

# WERKBANK

## Sektorenkopplung

### Abschlussbericht

#### Optimierung des Eigenverbrauchs einer Photovoltaik-Anlage am Beispiel des Brauhaus Wilshaus



Abbildung: Hausansicht, Brauanlage und Tiefkühlhaus (Foto: Werkbank Sektorenkopplung)

Bitte zitieren als:

Hochschule Hamm-Lippstadt | Werkbank Sektorenkopplung (2026): Abschlussbericht Brauhof Wilshaus

Autoren: Dipl. Ing. (FH) Jan Lebek, Dipl. Ing. Andreas Lutters

## Impressum

Hochschule Hamm-Lippstadt  
Institut für Sektorenkopplung in der Energiewirtschaft (IfSK)  
Werkbank Sektorenkopplung  
Marker Allee 76-78, 59063 Hamm  
E-Mail: sektorenkopplung@hshl.de  
Telefon: +49 2381 8789-496  
Internet: <https://werkbanksektorenkopplung.de>

Hamm, Februar 2026

## Haftungshinweis

Die Hochschule Hamm-Lippstadt kann für in diesem Bericht getätigten Berechnungen, Aussagen und Bewertungen weder haftbar gemacht, noch können Schadenersatzansprüche bei tatsächlichen Abweichungen in einem späteren realen Betrieb geltend gemacht werden. Für eine detaillierte technische Beratung einschließlich der aktuellen Fördermöglichkeiten sowie eine vertiefte Analyse und Planung für die Umsetzung der in dieser Untersuchung betrachteten Maßnahmen wird empfohlen, ein qualifiziertes Fachunternehmen oder eine Energieberaterin/einen Energieberater einzubinden.

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Impressum .....</b>                                                                                                  | <b>2</b>  |
| <b>Haftungshinweis .....</b>                                                                                            | <b>2</b>  |
| <b>Inhaltsverzeichnis.....</b>                                                                                          | <b>3</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>                                                                                       | <b>5</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis .....</b>                                                                                        | <b>6</b>  |
| <b>1. Einleitung.....</b>                                                                                               | <b>7</b>  |
| <b>2. Zusammenfassung der Ergebnisse .....</b>                                                                          | <b>7</b>  |
| <b>3. Simulationsbericht: Optimierung des Eigenverbrauchs einer PV-Anlage am Beispiel des Brauhof<br/>Wilshaus.....</b> | <b>10</b> |
| <b>3.1. Einleitung.....</b>                                                                                             | <b>10</b> |
| <b>3.2. Ausgangssituation .....</b>                                                                                     | <b>10</b> |
| <b>3.3. Aufgabenstellung .....</b>                                                                                      | <b>11</b> |
| <b>3.4. Lastgang .....</b>                                                                                              | <b>11</b> |
| <b>3.5. Szenario 0: Baseline .....</b>                                                                                  | <b>13</b> |
| PV-Anlage .....                                                                                                         | 13        |
| Kabel .....                                                                                                             | 13        |
| Ergebnisse.....                                                                                                         | 14        |
| <b>3.6. Szenario 1: Umverteilung der PV-Module .....</b>                                                                | <b>14</b> |
| PV-Anlage und Ergebnisse.....                                                                                           | 16        |
| <b>3.7. Szenario 2: Integration eines Batteriespeichers .....</b>                                                       | <b>17</b> |
| Ergebnisse.....                                                                                                         | 18        |
| <b>3.8. Zusammenfassung der Ergebnisse.....</b>                                                                         | <b>19</b> |

|                                                                                                                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. Erweiterung Simulationsbericht: Ergänzung einer 18 kWp PV-Anlage + 22 kWh Batteriespeicher...</b>                                                                          | <b>19</b> |
| <b>4.1. Ausgangssituation .....</b>                                                                                                                                              | <b>19</b> |
| <b>4.2. Aufgabenstellung .....</b>                                                                                                                                               | <b>20</b> |
| <b>4.3. Szenario 3a: 18 kWp PV-Anlage .....</b>                                                                                                                                  | <b>20</b> |
| PV-Anlage .....                                                                                                                                                                  | 20        |
| Kabel .....                                                                                                                                                                      | 21        |
| Ergebnisse.....                                                                                                                                                                  | 21        |
| <b>4.4. Szenario 3b: 18 kWp PV-Anlage + 22 kWh Batteriespeicher .....</b>                                                                                                        | <b>22</b> |
| PV-Anlage .....                                                                                                                                                                  | 22        |
| Batterie .....                                                                                                                                                                   | 22        |
| Kabel .....                                                                                                                                                                      | 22        |
| Ergebnisse.....                                                                                                                                                                  | 23        |
| <b>4.5. Zusammenfassung der Ergebnisse .....</b>                                                                                                                                 | <b>23</b> |
| <b>5. Messbericht: Beurteilung des Potenzials zur Erhöhung des Eigenverbrauchs der PV-Anlage durch eine zeitliche Verschiebung des Verbrauchs der Brauanlage .....</b>           | <b>24</b> |
| <b>5.1. Aufgabenstellung .....</b>                                                                                                                                               | <b>24</b> |
| <b>5.2. Messaufbau .....</b>                                                                                                                                                     | <b>24</b> |
| <b>5.3. Messergebnisse .....</b>                                                                                                                                                 | <b>25</b> |
| <b>5.4. Zusammenfassung der Ergebnisse .....</b>                                                                                                                                 | <b>26</b> |
| <b>5.5. Abschließende Beurteilung des Potenzials zur Erhöhung des Eigenverbrauchs der eigenen PV-Anlage .....</b>                                                                | <b>26</b> |
| <b>Anhänge: Graphen .....</b>                                                                                                                                                    | <b>26</b> |
| <b>6. Messbericht: Beurteilung des Potenzials zur Erhöhung des Eigenverbrauchs der PV-Anlage durch Absenkung der Temperaturen der Tiefkühlung beim „Brauhaus Wilshaus“ .....</b> | <b>32</b> |
| <b>6.1. Aufgabenstellung .....</b>                                                                                                                                               | <b>32</b> |
| <b>6.2. Messaufbau .....</b>                                                                                                                                                     | <b>32</b> |

|                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Messergebnisse.....                                                                                      | 34        |
| Leistung der Tiefkühlanlage in Abhängigkeit zur Außentemperatur .....                                    | 35        |
| <b>6.3. Zusammenfassung der Ergebnisse.....</b>                                                          | <b>36</b> |
| <b>6.4. Abschließende Beurteilung des Potenzials zur Erhöhung des Eigenverbrauchs der PV-Anlage.....</b> | <b>36</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Abbildung 2: Draufsicht Anwesen (Foto: Google Maps, 28.08.2025) .....</i>                                                                                    | <i>10</i> |
| <i>Abbildung 3: Lastgang Wilshaus über 356 Tage (10 Minuten Werte) .....</i>                                                                                    | <i>12</i> |
| <i>Abbildung 4: Darstellung des Lastgang Wilshaus in PV*Sol.....</i>                                                                                            | <i>12</i> |
| <i>Abbildung 5: Darstellung der heutigen PV-Anlage in PV*Sol.....</i>                                                                                           | <i>13</i> |
| <i>Abbildung 6: Darstellung der Verkabelung in PV*Sol .....</i>                                                                                                 | <i>13</i> |
| <i>Abbildung 7: Hausverbrauch über den Tagesverlauf je Wochentag .....</i>                                                                                      | <i>14</i> |
| <i>Abbildung 8: Einspeisung über den Tagesverlauf je Wochentag .....</i>                                                                                        | <i>15</i> |
| <i>Abbildung 9: Darstellung der modifizierten PV-Anlage in PV*Sol. Von den 40 Modulen auf der Ostseite sind 14 Module auf die Westseite verlegt worden.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Abbildung 9: Einspeisung je Tag als Histogramm .....</i>                                                                                                     | <i>17</i> |
| <i>Abbildung 10: Draufsicht Anwesen (Foto: Google Maps, 28.08.2025) .....</i>                                                                                   | <i>19</i> |
| <i>Abbildung 11: Darstellung der erweiterten PV-Anlage in PV*Sol .....</i>                                                                                      | <i>20</i> |
| <i>Abbildung 12: Verwendeter Wechselrichter der erweiterten PV-Anlage in PV*Sol .....</i>                                                                       | <i>21</i> |
| <i>Abbildung 13: Anbindung der Batterie an den neuen Wechselrichter.....</i>                                                                                    | <i>22</i> |
| <i>Abbildung 14: Installationsort der Messzangen .....</i>                                                                                                      | <i>24</i> |
| <i>Abbildung 15: Verwendete IfSK Sensoren (laufenden Nummer 4, 6 und 13).....</i>                                                                               | <i>25</i> |
| <i>Abbildung 16: Messwerte 30.10.....</i>                                                                                                                       | <i>27</i> |
| <i>Abbildung 17: Messwerte 16.11.....</i>                                                                                                                       | <i>28</i> |

|                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Abbildung 18: Messwerte 30.11.....                                                                     | 29        |
| Abbildung 19: Messwerte 13.12.....                                                                     | 30        |
| Abbildung 20: Messwerte 15.12.....                                                                     | 31        |
| <i>Abbildung 21: Installationsort der Messzangen .....</i>                                             | <i>32</i> |
| <i>Abbildung 22: Verbaute Tiefkühlanlage .....</i>                                                     | <i>33</i> |
| <i>Abbildung 23: Messdaten der Tiefkühlanlage vom 10.10. (warmer Tag) und 26.10. (kalter Tag).....</i> | <i>34</i> |
| <i>Abbildung 24: Mittlere Leistungsaufnahme bezogen auf die Außentemperatur.....</i>                   | <i>35</i> |
| <i>Abbildung 25: Netzeinspeisung in Abhängigkeit zur Außentemperatur.....</i>                          | <i>36</i> |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tabelle 1: Übersicht der Ergebnisse der unterschiedlichen Szenarien .....                                                 | 8         |
| Tabelle 2: Übersicht der Ergebnisse zur Lastverschiebung .....                                                            | 9         |
| <i>Tabelle 1: Vergleich der realen Messwerte mit den Simulationsergebnissen der PV-Anlage in PV*Sol .....</i>             | <i>14</i> |
| <i>Tabelle 4: Erweiterter Vergleich der realen Messwerte mit den Simulationsergebnissen der PV-Anlage in PV*Sol .....</i> | <i>16</i> |
| <i>Tabelle 5: Vergleich der Daten für drei Batteriegrößen .....</i>                                                       | <i>18</i> |
| <i>Tabelle 6: Vergleich der realen Messwerte mit den Simulationsergebnissen der PV-Anlage in PV*Sol .....</i>             | <i>21</i> |
| <i>Tabelle 7: Vergleich der realen Messwerte mit den Simulationsergebnissen der PV-Anlage in PV*Sol .....</i>             | <i>23</i> |
| Tabelle 8: Übersicht der Messergebnisse.....                                                                              | 25        |

## 1. Einleitung

Diese Analyse wurde im Rahmen des Projekts „Werkbank Sektorenkopplung“ erstellt, das durch das *Institut für Sektorenkopplung in der Energiewende (IfSK) der Hochschule Hamm-Lippstadt (HSHL)* durchgeführt wird. Die Zielsetzung des Projektes Werkbank Sektorenkopplung besteht darin, die bestehenden und nach wie vor in wesentlichen Teilen fossil und getrennt voneinander betriebenen Sektoren Strom, Wärme und Mobilität mithilfe von Technologien der Sektorenkopplung intelligent und klimafreundlich zu vernetzen. Dies soll durch einen wechselseitigen Wissens- und Technologietransfer zwischen der Hochschule Hamm-Lippstadt, dem IfSK und den unterschiedlichen Nutzungsgruppen und Marktakteuren in der Region der kreisfreien Stadt Hamm sowie den umliegenden Landkreisen Warendorf, Soest und Unna geschehen.

## 2. Zusammenfassung der Ergebnisse

Diese Zusammenfassung bündelt die Ergebnisse der verschiedenen Mess- und Simulationsberichte zur Optimierung der Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) hinsichtlich des Eigenverbrauchs beim Brauhaus Wilshaus.

### Ausgangssituation

- Der Brauhaus Wilshaus verfügt über eine 30 kWp PV-Anlage (Ost-West-Ausrichtung) und einen jährlichen Strombedarf von ca. 76.000 kWh.
- Die Anlage deckt derzeit real etwa 25 % des Eigenbedarfs, wobei ca. 78 % der erzeugten Energie direkt selbst verbraucht werden.
- Die Simulation zeigt, dass die Einspeisung von Überschüssen über den Tag verteilt erfolgt, jedoch an Betriebstagen zwischen 12 und 15 Uhr geringer ausfällt.

### Optimierung der bestehenden Anlage (30 kWp)

- Umverteilung der Module (Szenario 1): Durch das Versetzen von 14 Modulen von der Ost- auf die Westseite (Verhältnis 26:54) könnte der Eigenverbrauch um ca. 3 % gesteigert werden.
- Integration eines Batteriespeichers (Szenario 2):
  - Ein 10 kWh Speicher erhöht die Eigenverbrauchsquote auf 84 %.
  - Ein 20 kWh Speicher führt zu 89 %.
  - Ein 30 kWh Speicher erreicht 92,2 % Eigenverbrauch.
  - Wirtschaftlichkeit: Kleinere Speicher sind tendenziell wirtschaftlicher, da sie häufiger geladen und entladen werden; ein 30 kWh Speicher kostet das Dreifache eines 10 kWh Speichers, vermeidet aber nur 135 % mehr Einspeisung.

