle teilnahmeberechtigten Bewohner:innen von Güssing die Möglichkeit haben an einer regionalen Energiegemeinschaft teilzunehmen. Daher wurde beschlossen den Fokus im Projekt Cool-down Güssing auf lokale Energiegemeinschaften zu legen.

Dazu wurden für den Umsetzungspartner Guttomat Berechnungen durchgeführt. Wie in Deliverable 4.1 beschrieben, wurden dort einige Maßnahmen zur Kühlung gesetzt. Unter anderem ist der Bau eines Vordachs geplant. Das Vordach erfüllt einerseits den Zweck den solaren Eintrag über die Fensterflächen in den Sommermonaten zu reduzieren und soll darüber hinaus mit PV-Modulen ausgestattet werden, die zur Deckung des Restkühlbedarfs dienen. Zusätzlich wurde die Installation einer größeren PV-Anlage auf nahegelegenen Dachflächen geprüft. Diese sollen das Unternehmen über eine Energiegemeinschaft mit zusätzlicher lokaler erneuerbarer Energie versorgen. Zukünftig könnten weitere umliegende Unternehmen dieser lokalen Energiegemeinschaft beitreten.

3.1 Berechnungsbeispiel Guttomat

Für das Unternehmen Guttomat wurde die Errichtung einer größeren PV-Anlage auf umliegenden Dachflächen geprüft, die über eine Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft das Unternehmen mit lokalem erneuerbarem Strom versorgen soll.

3.1.1 Stakeholderdaten

In Tabelle 1 findet sich ein Überblick über die wichtigsten Stakeholderdaten, die die Ausgangsbasis für die weiterführende Berechnung bilden. Der Stromverbrauch stand als gemessenes Lastprofil zur Verfügung. Der zu erwartende Ertrag der PV-Anlage wurde auf Basis der Globalstrahlungsdaten von Güssing abgeschätzt.

Tabelle 1: Stakeholderdaten

	Guttomat	PV-Anlage
Jahresstromverbrauch [kWh/a]	320 508	-
Energietarif [Cent/kWh]	17	-
Einspeisetarif [Cent/kWh]	14	14
PV-Neubau [kWp]	20	100
Investitionen [EUR/kWp]	100	100
Förderung [EUR/kWp]	250	160
Laufende Kosten [EUR/a]	300	1500
Kosten Nachrüstung [EUR]	1000	1000
Nachrüstezeitpunkt [Jahr]	15	15
Nutzungsdauer [Jahr]	20	20
Ertragsminderung pro Jahr [%]	2	2

² Raiffeisen Burgenland, (2022, 02. Juni). Raiffeisen Burgenland startet landesweite Nachhaltigkeitsinitiative, abgerufen am 15.11.2023, <https://www.raiffeisen.at/bgld/de/meine-bank/presse/nachhaltigkeitsinitiative.html>

Die energetischen Auswirkungen für das Unternehmen Guttomat sind in Abbildung 5 und in Abbildung 6 dargestellt. Es zeigt sich, dass durch die PV-Anlage am neu errichteten Vordach in etwa 5 % des Gesamtstromverbrauchs gedeckt werden kann. In Kombination mit der Errichtung der größeren PV-Anlage und Einbindung dieser über eine Energiegemeinschaft könnte die Eigendeckung auf ca. 25 % gesteigert werden.

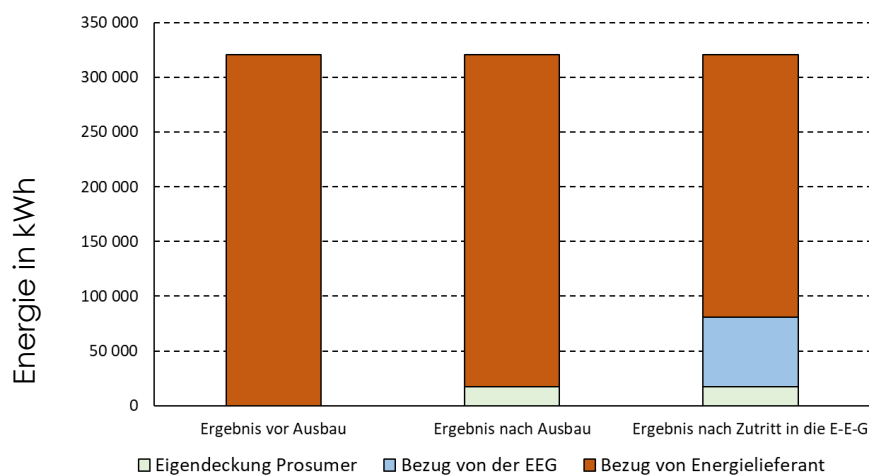


Abbildung 5: Eigendeckung

Werden beide Anlagen errichtet, die Energiegemeinschaft jedoch nicht gegründet, beläuft sich die Eigenverbrauchsquote auf lediglich 16 %. Das liegt daran, dass zwar der Großteil der Erzeugung der kleinen Anlage selbst verbraucht wird, die große Anlage aber als Volleinspeiser betrieben werden müsste. Erst durch die Energiegemeinschaft kann diese zur (innergemeinschaftlichen) Eigendeckung herangezogen werden. Damit könnte der Eigenverbrauch auf ca. 75 % gesteigert werden.

Dabei ist zu beachten, dass der Eigenverbrauch an Werktagen deutlich höher liegt und der Großteil der Netzeinspeisung an den Wochenenden erfolgt. Da auch die Kühlung nur an den Werktagen benötigt wird, wurde in diesem Fall auf eine Flexibilisierung der Kühllasten verzichtet, da ohnehin der Großteil der vorhandenen Erzeugung zur Eigendeckung genutzt wird.

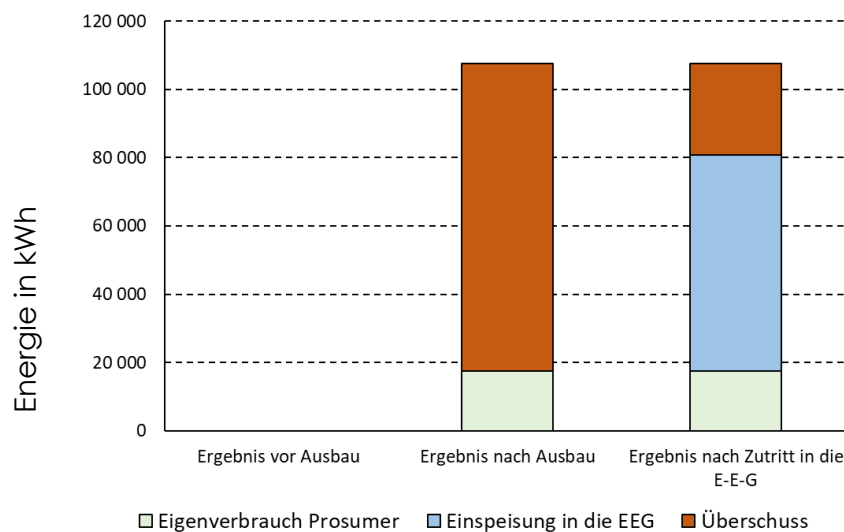


Abbildung 6: Eigenverbrauch

In weiterer Folge wurden zwei Tarifvarianten bewertet, die eine unterschiedliche Verteilung der Einsparungspotentiale zwischen dem Unternehmen Guttomat und dem PV-Investor ermöglichen.

3.1.2 Tarifvariante 1

In der ersten Tarifvariante wurde der Einspeisetarif der großen PV-Anlage in die Energiegemeinschaft mit dem Einspeisetarif in das öffentliche Netz gleichgesetzt. Das bedeutet, dass alle Einsparungen dem Unternehmen Guttomat zugeordnet werden. Dieses Modell ermöglicht eine vereinfachte Betrachtung für den Fall, dass Guttomat selbst als Investor auftritt.

Die weiteren Annahmen zu den Tarifen sind im Folgenden angeführt:

- Rechtsform: Verein
- Art der EEG: lokal
- Energietarif Netzbezug: 16,60 Cent/kWh³
 - arbeitsabhängige Kosten: 21,41 Cent/kWh
- Einspeisetarif Netz: 14,457 Cent/kWh⁴
- Entnahmetarif EEG: 16,65 Cent/kWh
 - arbeitsabhängige Kosten: 17,85 Cent/kWh
- Einspeisetarif EEG: 14,457 Cent/kWh
- Betriebskosten EEG gesamt 1363 Euro/Jahr

Für die Trägerorganisation der Energiegemeinschaft fallen unter diesen Annahmen im ersten Betriebsjahr Kosten für den Energieeinkauf von 9130 EUR an. Zusätzlich bestehen

³ Aktuelle Strombezugskosten den Unternehmens Guttomat (Stand 05.23)

⁴ Einspeisetarif ÖMAG zweites Quartal 2023

Betriebskosten in der Höhe von 1263 EUR und Verwaltungskosten in der Höhe von 100 EUR. Diesen Kosten stehen Einnahmen aus dem Stromverkauf an die Mitglieder von 10 516 EUR gegenüber. Mitgliedsbeträge wurden keine berücksichtigt. Die Vermarktung des Überschusses erfolgt von den Mitgliedern selbst.

