

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 CO₂-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 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 CO₂-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

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 CO₂-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-Schnellladers.

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.

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

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 CO₂ 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 CO2-
neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

0 Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	
0	Inhaltsverzeichnis..... 5
1	Verzeichnis..... 7
1.1	Bilder und Tabellen 7
1.2	Begriffe und Definitionen 8
2	Zusammenfassung..... 9
3	Einleitung..... 11
4	Hauptteil..... 14
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 CO2 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	CO ₂ Bilanz.....	42
5	FAZIT und Ausblick	43
6	Literaturverzeichnis.....	45

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

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

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

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
Volumen	Kubikmeter	m ³
Energie	Kilowattstunde	kWh
Energie	Megawattstunde	MWh
Leistung	Kilowatt	kW
Leistung PV-Anlage	Kilowattpeak	kWp
Masse	Kilogramm	kg
Spannung	Volt	V
Elektrische Stromstärke	Ampere	A
Scheinleistung	Voltampere	VA

Tabelle 1 SI-Basiseinheiten

Abkürzungen

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

Tabelle 2 Abkürzungen

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

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.

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

Getrübt wird das gute Ergebnis allerdings durch unsere Erfahrungen hinsichtlich der technischen Verfügbarkeit. Immer wieder kommt es zu Tiefentladungen oder Wechselrichter ausfällen, 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.

Insgesamt sind 6 Firmen im Wärmenetz und 5 Verbraucher am Stromnetz, die sich folgendermaßen aufteilen:

Wärmenetz:

- Fa. FM-Tech GmbH und dessen Betriebswohnung = Raiffeisenstraße 11
- Fa. Neher GmbH = Seebrunnenweg 16
- Timur Selvi (Ausstellungsstudio + Whg.), Schießgasse 64
- Fa. mepro GmbH = Raiffeisenstraße 13
- Fa. SE-Gebäudeautomation = Raiffeisenstraße 17
- GG Urbach GbR (3 Gewerbestellen + 2 Whgs) = Raiffeisenstraße 19

Stromnetz:

- Fa. FM-Tech GmbH und dessen Betriebswohnung = Raiffeisenstraße 11
- Fa. SE-Gebäudeautomation = Raiffeisenstraße 17
- GG Urbach GbR (3 Gewerbestellen + 2 Whgs) = Raiffeisenstraße 19
- Schnelladestation = Seebrunnenweg 23
- Normalladestationen = Raiffeisenstraße 19

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

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 klima-politischen 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 CO₂ -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 erfolversprechend 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	Stand: 13.01.2023
	Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes	

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.

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

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 Mehlis, 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)
- 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 CO2 -Reduktion beitragen könnten.

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.



Abbildung 1 Flurplan und unbebaute Fläche



Abbildung 2 Lageplan SE Gebäudeautomation, Schnellladestation und FM-Tech

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 CO2-
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 Zäblerschrank



Abbildung 9 Unterverteilung Batteriespeicher



Abbildung 10 Schnellladesation 3 Ladepunkte 50kW 800V



Abbildung 11 Außenverteiler



Abschlussbericht

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

Stand: 13.01.2023

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.

Wirtschaftlichkeitsberechnung pro Jahr (1.0%, 1.5%, 2.0%)

2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224	2225	2226	2227	2228	2229	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2247	2248	2249	2250	2251	2252	2253	2254	2255	2256	2257	2258	2259	2260	2261	2262	2263	2264	2265	2266	2267	2268	2269	2270	2271	2272	2273	2274	2275	2276	2277	2278	2279	2280	2281	2282	2283	2284	2285	2286	2287	2288	2289	2290	2291	2292	2293	2294	2295	2296	2297	2298	2299	2300	2301	2302	2303	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2327	2328	2329	2330	2331	2332	2333	2334	2335	2336	2337	2338	2339	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2347	2348	2349	2350	2351	2352	2353	2354	2355	2356	2357	2358	2359	2360	2361	2362	2363	2364	2365	2366	2367	2368	2369	2370	2371	2372	2373	2374	2375	2376	2377	2378	2379	2380	2381	2382	2383	2384	2385	2386	2387	2388	2389	2390	2391	2392	2393	2394	2395	2396	2397	2398	2399	2400	2401	2402	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409	2410	2411	2412	2413	2414	2415	2416	2417	2418	2419	2420	2421	2422	2423	2424	2425	2426	2427	2428	2429	2430	2431	2432	2433	2434	2435	2436	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443	2444	2445	2446	2447	2448	2449	2450	2451	2452	2453	2454	2455	2456	2457	2458	2459	2460	2461	2462	2463	2464	2465	2466	2467	2468	2469	2470	2471	2472	2473	2474	2475	2476	2477	2478	2479	2480	2481	2482	2483	2484	2485	2486	2487	2488	2489	2490	2491	2492	2493	2494	2495	2496	2497	2498	2499	2500	2501	2502	2503	2504	2505	2506	2507	2508	2509	2510	2511	2512	2513	2514	2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528	2529	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580	2581	2582	2583	2584	2585	2586	2587	2588	2589	2590	2591	2592	2593	2594	2595	2596	2597	2598	2599	2600	2601	2602	2603	2604	2605	2606	2607	2608	2609	2610	2611	2612	2613	2614	2615	2616	2617	2618	2619	2620	2621	2622	2623	2624	2625	2626	2627	2628	2629	2630	2631	2632	2633	2634	2635	2636	2637	2638	2639	2640	2641	2642	2643	2644	2645	2646	2647	2648	2649	2650	2651	2652	2653	2654	2655	2656	2657	2658	2659	2660	2661	2662	2663	2664	2665	2666	2667	2668	2669	2670	2671	2672	2673	2674	2675	2676	2677	2678	2679	2680	2681	2682	2683	2684	2685	2686	2687	2688	2689	2690	2691	2692	2693	2694	2695	2696	2697	2698	2699	2700	2701	2702	2703	2704	2705	2706	2707	2708	2709	2710	2711	2712	2713	2714	2715	2716	2717	2718	2719	2720	2721	2722	2723	2724	2725	2726	2727	2728	2729	2730	2731	2732	2733	2734	2735	2736	2737	2738	2739	2740	2741	2742	2743	2744	2745	2746	2747	2748	2749	2750	2751	2752	2753	2754	2755	2756	2757	2758	2759	2760	2761	2762	2763	2764	2765	2766	2767	2768	2769	2770	2771	2772	2773	2774	2775	2776	2777	2778	2779	2780	2781	2782	2783	2784	2785	2786	2787	2788	2789	2790	2791	2792	2793	2794	2795	2796	2797	2798	2799	2800	2801	2802	2803	2804	2805	2806	2807	2808	2809	2810	2811	2812	2813	2814	2815	2816	2817	2818	2819	2820	2821	2822	2823	2824	2825	2826	2827	2828	2829	2830	2831	2832	2833	2834	2835	2836	2837	2838	2839	2840	2841	2842	2843	2844	2845	2846	2847	2848	2849	2850	2851	2852	2853	2854	2855	2856	2857	2858	2859	2860	2861	2862	2863	2864	2865	2866	2867	2868	2869	2870	2871	2872	2873	2874	2875	2876	2877	2878	2879	2880	2881	2882	2883	2884	2885	2886	2887	2888	2889	2890	2891	2892	2893	2894	2895	2896	2897	2898	2899	2900	2901	2902	2903	2904	2905	2906	2907	2908	2909	2910	2911	2912	2913	2914	2915	2916	2917	2918	2919	2920	2921	2922	2923	2924	2925	2926	2927	2928	2929	2930	2931	2932	2933	2934	2935	2936	2937	2938	2939	2940	2941	2942	2943	2944	2945	2946	2947	2948	2949	2950	2951	2952	2953	2954	2955	2956	2957	2958	2959	2960	2961	2962	2963	2964	2965	2966	2967	2968	2969	2970	2971	2972	2973	2974	2975	2976	2977	2978	2979	2980	2981	2982	2983	2984	2985	2986	2987	2988	2989	2990	2991	2992	2993	2994	2995	2996	2997	2998	2999	3000
2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224	2225	2226	2227	2228	2229	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2247	2248	2249	2250	2251	2252	2253	2254	2255	2256	2257	2258	2259	2260	2261	2262	2263	2264	2265	2266	2267	2268	2269	2270	2271	2272	2273	2274	2275	2276	2277	2278	2279	2280	2281	2282	2283	2284	2285	2286	2287	2288	2289	2290	2291	2292	2293	2294	2295	2296	2297	2298	2299	2300	2301	2302	2303	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2327	2328	2329	2330	2331	2332	2333	2334	2335	2336	2337	2338	2339	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2347	2348	2349																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

4.3.2 Darstellung hydraulischer Aufbau Nahenergie / Wärme

In diesem Abschnitt wird die umgesetzte Technik im Wärmebereich dargestellt.

