

Unternehmen

**SE-Gebäudeautomation AG**  
**Raiffeisenstraße 17,**  
**73660 Urbach**

Bericht

**Konzeption und Monitoring des Energie Arealnetzes Gewerbe-  
gebiet Urbach- Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Ge-  
werbegebietes**

Abschlussbericht über ein Optimierungsprojekt, gefördert unter dem  
Az:35360/01-25 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Verfasser

Namen sämtlicher Verfasser:  
Ralf Rieß  
Toni Quach

Datum

Ort und Datum der Veröffentlichung:  
Stuttgart  
30.07.2021

SE Gebäudeautomation AG

**Konzeption und Monitoring des Energie Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach- Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes**

Abschlussbericht über ein Optimierungsprojekt,  
gefördert unter dem Az:35360/01-25 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Ralf Rieß & Toni Quach

Januar 2023

# Projektkennblatt

der

## Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Az **35360/01**Referat **25**

Fördersumme

**104.125 €**

**Antragstitel: Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes.**

### Stichworte

Laufzeit Projektbeginn Projektende Projektphase(n)

**19 Monate 28.10.2019**

Zwischenberichte: 01.05.2020

01.11.2020

**Bewilligungsempfänger** SE-Gebäudeautomation AG

Raiffeisenstraße 17

73660 Urbach

Tel +49 7181 9984 0

Fax +49 7181 976008 8

Projektleitung

Ralf Rieß

Bearbeiter

Sabine Djahanschah

### Kooperationspartner

### Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Ausgangspunkt unseres Projektes ist, dass Energie-Arealnetze und die Elektromobilität auch den Sprung in ländliche/ klein- und mittelstädtische Regionen schaffen müssen – und nicht nur in Großstädte und Industrieparks Verwendung finden – und sich nur dann flächendeckend durchsetzen werden. Gerade ländliche/ klein- und mittelstädtische Regionen, wie z. B. Urbach können unter Einbezug der dezentralen Energieerzeugung einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten.

Im anvisierten Projekt soll ein effizientes und innovatives Energie-Arealnetz als Kundenanlage aufgebaut, über ein offenes Monitoring betrieben und Konzepte für die Erweiterung und Multiplikation entwickelt werden. Dabei sollen verschiedene innovative und energieeffiziente Technologien entsprechend miteinander vernetzt werden, um einen hohen Nutzungsgrad zu erreichen. Dabei spielt die Umsetzung der Elektromobilität im Gewerbe eine entscheidende Rolle, um der aktuellen Umwelrelevanz und den klimapolitischen Zielen gerecht zu werden. Vor allem in kleinen Gewerbegebieten die vorrangig KMU-lastig sind, gibt es aktuell keine vergleichbaren Umsetzungen zur Realisierung eines effizienten Energie-Arealnetzes, welches entsprechend zur Umweltentlastung und CO<sub>2</sub>-Reduktion beiträgt.

### Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Im Projekt sollen verschiedene neue und effiziente Technologien miteinander vernetzt werden. Vor allem die Kombination von BHKW, PCM-Wärmespeicher, PV-Anlage, Hochvoltspeichersystem und DC-Ladeinfrastruktur ist dabei neuartig. Daher sollen neben dem Aufbau und der Vernetzung des Areals auch entsprechende wirtschaftliche und technische Untersuchungen durchgeführt werden. Mit denen ein entsprechendes Konzept für den langfristigen und wirtschaftlichen Betrieb aufgestellt wird.

Beabsichtigte Schritte im Projekt sind die Entwicklung des Konzeptes der Gesamtsystemvernetzung und Entwicklung eines entsprechenden Betriebskonzeptes (AP 1). Dabei werden die Erkenntnisse aus dem Monitoring (AP 1) und den wissenschaftlichen/ technischen Untersuchungen (AP 2) in das zu entwickelnde Betriebskonzept einfließen. Die Projektergebnisse sollen anschließend über Multiplikatoren wie das IHK, in Workshops oder Foren dargestellt werden (AP3). Unser Monitoring und unsere Dokumentation werden dabei transparent und für Dritte zugänglich dargestellt. Gleichzeitig wollen wir unser eigenes Portfolio durch das Projekt erweitern – aus dem Gebäude in das Quartier.

## **Ergebnisse und Diskussion**

, die

Das Monitoring der einzelnen Systeme in der Liegenschaft haben gezeigt, dass ein erhebliches Potential zur Eigenversorgung sowohl bei der Wärme als auch beim Strom möglich ist. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Prognosen für den zukünftigen Verbrauch spiegeln noch nicht das Optimum wider. Die Amortisationszeiten sind sehr lang und ohne Förderung teilweise nicht wirtschaftlich abbildbar. Im Zuge der aktuellen Energiekrise ist der Weg zu dezentralen Lösungen in der Energieversorgung wichtiger als je zu vor. Auch wenn ein wirtschaftlicher Betrieb ohne Förderung zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht gegeben ist, zeigt das Projekt insbesondere bei der CO<sub>2</sub>-Einsparung eine erhebliche Verbesserung. Durch den Hochlauf der Elektromobilität ist insbesondere das Stromnetz gefordert. Das Projekt hat gezeigt, dass durch den Stromspeicher keine nennenswerten Lastspitzen entstanden sind, trotz mehrere zugebauten AC-Ladepunkte und eines DC-Schnellladens.

## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Nach Freigabe und vorliegender Akzeptanz werden wir verschiedene Ing.büros und ein interessiertes Architekturbüro, die in diesen Fachbereichen ihre tätig sind, über unsere Ergebnisse informieren.

Desweiteren soll im 1. HJ 2023 eine gemeinsame Veranstaltung mit der EURA AG bei der IHK Esslingen stattfinden.

Links:

Architekturbüro Seidl-Wolfram, Stuttgart  
<https://seidl-wolfram-architektur.de/index.php?id=7>

SE-Gebäudeautomation AG, Urbach  
<https://se-gebaeudeautomation.de/download/>

Ingenieurbüro EFG, Stuttgart  
<https://engineering-facility-group.de/>

Ingenieurbüro Braun, Heidelberg  
<https://www.econize.de/partner/braun-edl>

Ingenieurbüro Ratioplan, Weissach im Tal  
<https://branchenbuch.meinestadt.de/weissach-im-tal/company/1964505>

EURA AG  
<https://www.eura-ag.com/>  
<https://www.pressebox.de/pressemitteilung/aura-ag/co2-einsparen-im-laendlichen-raum-energie-areal-netz-urbach/boxid/1159379>

## **Fazit**

Das umgesetzte Projekt hat Potential als Blaupause für andere Arealnetze zu dienen. Die Umsetzung lief durch unterschiedliche Gegebenheiten, wie die Coronapandemie, Lieferkettenschwierigkeiten und Fachkräftemangel nicht in der gewünschten Zeit. Durch Eigeninitiative konnte ein Teil dieser Probleme aufgefangen werden. Vor allem in der Reduktion von CO<sub>2</sub> Emissionen hat das Projekt Vorbildcharakter. Durch den weiteren Zubau von einer PV-Anlage kann das Potential des kombinierten Wärme- und Stromnetzes im Arealnetz weiter ausgeschöpft werden. Perspektivisch sollten auch Wege gefunden werden die Wärmeabnahme zu erhöhen um die Auslastung des Blockheizkraftwerkes optimal zu nutzen.



## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes  
Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

### 0 Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	
<b>0</b>	<b>Inhaltsverzeichnis..... 5</b>
<b>1</b>	<b>Verzeichnis..... 7</b>
1.1	Bilder und Tabellen ..... 7
1.2	Begriffe und Definitionen..... 8
<b>2</b>	<b>Zusammenfassung..... 9</b>
<b>3</b>	<b>Einleitung..... 11</b>
<b>4</b>	<b>Hauptteil..... 14</b>
4.1	Darstellung des Areals und der Vernetzung..... 14
4.2	Notwendige Infrastruktur zur Umsetzung des Projektes ..... 15
4.2.1	Bestand aus 2018 ..... 15
4.2.2	Erweiterungen ab 2019 ..... 17
4.3	Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden ..... 18
4.3.1	Wirtschaftlichkeitsberechnung EFG Stuttgart als Grundlage zur Umsetzbarkeit..... 18
4.3.2	Darstellung hydraulischer Aufbau Nahenergie / Wärme ..... 19
4.3.3	Darstellung Arealnetz / Strom..... 20
4.4	Darstellung der Abrechnungsjahres 2021..... 21
4.4.1	Bezug von Gas und Produktion von Strom für die NE Urbach mit Verlust und Wirkungsgradberechnung .21
4.4.2	Bezug und Erzeugung von Strom..... 22
4.4.3	Verbrauch der Liegenschaft und des Stromspeichers ..... 23
4.4.4	Darstellung Erzeugung und Verbraucher am Standort Urbach ..... 24
4.5	Aufbau, Technik und Leistungsfähigkeit Batteriespeicher ..... 26
4.5.1	Aufbau einer Lithium-Ionen-Batterie ..... 26
4.5.2	Verbaute Technik..... 26
4.6	Auswertungen der Stromflüsse aus 2020 und 2021..... 28
4.6.1	Auswertung Gesamtjahr Vergleich 2020 / 2021 ..... 28
4.6.2	Auswertung typischer Wintertag Vergleich 2020/2021 ..... 30
4.6.3	Auswertung typischer Sommertag Vergleich 2020/2021..... 32
4.6.4	Auswertung typischer Wintermonat Vergleich 2020/2021..... 33
4.6.5	Auswertung typischer Sommermonat Vergleich 2020/2021 ..... 35
4.7	Wirtschaftlichkeitsberechnung des Batteriespeicher und CO <sub>2</sub> Einsparung..... 36
4.7.1	Statische Betrachtung ..... 36
4.7.2	Energiepreisentwicklung ..... 37
4.7.3	Gesetzliche Gegebenheiten..... 38



## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes  
Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-  
neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

4.7.4	Dynamische Betrachtung .....	40
4.7.5	Amortisationsberechnung Batterie .....	40
4.7.6	CO2 Bilanz.....	42
<b>5</b>	<b>FAZIT und Ausblick .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>45</b>

	<b>Abschlussbericht</b>	<b>Stand: 13.01.2023</b>
	<b>Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes</b>	

# 1 Verzeichnis

## 1.1 Bilder und Tabellen

Abbildung 1 Flurplan und unbebaute Fläche.....	14
Abbildung 2 Lageplan SE Gebäudeautomation, Schnellladestation und FM-Tech.....	14
Abbildung 3 PV Anlage I.....	15
Abbildung 4 Wechselrichter SMA.....	15
Abbildung 5 Hausanschlusskasten.....	16
Abbildung 6 Unterverteilung und PV Zähler.....	16
Abbildung 7 Netz und Abgrenzungszähler.....	17
Abbildung 8 Verteil und Zählerschrank.....	17
Abbildung 9 Unterverteilung Batteriespeicher.....	17
Abbildung 10 Schnellladesation 3 Ladepunkte 50kW 800V.....	17
Abbildung 11 Außenverteiler.....	17
Abbildung 12 Wirtschaftlichkeitsberechnung ohne Förderung.....	18
Abbildung 13 Wirtschaftlichkeitsberechnung mit Förderung.....	18
Abbildung 14 Schematische Darstellung der Wärmetechnik.....	19
Abbildung 15 Schematische Darstellung des Stomnetzes.....	20
Abbildung 16 Erdgasbezug, Wärme- und Stromerzeugung.....	21
Abbildung 17 Berechnung Wirkungsgrad und Darstellung der Verluste.....	22
Abbildung 18 Strombezug aus dem Netz und Produktion aus der Eigenerzeugung.....	22
Abbildung 19 Verbrauch Liegenschaft und Einspeisung ins Netz.....	23
Abbildung 20 Darstellung Auf- und Entladung der Batterie.....	23
Abbildung 21 Darstellung Verbraucher und Erzeuger.....	24
Abbildung 22 Anzahl Ladevorgänge nach Tageszeit.....	25
Abbildung 23 Schematische Darstellung eines Akkumulators (Quelle:KIT).....	26
Abbildung 24 Batterie.....	27
Abbildung 25 Batteriewechselrichter.....	27
Abbildung 26 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch im Jahr 2020 ohne Batterie.....	28
Abbildung 27 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch im Jahr 2021 mit Batterie.....	29
Abbildung 28 relativer Eigenverbrauch Vergleich 2020 zu 2021.....	29
Abbildung 29 relativer Netzbezug Vergleich 2020 zu 2021.....	30
Abbildung 30 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintertag 16.02.2020 ohne Batterie.....	30
Abbildung 31 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintertag 16.02.2021 mit Batterie.....	31
Abbildung 32 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommertag 16.08.2020 ohne Batterie.....	32
Abbildung 33 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommertag 16.08.2021 mit Batterie.....	32
Abbildung 34 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintermonat Februar 2020 ohne Batterie.....	33
Abbildung 35 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintermonat Februar 2020 mit Batterie.....	34
Abbildung 36 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommermonat August 2020 ohne Batterie.....	35

	<b>Abschlussbericht</b>	<b>Stand: 13.01.2023</b>
	<b>Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2- neutralen Industrie- und Gewerbegebietes</b>	

Abbildung 37 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommermonat August 2020 mit Batterie .....36

Abbildung 38 Börsenpreis Strom .....38

Abbildung 39 Börsenpreis Gas.....38

Abbildung 40 Quartalspreise EEX Strom.....39

Abbildung 41 kummulierte Einnahmen.....40

Tabelle 1 Statische Berechnung.....37

Tabelle 2 CO2 Bilanz 2020 ohne Batterie.....42

Tabelle 3 CO2 Bilanz 2021 mit Batterie und BHKW .....42

## 1.2 Begriffe und Definitionen

### SI-Basiseinheiten

Größe	SI-Basiseinheit	
	Name	Zeichen
<i>Volumen</i>	<i>Kubikmeter</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Energie</i>	<i>Kilowattstunde</i>	<i>kWh</i>
<i>Energie</i>	<i>Megawattstunde</i>	<i>MWh</i>
<i>Leistung</i>	<i>Kilowatt</i>	<i>kW</i>
<i>Leistung PV-Anlage</i>	<i>Kilowattpeak</i>	<i>kWp</i>
<i>Masse</i>	<i>Kilogramm</i>	<i>kg</i>
<i>Spannung</i>	<i>Volt</i>	<i>V</i>
<i>Elektrische Stromstärke</i>	<i>Ampere</i>	<i>A</i>
<i>Scheinleistung</i>	<i>Voltampere</i>	<i>VA</i>

Tabelle 1 SI-Basiseinheiten

### Abkürzungen

Abkürzung	Klartext
<i>DoD</i>	<i>Depth of discharge (Entladetiefe)</i>
<i>SoC</i>	<i>State of Charge (Ladegrad)</i>
<i>EoL</i>	<i>End of life (Lebensende der Batterie)</i>
<i>PEF</i>	<i>Primär Energie Faktor</i>
<i>EEG</i>	<i>Erneuerbare Energie Gesetz</i>
<i>KWK</i>	<i>Kraftwärmekopplung</i>
<i>BHKW</i>	<i>Blockheizkraftwerk</i>
<i>GEG</i>	<i>Gebäude Energie Gesetz</i>
<i>BAFA</i>	<i>Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle</i>

Tabelle 2 Abkürzungen



	<b>Abschlussbericht</b>	<b>Stand: 13.01.2023</b>
	<b>Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes</b>	

## 2 Zusammenfassung

Durch den Neubau der SE-Gebäudeautomation lag es nahe, das Thema Energie und Wärmeversorgung separat zu betrachten. Grundsätzliches Ziel war es, im neuen Urbacher Gewerbegebiet ein Energie-Arealnetz nebst Versorgung von Elektromobilität sicherzustellen.