#### Erweiterung der Anlage (Zusätzliche 18 kWp + Speicher)

- Zusätzliche PV-Leistung (Szenario 3a): Eine Erweiterung um 18 kWp auf der Westseite steigert die Erzeugung um ca. 15.087 kWh/a. Der absolute Eigenverbrauch steigt zwar um 6.284 kWh, die Eigenverbrauchsquote sinkt jedoch auf 64 %, da der überwiegende Teil des zusätzlich erzeugten Stroms eingespeist wird.
- Erweiterung + 22 kWh Speicher (Szenario 3b): In Kombination mit einer 22 kWh Batterie steigt der Eigenverbrauch im Vergleich zur Baseline um 10.492 kWh. Die zusätzliche Netzeinspeisung durch die Anlagenerweiterung wird dadurch mehr als halbiert.

Tabelle 1: Übersicht der Ergebnisse der unterschiedlichen Szenarien

| Szenario / Maßnahme                              | PV-Erzeugung<br>[kWh/a] | Eigenverbrauch<br>[kWh/a] | Eigenverbrauchs-<br>quote | Netzeinspeisung<br>[kWh/a] |
|--------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Baseline (Bestand 30 kWp, simuliert)             | 24.190                  | 18.769                    | 77,6%                     | 5.421                      |
| Szenario 1: Modulumverteilung (26 Ost / 54 West) | 24.569                  | 19.327                    | 78,7%                     | 5.242                      |
| Szenario 2a: Baseline + 10 kWh Speicher          | 23.976                  | 20.197                    | 84,0%                     | 3.781                      |
| Szenario 2b: Baseline + 20 kWh Speicher          | 23.963                  | 21.376                    | 89,0%                     | 2.587                      |
| Szenario 2c: Baseline + 30 kWh Speicher          | 23.974                  | 22.120                    | 92,2%                     | 1.854                      |
| Szenario 3a: Erweiterung um 18 kWp West          | 39.278                  | 25.053                    | 64,0%                     | 14.225                     |
| Szenario 3b: Erweiterung + 22 kWh Speicher       | 38.761                  | 29.261                    | 76,0%                     | 9.500                      |

#### Potenzial durch Lastverschiebung (Sektorenkopplung)

- Brauanlage: Ein Brauvorgang dauert ca. 12 bis 14,5 Stunden und benötigt 54–60 kWh (Spitzenleistung 10 kW). Da der Verbrauch bereits relativ konstant über den Tag erfolgt, bietet eine zeitliche Verschiebung der Brauzeiten kein nennenswertes Potenzial zur Erhöhung des Eigenverbrauchs.
- Tiefkühlanlage:
  - Sie verbraucht täglich 17–22 kWh.
  - Etwa 20 % der Energie entfallen auf die Abtauvorgänge (alle 4 Stunden für 30 Minuten), die den Kühlbereich unnötig erwärmen.
  - Kältespeicher-Potenzial: Es besteht die Möglichkeit, Überschussstrom zu nutzen, um das Kühlhaus als Kältespeicher von -18 °C auf z. B. -25 °C herunter zu kühlen. Da bei Außentemperaturen über 30 °C ohnehin kaum noch PV-Überschüsse vorhanden sind, ist dieses Potenzial theoretisch gut nutzbar.

Tabelle 2: Übersicht der Ergebnisse zur Lastverschiebung

| Bereich        | Messwerte /<br>Energieverbrauch                          | Potenzial zur Eigenverbrauchsoptimierung                                                                     |
|----------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Brauanlage     | 54 – 60 kWh pro Brauvorgang;<br>Spitzenleistung 10 kW.   | Gering: Das Verbrauchsprofil passt bereits gut zur Erzeugung;<br>Verschiebung bringt kaum Vorteile.          |
| Tiefkühlanlage | 17 – 22 kWh pro Tag; davon ca.<br>10% für Abtauvorgänge. | Hoch: Nutzung als Kältespeicher (Absenkung von -18 °C auf -25<br>°C) bei PV-Überschüssen an moderaten Tagen. |

**Abschließendes Fazit:**

Die effektivsten Maßnahmen zur Steigerung des Eigenverbrauchs sind die Installation eines Batteriespeichers sowie die Nutzung der Tiefkühlanlage als thermischen Speicher. Eine bloße Erweiterung der PV-Fläche ohne Speicher erhöht zwar die Autarkie, führt aber zu einer deutlich höheren Netzeinspeisung.

### 3. Simulationsbericht: Optimierung des Eigenverbrauchs einer PV-Anlage am Beispiel des Brauhoof Wilshaus

#### 3.1. Einleitung

Die Möglichkeit für Gebäudeeigentümer, die benötigte elektrische Energie selber herzustellen, hat in den letzten Jahren viele Eigentümer dazu bewegt, eine PV-Anlage auf dem eigenen Dach installieren zu lassen. Für einen wirtschaftlichen Betrieb ist die richtige Größe und Ausrichtung der Anlage entscheidend, was Eigentümer teils verunsichert. Simulationen können eine genauere Betrachtung von Erzeugung und Verbrauch auf Minutenbasis vorzunehmen und es somit Ermöglichen für den Eigentümer ein wirtschaftlich optimales System auszulegen.

#### 3.2. Ausgangssituation

Die Familie Wilshaus betreibt eine Lastgasthof in Hamm. Seit 2022 ist eine 30kWp PV-Anlage in Ost-West Ausrichtung auf einem Dach installiert.



Abbildung 1: Draufsicht Anwesen (Foto: Google Maps, 28.08.2025)

Bei einem jährlichen Verbrauch von 76 MWh erzeugt die Anlage 25 MWh an elektrischer Energie und könnte somit theoretisch 32% des eigenen Bedarfs decken. Real sind dies aber nur 25%, da trotz des hohen Verbrauchs, die PV-Anlage 21% der erzeugten Energie ins Netz einspeist. Hiermit ist die Familie unzufrieden und würde gerne mehr der Erzeugungsleistung selber verbrauchen.

### **3.3. Aufgabenstellung**

Ziel: Erhöhung des Eigenverbrauchs der PV-Anlage

Für eine Erhöhung des Eigenverbrauchs gibt es grundsätzlich mehrere Möglichkeiten:

- 1.) Anpassung des Verbrauchsverhaltens (z.B. Geräte einschalten, wenn die PV Erzeugung den Verbrauch übersteigt)
- 2.) Anpassung der Erzeugung (z.B. durch Änderung der Ausrichtung der PV-Module)
- 3.) Speichern von überschüssiger Erzeugung für Zeiten mit hohem Verbrauch

Aus Gesprächen mit der Familie ergab sich nur eine geringe Flexibilität beim Verbrauchsverhalten, weshalb dies vorerst als fix angenommen wird.

Betrachtet werden sollen somit zwei konkrete Szenarien:

- 1.) Umverteilung der PV-Module, um die Erzeugung bestmöglich an den Verbrauch anzupassen
- 2.) Integration eines Batteriespeichers

Als Simulationssoftware kommt PV\*Sol Premium 2025 (R10) zum Einsatz.

### **3.4. Lastgang**

Um eine Simulation durchführen zu können, muss ein jährliches Verbrauchsverhalten (Lastgang) festgelegt werden. Neben Standard-Lastprofilen z.B. für ein Einfamilienhaus, können auch Lastprofile aus eigenen Messreihen erstellt werden.

Die bisherige PV-Anlage verfügt über eine Anbindung in ein Solarportal. Über das Solarportal ist es möglich die bisherige Erzeugung und Verbräuche herunterzuladen. So kann ein individuelles Lastprofil erstellt werden.

Es wurden 10 Minuten-Werte für den maximalen Zeitraum (03.09.24 – 25.08.25, 356 Tage) heruntergeladen. Die Daten weisen jedoch Lücken auf, welche vorab gefüllt werden müssen. Insgesamt fehlen ca. 11% der Verbrauchsdaten. Hierzu wurden Mittelwerte zur jeweiligen Uhrzeit und Wochentag gebildet.

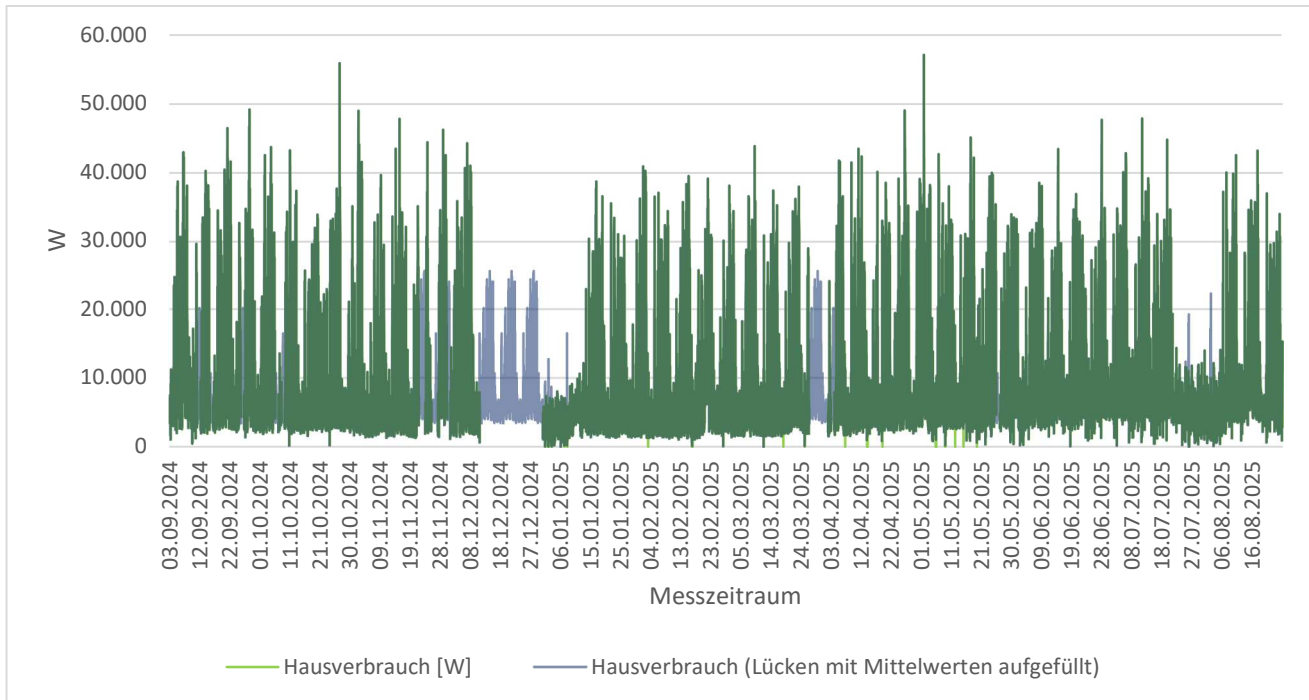


Abbildung 2: Lastgang Wilshauss über 356 Tage (10 Minuten Werte)

Das so generierte Lastprofil wurde in die Simulationssoftware importiert.

#### Verbrauch

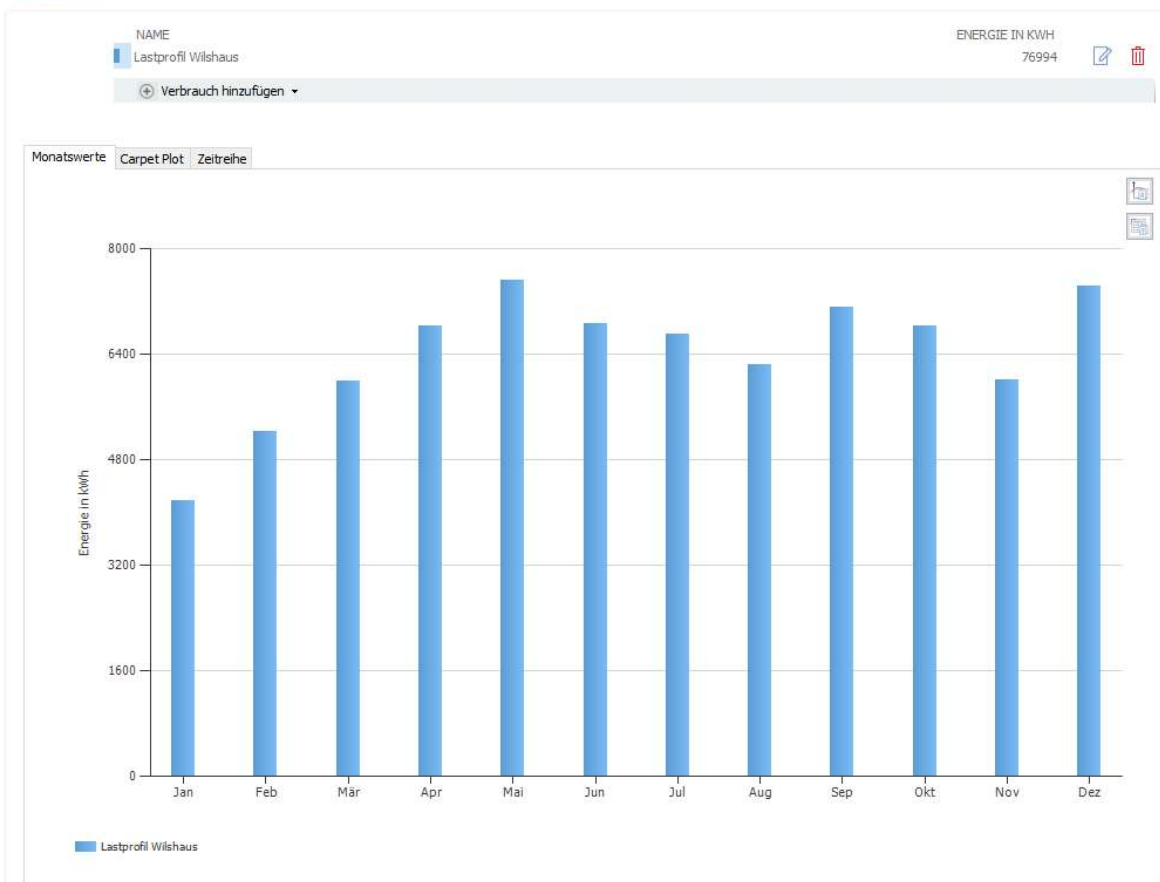


Abbildung 3: Darstellung des Lastgang Wilshauss in PV\*Sol

### 3.5. Szenario 0: Baseline

#### PV-Anlage

Als nächsten Schritt wurde basierend auf den vorhandenen technischen Informationen zur heutigen PV-Anlage, der Ausrichtung des Gebäudes, Neigung des Daches und benachbarter verschattender Objekte, die PV-Anlage im Simulationstool erstellt. Dies wird wie nachfolgend in der Software dargestellt.