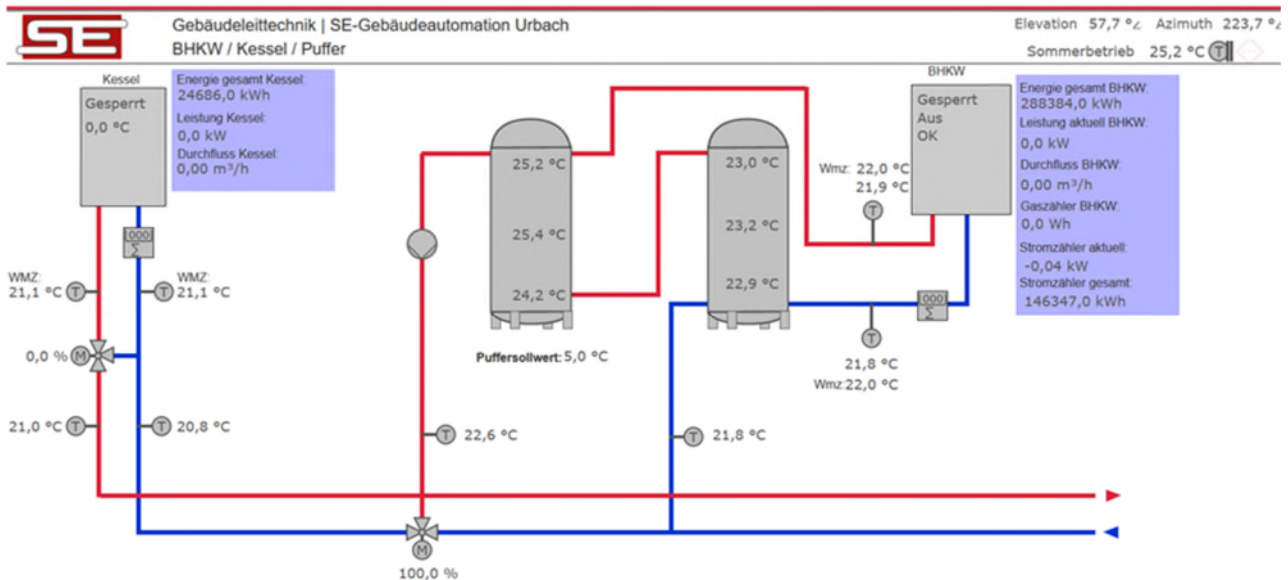


Abbildung 14 Schematische Darstellung der Wärmetechnik BHKW mit Spitzen-/Notfall Gastherme

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.

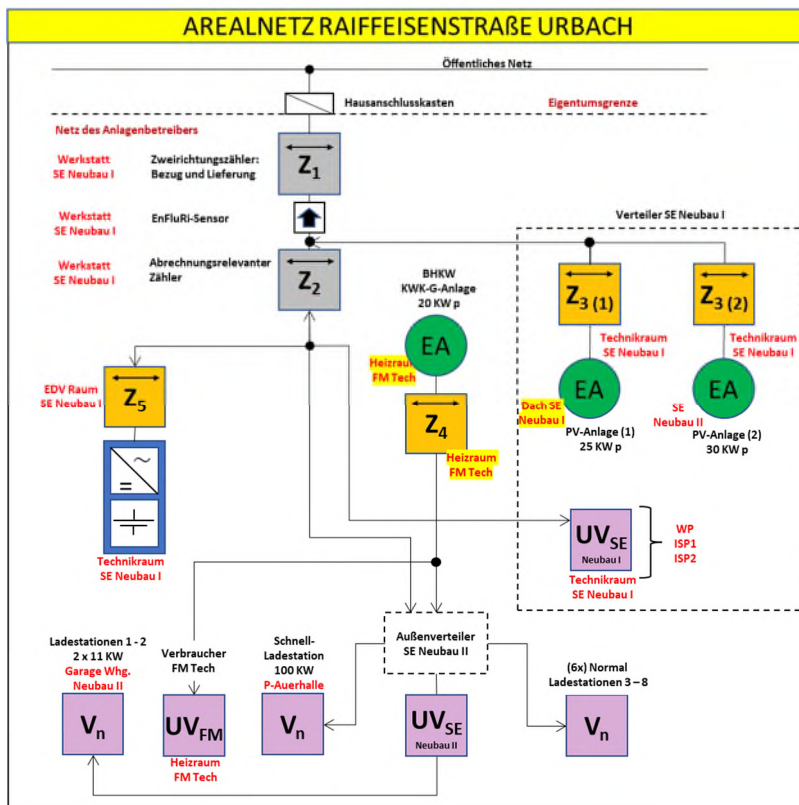


Abbildung 15 Schematische Darstellung des Stromnetzes

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.

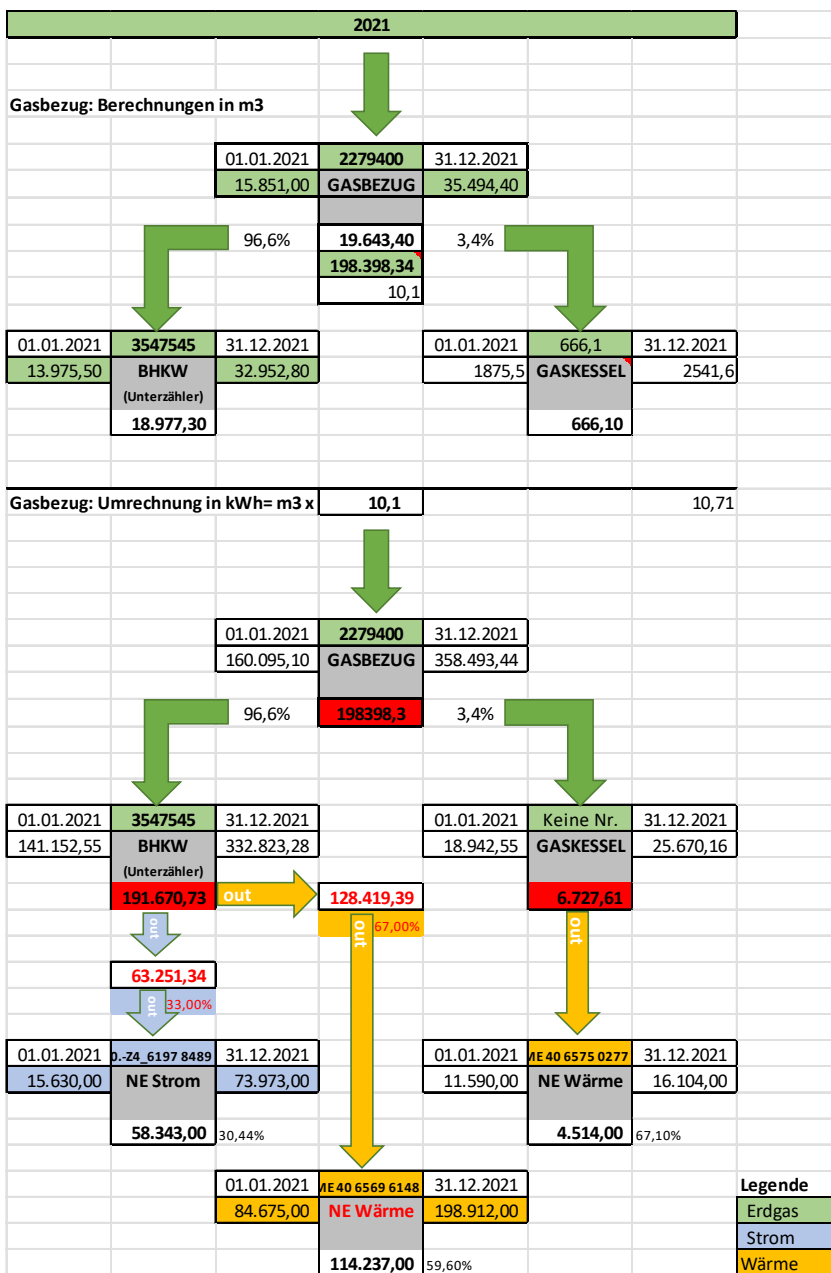


Abbildung 16 Erdgasbezug, Wärme- und Stromerzeugung

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

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	Output Kessel Wärme:	6.727,61
Anteil:	67,00%	Anteil:	100,0%
Verlust aus Gesamtout BHKW :	7,40%	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%		
WIRKUNGSGRAD BHKW		WIRKUNGSGRAD KESSEL	
90,04%		67,10%	