Bilanz Energiegemeinschaft für das Jahr 2024			
AUSGABEN		EINNAHMEN	
Afa	€ -	Einnahmen aus Mitgliedsbeiträgen	€ -
Zinsen Bank	€ -	Einnahmen Stromverkauf E-Ege	€ 10 515,60
Zinsen Mitgliederkredit	€ -	Einnahmen Einspeisung Netz	€ -
Laufende Kosten EG-Anlagen	€ -		
Betriebskosten EG	-€ 1 263,14		
Verwaltungskosten EG	-€ 100,00		
Zahlung an Mitglieder	€ -		
Energiekauf von Mitglieder	-€ 9 130,57		
SUMME AUFWENDUNGEN	-€ 10 493,71	SUMME ERTRÄGE	€ 10 515,60

Abbildung 7: Bilanz der Trägerorganisation der Energiegemeinschaft im ersten Betriebsjahr 2024 für Tarifvariante 1

Dadurch ergibt sich wie in Abbildung 8 dargestellt, ein leicht positiver Kapitalwertverlauf für die Trägerorganisation der Energiegemeinschaft. Der nach 20 Jahren zu einem Kapitalwert von in etwa 534 EUR führt. Der Kapitalwert im ersten Betriebsjahr von 221 EUR ergibt sich durch die Berücksichtigung des Vorsteuerüberhangs von 200 EUR.

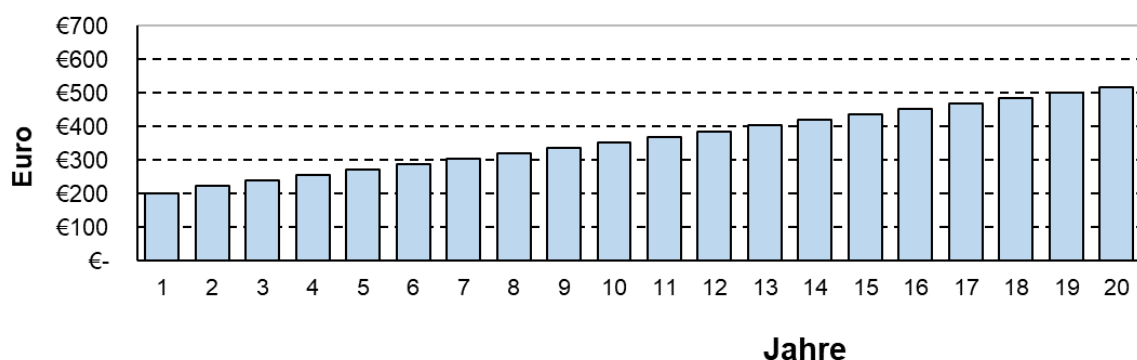


Abbildung 8: Kapitalwertverlauf der Trägerorganisation der Energiegemeinschaft für Tarifvariante 1

Für das Unternehmen Guttomat ergeben sich dadurch Einsparungen im Vergleich zum Status Quo (100 % Netzbezug) von in etwa 6593 EUR/a. Davon entfallen 3960 EUR auf die kleine PV-Anlage vom Vordach, deren Erzeugung direkt genutzt werden kann, bzw. deren Überschuss durch das Unternehmen selbst vermarktet wird. Die restlichen 2633 EUR entfallen auf den über die Energiegemeinschaft günstiger bezogenen Strom. Dadurch ergibt sich, wie in Abbildung 9 dargestellt, eine Amortisationszeit von in etwa 5 Jahren für die kleine Anlage am Vordach. Wobei in dieser Berechnung nur die PV-Anlage als Investition berücksichtigt wurde. Die Kosten für die Errichtung des Vordachs

selbst wurden nicht einbezogen, da die Entscheidung zur Errichtung des Vordachs für Verschattungszwecke unabhängig von der Bestückung dieses mit PV-Anlagen getroffen wurde.

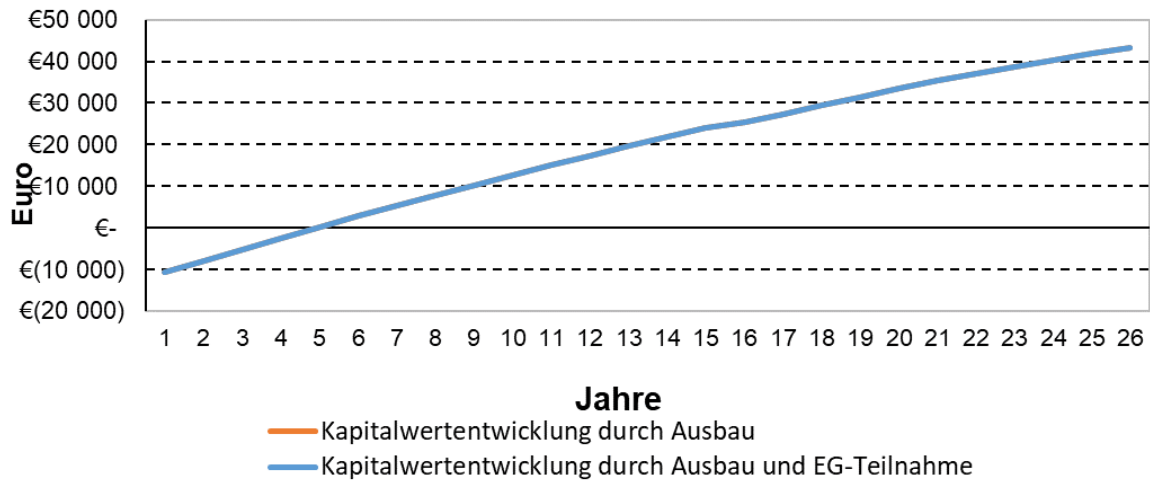


Abbildung 9: Kapitalwertverlauf für die Investition in die kleine 20 kWp PV-Anlage

Für den PV-Investor der großen 100 kWp Anlage ergibt sich eine Amortisationszeit von ca. 8 Jahren. Da der Tarife für die Netzeinspeisung mit dem Tarif der Einspeisung in die Energiegemeinschaft gleichgesetzt wurde, gilt diese Amortisationszeit unabhängig davon, ob die Anlage in eine Energiegemeinschaft einspeist, oder ob sie als Volleinspeiser betrieben wird, d.h. die gesamte Erzeugung in das öffentliche Netz einspeist.

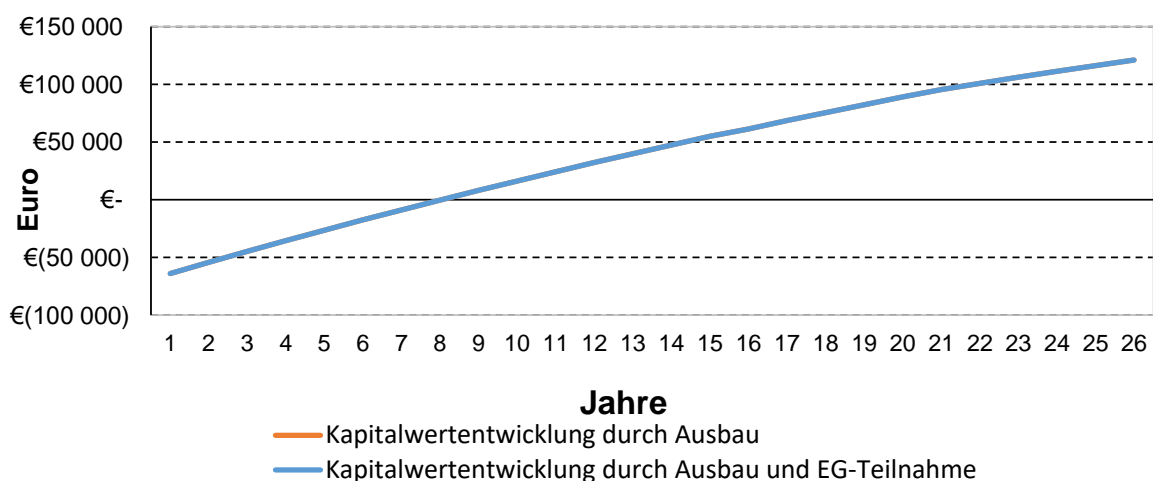


Abbildung 10: Kapitalwertverlauf des PV-Investors – 100 kWp Anlage für Tarifvariante 1

3.1.3 Tarifvariante 2

In der zweiten Tarifvariante wurde der Einspeisetarif der großen PV-Anlage in die Energiegemeinschaft um 2,843 Cent/kWh höher angesetzt als der Einspeisetarif in das öffentliche Netz. Dadurch werden die Einsparungen zwischen Guttomat und dem PV-Investor aufgeteilt. Ein solcher Tarif ist vorteilhaft, wenn Guttomat nicht selbst also Investor auftritt, sondern ein externer Investor in die PV-Anlage investiert, oder wenn weitere Mitglieder in die Energiegemeinschaft aufgenommen werden. Alle weiteren Tarife wurden gleich wie im Tarifszenario 1 angenommen:

- Rechtsform: Verein
- Art der EEG: lokal
- Energietarif Netzbezug: 16,60 Cent/kWh³
 - arbeitsabhängige Kosten: 21,41 Cent/kWh
- Einspeisetarif Netz: 14,457 Cent/kWh⁴
- Entnahmetarif EEG: 19,50 Cent/kWh
 - arbeitsabhängige Kosten: 20,7 Cent/kWh
- Einspeisetarif EEG: 17,30 Cent/kWh
- Betriebskosten EEG gesamt 1263 Euro/Jahr

Für die Trägerorganisation der Energiegemeinschaft fallen unter diesen Annahmen im ersten Betriebsjahr Kosten für den Energieeinkauf von 10 926 EUR an. Zusätzlich bestehen Betriebskosten in der Höhe von 1263 EUR und Verwaltungskosten in der Höhe von 100 EUR. Diesen Kosten stehen Einnahmen aus dem Stromverkauf an die Mitglieder von 12 315 EUR gegenüber. Mitgliedsbeträge wurden keine berücksichtigt. Die Vermarktung des Überschusses erfolgt von den Mitgliedern selbst.