Es sei an dieser Stelle schon darauf hingewiesen, dass durch die DBU - Förderung des Batteriespeichers das Projekt erst in der Form und in Gänze ermöglicht hat. Allerdings ist in den folgenden Ausführungen die Trennung zwischen der Nahwärme als auch der Stromversorgung (mit Unterstützung der Batteriespeichers) nicht immer möglich.

In den Planungen ging es nicht nur um die Eigenversorgung, sondern ebenso um die Anbindung weiterer Verbraucher im neuen Gewerbegebiet in Urbach, um den zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden. Vorweggenommen, dies konnte aus diversen Gründen nur für den Wärmebereich realisiert werden. Allerdings konnte sich die SE-Gebäudeautomation im Rahmen ihrer Wachstumsstrategie mit einem weiteren Neubau auch die Strom-Eigenversorgung absichern.

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde ermittelt, dass eine mindestens 50%-ige Eigennutzung des erzeugten Stroms Voraussetzung für eine positive Ergebnisdarstellung vorhanden sein muss.

Diese vergleichsweise hohe Quote des Eigenverbrauchs würde zu erreichen sein, wenn einerseits weitere Stromverbraucher angebunden werden könnten (Schnell-Lade-Station) und andererseits die Eigenverbrauchstärkung durch einen großen Batteriespeicher realisiert werden kann. Die Erhöhung des Eigenverbrauchs konnte aufgrund der erfolgreichen Wachstumsstrategie und dem damit verbundenen zusätzlichen Neubau in der Raiffeisenstraße 22 auf über 50% ohne Probleme realisiert werden.

Zur Finanzierung des Vorhabens stand im ersten Schritt das Landesumweltministerium BW mit einem Förderprogramm zur Verfügung. Des Weiteren wurde ein BAFA-Zuschuss für die Verlegung der Nahwärmeversorgungsnetzes in Anspruch genommen. Beide Programme bezogen sich in ihrem Förderinhalt jedoch ausschließlich auf die Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung.

In der Folge haben wir uns entschlossen, die eigene Schnell-Lade-Station mit den Bundeszuschüssen zu bauen. die Anschaffung des dafür notwendigen Stromspeichers mit 170 kWh wäre ohne Förderung wirtschaftlich nicht darstellbar gewesen, so dass in der Folge das Projekt der DBU mit der Bitte um Unterstützung vorgestellt, und daraufhin (mit dem Aktenzeichens Az: 35360/01) auch bewilligt wurde. Erst so konnte das Gesamtkonzept der ‚Nahenergie Urbach‘ augenscheinlich rund und erfolversprechend angegangen und umgesetzt werden.

Der eingesetztes Batteriespeicher wurde im Oktober 2020 in Betrieb genommen.

Im Lieferumfang des Batteriespeicherherstellers war die örtliche Montage und die elektrische Verdrahtung nicht enthalten. Diese Leistungen wurden in Eigenregie erbracht. Voraussetzung dafür war allerdings eine 2-tägige Schulung beim Hersteller.

Im Jahr 2021 wurden gut 17.000 kWh Strom eingespeist, wovon aufgrund diverser Faktoren (z. B. Umwandlung Gleich- in Wechselstrom und umgekehrt) knapp über 15.000 kWh p. a. wieder abgegeben hatte.

Im Durchschnitt werden also für jede Richtung (Ladung bzw. Entladung) des Speichers in etwa 7 – 8 % Verluste generiert. Für die komplexen Vorgänge (Wechselrichter / Gleichrichter + chemisches Akkugeschehen) ein durchaus zufriedenstellender Wirkungsgrad.

	<b>Abschlussbericht</b>	<b>Stand: 13.01.2023</b>
	<b>Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes</b>	

Getrübt wird das gute Ergebnis allerdings durch unsere Erfahrungen hinsichtlich der technischen Verfügbarkeit. Immer wieder kommt es zu Tiefentladungen oder Wechselrichterausfällen, die nicht sofort bemerkt werden können (fehlende Störmeldung) und meistens nur durch Unterstützung des Batteriespeicherherstellerservices wieder überwunden werden können.

Abschließend in der Zusammenfassung sei darauf hingewiesen, dass die Kooperation mit FM Tech im Wärmebereich die Stromversorgung erst sicherstellen konnte, da ohne sinnvolle Verwendung der entstehenden Wärme keine Stromerzeugung wirtschaftlich möglich gewesen wäre.

	<b>Abschlussbericht</b>	<b>Stand: 13.01.2023</b>
	<b>Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes</b>	

### 3 Einleitung

Der bisherige angemietete Bestandsbau hatte einen jährlichen Ölverbrauch von bis zu 8.000 l. Die Bereitschaft des damaligen Vermieters die überalterte Technik und der mangelhaften Dämmung Abhilfe zu schaffen war nicht vorhanden. Somit stand für uns die endgültige Entscheidung fest, einen neuen Standort nicht nur in Betracht zu ziehen, sondern auch zu realisieren.

Durch einen Besuch des damaligen Bürgermeisters war uns bekannt geworden, dass die Gemeinde ein kleines Areal in ein Gewerbegebiet umwidmen will. Eine generelle Absichtserklärung und Interessensbekundung gegenüber der Gemeinde wurden uns empfohlen und von uns dann auch so umgesetzt.

Im Jahre 2014 hat die Gemeinde Urbach entschieden, das Urbacher Gewerbegebiet an der Auerbachhalle zu erschließen und zu erweitern. Für eine Parzelle hat sich die SE-Gebäudeautomation dann umgehend offiziell beworben und in der Folge auch den Zuschlag für eine ‚grüne Wiese‘ am 04.08.2015 durch die Gemeinde erhalten und haben dann in der Folge den Kauf das Flurstück Nr. 790/15 am 09.03.2016 notariell beurkundet. Die Baugenehmigung erfolgte dann kurz darauf.

Ausgangspunkt und Zielsetzung unseres Projektes war dann und ist es immer noch, dass Energie-Arealnetze und die Elektromobilität auch den Sprung in ländliche/ klein- und mittelstädtische Regionen schaffen müssen – und nicht nur in Großstädte und Industrieparks Verwendung finden – und sich nur dann flächendeckend durchsetzen werden. Gerade ländliche/ klein- und mittelstädtische Regionen, wie z. B. Urbach können unter Einbezug der dezentralen Energieerzeugung einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten.

Im anvisierten Projekt soll ein effizientes und innovatives Energie-Arealnetz als Kundenanlage aufgebaut, über ein offenes Monitoring betrieben und Konzepte für die Erweiterung und Multiplikation entwickelt werden. Dabei sollen verschiedene innovative und energieeffiziente Technologien entsprechend miteinander vernetzt werden, um einen hohen Nutzungsgrad zu erreichen. Dabei spielt die Umsetzung der Elektromobilität im Gewerbe eine entscheidende Rolle, um der aktuellen Umweltrelevanz und den klimapolitischen Zielen gerecht zu werden. Vor allem in kleinen Gewerbegebieten die vorrangig KMU-lastig sind, gibt es aktuell keine vergleichbaren Umsetzungen zur Realisierung eines effizienten Energie-Arealnetzes, welches entsprechend zur Umweltentlastung und CO<sub>2</sub>-Reduktion beiträgt.

Im ersten Schritt wurden dann Kontakte zur BEG Winterbach e. G., einer regional tätigen Bürgerenergiegenossenschaft, geschaffen. Hierbei wurde geprüft, ob eine örtliche Bürger-Energie-Genossenschaft die Rolle eines möglichen Versorgers übernehmen könnte. Die Zusammenarbeit mit der BEG hat sich mangels finanzieller Ausstattung zur Durchführung des Vorhabens sowie der langwierigen Entscheidungsfindungen der BEG als nicht erfolgversprechend herausgestellt, so dass die weitere Zusammenarbeit eingestellt wurde. Das betreffende Unternehmen hat wenige Jahre danach Insolvenz anmelden müssen.

Mit dem Ingenieurbüro EFG, Stuttgart, konnte dann ein Planungsbüro gefunden werden, welches unser Nahwärme- und Energieversorgungsvorhaben konzeptionell und planerisch auf Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit untersuchen konnte.

Dabei stellte sich heraus, dass ohne signifikante Fördermittel kein erfolgreiches Umsetzen des Projektes möglich sein wird. Ebenso deutlich wurde aber auch, dass durch die gemeinsame Nutzung einer Wärmeerzeugungszentrale für mehrere Verbraucher positive ökologische Vorteile gegenüber einer sonst üblichen Individual-Versorgung zu erwarten wäre.

Durch die negativen Erfahrungen im bisherigen Bestandsgebäude mit hohen Energie-Kosten und damit verbundenen hohen Emissionswerten hatten wir dies unlängst zum Anlass genommen, uns generell mit der Thematik ‚Energieversorgung an einem möglichen neuen Standort‘ zu beschäftigen. Die Zielsetzung für uns und



## Abschlussbericht

**Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes**

**Stand: 13.01.2023**

dem neuen Standort mit Neubau war eine zukunftsorientierte und umweltgerechte Energieversorgung zu realisieren. Durch den Umstand ‚der grünen Wiese‘ hatten wir jegliche gedankliche Freiheiten.

Dabei kristallisierte sich zügig die Vorstellung heraus, über ein Nahwärmenetz nicht nur die Eigenversorgung sicherzustellen, sondern auch künftigen Nachbarn ein Versorgungsangebot zu machen, was wiederum zu einer weiteren Verbesserung der Effizienzwerte führen sollte.

Das Angebot an die Nachbarschaft zur Versorgung mit Wärme hatte freiwilligen Charakter und wurde in der Folge der jetzigen Bürgermeisterin vorgestellt und positiv bewertet, so dass auch die Gemeinde das Projekt im Rahmen der Möglichkeiten unterstützen wollte (öffentlicher Parkplatz für die Schnell-Lade-Station, Verlegung Kabel und Rohre durch Gemeindeflächen).

Bei der Befragung möglicher Kunden konnte dann in der Folge ein Potenzial von bis zu 10 Wärmeabnehmern identifiziert werden. Allerdings war zu dieser Zeit eine konkrete und verbindliche Preisaussage nicht fundiert möglich, so dass in der Akquise den Verbrauchern lediglich Schätzwerte benannt werden konnten, welche dann als verbindlich erklärt wurden.

Planungen belegen, dass ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage nur durch eine langjährige und zuverlässige Nutzung gegeben sein kann. Die rechtliche Klärung bzgl. eines Nahversorgungsnetzes hat dabei ergeben, dass jeder Eigentümer der angrenzenden Grundstücke zur Eintragung einer Grunddienstbarkeit bereit sein musste. Mit der Grunddienstbarkeit wird dauerhaft das Recht eingeräumt, dass verlegte Rohrleitungen und Kabel auch mit dem Verkauf oder einer Insolvenz des aktuellen Grundstücksinhabers nicht in Frage gestellt werden kann.

Die Versorgung verschiedener Kunden mit Wärme ist im Gegensatz zu Strom mit deutlich weniger formalen Beschränkungen umsetzbar. Eine gemeinsame Stromversorgung verschiedener Kunden hingegen ist mit hohem Aufwand und Vorschriften verbunden. Gespräche mit den Remstal-Netzwerken haben diese Erkenntnis gefestigt und bestätigt. Nur durch wohlwollendes Verhalten der dortigen Geschäftsführung wurde es uns ermöglicht, zumindest mit unserem Kooperationspartners, der FM Tech, eine gemeinsame Stromnutzung zu realisieren.

Als Wärmequelle sollte die Kraft-Wärme-Kopplung eine zentrale Rolle einnehmen. Durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) werden gleichzeitig elektrische und thermische Energie in einem Kraftwerk erzeugt. Die parallel zur Stromerzeugung produzierte Wärme wird zur Beheizung und Warmwasserbereitung genutzt. Zielsetzung war hierbei den Jahresgesamtwärmebedarf zu mindestens 85% durch ein Blockheizkraftwerk und die restlichen 15% Spitzenlastbedarf und die Notfallversorgung über eine Gastherme abdecken zu können.

In der damaligen Überlegung war die Produktion von Energie mit Gas im Vergleich zu Kohle und Öl deutlich im Vorteil. Die Strom- und Wärmeerzeugung mit Gaskraftwerken produziert deutlich niedrigere Treibhausgasemissionen als mit Kohlenkraftwerken. Durch ihre Regelbarkeit und beste räumliche Verfügbarkeit stellt sie eine Ergänzung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien dar. Wohlwissend, dass Gaskraftwerke als Brückentechnologie gelten, haben wir uns unter Berücksichtigung der damaligen Rahmenbedingungen für Gas entschieden.

Durch den Einsatz des Blockheizkraftwerkes kann die eingesetzte Energie zu etwa 1/3 in Strom und zu 2/3 in Wärme umgesetzt werden (Verluste hier nicht eingerechnet).

Durch unser Netzwerk in der Branche Heizung-/ Lüftung-/ Sanitär und der damit einhergehend engen Zusammenarbeit mit der FM Tech aus damals Remshalden konnte schnell ein neuer Partner zur Umsetzung unseres Vorhabens gefunden werden. Voraussetzung hierfür war allerdings damals, dass die Firma FM Tech ihren Sitz nach Urbach verlegen und im gleichen Gewerbegebiet einen Bauplatz erhalten würde. Eine empfohlene Bewerbung war am Ende dann erfolgreich.

	<b>Abschlussbericht</b>	<b>Stand: 13.01.2023</b>
	<b>Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes</b>	

Aus einem früheren ZIM Projekt, dessen Inhalt das Zusammenführen von Firmen mit Kompetenzen in der Sektorenkopplung war, gab es noch Kontakte zur EurA Consult AG in Zell am Mehli, Herr Marcel Hartung. Hieraus kam es zur Verbindung mit der Firma TESVOLT, welche ein Hersteller von Hochvolt-Batteriespeichern ist. Durch den persönlichen Kontakt zur dortigen Geschäftsführung war es möglich einen Batteriespeicher zu einem günstigen Preis-/Leistungsverhältnis zu bekommen (ca. 25 % Nachlass).

Neben diesem Umstand war in der technischen Beurteilung wichtig, dass die TESVOLT Speicher hohe Ladezyklen-Festigkeit bei fast 100 %-igem Laden und Entladen mitbringen. Dies wird durch ein internes Ausgleichsmanagement zwischen den einzelnen Batterieblöcken erreicht, so dass die einzelnen Leistungspakete untereinander angeglichen werden.

Mit Herrn Hartung wurde das Projekt dann auf mögliche Fördermittel besprochen und überprüft.

Fast jede einzelne Gerätschaft (BHKW / PV / Wechselrichter, etc.) liefert ein eigenes Visualisierungssystem.

- 1) Portal Schnell-Lade-Station (Monitoring durch SmartLap - [www.ladenetz.de](http://www.ladenetz.de))
- 2) SMA Portal zur Visualisierung der verschiedenen Stromerzeuger und –Abnehmers
- 3) Discovery Portal mit Anzeige des Echtzeitverbrauch und Tage-, Wochen-, Monats- und Jahresverbrauch

Über zusätzliche Arbeiten im Bereich

- 4) API Anwendung zum Auslesen des Discovery Portals zur direkten Übernahme aller Zählerwerte
- 5) M-Bus basiertes Auslesen von Wärmemengen- und Gaszählern

Konnten die einzelnen Messwerte nur unter Mühen und unter Inkaufnahme von Unvollständigkeiten in einem übergeordneten SCADA-System übernommen werden.

