

WERKBANK

Sektorenkopplung

Abschlussbericht

Optimierung der Energiesituation am Beispiel Landhotel Bartmann - Sendenhorst



Abbildung: Restaurantbereich, Hausansicht, (Foto: Werkbank Sektorenkopplung), Eigentümerfamilie (Foto: Landhotel Bartmann)

 HOCHSCHULE
HAMM-LIPPSTADT

 IfSK Institut für Sektorenkopplung
in der Energiewende

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

5-StandorteProgramm



Gefördert durch:

Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Bitte zitieren als:

Hochschule Hamm-Lippstadt | Werkbank Sektorenkopplung (2026): Abschlussbericht Landhotel Bartmann

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

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, Juli 2026

Haftungshinweis

Die in diesem Bericht getätigten Aussagen basieren auf Messdaten und deren Weiterverarbeitung mittels mathematischer Modelle. Bei der Aufzeichnung der Messdaten kann es aufgrund der Messmethode zu Abweichungen kommen; diese können sich durch die Weiterverarbeitung erhöhen. Der Energieverbrauch ist stark abhängig vom Nutzungsverhalten, z.B. durch Erhöhung der Raumtemperatur, vermehrtes Duschen, Baden und Lüften.

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.

Inhalt

Impressum.....	2
Haftungshinweis.....	2
Abkürzungsverzeichnis.....	5
1 Executive Summary.....	7
1.1. Gebäude- und Nutzungsstruktur.....	7
1.2. Energiequellen	7
1.3. Energieverbraucher.....	7
1.4. Lastprofil	7
1.5. PV-Anlage.....	7
1.6. Handlungsempfehlungen	8
2. Einleitung	10
3. Simulation der bestehenden PV-Anlage mit einem Batteriespeicher	10
3.1. Ermittlung des Strom - Verbrauchs.....	11
3.3. Berechnung der Netzeinspeisung (ohne Speicher)	15
3.4. Recherche geeigneter Batteriespeicherprodukte, Simulation verschiedener Batteriespeichergrößen 17	
3.5. Beispielhafte Berechnung der Wirtschaftlichkeit.....	19
4. Erweiterungspotenzial der Solaranlage	20
4.1. Belegungsoptionen für zusätzliche Dächer.....	20
4.2. Eignung der Dächer gemäß Solarkataster NRW.....	21
4.3. Sonnenverlauf um die Gebäude.....	21
4.4. Beispielbetrachtung für Dach 2.....	22
4.5. Kumulierte Abschätzung.....	23
5. Analyse der Heizungsanlage.....	24
5.1. Verbrauchsmessung Gas	24
5.2. Zusammenspiel der drei Heizungen	27
6. Fazit:	33
Literaturverzeichnis	36

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung / Einheit	Bedeutung / Erläuterung
AC	Wechselstrom (engl. Alternating Current)
ATEX	Explosionsschutz-Anforderungen bzw. ATEX-Richtlinie für explosionsgefährdete Bereiche
BHKW	Blockheizkraftwerk
CO₂	Kohlenstoffdioxid / Kohlendioxid
DC	Gleichstrom (engl. Direct Current)
DZ NRW	Digitaler Zwilling Nordrhein-Westfalen; Bild-/Kartengrundlage
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMS	Energie-Management-System
GIS	Geoinformationssystem; Bestandteil von PV-GIS
IfSK	Institut für Sektorenkopplung; im Bericht als Institut der Hochschule Hamm-Lippstadt genannt
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LANUK	Landesamt für Natur, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen
LPG	Liquefied Petroleum Gas; Flüssiggas
PV	Photovoltaik
PV-GIS	Photovoltaic Geographical Information System; Tool bzw. Datengrundlage für PV-Ertragsberechnungen
SOC	State of Charge; Ladezustand eines Batteriespeichers

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Draufsicht des Anwesens mit Angabe zu den vorhandenen PV-Anlagen - DZ NRW	11
Abbildung 2 Gemessener Lastgang vom 19. – 25.01.2026	12
Abbildung 3 Gemessener Lastgang vom 19.01.2026 (Montag, Ruhetag)	12
Abbildung 4 Gemessener Lastgang vom 21.01.2026 (Mittwoch, Betriebstag)	13
Abbildung 5 Mittlere Leistung während des Messzeitraums.....	13
Abbildung 6 Ergebnisse der Simulation der drei Bestandsanlagen – Berechnung PV-SOL.....	15
Abbildung 7 Häufigkeit der Netzeinspeisung pro Tag (in 5 kWh Intervallen)	16
Abbildung 8 Hochrechnung der Nutzenergie bei steigender Speichergröße	16
Abbildung 9 Batteriespeicher	17
Abbildung 10 Zufällig ausgewähltes Produkt eines Batteriespeichersystems und dessen Erweiterung der Simulation (PV*Sol).....	17
Abbildung 11 Dächer durchnummeriert (Bildquelle DZ NRW.....	20
Abbildung 12 Eignung Dächer - Solarkataster NRW.....	21
Abbildung 13 Sonnenverlauf um Gebäude – Solarkataster NRW	21
Abbildung 14 Dächer die betrachtet werden.....	22
Abbildung 15 Beispiel Dach 2- PV-GIS Berechnung.....	22
Abbildung 16 Füllstand Tank über Zeit – RTC Messtechnik – Level View	25
Abbildung 17 Gasverbrauch an einzelnen Tagen	25
Abbildung 18 Tagesmengen Gasverbrauch dargestellt mit einer arithmetisch gemittelten Tagestemperatur	26
Abbildung 19 Anschlusschema der Heizungsanlagen.....	27
Abbildung 20 Zusammenspiel Heizungen.....	28
Abbildung 21 Messungen des elektrischen Verbrauchs des Hotelbetriebs und der Erzeugerleistung „Kesselhaus“ für den Zeitraum vom 02.02. bis 04.02.2026.....	29
Abbildung 22 Grafische Darstellung BHKW Produktionszeiten 28.5. - 1.6.2026.....	30
Abbildung 23 – Allgemeine Systemdarstellung unter Verwendung eines EMS	35

1 Executive Summary

Bei dem konkreten Fallbeispiel handelt es sich um das Landhotel Bartmann in Sendenhorst. Die Betrachtung des Landhotels Bartmann gehört zu einer Reihe Unternehmen aus dem Bereich Landgastronomie und Hotellerie.

Bei den Hotelgebäuden handelt es sich um gemischt genutzte Gebäude mit Beherbergung, Gastronomie, Veranstaltungsbetrieb und einem Sporteventbetrieb mit SWIN Golf Platz.

1.1. Gebäude- und Nutzungsstruktur

Das Gebäude umfasst Gästezimmer, Gastronomieflächen, Veranstaltungsräume und technische Nebenräume sowie einen Sportbetrieb für SWIN Golf, Fußballgolf etc. Die Nutzung ist zeitlich schwankend und führt zu variablen Energiebedarfen.

1.2. Energiequellen

Die Energieversorgung erfolgt thermisch mit zwei Blockheizkraftwerken (BHKW $P_{th} 13,8 \text{ kW} \cdot 2$) und einer Gasheizung ($P_{th} = 248,5 \text{ kW}$). Alle werden mit LPG betrieben, die aus einem 20.000 Liter Tank gespeist werden. Im weiteren Verlauf wird vereinfachend von Gas gesprochen. Neben der Gebäudeerwärmung wird Warmwasser aufbereitet.

Die beiden BHKW erzeugen darüber hinaus im Regelbetrieb Strom ($P_{el} = 5,5 \text{ kW} \cdot 2$). Darüber hinaus gibt es drei PV-Anlagen mit insgesamt 52,8 kWp (23,7 kWp (2011), 23 kWp (2013) und 6,1 kWp (2013)) die sich auf den Dächern von Nebengebäuden befinden. Es sind Volleinspeiseanlagen.

1.3. Energieverbraucher

Hauptverbraucher sind Küche & Kühltechnik, Gästezimmer, Wäscherei, Gebäudetechnik und Beleuchtung. Gekocht wird mit Induktionstechnik. Die Wäscherei nutzt für den Wäschetrockner Abwärme aus dem Kraft-Wärme-Kopplungsprozess der BHKW.

1.4. Lastprofil

Das Lastprofil zeigt typische Spitzen am Morgen und Abend sowie eine Grundlast in der Nacht. Die Grundlast liegt nachts und an Ruhetagen bei ca. 4 - 6 kW und in Spitzen kann man im Vollbetrieb des Unternehmens ca. 15 kW sehen.

1.5. PV-Anlage

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde geprüft, ob der Einsatz eines Batteriespeichers für die bestehende PV-Anlage mit einer Leistung von insgesamt 52,8 kWp wirtschaftlich sinnvoll ist.

Grundlage der Betrachtung ist die Annahme, dass die Volleinspeisung nach Ablauf der garantierten EEG-Vergütung beendet und stattdessen ein möglichst hoher Eigenverbrauch angestrebt wird.

Die Simulation ergab ohne Batterieeinsatz einen jährlichen PV-Ertrag von rund 44 MWh, wobei noch etwa 22 MWh ins Netz eingespeist werden. Durch den Einsatz eines Batteriespeichers mit 12 kW Leistung und 22,1 kWh Kapazität kann der Eigenverbrauchsanteil von 51,2 % auf 63,7 % gesteigert werden. Gleichzeitig reduziert sich die Netzeinspeisung um 25,5 % auf 16 MWh pro Jahr. Die Investitionskosten für diese Speichergroße liegen bei etwa 11 T€ (Stand Q1-2026 [1]). Unter den getroffenen Annahmen ergibt sich eine statische Amortisationsdauer von rund 9,7 Jahren (Amortisationsszenario begänne erst nach Ablauf der garantierten EEG-Vergütung). Größere Speicher ermöglichen weitere Einsparungen, führen jedoch zu höheren Investitionskosten und längeren Amortisationszeiten. Insgesamt zeigt die Analyse, dass ein Batteriespeicher technisch sinnvoll betrieben werden kann, wirtschaftlich jedoch nur eingeschränkt attraktiv ist.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde das zusätzliche Photovoltaik-Potenzial auf den Dachflächen des Landhotels analysiert, um mögliche Erweiterungen in Betracht zu ziehen. Hierfür wurden verschiedene Dachflächen hinsichtlich Ausrichtung, Verschattung und möglicher Modulbelegung bewertet. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde das zusätzliche PV-Potenzial der Dachflächen 2, 3, 4 und 5 (Zuordnung siehe Kapitel PV-Potenzial) am Standort des Landhotels Bartmann analysiert. Auf Basis der Dachgeometrie der Dachflächen, und PV-GIS-Ertragssimulationen ergibt sich ein theoretischer zusätzlicher Jahresertrag von insgesamt rund 80 MWh. Den größten Anteil liefert dabei Dach 5 mit etwa 34 MWh pro Jahr, gefolgt von Dach 4 mit ca. 24 MWh, Dach 3 mit ca. 15,5 MWh und Dach 2 mit ca. 7 MWh Jahresertrag. Die höchsten monatlichen Erträge werden in den Sommermonaten erzielt, mit einem Maximum von rund 10,8 MWh im Juli. Selbst in den Wintermonaten werden noch relevante Energieerträge zwischen ca. 1,8 und 3,5 MWh pro Monat erreicht. Nicht berücksichtigt wurden Norddächer, bereits belegte Dachflächen sowie stark verschattete Bereiche. Die Ergebnisse stellen eine überschlägige Potenzialabschätzung dar (Fragen z.B. der Dachstatik wurden nicht berücksichtigt) und dienen als Grundlage für eine weiterführende technische und wirtschaftliche Detailplanung.