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					
Produktion / Bezug Strom			Gesamt Menge		
z4			93.350,00 100,00%		
01.01.2021	8.0_16197 8489	31.12.2021			
15.630,00	Bezug aus BHKW	73.973,00			
➔	58.343,00	62,50%	Eigenerzeugung		
			81.790,00 87,62%		
z1					
01.01.2021	z1_6165 9434	31.12.2021			
1.970,00	Bezug aus Netzstrom	13.530,00			
	11.560,00	12,38%			
NSHV Werkstatt					
z3					
01.01.2021	z3_6197 8193	31.12.2021			
1.121,00	Bezug aus PV 1	24.568,00			
	23.447,00	25,12%			
Technik RA17 EG					

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 Verbrauchsquote von 91%. In dieser Berechnung wurde bereits die Batterie berücksichtigt.

2021					
Verbrauch Strom					
Gesamtverbrauch		Eigenverbrauch		Verbrauchsquote	
59.879,77		54.465,00		91%	
EINGABE					
01.01.2021	SE Geb. 1	31.12.2021	01.01.2021	31.12.2021	
-	Lieferung	45.639,47	-	Lieferung	1.496,30
	SE 1			SE 2 / Baustrom	
	45.639,47			1.496,30	
01.01.2021	FM gew./priv. 58	31.12.2021	01.01.2021	Berechnung/Ein	31.12.2021
-	Verbrauch	7.844,00		Verbrauch	
	FM gew./priv.			Schnell-Lade	
	7.844,00			4.900,00	
01.01.2021	p_21_6165 9434	31.12.2021			
10.495,00	Einspeisung	37.820,00			
	Gesamt				
	27.325,00				
	87,0%			13,0%	
01.01.2021	p_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	
	23.770,00			3.555,00	

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_z5_6165 9304	31.12.2021	01.01.2021	0_z5_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	
z5					
01.01.2021	Berechnung	31.12.2021			
	Verlust/Betrieb				
	Batteriespeicher				
	2.049,00				
	Server RA17 EG				

Abbildung 20 Darstellung Auf- und Entladung der Batterie



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.

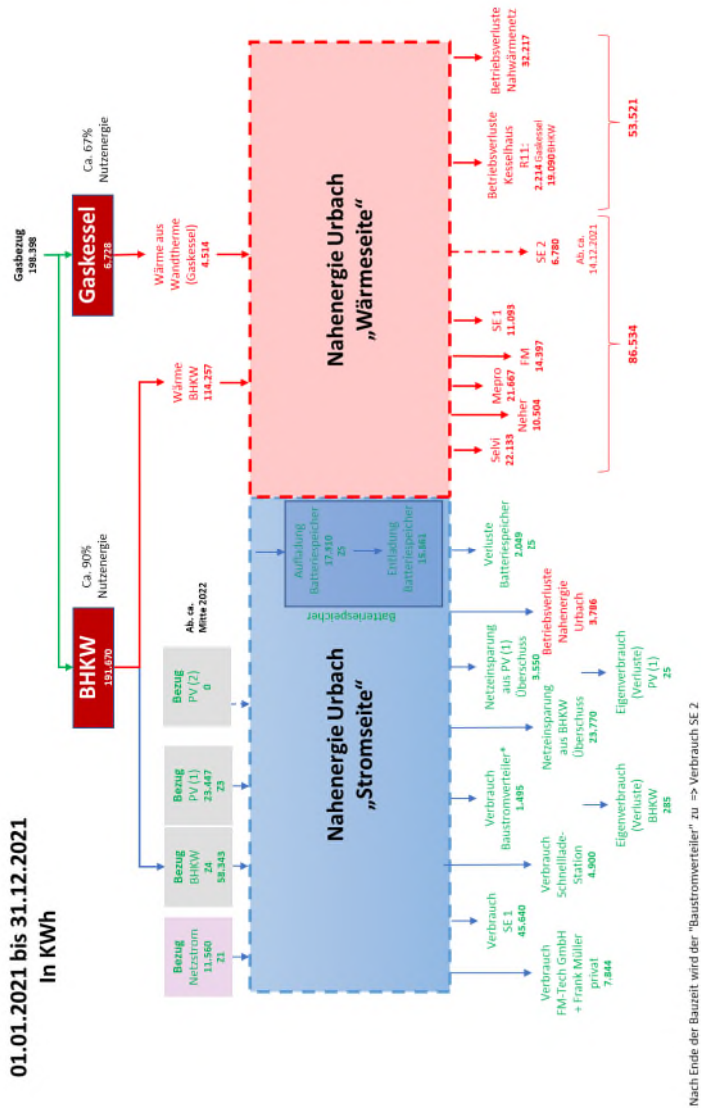


Abbildung 21 Darstellung Verbraucher und Erzeuger



Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO₂-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.

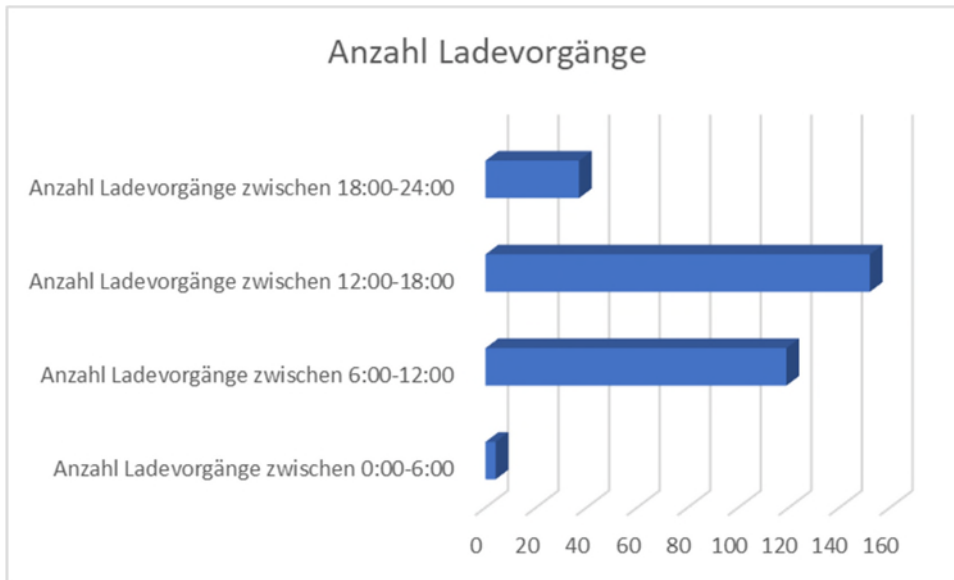


Abbildung 22 Anzahl Ladevorgänge nach Tageszeit

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)

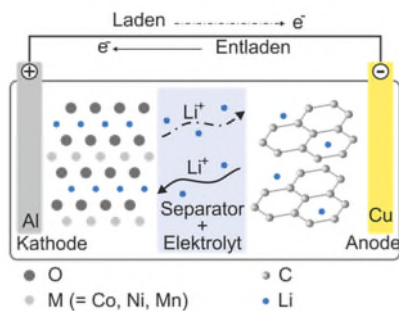


Abbildung 23 Schematische Darstellung eines Akkumulators (Quelle:KIT (Technologie, 2004))

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.