Hiermit sollen verschiedene innovative und energieeffiziente Technologien entsprechend miteinander vernetzt werden, um einen hohen Nutzungsgrad zu erreichen. Dabei spielt die Umsetzung der Elektromobilität im Gewerbe eine entscheidende Rolle, um der aktuellen Umweltrelevanz und den klima-politischen Zielen gerecht zu werden.

Selbst in neuen Gewerbegebieten ist dabei die Problematik vorhanden, dass die angebotenen Netzleistungen für eine umfängliche Umstellung zu gering sind, um in einen E-Fuhrpark komplett umstellen zu können. Bedingt durch lange Planungsvorläufe sind die Netze noch so ausgelegt worden, als wenn E-Mobilität kein Thema wäre.

Aufgrund dessen erscheint es noch mehr von Vorteil, die regionale Energieversorgung mit Anbindung von (Schnell-) Ladestationen zu forcieren. In unserem Projekt konnten wir in Stufe 1 (SE-Neubau 1) eine Schnell-Ladestation mit 100 KW Leistung und drei Anschlüssen realisieren (siehe Abbildung 10 Schnellladesation 3 Ladepunkte 50kW 800V). Mit Umsetzung SE Neubau II kommen dann nochmals 8 AC-Ladestationen davon sind 6 öffentlich zugänglich hinzu.

Netze grundlegend zu erneuern bedeuten hohen Aufwand an Kosten und lange Umsetzungszeiten bis mögliche Besitzer verschiedener, betroffener Parzellen hierfür ihre Zustimmung geben. Die Alternative ist mit den bestehenden Netzleistungen auszukommen, wo immer darstellbar, auch dezentrale Stromerzeugung zu ermöglichen und die Leistungsspitzen durch eine örtliche Batteriepufferung deutlich zu mildern. Vor allem in kleinen Gewerbegebieten, welche vorrangig KMU-lastig sind, gibt es aktuell keine vergleichbaren Umsetzungen zur Realisierung eines effizienten Energie-Arealnetzes, welches entsprechend zur Umweltentlastung und CO<sub>2</sub> -Reduktion beitragen könnten.

	<b>Abschlussbericht</b>	<b>Stand: 13.01.2023</b>
	<b>Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes</b>	

## **4 Hauptteil**

In diesem Kapitel wird die Planung bis hin zur Umsetzung dargestellt. Neben der Beschreibung der ursprünglichen Gegebenheiten, wird die aktuelle Situation wieder gegeben. Darüber hinaus werden die Planung und die Wirtschaftlichkeitskalkulationen des Projektes vor und nach der Umsetzung gegenübergestellt. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf die Einsparung des CO2 Emissionen und der wirtschaftliche Vorteil der Batterie gelegt.

### **4.1 Darstellung des Areals und der Vernetzung**

Im ersten Schritt werden die örtlichen Gegebenheiten dargestellt. Sowohl der Flurplan und die bebaute Fläche vor und nach der Umsetzung.

Flurstück 790 / 24

Flurstück 790 / 16

Flurstück 790 / 1

Flurstück 790 / 23

Flurstück 790 / 15

Flurstück 790 / 20

Die Nutzer der Flurstücke 790 / 20 und 790 / 23 und 790 / 22 sowie 790 / 1 sind ebenfalls Wärmekunden. Aus Gründen des Datenschutzes können die Abnehmer namentlich leider nicht genannt werden.

Abbildungen können aus urheberrechtlichen Gründen hier nicht gezeigt werden!



## 4.2 Notwendige Infrastruktur zur Umsetzung des Projektes

### 4.2.1 Bestand aus 2018

#### 1) PV I Anlage Dach SE Gebäudeautomation Raiffeisenstr. 17, 30 kWp



Abbildung 3 PV Anlage I

Die Photovoltaikanlage (PV 1) war ursprünglich nicht für das Konzept der Nahenergie vorgesehen, wurde allerdings bei der Konzeption in das Gesamtkonzept integriert.

Zur abrechnungstechnischen Vereinfachung wurde festgelegt, dass die aus Sicht des Batteriespeichers externe PV-Anlage ihre Einspeisestrommengen ins eigene Netz mit 90% des Netzstrombezugspreises vergütet bekommt.

#### 2) Wechselrichter zur PV I Anlage Dach SE Gebäudeautomation Raiffeisenstr. 17, 2 x 15 kVA



Abbildung 4 Wechselrichter SMA



## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes  
Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-  
neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

### 3) Hausanschlusskasten

Einspeisung öffentliches Netz in Gesamt-Strom-Netz,  
400 V, 250 A



Abbildung 5 Hausanschlusskasten

### 4) UV SE I und PV Zähler Z3

(Bestand 2018)



Abbildung 6 Unterverteilung und PV Zähler



#### 4.2.2 Erweiterungen ab 2019

Im Jahr 2019 wurde die bestehende Technik mit einem Speicher und einem Schnelllader erweitert. Ziel war es sowohl den Eigenverbrauch zu optimieren als auch den Vormarsch der Elektromobilität gerecht zu werden.

#### Komponenten Nahenergie Urbach



Abbildung 7 Netz und Abgrenzungszähler



Abbildung 8 Verteil- und Zählerschrank



Abbildung 9 Unterverteilung Batteriespeicher



Abbildung 10 Schnellladesation 3 Ladepunkte 50kW 800V



Abbildung 11 Außenverteiler

### 4.3 Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Im Zuge eines unabhängigen Wärme- und Stromnetzes war ein BHKW ein wichtiger Bestandteil. Zur Bewertung des wirtschaftlichen Betriebes wurde die EFG Stuttgart beauftragt diese zu bewerten.

#### 4.3.1 Wirtschaftlichkeitsberechnung EFG Stuttgart als Grundlage zur Umsetzbarkeit

Auffällig bei der Berechnung ist, dass sich ein wirtschaftlicher Betrieb ohne Förderung zum damaligen Zeitpunkt nicht abbildbar war. Im Zuge der Ukraine Krise und den stark angestiegenen Strom und Gaspreisen, würde sich eine deutliche Verbesserung abzeichnen.

Beschreibung	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Investitionsausgaben pro Jahr [€]	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300
Restwert pro Jahr (gemäß VDI 2769) [€]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betriebsausgaben pro Jahr (gemäß VDI 2769) [€]	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	
Betriebsausgaben Kosten pro Jahr (gemäß VDI 2769) [€]	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	
Prognosewerte durchschnittliche Stromerzeugung pro Jahr [kWh]	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	
Prognosewerte durchschnittliche Wärmeleistung pro Jahr [kWh]	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	
Erzeugung pro Jahr [kWh]	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
Erzeugungskosten pro Jahr [€]	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	
Erzeugungskosten pro kWh [€]	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	
Erzeugungskosten pro kWh Wärme [€]	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	
Erzeugungskosten pro kWh Strom [€]	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	11,92	
Erzeugungskosten pro kWh Wärme (inkl. Strom)	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	23,84	
Erzeugungskosten pro kWh Wärme (inkl. Strom) (pro kWh Leistung bei Gesamtverstromung 70%)	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	
Erzeugungskosten pro kWh Wärme (inkl. Strom) (pro kWh Leistung bei Gesamtverstromung 70%)	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	34,06	

Abbildung 12 Wirtschaftlichkeitsberechnung ohne Förderung

Beschreibung	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Investitionsausgaben pro Jahr [€]	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300	21.300
Restwert pro Jahr (gemäß VDI 2769) [€]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betriebsausgaben pro Jahr (gemäß VDI 2769) [€]	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Betriebsausgaben Kosten pro Jahr (gemäß VDI 2769) [€]	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
Prognosewerte durchschnittliche Stromerzeugung pro Jahr [kWh]	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220	221.220
Prognosewerte durchschnittliche Wärmeleistung pro Jahr [kWh]	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180	298.180
Erzeugung pro Jahr [kWh]	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660	10.660
Erzeugungskosten pro Jahr [€]	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160	86.160
Erzeugungskosten pro kWh [€]	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08
Erzeugungskosten pro kWh Wärme [€]	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	27,13	
Erzeugungskosten pro kWh Wärme (inkl. Strom)	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	35,21	
Erzeugungskosten pro kWh Wärme (inkl. Strom) (pro kWh Leistung bei Gesamtverstromung 70%)	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	
Erzeugungskosten pro kWh Wärme (inkl. Strom) (pro kWh Leistung bei Gesamtverstromung 70%)	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84

Abbildung 13 Wirtschaftlichkeitsberechnung mit Förderung

#### 4.3.2 Darstellung hydraulischer Aufbau Nahenergie / Wärme

In diesem Abschnitt wird die umgesetzte Technik im Wärmebereich dargestellt.

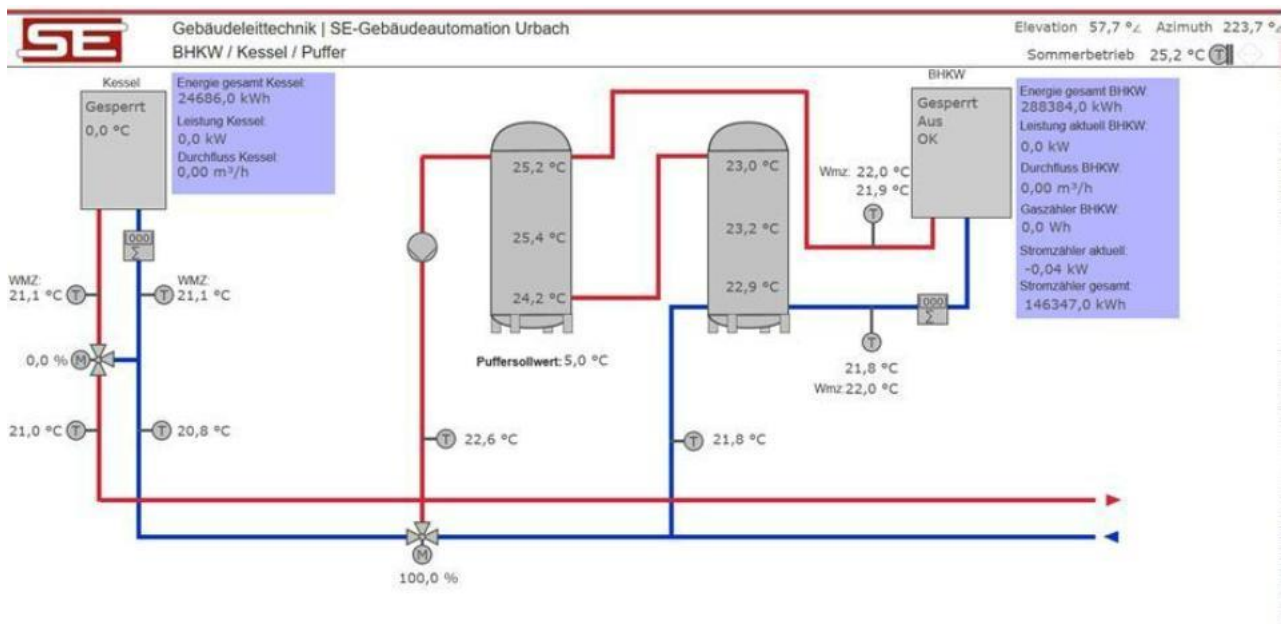


Abbildung 14 Schematische Darstellung der Wärmetechnik BHKW mit Spitzen-/Notfall Gastherme

Die beiden Pufferspeicher sind als Latent Wärmespeicher ausgeführt. Dazu wurden die beiden Speicher mit kissenartigen, eingeschweißten Teilen befüllt. Darin befindet sich ein Medium, das in etwa zwischen 55°C und 58°C seinen Schmelz- bzw. Erstarrungspunkt besitzt.

Durch die Aufheizung der Puffer wird beim Schmelzen des obigen Mediums zusätzliche Wärme aufgenommen und beim Unterschreiten der Erstarrungstemperatur wieder abgegeben.

Durch die in etwa doppelt so hohe Wärmespeicherung im Vergleich zu einfachen Heißwasserpuffern wird

- Eine längere Taktzeit des BHKWs,
- Eine längere Überbrückungszeit bei Stillstand des BHKWs und
- Eine geringere Laufzeit des Spitzenlast- Notfallkessels

erreicht.

Längere Taktzeiten sind für die Langlebigkeit von BHKWs essentiell. Aus der anderen Seite ergibt sich so die Notwendigkeit für eine Wirtschaftlichkeit auch größere Stromüberschüsse einspeichern zu können.

Denn die Einspeisevergütung für überschüssigen BHKW-Strom liegt gerade mal bei netto ca. 0,08 € / kWh. Auf der anderen Seite sind Strombezüge aus dem Netz mit netto ca. 0,23 € / kWh fast 3 mal so teuer.

Eine möglichst hohe Stromspeicherkapazität wirkt sich deshalb sehr stark auf die Wirtschaftlichkeit des Nahenergieprojektes aus. Nachteilig sind die hohen Verluste, die das Ergebnis aus der Verquickung eines Netzes mit fast 400 m Gesamtlänge und nur wenigen (Wärme-)Verbrauchern sind.

### 4.3.3 Darstellung Arealnetz / Strom

In diesem Kapitel ist eine schematische Darstellung des Stromnetzes am Standort zu finden. Mit dem Zähler Z5 wird die Ent- und Lademenge der Batterie erfasst. Eine Aufstellung der Verbräuche ist in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt.

Die Erzeugungsanlagen werden mit einem separaten Zähler untergemessen und im Sunnyportal erfasst. Abrechnungsrelevanten Zähler sind im Discovergy Portal hinterlegt. Der Energieflussrichtungssensor kommuniziert mit dem Speichersystem, um die Einspeisung von zwischengespeicherter Energie in das öffentliche Netz zu verhindern.

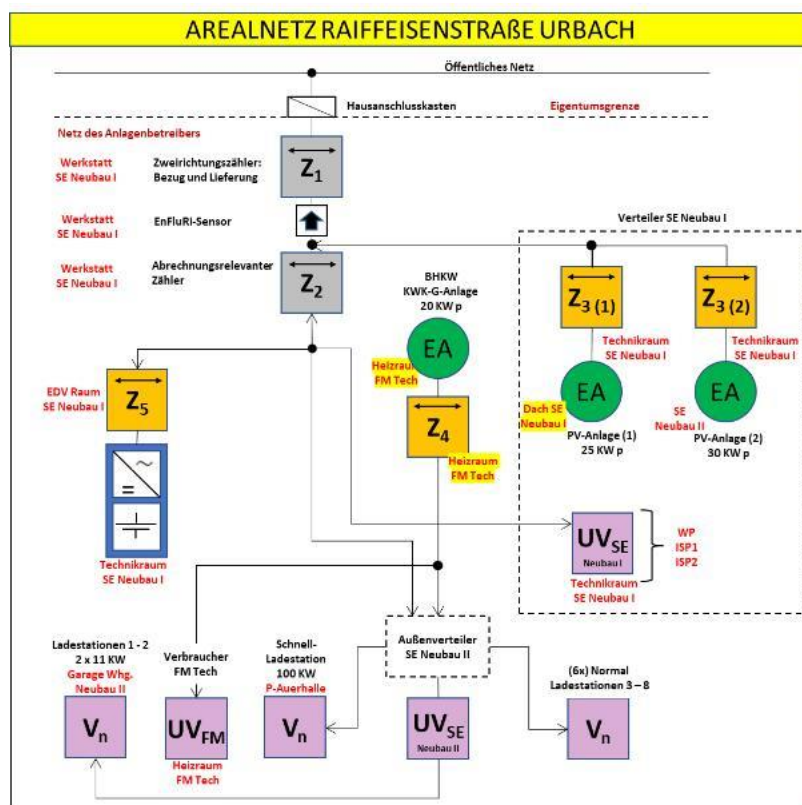


Abbildung 15 Schematische Darstellung des Stromnetzes

Legende:

	Erzeugungsanlage
	Zweirichtungszähler
	Bezugs/Einspeisezähler
	Erzeugungszähler





# Abschlussbericht

## Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

### 4.4 Darstellung der Abrechnungsjahres 2021

In diesem Kapitel werden die Energiebezüge an der Liegenschaft dargestellt. Darüber hinaus wurden die Wirkungsgrade berechnet als auch die Stromproduktion des BHKW und der PV-Anlage dargestellt. Abgerundet wird die Darstellung durch die zur Verfügung gestellte Energie der Batterie im betroffenen Bezugsjahr.