##### 3D-Planung

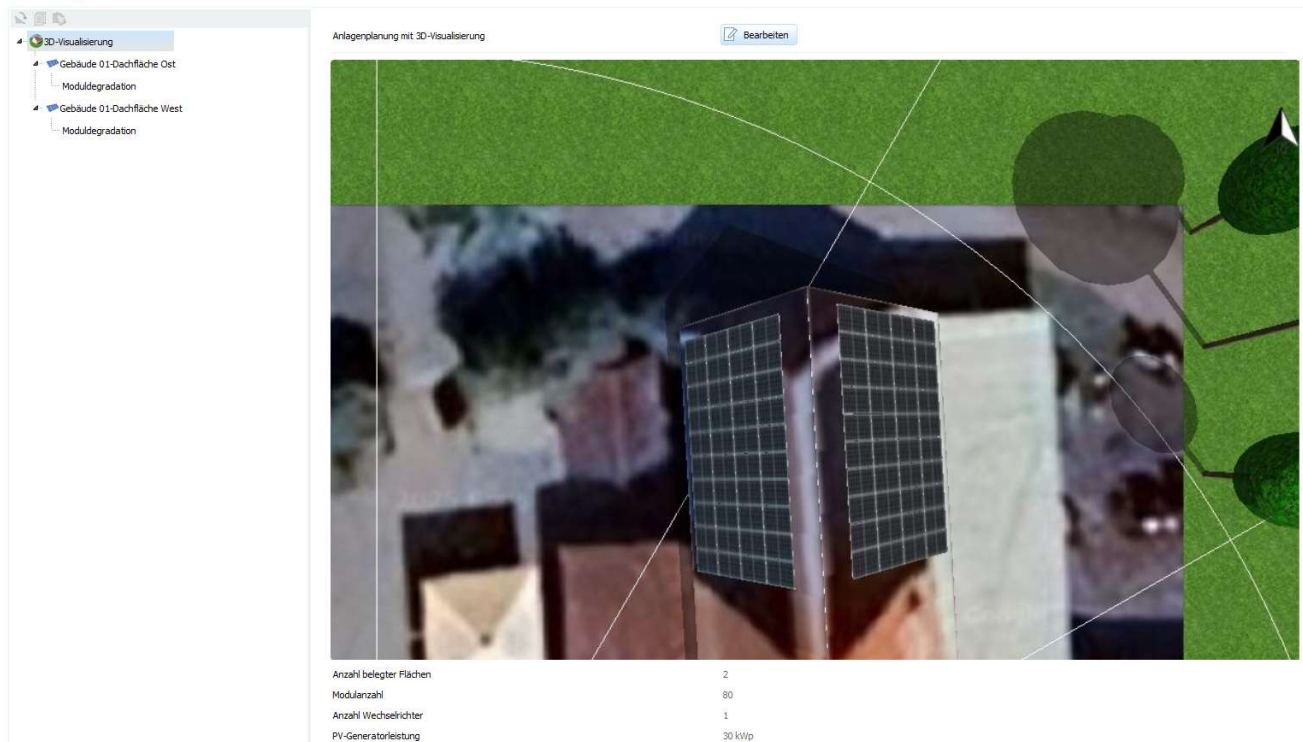


Abbildung 4: Darstellung der heutigen PV-Anlage in PV\*Sol

#### Kabel

Die Anbindung der PV-Anlage an die Hausinstallation wurden mit pauschal 1% Verlust angenommen, da genauere Informationen zu Kabelquerschnitten, Längen und Verlegeart nicht verfügbar waren.

##### Kabel

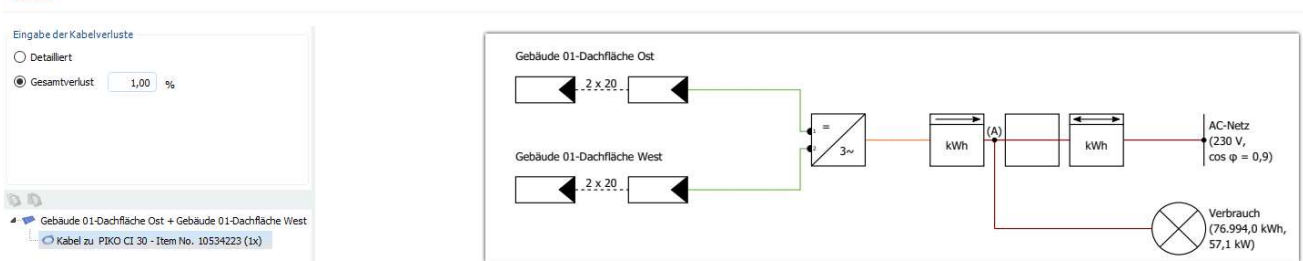


Abbildung 5: Darstellung der Verkabelung in PV\*Sol

## Ergebnisse

Nachdem die Erzeugung simuliert und mit dem Lastgang abgeglichen wurde, ergab sich folgender Vergleich der Daten.

|                                    | Baseline<br>(real) in kWh | Baseline<br>(simuliert) in kWh | Abweichung | Kommentar                                                                                                                          |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PV-Erzeugung</b>                | 24.912                    | 24.190                         | -2,90%     |                                                                                                                                    |
| <b>Eigenverbrauchsquote</b>        | 78,7%                     | 77,6%                          | -1,1%      |                                                                                                                                    |
| <b>Eigen-<br/>/Direktverbrauch</b> | 19.624                    | 18.769                         | -4,35%     |                                                                                                                                    |
| <b>Einspeisung</b>                 | 5.288                     | 5.421                          | 2,51%      |                                                                                                                                    |
| <b>Hausverbrauch</b>               | 75.137                    | 76.994                         | 2,47%      | Bei den realen Daten handelt es sich um 356 Tage. Somit fehlen 9 Tage zu einem kompletten Jahr, was durch PV*Sol aufgefüllt wurde. |

Tabelle 3: Vergleich der realen Messwerte mit den Simulationsergebnissen der PV-Anlage in PV\*Sol

Die Ergebnisse stimmen weitestgehend mit der realen Erzeugung überein. Die reale Erzeugung und der Eigenverbrauch sind 3 - 4% höher als bei den simulierten Daten. Mögliche Ursachen sind Abweichungen bei der angenommenen Dachneigung, der tatsächlich vorherrschenden Sonneneinstrahlung oder die Mittelwertbildung zur Auffüllung Lücken im Lastgang. Weitere Einflussgrößen können die Verluste der Verkabelung oder der Einfluss der Verschattung durch die benachbarten Bäume sein.

Insgesamt ist das Ergebnis akzeptable als Grundlage für die weiteren Betrachtungen.

### 3.6. Szenario 1: Umverteilung der PV-Module

Nachdem die heutige PV-Anlage simuliert wurde, kann nun mit der Optimierung des Eigenverbrauchs begonnen werden. Hierfür wurde sich die heutige Situation zu den Verbräuchen über den Tagesverlauf je Wochentag näher angeschaut, da sich diese an den Betriebszeiten des Betriebs orientieren.

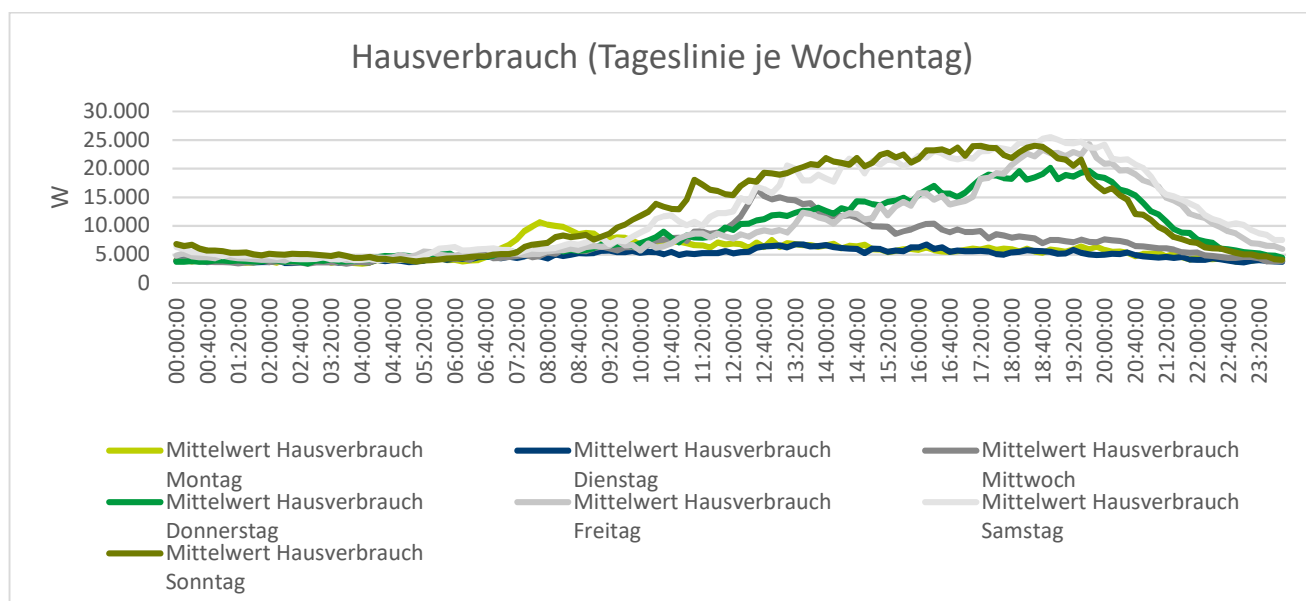


Abbildung 6: Hausverbrauch über den Tagesverlauf je Wochentag

Montag, Dienstag und Mittwoch ist Ruhetag. Dennoch zeigt sich ein erhöhter Verbrauch am Montagvormittag, was laut Nutzer vermutlich auf das Einmaischen im Bierbrauprozess zurückzuführen ist. Am Mittwoch gibt es einen Peak um die Mittagszeit, vermutlich durch die Vorbereitungen für den Betrieb ab Donnerstag. Die Hauptverbräuche befinden sich an den Betriebstagen nach Öffnung ab 17 Uhr. Ab ca. 20 Uhr sinkt der Verbrauch wieder deutlich.

Die Einspeisung der Erzeugungsüberschüsse folgt analog diesem Verbrauchsverhalten. An den Ruhetagen ist die Einspeisung entsprechend hoch.

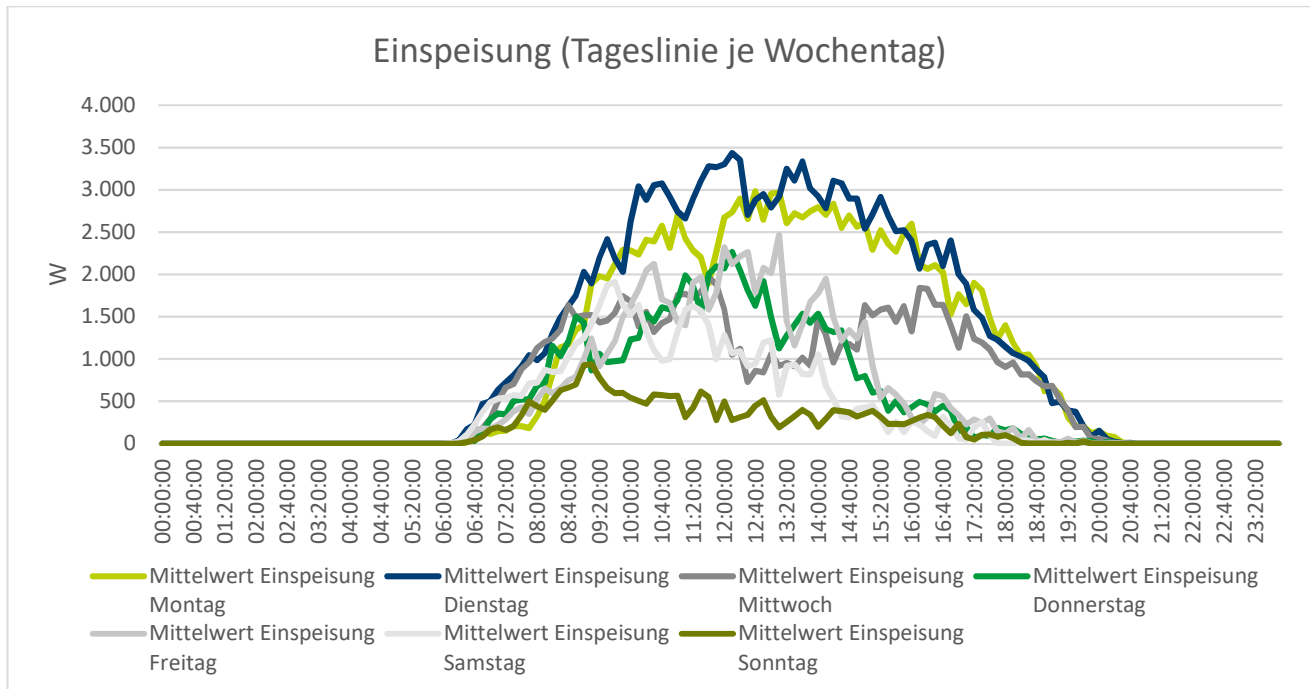


Abbildung 7: Einspeisung über den Tagesverlauf je Wochentag

Anhand der Daten ist nicht zu erkennen, dass es schwerpunktmäßig eine Einspeisung zu einer bestimmten Uhrzeit gibt. Die Einspeisung verteilt sich über den Tag. Lediglich zwischen 12-15 Uhr ist an den Betriebstagen die Einspeisung geringer, weshalb im nächsten Schritt eine PV-Anlage mit mehr Modulen auf der Westseite simuliert wird.

