

Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Bayreuth

POTENZIALSTUDIE
LIEGENSCHAFTEN



Potenzialstudie Liegenschaften

Im Auftrag der Stadt Bayreuth
Luitpoldplatz 13
95444 Bayreuth



Ansprechpartner

Klimaschutzmanagement
Amt für Umwelt- und Klimaschutz
Stadt Bayreuth
Kanalstr. 3
95444 Bayreuth



Sachbearbeiterinnen: Jana Edlinger und Gesa Thomas

Tel. 0921 / 25-1142 und 0921 / 25-1141

Endenergie- und Treibhausgasbilanz und Potenzialstudien erstellt von

EVF - Energievision Franken GmbH
Schwarzenbacher Str. 2
95237 Weißdorf
Tel. 09251 / 85 99 99 0
Email: mail@energievision-franken.de
Web: www.energievision-franken.de



Projektleitung: Dipl.-Geogr. Univ. Ralf Deuerling

Unter Mitarbeit von

Energieagentur Nordbayern GmbH (EAN)
Kressenstein 19
95326 Kulmbach

Tel. 09221 / 8239-0

Autoren:

Christian Stenglein (staatl. gepr. HLK-Techniker)
Dipl.-Wirtschaftsing. (FH) Sabine Müller-Bauernfeind
Wolfgang Böhm



Urheberrechtshinweis

Die vorliegende Studie unterliegt dem geltenden Urheberrecht. Sollte einer Nutzung durch Dritte zugestimmt und der Inhalt an anderer Stelle wiedergegeben werden, sind die Autoren gemäß anerkannten wissenschaftlichen Arbeitsweisen zu nennen.

Haftungsausschluss

Die vorliegenden Ausführungen wurden nach dem aktuellen Stand der Technik, nach den anerkannten Regeln der Wissenschaft sowie nach bestem Wissen und Gewissen der Autoren erstellt. Irrtümer vorbehalten.

Fremde Quellen wurden entsprechend gekennzeichnet. Die Ergebnisse basieren weiterhin im dargelegten Maß auf Aussagen und Daten von fachkundigen Dritten, die im Rahmen von Befragungen ermittelt wurden. Alle Angaben und Quellen wurden sorgfältig auf Plausibilität geprüft. Die Autoren können dahingehend jedoch keine Garantie für die Belastbarkeit der ausgewiesenen Ergebnisse geben.

Weiterhin basieren die Ergebnisse der vorliegenden Ausführungen auf Rahmenbedingungen, die sich aus den dargelegten Gesetzen, Verordnungen und rechtlichen Normen ergeben. Diese, bzw. deren gerichtliche Auslegung, können sich ändern. Die Ausführungen können dahingehend nicht den Anspruch erheben, eine Rechtsberatung zu ersetzen und darf auch ausdrücklich nicht als eine solche verstanden werden.

Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) und der Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld „Kommunalrichtlinie“ vom 22. Juli 2020.

Im Auftrag des:



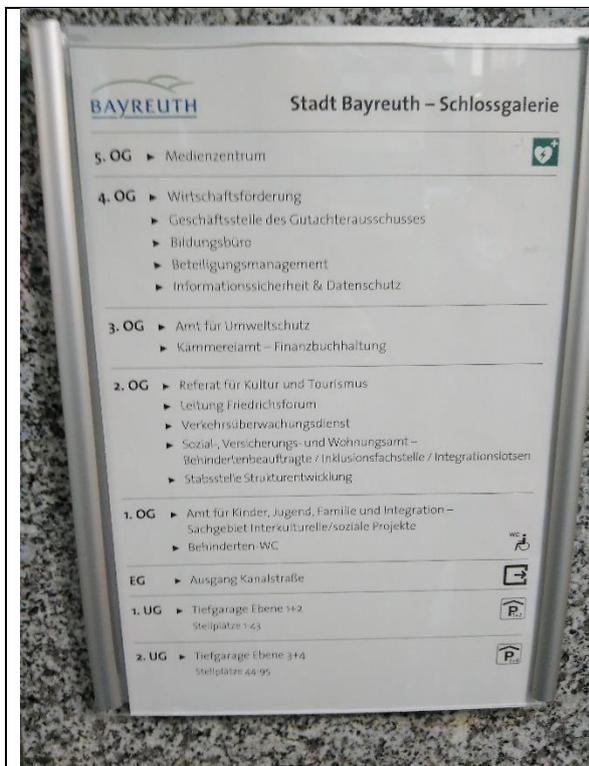
Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	4
1 Begehungen.....	5
1.1 Schlossgalerie.....	5
1.2 Dreifachturnhalle am Roten Main	12
1.3 RW 21.....	18
1.4 Umweltstation Lindenhof.....	26
1.5 Bauhof.....	34
2 Potentialanalyse Photovoltaik	41
2.1 Vorbemerkungen.....	41
2.2 RW 21.....	44
2.3 Dreifachturnhalle	54
2.4 Umweltstation Lindenhof.....	61
2.4.1 Simulation 1.....	61
2.4.2 Simulation 2 (mit integrierter E-Mobilität).....	67
Abbildungsverzeichnis.....	72
Tabellenverzeichnis.....	73

1 Begehungen

1.1 Schlossgalerie

Begehung am 06.05.2021



Die Schlossgalerie wird hauptsächlich für die städtische Verwaltung genutzt. Zum Zeitpunkt der Begehung war hier auch das Corona Testzentrum untergebracht.



Der Hauptwärmemengenzähler ist defekt bzw. nicht am Volumenzählwerk angeschlossen. Der Hausmeister notiert monatlich den „Durchfluss“. Mit diesem kann aber keine genaue Aussage zum Wärmeverbrauch getroffen werden.



Die Heizungsregelung an der Übergabestation ist ziemlich veraltet und nur umständlich bedienbar.



Die Fußbodenheizung für den „Sitzungssaal“ läuft ständig, unregelt durch.



An den Heizkörper sind teilweise „Verdunster“ angebracht, die zum Ablesen der Wärmemenge dienen. Diese scheinen aber nicht mehr genutzt zu werden.



Die Heizkörper in den Büros, werden über handelsübliche Thermostatköpfe geregelt.



Zur Kühlung der „Halle“ wurde eine Kältemaschine installiert. Mittels der Lüftungsanlage erfolgt dann die Kühlung.



Die Regelung der Kühl- und Lüftungsanlage erfolgt über eine Siemens Gebäudeleittechnik.



Die Lüftungsanlage „Halle“ verfügt über eine Wärmerückgewinnung. Die Kühlleistung beträgt 135 kW, der Volumenstrom beträgt 300 m³/h.

Rosenberg GmbH Maybachstraße 1 D-74653 Künzelsau-Gaisbach Tel. 0 7140 / 1 42-0 Fax 0 7140 / 142-125 Germany		 Ventilatoren · Energietechnik · Motoren	
Airbox-Typ Airbox-type	165/135 doppelschalig		
Auftrag-Nr. order-No.	28057		
\dot{V} [m ³ /h]	Zuluft / supply air	Abluft / exhaust air	
Vent.-Typ fan-type	LRHF 710		
U [V]	400		
J [A]	30.0		
P _i [kW]	15.0		
n [min ⁻¹]	1465		
Tauscher coil			
Medium medium			
Q _h [kW]			
Δp_w [kPa]			
V _w [m ³ /h]			
Filter filter			
Klasse class			
CE-No.	R23800 9726/001		

Die Anschlussleistung der Lüftungsventilatoren ist sehr hoch. Das Typenschild vom Abluftventilator, weist eine Ventilatorleistung von 15kW aus.



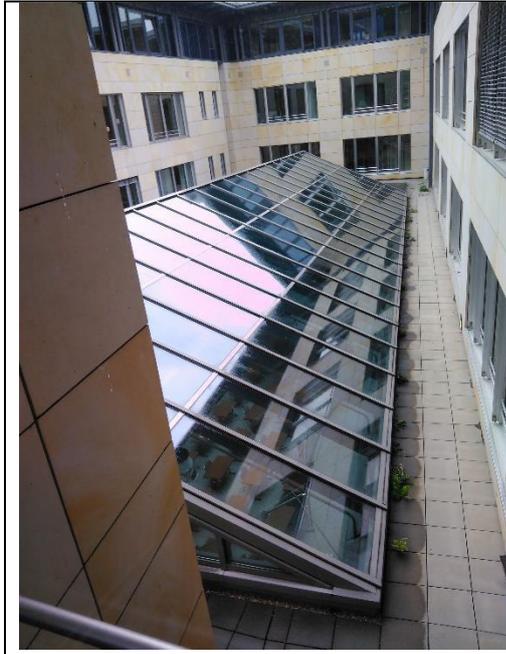
In der Tiefgarage muss ein Teil der Beleuchtung immer in Betrieb sein. Diese besteht noch aus herkömmlichen T-8 Lampen. Auch bei Leuchtstoffröhrentausch werden immer noch T-8 Röhren verwendet.



Auch in den Fluren / Treppenhaus ist noch keine LED-Beleuchtung installiert.



In den Büros sind teilweise T-8 und teilweise T-5 Lampen installiert.



Der Sitzungssaal ist mit Glas überdacht worden. Diese Überdachung entspricht nicht den heutigen Anforderungen an Sonnen- und Wärmeschutz. Dies führt dazu, dass es im Sommer zu warm und im Winter zu kalt ist.

Maßnahmen:

- Die Beleuchtung sollte auf LED umgestellt werden.
- Der Wärmemengenzähler Übergabestation sollte erneuert werden.
- Die Verglasung über den Sitzungssaal sollte durch eine Überdachung mit gutem Wärmeschutz und Verschattung erneuert werden.
- Die Fußbodenheizung für den Sitzungssaal muss mit Stellantrieben und einer Regelung versehen werden.
- Grundsätzlich sollte eine Gebäudeleittechnik installiert werden, die sowohl die einzelnen Heizungskreise und die Lüftungsanlagen regelt.
- Es sollte eine Photovoltaikanlage installiert werden.

Zähler / Ablesungen

Stromz. Allgemein	29057	1.8.0	00.545,434 kWh x 50
		1.8.1	00.227,394 kWh x 50
		1.8.2	00.318,041 kWh x 50
Stromz. Halle/ Sitzungssaal	29543	1.8.0	07.319,121 kWh x 50
		1.8.1	05.141,641 kWh x 50
		1.8.2	02.177,480 kWh x 50
Stromz. Tiefgarage	1EMH0009923099	1.8.1	00.265,6 kWh x 50
		1.8.2	00.207,9 kWh x 50
Stromz. Bank = Testzentrum	28634		029.321,3 kWh
Stromz. 3.OG	24106		589.112,6 kWh
Stromz. 5.OG	24108		140.398,4 kWh
Stromz. 4.OG	24107		196.618,9 kWh
Stromz. 2.OG	32192		142.805,7 kWh
Wasserzähler	90714		03.099 mffi
Wasseru.z. FA	22234293		12.240 mffi
Wasseru.z. Reserve	22222206		00.720 mffi
WMZ Fernheizung			Defekt
WMZ FBH Sitzungssaal	238401686		7.659,064 MWh
WMZ Lüftungsanlage	225418215		137.621,7 kWh

1.2 Dreifachturnhalle am Roten Main

Begehung am 01.06.2021



Zur Grundwärmeversorgung der Turnhalle, wurde ein Blockheizkraftwerk installiert. EC POWER XRGI 6, Heizleistung 19,4 kW, elektrische Leistung 6 kW, Baujahr 2015. 28.765 Betriebsstunden



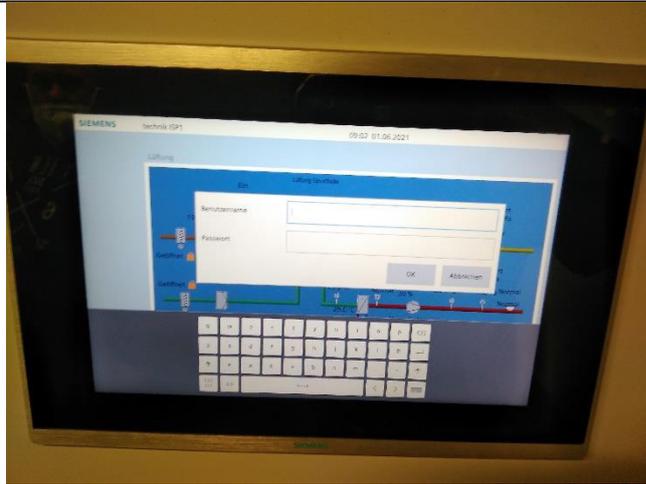
Für den gleitenden Betrieb des Blockheizkraftwerkes, wurden ein Pufferspeicher mit 1.000 Liter Volumen installiert.



Die Warmwasserversorgung erfolgt über zwei Hygienespeicher, mit jeweils 800 Liter Speichervolumen.



Die Spitzenlastwärmeabdeckung erfolgt über drei Gasbrennwertgeräte. Buderus GB 167, Baujahr 2016, Leistung jeweils 85 kW.



Die Heizungsregelung erfolgt über eine Gebäudeleittechnik von Siemens. Zum Zeitpunkt der Begehung konnte diese aufgrund des Passwortschutzes nicht eingesehen werden.



Die Heizungsverteilung ist mit Hocheffizienzpumpen ausgestattet.



Die Wärmeabgabe in der Turnhalle erfolgt über Wärmestrahleplatten.



In den Fluren und Nebenräumen erfolgt die Wärmeabgabe über Heizkörper.



Die Beleuchtung erfolgt bereits durch LED Lampen.



Die Beleuchtung wird ebenfalls über eine Gebäudeleittechnik gesteuert.