1.6. Handlungsempfehlungen

Priorität 1 – kurzfristig umsetzen

Einführung eines Energie-Management-Systems (EMS)

- Steuern von PV, BHKW, Heizung und Verbrauchern (z.B. Ladesäulen, Wäscherei, Warmwasser)
 - Transparenz über Energieflüsse herbeiführen
 - Vorbereitung für zukünftige Speicher- und Stromflexibilitätsmärkte
- ⇒ vergleichsweise geringe Investitionskosten

Optimierung des BHKW-Betriebs

- Eigenstromnutzung maximieren – Laufzeiten mit EMS bedarfsgerecht sicher stellen.
- Priorität BHKW vor Gasheizung sicher stellen

Priorität 2 – mittelfristig prüfen

Hybridisierung des Wärmesystems

- Integration einer Wärmepumpe als Ersatz für den Gasbrenner
- Nutzung eigener PV-Erträge für die Wärmepumpe – und Nutzung der BHKWs für Strom
- Damit Reduktion des Flüssiggasverbrauchs – ggf. Substituierung BioGas.

PV-Überschussnutzung nach Beendigung der Volleinspeisung

- Heizstab im Pufferspeicher nachrüsten
- Warmwasserbereitung mit vergrößertem thermischem Langzeitspeicher:
Durch den Einsatz eines großvolumigen Warmwasserspeichers mit Vakuum- oder Hochleistungsdämmung können die Bereitschaftsverluste deutlich reduziert werden. Für Speichergößen in der Größenordnung von 1.000 l sind Bereitschaftsverluste von unter 1 kWh pro Tag technisch erreichbar. [2] [3] [4]
- Dann Lastverschiebung der Bereitstellung in PV-reiche Stunden – in den Monaten April – Oktober durch EMS System.
- PV Überschussnutzung mit PreCooling des Kühlhauses von -18 °C auf bis zu -24 °C um damit in Nachtstunden den Strombedarf zu mindern.

Batteriespeicher

- Technisch sinnvoll
- Aktuell wirtschaftlich nur eingeschränkt attraktiv
- Neubewertung bei sinkenden Speicher-, steigenden Strompreisen

Priorität 3 – langfristige Strategie

PV-Erweiterung

- Erst nach Schaffung zusätzlicher elektrischer Verbraucher wie sogenannte PV Überschuss Anwendungen für die Warmwasserbereitung oder einer Wärmepumpe macht dies Sinn. Da das Potenzial der PV-Erweiterung mit ca. 80 kWp ermittelt wurde, dürften die vorbenannten Vorschläge zur Reduktion des zugekauften Stroms und zur Verbesserung der Eigenversorgung beitragen.

- Nutzung der identifizierten Dachflächen als langfristige Reserve

2. 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.

Bei dem konkreten Fallbeispiel handelt es sich um das Landhotel Bartmann in Sendenhorst. Die Familie Bartmann betrieb schon vor 1573 an gleicher Stelle einen landwirtschaftlichen Betrieb und führte diesen ab 1990 in einen Gastronomiebetrieb über, was 1993 zur Gründung des Landhotel Bartmann führte. Die Betrachtung des Landhotels Bartmann gehört zu einer Reihe Unternehmen aus dem Bereich Landgastronomie und Hotellerie.

Bei den Hotelgebäuden handelt es sich um gemischt genutzte Gebäude mit Beherbergung, Gastronomie, Veranstaltungsbetrieb und einem Sporteventbetrieb mit SWIN Golf Platz.

Ziel dieses Berichts ist die Analyse der Energieflüsse und die Identifikation von Optimierungspotenzialen im Bereich PV-Anlage und Gebäudeerwärmung.

3. Simulation der bestehenden PV-Anlage mit einem Batteriespeicher

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde geprüft, ob der Einsatz eines Batteriespeichers für die bestehende PV-Anlage mit insgesamt 52,8 kWp wirtschaftlich sinnvoll ist. Dabei wird angenommen, dass die Volleinspeisung beendet wird und ein möglichst hoher Eigenverbrauch angestrebt wird. Als bestimmendes Element soll der Einsatz eines Batteriespeichers in Betracht gezogen werden.

- 23,7 kWp (Baujahr 2011)
- 23,0 kWp (Baujahr 2013)
- 6,1 kWp (Baujahr 2013)



Abbildung 1 Draufsicht des Anwesens mit Angabe zu den vorhandenen PV-Anlagen - DZ NRW [5]

3.1. Ermittlung des Strom - Verbrauchs

Für die Messung des Verbrauchs wurden eigene Messsysteme mit 30A Stromzangen eingesetzt.

Der Verlauf gibt klar wieder, dass Sonntag und Montag Ruhetage für den Restaurantbetrieb sind. Die Peakzeiten verteilen sich im Wesentlichen an den anderen Tagen ab mittags bis abends ca. 22:00 Uhr. Die Grundlasten liegen bei 4 - 6 kW, die Peakleistung bei 12 – 15 kW.

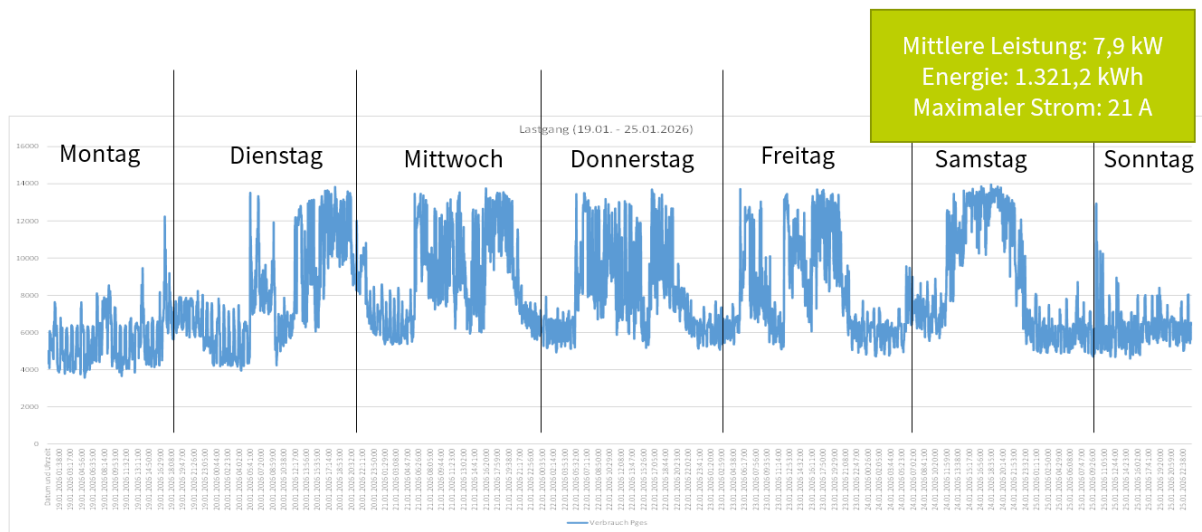


Abbildung 2 Gemessener Lastgang vom 19. – 25.01.2026

Die Auswertung der Verbrauchsdaten zeigt, dass am Beispiel des Ruhetags vom 19.01.2026 eine mittlere Grundlast von rund 5,8 kW besteht. Der durchschnittliche Tagesverbrauch an diesem Ruhetag liegt bei etwa 139,2 kWh pro Tag. Trotz Ruhetag treten kurzzeitig Lastspitzen bis ca. 12,2 kW auf, was auf dauerhaft laufende Verbraucher wie Kühlung, Lüftung, Heizung oder Hotelbetrieb hinweist. Die Grundversorgung des Gebäudes mit Strom, für die IT dürften Bestandteile dieser Grundlast sein. Das nachfolgende Diagramm zeigt den Tagesverlauf vom 19.01.2026.

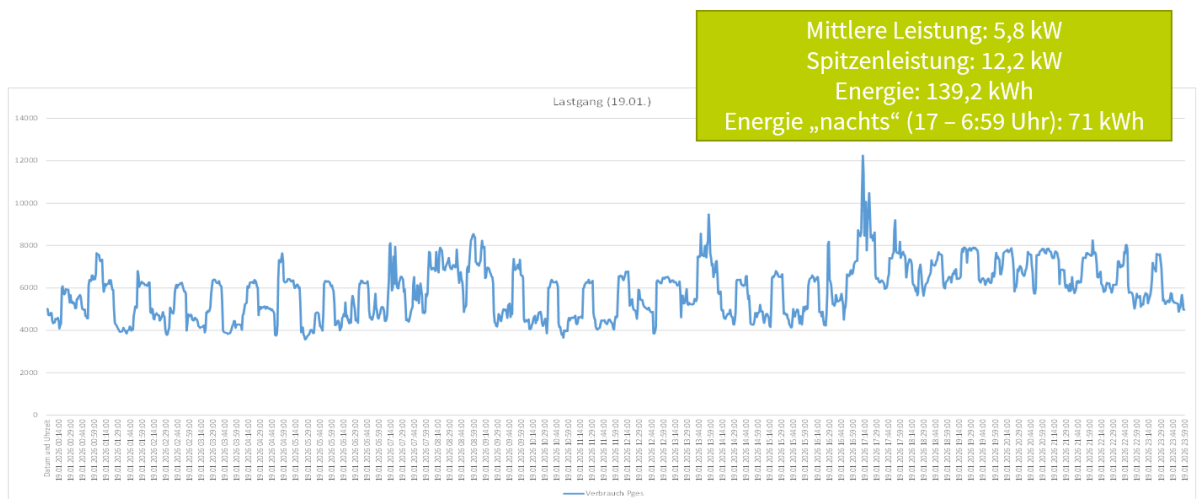


Abbildung 3 Gemessener Lastgang vom 19.01.2026 (Montag, Ruhetag)

Mittlere Leistung: 8,9 kW
Spitzenleistung: 13,7 kW
Energie: 213,6 kWh

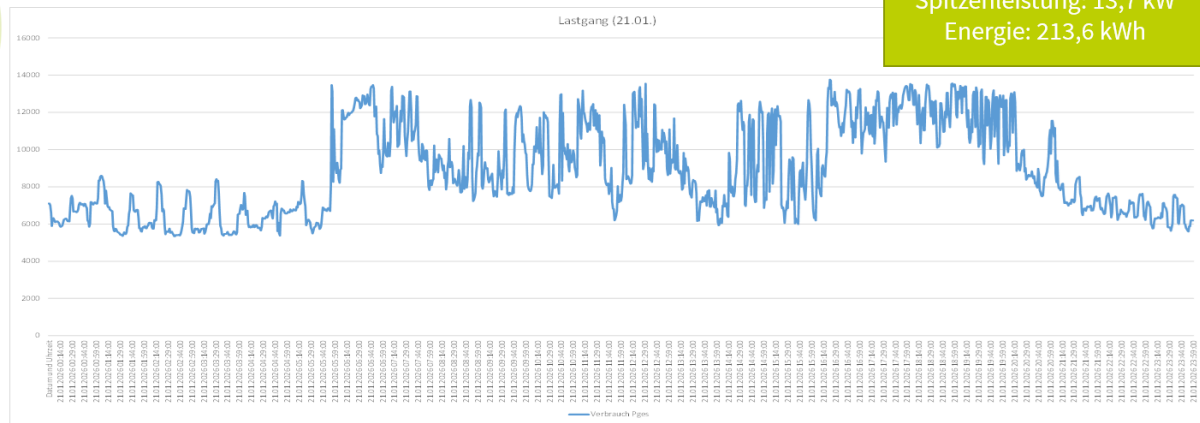


Abbildung 4 Gemessener Lastgang vom 21.01.2026 (Mittwoch, Betriebstag)

An den Betriebstagen Dienstag bis Samstag liegt die mittlere Leistungsaufnahme höher - am Beispiel des 21.01.2026 bei rund 8,9 kW, während die höchste gemessene Spitzenlast bei 13,6 kW lag. Die höchsten Lasten treten überwiegend in den Abendstunden des Restaurantbetriebs auf.