#### 4.4.1 Bezug von Gas und Produktion von Strom für die NE Urbach mit Verlust und Wirkungsgradberechnung

In der nachfolgenden Abbildung sind die Zählerstände sowohl in Kubikmeter als auch in kWh dargestellt. Die an dieser Stelle angegebenen Werte sind Zählerstände. Eine Lastgangauswertung ist in den folgenden Kapiteln zu finden.

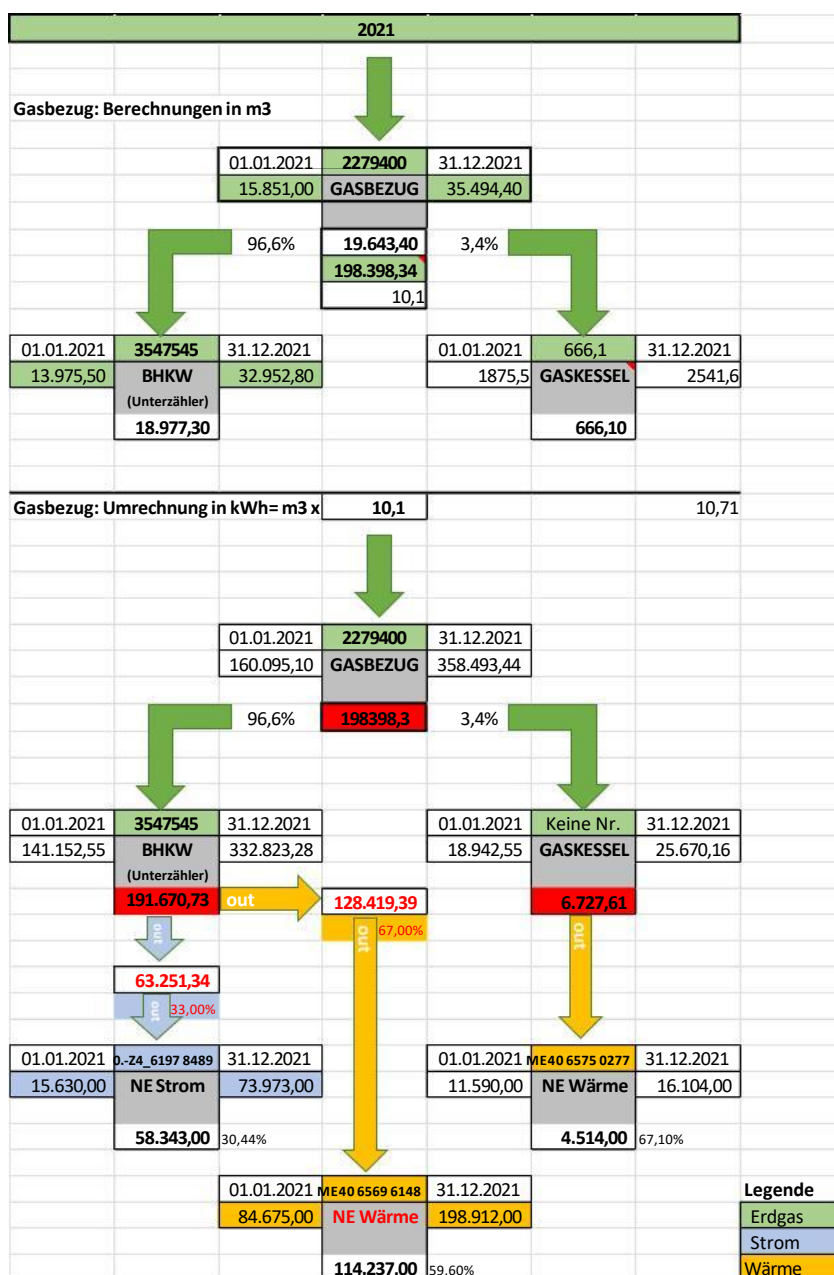


Abbildung 16 Erdgasbezug, Wärme- und Stromerzeugung

In der nachfolgenden Tabelle sind die Verluste dargestellt. An dieser Stelle wurde der Energieeinsatz ins Verhältnis zum Ertrag gesetzt. Vor allem beim BHKW konnte ein sehr guter Wirkungsgrad erreicht werden.

Verlust-Darstellung:			
	Output BHKW Strom:	63.251,34	
	Anteil:	33,00%	
	Verlust aus Gesamtout BHKW :	2,56%	
	Output BHKW Wärme:	128.419,39	
	Anteil:	67,00%	
	Verlust aus Gesamtout BHKW :	7,40%	
	Output Kessel Wärme:	6.727,61	
	Anteil:	100,0%	
	Verlust aus Gesamtout Kessel :	32,90%	
	Gesamt-Output BHKW:	191.670,73	
	Gesamt-Output Strom/Wärme:	172.580,00	
	Verlust aus Gesamtout BHKW :	19.090,73	
	Verlust aus Gesamtout BHKW %:	9,96%	
<b>WIRKUNGSGRAD BHKW</b>		<b>WIRKUNGSGRAD KESSEL</b>	
<b>90,04%</b>		<b>67,10%</b>	

Abbildung 17 Berechnung Wirkungsgrad und Darstellung der Verluste

#### 4.4.2 Bezug und Erzeugung von Strom

Wie im vorherigen Kapitel wird hier die erzeugte und bezogene Strommenge dargestellt. Diese Werte sind von den installierten Zählern abgelesen. Eine Lastganganalyse ist in den folgenden Kapiteln zu finden.

Unter Gesamtmenge ist sowohl der Bezug aus dem Netz als auch die gesamte Erzeugung der PV und des BHKWs aufsummiert. Setzt man dies in Verhältnis erhält man eine Quote von 87,62 %.

2021					
<b>Produktion / Bezug Strom</b>			<b>Gesamt Menge</b>		
Z4					
01.01.2021	8_0_16197_8489	31.12.2021	93.350,00		100,00%
	15.630,00	73.973,00			
	Bezug aus BHKW		<b>Eigenerzeugung</b>		
	58.343,00	62,50%	81.790,00		87,62%
Z1					
01.01.2021	0_21_6165_9434	31.12.2021			
	1.970,00	13.530,00			
	Bezug aus Netzstrom				
	11.560,00	12,38%			
	<small>NSHV Werkstatt</small>				
Z3					
01.01.2021	0_23_6197_8193	31.12.2021			
	1.121,00	24.568,00			
	Bezug aus PV 1				
	23.447,00	25,12%			
	<small>Technik RA17 EG</small>				

Abbildung 18 Strombezug aus dem Netz und Produktion aus der Eigenerzeugung

#### 4.4.3 Verbrauch der Liegenschaft und des Stromspeichers

Folgende Abbildung gibt den Verbrauch an der Liegenschaft wieder. Hierbei ist zu beachten, dass nicht alle Gebäudeteile unter gemessen werden, daher entsteht eine Differenz zu der tatsächlich bezogenen Strommenge. Setzt man den gemessenen Verbrauch der Liegenschaft ins Verhältnis zur selbstverbrauchten Eigenerzeugung erhält man eine Eigenverbrauchsquote von 91%. In dieser Berechnung wurde bereits die Batterie berücksichtigt.

2021					
Verbrauch Strom					
Gesamtverbrauch		Eigenverbrauch		Eigenverbrauchsquote	
59.879,77		54.465,00		91%	
EINGABE					
01.01.2021	SEGeb. 1	31.12.2021	01.01.2021	31.12.2021	
-	Lieferung	45.639,47	-	Lieferung	1.496,30
	SE 1			SE 2 / Baustrom	1.496,30
	45.639,47				
01.01.2021	FM gew./priv. 58	31.12.2021	01.01.2021	Berechnung/Einj	31.12.2021
-	Verbrauch	7.844,00		Verbrauch	
	FM gew./priv.			Schnell-Lade	4.900,00
	7.844,00				
01.01.2021	0_21_6165 9434	31.12.2021			
10.495,00	Einspeisung	37.820,00			
	Gesamt				
	27.325,00				
	87,0%			13,0%	
01.01.2021	0_22_6165 9336	31.12.2021	01.01.2021	Berechnung	31.12.2021
10.690,00	Netzeinspeisung	34.460,00		Netzeinspeisung aus	
	BHKW			PV 1	3.555,00
	23.770,00				

Abbildung 19 Verbrauch Liegenschaft und Einspeisung ins Netz

Die Batterie hat einen wertvollen Beitrag zur Autarkie geleistet. Insgesamt wurden 17.910kWh gespeichert und 15.861 kWh wieder in die Liegenschaft abgegeben. Aus der Differenz lassen sich die Verluste und der Stromverbrauch im Betrieb ermitteln. Ohne Batterie würde die Eigenverbrauchsquote auf 64 % sinken. Die Wirtschaftlichkeitskalkulation ist in Kapitel 4.7 zu finden.

Z5			Z5		
01.01.2021	0_25_6165 9304	31.12.2021	01.01.2021	0_25_6165 9304	31.12.2021
18,00	AUFLADUNG	17.928,00	3,00	ENTLADUNG	15.864,00
	Batteriespeicher			Batteriespeicher	
	17.910,00			15.861,00	
	Server RA17 EG			Server RA17 EG	
01.01.2021	Berechnung	31.12.2021			
	Verlust/Betrieb				
	Batteriespeicher				
	2.049,00				
	Server RA17 EG				

Abbildung 20 Darstellung Auf- und Entladung der Batterie



## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

### 4.4.4 Darstellung Erzeugung und Verbraucher am Standort Urbach

Nachfolgende Abbildung gibt alle Verbraucher und Erzeuger sowohl im Strom als auch im Wärmebereich wieder. Wie bereits in der Einleitung dargestellt, wurde nicht die gewünschte Anzahl Wärmeabnehmer erreicht. Ebenfalls auffällig sind die relativ hohen Betriebsverluste im Wärmebereich.

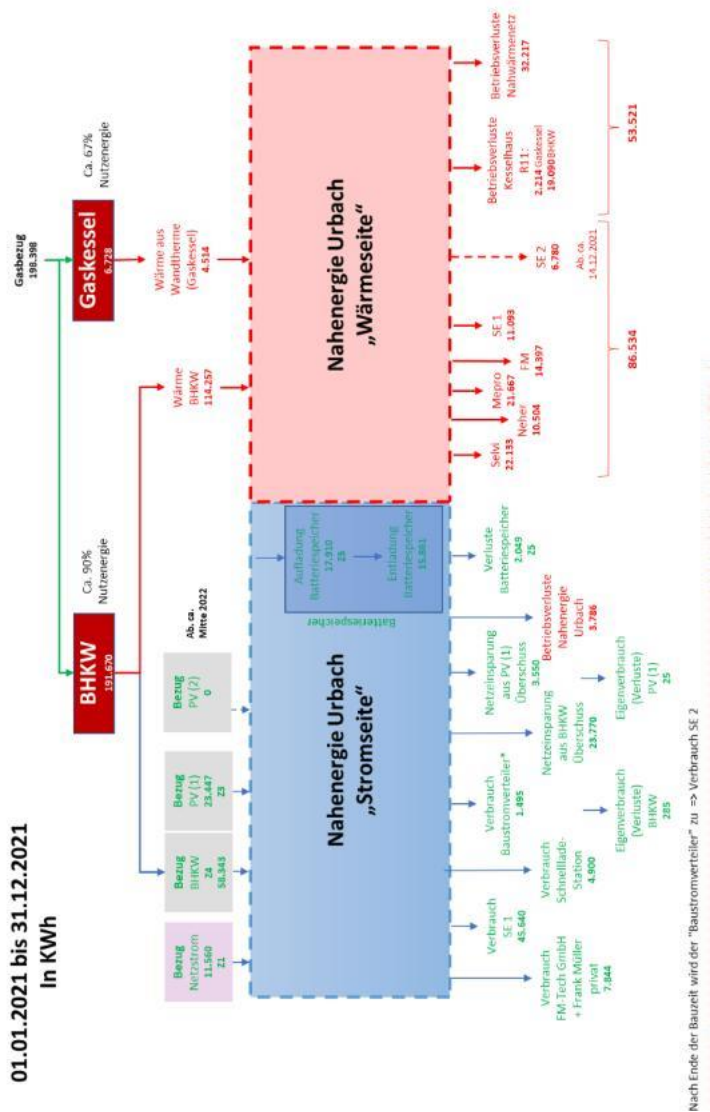


Abbildung 21 Darstellung Verbraucher und Erzeuger





## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

Aufgrund der wachsenden Anzahl an Plug-In Hybriden und Elektrofahrzeuge wird die Nachfrage nach Ladeinfrastruktur immer größer. Der vorhandene Schnelllader am Standort hat im Jahr 2021 knapp 4.900kWh an Elektrofahrzeuge weitergegeben. Entscheidend für die Batterienutzung ist die Anzahl der Ladevorgänge an den unterschiedlichen Tageszeiten. In den Mittagsstunden kann der Verbrauch von der PV-Anlage abgedeckt werden. Den Deckungsgrad der Batterie und der Verbrauch aus der PV-Anlage bzw. BHKW ist im Kapitel 4.6 zu finden. Die durchschnittliche Ladedauer betrug 55 min und die durchschnittliche Lademenge 15,71kWh.

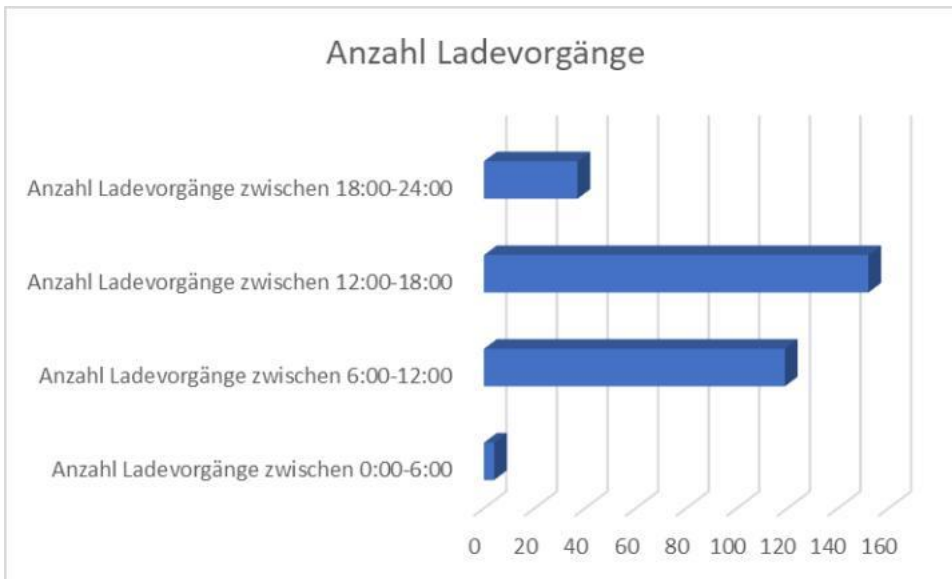


Abbildung 22 Anzahl Ladevorgänge nach Tageszeit

## 4.5 Aufbau, Technik und Leistungsfähigkeit Batteriespeicher

Ein wesentlicher Bestandteil zum Erreichen eines hohen Autarkiegrades ist der Batteriespeicher. Ziel ist es den günstig produzierten Strom aus der PV-Anlage oder aus dem BHKW außerhalb der Erzeugungszeiten nutzen zu können. In diesem Kapitel werden der grundlegende Aufbau der Lithium-Ionen-Batterie beschrieben und die technischen Merkmale des verbauten Speichers.