Als Annahme wird hier ein Verhältnis ca. 1:2 herangezogen, sprich, von den ursprünglich 40 Modulen auf der Ostseite werden 14 Module auf die Westseite verlegt. Resultat sind 26 Module auf der Ostseite und 54 Module auf der Westseite, wodurch die Einspeisung am Vormittag verringert werden sollte.

Dies ist möglich, ohne den Wechselrichter tauschen zu müssen. Lediglich die Verkabelung müsste angepasst werden.

## PV-Anlage und Ergebnisse

Für die resultierende PV-Anlage sollte sich nun die Erzeugung und somit auch die Einspeisung am Vormittag reduzieren. Dem entgegen steht eine höhere Erzeugung am Nachmittag.

### 3D-Planung



Abbildung 8: Darstellung der modifizierten PV-Anlage in PV\*Sol. Von den 40 Modulen auf der Ostseite sind 14 Module auf die Westseite verlegt worden.

Im Vergleich zur Baseline ergeben sich folgende Ergebnisse für das betrachtete Szenario.

|                                | Baseline (simuliert)<br>in kWh | Szenario 1<br>(simuliert) in kWh | Abweichung | Kommentar                                                                     |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PV-Erzeugung</b>            | 24.190                         | 24.569                           | 1,57%      | Erzeugung erhöht sich leicht, da die Westseite leicht nach Süden gedreht ist. |
| <b>Eigenverbrauchsquote</b>    | 77,6%                          | 78,7%                            | 1,1%       |                                                                               |
| <b>Eigen- /Direktverbrauch</b> | 18.769                         | 19.327                           | 2,97%      | Ergebnis ist eine Erhöhung des Eigenverbrauchs um ca. 3%.                     |
| <b>Einspeisung</b>             | 5.421                          | 5.242                            | -3,30%     |                                                                               |
| <b>Hausverbrauch</b>           | 76.994                         | 76.994                           | 0,00%      |                                                                               |

Tabelle 4: Erweiterter Vergleich der realen Messwerte mit den Simulationsergebnissen der PV-Anlage in PV\*Sol

Ergebnis der Simulation ist eine Erhöhung des Eigenverbrauchs um ca. 3%.

### 3.7. Szenario 2: Integration eines Batteriespeichers

Auf für die Simulation eines Batteriespeichers stellt sich vorab die Frage nach der richtigen Auslegung bzw. Größe.

Bei genauerer Betrachtung der Messdaten lässt sich feststellen, dass an 136 Tagen (38,2%) praktisch keine Einspeisung (0 – 1 kWh) stattfindet. Die ist typischerweise in den Wintermonaten der Fall. Der Maximalwert liegt bei fast 90kWh pro Tag, was aber nur ein Mal pro Jahr vorkommt. Dies geschieht typischerweise in den Sommermonaten bzw. insbesondere während der Ruhetage in diesen Monaten.

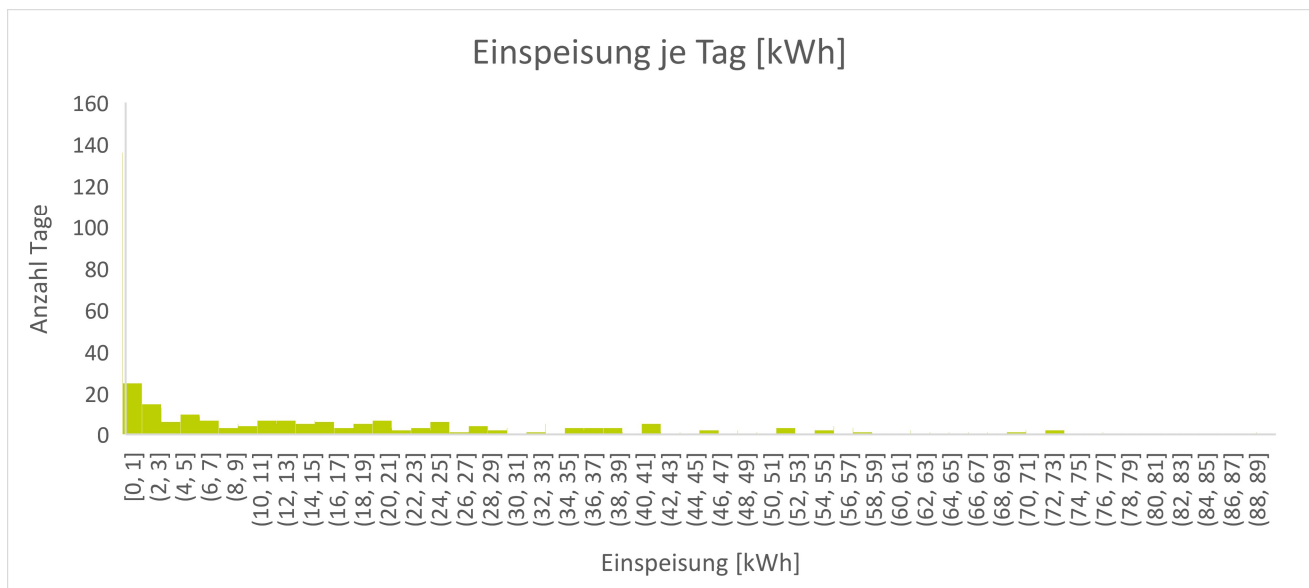


Abbildung 9: Einspeisung je Tag als Histogramm. Intervallbreite 1 kWh.

Ein zu groß gewählter Speicher würde pro Jahr nur wenige Male genutzt und sich somit spät amortisieren.

Für die Ermittlung einer sinnvollen Speichergröße werden folgende Szenarien näher betrachten:

- Szenario 2a: Baseline + 1x 10 kWh Batteriespeicher
- Szenario 2b: Baseline + 2x 10 kWh Batteriespeicher
- Szenario 2c: Baseline + 3x 10 kWh Batteriespeicher

Jedes Batteriesystem hat dabei einen eignen Wechselrichter mit 10 kW Leistung.

## Ergebnisse

Mit steigender Speichergröße erhöht sich der Eigenverbrauch von 79% auf bis zu 92% (30 kWh).

| Szenario 2a:<br>10 kWh    | Baseline<br>(simuliert)<br>in kWh | Szenario 2a | Abweichung | Kommentar |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------|------------|-----------|
| PV-Erzeugung mit Batterie | 24.190                            | 23.976      | -0,88%     |           |
| Eigenverbrauchsquote      | 77,6%                             | 84%         | 5%         |           |
| Eigen- /Direktverbrauch   | 18.769                            | 20.197      | 7,61%      |           |
| Einspeisung               | 5.421                             | 3.781       | -30,25%    |           |
| Hausverbrauch             | 76.994                            | 76.994      | 0,00%      |           |

| Szenario 2b:<br>20 kWh    | Baseline<br>(simuliert)<br>in kWh | Szenario 2b | Abweichung | Kommentar                     |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------|------------|-------------------------------|
| PV-Erzeugung mit Batterie | 24.190                            | 23.963      | -0,94%     |                               |
| Eigenverbrauchsquote      | 77,6%                             | 89%         | 10%        |                               |
| Eigen- /Direktverbrauch   | 18.769                            | 21.376      | 13,89%     |                               |
| Einspeisung               | 5.421                             | 2.587       | -52,28%    | + 83% bezogen auf Szenario 2a |
| Hausverbrauch             | 76.994                            | 76.994      | 0,00%      |                               |

| Szenario 2c:<br>30 kWh    | Baseline<br>(simuliert)<br>in kWh | Szenario 2c | Abweichung | Kommentar                      |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------|------------|--------------------------------|
| PV-Erzeugung mit Batterie | 24.190                            | 23.974      | -0,89%     |                                |
| Eigenverbrauchsquote      | 77,6%                             | 92,2%       | 13%        |                                |
| Eigen- /Direktverbrauch   | 18.769                            | 22.120      | 17,85%     |                                |
| Einspeisung               | 5.421                             | 1.854       | -65,80%    | + 135% bezogen auf Szenario 2a |
| Hausverbrauch             | 76.994                            | 76.994      | 0,00%      |                                |

Tabelle 5: Vergleich der Daten für drei Batteriegrößen

Auch wenn der 30 kWh Speicher den höchsten Direktverbrauch ermöglicht, kostet er auch 3x (200%) mehr verglichen mit dem kleinsten Speicher. Er vermeidet aber nur 135% an Einspeisung und ist somit weniger wirtschaftlich.

Eine genau Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kann an dieser Stelle nicht erfolgen, da dies eine Planungsleistung darstellt, welche im Rahmen des Projekts nicht erbracht werden darf. Grundsätzlich gilt aber, dass kleinere Speicher öfter ge- bzw. entladen werden und sich die Investition voraussichtlich früher rechnen wird.

### 3.8. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die heutige PV-Anlage ermöglicht es, dass 78,7% der erzeugten Energie selber verbraucht werden.

Mit einer Umverteilung eines Teils der PV Module von der Ostseite auf die Südseite ließe sich der Direktverbrauch um ca. 3% steigern.

Eine Batterie kann alternativ deutlich höhere Direktverbräuche ermöglichen. Deren Auslegung ist jedoch vor dem Hintergrund eines wirtschaftlichen Betriebs genauer zu prüfen. Bei einem 30 kWh Batteriespeicher würde sich der Eigenverbrauch auf über 92% erhöhen. Kleine Batterien sind aber in der Regel wirtschaftlicher, da sie öfter ge- und entladen werden können.

## 4. Erweiterung Simulationsbericht: Ergänzung einer 18 kWp PV-Anlage + 22 kWh Batteriespeicher

### 4.1. Ausgangssituation

Bei der Vorstellung des Simulationsberichts am 17.09.2025 wurde bekannt, dass der Familie ein Angebot für eine Erweiterung der PV Anlage inkl. Batteriespeicher vorliegt. Die Erweiterung umfasst eine zusätzliche 18 kWp PV-Anlage auf der Westseite des Daches. Als Batterie wurden 22 kWh angeboten.

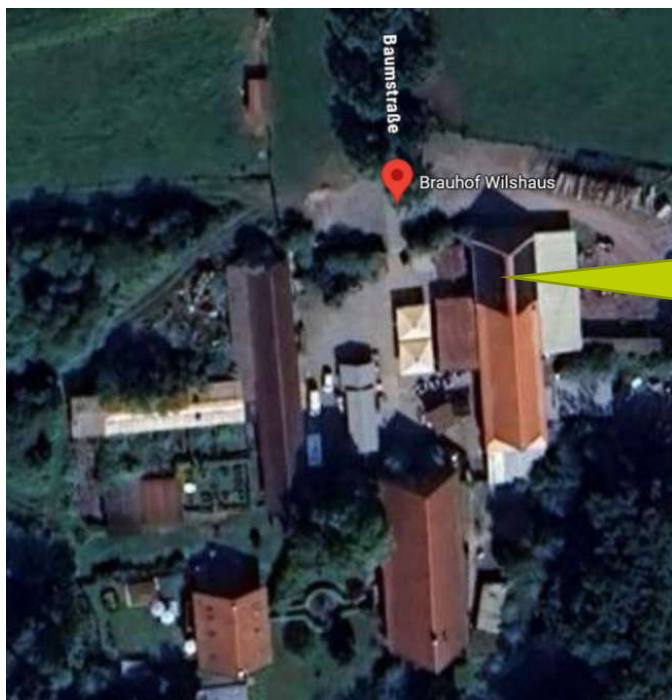


Abbildung 10: Draufsicht Anwesen (Foto: Google Maps, 28.08.2025)

## 4.2. Aufgabenstellung

Eine Erweiterung der PV-Anlage hat direkten Einfluss auf den Eigenverbrauch und die Netzeinspeisung. Dieser Einfluss soll ermittelt werden und ist nachfolgend unter Szenario 3a beschrieben. Szenario 3b beinhaltet zudem den Batteriespeicher.

## 4.3. Szenario 3a: 18 kWp PV-Anlage

Der Lastgang wird als unverändert angenommen.

### PV-Anlage

Die PV-Anlage wurde entsprechend im Modell erweitert.