Für den Behindertengerechten Zugang, wurde ein Aufzug installiert.

	<p>Zum Zeitpunkt der Begehung, waren die Elektrogeräte in der Küche außer Betrieb.</p>
	<p>Über die Lüftungsanlage werden sowohl die Turnhalle als auch die meisten Nebenräume mit Frischluft versorgt. Volumenstrom 7.800 m³/h, Motorleistung 3,03 kW, Baujahr 2016. Auch diese wird über eine Siemens Gebäudeleittechnik geregelt.</p>

Maßnahmen:

- Grundsätzlich ist die Turnhalle und die dazu gehörige Technik auf einen sehr guten Stand. In Zusammenhang mit einem Energiemanagement, sollten die Regelungseinstellungen optimiert werden.
- Auf dem Dach der Turnhalle sollte eine Photovoltaikanlage installiert werden. Überschüssiger Strom könnte auch dem Stadion zugeführt werden

Ablesungen:

Gaszähler BHKW	2934611		63.769,964 mffi
Stromerzeugung BHKW	155120218		170.429,17 kWh
Gaszähler gesamt	53842		088.813,06 mffi
Wasserzähler	00004794		01.448,79 mffi
Stromzähler	34554	1.8.0	03.385,872 kWh x 50
		1.8.1	02.361,306 kWh x 50
		1.8.2	01.024,566 kWh x 50
		2.8.0	00.767,348 kWh x 50
		2.8.1	00.165,132 kWh x 50
		2.8.2	00.602,216 kWh x 50

1.3 RW 21

Begehung am 31.08.2021



Die beiden Wärmeezeuger befinden sich im Dachgeschoß. Zwei Gaskessel De Dietrich GT 409, Baujahr 1995, mit jeweils 350 kW Leistung.



Für die Größe des Gebäudes und der vielen unterschiedlichen Nutzungen, sind nur wenige Heizkreise vorhanden. In diesen sind noch keine Hocheffizienzpumpen installiert.



Die Regelung der Heizkreise erfolgt über eine Siemens Gebäudeleittechnik. Der Hausmeister hat darauf leider keinen direkten Zugriff.



Die Warmwasserversorgung erfolgt dezentral, elektrisch, mit Boilern und Durchlauferhitzer.



Im Dachgeschoss wurden zwei Lüftungsanlagen installiert. Diese erfüllen die „Aufgabe“ heizen, lüften, kühlen. Baujahr 1995, 25.000 m³/h Volumenstrom.



Die Motoren der Lüftungsanlagen sind bereits frequenzgesteuert.



Zur Kühlung der Luft wurden zwei Kühlaggregate installiert.

		<p>Auf dem Dach befinden sich die Tischkühler für die Kühlung.</p>
		<p>Da die Lüftungsanlage den Anforderungen nicht gerecht wird, wurden im Kellerbereich 4 zusätzliche Elektroheizer, mit jeweils 4,2 kW Leistung, in der Lüftungsanlage installiert.</p>
		<p>Im oberen Stockwerk, der von der Volkshochschule genutzt wird, ist der Wärmeeintrag im Sommer zu groß. Deshalb wurden 20 Klimatruhen installiert. Diese haben eine Leistung von jeweils 4 kW.</p>
		<p>In der „Schulküche“ wurde über den einzelnen Arbeitsplätzen kein Dunstabzug installiert. Lediglich eine kleine Lüftung an der Wand. Diese ist aber, für den Luftaustausch nicht ausreichend.</p>



Ein Öffnen der Fenster in der „Schulküche“ ist auch nicht möglich, da sich direkt darüber, die Ansaugkanäle der zentralen Lüftungsanlage befinden.



In den meisten Bereichen, wie in der Bücherei, ist die Beleuchtung immer an. Diese besteht noch aus herkömmlichen Lampentypen.



Die Bücherei wird über Bodenkonvektoren und der Lüftungsanlage beheizt. Aber auch beide Systeme haben zu wenig Heizleistung.



In den Büroräumen sind Heizkörper installiert.



Das Gebäude verfügt über eine Zisterne, an der hauptsächlich, die Toilettenspülungen angeschlossen sind. Leider scheint das System nicht richtig zu funktionieren.



Bei der Sanierung 2011, wurde eine Außendämmung mit ca. 10cm Dämmstärke angebracht.



Die Fenster und Türen sind teilweise defekt. Vor allem aber, haben sie einen sehr schlechten Dämmwert.



Um die kalten Zegerscheinungen zu minimieren, wurde die „Galerie“ mit einem Segel abgehängt.

Maßnahmen:

- Die Außenhülle wurde zwar gedämmt, aber Fenster und Türen weisen teilweise große Mängel auf. Hier sollte weiter saniert werden.
- Die Zisternenanlage sollte zügig in Stand gesetzt werden.
- Da die Beleuchtung eigentlich durchgängig in Betrieb ist, sollte kurzfristig auf LED umgestellt werden.
- In der „Schulküche“ sollte jeweils ein Abzug, über den Arbeitsplätzen installiert werden.
- Gerade in den oberen Stockwerken ist der Wärmeeintrag zu hoch. Hier sollten Verschattungen oder Sonnenschutzfolie an den Fenstern angebracht werden.
- Für die Wärmeerzeugung sollte ein Konzept erstellt werden. Der Einsatz von Blockheizkraftwerken erscheint hier sinnvoll.
- Große Teile des Gebäudes werden nicht über eine statische Heizung, sondern über die Lüftungsanlage beheizt. Da die Leistung der Lüftungsanlage und die Verlegung der Lüftungskanäle nicht ausreichend ist, kommt es im Winter zu sehr kalten „Zonen“. Deswegen wird teilweise mit Elektro nachgeheizt. Es sollten Heizkörper / Flächenheizung und mehrere Heizkreise, nach der Art der Nutzung, nachgerüstet werden.
- Die Kälteanlagen sollten gegen moderne, effiziente Systeme ersetzt werden.
- Der Bau einer Photovoltaikanlage sollte geprüft werden.

Ablesungen:

Gaszähler	49441		487183,84 mffi
Wasserzähler	8DME7065680427		399,13 mffi
Stromzähler	3373803	1.8.0	04.907,697 kWh x 5
		1.8.1	03.352,384 kWh x 5
		1.8.2	01.555,313 kWh x 5
Wasseru.z. Samocca	10147760		00.707,538 mffi
Stromu.z. Samocca	29234		52.883,31 kW

1.4 Umweltstation Lindenhof

Begehung am 31.08.2021



2020 wurde eine 12cm
Dämmung auf der Fassade
aufgebracht.



Der „Altbau“ wird ausschließlich mit einer Stückholzheizung beheizt.
Windhager LWP 180, Leistung 17,4 kW, Baujahr 2009.



Es wurden zwei Pufferspeicher, mit jeweils 825 Liter installiert. Für den „Notfall“ wurde in einen Pufferspeicher, ein Elektroheizstab installiert.



Die Warmwasserbereitung im „Altbau“ erfolgt dezentral, elektrisch.



Die Wärmeabgabe im „Altbau“ erfolgt über Heizkörper. Die Leistung der Heizkörper erscheint zu gering.



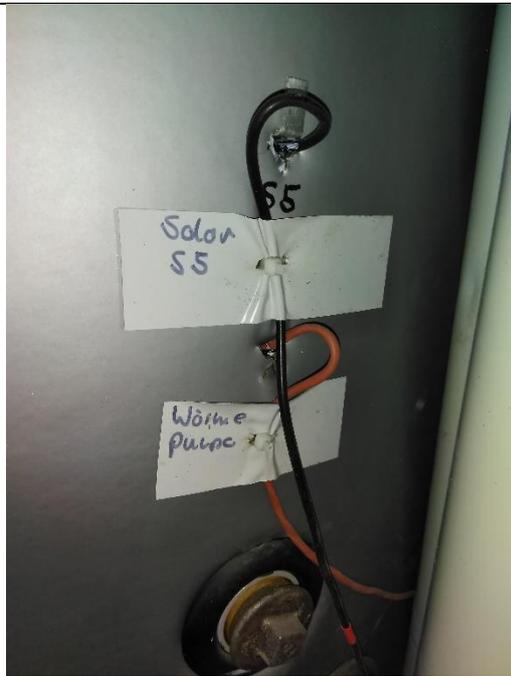
Die Beleuchtung erfolgt teilweise „abenteuerlich“ mit konventionellen Lampen.



Das Dach, des „Altbaus“ ist zum größten Teil ungedämmt.



Die anderen Gebäudeteile werden über zwei Solewärmepumpen beheizt. Alpha Inotec SWC 170 H, Baujahr 2005, Leistung jeweils 16,5 kW.



Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral über einen 800 Liter Hygienepufferspeicher. Eine Solaranlage übernimmt dies, während der Sommermonate.



In den Heizkreisen sind noch Konstantpumpen verbaut.



Die Wärmeabgabe erfolgt teilweise über Heizkörper und Fußbodenheizung.



Auf dem Dach des Unterkunftsgebäudes, ist sowohl eine Photovoltaikanlage, als auch eine thermische Solaranlage installiert.



An einer Tafel lassen sich die aktuellen Werte der Photovoltaikanlage ablesen.



In der Toilette des Unterkunfts-
Veranstaltungsgebäudes, wurde
eine zusätzliche Elektroheizung
installiert.



Der Veranstaltungsraum wird
mittels eines „Kaminofens“
beheizt.



Die Heizkörper in den
Unterkunftszimmern, rauschen
teilweise recht stark.



Die Verlegung der
Solarleitungen, entsprechen
nicht dem Stand der Technik.



Das Dach und teilweise die
Wände, wurden mit Kork
gedämmt. Diese Dämmung
entweicht an mehreren Stellen.

Maßnahmen:

- Das Dach des „Altbaus“ sollte gedämmt werden.
- Die vorhandene Dämmung an den Neubauten scheint Mängel aufzuweisen. Hier sollte im Winter, mit einer Wärmebildkamera, eine „Schadensanalyse“ erfolgen.
- Die Pumpen im Altbau sollten gegen Hocheffizienzpumpen getauscht werden.
- Die Hydraulik in den Neubauten macht Geräusche und während der Heizsaison kommt es wohl immer mal zu Schwierigkeiten. Hier muss ein Hydraulischer Abgleich erfolgen.
- Teilweise sollten Heizkörper nachgerüstet oder „vergrößert“ werden.
- Die Beleuchtung sollte auf LED umgerüstet werden.
- Der weitere Ausbau von Photovoltaik sollte angeregt werden. Dies sollte aber sinnvollerweise, durch den Mieter erfolgen.

Ablesungen:

Stromzähler Altbau	1ISK0069684524	1.8.0	005.143 kWh
Stromz. Wärmepumpe	1ISK0069685568	1.8.1	059.656 kWh
(Neubau)		1.8.2	073.375 kWh
Stromzähler Neubau	1ISK0069684530	1.8.0	026.309 kWh
Stromzähler PV	1ISK0069645414	1.8.0	103 kWh
		2.8.0	6.120 kWh
WMZ Wärmepumpe Slave	843700921		595412,5 kWh
WMZ Wärmepumpe Master	843700518		761.921,5 kWh
Wasserunterz. Altbau	21281260		02.255 mffi

Der Hauptwasserzähler befindet sich in einem Schacht. Dieser konnte nicht abgelesen werden.

1.5 Bauhof

Begehung am 31.08.2021



Die Gebäude des Bauhofes sind in einen sehr guten baulichen und energetischen Zustand.



Zwei Buderus Gaskessel, versorgen das Verwaltungsgebäude, das Sozialgebäude mit Duschräumen usw. und ein Wohnhaus mit 8 Einheiten mit Wärme. Buderus Logano 345, Baujahr 2000, Leistung jeweils 200 kW



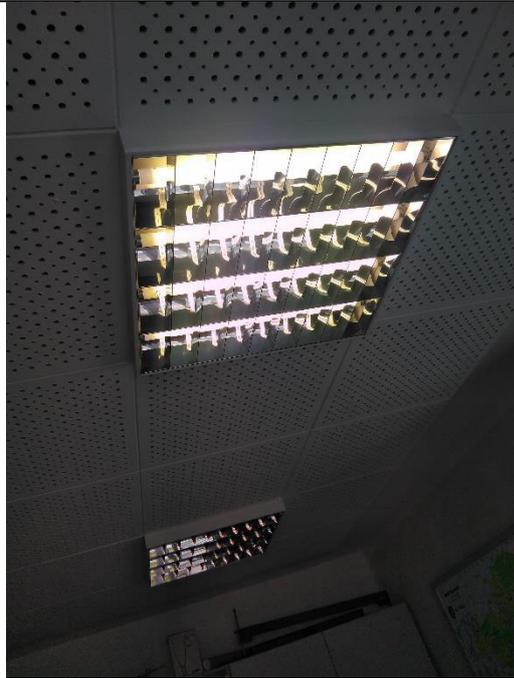
In der Heizkreisverteilung sind bereits drehzahlregelte Pumpen der ersten Generation installiert.



Die Warmwasserversorgung erfolgt zentral, über einen 1.000 Liter Speicher. Von den insgesamt rund 250 Mitarbeitern, duschen täglich ca. 80 – 100 Mitarbeiter.



Die Wärmeabgabe in der Verwaltung erfolgt über Heizkörper.



Die Beleuchtung, erfolgt über T-8 Lampen.



In der „LKW Garage“ sind ebenfalls T-8 Röhren installiert.



Die Beheizung der „LKW Garage“ erfolgt über ein Gasbrennwertgerät. Buderus Logamax GB162, Leistung 85 kW, Baujahr 2015.