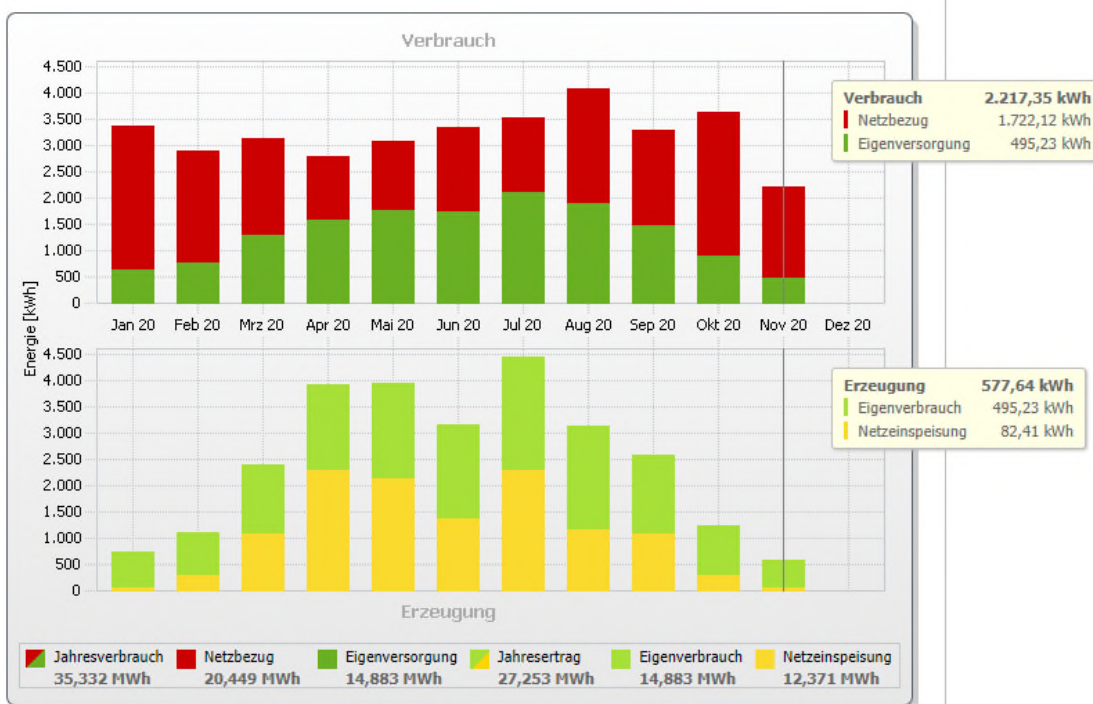


Abbildung 26 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch im Jahr 2020 ohne Batterie

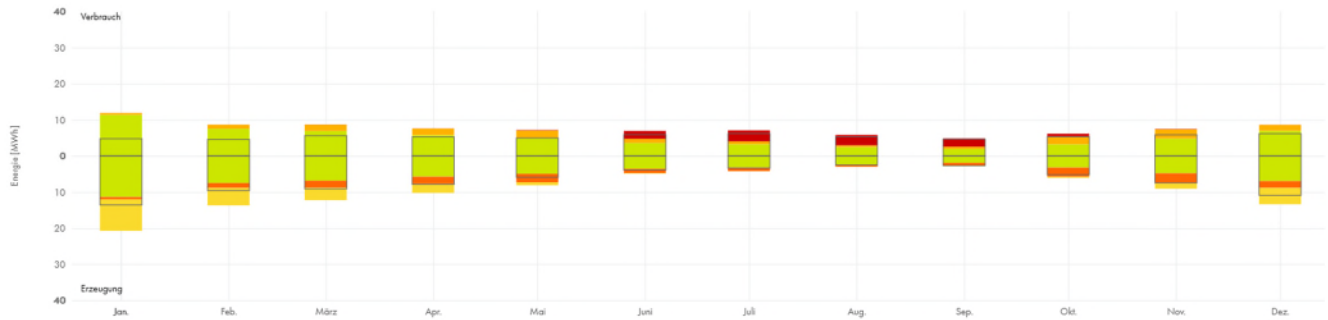
In Abbildung 27 ist der Verbrauch, Ertrag und Eigenverbrauch mit Batterie dargestellt. Durch den Einsatz der Batterie ist der Netzbezug deutlich gesunken. Von 57 % im Jahr 2020 beträgt der Netzbezug im Jahr 2021 nur noch 18 %. Die Eigenverbrauchsquote ist von 54,61% auf 84 % ebenfalls deutlich angestiegen. 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 CO₂-
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.

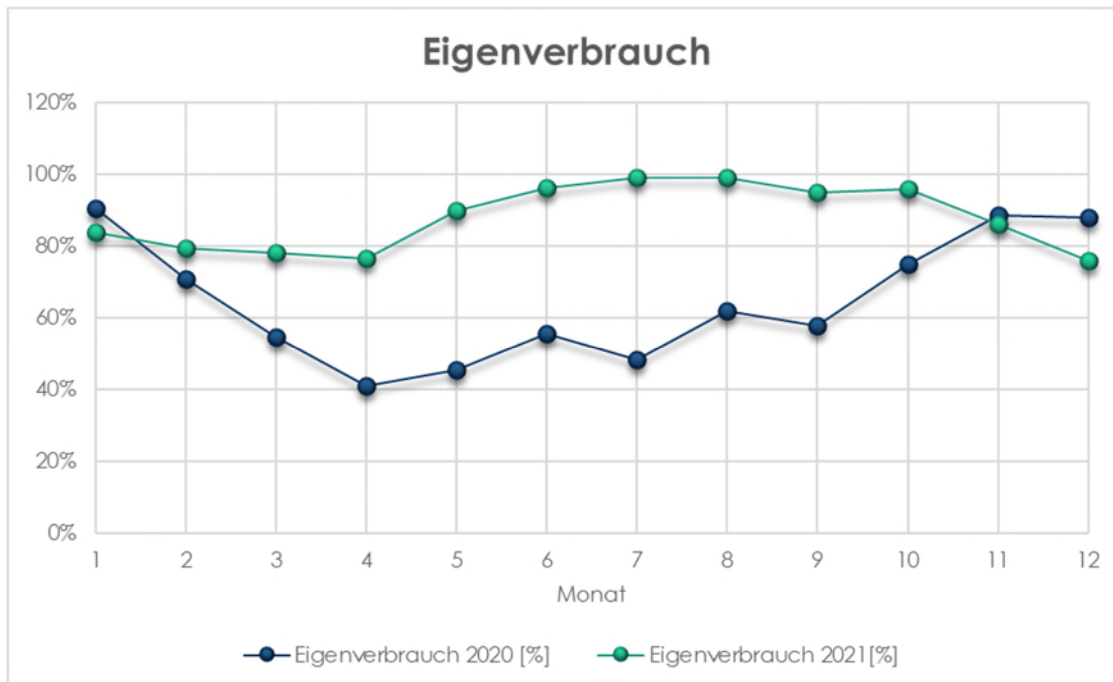


Abbildung 28 relativer Eigenverbrauch Vergleich 2020 zu 2021

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.