Bilanz Energiegemeinschaft für das Jahr 2024				
AUSGABEN			EINNAHMEN	
Afa	€	-	Einnahmen aus Mitgliedsbeiträgen	€ -
Zinsen Bank	€	-	Einnahmen Stromverkauf E-Ege	€ 12 315,57
Zinsen Mitgliederkredit	€	-	Einnahmen Einspeisung Netz	€ -
Laufende Kosten EG-Anlagen	€	-		
Betriebskosten EG	-€	1 263,14		
Verwaltungskosten EG	-€	100,00		
Zahlung an Mitglieder	€	-		
Energiekauf von Mitglieder	-€	10 926,12		
SUMME AUFWENDUNGEN	-€	12 289,26	SUMME ERTRÄGE	€ 12 315,57

Abbildung 11: Bilanz der Trägerorganisation der Energiegemeinschaft im ersten Betriebsjahr 2024 für Tarifvariante 2

Dadurch ergibt sich wie in Abbildung 12 dargestellt, analog zum Tarifszenario 1 ein leicht positiver Kapitalwertverlauf für die Trägerorganisation der Energiegemeinschaft. Der nach 20 Jahren zu einem Kapitalwert von in etwa 580 EUR führt. Der Kapitalwert im ersten Betriebsjahr von 226 EUR ergibt sich durch die Berücksichtigung des Vorsteuerüberhangs von 200 EUR.

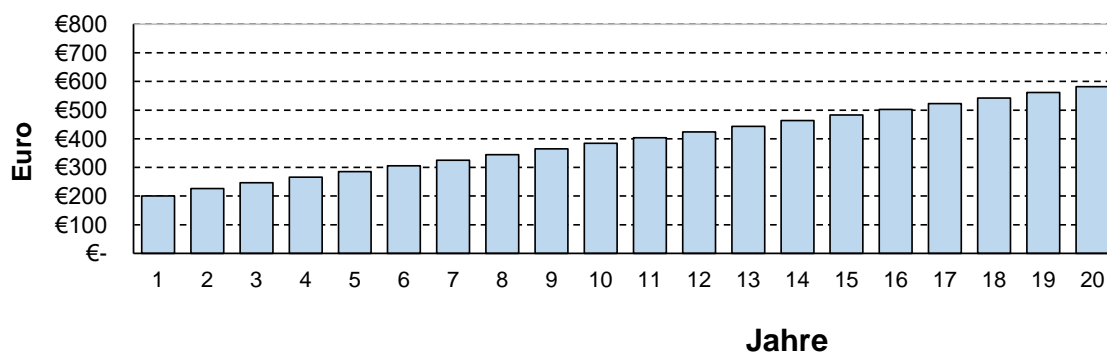


Abbildung 12: Abbildung 13: Kapitalwertverlauf der Trägerorganisation der Energiegemeinschaft für Tarifvariante 2

Für das Unternehmen Guttomat ergeben sich dadurch Einsparungen im Vergleich zum Status Quo (100 % Netzbezug) von in etwa 4793 EUR/a. Davon entfallen, weiterhin 3960 EUR auf die kleine PV-Anlage vom Vordach, deren Erzeugung direkt genutzt werden kann, bzw. deren Überschuss durch das Unternehmen selbst vermarktet wird. Die restlichen 833 EUR entfallen auf den über die Energiegemeinschaft günstiger bezogenen Strom. Die Amortisationszeit für die kleine Anlage am Vordach ist unabhängig vom gewählten Tarifszenario und liegt weiterhin bei 5 Jahren (siehe Abbildung 9)

Für den PV-Investor der großen 100 kWp Anlage wird durch den besseren Tarif für die Einspeisung in die Energiegemeinschaft die Amortisationszeit um ein Jahr im Vergleich zum Betrieb als Volleinspeiser bzw. im Vergleich zum Tarifszenario 1 reduziert. Da Amortisationszeit bei Investition und Teilnahme an der Energiegemeinschaft liegt damit wie in Abbildung 14 dargestellt bei 7 Jahren.

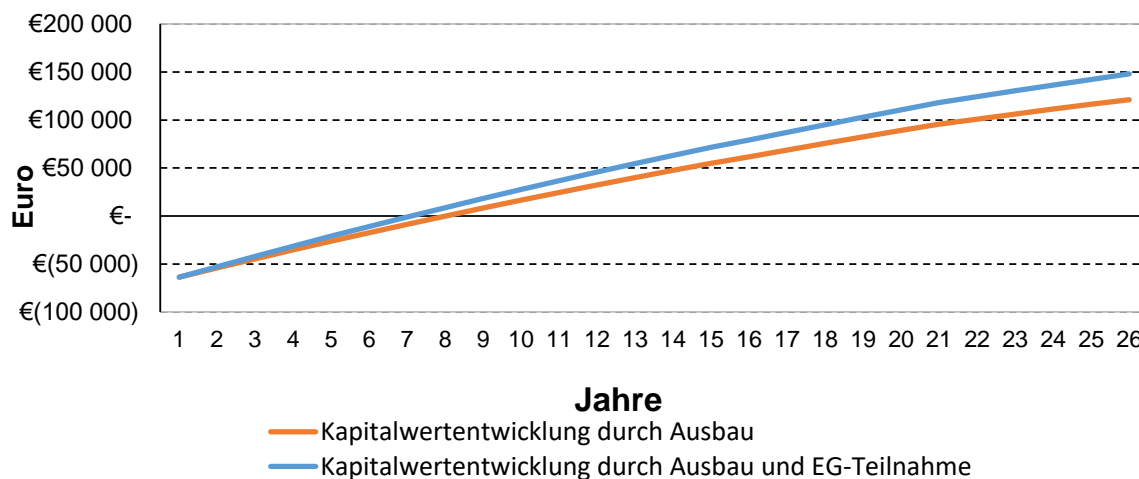


Abbildung 14: Kapitalwertverlauf des PV-Investors – 100 kWp Anlage für Tarifvariante 2

3.1.4 Fazit Guttomat

Die Berechnungen haben gezeigt, dass sowohl die Investition in die kleine PV-Anlage am neu errichteten Vordach also auch die Investition in die große Anlage am benachbarten Grundstück unter den angenommenen Rahmenbedingungen wirtschaftlich darstellbar ist. Für beide Investitionen liegt die Amortisationszeit bei wenigen Jahren. Die große PV-Anlage ist sowohl als Volleinspeiser (ohne Energiegemeinschaft) als auch innerhalb einer Energiegemeinschaft wirtschaftlich. Da die Wirtschaftlichkeit für alle Stakeholder durch die Gründung der Energiegemeinschaft erhöht wird, kann die Gründung dieser empfohlen werden. Welches Tarifszenario gewählt wird, hängt von den Interessen der Teilnehmer ab.

Die Berechnungen wurden an Guttomat übergeben und von diesen positiv aufgenommen. Die Gründung der Energiegemeinschaft war jedoch, mitunter auch aufgrund der großen Tarifschwankungen in den letzten Jahren und der damit verbundenen Unsicherheiten, nicht innerhalb der Projektlaufzeit möglich.

3.2 Fazit „Kühl“-Energiegemeinschaft

- **Unabhängig von der Stromversorgung sollte ein Kühlsystem mit möglichst geringem Stromverbrauch gewählt werden!**
- PV-Strom eignet sich gut zur Deckung des (Rest-)Kühlbedarf
- Energiegemeinschaften ermöglichen den Bezug von lokalem und erneuerbarem Strom auch ohne eigene PV-Anlage
- Die Teilnahme an einer EEG ist mit sehr niedrigem Aufwand verbunden
- Die Tarifgestaltung innerhalb der EEG war in den letzten Jahren aufgrund der stark schwankenden Stromtarife sowie aufgrund von weiteren Maßnahmen wie die Energiepreiskontrolle und des Aussetzens des Erneuerbaren Förderbeitrags schwierig.
- Im Regelfall besteht kein Grund den Einsatz einer Energiegemeinschaft auf die Versorgung des Kühlbedarf zu beschränken. Synergien ergeben sich automatisch, so dass ein zusätzlicher Regelaufwand nicht notwendig ist.

4 Regelung Fensterlüftung

Durch den Einsatz des Easy Energy Savers (siehe Kapitel 2) konnte im Kindergarten das Bewusstsein für ein richtiges Lüftungsverhalten in den Sommermonaten verbessert werden. Da der EES als Empfehlungssystem die Anwesenheit von Personen voraussetzt, die in der Lage sind die Empfehlungen umzusetzen, war das Optimierungspotential des EES im Kindergarten limitiert, da sich in den kühlen Nacht- und frühen Morgenstunden im Regelfall niemand im Gebäude aufhält.