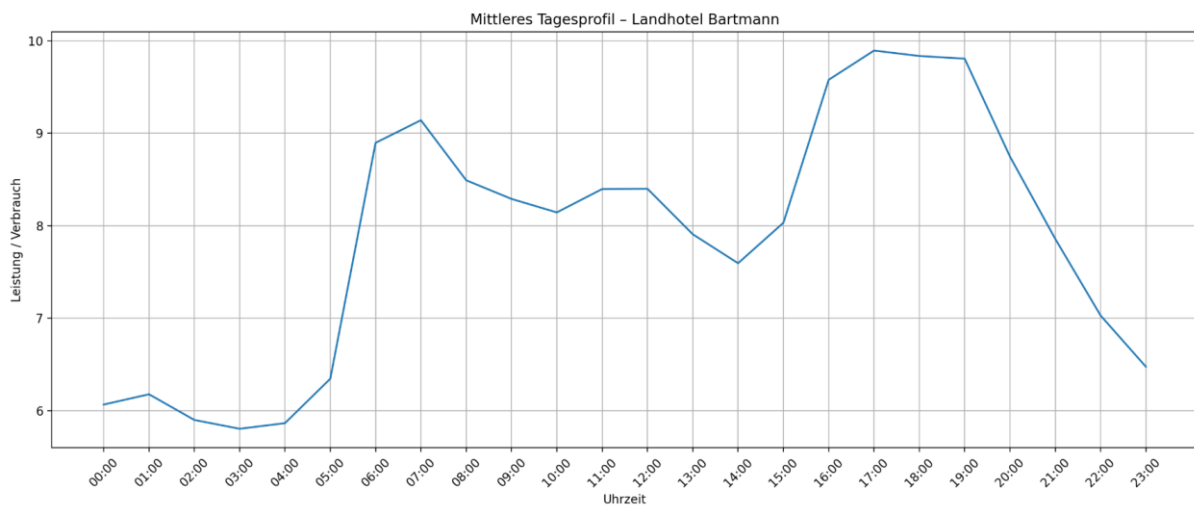


Abbildung 5 Mittlere Leistung während des Messzeitraums

Das ermittelte Tagesprofil aus dem Zeitraum zeigt den gemittelten elektrischen Leistungsbedarf des Landhotels über einen typischen Tagesverlauf. Auffällig ist zunächst die vergleichsweise hohe Grundlast während der Nachtstunden. Zwischen 00:00 Uhr und 05:00 Uhr liegt die mittlere Leistungsaufnahme relativ konstant bei etwa 5,8 bis 6,3 kW. Dies deutet darauf hin, dass dauerhaft laufende Verbraucher wie Kühlanlagen, Lüftung, Heizungs- und Hoteltechnik einen erheblichen Anteil am Strombedarf haben.

Ab etwa 06:00 Uhr steigt der Leistungsbedarf deutlich an und erreicht am Morgen Werte um 9 kW. Ursache hierfür sind vermutlich Küchenbetrieb, Vorbereitung des Gastronomiebetriebs – Frühstückszeiten sowie allgemeine Betriebsaufnahme des Hotels. Im weiteren Tagesverlauf sinkt die Leistung leicht ab und bewegt sich tagsüber überwiegend zwischen 7,5 und 8,5 kW.

Die höchsten Lasten treten in den Abendstunden zwischen 16:00 Uhr und 19:00 Uhr auf. In diesem Zeitraum steigt die mittlere Leistungsaufnahme auf nahezu 10 kW an. Dies korreliert mit den Öffnungszeiten des Restaurants und dem erhöhten Energiebedarf durch Küche, Beleuchtung, Lüftung und Gastronomiebetrieb. Nach 20:00 Uhr fällt die Last wieder kontinuierlich ab und nähert sich ab etwa 22:00 Uhr erneut der nächtlichen Grundlast.

Für die Bewertung eines Batteriespeichers ist dieses Lastprofil besonders relevant, da die höchsten Verbräuche in den Abendstunden auftreten, wenn die PV-Erzeugung bereits deutlich zurückgeht. Ein Batteriespeicher könnte daher tagsüber erzeugte Solarenergie gezielt in die Abendstunden verschieben und damit den Eigenverbrauch erhöhen sowie den Netzbezug reduzieren.

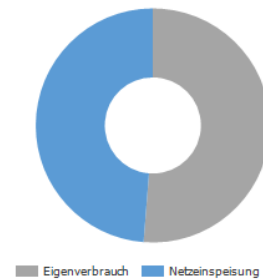
3.2. Simulation der PV-Erzeugung mit PV-SOL

Basierend auf den eigenen Messungen, wurde der Verbrauch für ein ganzes Jahr mithilfe des Simulationstools interpoliert.

PV-Anlage

PV-Generatorleistung	52,88 kWp
Spez. Jahresertrag	836,61 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	83,29 %
Ertragsminderung durch Abschattung	0,3 %
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	44.262 kWh/Jahr
Eigenverbrauch	22.691 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	21.571 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	51,2 %
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	20.793 kg/Jahr

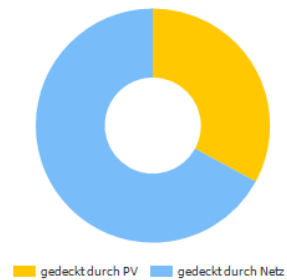
PV-Generatorenergie (AC-Netz)



Verbraucher

Verbraucher	68.866 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	22 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	68.888 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	22.691 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	46.197 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	32,9 %

Gesamtverbrauch



Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	68.888 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	46.197 kWh/Jahr
Autarkiegrad	32,9 %

Abbildung 6 Ergebnisse der Simulation der drei Bestandsanlagen – Berechnung PV-SOL [6]

Der simulierte Jahresertrag beträgt 44,2 MWh, der Eigenverbrauchsanteil 51,2 % und die Netzeinspeisung 21,5 MWh.

3.3. Berechnung der Netzeinspeisung (ohne Speicher)

An 76/365 Tagen (20 %) findet praktisch keine Netzeinspeisung (< 1 kWh/d) statt. An 106 Tagen (29 %) liegt diese unterhalb 5 kWh/Tag. Die maximale Netzeinspeisung beträgt 233 kWh/d (1. Juni).

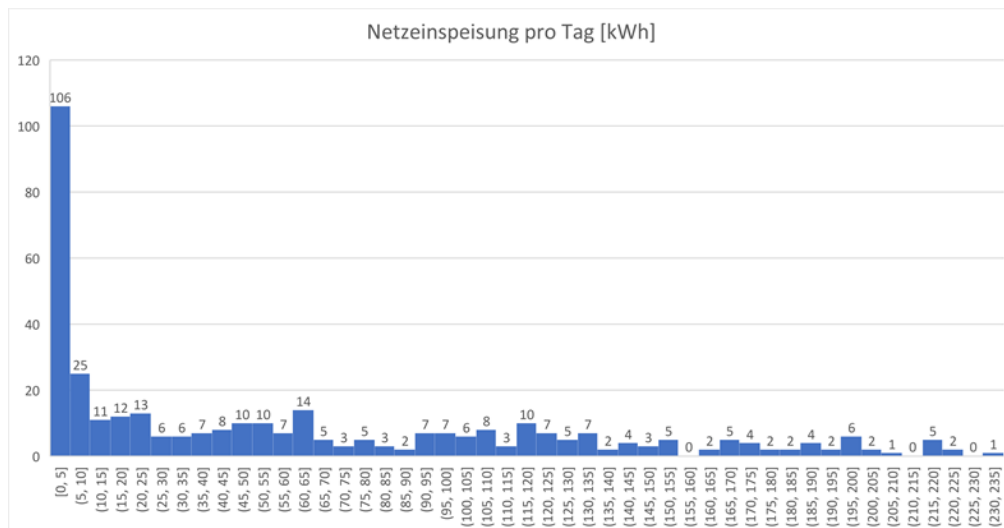


Abbildung 7 Häufigkeit der Netzeinspeisung pro Tag (in 5 kWh Intervallen)

Verbrauchsbedingt ergibt sich eine maximal sinnvolle Speichergröße von 139 kWh (vgl. Messung vom 19.01.2026, Ruhetag). Der Anteil der Nutzenergie nimmt mit zunehmender Speichergröße ab. Eine sinnvolle Kapazität eines Batteriespeichers wurde mit < 70 kWh abgeschätzt. Hiermit ließen sich ca. 60 % der PV-Überschüsse nutzen.

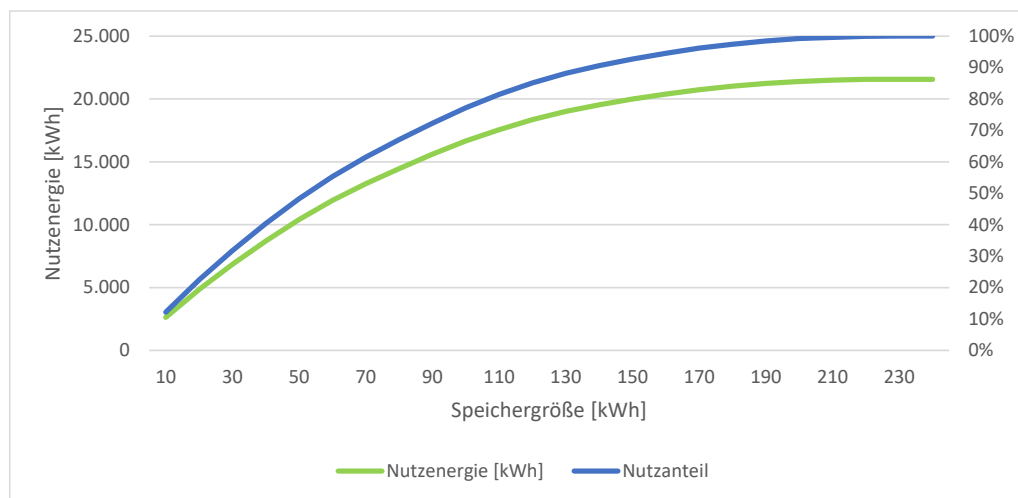


Abbildung 8 Hochrechnung der Nutzenergie bei steigender Speichergröße

In der Simulation tritt über das gesamte Jahr nur während etwa 7 Stunden eine nennenswerte Einspeiseleistung oberhalb von 30 kW auf.