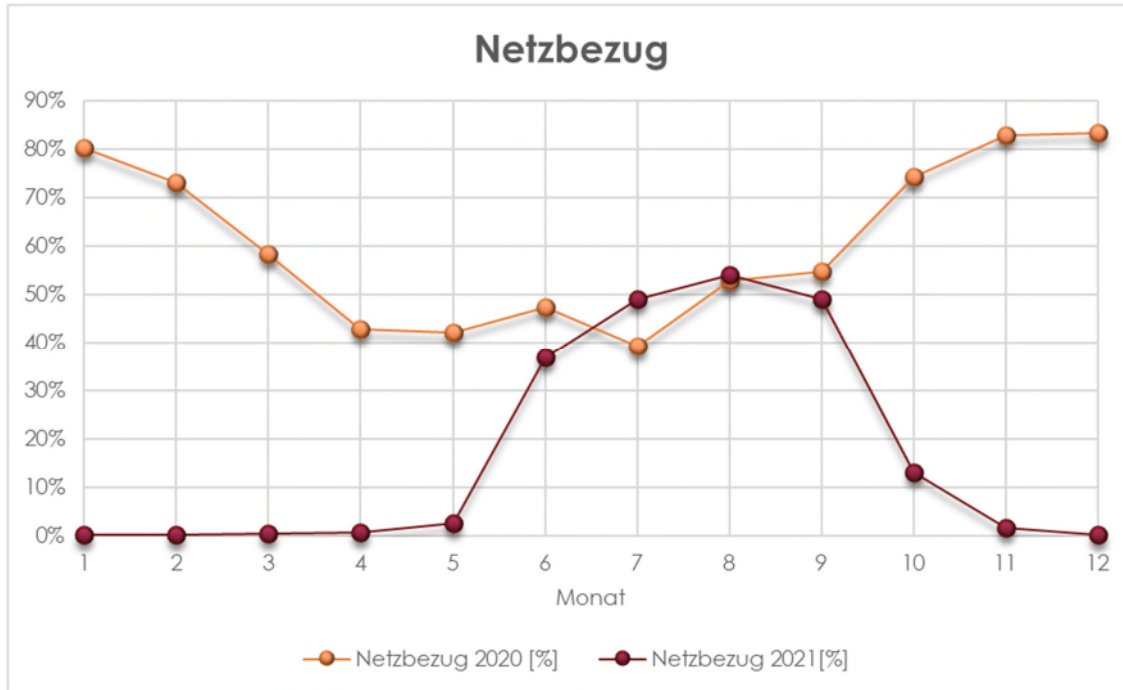


Abbildung 29 relativer Netzbezug Vergleich 2020 zu 2021

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.

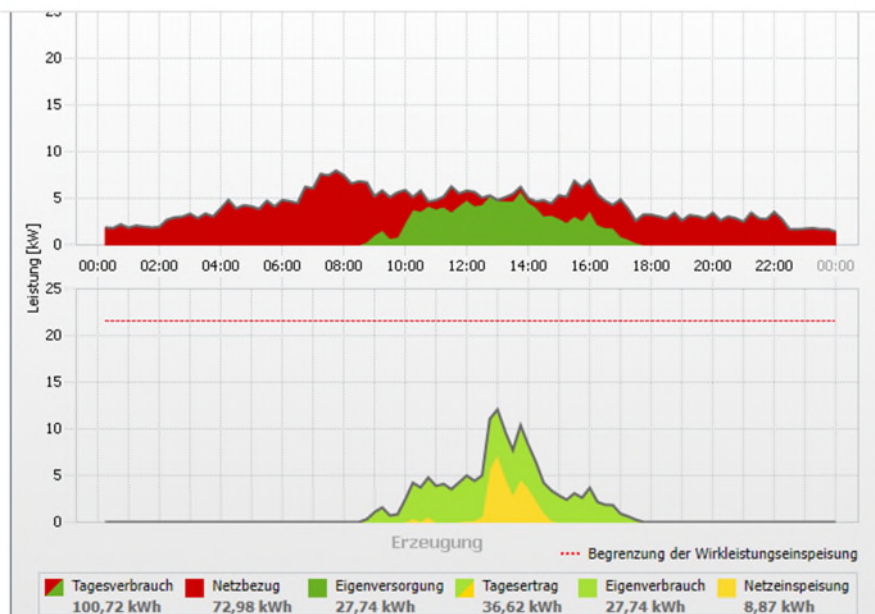


Abbildung 30 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintertag 16.02.2020 ohne Batterie



Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO₂-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.

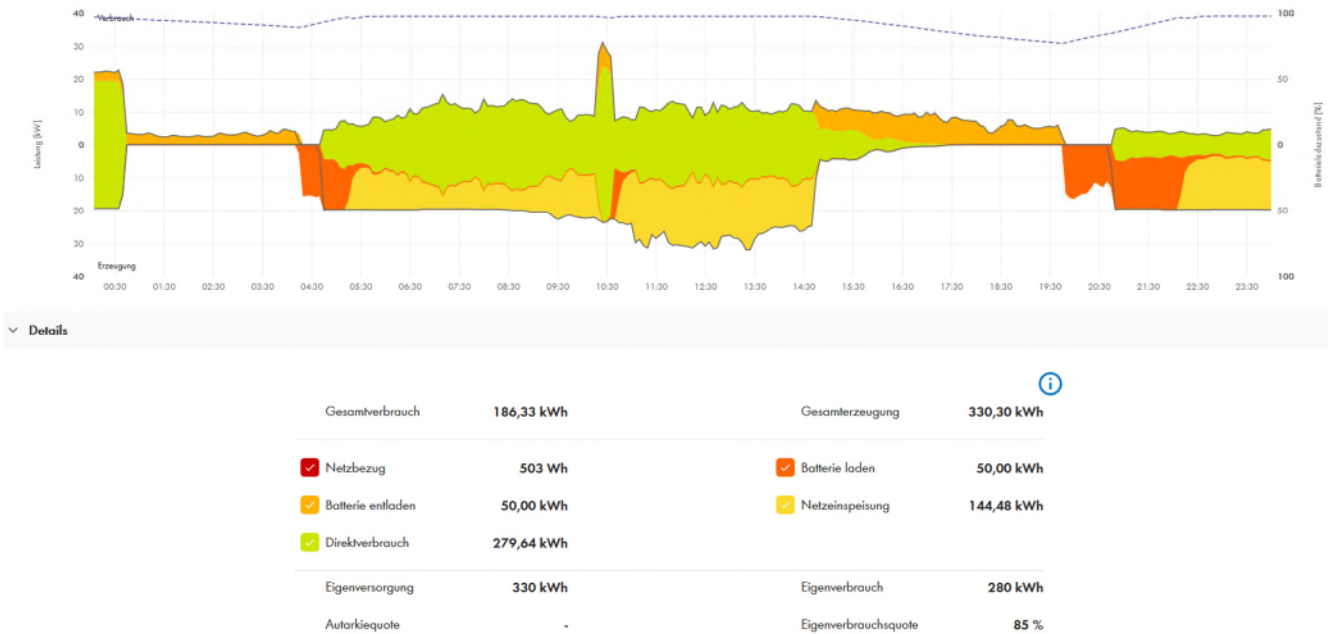


Abbildung 31 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintertag 16.02.2021 mit Batterie



Abschlussbericht

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

Stand: 13.01.2023

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.

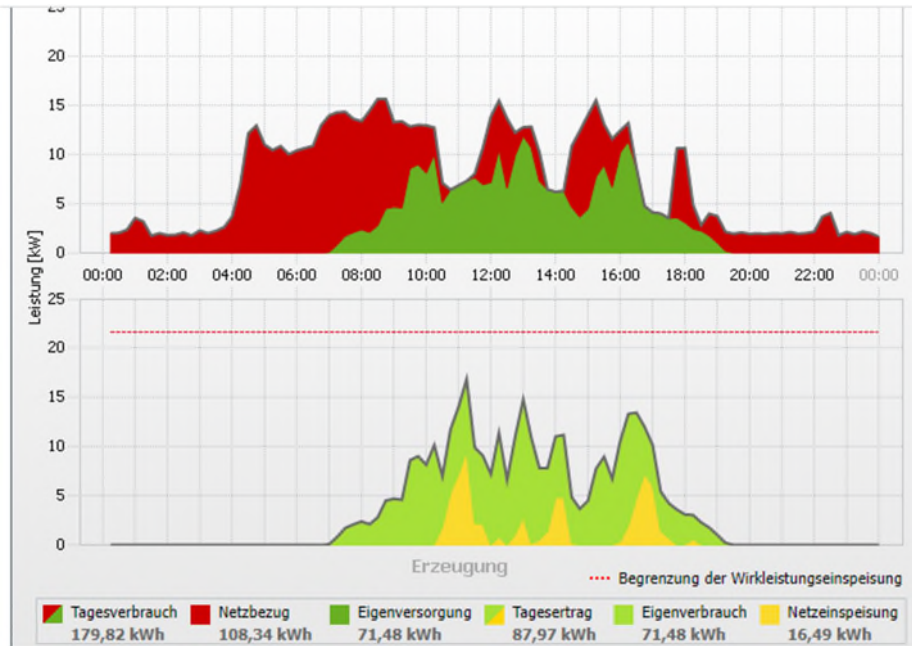


Abbildung 32 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommertag 16.08.2020 ohne Batterie