Daher wurden im Kindergarten weitere Maßnahmen ergriffen, die einen entscheidenden Schritt zur Verbesserung des Raumklimas in der Kinderkrippe beitragen sollen. Ziel war es, die sommerliche Überhitzung in drei spezifischen Räumen des Obergeschosses durch eine intelligente Fensterlüftungsregelung zu mindern. Nachfolgend das Regelungskonzept, das durch die Nachtlüftung eine Reduktion der Raumtemperaturen im gesamten Tagesverlauf bewirken soll.

4.1 Grundlagen des Lüftungssystems

Zielsetzung und Konzeption

Das primäre Ziel ist die Implementierung eines effizienten Querlüftungssystems als Nachtlüftung, zur Reduktion der sommerlichen Überhitzung. Diese Konzeption basiert auf der Erkenntnis, dass eine gut durchdachte Lüftung essentiell ist, um in den Sommermonaten die Akkumulation von Wärme zu verhindern.

Raum- und Fensteranordnung

Jeder der zwei Gruppenräume verfügt über gegenüberliegende Fensterfronten die eine optimale Querlüftung je Raum ermöglichen. Zusätzlich ist im Schlafräum ein weiteres Fenster mit Stellmotor vorgesehen, das die Luftzirkulation weiter verbessert. Diese Anordnung gewährleistet eine gleichmäßige und effiziente Verteilung frischer Luft in den Räumen. Eine gesamte Querlüftung von einem zum anderen Gruppenraum ist somit möglich.

4.2 Technische Spezifikationen und Steuerungsmechanismen

Stellantriebe und Fensteröffnung

Die Installation von Stellantrieben an den fünf Fenstern ermöglicht eine präzise und sichere Kontrolle der Fensteröffnung. Durch das Öffnen der Fenster um einen Winkel von mindestens 30°, ohne sie zu kippen, wird eine effektive Lüftung erreicht. Eine manuelle Steuerung der Stellantriebe über Schalter ist nicht notwendig, die manuelle Bedienung könnte über die Steuerung (Bedienmodul oder via Internet) laufen.

Automatisierte Steuerung

Die Automatisierung der Fenstersteuerung ist ein Kernaspekt des Projekts. Durch die Implementierung einer internetbasierten oder Modul-gesteuerten Bedienung wird

eine flexible und einfache Handhabung des Lüftungssystems ermöglicht. Diese Technologie ermöglicht es, die Fensteröffnungszeiten genau zu planen und an die spezifischen Bedürfnisse der Nutzer:innen anzupassen.

Wichtig ist, dass die richtige Uhrzeit in der Steuerung hinterlegt ist, auch nach einem Stromausfall. Die Steuerung soll zwischen 1. Juni und 15. September (Zeit frei wählbar über die Steuerung) in Funktion sein. Das restliche Jahr ist keine Nachtlüftung notwendig. CO₂-Sensoren sind nicht notwendig, da die Nachtlüftung bei Abwesenheit von Personen in Betrieb ist.

4.3 Sicherheitsaspekte und Betriebszeiten

Sicherheitsmaßnahmen und Betriebszeiten

Um die Sicherheit der Kinder zu gewährleisten, ist eine sorgfältige Planung der Betriebszeiten des Lüftungssystems essenziell. Die Fenster öffnen sich ausschließlich nachts zwischen 21 Uhr und 05:30 Uhr, um das Risiko von Unfällen während der Tageszeit zu minimieren (wegen möglicher Einklemmung von Kindern am Tag). Diese Zeiten sind so gewählt, dass sie außerhalb der Betreuungszeiten liegen und somit eine ungestörte Nachtlüftung ermöglichen.

Integration von Sensoren

Die Integration von Regen- und Windsensoren in das Lüftungssystem erhöht dessen Effizienz und Sicherheit. Der Regensensor stellt sicher, dass die Fenster bei Niederschlag automatisch geschlossen werden, während der Windsensor bei starken Windverhältnissen die Fenster schließt, um Schäden oder Unfälle zu vermeiden. Diese Sensoren spielen eine entscheidende Rolle bei der Aufrechterhaltung eines sicheren und effektiven Betriebs des Lüftungssystems.

4.4 Bedienung und Wartung

Benutzerfreundlichkeit der Steuerung

Die einfache Bedienbarkeit der Steuerung ist ein zentrales Anliegen, um den täglichen Betrieb zu vereinfachen. Dies war auch ein ausdrücklicher Wunsch der Nutzer:innen. Durch die intuitive Gestaltung der Benutzeroberfläche wird sichergestellt, dass das Personal des Kindergartens das System ohne umfangreiche Schulungen effektiv nutzen kann. Diese Benutzerfreundlichkeit ist insbesondere für eine Einrichtung, die sich auf die Betreuung von Kindern konzentriert, von großer Bedeutung.

Wartung und Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit des Lüftungssystems ist eng mit seiner regelmäßigen Wartung und Überprüfung verbunden. Die Wartung umfasst sowohl die physischen Komponenten – wie die Fenster und Stellantriebe – als auch die softwarebasierten Elemente wie die Steuerungseinheit und Sensoren. Eine regelmäßige Wartung stellt sicher, dass das

System stets effizient und sicher funktioniert. Dies kann in der Regel durch die für die Haustechnik zuständigen Wartungspersonen erfolgen.

4.5 Zusammenfassung und Erweiterungen

Das Lüftungssystem in der Kinderkrippe Güssing ist ein Beispiel für nachhaltige Klimasteuerung in Bildungseinrichtungen. Durch die detaillierte Planung und Implementierung eines maßgeschneiderten Lüftungskonzepts wird eine angenehme und gesunde Umgebung für die Kinder geschaffen.

Als Erweiterung könnte die Steuerung im Optimalfall Zugriff aufs WLAN haben, um die aktuelle Uhrzeit zu nutzen (z.B. nach Stromausfall), oder um die Tage (Beginn, Ende) von der Ferne festzulegen.

Außerdem wird die Kopplung des Systems mit Temperatursensoren überlegt. Wenn die Raum- und Außentemperatur bekannt ist, kann die Steuerung in eine Regelung übergeführt werden. Damit kann sichergestellt werden, dass die Fenster nicht zu früh geöffnet werden, wenn die Außentemperatur noch über der Raumtemperatur liegt. Außerdem besteht in diesem Fall die Möglichkeit eine Minimaltemperatur in den Innenräumen festzulegen, bei deren Unterschreitung die Fenster wieder geschlossen werden. Damit könnte die Betriebszeit der automatischen Fensterlüftung in die Übergangszeit verlängert werden, ohne dass ein Auskühlen der Räume befürchtet werden muss.

5 Smart Home EFH Doczekal

Zuerst erfolgte der Test zur Nachtlüftung mit dem Easy Energy Saver, siehe Kapitel 2.2. Danach wurde die Entscheidung getroffen über ein Smart Home System die teilautomatisierte Nachtlüftung laufen zu lassen.

5.1 Regelung zur teilautomatisierten Nachtlüftung

Eine nützliche Möglichkeit die Intelligenz von Smart Home und der manuellen Tätigkeit von Nutzer*innen zu kombinieren ist die teilautomatisierte Nachtlüftung. Nachfolgend die Erläuterung zur Regelung am Beispiel EFH Doczekal.

Die manuelle Nachtlüftung bei Wohnungen oder Häusern wird meist durch falsche Nutzer*innen-Anwendung unzureichend ausgeführt. Zu frühes Öffnen der Fenster am Abend, oder zu spätes Schließen der Fenster in der Früh führen nicht zum gewünschten Auskühleffekt der Wohnräume.

Eine teilautomatisierte Lösung durch Smart Home kann dem Abhilfe schaffen. Hier wird die Anwendung am Beispiel der Smart Home Lösung von www.hom.ee gezeigt (Abbildung 17). Dabei wird festgelegt, dass

- wenn die aktuelle Außenlufttemperatur unter 23 °C fällt (Temperatur am Standort ist durch die Internetanbindung bekannt / Wetterdaten)
- und die Zeit zwischen 18:00 Uhr und 20:45 Uhr ist
- die Nutzer*innen die Push-Nachricht am Smartphone „Bitte Fenster öffnen! Danke!“ bekommen (Abbildung 15, Abbildung 18)

Damit wissen die Nutzer*innen, dass die Fenster (möglichst Querlüftung) händisch zu kippen oder öffnen sind. Eine Außenlufttemperatur von unter 23 °C sollte als Startwert reichen, um die Räume zu kühlen. Dadurch wird verhindert, dass die Fenster zu früh geöffnet werden.

Umgekehrt wird für die Früh festgelegt, dass

- wenn die aktuelle Außenlufttemperatur über 21°C steigt
- und die Zeit zwischen 08:00 und 13:00 Uhr ist
- die Nutzer*innen die Push-Nachricht am Smartphone „Bitte Fenster schließen! Danke!“ bekommen (Abbildung 16)

Werden die Empfehlungen angenommen, wird dadurch verhindert, dass die Fenster am Vormittag zu lange geöffnet bleiben und warme Luft in die Räume eindringt.