Der überwiegende Anteil der Netzeinspeisung liegt somit unterhalb dieses Leistungsbereichs.

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine Auslegung des Batteriewechselrichters auf bis etwa als 30 kW für den betrachteten Anwendungsfall sinnvoll erscheint.

Eine höhere Leistungsdimensionierung würde nur in wenigen Stunden des Jahres genutzt und hätte daher voraussichtlich nur einen geringen zusätzlichen energetischen Nutzen.

Die Auslegung der Batteriekapazität wird im folgenden betrachtet.

3.4. Recherche geeigneter Batteriespeicherprodukte, Simulation verschiedener Batteriespeichergrößen

Um einen Batteriespeicher zu ergänzen, muss ein Produkt aus der integrierten Datenbank der genutzten PV-SOL Software ausgewählt werden. Hierfür wurde willkürlich ein am Markt vertriebenes System ausgewählt, um die Simulation damit durchzuführen.

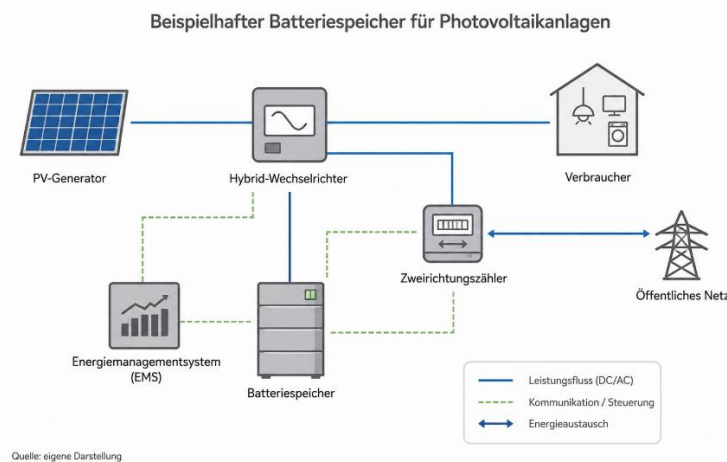


Abbildung 9 Batteriespeicher [7]

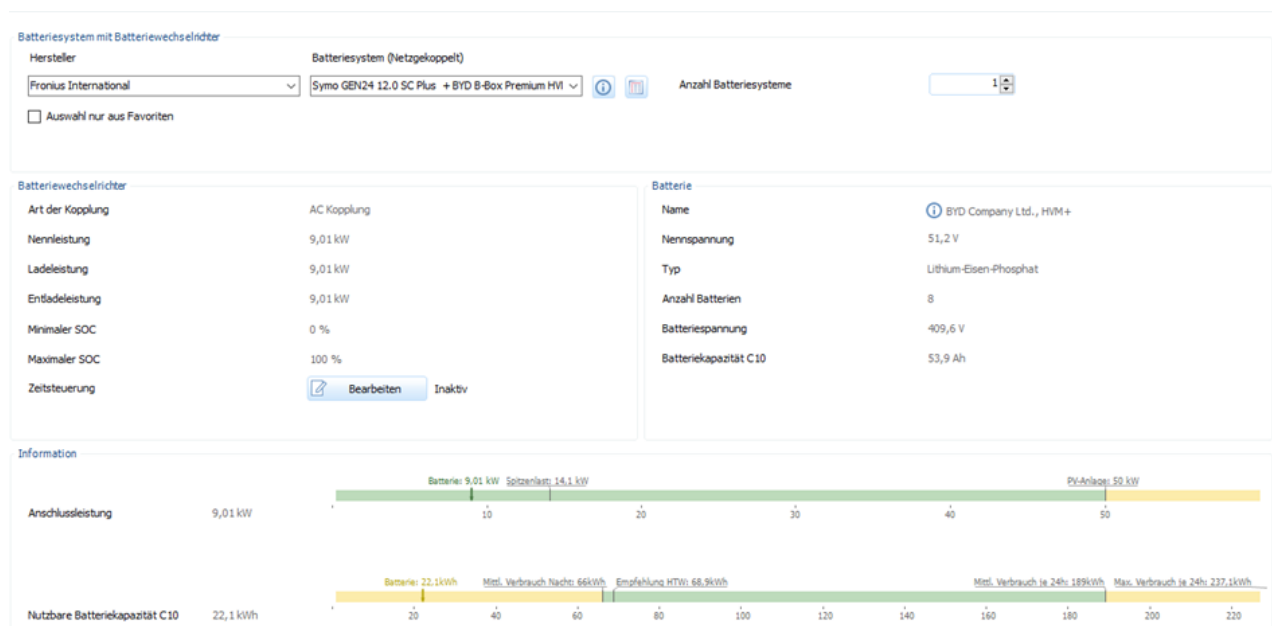


Abbildung 10 Zufällig ausgewähltes Produkt eines Batteriespeichersystems und dessen Erweiterung der Simulation (PV*Sol)

In der Simulation wurde dieser Batteriespeicher ergänzt. Zur Veranschaulichung des Einflusses wurden drei Varianten simuliert.

- ❖ 12 kW; 22,1 kWh
- ❖ 24 kW; 44,2 kWh (2x Beispielsystem)
- ❖ 36 kW; 66,3 kWh (3x Beispielsystem)

Tabelle 1 Übersicht der Simulationsergebnisse mit und ohne Speicher

	Ohne Speicher	Batteriespeicher 12 kW, 22,1 kWh	Batteriespeicher 24 kW, 44,2 kWh	Batteriespeicher 36 kW, 66,4 kWh
Direkter Eigenverbrauch [kWh]	22.691	22.686	22.686	22.686
Batterieladung [kWh]	n/a	5.154	9.607	12.842
Netzeinspeisung [kWh]	21.571	16.077	11.963	8.729
Eigenverbrauchsanteil	51,20 %	63,70 %	73 %	80,30 %
Reduzierung Netzeinspeisung	n/a	-25,50 %	-44,50 %	-59,50 %
Investment [€]	n/a	10.490	20.980	31.470
Amortisationsdauer [Jahre]	n/a	9,69	10,3	11,6

3.5. Beispielhafte Berechnung der Wirtschaftlichkeit

Zur groben Bewertung der Wirtschaftlichkeit wurde die statische Amortisationsdauer für das Batteriespeichersystem mit 12 kW und 22,1 kWh herangezogen.

$$\text{Amortisationsdauer (statisch): } \frac{\text{Investition}}{\text{Ersparnis}}$$

Folgende Inputparameter (Annahmen) wurden getroffen:

- Systemkosten (Material): 9.490 € (Bei Basisgröße 12 kW, 22,1 kWh)
- Verkabelung etc. (Material): 1.000 €
- Montage und Inbetriebnahme: Eigenleistung
- Strombezugskosten: $0,25 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
- Einspeisevergütung: $0,04 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ (Direktvermarktung)

$$\text{Rechnung: } \frac{10.490 \text{ €}}{5.154 \text{ kWh}} \times (0,25 - 0,04 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}) = \mathbf{9,69 \text{ Jahre}}$$

Fazit:

Es ergibt sich eine statische Amortisationsdauer von 9,69 Jahren für das System mit 12 kW, 22,1 kWh. Unter Berücksichtigung der Annahmen sowie der typischen Lebensdauer der Batterie von 15 – 20 Jahren wäre dies eine wirtschaftlich jedoch nur eingeschränkt attraktiv Option.

4. Erweiterungspotenzial der Solaranlage

4.1. Belegungsoptionen für zusätzliche Dächer



Abbildung 11 Dächer durchnummeriert (Bildquelle DZ NRW[8])

4.2. Eignung der Dächer gemäß Solarkataster NRW



Abbildung 12 Eignung Dächer - Solarkataster NRW [9]

4.3. Sonnenverlauf um die Gebäude

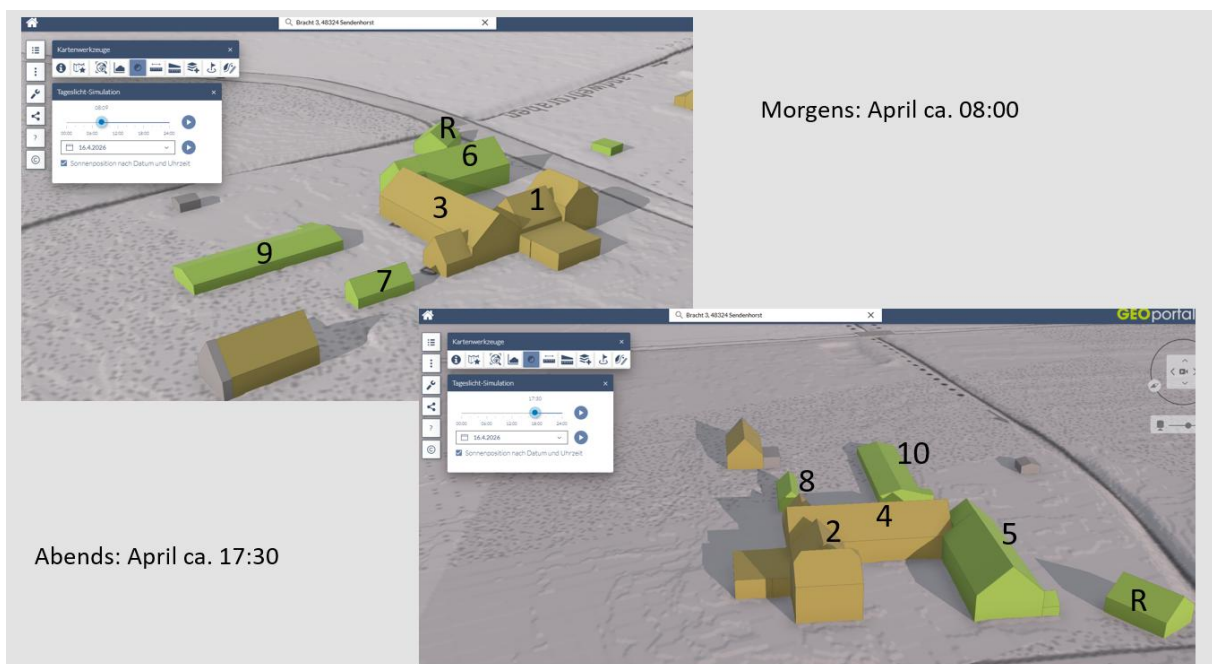
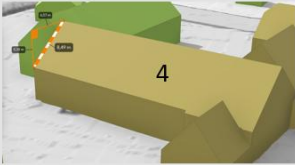


Abbildung 13 Sonnenverlauf um Gebäude – Solarkataster NRW [10]

- Nordausrichtungen werden nicht betrachtet: Dach 2 + 5 (Siehe auch LANUK Karte Seite zuvor)
- Dach R wird aufgrund des starken Baumbewuchses nicht betrachtet
- Bereits belegte Dächer 7,8 + 9,10 werden nicht betrachtet

Folgende Varianten werden betrachtet:



• Dach 4: 2 Reihen zu 31 Modulen max

	Dachneigung	Modulzahl	Gerechnete Leistung kWp	Auslegung kWp
Dach- Hotelhaupthaus 2 - Vorne	44°	15	6,75	7 kWp
Dach Gästehaus 3 - Vorne	41°	50	22,5	22 kWp
Dach Gästehaus 4 - Hinten	41°	62	27,9	27 kWp
Dach 5 Gerätehaus - Vorne	38°	75	33,75	33 kWp
Summe max Belegung (Ohne Verschattungsverluste)			89 kWp	