Eine der älteren Hallen, wird über eine direkt-befeuerte-heizöl Lüftungsanlage frostfrei gehalten. Die genaue Typenbezeichnung konnte nicht gefunden werden.



Die Werkstatt wird über einen Ölbrennwertgerät beheizt. Buderus Logano plus GB 225, Baujahr 2015, Leistung 70 kW.



Die Wärmeabgabe in der Werkstatt erfolgt über Deckenstrahlplatten.



In der Heizkreisverteilung der Werkstatt sind bereits Hocheffizienzpumpen installiert.



Auf dem Lagergebäude ist eine Photovoltaikanlage mit rund 70 kWp, zum Eigenverbrauch installiert.



Das Lagergebäude wird über Gasdeckenstrahler beheizt.

Maßnahmen:

- Es sollte ein neues Heizungskonzept erstellt werden. Untersucht werden sollten die Nutzung von einem Blockheizkraftwerk und einer Biomasse Heizung. Dabei sollten alle Gebäude des Bauhofes über ein zentrales Heizungssystem, per Fernleitung versorgt werden.
- Die Beleuchtung sollte vollständig auf LED umgestellt werden.

Ablesungen:

Gaszähler Verwaltung	4487832		00256923,670 mffi
WMZ Wohnhaus	6TCH4072259220		6,18 MWh
Wasserzähler	86538		19.646 mffi
Stromzähler	34748	1.8.0	02.362,726 kWh x 50
		1.8.1	01.420,242 kWh x 50
		1.8.2	00.942,484 kWh x 50
Stromzähler PV	1EMH0008910218	2.8.0	02.650,7 kWh x 50
		1.8.0	00.003,7 kWh x 50
Gaszähler „Garage“	3079829		021.737,12 mffi
Heizöl Werkstatt konnte nicht abgelesen werden			
Gaszähler „Lager“	2812085		18.810,134 mffi

2 Potentialanalyse Photovoltaik

2.1 Vorbemerkungen

Der vorliegende Bericht umfasst keine statische Überprüfung der Dachflächen. Bei Umsetzung vorgeschlagener Maßnahmen ist vorab eine konkrete Untersuchung der Statik unbedingt zu empfehlen.

Durch den Einsatz von Photovoltaikanlagen auf eigenen Liegenschaften kann die Kommune nicht nur einen Beitrag zur ökologischen Stromerzeugung leisten, sondern auch ihre eigenen Strombezugskosten deutlich verringern - wenn es gelingt, möglichst viel des selbst produzierten Stroms auch selbst zu nutzen.

Die Systempreise für Photovoltaikanlagen sind in den vergangenen Jahren so stark gesunken, dass die selbst produzierte Kilowattstunde heute meist deutlich günstiger ist als der Stromeinkauf beim Versorger. So liegen die Gestehungskosten bei einer Aufdachanlage unter 10 kWp in der Regel bei 10 bis 15 Cent pro kWh (netto) - auf 20 Jahre fest. Anlagen dieser Größenordnung sind auch von der EEG-Umlage befreit. Größere Anlagen produzieren zum Teil noch deutlich günstiger, hier ist aber auch auf den Eigenverbrauch zumindest anteilig EEG-Umlage zu entrichten.

Auch für Kommunen entsteht so ein wirtschaftlich sinnvolles Modell zur Nutzung Erneuerbarer Energie in ihren eigenen Liegenschaften.

Im Rahmen unserer Beratung haben wir - vorbehaltlich einer statischen Prüfung der betrachteten Dächer - nach sinnvollen Möglichkeiten für Eigenverbrauchsanlagen im kommunalen Umfeld gesucht.

Zur Errichtung wurde ein Platzbedarf von 6-7 m² pro 1 kWp (Aufdachanlagen ohne Aufständigung) angenommen. Für die Ermittlung der Systemkosten (schlüsselfertig) kann derzeit von rd 1.000 - 1.500 €/kWp (netto) ausgegangen werden, zum Teil liegen die Preise bereits darunter. Günstiger ist die Errichtung von Freiflächenanlagen. Der Platzbedarf liegt hier üblicherweise bei 10-15 m² pro kWp.

Für die richtige Dimensionierung der Anlage ist einerseits die verfügbare Dachfläche entscheidend, vor allem aber auch der Stromverbrauch im Gebäude und die Verbrauchsstruktur. Deshalb ist es bei großen Verbrauchern sinnvoll, über eine Lastgangmessung den Stromverbrauch über einen gewissen Zeitraum detailliert zu erfassen bzw. die Viertelstundenwerte beim Netzbetreiber abzufragen.

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Im EEG wird sowohl die Höhe der Vergütung für den eingespeisten Strom festgelegt als auch die Höhe der EEG-Umlage, die für den selbstgenutzten Strom entrichtet werden muss. Vergütung erhalten Dachanlagen und Freiflächenanlagen, die auf vergütungsfähigen Grundstücken (z.B. entlang von Schienenwegen, Bundesautobahnen oder auf Konversionsflächen) errichtet werden. Die Vergütung wird für das Jahr der Inbetriebnahme und die folgenden 20 Jahre gezahlt. Für eine Eigenstromnutzung fällt bei PV-Anlagen die verminderte EEG-Umlage für selbstgenutzten Strom in Höhe von 1,49 ct/kWh im Jahr 2022 an. Bei Anlagen unter 30 kW_p entfällt diese Umlage, ebenso für die ersten 30 MWh erzeugten Strom dieser Anlagen. Voraussetzung für eine Eigenstromnutzung ist einerseits die Personalunion von Stromerzeuger und Stromverbraucher, und andererseits muss die Stromerzeugung in unmittelbarem räumlichem Zusammenhang zum Verbrauchsort stattfinden, ohne Benutzung des öffentlichen Stromnetzes.

Tabelle 1: Aktuelle Einspeisevergütung für Gebäudeanlagen

Inbetriebnahme:	November 2021	Dezember 2021	Januar 2022
bis 10 kW _p	7,03 ct/kWh	6,93 ct/kWh	6,83 ct/kWh
bis 40 kW _p	6,83 ct/kWh	6,73 ct/kWh	6,63 ct/kWh
bis 100 kW _p	5,35 ct/kWh	5,27 ct/kWh	5,19 ct/kWh

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Die Vergütung wird jeweils anteilig für die verschiedenen Leistungsstufen berechnet. Für eine Anlage mit 50 kW_p lautet die Formel also:

$$\text{Vergütung} = ((\text{Leistungsanteil } 0-10 \text{ kW} \times \text{Vergütung}) + (\text{Leistungsanteil } 10-40 \text{ kW} \times \text{Vergütung}) + (\text{Leistungsanteil } 40-100 \text{ kW} \times \text{Vergütung})) : \text{Gesamtleistung}$$

Derzeit sinken die Vergütungssätze monatlich um etwa 1,5 Prozent. Eine Degressionsberechnung nach § 49 EEG 2017 Abs. 3 erfolgt jeweils in Abhängigkeit vom Zubau. Nach Ablauf der zwanzigjährig gezahlten Einspeisevergütung fällt die Photovoltaikanlage aus der Förderung und gilt als Post-EEG-Anlage. Sie darf weiter betrieben werden, erhält aber für einen befristeten Zeitraum nur noch eine geringere Vergütung.

Tabelle 2: EEG-Umlage auf Eigenverbrauch

zu entrichtende EEG-Umlage auf selbstgenutzten Strom:	
Anlagen < 30 kW _p , erste 30 MWh	frei
ansonsten	40% der aktuellen EEG-Umlage, derzeit: 1,49 ct/kWh

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Grundlegende Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Simulation erfolgte mit der Spezialsoftware PV*SOL Premium.

Die Ergebnisse von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen hängen zu einem großen Teil von der Definition der Ausgangs-Parameter ab. Bei einer Betrachtung über einen Zeitraum von 20+1 Jahren handelt es sich naturgemäß immer um Abschätzungen. Inwieweit sich diese mit der zukünftigen Entwicklung decken, muss sich erst noch zeigen. Deshalb sind **Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen immer unter einem gewissen Vorbehalt zu sehen.**

Tabelle 3: Parameter der Anlagensimulation

Nachfolgende Parameter wurden der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Grunde gelegt:	
Allgemeiner Kalkulationszins	2 %
Arbeitspreis Strom Netzbezug <i>(inkl. aller Umlagen; der Leistungsbezug wurde z.T. in den Arbeitspreis einbezogen)</i>	22,0-24,0 ct/kWh (netto) <i>je nach Projekt</i>
Preissteigerung Strom	2 % p.a.
spezifische Investitionskosten PV-Anlage	1.150 €/kWp - 1.200 €/kWp (netto) <i>je nach Projekt</i>
Jährliche Kosten (Betriebskosten)	1,5% bis 2% der Investitionskosten <i>je nach Projektart</i>
kalkulierte Moduldegradation	nach 25 Jahren, 80% Mindestleistung

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde ohne Inanspruchnahme eines Kredites berechnet (100% Eigenkapital).

Mit dem Förderprogramm „Erneuerbare Energien - Standard“ der KfW wird die Errichtung von PV-Anlagen durch einen zinsgünstigen Kredit unterstützt (derzeit ab 0,55 %). Das Programm beinhaltet keinen Zuschuss.

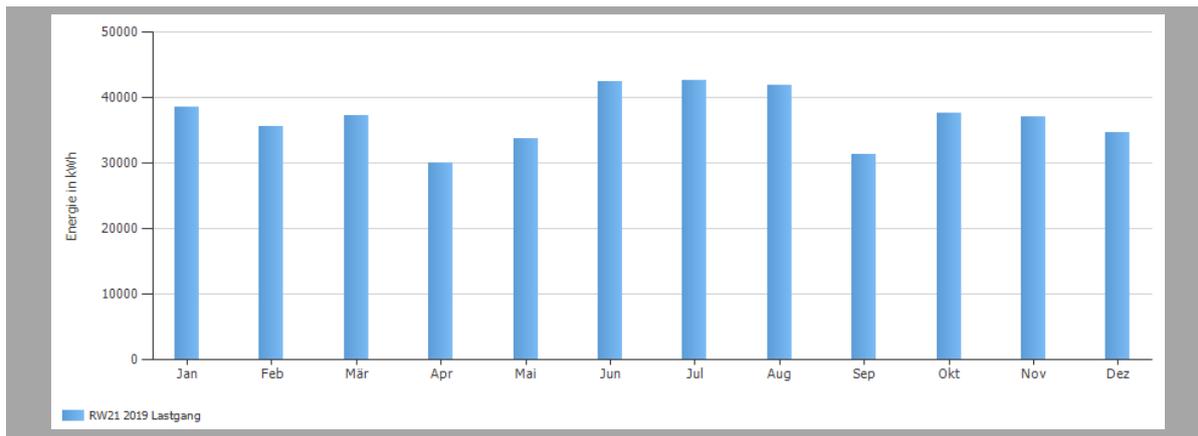
Die Preissteigerung für den ersetzten Strom wurde eher defensiv mit jährlich 2% berechnet. Die durchschnittliche Preissteigerung für Strom lag seit 2001 eher bei 3,5 % und mehr.

Die jährlichen **Betriebskosten** wurden mit bis zu 2% der Investitionskosten beziffert. Somit sind anfallende **Kosten wie Wartung, Messstellenbetrieb, das Ersetzen defekter Anlagenteile o.ä., über die Nutzungsdauer teilweise mit einkalkuliert.**

2.2 RW 21

Wie in den Vorbemerkungen bereits erwähnt, ist das Vorliegen eines Lastgangs von großer Bedeutung um genauere Aussagen zu Parametern wie Eigenverbrauch, Autarkie und letztendlich der Wirtschaftlichkeit einer Anlage treffen zu können. Der Lastgang zeigt die durchschnittliche abgerufene Leistung in 15 Minuten Intervallen (auch registrierende Leistungsmessung genannt). Für das RW 21 liegt ein Lastgang des Netzbetreibers vor.

Abbildung 1: Stromverbrauch monatlich, RW 21

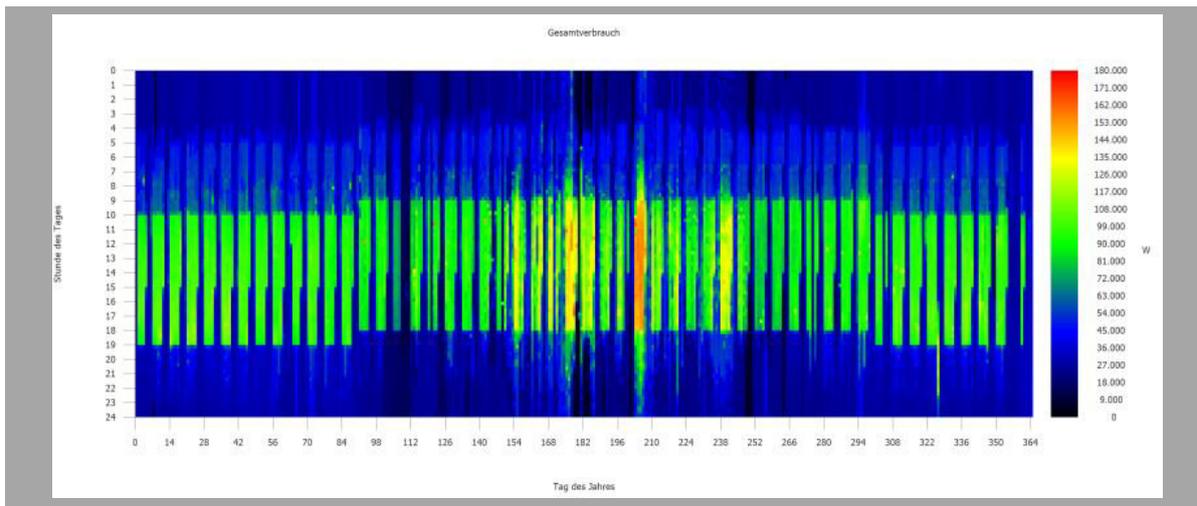


(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

RW 21: Jahresverbrauch 442.000 kWh, Spitzenlast 164 kW

Der monatliche Stromverbrauch ist auf dem ersten Blick recht ausgeglichen. In jedem Monat liegen die Verbräuche bei oder über 30.000 kWh. Auffällig sind die Monate Juni, Juli, August. Diese verzeichnen Verbräuche über 40.000 kWh. Somit fallen die verbrauchsintensivsten Monate in die ertragsreichen Monate einer möglichen Photovoltaikanlage. Ideale Voraussetzungen!