Abbildung 15: Einstellung der Push-Nachricht zum Öffnen der Fenster via homee

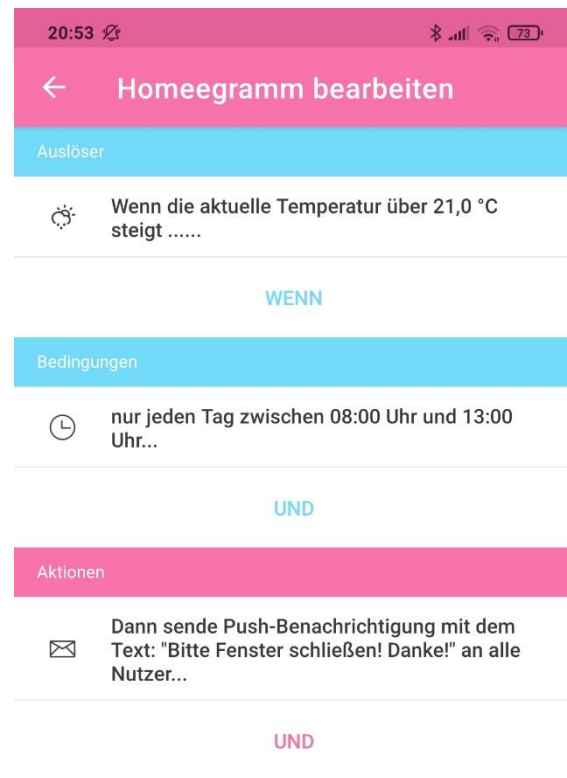


Abbildung 16: Einstellung der Push-Nachricht zum Schließen der Fenster via homee



Abbildung 17: Homee als umfangreiche Smart Home Lösung

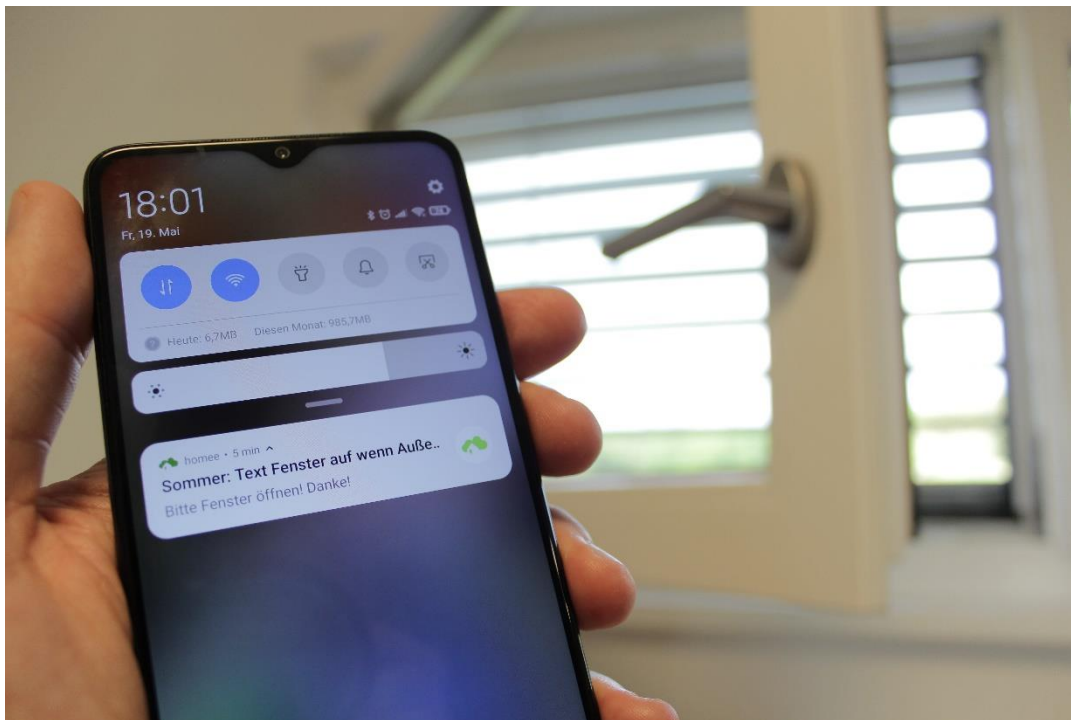


Abbildung 18: Push-Benachrichtigung wenn die Fenster zur Nachlüftung zu öffnen sind

5.2 Allgemeine Anwendbarkeit zur teilautomatisierten Nachlüftung

Die Regelung der teilautomatisierten Nachlüftung in Smart Home Systemen, wie am Beispiel EFH Doczekal dargestellt, bietet wertvolle Ansatzpunkte für die Gestaltung ähnlicher Systeme. Hier sind einige Schlüsselpunkte, die für die Regelung von Smart Home Systemen allgemein anwendbar sein könnten:

Nutzerinteraktion und -information: Ein wesentliches Element ist die direkte Kommunikation mit den Nutzer*innen durch Push-Nachrichten. Dies fördert die Interaktion und informiert die Nutzerinnen über den optimalen Zeitpunkt zum Lüften. Eine ähnliche Benachrichtigungsfunktion sollte in anderen Systemen implementiert werden, um die Effizienz der manuellen Tätigkeit zu erhöhen.

Automatisierte Datennutzung: Die Verwendung von Echtzeit-Wetterdaten zur Steuerung der Lüftungsanweisungen ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Andere Smart Home Systeme sollten ebenfalls externe Datenquellen wie Wetterdaten nutzen, um die Entscheidungen zur Lüftung zu optimieren.

Adaptive Regelparameter: Die Festlegung spezifischer Temperaturgrenzen (hier 23 °C für das Öffnen und 21 °C für das Schließen der Fenster) ist ein gutes Beispiel für die Anpassung an lokale klimatische Bedingungen. Diese Grenzwerte sollten in anderen Systemen anhand lokaler Wetterbedingungen und Nutzerpräferenzen anpassbar sein.

Benutzerfreundlichkeit: Die Regelung sollte einfach und verständlich gestaltet sein, damit die Nutzer*innen die Anweisungen leicht umsetzen können. Eine intuitive Benutzeroberfläche und klare Anweisungen sind daher essentiell.

Flexibilität und Individualisierung: Obwohl automatisierte Systeme viele Vorteile bieten, ist es wichtig, dass Nutzer*innen die Möglichkeit haben, Einstellungen anzupassen oder manuell zu intervenieren, falls dies erforderlich ist.

Datenschutz und Sicherheit: Da Smart Home Systeme oft sensible Daten verwenden und über das Internet gesteuert werden, müssen Datenschutz und Sicherheit gewährleistet sein. Dies umfasst sichere Datenübertragung und -speicherung sowie den Schutz der Privatsphäre der Nutzer*innen.

Energieeffizienz: Durch die Optimierung der Lüftungszeiten kann nicht nur der Wohnkomfort verbessert, sondern auch Energie eingespart werden. Dies sollte ein zentrales Ziel in der Entwicklung von Smart Home Regelungen sein.

Feedback und Lernfähigkeit: Die Systeme sollten in der Lage sein, aus den Nutzerreaktionen zu lernen und sich selbst zu optimieren. Dies könnte durch die Analyse der Nutzungsdaten und Anpassung der Regelparameter geschehen.

Integration mit anderen Smart Home Komponenten: Die Lüftungsregelung sollte idealerweise mit anderen Smart Home Funktionen (wie Heizung und Klimaanlage) integriert werden, um eine umfassende Haustechniksteuerung zu ermöglichen.

Nachhaltigkeit und Umweltaspekte: Bei der Entwicklung und Implementierung von Smart Home Systemen sollte der Fokus auch auf Nachhaltigkeit und Umweltaspekte gelegt werden, beispielsweise durch die Verwendung umweltfreundlicher Materialien und Technologien.

5.3 Regelung der automatisierten Beschattung

Im EFH Doczekal wird die automatisierte Beschattung durch ein Smart Home System realisiert, das mithilfe von Aktoren der Firma Fibaro gesteuert wird (Abbildung 19). Diese Aktoren nutzen die z-wave Funktechnologie, um mit dem Smart Home System zu kommunizieren. Ein wesentlicher Vorteil dieser Lösung ist die Möglichkeit, die Aktoren nachträglich in Unterputzdosen zu integrieren, was eine flexible Installation ermöglicht. Die vorhandenen Taster für den Handbetrieb bleiben dabei weiterhin funktionsfähig, was den Nutzer*innen eine zusätzliche manuelle Steuerungsoption bietet.

Die Steuerung der Außenjalousien im EFH Doczekal erfolgt automatisiert und berücksichtigt dabei sowohl die Uhrzeit als auch den Sonnenstand. Dies ermöglicht eine effiziente Regulierung des solaren Wärmeeintrags in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit. Besonders hervorzuheben ist die Berücksichtigung des Sonnenauf- und -untergangs, wodurch die Beschattung dynamisch an den wechselnden Sonnenverlauf über die Monate angepasst wird. Zudem gibt es spezielle Programme für den Sommer- und Winterbetrieb, die im Sommer das Eindringen von Sonnenstrahlen minimieren und im Winter die Sonne als natürliche Wärmequelle nutzen.