Belegung: 1,72 * 1,13 m Leistung: 450 Wp



• Dach 5: 3 Reihen zu 25 Modulen max
Nachmittags Baumverschattung



• Dach 3: 2 Reihen zu 25 Modulen max



• Dach 2: 1 Reihe 17 Module max

Quelle: Polka Umwelt Azimut-Tool

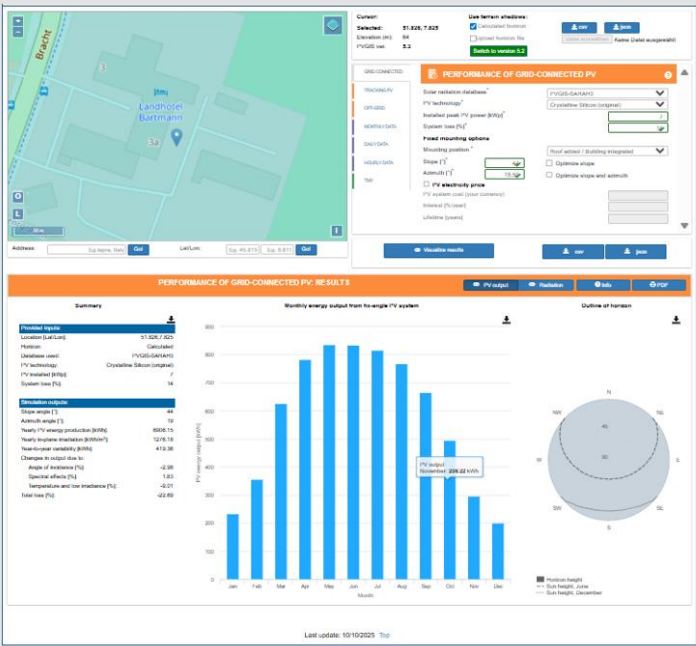
Abbildung 14 Dächer die betrachtet werden

4.4. Beispielbetrachtung für Dach 2

Ertragsübersicht Dach 2



• Dach 2: 1 Reihe 17 Module max



Quelle: JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission

Abbildung 15 Beispiel Dach 2- PV-GIS Berechnung [11]

4.5. Kumulierte Abschätzung

Tabelle 2 Kumulierte Abschätzung

Monat	E_m [kWh]	E_m [kWh]	E_m [kWh]	E_m [kWh]		E_m [kWh]	
	Dach2	Dach 3	Dach 4	Dach 5		Total	
Januar	233,4	263,8	578,9	1077,4		2153,5 kWh	
Februar	355,5	528,4	1003,8	1679,9		3567,6 kWh	
März	624,8	1197,9	1992,2	3017,5		6832,4 kWh	
April	782,1	1854,1	2761,9	3857,1		9255,2 kWh	
Mai	836,2	2285,2	3169,6	4186,8		10477,8 kWh	
Juni	833,6	2464,7	3308,0	4198,2		10804,5 kWh	
Juli	815,5	2324,6	3152,2	4094,4		10386,7 kWh	
August	767,6	1931,8	2777,5	3806,9		9283,8 kWh	
September	665,8	1390,4	2206,1	3243,4		7505,7 kWh	
Oktober	494,5	784,1	1446,6	2350,6		5075,8 kWh	
November	296,2	339,1	746,0	1374,5		2755,8 kWh	
Dezember	200,9	188,7	461,7	919,5		1770,8 kWh	
Jahressummen							
	6906,1	15552,8	23604,5	33806,2		79869,6 kWh	

Hinweise zur Berechnung

Die vorliegende Berechnung dient lediglich einer groben Auslegung und soll erste Anhaltspunkte zur Beurteilung möglicher Potenziale liefern.

Dabei sind folgende Einschränkungen zu beachten:

- Es wurde keine Verschattung durch Bäume oder andere Objekte am Horizont berücksichtigt.
- Störkanten und auf dem Dach befindliche Objekte wurden in der Berechnung nicht hochaufgelöst berücksichtigt.
- Mögliche bauliche Einschränkungen durch die Statik der Dachstühle wurden nicht in die Auslegung einbezogen.

Da der Eigenverbrauch auch mit Batteriespeicher bei < 65 % liegt ist eine Erweiterung der PV-Kapazität aktuell keine naheliegende Option. Allerdings tritt sie in den Fokus, wenn fossile Energieträger durch Strom substituiert werden.

5. Analyse der Heizungsanlage

Die Heizungsanlage arbeitet thermisch mit zwei Senertec Blockheizkraftwerken (BHKW P_{th} 13,8 kW * 2) und einer Viessmann Gasheizung (P_{th} = 248,5 kW). Alle werden mit LPG betrieben, die aus einem 20.000 Liter Tank gespeist werden.

5.1. Verbrauchsmessung Gas

Für die Fernüberwachung des Füllstands von Flüssiggastanks wurde das System „LEVELview.PRO.LPG“ der Firma Remote Control Technology (RCT) eingesetzt. Das System ermöglicht eine berührungslose Füllstandserfassung mittels Hall-Effekt-Sensorik und ist sowohl für oberirdische als auch unterirdische Flüssiggastanks geeignet. Die Messung erfolgt über die Erfassung des Magnetfeldes des vorhandenen Schwimmers im Tank, sodass keine direkte mechanische oder invasive Messung erforderlich ist. Dadurch entfällt ein Öffnen des Tanks während der Installation oder des Betriebs.

Die Sendeeinheit ist gemäß ATEX-Richtlinie für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 1 zugelassen; der eingesetzte Sensor erfüllt zusätzlich die Anforderungen für ATEX-Zone 0. Die Stromversorgung erfolgt netzunabhängig über ein austauschbares Batteriepack mit einer typischen Lebensdauer von etwa zwei bis drei Jahren, abhängig von Sendeintervall und Umgebungstemperatur.

Die zyklischen Statusmeldungen werden einmal täglich erfasst und übermittelt.

Nach Herstellerangaben beträgt die Messgenauigkeit des eingesetzten Hall-Effekt-Sensors typischerweise ± 2 %. Damit haben wir uns für eine Auswertung mit einer Tagesmittelwerttemperatur entschieden.



Abbildung 16 Füllstand Tank über Zeit – RTC Messtechnik – Level View [12]

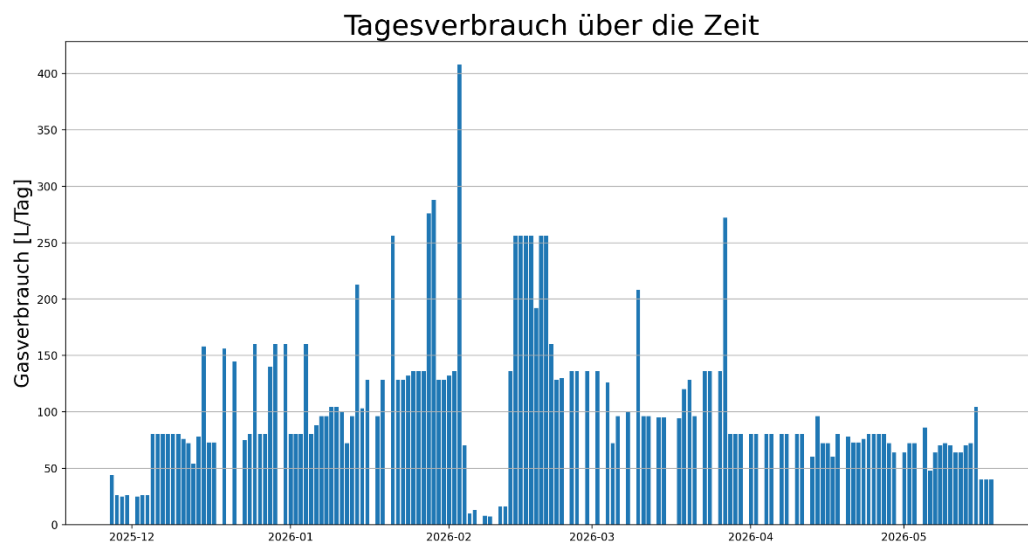


Abbildung 17 Gasverbrauch an einzelnen Tagen

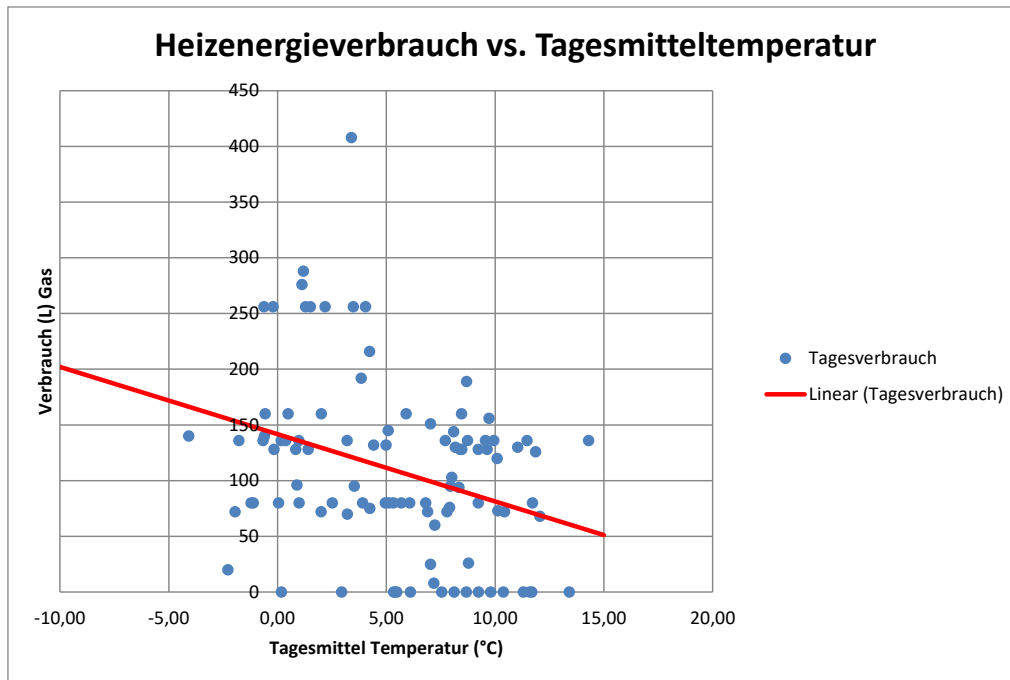


Abbildung 18 Tagesmengen Gasverbrauch dargestellt mit einer arithmetisch gemittelten Tagestemperatur

Abbildung 19 zeigt den täglichen Gasverbrauch in Abhängigkeit von der mittleren Tagestemperatur. Da der Gasverbrauch lediglich als aggregierter Tageswert vorliegt und keine höhere zeitliche Auflösung verfügbar ist, wurde für jeden Tag aus den gemessenen Temperaturdaten ein arithmetischer Mittelwert gebildet. Der Verbrauch ist erwartbar direkt mit der Außentemperatur verbunden. Unterhalb von 5°C erkennt man deutlich hohe Verbräuche >150 Liter/Tag – oberhalb von 5°C sinkt der Verbrauch kontinuierlich bei steigender Außentemperatur. Im Mittel ergibt sich ein Verbrauch von 200 Liter/Tag bei -10°C und eine sommerliche thermische Grundlast von etwa 50 Liter/Tag bei + 15 °C.