### 4.5.1 Aufbau einer Lithium-Ionen-Batterie

Jeder Akkumulator benötigt eine Anode, Kathode, Separator und ein Elektrolyt. Im geladenen Zustand wird die elektrische Potentialdifferenz zur Stromerzeugung genutzt, dabei wird in einem elektrochemischen Prozess mit einer Aggregatzustandsänderung die Energie erzeugt. Die Lithiumionen können zwischen den Elektroden durch das Elektrolyt bewegen. Im entladenen Zustand gibt die chemische Verbindung Elektroden ab, die über die externe Quelle zur Kathode fließen und die Metallverbindung nimmt die Elektroden auf. (Ehrlich, 2002)

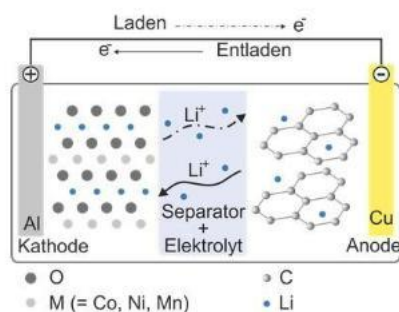


Abbildung 23 Schematische Darstellung eines Akkumulators (Quelle:KIT (Technologie, 2004))

### 4.5.2 Verbaute Technik

Bei der Entscheidung welche Batterie zum Einsatz kommen soll, wurden unterschiedliche Kriterien festgelegt. Zu den wichtigsten Entscheidungskriterien gehörten die Kapazität, Zyklen, Entladetiefe sowie die Lade- und Entladeleistung. Dabei fiel die Entscheidung auf die TS HV 140 von der Firma TESVOLT. Der Batterie Wechselrichter ist von der Firma SMA.

Leistungsdaten:

**134 kWh Batteriespeicher**

**60 kW Batteriewechselrichter**

**Wichtigste Aufbaukomponenten:**

**2 Stück      APU HV1000-S**

Die APU HV1000-S dient als Schnittstelle zwischen den Batteriemodulen und dem Batteriewechselrichter/Bat Breaker. Sie stellt die zentrale Leistungs- und Steuerungseinheit des Batteriesystems dar.

**32 Stück      Batteriemodul 4.8-1C-HV1000 TESVOLT Batteriemodul Hochvolt bis 1000 V DC**

-Kapazität: 4,8 kWh bis 1000 V DC

-Zelle: Lithium-NMC prismatisch

-erwartete Zyklen:

- 100 % DOD (Depth of Discharge) | 70 % EOL (End of Life) | 6.000-8.000 Zyklen



## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes  
Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-  
neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

- Wirkungsgrad (Batterie): bis zu 98%

**3 Stück 14S Batterie-Sonderrack mit 12 Einschüben**

**1 Stück SMA STPS-60**

Batterie-Wechselrichter zur Netzeinspeisung Pac, Sac, max 75000 W/75000 VA, max dreiphasig einspeisend, 98,8% Maximalwirkungsgrad, mit Blindleistungseinspeisung, transformatorlos, Grafikdisplay, Ethernet Schnittstelle zum externen SMA Inverter Manager.

Die Visualisierung des STPS 60 erfolgt via ennexos.sunnyportal.

**1 Stück Janitza Netzanalysator**

Netzanalysator 95 - 240VAC/135 340VDC Typ: UMG 604E

**1 Stück SMA Inverter Manager**

SMA Inverter Manager Storage als zentrale Datenschnittstelle zum Batterie-Wechselrichter



Abbildung 24 Batterie



Abbildung 25 Batteriewechselrichter

#### 4.6 Auswertungen der Stromflüsse aus 2020 und 2021

An dieser Stelle werden die Vergleiche von 2020 zu 2021 gezogen. Im Jahr 2020 war noch kein Batteriespeicher installiert. Durch diese Auswertung kann der Nutzungsgrad und die gewonnene Autarkie beschrieben werden. Diese Daten sind die Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsberechnung im Kapitel 4.7. Da im Sommer die Energie hauptsächlich durch die PV-Anlage gewonnen wird und im Winter durch das BHKW, berücksichtigt die Auswertung auch einen typischen Sommer-/Wintertag als auch einen Sommer-/Wintermonat.

##### 4.6.1 Auswertung Gesamtjahr Vergleich 2020 / 2021

Die Abbildung 26 stellt den Jahresertrag aus der Eigenerzeugung als auch den Netzbezug im Jahr 2020 ohne Batterie dar. Hervorzuheben ist der deutlich größere Netzbezug in den Wintermonaten. Dies ist der geringeren Stromerzeugung durch die PV-Anlage geschuldet. Mit rund 12,371 MWh wird 45,39% der erzeugten Strommenge ins Netz eingespeist, somit konnte lediglich 54,61% selbst genutzt werden. Der Netzbezug entspricht 57% des Gesamtverbrauchs am Standort.



Abbildung 26 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch im Jahr 2020 ohne Batterie

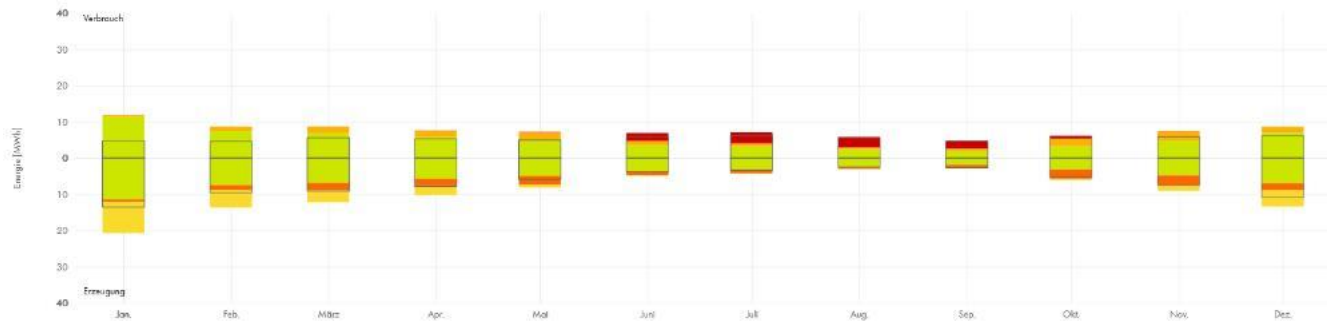
In Abbildung 27 ist der Verbrauch, Ertrag und Eigenverbrauch mit Batterie dargestellt. Durch den Einsatz der Batterie ist der Netzbezug deutlich gesunken. Von 57 % im Jahr 2020 beträgt der Netzbezug im Jahr 2021 nur noch 18 %. Die Eigenverbrauchsquote ist von 54,61% auf 84 % ebenfalls deutlich angestiegen. Absolut konnten durch die Batterie 16,86MWh mehr Strom aus den Eigenerzeugungsanlagen genutzt werden



## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023



### Details

Gesamtverbrauch	64,379 MWh	Gesamterzeugung	82,204 MWh
<input checked="" type="checkbox"/> Netzbezug	11,336 MWh	<input checked="" type="checkbox"/> Batterie laden	19,008 MWh
<input checked="" type="checkbox"/> Batterie entladen	16,855 MWh	<input checked="" type="checkbox"/> Netzeinspeisung	27,007 MWh
<input checked="" type="checkbox"/> Direktverbrauch	62,622 MWh		
Eigenversorgung	79 MWh	Eigenverbrauch	69 MWh
Autarkiequote	100 %	Eigenverbrauchsquote	84 %

Abbildung 27 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch im Jahr 2021 mit Batterie

Folgende Graphen zeigen den Jahresverlauf des relativen Eigenverbrauchs und des Netzbezugs von 2020 zu 2021. Auffällig ist wie bereits erwähnt der deutlich höhere Anteil von erzeugter zur selbstverbrauchten Menge.

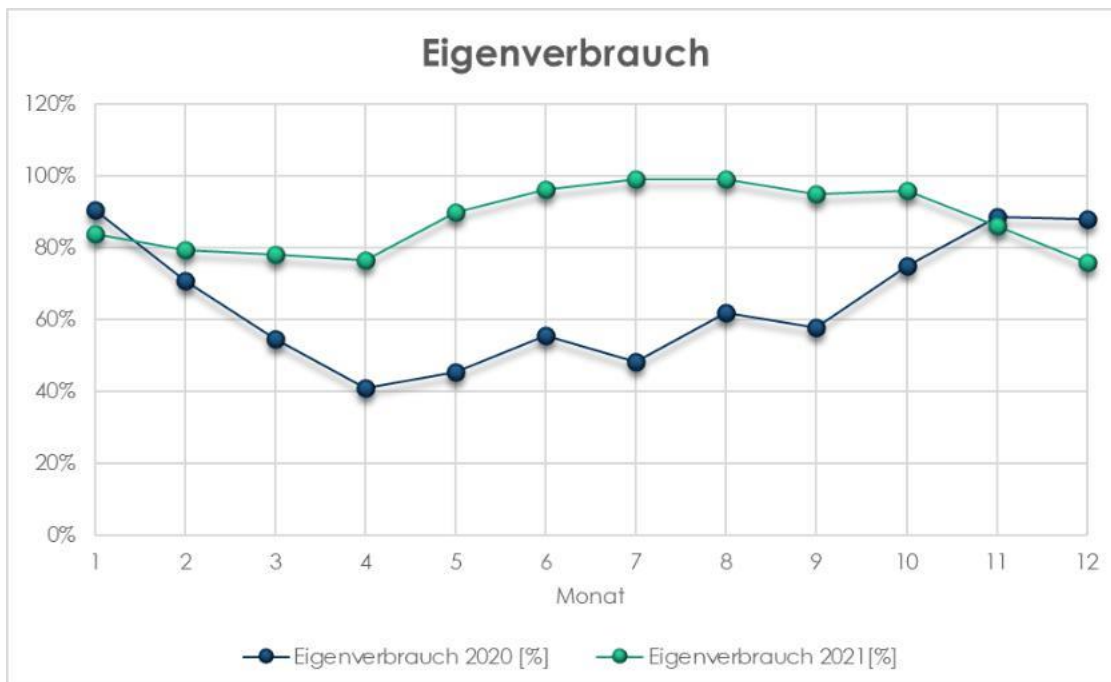


Abbildung 28 relativer Eigenverbrauch Vergleich 2020 zu 2021

Vergleicht man den Netzbezug der beiden Jahre ist dieser stark gesunken. Durch den Einsatz des BHKWs und der Batterie lag der Netzbezug in der Heizperiode bei nahezu 0% und somit wurde ein autarker Betrieb nur

knapp verfehlt. In den Sommermonaten ist der Netzbezug noch hoch. Um dies noch weiter zu optimieren, ist der Zubau einer 2. PV-Anlage sinnvoll, welches sich bereits in der Umsetzung befindet.

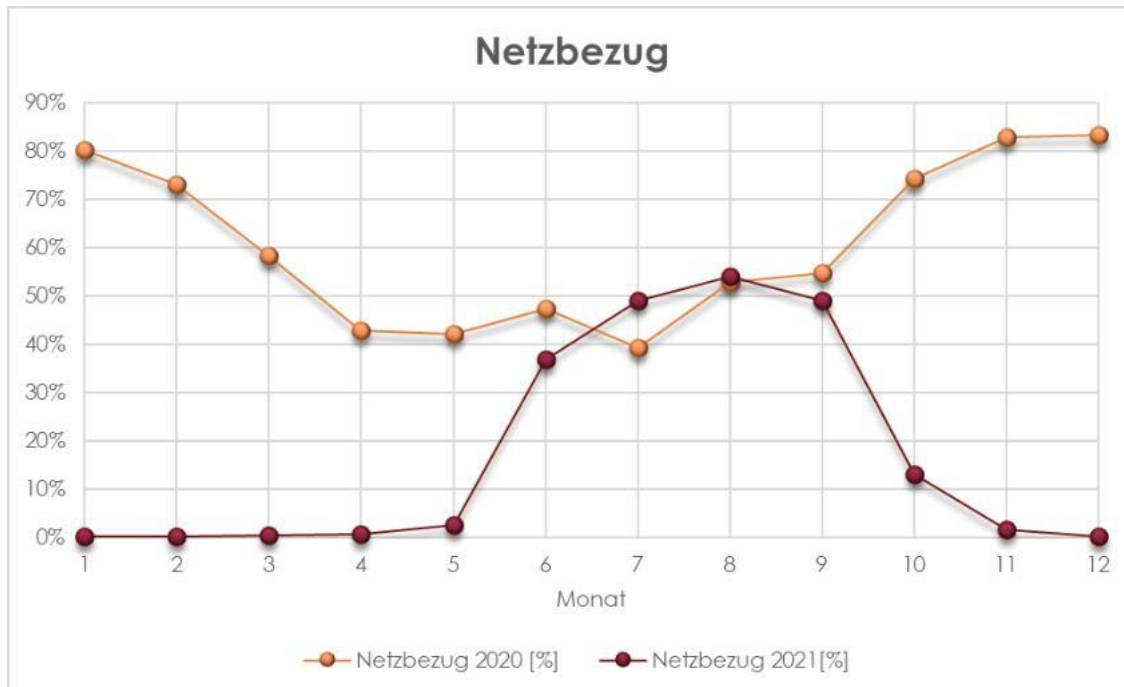


Abbildung 29 relativer Netzbezug Vergleich 2020 zu 2021

#### 4.6.2 Auswertung typischer Wintertag Vergleich 2020/2021

Wie bereits beschrieben, spielt die Witterung vor allem bei der Stromerzeugung aus der PV-Anlage eine wichtige Rolle. Aus diesem Grund ist in der folgenden Abbildung der Verbrauch eines typischer Wintertages dargestellt. Wie man an diesem Schaubild erkennen kann, musste zur Versorgung der Liegenschaft Strom, in der Graphik rot dargestellt, aus dem Netz bezogen werden. An der gelb dargestellten Fläche ist die Überschusseinspeisung wieder zu erkennen. Diese Menge wäre ideal für die Batterie gewesen.