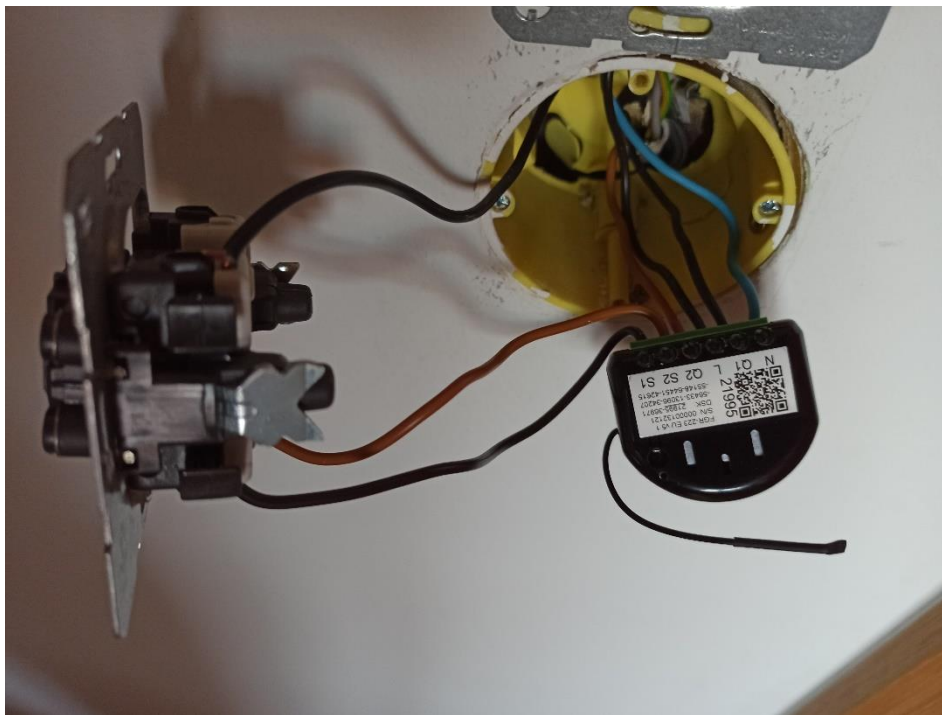


Abbildung 19: Aktor (Fibaro Roller Shutter 3) wird zur automatisierten Steuerung der Außenjalousie zwischen Handtaster und Stellantrieb geklemmt

Nun zu den allgemeinen Punkten, die für Smart Home Systeme zur Beschattung wichtig sind:

Anpassung an Sonnenstand und Uhrzeit: Wie im EFH Doczekal umgesetzt, sollten Smart Home Systeme zur Beschattung den Sonnenstand und die Uhrzeit berücksichtigen, um den solaren Wärmeeintrag effizient zu steuern.

Sommer- und Winterbetriebsmodi: Die Implementierung verschiedener Betriebsmodi für Sommer und Winter maximiert die Energieeffizienz, indem sie im Sommer vor Wärme schützt und im Winter die Sonnenenergie nutzt.

Außenliegende Verschattungsmöglichkeiten: Diese sind effektiver als innenliegende Maßnahmen, da sie den Wärmeeintrag bereits vor dem Eindringen ins Gebäude reduzieren.

Flexibilität und manuelle Steuerungsoptionen: Neben der Automatisierung ist es wichtig, dass Nutzer*innen weiterhin die Möglichkeit haben, die Beschattung manuell zu steuern.

Integration mit anderen Smart Home Funktionen: Die Beschattungssteuerung sollte idealerweise mit anderen Smart Home Systemen, wie der Heizungs- und Lüftungssteuerung, verbunden sein.

Wartungsfreundlichkeit und Langlebigkeit: Die verwendeten Komponenten sollten wartungsfreundlich und langlebig sein, um eine dauerhafte Funktionalität zu gewährleisten.

Datenschutz und Sicherheit: Wie bei allen Smart Home Systemen muss der Datenschutz und die Sicherheit der Nutzerdaten gewährleistet sein.

Integration mit Wettervorhersage-Systemen: Eine Verknüpfung mit Wettervorhersage-Diensten kann die Beschattung weiter optimieren.

5.4 Steuerung der Klimaspitanlage in Kombination mit der PV-Anlage

Die Steuerung der Klimaanlage in Kombination mit einer Photovoltaikanlage ist ein wesentlicher Aspekt für effizientes Energiemanagement im EFH Doczekal (kein Batteriespeicher vorhanden). Der Grundgedanke ist die Nutzung des selbst erzeugten PV-Stroms für den Betrieb der Klimaanlage, was nicht nur kosteneffizient ist, sondern auch zur Nachhaltigkeit beiträgt. Die Klimaanlage sollte daher vorwiegend während der Zeiten in Betrieb sein, in denen die PV-Anlage die höchste Stromproduktion aufweist, typischerweise zwischen 9 Uhr morgens und 17 Uhr abends (Abbildung 22).

Während dieser Tageszeit ist die Sonneneinstrahlung am intensivsten, wodurch die PV-Anlage den größten Teil des benötigten Stroms für die Klimaanlage liefern kann. Dies trägt dazu bei, den Eigenstromanteil zu erhöhen und die Abhängigkeit vom öffentlichen Stromnetz zu verringern. Eine solche Vorgehensweise reduziert die Spitzenlast im Stromnetz, was besonders während der Hochlastzeiten im Sommer von großer Bedeutung ist.

Vor 9 Uhr oder nach 17 Uhr wird die Klimaanlage wahrscheinlich Strom aus dem Netz beziehen müssen, da die PV-Anlage weniger oder keinen Strom produziert. Deshalb ist es sinnvoll, die Betriebszeiten der Klimaanlage auf den Zeitraum zu beschränken, in dem PV-Strom verfügbar ist. Im EFH Doczekal wurde durch diese Strategie erreicht, dass in den Jahren 2022 und 2023 bis zu 91% des für die Klimaanlage benötigten Stroms durch die PV-Anlage (Abbildung 20) gedeckt werden konnten.



Abbildung 20: 5 kWp PV-Anlage am EFH Doczekal

Die Steuerung der Klimaanlage (Abbildung 21) kann über eine App ermöglicht werden, die den Nutzer:innen eine flexible Fernsteuerung bietet. So kann beispielsweise das Kühlen des Hauses bereits um 15 Uhr beginnen und bis 17 Uhr fortgesetzt werden, um das Haus angenehm kühl zu halten, wenn die Bewohner:innen von der Arbeit heimkehren.



Abbildung 21: Klimaspplitgerät im EFH Doczekal zur zentralen Kühlung des Wohnbereichs

Darüber hinaus bietet die Verwendung eines Energiemanagers mit Smart Grid-Schnittstelle eine weitere Möglichkeit, den Verbrauch von PV-Strom zu maximieren. Dieses Gerät kann die Klimaanlage so steuern, dass sie vorrangig dann betrieben wird, wenn ausreichend Überschussstrom zur Verfügung steht, was eine noch effizientere Nutzung der eigenen Energieproduktion ermöglicht.

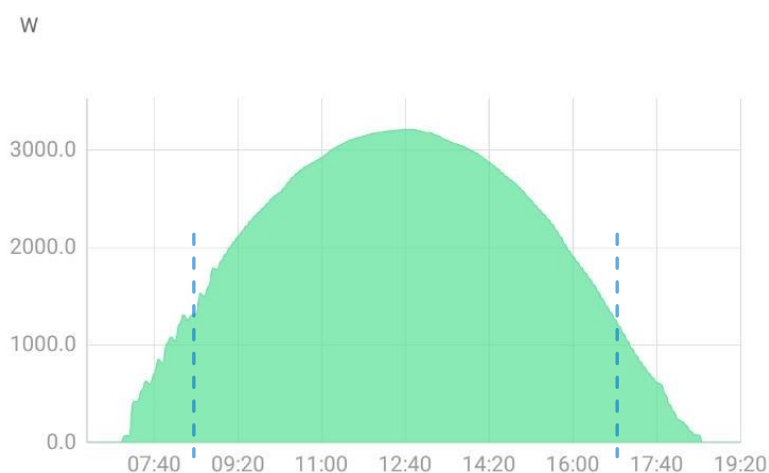


Abbildung 22: Es ist sinnvoll die Betriebszeiten der Klimaanlage zu begrenzen, wie hier im EFH Doczekal

Allgemein gültige Punkte für die Kombination einer Klimaanlage mit einer PV-Anlage aber ohne Batteriespeicher:

Maximierung der Eigenstromnutzung: Durch die Synchronisation der Betriebszeiten der Klimaanlage mit den Produktionszeiten der PV-Anlage kann der Eigenverbrauch des erzeugten Stroms maximiert werden.

Reduzierung der Netzbelastung: Ein solches System trägt dazu bei, die Belastung des öffentlichen Stromnetzes zu reduzieren, insbesondere während der Spitzenlastzeiten.

Flexible Steuerung: Die Möglichkeit der Fernsteuerung über eine App und der Einsatz von Energiemanagern mit Smart Grid-Schnittstellen erhöht die Flexibilität und Effizienz der Systemnutzung.

Nachhaltigkeit: Die Nutzung von PV-Strom zur Kühlung reduziert die CO₂-Emissionen und fördert die Nachhaltigkeit des Energieverbrauchs im Gebäude.

Kostenersparnis: Langfristig führt die Nutzung von PV-Strom zur Kostenreduktion bei den Stromrechnungen.

Anpassungsfähigkeit: Die Systeme sollten anpassungsfähig sein, um auf wechselnde Wetterbedingungen und Stromproduktionsmuster reagieren zu können.

Diese Punkte verdeutlichen, dass die intelligente Kombination einer Klimaanlage mit einer PV-Anlage eine zukunftsorientierte Lösung darstellt, die sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile bietet.