Die Messpunkte mit Nullverbrauch sind auf das eingesetzte Füllstandsmesssystem des LPG-Tanks zurückzuführen, das auf einer Schwimmermessung basiert. Da hierbei nicht der tatsächliche Gasdurchfluss, sondern lediglich die Änderung des Tankfüllstandes erfasst wird, können geringe Tagesverbräuche unterhalb der Messauflösung liegen. In der Auswertung erscheinen diese Zeiträume daher als Verbrauchswerte von 0 Liter/Tag, obwohl ein geringer Verbrauch stattgefunden haben kann.

5.2. Zusammenspiel der drei Heizungen

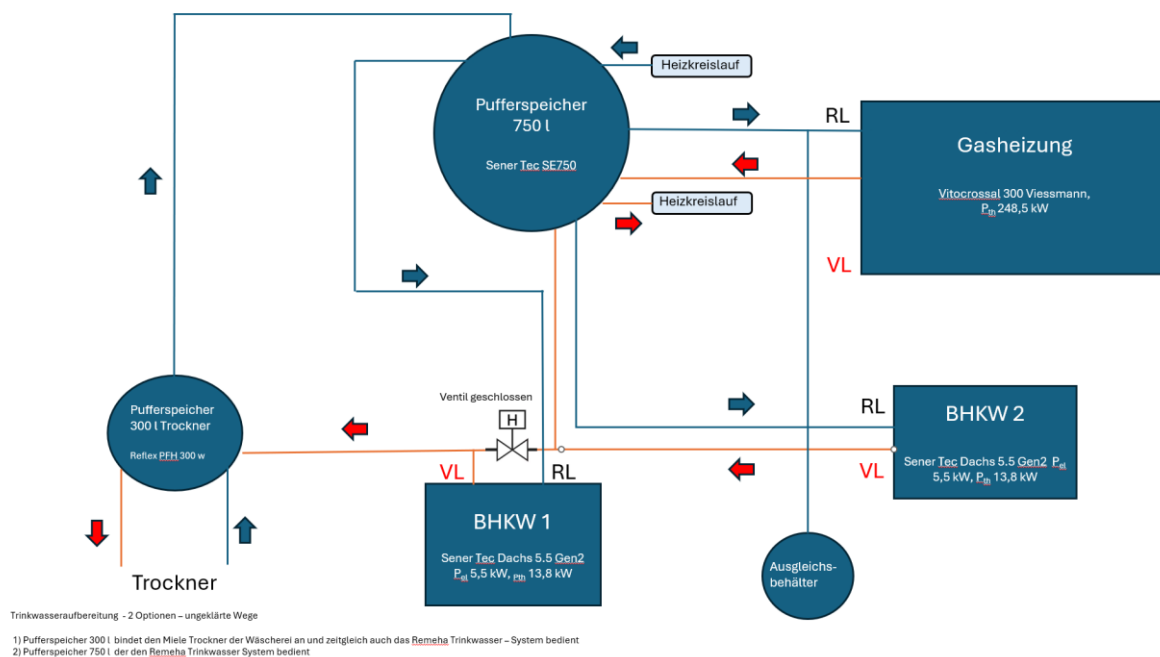


Abbildung 19 Anschlussschema der Heizungsanlagen

Abbildung 20 zeigt das hydraulische Konzept der Wärmeversorgung. Das System besteht aus zwei Mikro-Blockheizkraftwerken (BHKW 1 und BHKW 2), einer Gasheizung sowie zwei Pufferspeichern.

Die Gasheizung und das BHKW 2 speisen ihre Wärme in den zentralen Pufferspeicher mit einem Volumen von 750 Litern ein. Der Speicher übernimmt die Funktion eines hydraulischen und thermischen Ausgleichs und versorgt die angeschlossenen Heizkreise.

BHKW 1 kann abhängig von der Stellung eines Umschaltventils entweder den zentralen Pufferspeicher unterstützen oder einen separaten Pufferspeicher mit 300 Litern Inhalt versorgen. In der dargestellten Betriebsart ist die Verbindung zum zentralen Pufferspeicher geschlossen, sodass die erzeugte Wärme ausschließlich dem Pufferspeicher des Trocknungssystems zugeführt wird. Dieser dient zur Versorgung der Trocknungsanlagen in der Hotelwäscherei.

Der Rücklauf des Trocknungssystems wird anschließend in den zentralen Pufferspeicher zurückgeführt. Dadurch verbleibt die Wärmeenergie innerhalb des Gesamtsystems und kann weiterhin genutzt werden.

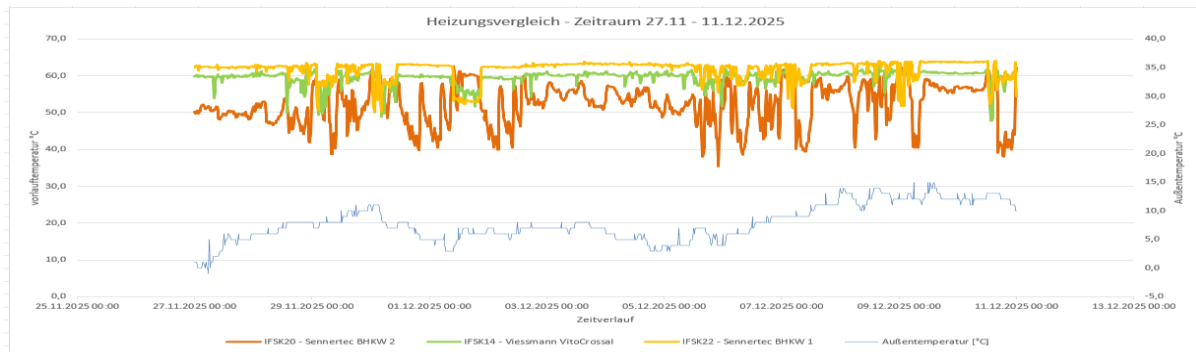


Abbildung 20 Zusammenspiel Heizungen

Abbildung 21 zeigt die Vorlauftemperaturen der drei Wärmeerzeuger im Zeitraum vom 27.11.2025 bis zum 11.12.2025. Zusätzlich ist die Außentemperatur auf der rechten Achse dargestellt.

Die Anlagen „Vitocrossal“ und „BHKW 2“ arbeiten über den gesamten Betrachtungszeitraum mit vergleichsweise konstanten Vorlauftemperaturen zwischen etwa 58 °C und 64 °C. Temperaturabsenkungen treten lediglich kurzzeitig auf. Insgesamt deutet dieses Verhalten auf einen überwiegend kontinuierlichen Betrieb mit geringer Regelungsdynamik hin.

Demgegenüber weist BHKW 1 deutlich stärkere Temperaturschwankungen auf. Die Vorlauftemperatur bewegt sich teilweise zwischen etwa 40 °C und 63 °C. Insbesondere zwischen dem 05.12. und 10.12. sind wiederholt schnelle Temperaturänderungen erkennbar. Dieses Verhalten lässt auf eine stärker lastabhängige Betriebsweise schließen.

Eine mögliche Ursache hierfür ist die Anbindung an den Pufferspeicher des Wäschereibetriebs. Die dort auftretenden, zeitlich konzentrierten Wärmebedarfe führen zu deutlich dynamischeren Betriebszuständen als im zentralen Heizsystem.

Insgesamt wird deutlich, dass die Wärmeerzeuger unterschiedliche Aufgaben innerhalb des Gesamtsystems übernehmen. Während die Gasheizung und BHKW 2 überwiegend zur kontinuierlichen Versorgung des Hauptpuffers beitragen, übernimmt BHKW 1 zusätzlich die Versorgung des Trocknungssystems und reagiert daher stärker auf betriebliche Laständerungen.

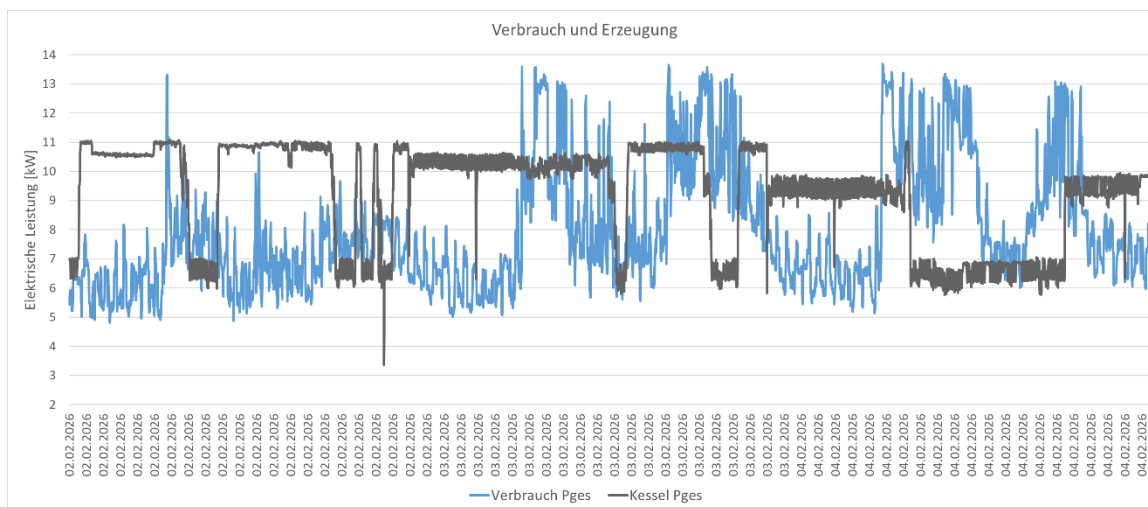


Abbildung 21 Messungen des elektrischen Verbrauchs des Hotelbetriebs und der Erzeugerleistung „Kesselhaus“ für den Zeitraum vom 02.02. bis 04.02.2026

Abbildung 22 zeigt den Vergleich zwischen der elektrischen Erzeugungsleistung der Energiezentrale („Kessel Pges“) und dem elektrischen Verbrauch des Hotel- und Gastronomiebetriebs („Verbrauch Pges“) für den Zeitraum vom 02.02. bis 04.02.

Der Verbrauch weist einen typischen Tagesverlauf mit deutlich höheren Leistungen während der Betriebszeiten auf. Die elektrische Erzeugung durch die Blockheizkraftwerke erfolgt dagegen weitgehend stufenförmig entsprechend den jeweiligen Betriebszuständen der Anlagen.

In mehreren Zeiträumen übersteigt die erzeugte elektrische Leistung den momentanen Eigenverbrauch. Die daraus resultierenden Überschüsse werden in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die markierten Bereiche verdeutlichen diese Einspeisephasen.

Die Messung zeigt, dass die vorhandenen BHKW einen erheblichen Anteil der elektrischen Grundlast des Hotels decken können und zeitweise sogar einen Stromüberschuss erzeugen.