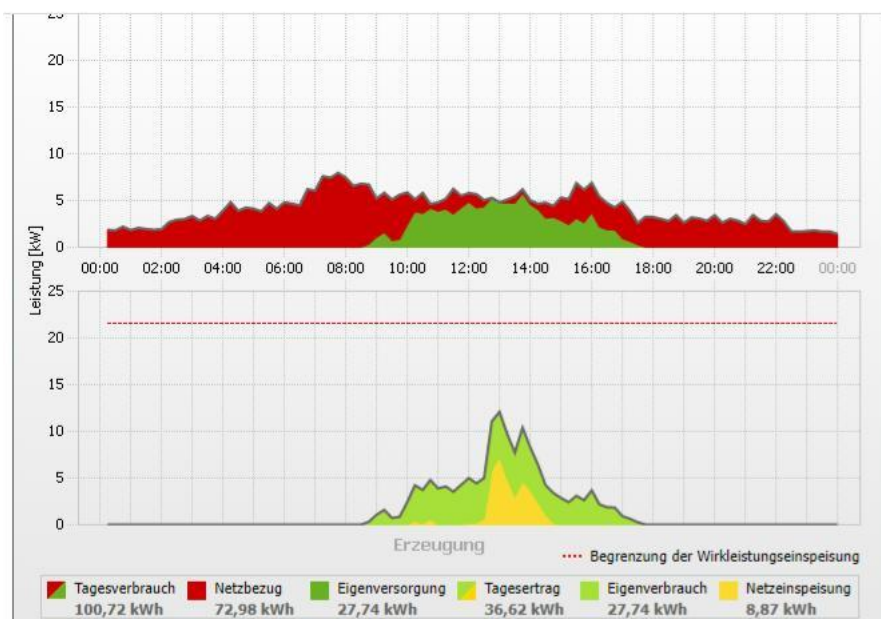


Abbildung 30 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintertag 16.02.2020 ohne Batterie





## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

In Abbildung 29 wird der gleiche Tag in 2021 dargestellt. An diesem Graphen wird der Nutzen der Batterie deutlich. Der Netzbezug ist gar nicht mehr zu erkennen, lediglich 0,5kWh wurden aus dem Netz bezogen. Da die Batterie aber zu keinem Zeitpunkt leer war, zu erkennen an der gestrichelten blauen Linie, lässt dies auf eine zu langsame Umschaltung auf die Batterie schließen.



Abbildung 31 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintertag 16.02.2021 mit Batterie

### 4.6.3 Auswertung typischer Sommertag Vergleich 2020/2021

Neben einem typischen Wintertag wird an dieser Stelle ebenfalls ein typischer Sommertag dargestellt. Analog zum Kapitel zuvor kann die erzeugte Energie nicht vollständig genutzt werden und wird als Überschuss ins Netz eingespeist.

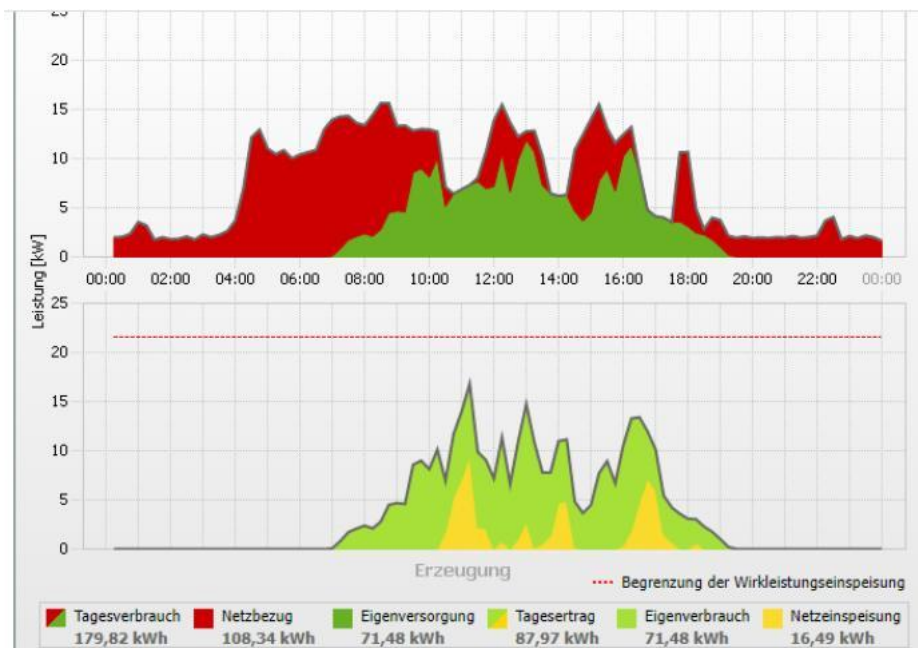


Abbildung 32 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommertag 16.08.2020 ohne Batterie

Anhand der grünen Erzeugungskurve kann man die Witterungsbedingungen an diesem Tag deutlich erkennen. Da diese sehr flach verläuft, lässt dies auf einen bewölkten Tag schließen. Da die Batterie an diesem Tag lediglich zwischen 2 und 4 % lag, fiel der produzierte Überschuss am Tag auch gering aus. Dennoch konnte die Batterie mit einer Entladung von 6 kWh zumindest einen kleinen Beitrag zur Autarkie beitragen. Der eingespeiste Überschuss von 0,872kWh ist vernachlässigbar klein.

### Energiebilanz

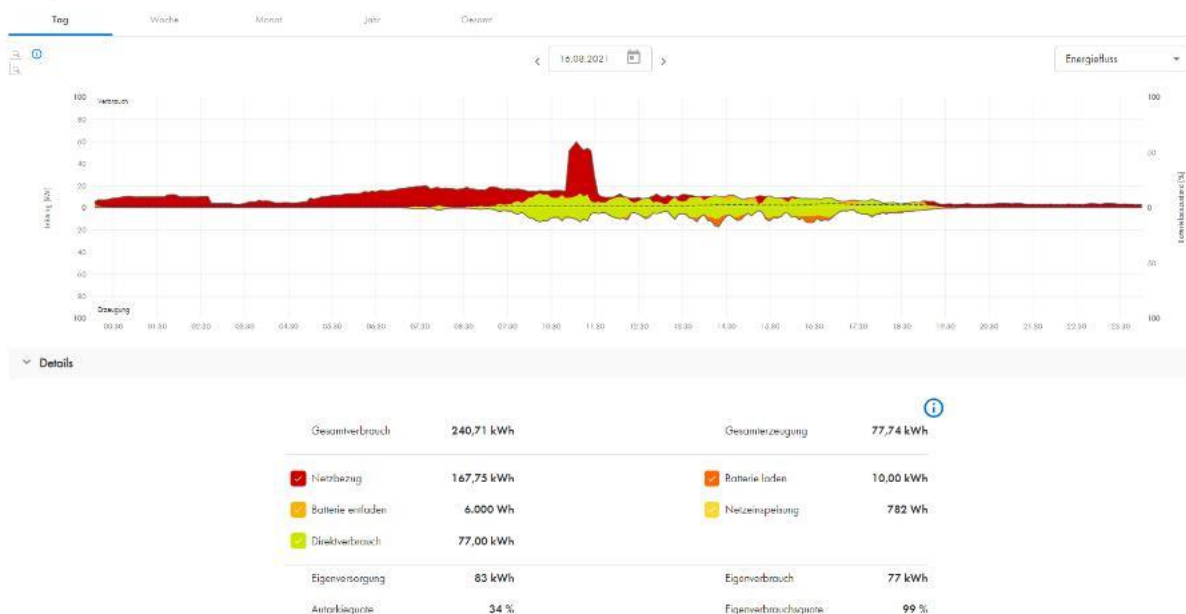


Abbildung 33 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommertag 16.08.2021 mit Batterie



#### 4.6.4 Auswertung typischer Wintermonat Vergleich 2020/2021

Um eventuelle Tagesschwankungen durch Witterungsbedingungen ausschließen zu können wird die Ansicht eines Monats ebenfalls in der Auswertung berücksichtigt. Das nachfolgende Balkendiagramm stellt den Netzbezug als auch die Erzeugung im Februar 2020 ohne Batterie dar. Wie die vergangenen Tagesauswertungen aus den vorherigen Kapiteln vermuten ließ, ist sowohl die Netzeinspeisung als auch der Netzbezug über den Monat gesehen, relativ hoch. Der Netzbezug belief sich auf 2.107,07kWh und nimmt folglich 73% des Gesamtverbrauchs ein. Der Monatertrag aus der Eigenerzeugung betrug 1.098,89 kWh, davon wurden 321,15 kWh das entspricht 29,22% ins Netz als Überschuss eingespeist.

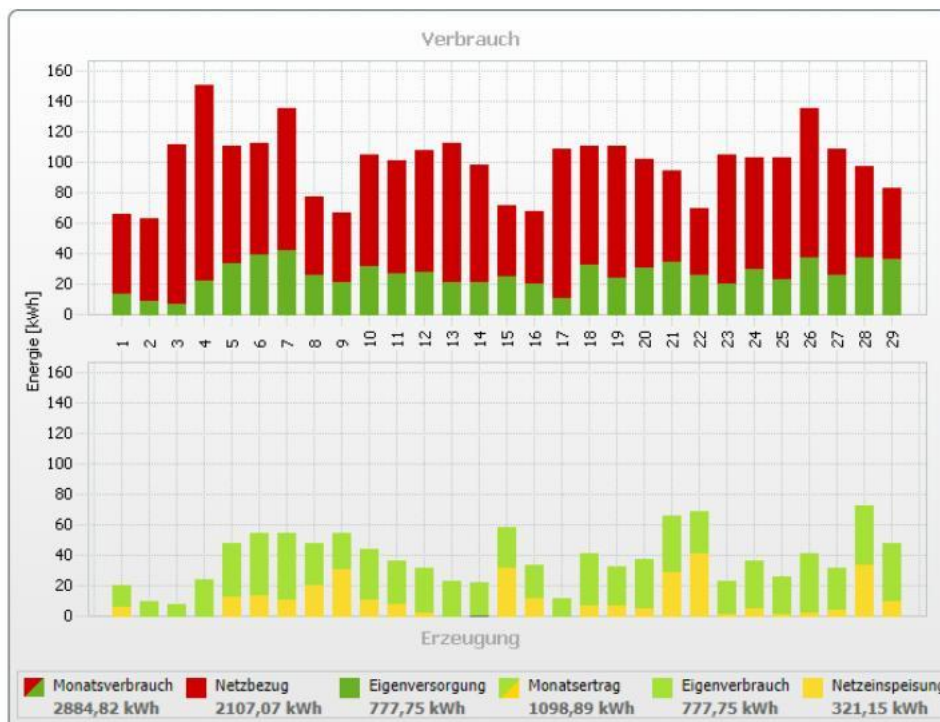


Abbildung 34 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintermonat Februar 2020 ohne Batterie

Nachfolgende Abbildung zeigt den Monatsverbrauch Februar im Jahr 2021 mit Batterie. Der Unterschied ist besonders am Netzbezug erkennen. Mit 13,44kWh wurde weniger als 1% aus dem Netz bezogen. Folglich erkennt man deutlich die Stärke der Batterie und deren Beitrag zur Autarkie.



## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

### Energiebilanz

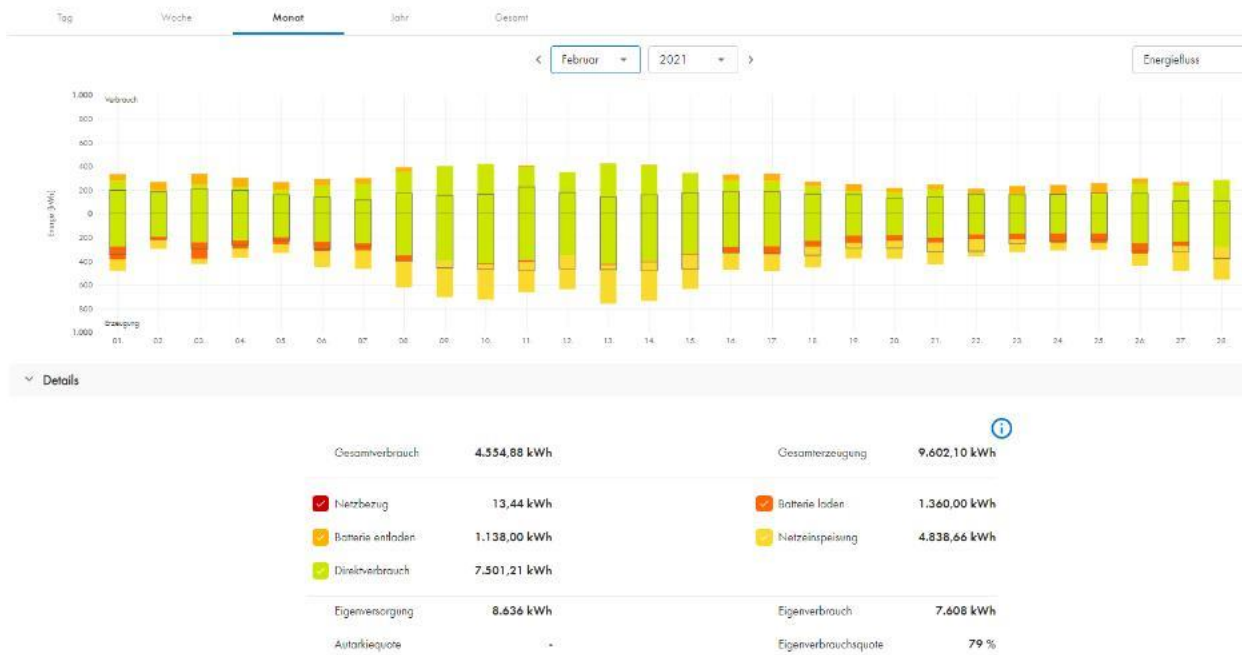


Abbildung 35 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintermonat Februar 2020 mit Batterie



## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

### 4.6.5 Auswertung typischer Sommermonat Vergleich 2020/2021

Witterungsbedingungen haben einen großen Anteil an der Stromausbeute der PV Anlage. Um Tagesschwankungen keine allzu große Gewichtung zu geben, wird in diesem Abschnitt ein typischer Sommermonat betrachtet. Deutlich zu erkennen ist der hohe Netzbezug, der in dem nachfolgenden Balkendiagramm rot dargestellt ist. Im August 2020 war noch keine Batterie verbaut, somit lag der Netzbezug bei 52,82%. Es wurden 1.196,28 kWh in das Netz als Überschuss eingespeist, das entspricht 38,30% der produzierten Strommenge aus der Eigenenerzeugung.