Durch die Installation eines Batteriespeichers, könnte die Eigendeckung weiter gesteigert bzw. die potenzielle Laufzeit der Kühlgeräte verlängert werden. Die Investition in einen Batteriespeicher ist jedoch mit Investitionskosten verbunden. Darüber hinaus fallen für die Be- und Entladung des Batteriespeichers Verluste an, sodass der direkte Eigenverbrauch (ohne Speicher) auch aus energetischer Sicht zu bevorzugen ist.

6 Guttomat-Steuerung der Nachtlüftung

Bei Guttomat, einem Produktionsbetrieb für Decken-Sektionaltore, Kipptore und Industrietore, kommt es in den Sommermonaten aufgrund der baulichen Gegebenheiten und großen Fensterflächen in gewissen Produktionshallen zu starker Überhitzung bedingt durch die direkte Sonnenstrahlung sowie durch den Wärmeeintrag über die Dachflächen. Um hierfür Abhilfe zu schaffen, wurde ein Konzept aufgegriffen, dass das bereits vorhandene Brandlüftungssystem (Rauch- und Wärmeabzug) der Firma Colt für die Nutzung natürlicher Lüftung ermöglichen soll. Das Colt Brandlüftungssystem bei Guttomat besteht aus Lamellen- und Haubenlüftern. Neben der Brandlüftungsfunktion (automatischen Rauch- und Wärmeabzug) soll das System eine natürliche Lüftung, durch Nutzung der thermischen Belastung innerhalb eines Gebäudes in Abhängigkeit von Druck- oder Temperaturdifferenz, ermöglichen.

6.1 Messaufbau Temperaturprofil

Im ersten Schritt wurde das Temperaturprofil der Produktionshalle in den Sommermonaten aufgezeichnet. Hierfür wurde ein Messkoffer mit einer Universalregel genutzt, sowie Temperatur- und Feuchtefühler installiert. Die Verteilung der Fühler wurde über die gesamte Hallenhöhe realisiert (siehe Abbildung 23). Die Aufnahme des Temperaturprofil wurde am 31.5.2022 mit einer Samplerate von 5 min gestartet. Einen Auszug des Temperaturprofils aus den Datenaufzeichnungen für einen heißen Sommertag ist in Abbildung 24 angeführt.



Abbildung 23: Messaufbau Temperaturprofil, Verteilung der Sensoren

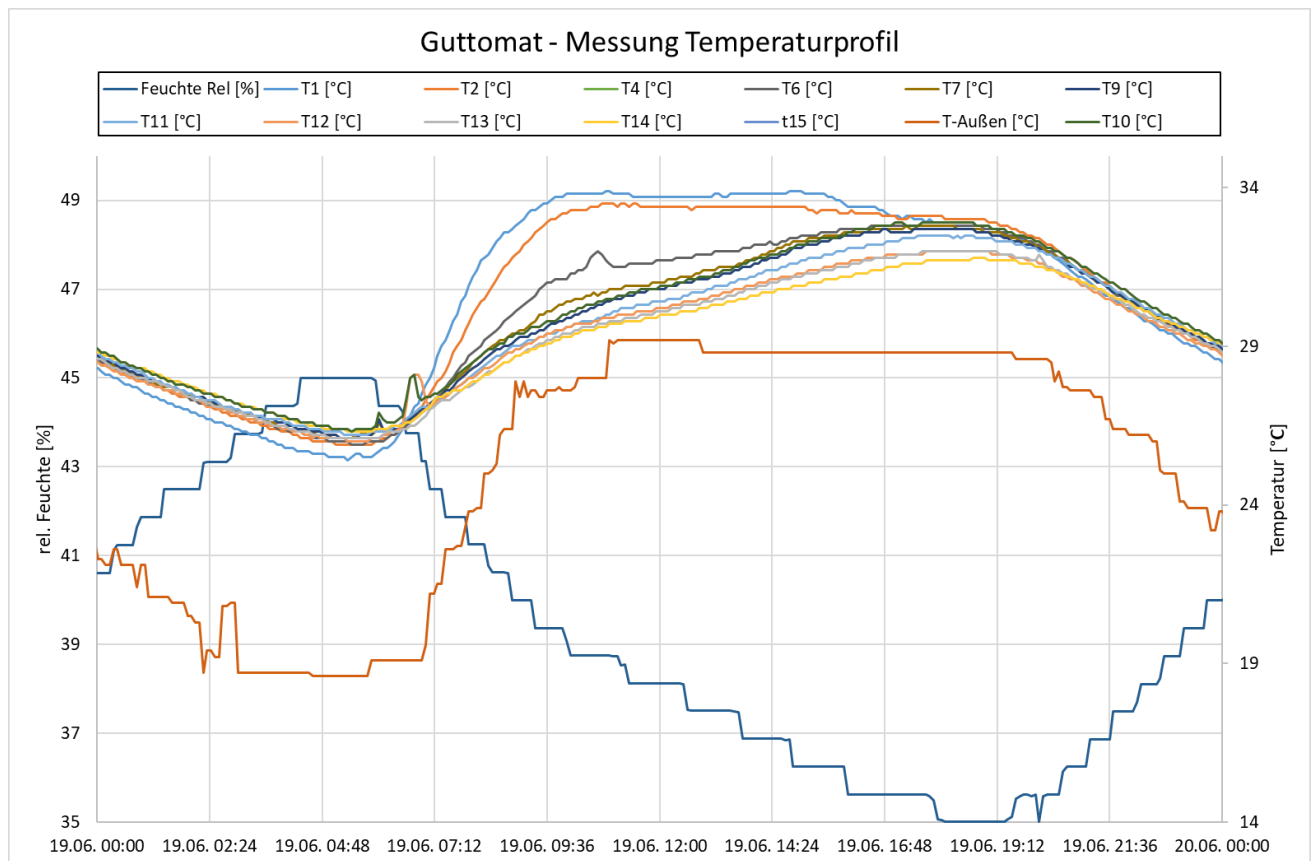


Abbildung 24: Temperaturprofil Produktionshalle Guttomat

Es ist klar ersichtlich, dass die Temperaturen in der Halle an diesem Tag permanent über der Außenlufttemperatur liegen. Dabei werden Temperaturen deutlich über 33 °C erreicht. Weiters fällt auf, dass die Minimaltemperatur in der Halle in den Nachtstunden nie unter 25 °C fällt, obwohl die Außentemperatur bei ca. 19 °C liegt. Mittels Nachtlüftung bestünde also an diesem Beispieltag das Potential die Temperatur in der Halle über Nacht auf 19 °C zu senken.

6.2 Test der Nachtlüftungsfunktion

In einem zweiten Schritt wurde zu Testzwecken unter Absprache mit der Firma Guttomat und Colt in die Steuerung eingegriffen und die Nachtlüftung unter Rücksichtnahme der eigentlichen RWA-Funktion realisiert.

Für diesen Test wurden Lamellenöffnungen, welche einen Luftströmungskurzschluss verursachen außeracht gelassen, da hierfür keine Auftrennung im RWA-Schaltschrank vorhanden ist. Bei einer technisch einwandfreien Umsetzung muss dies beachtet werden, um eine passende Querlüftung zu erreichen. Für einen ersten Test wurden alle Sektionen der Lamellenöffnungen und Hauben-Klappen über eine Zeitschaltuhr Funktion (Abbildung 26) des Reglers in der Nacht geöffnet und früh morgens geschlossen. Die RWA-Zentrale verfügt hierfür über einen potentialfreien Kontakt. Zusätzlich wurde ein Regensensor installiert, welcher die Öffnungsfunktion bzw. Zeitschaltuhrfunktion der Nachtlüftung überschreibt. Die Aufnahme des

Temperaturprofil mit Nachlüftungsfunktion wurde am 23.6.2022 mit einer Samplerate von 5 min gestartet.

Nacht-Lüftungsfunktion über die Rauchgasklappen und Steuerkontakt der RWA Zentrale



Abbildung 25 Rauchgasklappen und RWA-Zentrale

Steuerung Nachlüftung über Pot.-freien Kontakt 4 und 5

Anschlüsse, Einstellung und Anzeigeelemente

Zeitprogramm Zurück aktualisieren

1	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
2	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So

Zeitprogramm 1	Zeitprogramm 2
1. 22:14 - 22:16	1. 00:00 - 00:00
2. 23:58 - 24:00	2. 00:00 - 00:00
3. 02:00 - 02:01	3. 00:00 - 00:00

Abbildung 26: Steuerung der Nachlüftungs-Funktion und Zeitprogramm

Um eine möglichst optimale Regelung der Nachlüftung zu erreichen, sollte neben der Zeitsteuerung der Lamellenöffnungen auch eine Differenztemperatursteuerung auf Basis der Innen- und Außentemperatur implementiert werden. Einen weiteren Vorteil könnte darüber hinaus noch die Integration zusätzlicher Strahlungssensoren bringen.

6.3 Ergebnisse der Nachlüftungsfunktion bei Firma Guttomat

Durch die Aufzeichnung des Temperaturprofils in der Produktionshalle der Firma Guttomat konnte gezeigt werden, dass es aufgrund der baulichen Gegebenheiten zur sommerlichen Überhitzung mit Temperaturen über 34 °C kommt.