Abbildung 2: Carpet-Plot RW 21

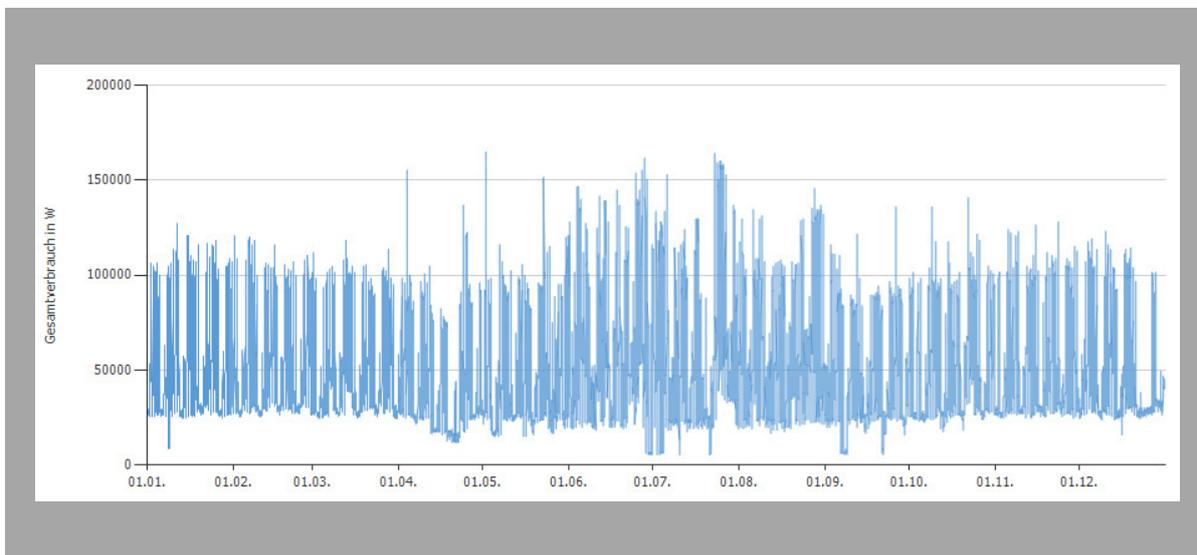


(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Im Rasterdiagramm werden alle 15 Minutenwerte in ein kartesisches Koordinatensystem eingetragen. Trotz der großen Datenanzahl können somit regelmäßige Verbrauchsmuster oder Zeiten mit maximalen Verbräuchen visuell schnell erfasst werden.

Im Diagramm ersichtlich: eine Vielzahl von Lastspitzen tritt in den Sommermonaten auf (gelb-rötlicher Bereich). Die Hauptnutzungszeiten liegen zwischen 9 Uhr und 19 Uhr.

Tabelle 4: Lastkurve RW 21



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Lastspitzen über 150 kW treten zwischen April und August auf. Die Grundlast des Gebäudes liegt annähernd ganzjährig über 25 kW. Dieser Grundlastsockel allein sorgt für einen Stromverbrauch von über 200.000 kWh im Jahr.

Das RW 21 kennzeichnet 2 Gebäudeteile. Den südlichen Teil mit einem ziegeleingedeckten Satteldach und den Nordteil der ein Bogen- bzw. Tonnendach aufweist.

Die Anbringung einer Photovoltaikanlage auf dem Ziegeldach sollte nach einer statischen Überprüfung keine großen Hindernisse darstellen. Das Tonnendach könnte sich als schwieriger erweisen. Die Dacheindeckung muss von der ausführenden Installationsfirma genauestens gecheckt werden. Hier ist bei einem Blechfalzdach darauf zu achten, dass Stege und Falz zusammen sind und keinen Spalten aufweisen (siehe Abbildung unten). Dann kann die Installation mit Universalblechfalzklemmen erfolgen. Bei einem KalZip-Dach können KalZip-Klemmen verwendet werden. Die Photovoltaikmodule sollten auf dem Tonnendach quer verbaut werden.

Abbildung 3: Luftbild
RW 21

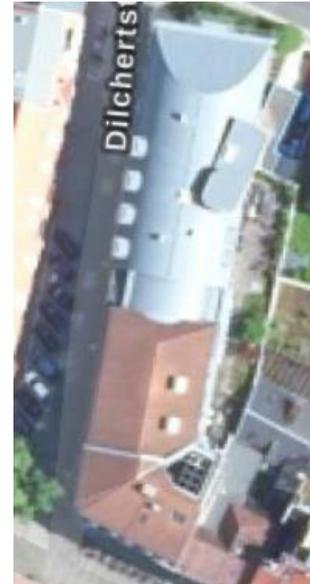


Abbildung 4: mögliche Stehfalzvarianten

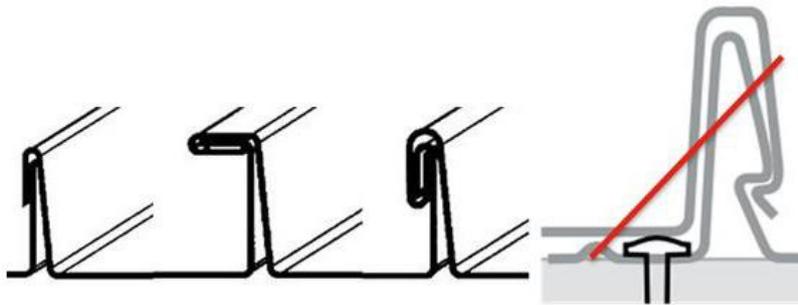


Abbildung 5: theoretische Leistung je Dachfläche



In der nebenstehenden Grafik sind die mit Photovoltaikmodulen belegbaren Flächen und der jeweiligen Leistung gekennzeichnet. Theoretisch lässt sich eine Gesamtanlagenleistung von 84 kWp installieren. Bei einem Stromverbrauch von über 400.000 kWh jährlich, stellt sich nicht die Frage, ob eine PV-Anlage sinnvoll ist und in welcher Größe diese ausgeführt werden sollte. Hier müssen alle Dachflächen - sofern statisch machbar - vollständig mit Photovoltaikmodulen belegt werden!

Abbildung 6: Kurzübersicht RW 21



Installierte Leistung

84,38 kWp

Verbrauch Allgemeinstrom

442.700 kWh/Jahr

Jahresertrag

80.100 kWh/Jahr

Spez. Jahresertrag

948 kWh/kWp

Vermiedene CO₂-Emissionen

43.000 kg/Jahr

Eigenverbrauchsquote: 94,8 %

Autarkie (Solarer Deckungsgrad): 17,2 %

Jährliche Betriebskosten: 2.000 €

Vergütung EEG: 240 €

Kosten Eigenverbrauchsumlage: 1.100 €

Ersparnis Strombezug jährlich: 16.600 €

Investition: 101.000 €

Amortisation: 7,7 Jahre

Rendite: 13,52 %

kumulierter Cashflow nach 20 Jahren: 162.000 €

Stromgestehungskosten: 0,10 €/kWh

Abbildung 7: Detaillierte Simulationsergebnisse, RW 21

PV-Anlage

PV-Generatorleistung	84,38 kWp
Spez. Jahresertrag	948,50 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	88,60 %
Ertragsminderung durch Abschattung	0,3 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	80.112 kWh/Jahr
Eigenverbrauch	75.968 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	4.144 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	94,8 %
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	42.976 kg/Jahr

PV-Generatorenergie (AC-Netz)

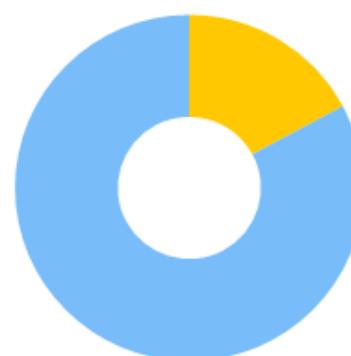


■ Eigenverbrauch
■ Abregelung am Einspeisepunkt
■ Netzeinspeisung

Verbraucher

Verbraucher	442.731 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	83 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	442.814 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	75.968 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	366.846 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	17,2 %

Gesamtverbrauch



■ gedeckt durch PV ■ gedeckt durch Netz

Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	442.814 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	366.846 kWh/Jahr
Autarkiegrad	17,2 %

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Abbildung 8: Wirtschaftliche Simulationsergebnisse, RW 21

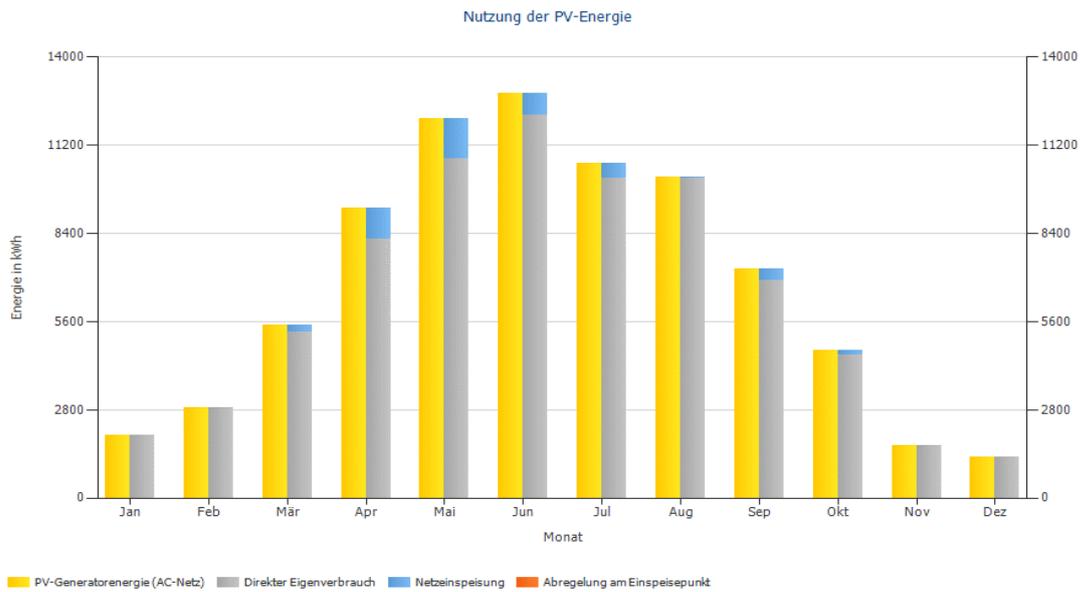
Anlagendaten	
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	4.129 kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	84,4 kWp
Inbetriebnahme der Anlage	01.01.2022
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Kapitalzins	2 %
Wirtschaftliche Kenngrößen	
Gesamtkapitalrendite	13,52 %
Kumulierter Cashflow	161.769,70 €
Amortisationsdauer	7,7 Jahre
Stromgestehungskosten	0,1022 €/kWh
Zahlungsübersicht	
spezifische Investitionskosten	1.200,00 €/kWp
Investitionskosten	101.250,00 €
Einmalzahlungen	0,00 €
Förderungen	0,00 €
Jährliche Kosten	2.025,00 €/Jahr
Sonstige Erlöse oder Einsparungen	0,00 €/Jahr
Vergütung und Ersparnisse	
Gesamtvergütung im ersten Jahr	-883,75 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	16.624,88 €/Jahr
EEG 2022 - Umlage auf Eigenverbrauch - Alle Anlagenarten	
Gültigkeit	01.01.2022 - 31.12.2042
Spezifische Eigenverbrauchsabgabe	0,0149 €/kWh
Eigenverbrauchsabgabe	1.127,19 €/Jahr
EEG 2022 (Januar) - Gebäudeanlagen	
Gültigkeit	01.01.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,059 €/kWh
Einspeisevergütung	243,4396 €/Jahr
Kommunaltarif 2022 (KOMMUNAL)	
Arbeitspreis	0,22 €/kWh
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	2 %/Jahr

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

* **Jährliche Kosten** = Betriebs- und Wartungskosten

****Ersparnisse im ersten Jahr** = vermiedener Strombezug aus dem Netz

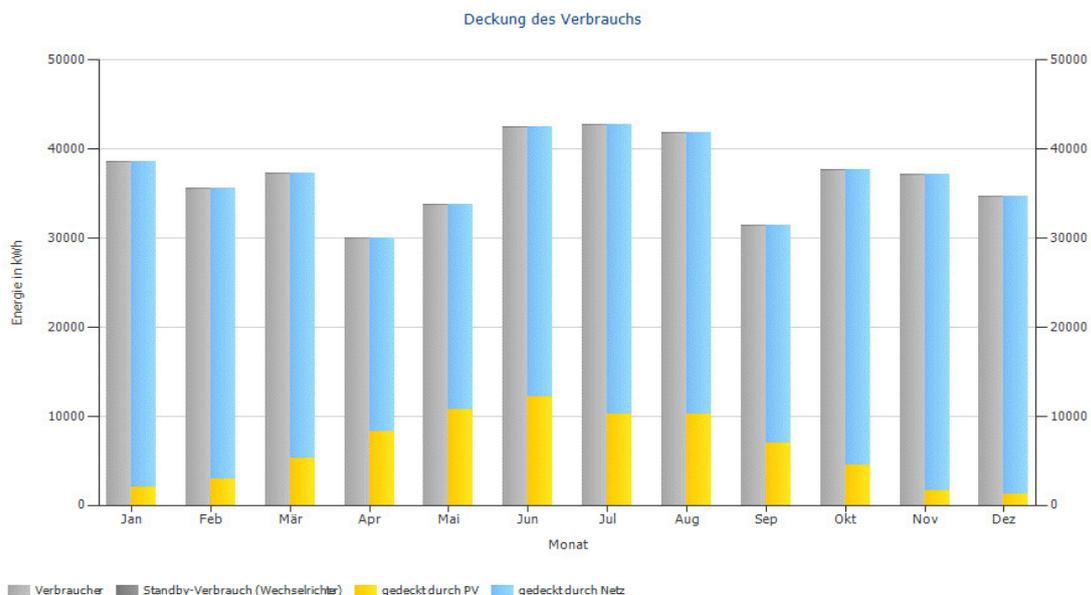
Abbildung 9: Nutzung der PV-Energie RW 21,[PV*Sol]



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Vorige Abbildung zeigt die Verwendung des PV-Stroms pro Monat. Die gelben Säulen zeigen jeweils die Erzeugung, die Säulen daneben geben Aufschluss darüber, wieviel davon direkt verbraucht wird (grau), und wieviel ins öffentliche Netz eingespeist wird (blau).