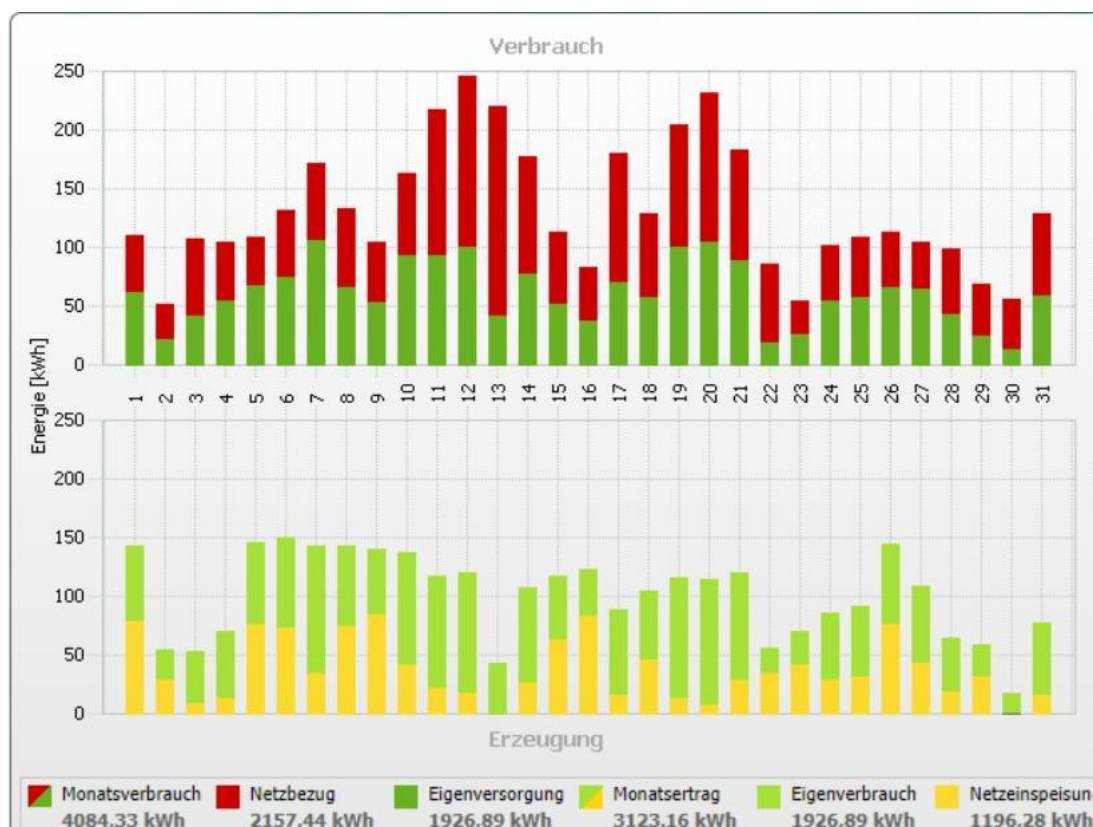


Abbildung 36 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommermonat August 2020 ohne Batterie

Zieht man nun den Vergleich zum Jahr 2021 mit Batterie, sinkt die eingespeiste Menge auf 25,72 kWh. Dies entspricht lediglich 1%. Im gesamten Monat liegt somit der Eigenverbrauch bei 99%. Somit konnte fast der gesamte erzeugte Strom in der Liegenschaft verbraucht werden. Die Autarkiequote lag in dem dargestellten Monat bei 56%.



## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

### Energiebilanz

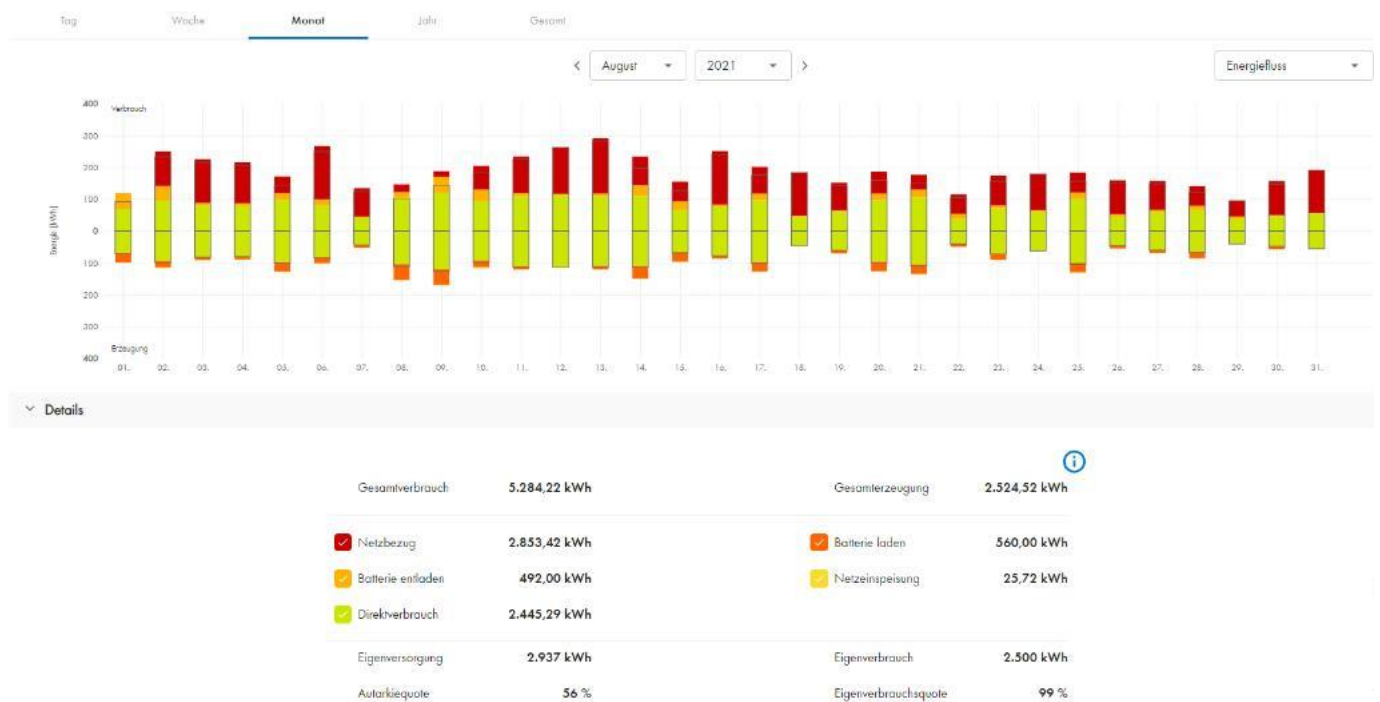


Abbildung 37 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommermonat August 2020 mit Batterie

## 4.7 Wirtschaftlichkeitsberechnung des Batteriespeicher und CO<sub>2</sub> Einsparung

In diesem Kapitel wird die Wirtschaftlichkeitsberechnung und CO<sub>2</sub> Einsparung durch die Batterie dargestellt. Sowohl eine statische als auch eine dynamische Betrachtung wird berücksichtigt. Darüber hinaus werden die gesetzlichen Gegebenheiten und Energiepreisentwicklung erläutert und folglich die getroffenen Annahmen für die Berechnungen geschildert.

### 4.7.1 Statische Betrachtung

Zunächst wird eine statische Betrachtung der gesamten Energieversorgung der Liegenschaft dargestellt. Diese Berechnung findet unter der Annahme statt, dass sowohl die Bezugspreise als auch die Einnahmen aus Verkauf konstant bleiben. Hierbei wurde das Bezugsjahr 2021 berücksichtigt.

### Übersicht gesamte Energieversorgung

Investition	ohne Förderung	mit Förderung
Photovoltaik Anlage 30 kWp	33.000,00 €	33.000,00 €
Batterie	208.250,00 €	104.125,00 €
BHKW Wärme- und Stromnetz	250.000,00 €	250.000,00 €
<b>Summe</b>	<b>491.250,00 €</b>	<b>387.125,00 €</b>



## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

### Kosten 2021

Strombezug	2.559,05 €
Gasbezug	9.141,31 €
Eigenverbrauch BHKW	807,75 €
Wartung BHKW	1.634,08 €
	<hr/>
Summe	14.142,19 €

### Einnahmen 2021

Einspeisung BHKW	1.473,89 €
Einspeisung PV	231,82 €
Verkauf Strom SE	1.464,23 €
Verkauf Strom FM	1.021,85 €
Verkauf Strom Müller	600,06 €
Verkauf Strom Grundstücksgemeinschaft	330,81 €
Verkauf Strom SE	10.816,27 €
Verkauf Strom Schnelllader	975,84 €
Verkauf Wärme	12.640,54 €
	<hr/>
Summe	29.555,31 €

Amortisationszeit in Jahren	28,03	22,09
-----------------------------	-------	-------

Tabelle 3 Statische Berechnung

#### 4.7.2 Energiepreisentwicklung

Eine statische Betrachtung gibt nicht die tatsächliche Marktbegebenheiten wieder. Daher werden in dem folgenden Kapitel eine Prognose der Preisentwicklungen und die gesetzlichen Gegebenheiten, die Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben, vorgestellt. Vor allem auf Grund der Ukraine Krise sind die Energiepreise stark gestiegen. Nachfolgende Grafiken zeigen die Börsenpreisentwicklung für Strom und Gas seit dem 01.01.21.



Abbildung 38 Börsenpreis Strom

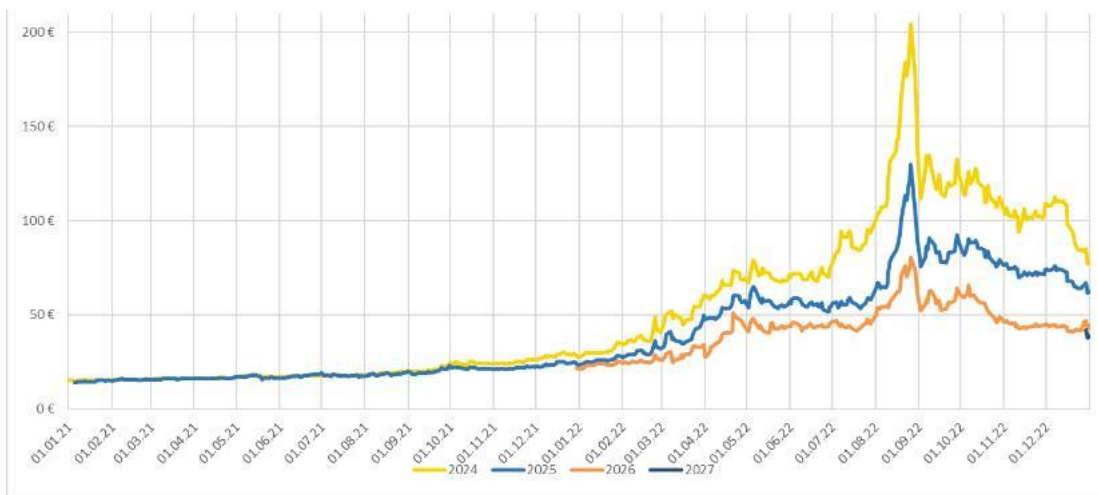


Abbildung 39 Börsenpreis Gas

Historisch gesehen ist der Energiepreis um etwa 2,5% pro Jahr gewachsen. Im vergangenen Jahr allerdings haben sich die Energiepreise vervierfacht. Der aktuelle Strompreis für das Frontjahr liegt bei etwa 22 ct/ kWh und bei Erdgas bei etwa 9 ct/kWh. Hierbei handelt es sich um reine Energiepreis ohne Umlagen. Für die dynamische Betrachtung wird mit einem spezifischen Strompreis inklusive Umlagen von 30 ct/kWh und einem spezifischen Gaspreis von 8 ct/kWh für das Jahr 2022 gerechnet. Es wird ein niedrigerer Gaspreis angesetzt, da es noch einen bestehenden 5 Jahresvertrag gibt Aufgrund eines sehr volatilen Energiemarkt ist die weitere Entwicklung nur schwer abzusehen. In dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung wird ein sehr konservativer Ansatz verwendet, somit wird ein Szenario betrachtet, dass der Strom und Gaspreis lediglich 1% pro Jahr wächst.

#### 4.7.3 Gesetzliche Gegebenheiten

Neben den verringerten Kosten beim Bezug von Strom, wird der nicht gebrauchte Strom ins Netz eingespeist und vergütet. Bei der PV-Anlage wird ein fester Satz für 20 Jahre ab Inbetriebnahme vergütet. Die Inbetriebnahme war im März 2018 somit wird die eingespeiste Menge gemäß EEG bis 10 kWp mit 12,2ct/kWh und bis 40 kWp mit 11,87 ct/kWh vergütet. Seit der Revision EEG 2021 wird keine 40 % der EEG-Umlage auf den





## Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

selbstverbrauchten Strom für Anlagen kleiner 30 kWp und einer Jahreserzeugung kleiner 30.000 kWh fällig. Seit Mitte 2022 wurde der EEG-Satz auf 0,00 ct/kWh gesetzt, somit wird auch künftig für den Eigenverbrauch vom BHKW keine Umlage fällig.

Die eingespeiste Menge bei BHKW orientiert sich am Quartals Spotmarktpreis. Da wie auch im vorherigen Kapitel erwähnt, die Preisentwicklung am Strommarkt stark gestiegen ist, profitieren wir ebenfalls von dieser Entwicklung. Folgende Grafik zeigt die Entwicklung des Quartals Spotmarktpreises seit Q3 2000.

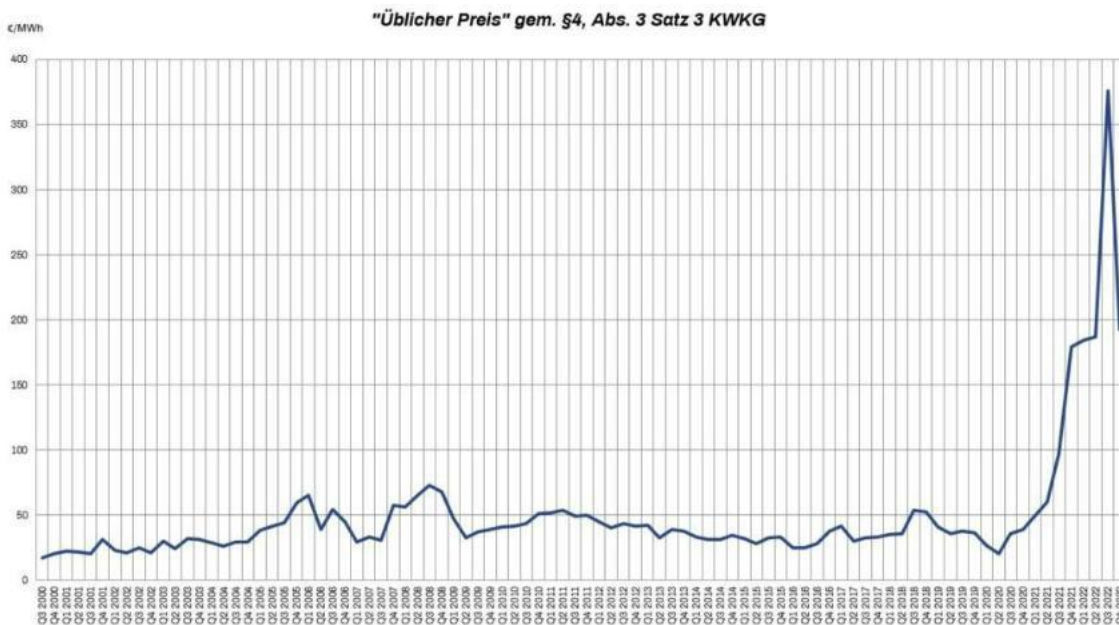


Abbildung 40 Quartalspreise EEX Strom

Deutlich zu erkennen ist die rasante Entwicklung seit der Ukraine Krise. Vergleicht man Q1 2020 mit Q4 aus 2022 hat sich der Preis fast verzehnfacht, beim Allzeithoch lag der Preis sogar um das 14-fache höher. In der dynamischen Berechnung gehen wir ebenfalls von einem konservativen Ertrag aus und legen den Ertrag im ersten Jahr bei 15 ct/kWh aus und einer Steigerung von moderaten 0,5 %.

Gemäß §53a des EnergieStG wird auf das verwendete Erdgas in BHKWs die Mineralölsteuer rückerstattet für die ersten 10 Jahre ab Inbetriebnahme. Da das BHKW gefördert wurde, erhält man lediglich den reduzierten Satz von 4,42 ct/kWh eingesetztem Erdgas.