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

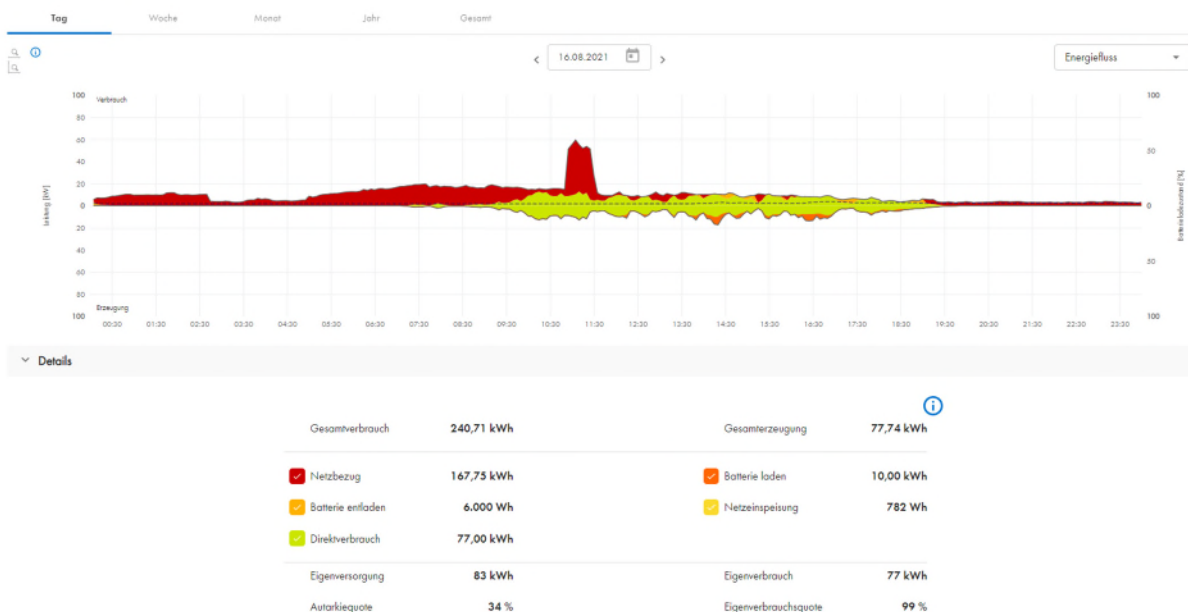


Abbildung 33 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommertag 16.08.2021 mit Batterie

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.

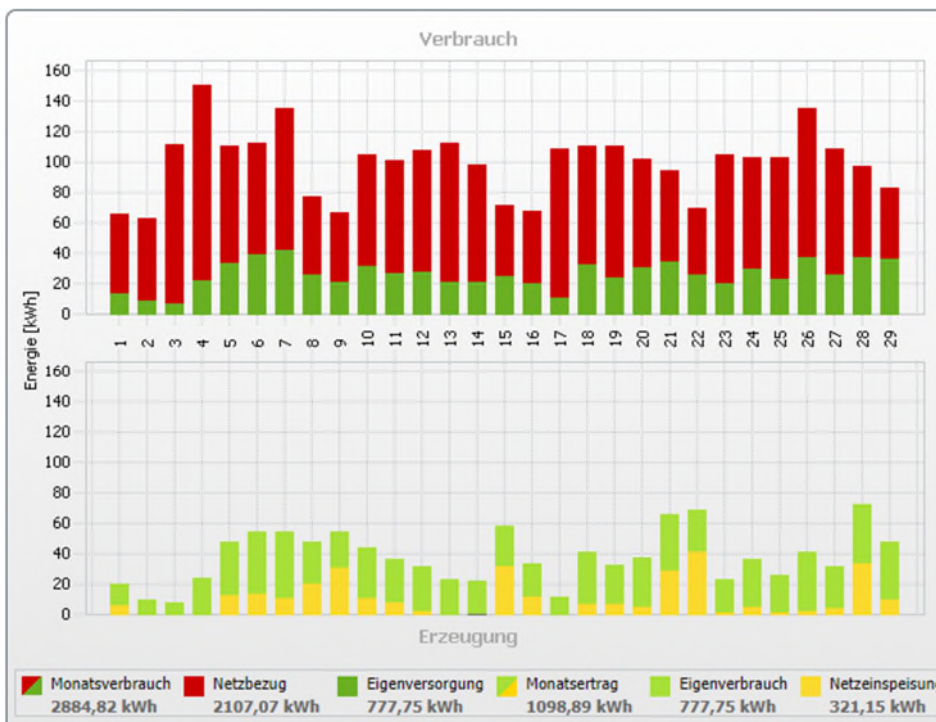


Abbildung 34 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintermonat Februar 2020 ohne Batterie

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 CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

Energiebilanz

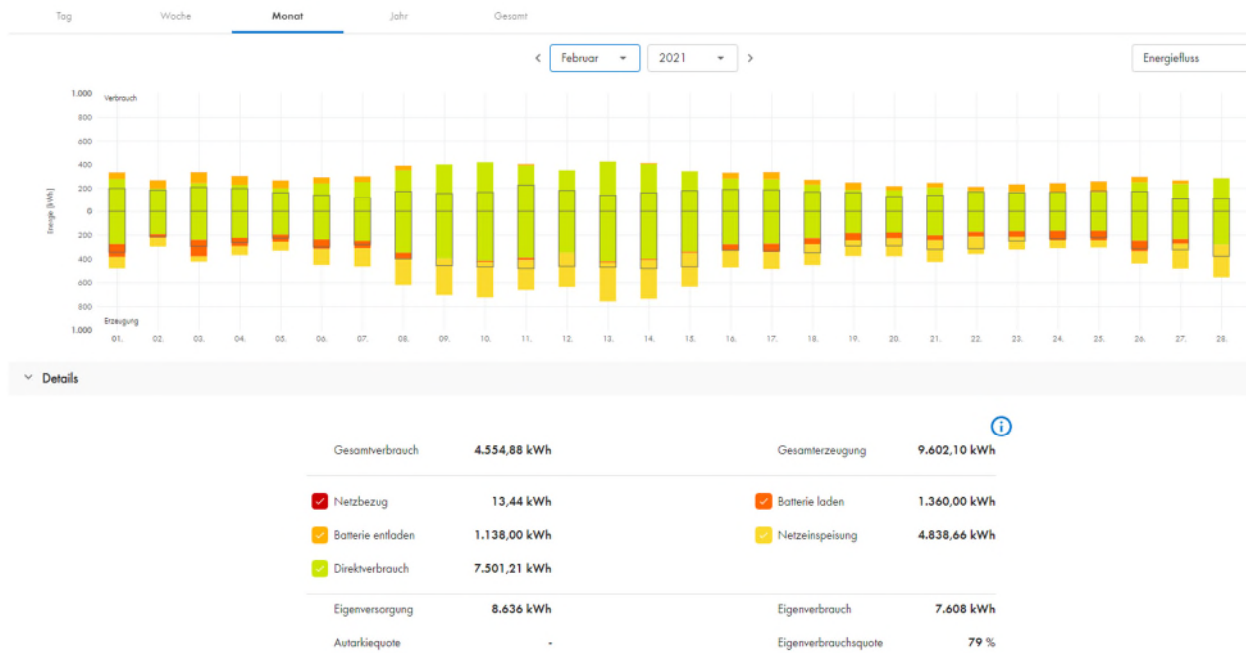


Abbildung 35 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Wintermonat Februar 2020 mit Batterie

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.