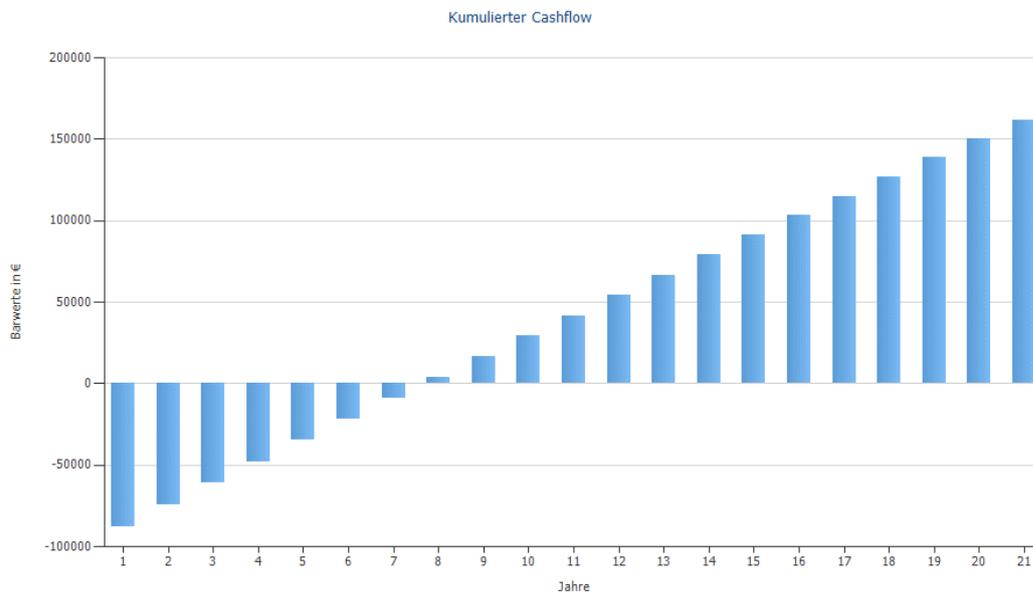
Abbildung 10: Deckung des Verbrauchs RW21, [PV*Sol]



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Im obigen Diagramm kann abgelesen werden, wieviel des Strombedarfs durch die PV-Anlage gedeckt werden kann. Zum derzeitigen Verbrauch (grau) kommt noch der Standby-Verbrauch der Wechselrichter (dunkelgrau, kaum erkennbar). In der Säule daneben zeigt der gelbe Bereich die Abdeckung durch PV-Strom, der Rest (blau) muss aus dem Netz bezogen werden.

Abbildung 11: kumulierter Cashflow (Dach-Gesamt), [PV*Sol]



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Der kumulierte Cashflow ergibt sich aus der Summe aller Einnahmen und Ausgaben innerhalb des Betrachtungszeitraums von 20+1 Jahren. Ein positiver kumulierter Cashflow zeigt einen Gewinn, ein negativer Cashflow einen Verlust. Im ersten Jahr schlagen vor allem die Investition negativ zu Buche. In den folgenden Jahren verringert sich der negative Wert durch die Einspeisevergütung sowie den Kostenvorteil der Stromeigennutzung, abzüglich der Betriebskosten. Die Amortisationszeit der Anlage gibt den Übergangzeitpunkt des Barwerts in den positiven Bereich wieder. Die Höhe der Säule im letzten Jahr entspricht dem wirtschaftlichen Gewinn der Anlage.

Insgesamt ergibt sich bei einem Invest von rund 100.000 € nach 20+1 Jahren ein kumulierter Cashflow (Gewinn) von 160.000 €. Dieser setzt sich hauptsächlich aus den Einsparungen beim Strombezug zusammen. Eine Amortisation stellt sich in unter acht Jahren ein, die Gesamtkapitalrendite liegt bei 13,52 Prozent.

Empfehlung

Aufgrund des hohen Eigenverbrauchs kommt als Betreibermodell eigentlich nur eine eigens von der Stadt Bayreuth betriebene Anlage in Frage. Nur so können die hohen Einsparungen durch Substitution des Stroms aus dem Netz erzielt werden.

Drittmengenabgrenzung & Stromweiterleitung an Dritte

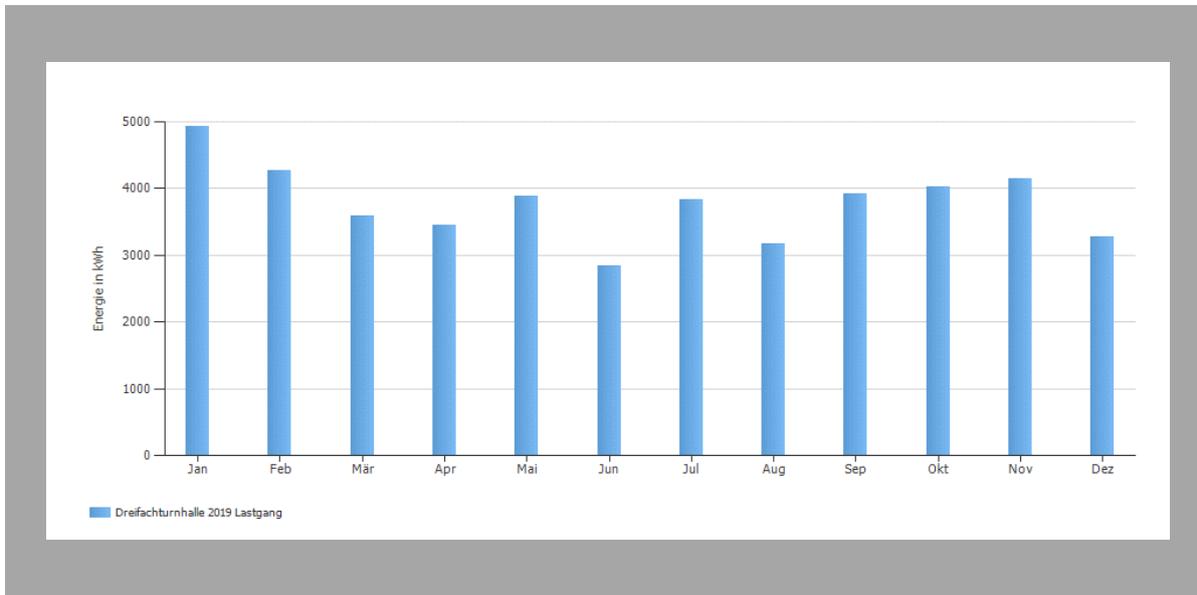
Als schwierig gestaltet sich der Umgang mit dem im zweiten Obergeschoss befindlichen Café. Da hier keine Personenidentität zwischen Nutzer und Betreiber der Anlage herrscht, darf der Strom nicht einfach als Eigenverbrauch vom Café genutzt werden, es würde sich dabei um eine Stromlieferung an Dritte handeln. Nur dem Betreiber der Anlage ist es möglich energiewirtschaftliche Privilegien in Anspruch zu nehmen. Z.B. eine reduzierte EEG-Umlage für eigens verbrauchten Strom. Laut EEG sind Drittverbräuche durch geeignete Messtechnik (u.a. geeichte Zähler) viertelstundengenau vom Hauptverbraucher abzugrenzen und den entsprechenden Personen oder Unternehmen zuzuordnen. Dies muss bei der Elektroinstallation der Photovoltaikanlage berücksichtigt werden.

Auch ein Mieterstrommodell wäre denkbar. Jedoch agiert der Betreiber der Anlage - also die Stadt Bayreuth - dann als Stromlieferant, was wiederum mit etlichen Rechten und Pflichten einhergeht. Bei nur einem Mieter sollte genau überlegt werden, ob der hohe administrative Aufwand, der mit dem Mieterstrommodell einhergeht, gerechtfertigt ist.

- Die Parameter Eigenverbrauch, Amortisation und Cashflow sprechen für sich!
- Fast der gesamte erzeugte Strom kann direkt im Gebäude genutzt werden.
- Durch die hohen Einsparungen beim Strombezug von über 16.000 € pro Jahr, sind die Investitionskosten der Anlage innerhalb von acht Jahren ausgeglichen.
- 43 Tonnen CO₂e können jährlich eingespart werden.
- **Die Installation einer Photovoltaikanlage zur Eigenstromdeckung ist ein Muss**
(sofern technisch bzw. statisch umsetzbar)

2.3 Dreifachturnhalle

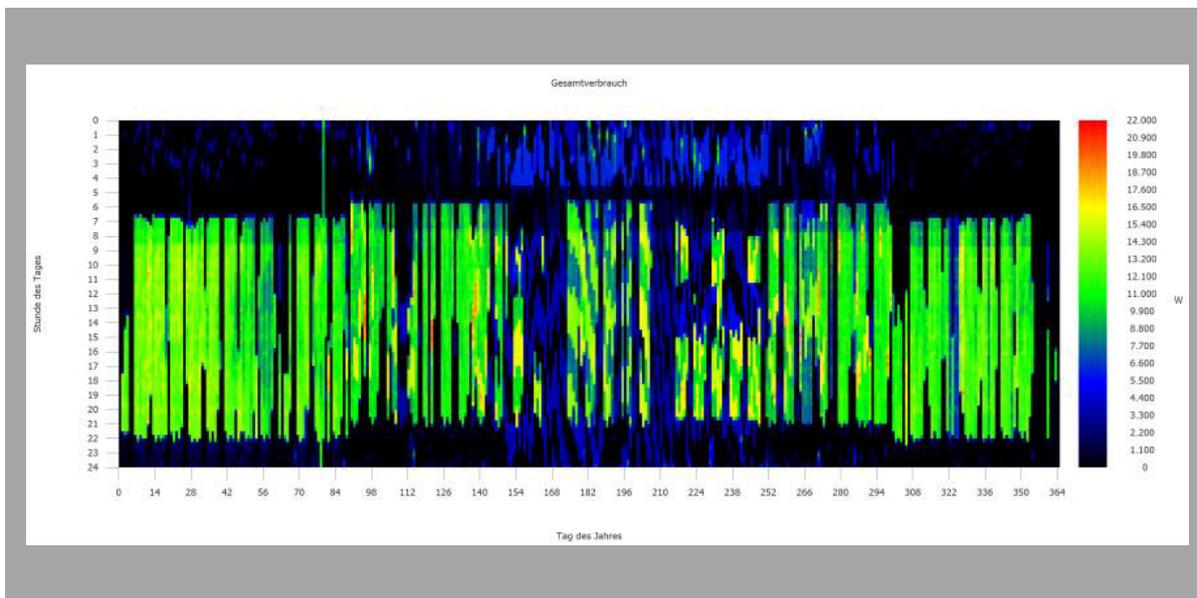
Abbildung 12: Stromverbrauch monatlich, Dreifachturnhalle



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Dreifachturnhalle: Jahresverbrauch 45.000 kWh, Spitzenlast 20 kW
Datengrundlage: Lastgang des Netzbetreibers

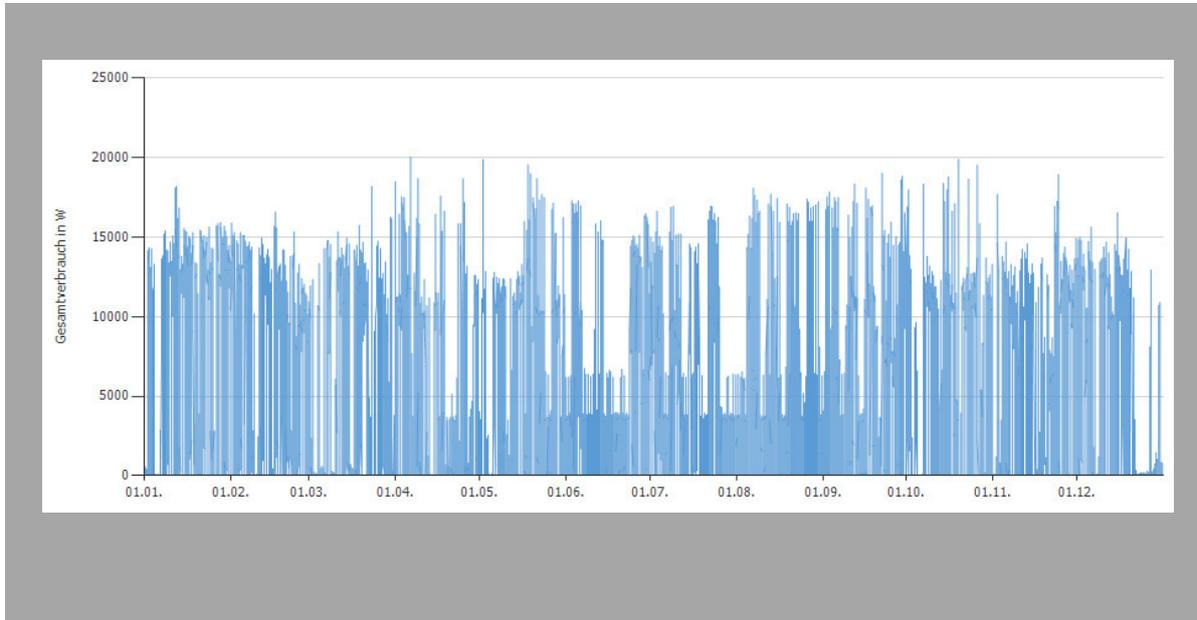
Abbildung 13: Carpet-Plot Dreifachturnhalle



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Das Rasterdiagramm zeigt vermehrt auftretende Lasten im Winterhalbjahr. Die Nutzungszeiten liegen zwischen 7 und 22 Uhr.