Beim Testen der Nachlüftungsfunktion sind kleinere Probleme aufgrund des Regensensors, sowie aufgrund von Störungen bei der RWA-Zentrale (Meldekontakt) aufgetreten, was zu falschen Schalthandlungen führte. Dadurch wurden die Nachtöffnungszeiten zum Teil nicht eingehalten. Des Weiteren sind auch noch

Sektionaltore und Lamellenöffnungen, welche zum Teil einen Luftströmungskurzschluss verursachen in die gemeinsame Linie der RWA-Zentrale eingebunden. Die Ergebnisse zeigen trotz dieser Einschränkungen eine deutliche Verbesserung der Halleninnentemperatur in den Morgenstunden. Mittels Nachtlüftungsfunktion konnte aufgrund der kühlen Nachttemperaturen (12.7.2022 um 22 Uhr) eine Senkung der Halleninnentemperatur (Mittelwert) von 27°C auf 20°C am 13.7.2022 um 6 Uhr erreicht werden. Laut den betroffenen Personen hat der Test der Nachtlüftungsfunktion eine merkliche Verbesserung bzw. Verschiebung der Spitzentemperaturen um etwa 2 Stunden Richtung Abend gebracht. Einen Auszug des Temperaturprofils aus den Datenaufzeichnungen ist in Abbildung 27 zu finden.

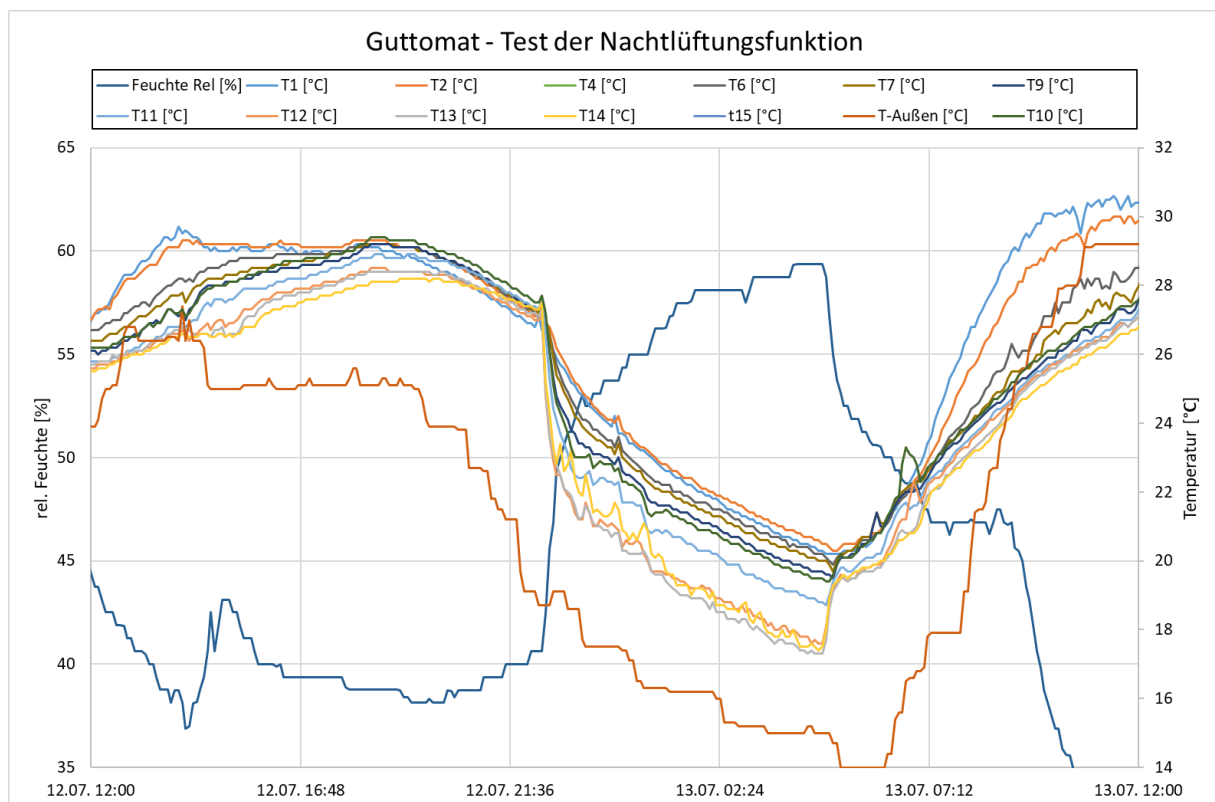


Abbildung 27: Temperaturprofil mit Nachtlüftungsfunktion Produktionshalle Guttomat

Für die Nacht von 21. auf 22. Juli 2022 wurden jeweils die Temperaturen der Außenluft (grün markierter Graph) und die Temperatur der Produktionshalle (rot markierter Graph) gemessen. Am orange markierten Pfeil ist ein deutlicher Abfall der Temperatur in der Produktionshalle zu erkennen. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Klappen der Brandrauchentlüftung geöffnet.

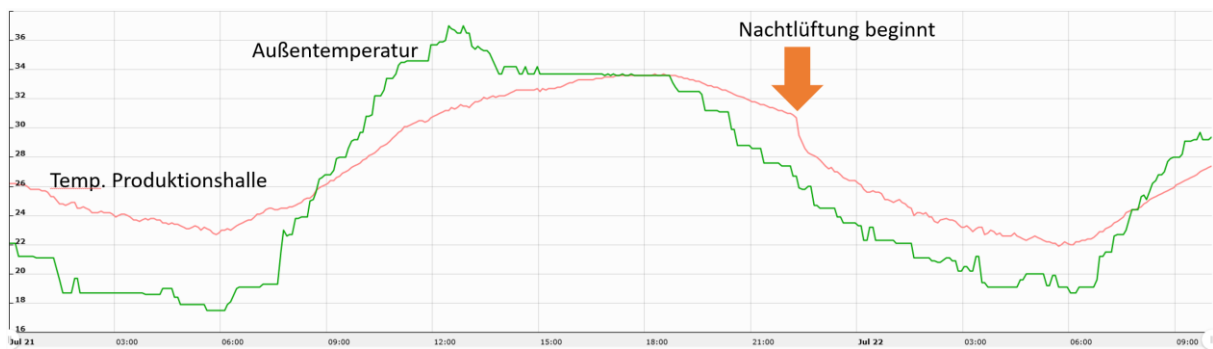


Abbildung 28: Messung im Pilotbetrieb der Brandrauchentlüftung (Ansteuerung mit Messkoffer)

In Abbildung 29 ist die Messung der Raumlufttemperatur während des Testbetriebs ersichtlich. Die Graphen kennzeichnen die verschiedenen Höhen der Sensoren. Die dargestellte Messung erfolgte zwischen 27.06.2022 und 03.07.2022. Es ist erkennbar, dass sich die Tageshöchsttemperaturen bezogen auf alle Messstellen mit verschiedener Höhe zwischen 33 °C und 36,5 °C befinden. Eine Temperatur von 26,5 °C wird in der Nacht nicht unterschritten. Der rot markierte Pfeil kennzeichnet den Beginn der Nachtlüftung. Ungeachtet der gemessenen Außentemperatur lässt sich ein rasch eintretender Nutzen erkennen. In der Nacht konnte die Halle auf 22°C gekühlt werden. Das sind 4,5 K weniger als ohne Nachtlüftung. Am Folgetag steigt die Temperatur zumindest nur noch auf 32,5 °C. Verglichen mit der Temperatur ohne Nachtlüftung ist das eine Verbesserung von 4 K.

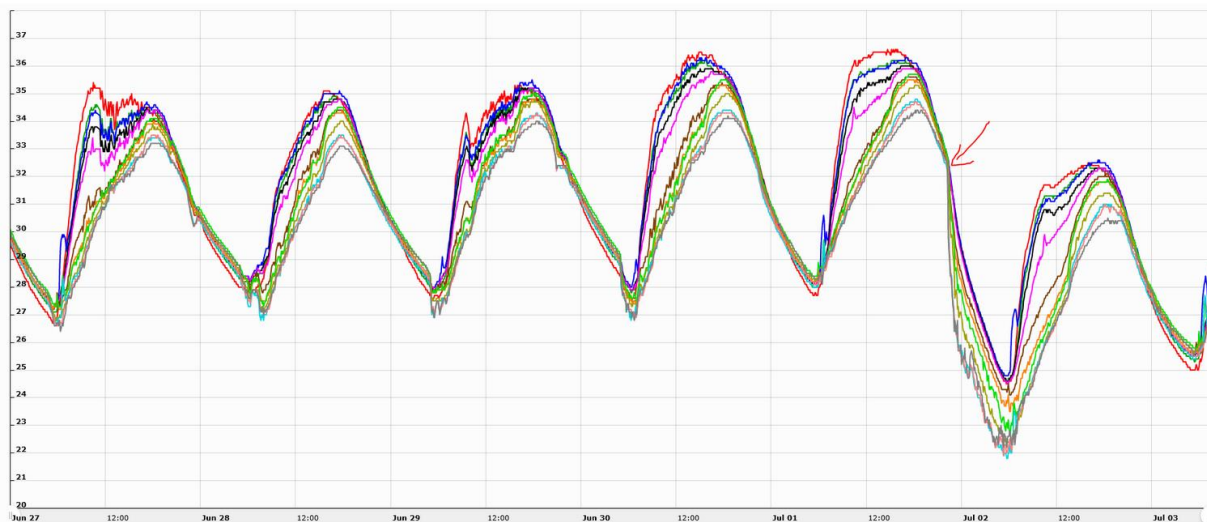


Abbildung 29: Messung der Raumlufttemperatur während des Testbetriebs