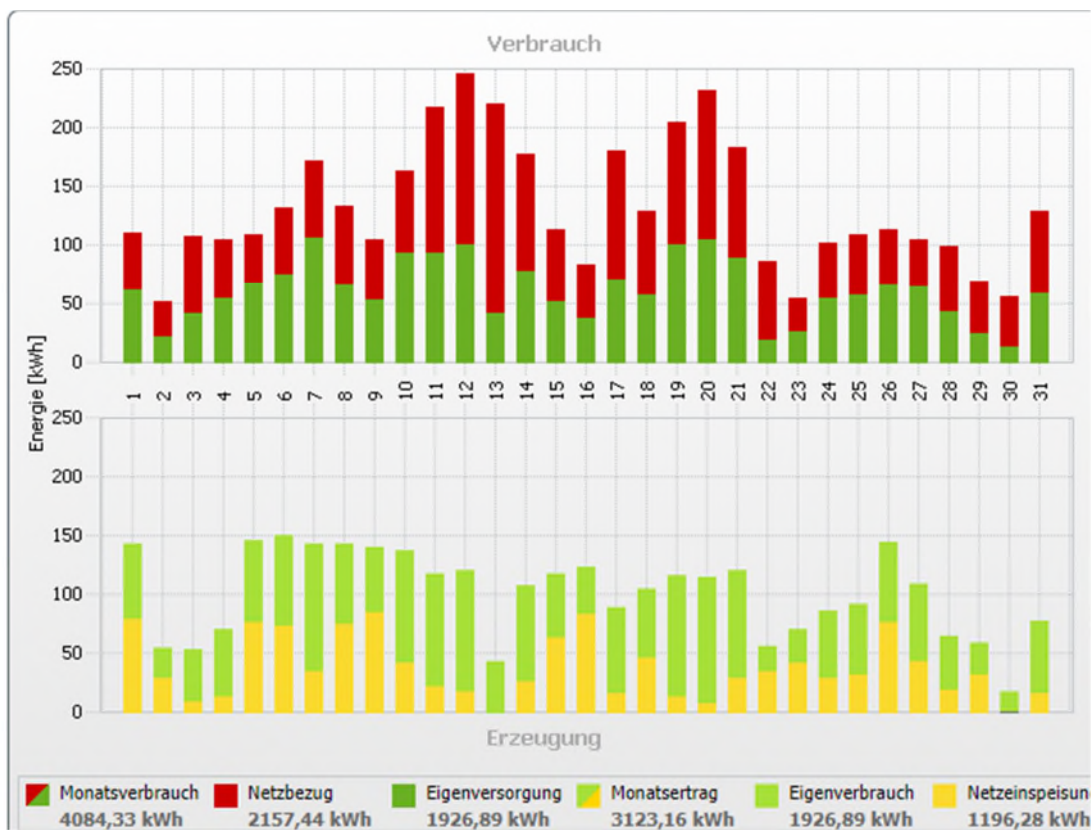


Abbildung 36 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommermonat August 2020 ohne Batterie

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 CO₂-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes

Stand: 13.01.2023

Energiebilanz

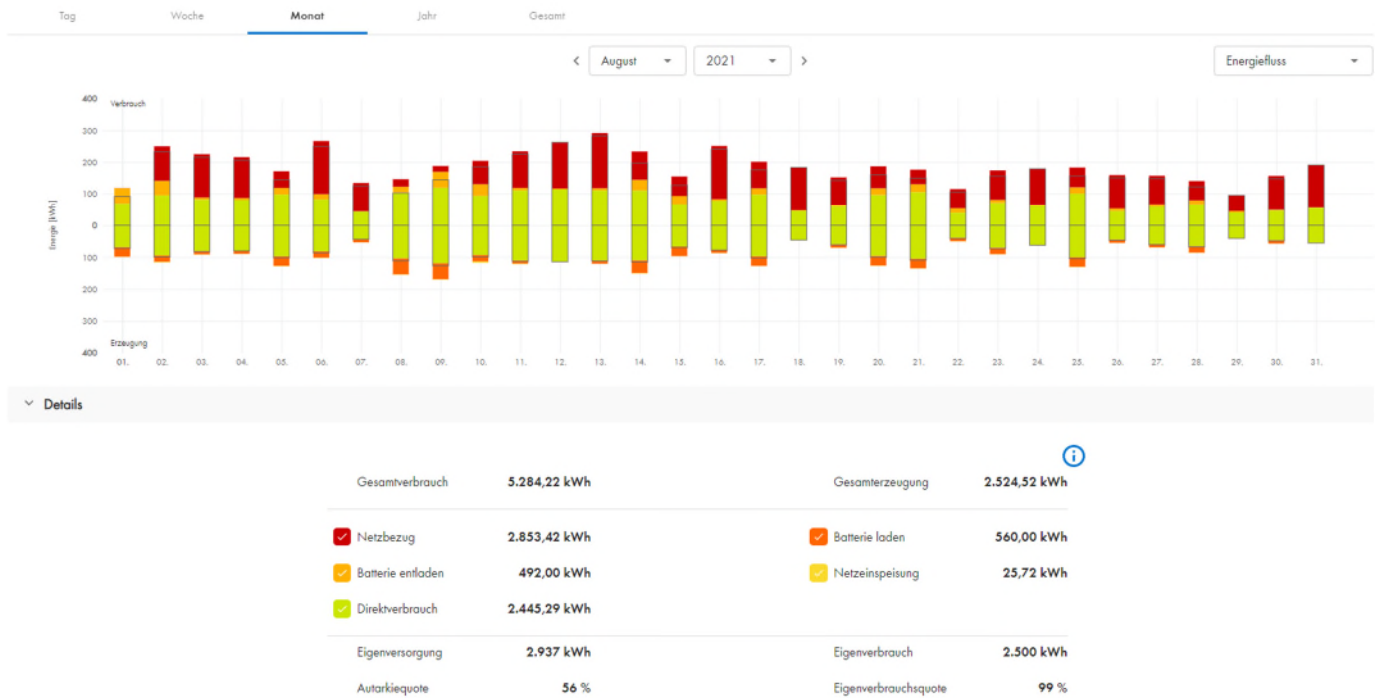


Abbildung 37 Darstellung des Netzbezuges, Erzeugung und Eigenverbrauch an einem Sommermonat August 2020 mit Batterie

4.7 Wirtschaftlichkeitsberechnung des Batteriespeicher und CO₂ Einsparung

In diesem Kapitel wird die Wirtschaftlichkeitsberechnung und CO₂ 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 €
Summe	491.250,00 €	387.125,00 €



Abschlussbericht

Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO₂-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.