Tabelle 5: Lastkurve Dreifachturnhalle



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Lastspitzen bewegen sich ganzjährig zwischen 15 kW und 20 kW. Auffällig ist das Fehlen eines Grundlastsockels. Dies zeigt, die Grundlast wird vom Blockheizkraftwerk geliefert.

Abbildung 14: Luftbild Turnhalle mit 200 kWp Anlagen [PV*Sol]

Theoretisch böte das Dach Raum für eine Photovoltaik-Aufdachanlage mit einer installierten Anlagenleistung von circa 200 kWp mit 210.000 kWh Stromerzeugung jährlich. Zu groß dimensioniert für den Verbrauch der Halle von 45.000 kWh. Eine Anlage zur Eigenverbrauchsdeckung sollte sich in einer Größe zwischen 40 kWp und 60 kWp bewegen. (Details in der folgenden Simulation) Folglich bliebe jedoch der Großteil der Dachfläche ungenutzt was es zu vermeiden gilt. Es sollten alternative Betriebskonzepte gesucht werden.



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

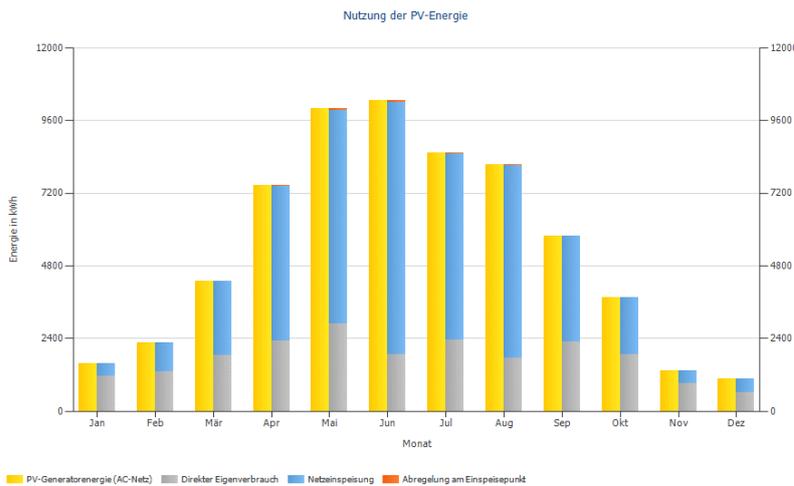
Nachfolgend, die Ergebnisse einer Anlage die zur Eigenstromnutzung des Verbrauchs der Turnhalle ausgelegt ist. Die Anlagenleistung liegt bei 63 kWp.

Abbildung 15: Kurzübersicht Anlage zur Eigenstromnutzung Turnhalle, 63 kWp

	<p>Nachstehend eine Simulation mit einer 63 kWp-Anlage zur Eigenstromdeckung</p> <p>Installierte Leistung 63 kWp</p> <p>Verbrauch Allgemeinstrom 45.300 kWh/Jahr</p> <p>Jahresertrag 64.500 kWh/Jahr</p> <p>Spez. Jahresertrag 1.000 kWh/kWp</p> <p>Vermiedene CO₂-Emissionen 34.500 kg/Jahr</p>
<p>Eigenverbrauchsquote:</p> <p>Autarkie (Solarer Deckungsgrad):</p> <p>Jährliche Betriebskosten:</p> <p>Vergütung EEG:</p> <p>Kosten Eigenverbrauchsumlage:</p> <p>Ersparnis Strombezug jährlich:</p> <p>Investition:</p> <p>Amortisation:</p> <p>Rendite:</p> <p>kumulierter Cashflow nach 20 Jahren:</p> <p>Stromgestehungskosten:</p>	<p>32,8 %</p> <p>46,7 %</p> <p>1.400 €</p> <p>2.600 €</p> <p>300 €</p> <p>4.600 €</p> <p>69.000 €</p> <p>14,0 Jahre</p> <p>5,63 %</p> <p>29.000 €</p> <p>0,09 €/kWh</p>

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

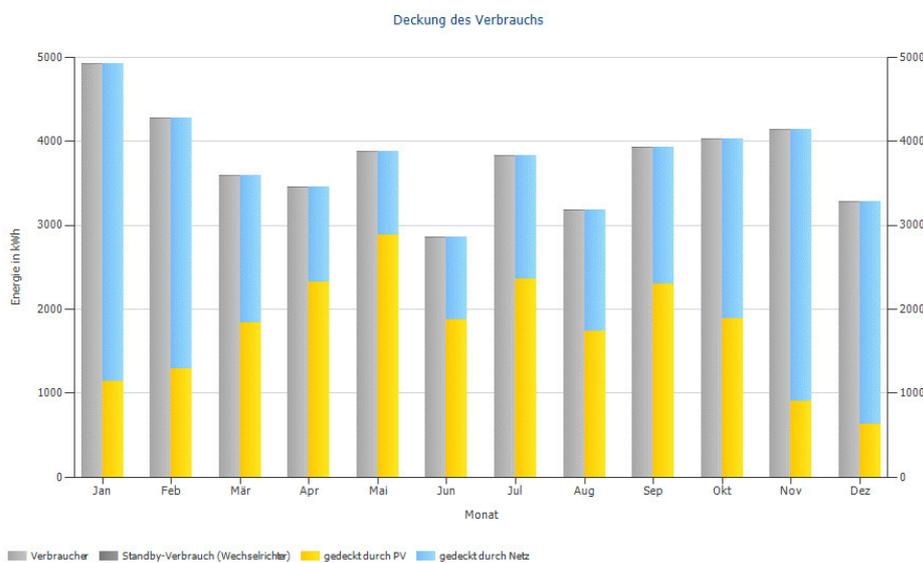
Abbildung 16: Nutzung der PV-Energie, Dreifachturnhalle 63 kWp-Anlagen [PV*Sol]



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Vorige Grafik „Nutzung der PV-Energie“ zeigt, dass ein erheblicher Teil des monatlich erzeugten Stroms ins Netz eingespeist wird (blau).

Abbildung 17: Verbrauchsdeckung, Dreifachturnhalle 63 kWp-Anlagen [PV*Sol]



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Auch im Sommer kann der Verbrauch aufgrund der abendlichen Nutzung nicht vollständig gedeckt werden - trotz einer eigentlich ausreichend dimensionierten Anlage. Sollte die Anlage vornehmlich zur Eigenstromnutzung der Dreifachturnhalle dienen, kann ein Batteriespeicher Abhilfe schaffen. Zur Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils sind Stromspeicher das Mittel der Wahl. Mit Batteriesystemen kann die überschüssige PV-Erzeugung auch abends und nachts genutzt werden. Durch den Preisrückgang der letzten Jahre sind diese Anlagen im Privatsektor

in vielen Fällen bereits wirtschaftlich. Bei Kommunen muss wegen des niedrigeren Strompreises genau gerechnet werden. Eine Übersicht über die zahlreichen derzeit in Deutschland erhältlichen Speichersysteme bietet zum Beispiel CARMEN unter:

<http://www.carmen-ev.de/sonne-wind-co/stromspeicher/batterien/813-marktuebersicht-fuer-batteriespeichersysteme>

Die mit 63 kWp simulierte Anlage kann mit einer Autarkiequote von 46 Prozent, fast die Hälfte des Verbrauchs decken (21.000 kWh von 45.000 kWh). Im Vergleich zur Anlage auf dem RW21, ist die Anlage auf der Dreifachturnhalle mit einer Amortisation von 14 Jahren nicht ganz so wirtschaftlich. Denn mit der geringeren Eigenverbrauchsquote werden weniger Ersparnisse bei der Vermeidung des Strombezugs erzielt. Eine noch kleinere Anlage evtl. mit Speicher würde sich wohl als wirtschaftlicher erweisen, jedoch bliebe dann ein Großteil der Dachfläche ungenutzt, was unbedingt vermieden werden sollte. Es sollte daher ein anderes Betriebskonzept gewählt werden.

Es wäre also äußerst bedauerlich eine gut geeignete Dachfläche nicht vollständig für die Erzeugung erneuerbaren Stroms einzusetzen. Zumal jede Kilowattstunde Strom künftig dringend gebraucht werden dürfte. Einschlägige Studien prognostizieren mindestens eine Verdopplung des Strombedarfs in naher Zukunft. Da der Windkraftausbau seit einigen Jahren stockt, die Umsetzung von Freiflächenanlagen vermehrt in der Diskussion steht und oft mit dem Verweis verbunden ist, „man müsse doch erst das Dachflächenpotenzial erschließen“, dürfen Erzeugungspotenziale auf den Dächern eigentlich nicht ungenutzt bleiben.

Denkbare Betriebskonzepte:

- Versorgung weiterer städtischer Liegenschaften in unmittelbarer Nachbarschaft der Dreifachturnhalle
Wie bereits beim RW21 thematisiert, würde die Stadt Bayreuth nach derzeitiger Gesetzeslage dann zum Stromlieferanten, was mit erheblichem rechtlichem und organisatorischem Aufwand verbunden ist. Außerdem bedeutet die komplette Belegung des Dachs ein hohes Investitionsvolumen für die Stadt Bayreuth.
- Kooperation mit den örtlichen Stadtwerken; Investor Stadtwerke Bayreuth
PV-Miete durch die Stadt Bayreuth:
 - *Investor und Eigentümer: Stadtwerke Bayreuth*
 - *Betreiber: Stadt Bayreuth*
 - *Stadt Bayreuth zahlt PV-Miete an den Eigentümer, die Stadtwerke Bayreuth*

- *Kommune nutzt als Betreiber den Solarstrom zum Eigenverbrauch mit verminderter EEG-Umlage (ca. 1,5 ct/kWh)*

PV-Stromlieferung an die Stadt Bayreuth:

- *volle EEG-Umlage fällig, aber Wegfall der weiteren Steuern und Umlagen*
- *Investor und Betreiber der Anlage: Stadtwerke Bayreuth*
- *Stadt Bayreuth als Verbraucher zahlt Lieferpreis an die Stadtwerke Bayreuth und nutzt Solarstrom zum Eigenverbrauch zu günstigeren Konditionen (bspw. 1-2 ct/kWh)*
- *Stadt Bayreuth erhält ggf. Pacht für die Dachfläche*
- *Nachteil: Aufwand für die Stadtwerke Bayreuth, da Einhaltung einer Vielzahl von Pflichten bei PV-Ergänzungsstromlieferungen notwendig*

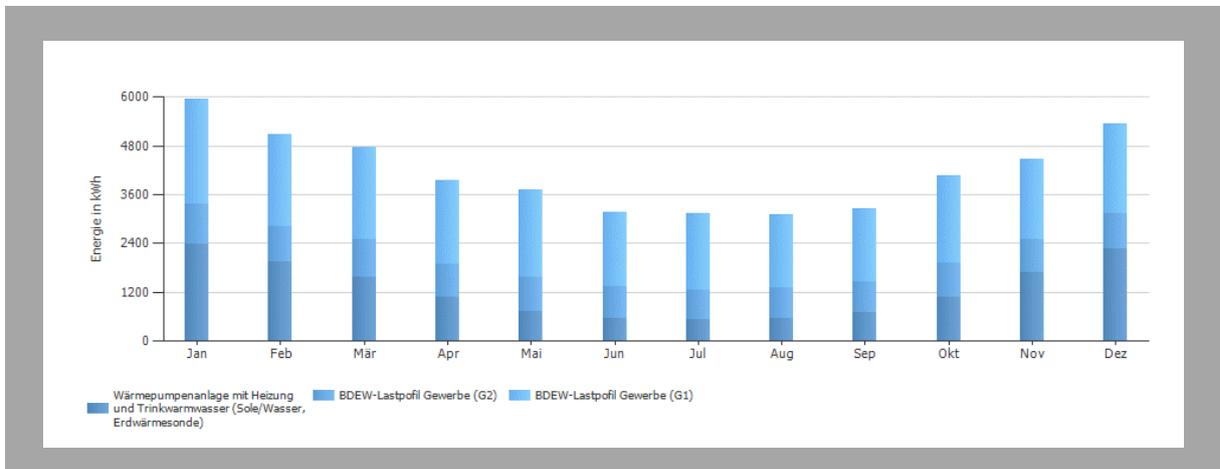
Volleinspeisung:

- *Verpachtung der Fläche an die Stadtwerke Bayreuth*
- *Investor, Eigentümer und Betreiber: Stadtwerke Bayreuth*
- *keine Stromlieferung, sondern Volleinspeisung des erzeugten Stroms ins örtliche Stromnetz*

2.4 Umweltstation Lindenhof

2.4.1 Simulation 1

Abbildung 18: Stromverbrauch monatlich, Umweltstation

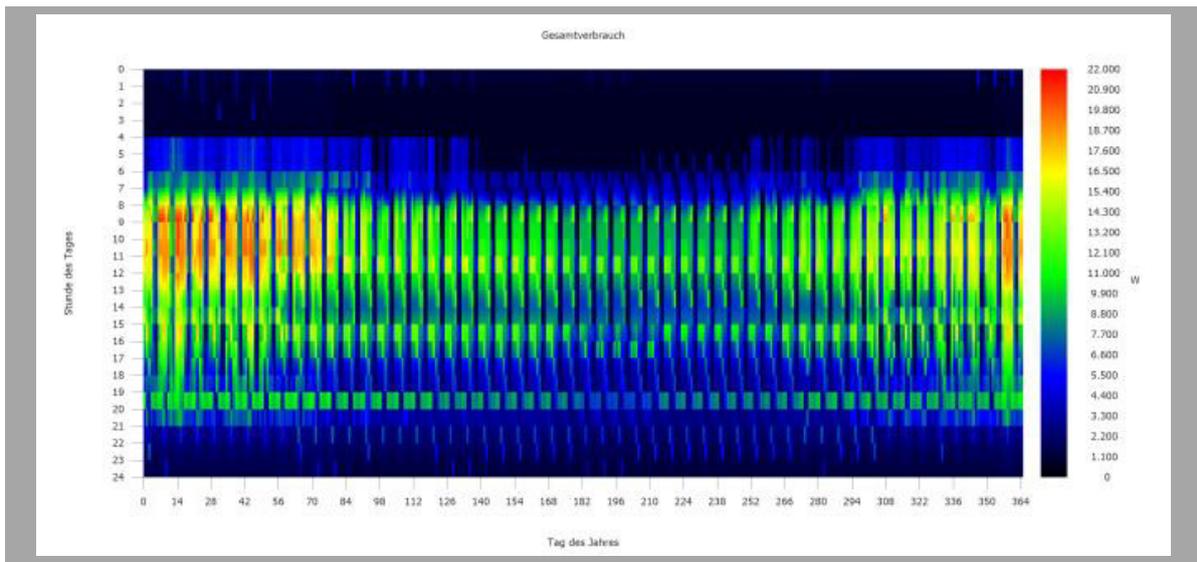


(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Umweltstation: Jahresverbrauch circa 50.000 kWh

Für die Umweltstation sind keine Lastgänge verfügbar. Deshalb wurde ein adäquater Lastgang ausgewählt und jeweils an die tatsächlichen Verbräuche der beiden Liegenschaften angepasst. Beim verwendeten Lastprofil wurden die BDEW Lastprofile Gewerbe G1 und Gewerbe G2 gewählt. G1 kennzeichnet einen vermehrten Verbrauch werktags zwischen 7 und 18 Uhr. G2 kennzeichnet einen Verbrauch überwiegend in den Abendstunden, so dass die Abendveranstaltungen bestmöglich berücksichtigt werden. Zusätzlich wurde noch ein Lastgang einer Sole geführten Wärmepumpe für Heizung und Trinkwasser hinterlegt.

Abbildung 19: Carpet-Plot Umweltstation



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Dem Rasterdiagramm kann deutlich die Hauptnutzungszeit des Lastgangs entnommen werden. In den Wintermonaten treten zwar die höchsten Lasten auf, aber ansonsten liegt ein ausgewogener Tagesverbrauch über das Jahr vor. Gute Voraussetzungen für die PV-Eigenstromerzeugung.

Abbildung 20: Kurzübersicht Anlage zur Eigenstromnutzung Umweltstation 29 kWp

	Installierte Leistung 29,25 kWp
	Verbrauch 50.000 kWh/Jahr
	Jahresertrag 27.800 kWh/Jahr
	Spez. Jahresertrag 950 kWh/kWp
	Vermiedene CO₂-Emissionen 14.900 kg/Jahr
Eigenverbrauchsquote: 63,4 %	
Autarkie (Solarer Deckungsgrad): 35,3 %	
Jährliche Betriebskosten: 670 €	
Vergütung EEG: 680 €	
Kosten Eigenverbrauchsumlage: - €	
Ersparnis Strombezug jährlich: 4.200 €	
Investition: 33.600 €	
Amortisation: 8,5 Jahre	
Rendite: 11,94 %	
kumulierter Cashflow nach 20 Jahren: 44.300 €	
Stromgestehungskosten: 0,10 €/kWh	

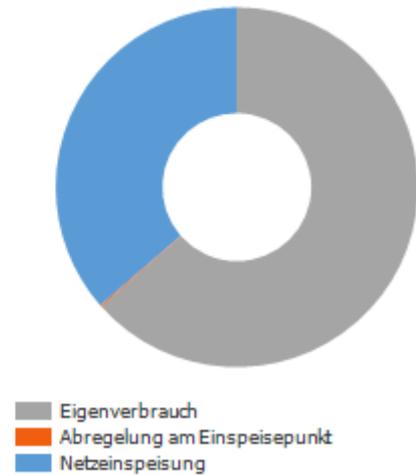
(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Abbildung 21: Detaillierte Simulationsergebnisse Umweltstation

PV-Anlage

PV-Generatorleistung	29,25 kWp
Spez. Jahresertrag	951,07 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	88,59 %
Ertragsminderung durch Abschattung	0,0 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	27.834 kWh/Jahr
Eigenverbrauch	17.662 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	39 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	10.133 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	63,4 %
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	14.918 kg/Jahr

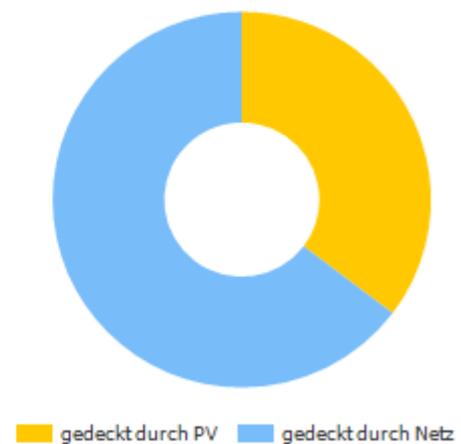
PV-Generatorenergie (AC-Netz)



Verbraucher

Verbraucher	50.000 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	15 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	50.015 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	17.662 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	32.353 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	35,3 %

Gesamtverbrauch



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Abbildung 22: Wirtschaftliche Ergebnisse Umweltstation

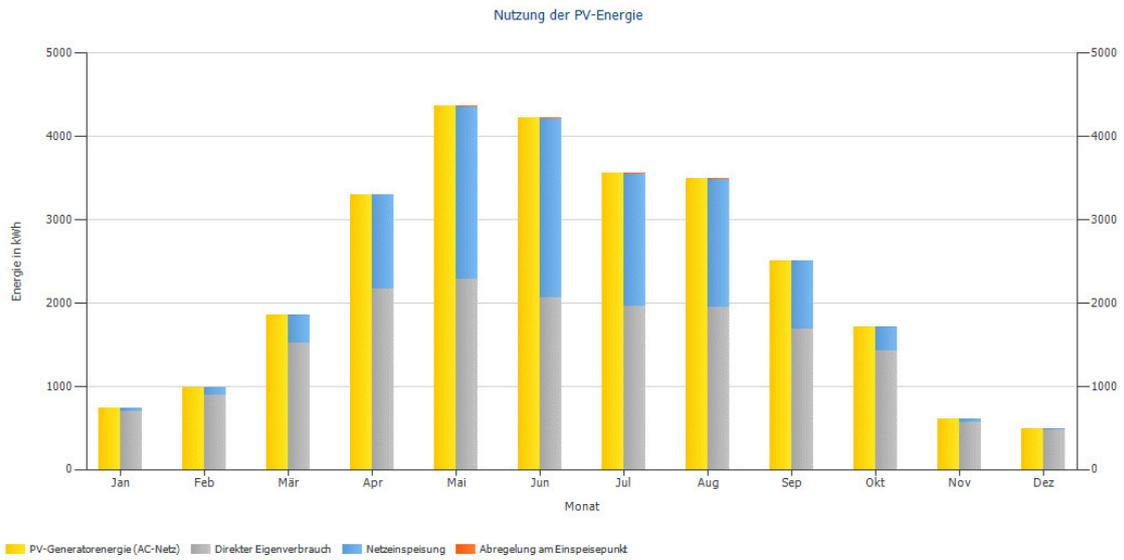
Anlagendaten	
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	10.090 kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	29,3 kWp
Inbetriebnahme der Anlage	01.01.2022
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Kapitalzins	2 %
Wirtschaftliche Kenngrößen	
Gesamtkapitalrendite	11,94 %
Kumulierter Cashflow	44.287,84 €
Amortisationsdauer	8,5 Jahre
Stromgestehungskosten	0,0978 €/kWh
Zahlungsübersicht	
spezifische Investitionskosten	1.150,00 €/kWp
Investitionskosten	33.637,50 €
Einmalzahlungen	0,00 €
Förderungen	0,00 €
Jährliche Kosten	672,75 €/Jahr
Sonstige Erlöse oder Einsparungen	0,00 €/Jahr
Vergütung und Ersparnisse	
Gesamtvergütung im ersten Jahr	675,89 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	4.217,64 €/Jahr
EEG 2022 (Januar) - Gebäudeanlagen	
Gültigkeit	01.01.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,067 €/kWh
Einspeisevergütung	675,8876 €/Jahr
Kommunaltarif 2022 (KOMMUNAL)	
Arbeitspreis	0,24 €/kWh
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	2 %/Jahr

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

* **Jährliche Kosten** = Betriebs- und Wartungskosten

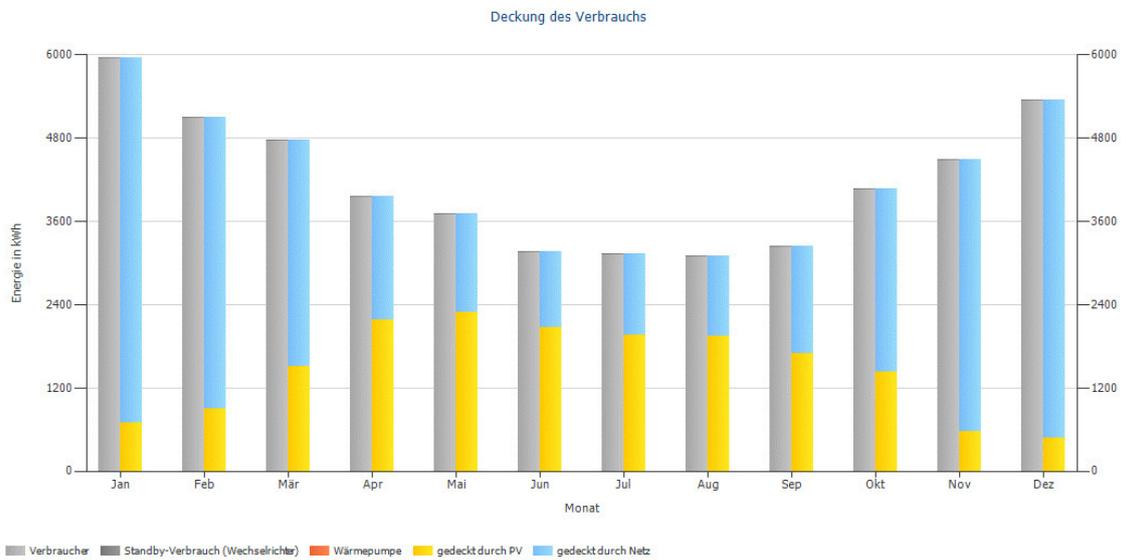
****Ersparnisse im ersten Jahr** = vermiedener Strombezug aus dem Netz

Abbildung 23: Nutzung des Verbrauchs Umweltstation



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

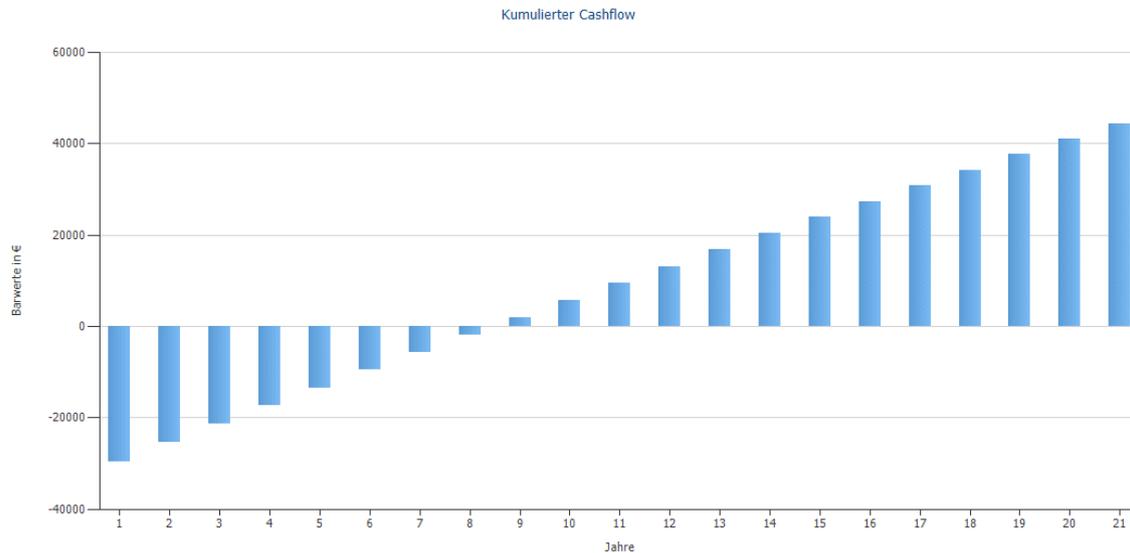
Abbildung 24: Verbrauchsdeckung



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Durch den erhöhten Stromverbrauch aufgrund der Wärmepumpe in den Wintermonaten, muss in diesem solarertragsarmen Zeitraum ein erheblicher Teil des Stroms aus dem Netz bezogen werden (blau).