Die BHKW haben Modulationsmöglichkeiten die man in den Grafiken unten sehen kann:

Leistungsstufe	Elektrische Leistung	Thermische Leistung
Teillast 1	ca. 2,9–3,0 kW	ca. 7,4–7,5 kW
Teillast 2	ca. 4,1 kW	ca. 10,2 kW

Leistungsstufe	Elektrische Leistung	Thermische Leistung
Vollast	5,5 kW	bis 14,8 kW

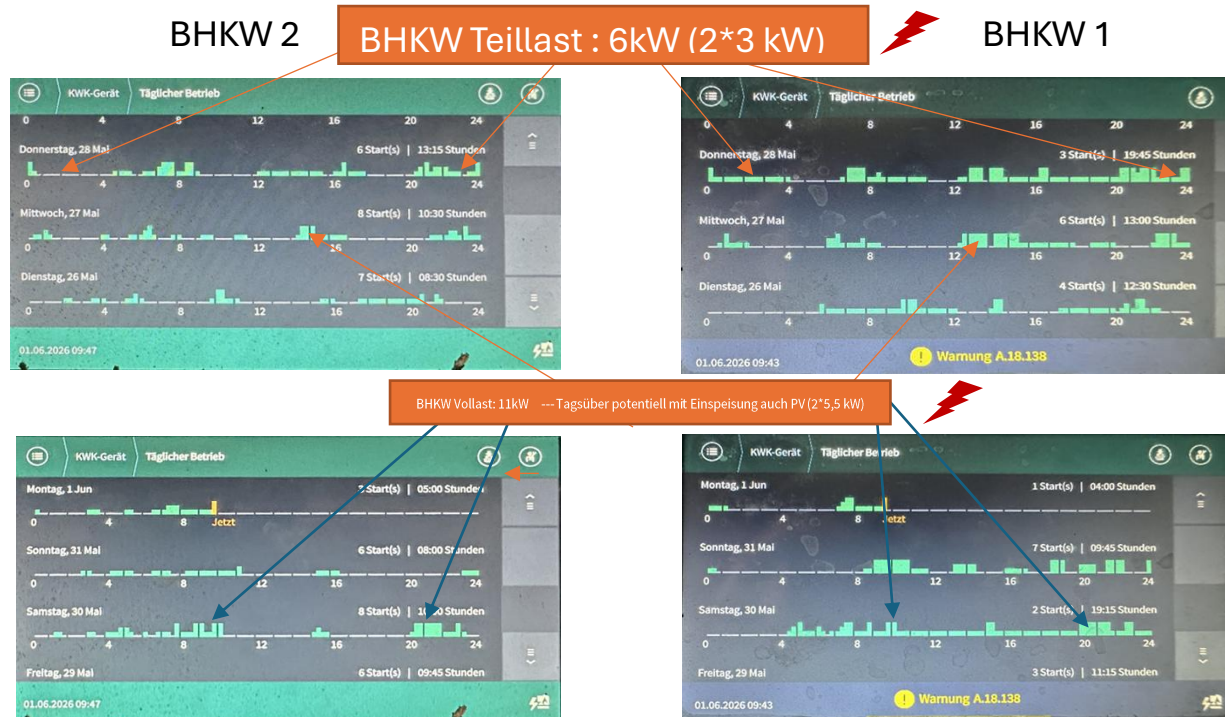


Abbildung 22 Grafische Darstellung BHKW Produktionszeiten 28.5. - 1.6.2026

Abbildung 23 zeigt die Betriebszeiten beider Blockheizkraftwerke im Zeitraum vom 28.05. bis 01.06.2026.

BHKW 1 und BHKW 2 verfügen über eine elektrische Leistung von jeweils rund 5,5 kW. Bei gleichzeitigem Betrieb beider Anlagen stehen somit rund 11 kW elektrische Leistung zur Verfügung.

Vergleicht man diese Leistung mit der in Abbildung 22 dargestellten elektrischen Grundlast des Hotels von dort typischerweise etwa 4 bis 6 kW, wird deutlich, dass bei gleichzeitigem Betrieb beider BHKW regelmäßig Stromüberschüsse entstehen. Diese Überschüsse müssen entweder gespeichert, flexibel genutzt oder in das öffentliche Netz eingespeist werden.

Die dargestellten Betriebsdaten verdeutlichen daher die technische Notwendigkeit eines Energiemanagementsystems (EMS). Ein EMS kann die Betriebsweise der BHKW, die Nutzung von PV-Strom sowie mögliche Verbraucher wie die Kühlhäuser, Ladesäulen für E-Mobilität flexibel koordinieren und dadurch den Eigenverbrauchsanteil erhöhen.

Das System aus Wäschereibetrieb, Warmwasserbereitung, Stromherstellung durch BHKW und künftig PV erfordert eine Gesamtbetrachtung, die auch den Verbrauchern entspricht.

Fazit Heizungen

Die Auswertung der Messdaten und Temperaturverläufe zeigt, dass die drei Wärmeerzeuger innerhalb des Gesamtsystems unterschiedliche Aufgaben übernehmen.

Während die Gasheizung und BHKW 2 überwiegend zur Versorgung des zentralen Pufferspeichers beitragen und ein vergleichsweise konstantes Betriebsverhalten aufweisen, arbeitet BHKW 1 deutlich lastabhängiger und ist eng mit dem Wärmebedarf der Hotelwäscherei verknüpft.

Die Untersuchungen verdeutlichen darüber hinaus, dass die beiden Blockheizkraftwerke zumindestens einen wesentlichen Anteil der elektrischen Grundlast des Betriebs decken. Gleichzeitig treten bei parallelem Betrieb beider Anlagen zeitweise elektrische Überschüsse auf, die in das öffentliche Netz eingespeist werden.

Insgesamt wird deutlich, dass die Wärme- und Stromversorgung bereits heute durch ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Erzeuger, Speicher und Verbraucher geprägt ist.

Die daraus resultierenden Potenziale sowie die Möglichkeiten einer zukünftigen Optimierung werden im folgenden im Rahmen der Gesamtbewertung betrachtet.

Noch eine Anmerkung zum Warmwasserbereiter: Durch den Einsatz eines großvolumigen Warmwasserspeichers mit Vakuum- oder Hochleistungsdämmung können die Bereitschaftsverluste deutlich reduziert werden.

Für Speichergrößen in der Größenordnung von 1.000 l sind Bereitschaftsverluste von unter 1 kWh pro Tag technisch erreichbar. Dadurch wird eine zeitliche Entkopplung von Wärmeerzeugung und Warmwasserbedarf besser unterstützt, sodass eine Vorwärmung des Speichers bereits am Vortag erfolgen kann. Dies ist insbesondere für die Nutzung von PV-Überschussstrom, variablen Stromtarifen oder lastoptimierten Betriebsstrategien von Bedeutung möglich [2] [3] [4]

Im Vergleich dazu weisen ältere Warmwasserspeicher mit niedriger Energieeffizienzklasse deutlich höhere Wärmeverluste auf. Bei einem 1.000-l-Speicher ergeben sich nach den aktuellen Effizienzklassen rechnerische Bereitschaftsverluste von etwa 5,82 kWh/Tag für

Klasse E und 7,08 kWh/Tag für Klasse F. Gegenüber einem hochgedämmten Speicher mit weniger als 1 kWh/Tag Bereitschaftsverlust ergibt sich damit ein Einsparpotenzial von rund 1.750 bis 2.200 kWh pro Jahr.

6. Fazit:

Die Untersuchung zeigt, dass die bestehende Energieversorgung des Landhotels bereits heute über ein hohes Maß an Eigenversorgung verfügt, das deutlich über die elektrische Grundlast hinausgeht. Auch konnten erhebliche Potenziale zur weiteren Steigerung der Energieeffizienz und CO₂-Reduktion [13] erkannt werden.

Die vorhandene Photovoltaikanlage kann auch nach Auslaufen der EEG-Förderung weiterhin betrieben werden und dann einen wesentlichen Beitrag zur Eigenstromversorgung leisten.

Angesichts steigender Energiekosten sowie zunehmender Anforderungen an die Dekarbonisierung erscheint die weitere Nutzung der Bestandsanlage sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus energetischer Sicht sinnvoll. Ein vollständiges Repowering ist derzeit nicht zwingend erforderlich, da die technische Nutzungsdauer der installierten Module noch nicht ausgeschöpft ist und die bestehende Anlage weiterhin wirtschaftlich betrieben werden kann.

Die Analyse des Heizungs- und Energiesystems zeigt zudem, dass die beiden Blockheizkraftwerke einen erheblichen Anteil der elektrischen Grundlast des Betriebs decken können – dies ist nachts, im Winter und bei Dunkelflauten, in den die PV Anlage nicht wirksam ist vorteilhaft.

Gleichzeitig entstehen bei parallelem Betrieb beider Anlagen regelmäßig elektrische Überschüsse, die nicht vollständig vor Ort genutzt werden können. Daher besteht Potenzial, z.B. die Warmwasserbereitung elektrisch zu betreiben – oder auch Energie für eine Wärmepumpe in Nachtstunden oder im Winter bereitzustellen.

Eine Erweiterung der regenerativen Stromerzeugung durch die Nutzung zusätzlicher Dachflächen erscheint grundsätzlich darüber hinaus sinnvoll. Insbesondere für die sommerliche Warmwasserbereitung bieten sich PV-Überschusskonzepte an, bei denen überschüssige elektrische Energie unmittelbar zur Wärmeerzeugung genutzt wird. Hierfür können beispielsweise elektrische Heizstäbe in die Trinkwasserbereitung integriert werden. In Zeiten hoher solarer Stromerzeugung ließen sich dadurch die Laufzeiten der Blockheizkraftwerke sowie des Spitzenlastkessels reduzieren – gleiches gälte wenn eine Wärmepumpe den Spitzenlastkessel substituiert. Die bislang erforderliche Warmwasserbereitung könnte in diesen Zeiträumen teilweise durch direkte Nutzung regenerativ erzeugter elektrischer Energie ersetzt werden. [14]

Der Einsatz stationärer Batteriespeicher würde den Eigenverbrauchsanteil und den Autarkiegrad zusätzlich erhöhen wie die Betrachtung aus Abschnitt 3.2 zeigte. Unter den derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ergibt sich jedoch eine vergleichsweise lange Amortisationszeit von etwa zehn Jahren. Vor dem Hintergrund kontinuierlich sinkender Speicherkosten erscheint es daher sinnvoll, die weitere Marktentwicklung zu beobachten und eine Investition zu einem späteren Zeitpunkt erneut zu bewerten. [15]

Vor dem Hintergrund der langfristigen Transformation der Energieversorgung sollten ergänzend zu den betrachteten Maßnahmen alternative regenerative Versorgungskonzepte als Ersatz für fossile Energieträger geprüft werden. Hierzu zählen insbesondere biomassebasierte Wärmekonzepte unter Nutzung regional verfügbarer Hackschnitzelressourcen, beispielsweise aus dem Bartmann-Wald, sowie Beteiligungsmodelle an Windenergieanlagen oder Energiegenossenschaften. Letztere können insbesondere in den Wintermonaten zur Bereitstellung kostengünstiger elektrischer Energie beitragen und damit die Wirtschaftlichkeit zukünftiger Wärmepumpensysteme positiv beeinflussen. [16] [17]

Perspektivisch erscheint ein hybrides Energiesystem aus Photovoltaik, Blockheizkraftwerken, Wärmepumpen, thermischen und elektrischen Speichern sowie flexiblen Verbrauchern als zielführender Entwicklungspfad.