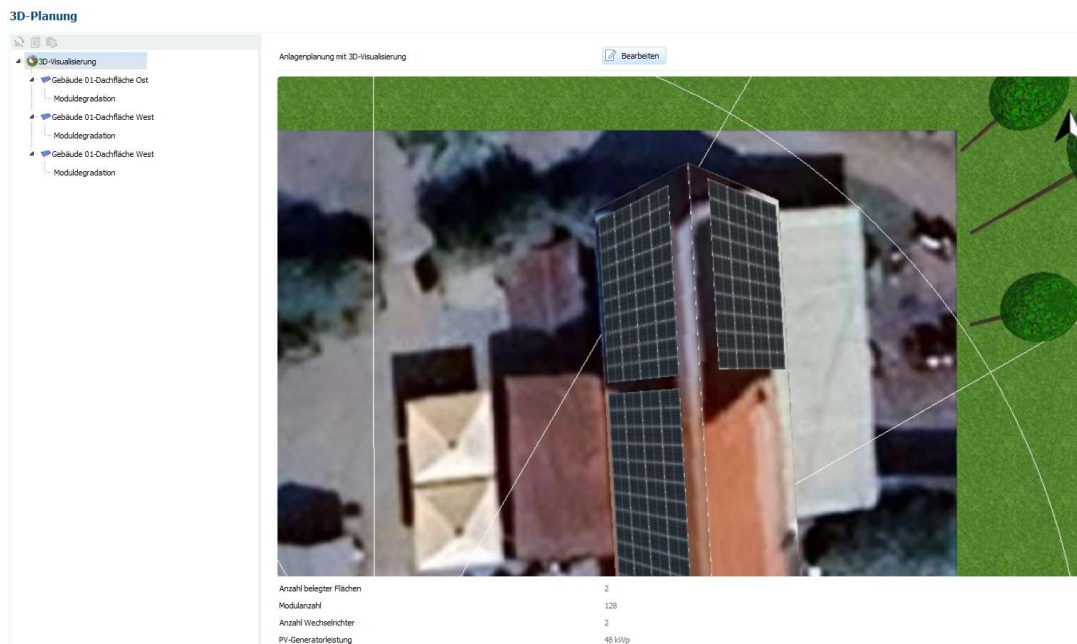


Abbildung 11: Darstellung der erweiterten PV-Anlage in PV\*Sol

Der Typ der PV Module wurde beibehalten, lediglich der Wechselrichter wurde abweichend zur bestehenden Anlage durch einen Kostal Plenticore getauscht, da dieser einen Batterieeingang besitzt und von den technischen Daten besser zur geplanten Erweiterung passt.

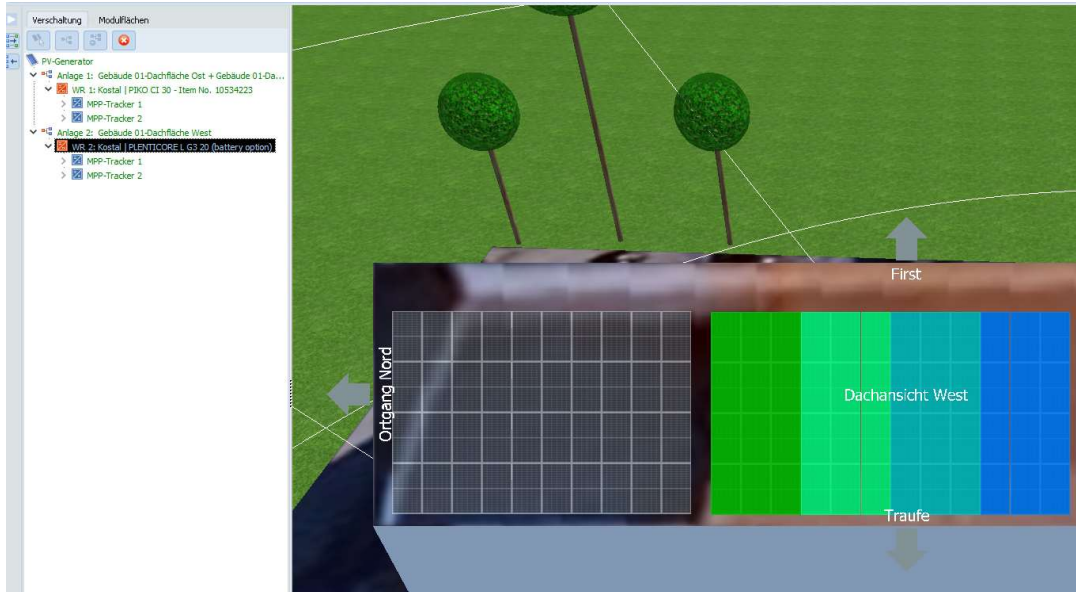


Abbildung 12: Verwendeter Wechselrichter der erweiterten PV-Anlage in PV\*Sol

## Kabel

Die Anbindung der PV-Anlage an die Hausinstallation wurden weiterhin mit pauschal 1% Verlust angenommen.

## Ergebnisse

Nachdem die Erzeugung simuliert und mit des Lastgang abgeglichen wurde, ergibt sich folgender Vergleich der Daten.

|                                    | Baseline<br>(simuliert) in<br>kWh | Baseline +<br>18kWp West<br>in kWh | Abweichung | Kommentar                               |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------|-----------------------------------------|
| <b>PV-Erzeugung</b>                | 24.190                            | 39.278                             | 62,37%     | Erzeugung steigt um 15.087 kWh/a.       |
| <b>Eigenverbrauchs-<br/>quote</b>  | 79%                               | 64%                                | -13%       |                                         |
| <b>Eigen-<br/>/Direktverbrauch</b> | 18.769                            | 25.053                             | 33,48%     | Der Eigenverbrauch steigt um 6.284 kWh. |
| <b>Einspeisung</b>                 | 5.421                             | 14.225                             | 162,41%    | Netzeinspeisung steigt um 8.802 kWh.    |
| <b>Hausverbrauch</b>               | 76.994                            | 76.994                             | 0,00%      |                                         |

Tabelle 6: Vergleich der realen Messwerte mit den Simulationsergebnissen der PV-Anlage in PV\*Sol

Durch die Erweiterung steigt die Erzeugung um 15.087 kWh pro Jahr. Dies erhöht auch den Eigenverbrauch um 33,48% bzw. 6.284 kWh. Mit 8.802 kWh wird über die Hälfte der zusätzlichen Erzeugung ins Netz eingespeist.

#### 4.4. Szenario 3b: 18 kWp PV-Anlage + 22 kWh Batteriespeicher

##### PV-Anlage

Die PV-Anlage wurde aus dem Szenario 3a übernommen.

##### Batterie

Für die Anbindung der Batterie wurde der Batterieeingang des Wechselrichters verwendet.

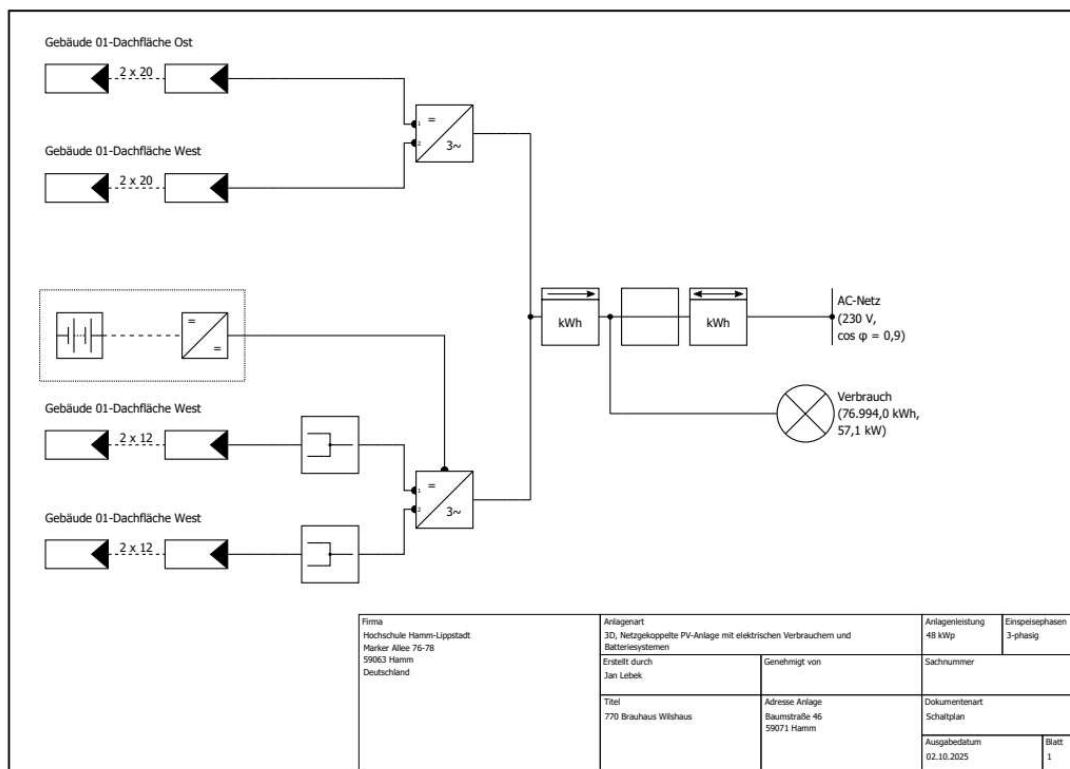


Abbildung 13: Anbindung der Batterie an den neuen Wechselrichter

##### Kabel

Die Anbindung der PV-Anlage an die Hausinstallation wurden weiterhin mit pauschal 1% Verlust angenommen.

## Ergebnisse

Nachdem Erzeugung und Speicherung simuliert wurden, ergibt sich folgender Vergleich der Daten.

|                                    | Baseline<br>(simuliert)<br>in kWh | Baseline + 18 kWp<br>West + 22 kWh<br>Batterie in kWh | Abweichung | Kommentar                                                                                                          |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PV-Erzeugung</b>                | 24.190                            | 38.761                                                | 60,24%     | Erzeugung steigt um 14.571 kWh/a. Die Differenz zu Szenario 3a ist durch die Speicherverluste begründet.           |
| <b>Eigenverbrauchs-<br/>quote</b>  | 79%                               | 76%                                                   | -3%        |                                                                                                                    |
| <b>Eigen-<br/>/Direktverbrauch</b> | 18.769                            | 29.261                                                | 55,90%     | Der Eigenverbrauch steigt um 10.492 kWh bzw. 4208 kWh gegenüber Szenario 3a.                                       |
| <b>Einspeisung</b>                 | 5.421                             | 9.500                                                 | 75,24%     | Netzeinspeisung steigt um 4.079 kWh gegenüber der Baseline bzw. reduziert sich um 4.725 kWh gegenüber Szenario 3a. |
| <b>Hausverbrauch</b>               | 76.994                            | 76.994                                                | 0,00%      |                                                                                                                    |

Tabelle 7: Vergleich der realen Messwerte mit den Simulationsergebnissen der PV-Anlage in PV\*Sol

Durch die Ergänzung eines 22kWh Batteriespeichers verringert sich die Netzeinspeisung um 4.725 kWh. Die zusätzliche Netzeinspeisung durch die PV-Anlagen Erweiterung wird mehr als halbiert.

### 4.5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Durch die 18 kWp Erweiterung steigt die Erzeugung um 15.087 kWh pro Jahr. Dies erhöht auch den Eigenverbrauch um 33,48% bzw. 6.284 kWh. Mit 8.802 kWh wird über die Hälfte der zusätzlichen Erzeugung ins Netz eingespeist.

Durch die Ergänzung eines 22 kWh Batteriespeichers verringert sich die Netzeinspeisung um 4.725 kWh. Die zusätzliche Netzeinspeisung durch die PV-Anlagen Erweiterung wird mehr als halbiert.

## 5. Messbericht: Beurteilung des Potenzials zur Erhöhung des Eigenverbrauchs der PV-Anlage durch eine zeitliche Verschiebung des Verbrauchs der Brauanlage

### 5.1. Aufgabenstellung

Die Brauanlage stellte einen größeren Verbraucher im Gastronomiebetrieb des Brauhaus Wilshaus dar. Gebraut wird an den Ruhetagen – Montag oder Dienstag.

Das Lastprofil soll vor dem Hintergrund eines erhöhten Eigenverbrauchs der eigenen PV-Anlage ermittelt werden. Abschließend soll das Potenzial beurteilt werden.

### 5.2. Messaufbau

Als Messgeräte wurde IfSK Sensoren mit 30 Ampere Stromzange eingesetzt. Diese wurden vorab im 2-Punkt Verfahren kalibriert mit den Messpunkten 0 Ampere und 4,6 A. Die Installation der insgesamt drei Sensoren (L1-L3) erfolgte am 29.10.2025 am Hauptschalter der Brauanlage im Schaltschrank.



Abbildung 14: Installationsort der Messungen



Abbildung 15: Verwendet IFSK Sensoren (laufenden Nummer 4, 6 und 13)

### 5.3. Messergebnisse

An folgenden Tagen fanden Brauereignisse statt.

- 1.) 30.10.2025
- 2.) 16.11.2025
- 3.) 30.11.2025
- 4.) 13.12.2025
- 5.) 15.12.2025

Tabelle 8: Übersicht der Messergebnisse

|                 | 30.10.2025            | 16.11.2025            | 30.11.2025            |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Start           | 5:00 Uhr              | 5:10 Uhr              | 4:30 Uhr              |
| Ende            | 17:30 Uhr             | 17:00 Uhr             | 16:40 Uhr             |
| Dauer           | 12 Stunden 30 Minuten | 11 Stunden 50 Minuten | 12 Stunden 10 Minuten |
| Leistung (max.) | 10 kW                 | 9,8 kW                | 9,2 kW                |
| Energie         | 57 kWh                | 54 kWh                | 55 kWh                |

|                 | 13.12.2025            | 15.12.2025            |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Start           | 4:30 Uhr              | 5:00 Uhr              |
| Ende            | 19:00 Uhr             | 19:00 Uhr             |
| Dauer           | 14 Stunden 30 Minuten | 14 Stunden 00 Minuten |
| Leistung (max.) | 9,1 kW                | 9,0 kW                |
| Energie         | 60 kWh                | 55 kWh                |

#### 5.4. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Brauanlage wurde hinsichtlich der Leistungs- und Energieaufnahme vermessen. Ein Brauvorgang dauert demnach zwischen 11 Stunden 50 Minuten und 14 Stunden 30 Minuten, benötigt in der Spitze 10 kW elektrische Leistung und in Summe 54 - 60 kWh an Energie.

#### 5.5. Abschließende Beurteilung des Potenzials zur Erhöhung des Eigenverbrauchs der eigenen PV-Anlage

Die Graphen im Anhang zeigen einen relativ konstanten Verbrauch über den gesamten Tag. Lediglich gegen Hälfte der Brauzeit gibt es eine „Ruhephase“ mit geringer Leistungsaufnahme, welche im späten Vormittag liegt.