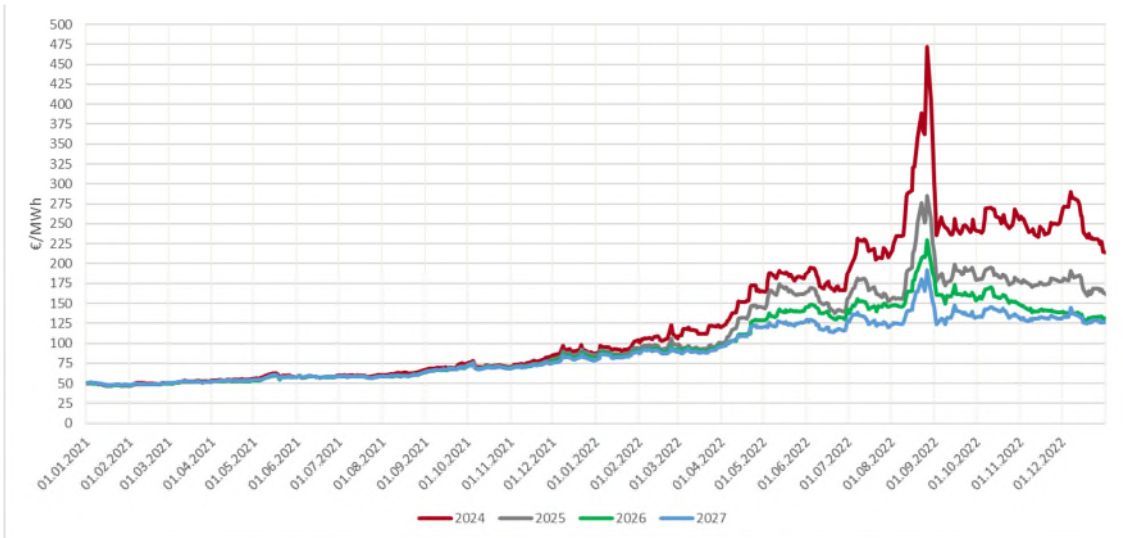


Abbildung 38 Börsenpreis Strom

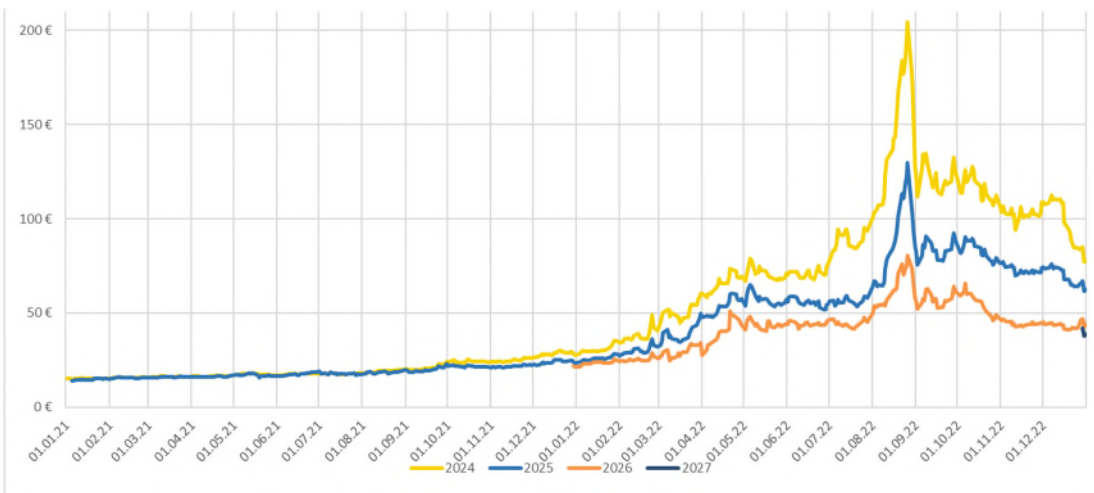


Abbildung 39 Börsenpreis Gas

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/kWp und bis



Abschlussbericht

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

Stand: 13.01.2023

40 kWp mit 11,87 ct/kWh vergütet. Seit der Revision EEG 2021 wird keine 40 % der EEG Umlage auf den 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.

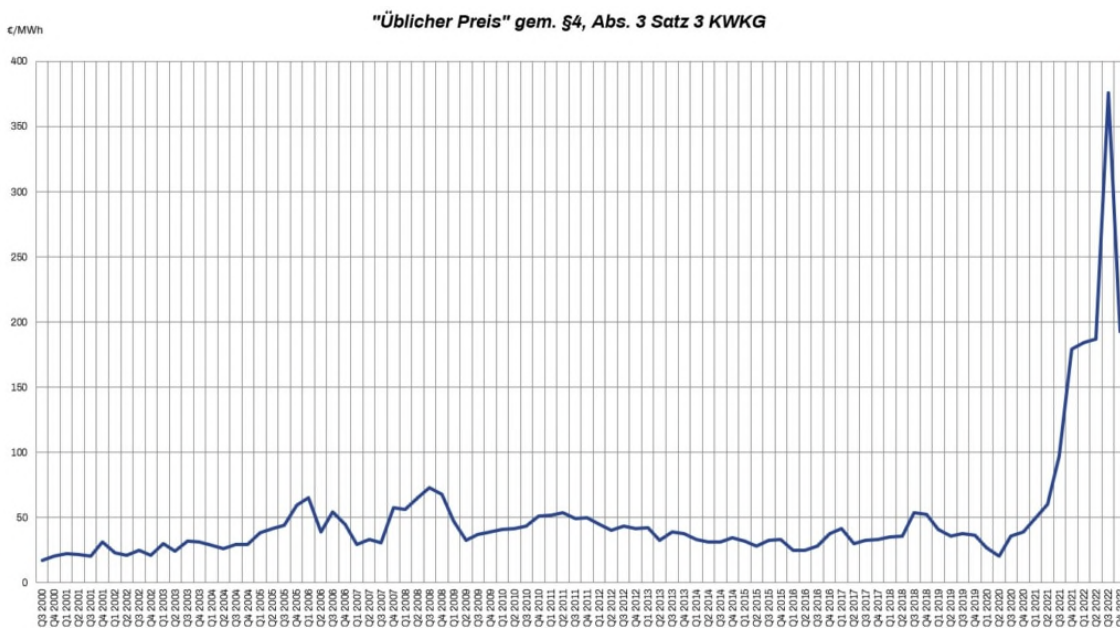


Abbildung 40 Quartalspreise EEX Strom

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 BHKWen 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.



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

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.

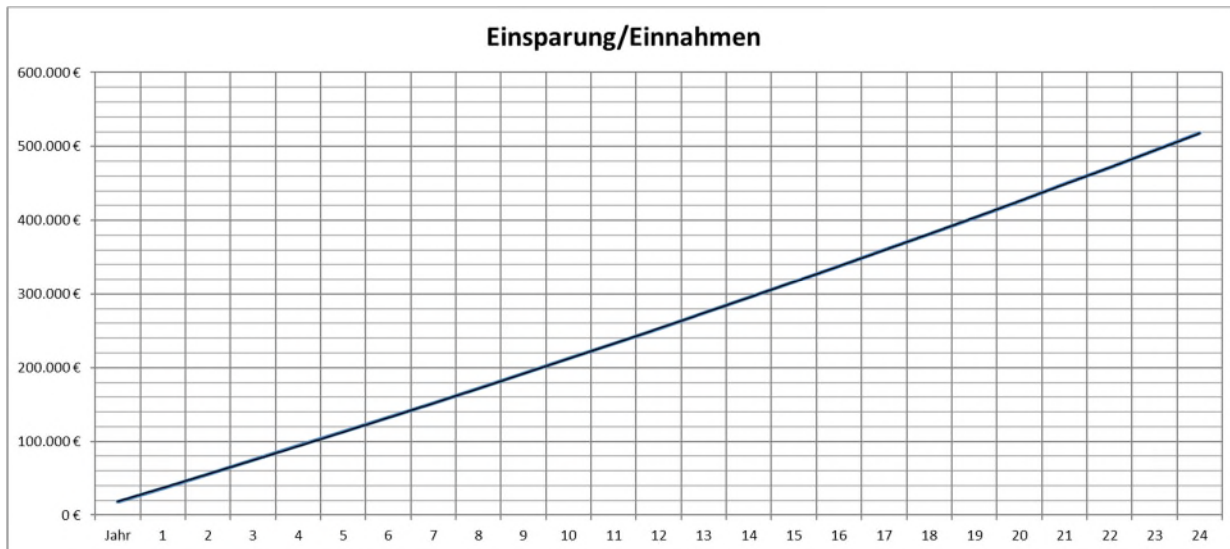


Abbildung 41 kummulierte Einnahmen

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



Abschlussbericht

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

Stand: 13.01.2023

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]	CO ₂ EMISSIONS- FAKTOR [G/KWH]	EMISSIONEN KOHLENDI- OXIDÄQUIVALENTE [T]
STROMBEZUG NETZ	20.449	435	8,89
Stromerzeugung PV	27.253	0	0
davon selbstverbraucht	14.883	0	0
GESAMTVERBRAUCH	35.332		8,89

Tabelle 4 CO₂ Bilanz 2020 ohne Batterie

2021	Strom [kWh]	CO ₂ Emissionsfaktor [g/kWh]	Emissionen Kohlendi- oxidäquivalente [t]
Strombezug Netz	11.336	435	4,93
Stromerzeugung PV	23.930	0	0
davon selbstverbraucht	20.918	0	0
Stromerzeugung BHKW	54.998	-	-
davon selbstverbraucht	31.068	261	8,11
Gesamtverbrauch	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	Stand: 13.01.2023
	Konzeption und Monitoring des Energie-Arealnetzes Gewerbegebiet Urbach – Zukunft eines CO2-neutralen Industrie- und Gewerbegebietes	

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 CO₂-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.

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

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.

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

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 abgerufen