In einem solchen Versorgungskonzept könnten Wärmepumpen die regenerative Grundlastbereitstellung übernehmen, während die vorhandenen Blockheizkraftwerke vorrangig zur Deckung thermischer und elektrischer Spitzenlasten eingesetzt würden. Spitzenlasten wie das morgendliche Duschen der Gäste erfordert ja in kurzer Zeit eine große Menge Warmwasser. Dadurch ließen sich sowohl die CO₂-Emissionen als auch die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern nachhaltig reduzieren. [18]

Die zentrale Erkenntnis dieser Untersuchung besteht darin, dass die zukünftige Optimierung des Energiesystems weniger durch einzelne Erzeugungsanlagen als vielmehr durch deren intelligentes Zusammenspiel bestimmt wird.

Mit zunehmender Anzahl von Verbrauchern, Energieerzeugern, Speichern und Verbrauchern steigen die Anforderungen an die Betriebsführung erheblich.

Für die wirtschaftliche und technische Optimierung des Gesamtsystems ist daher die Einführung eines Energie-Management-Systems (EMS) von zentraler Bedeutung. Ein EMS ermöglicht die kontinuierliche Erfassung, Analyse und Optimierung sämtlicher Energieflüsse und schafft die Voraussetzung für eine bedarfsgerechte Steuerung von Photovoltaik, Blockheizkraftwerken, Speichern, Wärmepumpen und Wärmeverbrauchern. [19] [20] Gleichzeitig können Konzepte wie die Verbrauchslageplanung, das Nutzen

überschüssiger PV Energie für das PreCooling im Kühlhaus oder für ein PreHeating bei der Warmwasserbereitung, realisiert werden.

Insbesondere bei fluktuierender erneuerbarer Energieerzeugung können durch ein EMS Eigenverbrauchsquoten erhöht, Lastspitzen reduziert und verfügbare Energie gezielt den jeweils wirtschaftlichsten Verbrauchern zugeführt werden. Präemptives Planen unter Nutzung des Wetterberichts sind Eigenschaften von EMS Systemen. Gleichzeitig verbessert sich die Transparenz über sämtliche Energieflüsse des Betriebs.

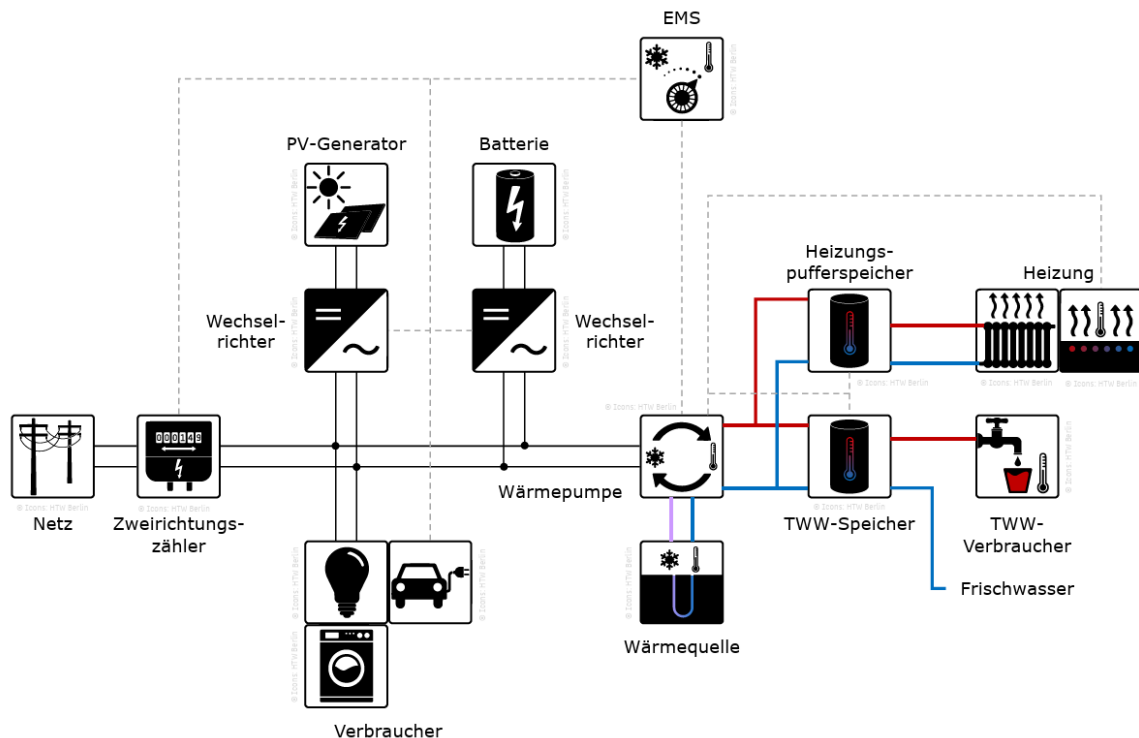


Abbildung 23 – Allgemeine Systemdarstellung unter Verwendung eines EMS [19]

Das Energie-Management-System bildet damit die zentrale Steuerungs- und Optimierungsebene eines zukünftigen hybriden Energiesystems und stellt eine wesentliche Voraussetzung für eine wirtschaftliche, resiliente und CO₂-reduzierte Energieversorgung des Landhotels dar.

Literaturverzeichnis

- [1] „Beispiel Fronius Symo GEN24 12.0 AC Plus + BYD HVA+ / HVM+ Speicher,“ [Online]. Available: <https://www.photovoltai4all.de/speicher/byd/fronius-symo-gen24-12.0-sc-plus-byd-b-box-hvm-22.1-speicher-set/FR33320>. [Zugriff am 20 5 2026].
- [2] „Vakuumsuperisolation als hocheffiziente Wärmedämmung für industrielle HochtemperaturAnwendungen,“ [Online]. Available: <https://edocs.tib.eu/files/e01fb24/1902245229.pdf>. [Zugriff am 31 5 2026].
- [3] „Speicher mit Vakuumdämmung - Klasse A,“ [Online]. Available: <https://www.haustec.de/heizung/waermeverteilung/regucor-whs-typ-500-speicher-mit-vakuumbaemmung>. [Zugriff am 31 5 2026].
- [4] „Thermal Batteries - Vacuum Isolation,“ [Online]. Available: <https://www.newton.energy/en/specificaties>. [Zugriff am 30 5 2026].
- [5] „Digitaler Zwilling NRW,“ [Online]. Available: <https://www.dz.nrw.de/?lang=de>. [Zugriff am 19 5 2026].
- [6] „PV - SOL, Valentin Software,“ [Online]. Available: <https://valentin-software.com/produkte/pvsol/>. [Zugriff am 29 5 2026].
- [7] *Batteriespeicher*, Hamm: KI Generiert, 2026.
- [8] „Digitaler Zwilling NRW,“ [Online]. Available: <https://www.dz.nrw.de/?lang=de>. [Zugriff am 19 5 2026].
- [9] „Energieatlas NRW,“ [Online]. Available: <https://www.energieatlas.nrw.de/energiekarten-nrw?map=solarkataster>. [Zugriff am 19 5 2026].
- [10] „Digitaler Zwilling NRW - Tageslicht Simulation und 3D Mesh,“ [Online]. Available: <https://www.dz.nrw.de/?lang=de>. [Zugriff am 19 5 2026].
- [11] „PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM - European Commission,“ [Online]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/. [Zugriff am 19 5 2026].
- [12] „RCT . Global Monitoring LEVELview.PRO.LPG,“ [Online]. Available: <https://r-c-t.biz/produkte/hardware/sender/globales-monitoring/>. [Zugriff am 19 5 2026].
- [13] „Ökobilanz Blockheizkraftwerk,“ [Online]. Available: <https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/188374/1/Bertagnolli%20Raphael%20-%202023%20-%20Ökobilanz%20Holzgas-Blockheizkraftwerk%20mit%20Fokus%20auf...pdf>. [Zugriff am 26 5 2026].
- [14] „PV - Überschuss - Photovoltaik für Warmwasser,“ [Online]. Available: https://www.ost.ch/fileadmin/dateiliste/3_forschung_dienstleistung/institute/spf/forschung/projekt_e/solenev-factsheet_photovoltai_k_eigenverbrauch_fuer_warmwasser_-_optim.pdf. [Zugriff am 26 6 2026].

- [15] „PV Magazin - Entwicklung Speicherpreise 2010 bis 2025 - Bloomberg NEF,“ [Online]. Available: https://www.pv-magazine.de/2025/12/09/bnef-preise-fuer-lithium-ionen-batteriespeicher-fallen-auf-108-us-dollar-pro-kilowattstunde/?utm_source=chatgpt.com. [Zugriff am 26.5.2026].
- [16] „Energie durch Hackschnitzel betriebene BHKW's,“ [Online]. Available: <https://we-bioenergy.com/biomasse-blockheizkraftwerk>. [Zugriff am 26.5.2026].
- [17] „Energiequelle - Bürgerbeteiligung,“ [Online]. Available: <https://www.energiequelle.de/leistungen/projektentwicklung/buergerbeteiligung>. [Zugriff am 26.5.2026].
- [18] „Woche der Wärme 2023: KWK Rückrat im Zusammenspiel mit Wärmepumpe,“ [Online]. Available: https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Projekte/Woche_der_Waerme/2023_11_Woche_der_Waerme_BEE_Design.pdf. [Zugriff am 26.5.2026].
- [19] H. H. B. Widera, „EMS - Solarstromoptimiertes Energiemanagement von Wärmepumpen,“ [Online]. Available: <https://solar.htw-berlin.de/wp-content/uploads/WIDERA-2023-Solarstromoptimiertes-Energiemanagement-von-Waermepumpen.pdf>. [Zugriff am 26.5.2026].
- [20] „Anwendung EMS System,“ [Online]. Available: <https://www.smartblock.eu/de/smartblock-ems>. [Zugriff am 26.5.2026].
- [21] „Beispiel Fronis Symo GEN24 12.0 AC Plus + BYD HVA+ / HVM+ Speicher,“ [Online]. Available: <https://www.photovoltai4all.de/speicher/byd/fronius-symo-gen24-12.0-sc-plus-byd-b-box-hvm-22.1-speicher-set/FR33320>. [Zugriff am 26.3.2026].
- [22] „Stromtarife in Bürgerbeteiligung,“ [Online]. Available: <https://www.statkraft.de/explained-by-statkraft/wind-oder-solarparks-beteiligung/>. [Zugriff am 26.5.2026].
- [23] „EMS im Hotelbetrieb - Hotel Techreport,“ [Online]. Available: <https://hoteltechreport.com/de/news/energy-management-system>. [Zugriff am 20.5.2026].
- [24] „Fakten zur Photovoltaik in Deutschland - Fraunhofer ISE,“ [Online]. Available: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>. [Zugriff am 26.6.2026].
- [25] „KKA Magazin - Blockheizkraftwerk und Wärmepumpe,“ [Online]. Available: <https://www.kka-online.info/artikel/hochzeit-von-blockheizkraftwerk-und-waermepumpe-4179979.html>. [Zugriff am 26.5.2026].
- [26] „EMS im Hotelbetrieb - BLGASTRO,“ [Online]. Available: https://blgastro.de/24-stunden_gastlichkeit/energiemanagement-system/. [Zugriff am 20.5.2026].