Da die benötigte Energie im Laufe des Vormittags in vergleichbarer Größenordnung zum Nachmittag ist, passt das Verbrauchprofil bereits gut zum Erzeugungsprofil der Ost/West PV-Anlage. Es wird somit kein nennenswertes Potenzial gesehen, durch geänderte Brauzeiten den Eigenverbrauch der PV-Anlage zu erhöhen.

#### Anhänge: Graphen

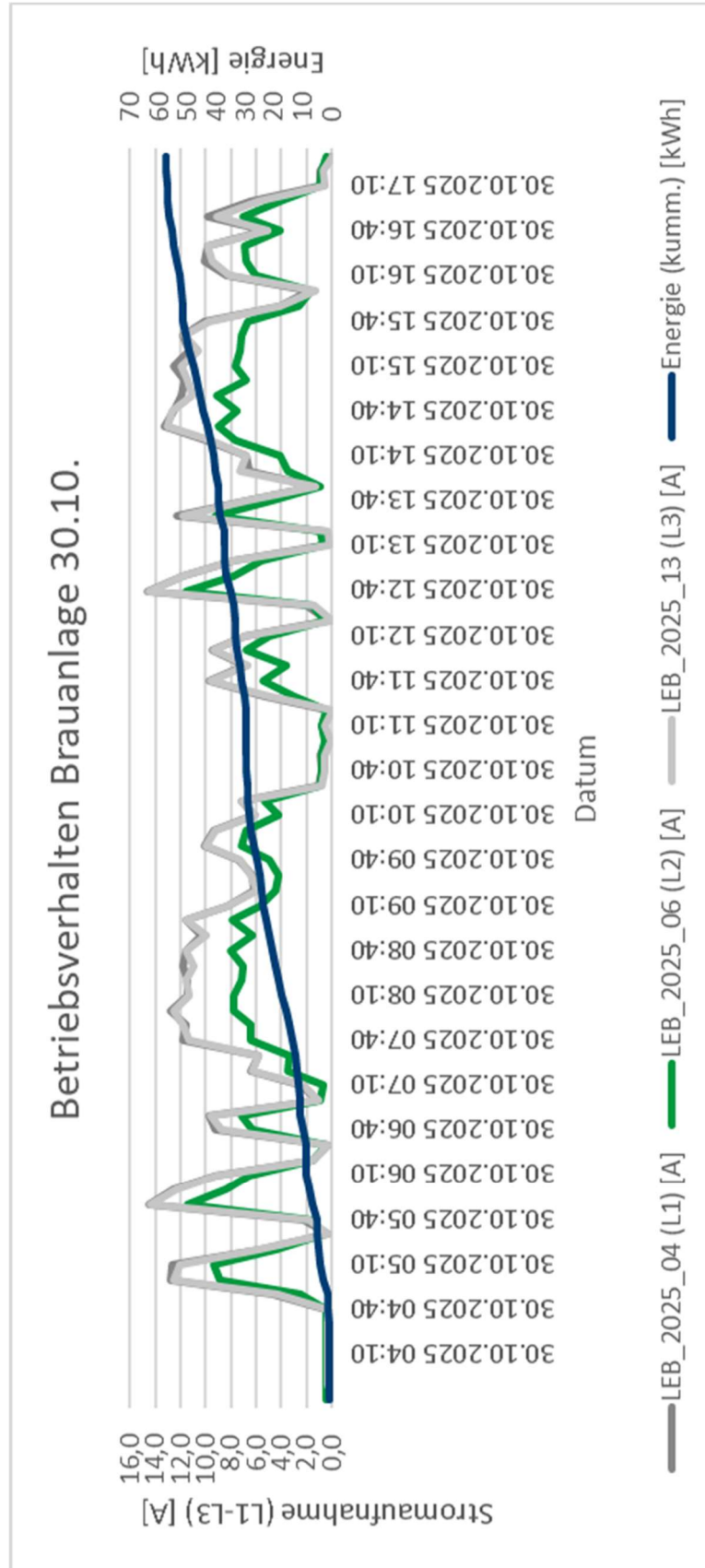


Abbildung 16: Strommesswerte 30.10. der Phasen L 1-3 in Ampere [A]

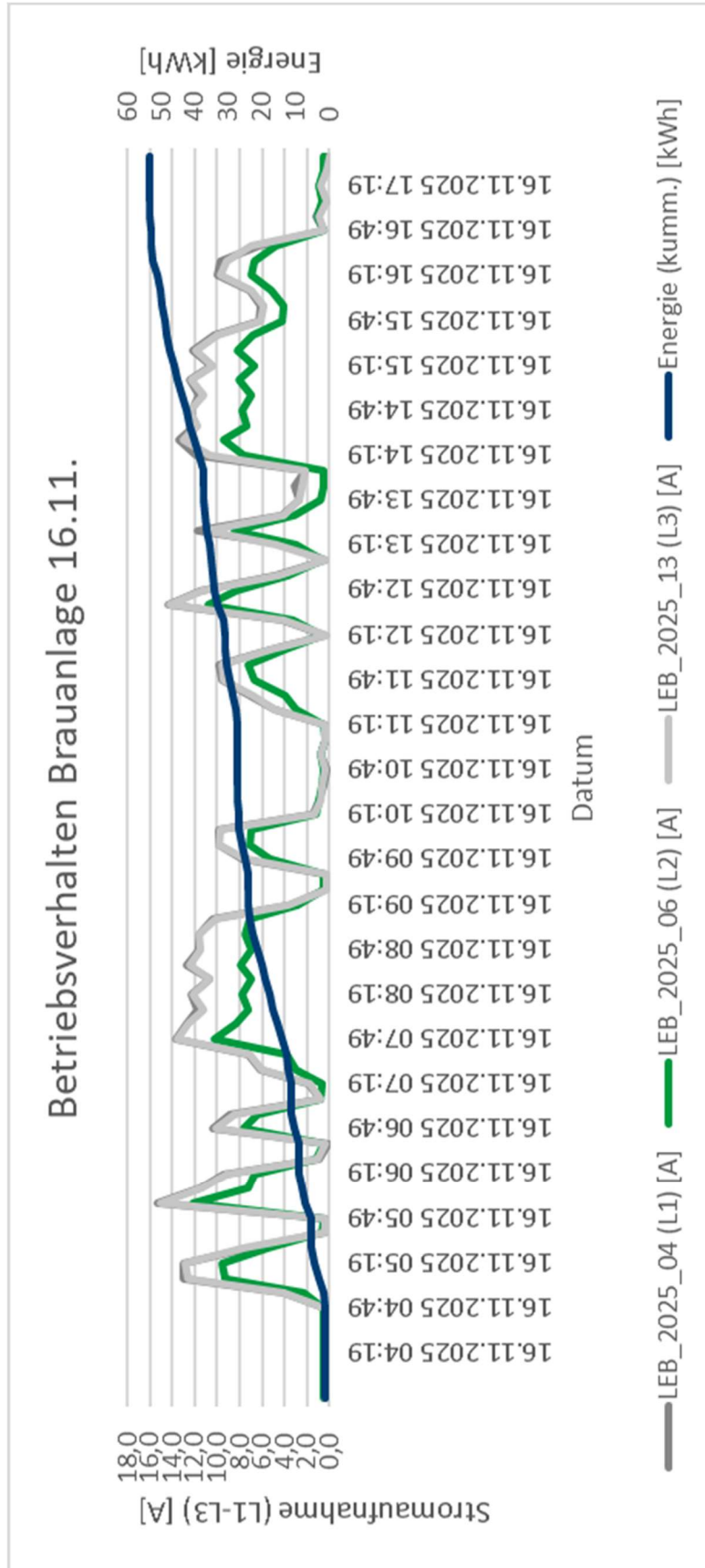


Abbildung 17: Strommesswerte 16.11. der Phasen L 1-3 in Ampere [A]

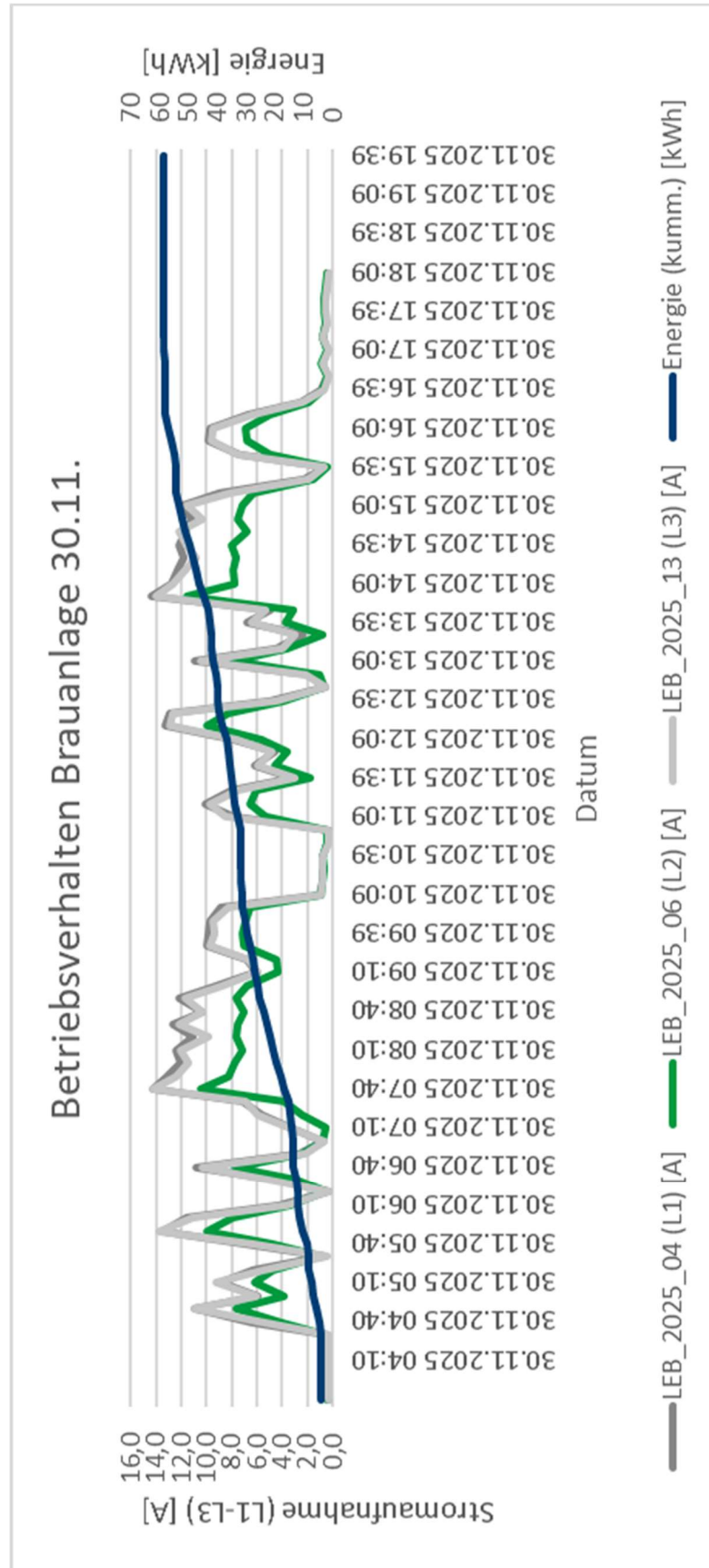


Abbildung 18: Strommesswerte 30.11. der Phasen L 1-3 in Ampere [A]

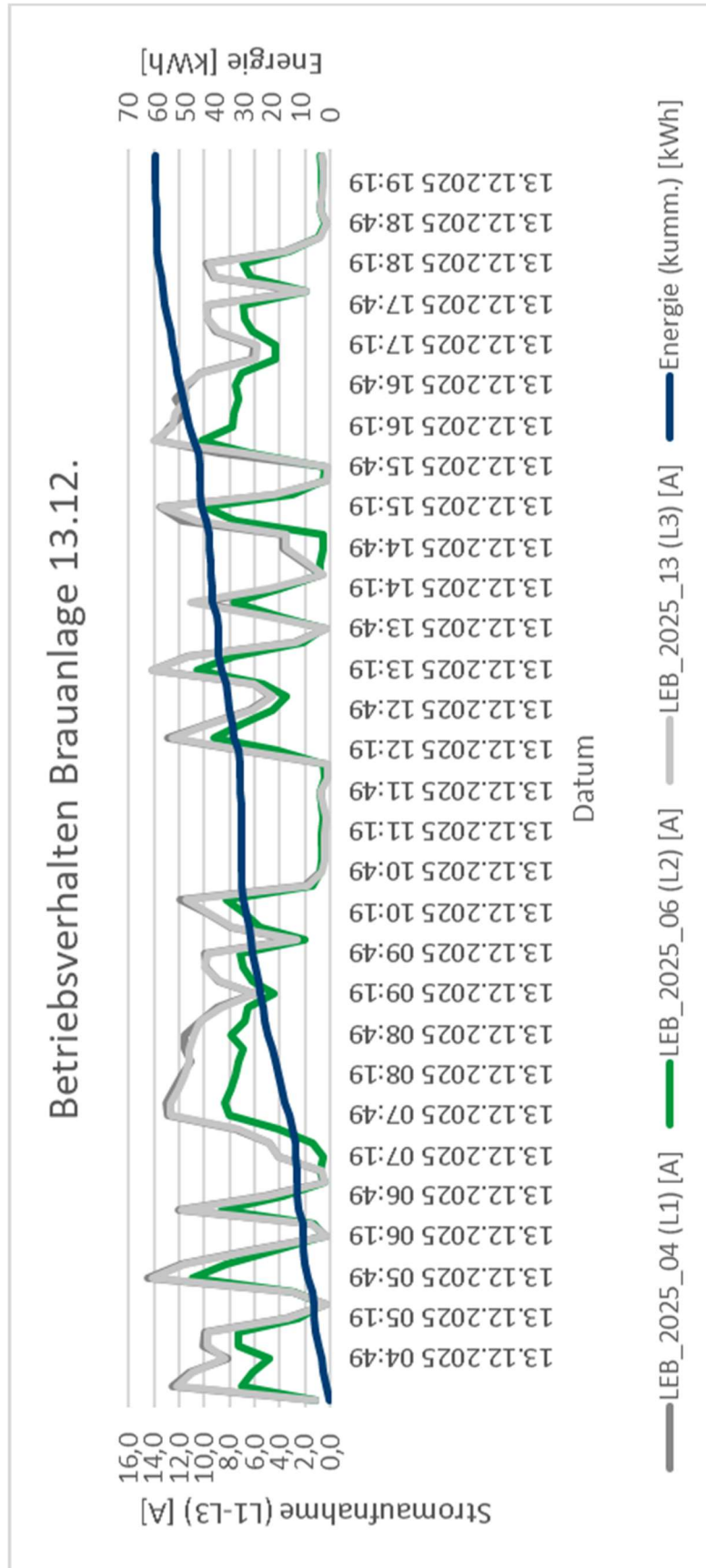


Abbildung 19: Strommesswerte 13.12. der Phasen L 1-3 in Ampere [A]