#### 4.7.4 Dynamische Betrachtung

Unter der Berücksichtigung der vorgenannten Annahmen sinkt die Amortisationszeit mit Förderung auf 19,2 Jahre ohne Förderung auf 23,8. Nachfolgende Grafik zeigt die kumulierten jährlichen Einnahmen abzüglich der Ausgaben.

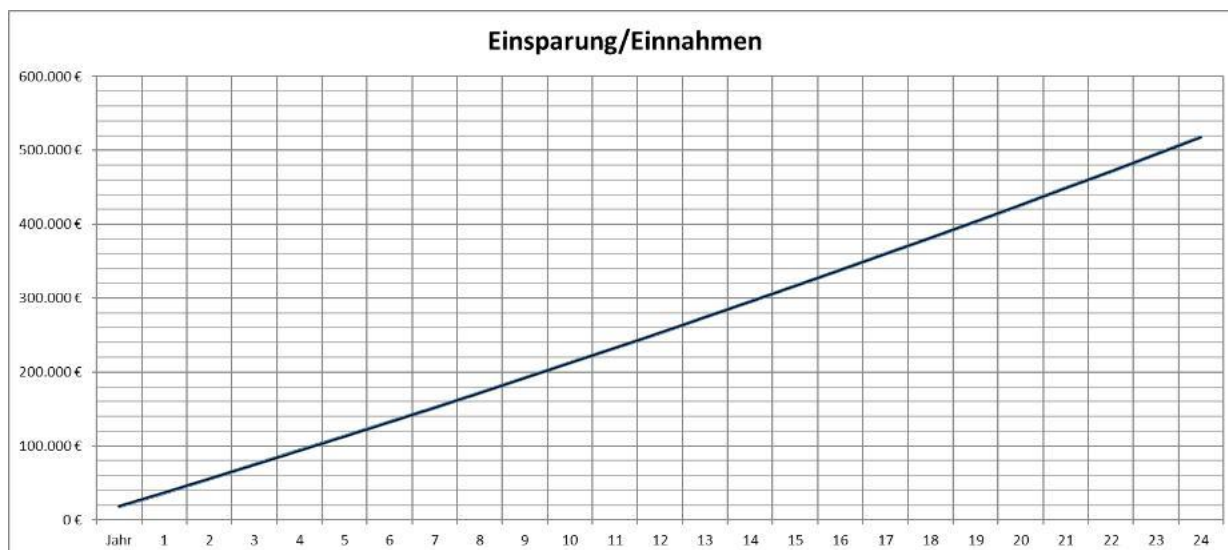


Abbildung 41 kummulierte Einnahmen

#### 4.7.5 Amortisationsberechnung Batterie

In den vergangenen Berechnungen wurde sowohl die Einnahmen aus der Wärmeerzeugung als auch den Stromweiterverkauf betrachtet. In diesem Abschnitt wird die reine Ersparnis, die durch die Batterie erwirtschaftet wird, analysiert. Der Strom für die Batterie wird entweder aus dem BHKW oder der PV-Anlage gespeist.

Die Stromgestehungskosten ergeben sich aus den Kosten der PV-Anlage und der prognostizierten Erzeugung über die Laufzeit von 20 Jahren.

$$\text{Stromgestehungskosten}_{PV} = \frac{\text{Kosten der PV Anlage}}{\text{erzeugte Menge in 20 Jahren}} = \frac{33.000 \text{ €}}{450.000 \text{ kWh}} = 7,3 \text{ ct/kWh}$$

Für die erzeugte Menge wurde unter der Annahme berechnet, dass die PV-Anlage im Mittel jährlich 22.500 kWh produziert, die Degradation von 0,3% pro Jahr ist in diesem Mittel berücksichtigt worden.

Die Stromgestehungskosten aus dem BHKW wird ermittelt über den Gaseinsatz und der daraus produzierten Strommenge. Hierbei wurde die Aufteilung gemäß der Untermessung wie in Kapitel 4.4.1 dargestellt angewendet. Somit wird 33% des genutzten Erdgases im BHKW in Strom umgewandelt. Es wurden die Kosten aus 2021 in Anwendung gebracht.

$$\text{Stromgestehungskosten}_{BHKW} = \frac{33\% \times \text{Ergaskosten für das BHKW}}{\text{erzeugte Menge}} = \frac{0,33 \times 8.816,82 \text{ €}}{58.343 \text{ kWh}} = 4,98 \text{ ct/kWh}$$

Der aktuelle Bezugspreis liegt bei 22 ct/kWh. Somit liegt die Einsparung für den selbstgenutzten Anteil der produzierten Strommenge bei der Differenz aus Strombezugspreis und Stromgestehungskosten. Für die PV-Anlage



	<b>Abschlussbericht</b>	<b>Stand: 13.01.2023</b>
	<b>Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes</b>	

entspricht dies 14,7ct/kWh und beim BHKW 17,02 ct/kWh. Wie im Kapitel 4.6.1 beschrieben wurden im Jahr 2021 insgesamt 19.008 kWh in die Batterie geladen und 16.855 kWh aus der Batterie genutzt. Dabei wurde hauptsächlich der Strom aus dem BHKW genutzt, der Anteil entspricht in etwa 80%. Dies liegt vor allem an der kleinen PV-Anlage, so dass im Sommer der erzeugte Strom nahezu komplett direkt verbraucht wird. Um dies entgegenzuwirken, wird eine 2. PV-Anlage gebaut.

Somit ergeben sich die Kosten für das Laden der Batterie, der ersparte Stromeinkauf und die Gesamtersparnis für das Jahr 2021 wie folgt:

*Kosten Batterie Laden*

$$= \text{geladene Strommenge} \times 80\% \text{ BHKW Anteil} \times \text{Stromgestehungskosten}_{\text{BHKW}} \\ + \text{geladene Strommenge} \times 20\% \text{ PV Anteil} \times \text{Stromgestehungskosten}_{\text{PV}} = 1027,19 \text{ €}$$

$$\text{Ersparter Stromeinkauf} = \text{genutzte Strommenge aus der Batterie} \times \text{Strombezugspreis} \\ = 3.708,1 \text{ €}$$

$$\text{Gesamtersparnis 2021} = \text{Ersparter Stromeinkauf} - \text{Kosten Batterie Laden} = 2.680,91 \text{ €}$$

Daraus ergibt sich eine Amortisationszeit mit Förderung von 38,84 Jahre. Betrachtet man nun ein Wachstum des Strompreises wie im Kapitel 4.7.2 liegt die Amortisation mit Förderung bei etwa 22,8 Jahren. Dieser schwache Wert ergibt sich aus der noch nicht optimalen Ausnutzung in den Sommermonaten, da noch zu selten ein Überschuss für die Batterie produziert wird.

Betrachtet man die Kosten der Batterie und die Herstellerangaben zur Lebensdauer, kann man den Preis pro kWh aus der Batterie errechnen.

$$\text{Preis pro kWh aus der Batterie} = \frac{\text{Kosten der Batterie}}{\text{Anzahl Zyklen} \times \text{Batteriekapazität} \times \text{maximale Entladetiefe}}$$

Ohne Förderung kostet die kWh aus der Batterie 19,42 ct/kWh mit Förderung 9,71 ct/kWh. Berücksichtigt man nun die Stromgestehungskosten des BHKW oder der PV-Anlage, wäre ein wirtschaftlicher Betrieb zu den aktuellen Bezugspreisen nicht möglich gewesen.

Aufgrund der aktuell sehr hohen Spotmarktpreise für Strom siehe Kapitel 4.7.3, ist das Einspeisen der Strommenge aus dem BHKW sogar lukrativer als es in der Batterie zu speichern. In Q3 2022 hat man pro eingespeiste kWh 37,578 ct erhalten, welches den Bezugspreis an der Liegenschaft um über 40% übertrifft.



## Abschlussbericht

**Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes  
Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-  
neutralen Industrie- und Gewerbegebietes**

**Stand: 13.01.2023**

### 4.7.6 CO2 Bilanz

In diesem Kapitel wird der CO2 Ausstoß aus den Jahren 2020 ohne Batterie und 2021 mit Batterie miteinander verglichen. Zum Ansatz kommt der deutsche Strommix und die CO2 Einsparung durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme gemäß den Veröffentlichungen vom Umwelt Bundesamt (Marco Lanz, 2011). In diesem Abschnitt wird lediglich die Einsparung auf der Stromseite betrachtet.

2020	Strom [kWh]	CO2 EMISSIONS- FAKTOR [G/KWH]	EMISSIONEN KOHLENDI- OXIDÄQUIVALENTE [T]
<b>STROMBEZUG NETZ</b>	20.449	435	8,89
Stromerzeugung PV	27.253	0	0
davon selbstverbraucht	14.883	0	0
<b>GESAMTVERBRAUCH</b>	35.332		8,89

*Tabelle 4 CO2 Bilanz 2020 ohne Batterie*

2021	Strom [kWh]	CO2 Emissionsfaktor [g/kWh]	Emissionen Kohlendi- oxidäquivalente [t]
<b>Strombezug Netz</b>	11.336	435	4,93
Stromerzeugung PV	23.930	0	0
davon selbstverbraucht	20.918	0	0
Stromerzeugung BHKW	54.998	-	-
<b>davon selbstverbraucht</b>	31.068	261	8,11
<b>Gesamtverbrauch</b>	63.322		13,04

*Tabelle 5 CO2 Bilanz 2021 mit Batterie und BHKW*

Deutlich zu erkennen ist die stark gesunkene CO2 Emissionen im Strombezug von 8,89t im Jahr 2020 auf 4,93t im Jahr 2021. Diese Ersparnis kann man vor allem durch den Einsatz der Batterie begründen. Die höhere Gesamtemission ist durch den höheren Gesamtverbrauch zurückzuführen. An der Liegenschaft hat sich der Stromverbrauch fast verdoppelt, wobei die Emission lediglich um 32% gestiegen ist.



## Abschlussbericht

**Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO<sub>2</sub>-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes**

**Stand: 13.01.2023**

### 5 FAZIT und Ausblick

Aus den Auswertungen wird ersichtlich, dass der Batteriespeicher die erwartete Funktion erfüllt. In der Phase des Stromüberschusses wird der Strom in den Speicher eingespeist und in Phasen der Unterdeckung die Abgabe in das Verbrauchernetz ermöglicht.

Aufgrund der hohen Einspeisevergütung im Zuge der Ukraine-Krise fällt die Wirtschaftlichkeit des Batteriespeichers aktuell nicht optimal aus. Allerdings hat der Stromspeicher einen wesentlichen Beitrag bei der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und Steigerung der Autarkie beigetragen.

Das BHKW ist wärmegeführt und somit im Sommer nicht im Betrieb. Da die PV-Anlage nicht groß genug ist, um einen wesentlichen Überschuss für den Speicher zu produzieren, ist der Zubau einer weiteren PV-Anlage sinnvoll, welches bereits in der Umsetzung ist. Diese wird 24,9 kWp groß sein und voraussichtlich im Mittel zusätzlich 20.000 kWh/a produzieren. Mit Hilfe des Stromspeichers und der 2. PV-Anlage sollte sich der Netzbezug künftig nochmal halbieren.

Allerdings ist deutlich festzuhalten, dass hohe Unsicherheitsfaktoren (Corona-Krise, Ukraine-Krieg) zu weiteren Gas- und Strompreissteigerungen führen werden. Eine Umrüstung der Anlage auf Flüssig- oder Biogas würde an Aufwand und Kosten scheitern, so dass deutlich wird, dass das BHKW im Bereich Wärme und Strom eine 100%ige Abhängigkeit zu Gas beinhaltet. Die Anfrage an einen ortsansässigen Bio-Gas-Bauer hat bis anhin zu keinen neuen Erkenntnissen geführt. Dies heißt, dass in zukünftigen Projekten dieser Sachverhalt seine Berücksichtigung finden muss, so dass in der Anlage Alternativen zum Gasbezug unkompliziert umgesetzt werden können.

Des Weiteren werden fast keine Spitzenlasten aus dem Netz benötigt, der Bezug aus dem externen Netz wird minimiert und somit der Netzanschluss geschont, welches ein wichtiger Vorteil beim Hochlauf der Elektromobilität ist. Die max. möglichen Einspeiseleistungen von 60 kW bzw. max. möglichen Entladeleistungen von 75 kW aus dem Batteriespeicher wurden zu keinem Zeitpunkt in 2021 voll ausgeschöpft.

Für das Folgejahr 2022 zeichnet sich jedoch bereits ab, dass durch ansteigende Verbräuche (s. Frequentierung Ladestationen, weitere Aus- und Aufrüstung mit E-Fahrzeugen, 2. Firmengebäude etc.) fast ständig nur Unterdeckungen auftreten werden. Zur weiteren Optimierung ist neben der neuen PV-Anlage auch eine höhere Abnahme der Wärme aus dem BHKW wichtig, um eine größere Stromerzeugung zu gewährleisten.

Inzwischen ist nicht nur der Neubau von SE als Verbraucher angeschlossen, sondern weitere Ladestationen (8 Stationen), welche die Umstellung des Firmen-Fuhrparks (derzeit 30 Fahrzeuge) unterstützen sowie die Nachbarfirma FM Tech, welche das Projekt im Bereich der Nahwärme-Netzbau und BHKW-Anlage unterstützt hat.

Durch den perspektivisch weiter steigenden Strombedarf wird eine intelligente Steuerung unumgänglich werden. Ein dynamisches Lastmanagement, was abschaltbare Lasten in Spitzenzeiten automatisch drosselt oder abstellt oder die volle Ladeleistung nur bei gutem PV-Ertrag zulässt, ist in Zukunft eine sinnvolle Ergänzung.

Die Leistungsfähigkeit des Batteriespeichers wurde explizit auf die damals abgeschätzten Anforderungen ausgerichtet. In den ersten Ergebnissen 2021 wird deutlich, dass der Effizienzgrad bei etwa 85% (15% Verlust) liegt. Im ersten Quartal liegt der Effizienzgrad überraschenderweise deutlich darunter (ca. 75%), eine Erklärung dafür gibt es Stand heute nicht, was zu weiteren Analysen führen muss. Messfehler sind aufgrund der geeichten und digitalisierten Stromzähler auszuschließen. Inzwischen liegen die Ein- / Ausspeiseverluste wieder auf dem ursprünglichen, niedrigen Niveau.

	<b>Abschlussbericht</b>	<b>Stand: 13.01.2023</b>
	<b>Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes</b>	

Die Koordination, sowohl der technischen als auch administrativen Anforderungen, kommen einem herkömmlichen Projektmanagement gleich, jedoch wurde der Aufwand deutlich unterschätzt, was wiederum zu Verzögerungen und damit einhergehend Kostensteigerungen in der Projektumsetzung mit sich zog. Die Corona-Krise hat mit ihren Auswirkungen im Verlauf der Projektumsetzung den Anspannungsgrad fast unlösbar erhöht.

	<b>Abschlussbericht</b>	<b>Stand: 13.01.2023</b>
	<b>Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes</b>	

## 6 Literaturverzeichnis

Ehrlich, G. M. (2002). *Handbook Of Batteries*. David Linden, Thomas B.

Marco Lanz, B. F. (2011). CO2-Emissionsminderung durch Ausbau, informationstechnische Vernetzung und Netzoptimierung von Anlagen dezentraler, fluktuierender und erneuerbarer Energienutzung in Deutschland. Von <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4195.pdf> abgerufen

Technologie, M. I. (2004). *Karlsruhe Institut für Technologie*. Von [https://www.tft.kit.edu/1764\\_2436.php](https://www.tft.kit.edu/1764_2436.php) abgerufen