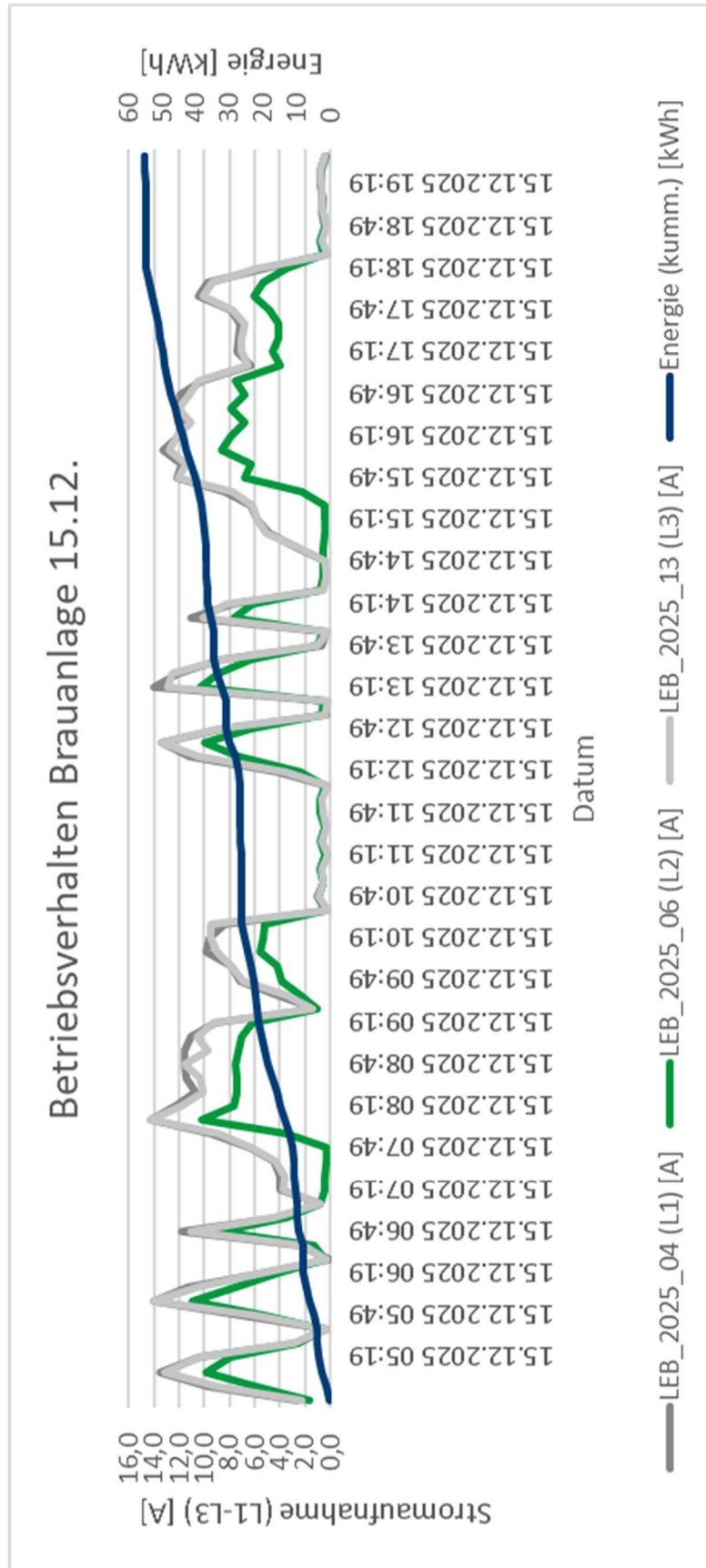


Abbildung 20: Strommesswerte 15.12. der Phasen L 1-3 in Ampere [A]

## 6. Messbericht: Beurteilung des Potenzials zur Erhöhung des Eigenverbrauchs der PV-Anlage durch Absenkung der Temperaturen der Tiefkühlung beim „Brauhaus Wilshaus“

### 6.1. Aufgabenstellung

Die Tiefkühlanlage stellte einen größeren Verbraucher im Gastronomiebetrieb des Brauhaus Wilshaus dar. Eine Nutzung der überschüssigen Energie der PV-Anlage als zusätzliche Kälte könnte den Eigenverbrauch des Gastronomiebetriebes erhöhen. Das Kühlhaus und die darin gefrorenen Lebensmittel würden dabei als Kältespeicher fungieren und von  $-18^{\circ}\text{C}$  auf z.B.  $-25^{\circ}\text{C}$  herunterkühlt werden.

Das außentemperaturabhängige Verbrauchsverhalten soll vor dem Hintergrund eines erhöhten Eigenverbrauchs der eigenen PV-Anlage ermittelt werden. Abschließend soll das Potenzial beurteilt werden.

### 6.2. Messaufbau

Als Messgeräte wurde IfSK Sensoren mit 30 Ampere Stromzange eingesetzt. Diese wurden vorab im 2-Punkt Verfahren kalibriert mit den Messpunkten 0 Ampere und 4,6 Ampere. Die Installation der insgesamt drei Sensoren (L1 - L3) erfolgte am 02.10.2025 am Hauptschalter der Tiefkühlanlage im Schaltschrank.

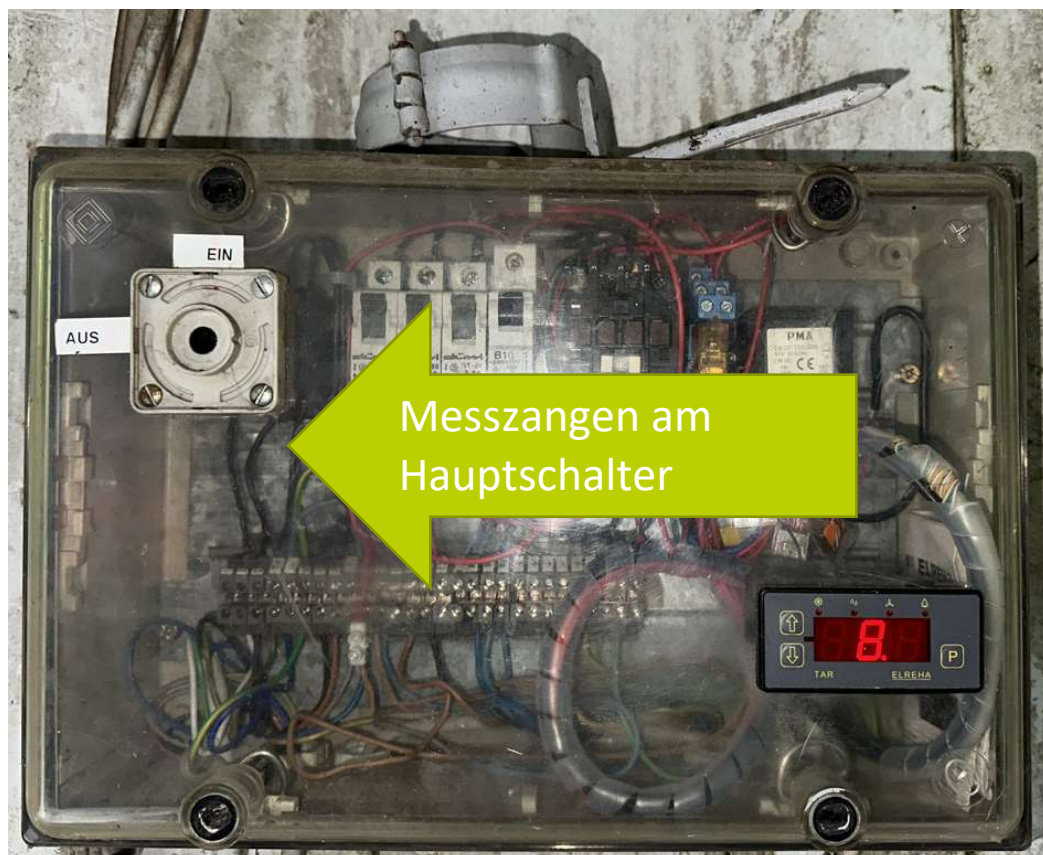


Abbildung 21: Installationsort der Messungen

Compresseur / Compressor  
Code tension / Voltage code : T

Froid commercial négatif (BP)  
Low back pressure commercial application



**TAJ2446Z**

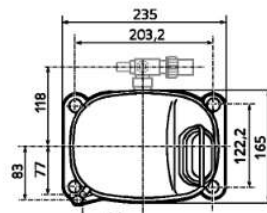
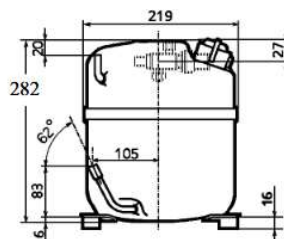
400-440V / 50-60Hz - 3~



N° 124NU-T - ind e

**R404A**

| Conditions<br><i>Conditions</i> | fréquence<br><i>frequency</i> | Prod frigorifique nominale / nominal refrigerating capacity |        |       | Puis. sonore<br><i>Sound level</i>  |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------|-------|-------------------------------------|
|                                 |                               | Watts                                                       | Kcal/h | BTU/h |                                     |
| EN 12900*                       | 50 Hz                         | 634                                                         | 545    | 2162  | ISO 3745 / ISO 3743-1<br><br>62 dBA |
| EN 12900*                       | 60 Hz                         | 815                                                         | 701    | 2779  |                                     |
| Cecomaf                         | 50 Hz                         | 830                                                         |        |       |                                     |
| Cecomaf                         | 60 Hz                         | 1045                                                        |        |       |                                     |



Cylindrée / Displacement : 26.2 cm<sup>3</sup>  
Poids net / Net weight : 22.5 Kg  
Charge en huile / Oil charge : 887 cm<sup>3</sup>  
Type d'huile / Oil type : P.O.E /  
Détente / Expansion device : Capillaire/Détendeur  
Capillaire/Exp<sup>o</sup> valve  
Refroidissement / Cooling : Ventilé / Forced

Résistance à 20° C / Windings resistances at 20° C  
Phases 1,2,3. / Phase Nr 1,2,3 : 15.5 Ohms

Intensité / Current  
nom. / Rated current RLA : 1.5 / 1.6 A  
max. / Max current : 2.9 / 2.8 A  
dém. / Start current LRA : 13.4 / 13.2 A

Ap. Electrique / Electrical equipment : TRI

Protecteur / Overload : Interne / Internal



Abbildung 22: Verbaute Tiefkühlanlage

## Messergebnisse

Bei der Auswertung der Messdaten zur Leistungsaufnahme der Tiefkühlanlage zeigt sich, dass dieser ca. alle 4 Stunden für 30 Minuten einen Abtauvorgang startet. Dieses Verhalten ist unabhängig von der Außentemperatur. Dadurch wird der Wärmetauscher im Bereich der Tiefkühlung erwärmt, um möglicherweise vorhandenes Eis abzutauen.

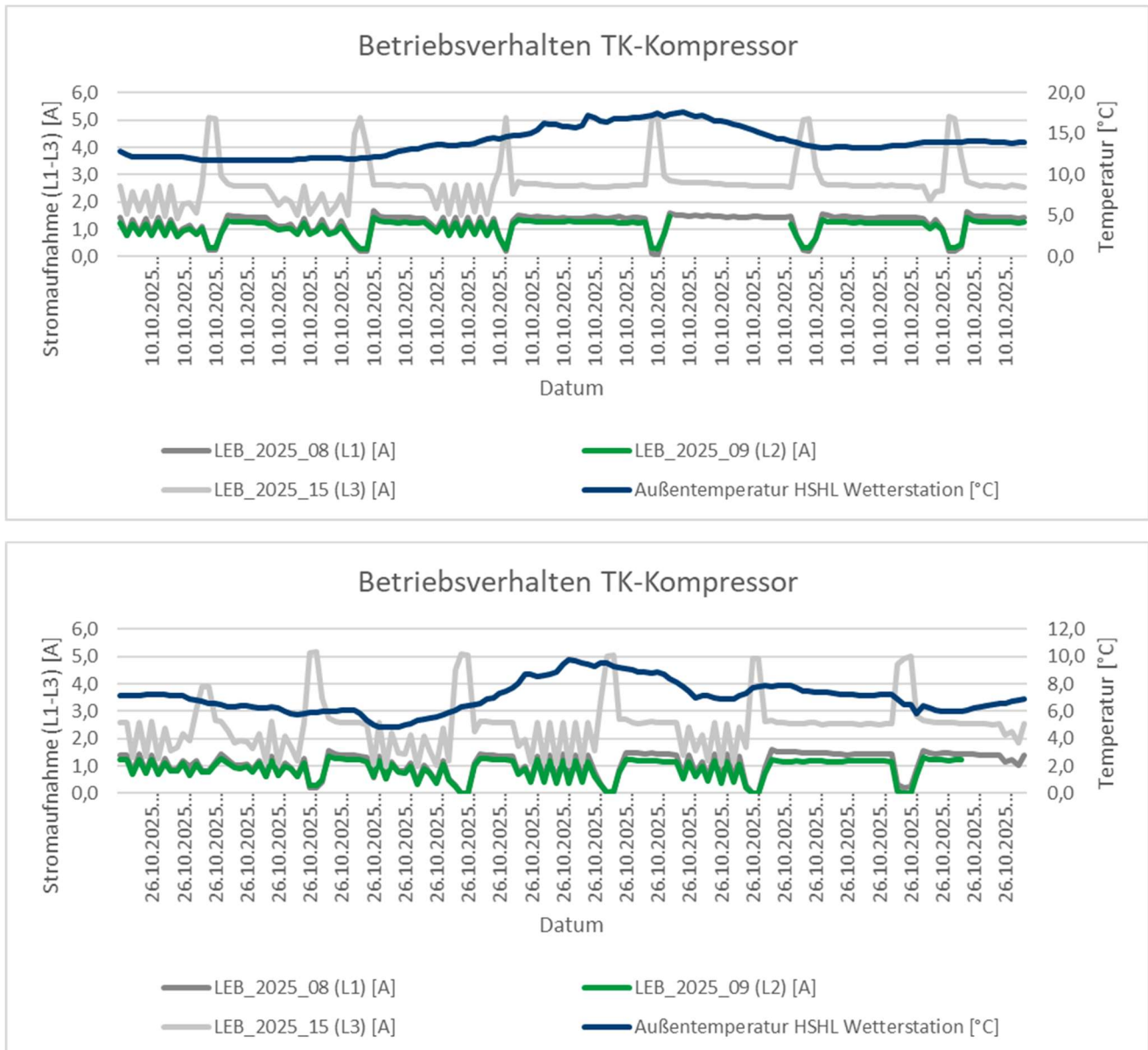


Abbildung 23: Messdaten der Tiefkühlanlage vom 10.10. (warmer Tag) und 26.10. (kalter Tag)

Die Messdaten der einzelnen Strommessungen sind teils unvollständig, da die Verbindung zum lokalen WLAN regelmäßig unterbrochen wurde. Diese Messwerte fehlen, weshalb nur 78% der Messwerte für die weitere Verarbeitung der Stromwerte zu einem Leistungs- und Energiewert herangezogen werden konnten. Leistungs- bzw. Energiewerte wurden nur berechnet, wenn zu allen drei Strommessungen Werte vorliegen.

Da Messwerte zur Spannung nicht ermittelt wurden, wurde ersatzweise angenommen, dass eine Netzspannung von 230V vorlag. Demnach wurde im Messzeitraum vom 2.10. – 6.12.2025 (65 Tage) ein Verbrauch von 1127 kWh bzw. 17 kWh/Tag ermittelt. Unter der Annahme, dass sich die Leistungsaufnahmen in den Zeiträumen ohne Messdaten vergleichbar verhalten hat, ergibt sich sogar ein Wert von 22 kWh/Tag.

Die Heizleistung zum Abtauen beträgt 1 kW. Immer wenn auf der Phase L3 ein Stromwert  $>4,2$  A vorlag und auf den Phase L1 und L2 die Werte  $<1$  A, wurde davon ausgegangen, dass ein Abtauvorgang stattfand. Der Verbrauch in diesen Zeiten summiert sich auf 119 kWh bzw. 10,6% der Gesamtenergie. Da diese Energie in den Tiefkühlbereich eingebracht wird, muss sie zum späteren Zeitpunkt auch wieder entfernt werden, weshalb ca. 20% des Energieeinsatzes nur auf die Abtauvorgänge entfallen. Das Optimierungspotenzial sollte an dieser Stelle geprüft werden.

### Leistung der Tiefkühlanlage in Abhängigkeit zur Außentemperatur

Die mittlere Leistung der Tiefkühlanlage ist abhängig von der Außentemperatur, da an wärmeren Tagen mehr Leistung vom Kompressor benötigt wird, um die Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innentemperatur – in unserem Fall  $-18^{\circ}\text{C}$  – zu überwinden. Der Wirkungsgrad sinkt dabei vergleichbar wie bei einer Wärmepumpe.

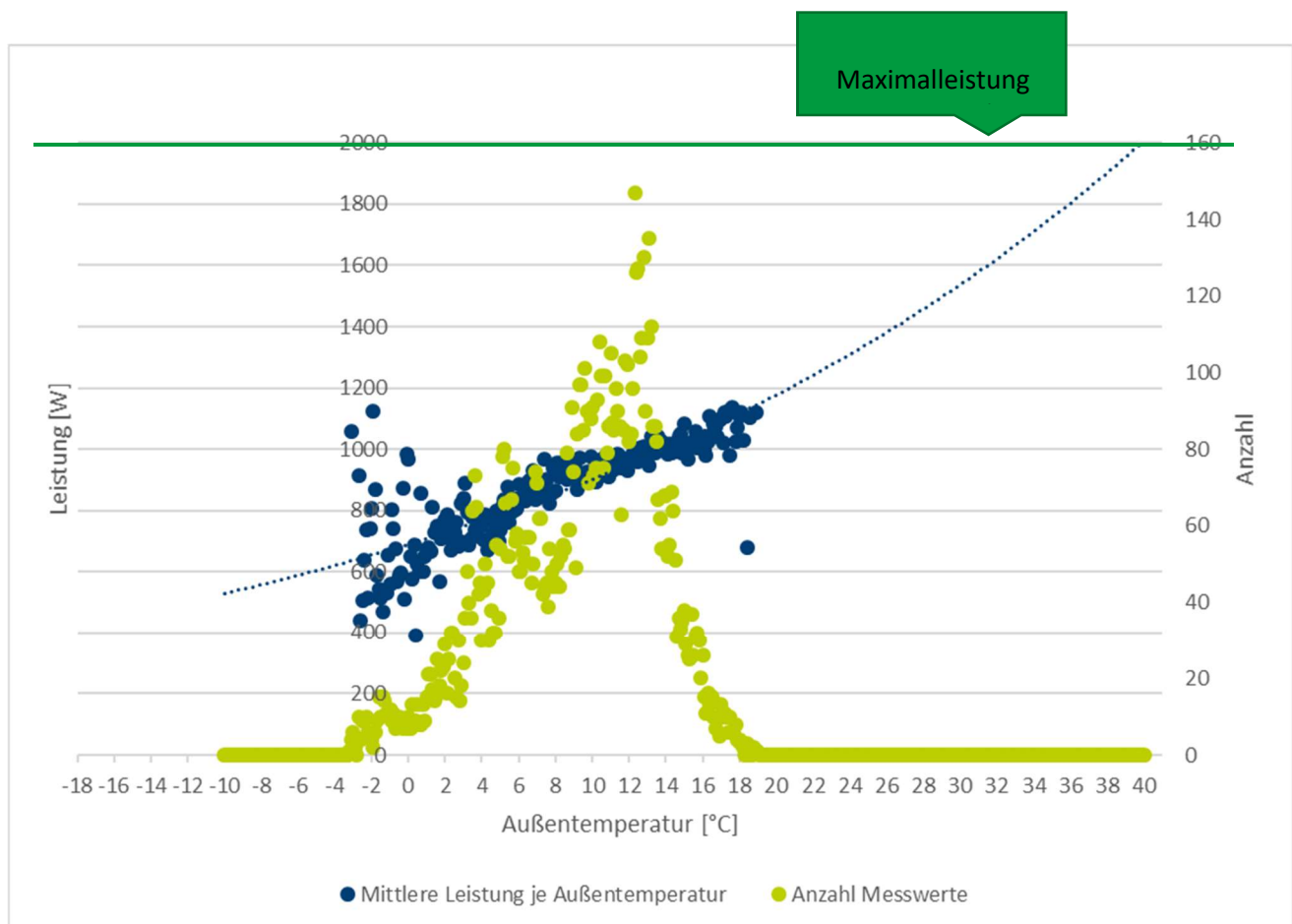


Abbildung 24: Mittlere Leistungsaufnahme bezogen auf die Außentemperatur

Bei Außentemperaturen ab  $35^{\circ}\text{C}$  steht der Tiefkühlanlage kaum noch zusätzliche Leistung zur Verfügung, welche bei Bedarf genutzt werden kann.

Somit ist es notwendig, die Netzeinspeisung in Abhängigkeit zur Außentemperatur näher zu analysieren. Dabei zeigt sich, dass ab ca. 30°C kaum noch Überschüsse der PV-Anlage ins Netz eingespeist werden. Die genaue Ursache hierfür ist nicht bekannt. Ursächlich hierfür kann sein, dass der Kompressor inkl. der weiteren Kühleinrichtungen am Gasthof an warmen Tagen mehr Leistung ziehen und, dass die PV Module bei Erwärmung einen geringeren Wirkungsgrad ausweisen und somit weniger Strom erzeugt werden kann.

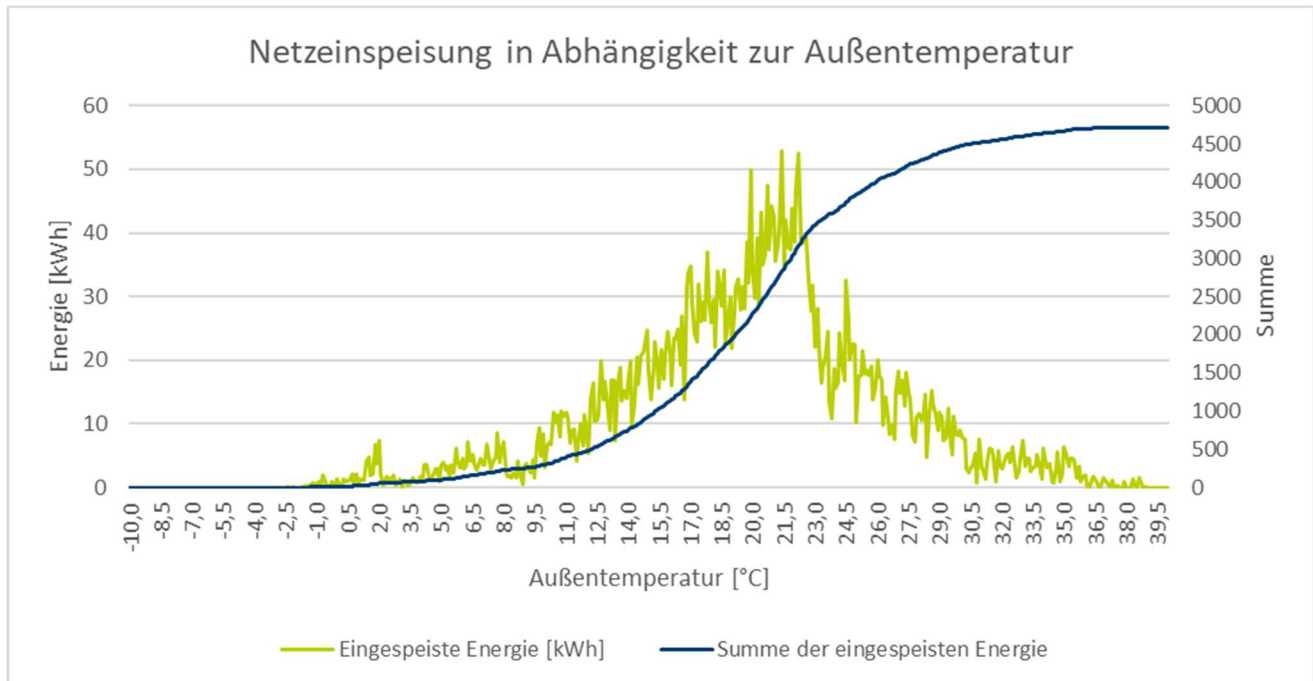


Abbildung 25: Netzeinspeisung in Abhängigkeit zur Außentemperatur

### 6.3. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Tiefkühlanlage wurde hinsichtlich der Leistungs- und Energieaufnahme vermessen. Pro Tag werden demnach 17 - 22 kWh für die Tiefkühlung benötigt, wovon 10% der Energie für den Abtauvorgang eingesetzt wird. Die Heizleistung beträgt dabei ca. 1 kW und wird ca. alle 4 Stunden für 30 Minuten eingeschaltet. Da die dadurch in den Tiefkühlbereich eingetragene Energie auch wieder entfernt werden muss, werden 20% der Gesamtenergie ohne Kühlfunktion eingesetzt. Eine Optimierung des Abtauvorgangs sollte geprüft werden.

### 6.4. Abschließende Beurteilung des Potenzials zur Erhöhung des Eigenverbrauchs der PV-Anlage

Eine Analyse der Stromüberschüsse der PV-Anlage ergab, dass es keine nennenswerten Überschüssen bei Außentemperaturen >30°C gibt. Somit scheint das Potenzial zur Nutzung von Stromüberschüssen als Kältespeicher in der Tiefkühlanlage gegeben.

Die regelungstechnische Umsetzung gilt es im nächsten Schritt zu prüfen. Ein Ansatz wäre, den installierten Temperatursensor (temperaturabhängiger Widerstand) in der Kühlkammer über eine Zuschaltung eines weiteren Widerstandes so zu beeinflussen, dass der Temperaturwert der Tiefkühlkammer, um z.B. 5 Kelvin verringert wird. Die Tiefkühlanlage würde dann trotz der tatsächlich erreichten  $-18^{\circ}\text{C}$  weiter die Kühlkammer herunterkühlen.