Abbildung 25: Cashflow



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Die Anfangsinvestition von 33.600 € hat sich bereits im neunten Jahr amortisiert. Vor allem durch die jährlichen Einsparungen von über 4.000 € beim Strombezug arbeitet die Anlage sehr wirtschaftlich. Am Ende des Betrachtungszeitraums kann ein Kapitalrückfluss (Cashflow) von 44.000 € erzielt werden.

2.4.2 Simulation 2 (mit integrierter E-Mobilität)

Die Anlagengröße bleibt mit 29 kWp gleich. Zusätzlich wurden zwei Elektrofahrzeuge mit folgenden Parametern hinzugefügt:

Elektrofahrzeug und Ladestation

Hersteller: **Elektrofahrzeug**

Anzahl Fahrzeuge:

Auswahl nur aus Favoriten

Elektrofahrzeug

Reichweite nach WLTP: 424 km

Batteriekapazität: 58 kWh

Verbrauch (Angabe/berechnet): 15,6 / 13,7 kWh/100 km

Anzahl Sitzplätze: 5

Motorleistung: 150 kW / 204 PS

Ladestation

Ladeleistung: 2 x 11 kW

Ladetechnik: AC Typ 2

Lademodus:

Entladen zur Verbrauchsdeckung: Ja Nein

Benutzung

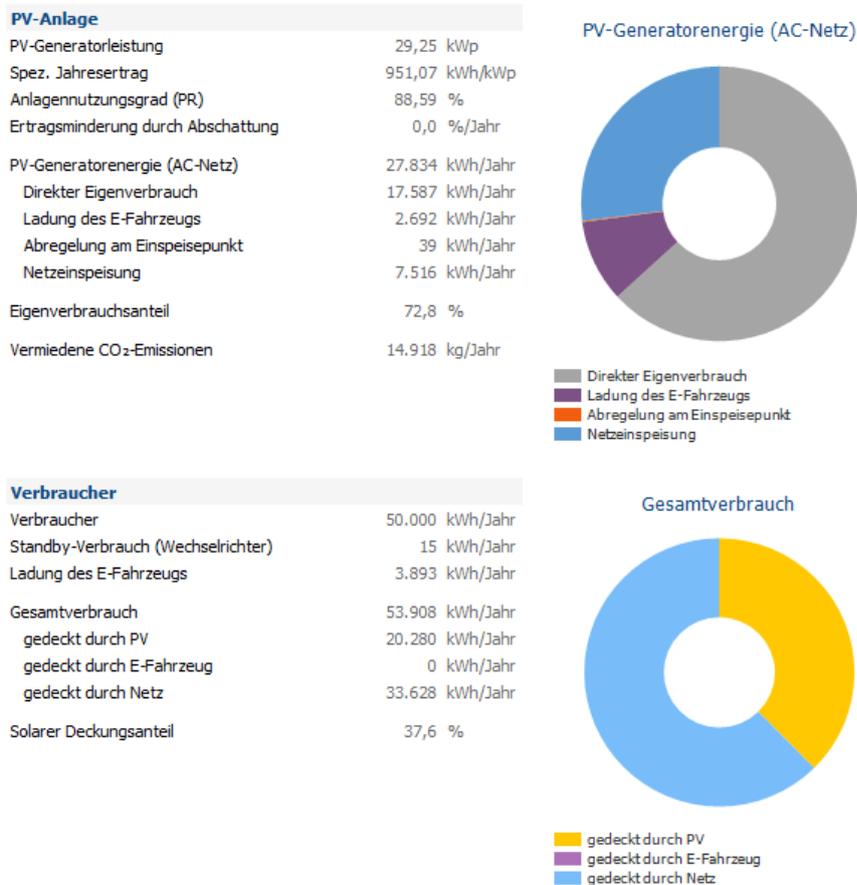
Gewünschte Reichweite pro Woche: km

Anzahl Fahrten pro Woche und Fahrzeug: 9 (22,2 km pro Fahrt)

Fahrleistung pro Jahr: 2 x 10429 km (3254 kWh/a)

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

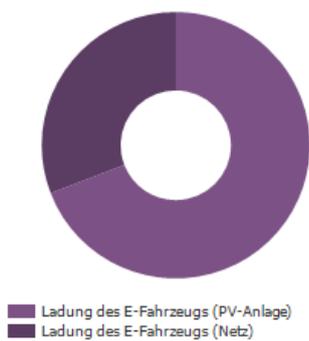
Abbildung 26: Detaillierte Simulationsergebnisse Umweltstation mit E-Mobilität



Elektrofahrzeug

Ladung am Anfang	116 kWh
Ladung des E-Fahrzeugs (Gesamt)	3.893 kWh/Jahr
Ladung des E-Fahrzeugs (PV-Anlage)	2.692 kWh/Jahr
Ladung des E-Fahrzeugs (Netz)	1.201 kWh/Jahr
Entladen des E-Fahrzeugs zur	0 kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	250 kWh/Jahr
Verluste in Batterie	505 kWh/Jahr
Verbrauch durch gefahrene Kilometer	3254 kWh
Fahrleistung pro Jahr	20858 km
davon solar	14425 km

Ladung des E-Fahrzeugs (Gesamt)



Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	53.908 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	33.628 kWh/Jahr
Autarkiegrad	37,6 %

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Abbildung 27: wirtschaftliche Ergebnisse Umweltstation mit E-Mobilität

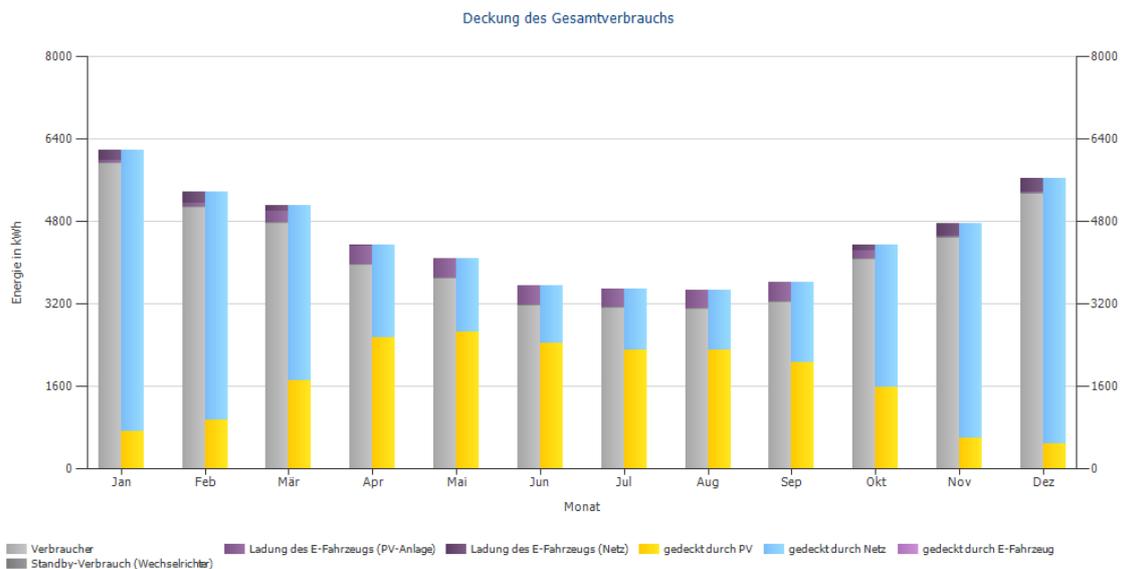
Anlagendaten	
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	7.484 kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	29,3 kWp
Inbetriebnahme der Anlage	01.01.2022
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Kapitalzins	2 %
Wirtschaftliche Kenngrößen	
Gesamtkapitalrendite	13,62 %
Kumulierter Cashflow	53.385,87 €
Amortisationsdauer	7,6 Jahre
Stromgestehungskosten	0,0978 €/kWh
Fahrkosten ohne PV	4,48 €/100 km
Fahrkosten mit PV	2,64 €/100 km
Zahlungsübersicht	
spezifische Investitionskosten	1.150,00 €/kWp
Investitionskosten	33.637,50 €
Einmalzahlungen	0,00 €
Förderungen	0,00 €
Jährliche Kosten	672,75 €/Jahr
Sonstige Erlöse oder Einsparungen	0,00 €/Jahr
Vergütung und Ersparnisse	
Gesamtvergütung im ersten Jahr	501,33 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	4.843,29 €/Jahr
EEG 2022 (Januar) - Gebäudeanlagen	
Gültigkeit	01.01.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,067 €/kWh
Einspeisevergütung	501,3288 €/Jahr
Kommunaltarif 2022 (KOMMUNAL)	

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

* **Jährliche Kosten** = Betriebs- und Wartungskosten

****Ersparnisse im ersten Jahr** = vermiedener Strombezug aus dem Netz

Abbildung 28: Deckung des Gesamtverbrauchs



(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EAN 2022)

Die Grafik zur Deckung des Gesamtverbrauchs zeigt, dass die Ladung der Elektrofahrzeuge überwiegend durch eigens erzeugten Photovoltaikstrom geschieht. Außer in den Monaten November bis Februar. Hier muss dieser Anteil durch Strombezug aus dem Netz gedeckt werden. Der Betrieb von Elektrofahrzeugen lässt die Eigenverbrauchsquote der Anlage um 10 Prozentpunkte, auf fast 73 Prozent, steigen. Über zwei Drittel des Stroms der Fahrzeuge können der Simulationssoftware zufolge, von der Photovoltaikanlage bereitgestellt werden.

Die Errichtung einer Photovoltaikanlage zur Eigenstromversorgung auf der Umweltstation wird äußerst empfohlen. Schon ohne den Betrieb von E-Fahrzeugen erweist sich die Anlage als sehr wirtschaftlich.

Bei einem jährlichen Stromverbrauch von 50.000 kWh ist die Anlage mit 30 kWp keinesfalls zu groß dimensioniert. Im Gegenteil - mit der Anschaffung von Elektrofahrzeugen und dem erhöhten Stromverbrauch könnte die Ausweitung der Anlage auf weitere Dachflächen sinnvoll sein.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Stromverbrauch monatlich, RW 21	44
Abbildung 2: Carpet-Plot RW 21.....	45
Abbildung 3: Luftbild RW 21.....	46
Abbildung 4: mögliche Stehfalzvarianten	47
Abbildung 5: theoretische Leistung je Dachfläche	47
Abbildung 6: Kurzübersicht RW 21.....	47
Abbildung 7: Detaillierte Simulationsergebnisse, RW 21	48
Abbildung 8: Wirtschaftliche Simulationsergebnisse, RW 21	50
Abbildung 9: Nutzung der PV-Energie RW 21,[PV*Sol].....	51
Abbildung 10: Deckung des Verbrauchs RW21, [PV*Sol].....	51
Abbildung 11: kumulierter Cashflow (Dach-Gesamt), [PV*Sol].....	52
Abbildung 12: Stromverbrauch monatlich, Dreifachturnhalle.....	54
Abbildung 13: Carpet-Plot Dreifachturnhalle	54
Abbildung 14: Luftbild Turnhalle mit 200 kWp Anlagen [PV*Sol].....	56
Abbildung 15: Kurzübersicht Anlage zur Eigenstromnutzung Turnhalle, 63 kWp	57
Abbildung 16: Nutzung der PV-Energie, Dreifachturnhalle 63 kWp-Anlagen [PV*Sol]	58
Abbildung 17: Verbrauchsdeckung, Dreifachturnhalle 63 kWp-Anlagen [PV*Sol].....	58
Abbildung 18: Stromverbrauch monatlich, Umweltstation	61
Abbildung 19: Carpet-Plot Umweltstation.....	62
Abbildung 20: Kurzübersicht Anlage zur Eigenstromnutzung Umweltstation 29 kWp	63
Abbildung 21: Detaillierte Simulationsergebnisse Umweltstation	64
Abbildung 22: Wirtschaftliche Ergebnisse Umweltstation	65
Abbildung 23: Nutzung des Verbrauchs Umweltstation	66
Abbildung 24: Verbrauchsdeckung.....	66
Abbildung 25: Cashlfow.....	67
Abbildung 26: Detaillierte Simulationsergebnisse Umweltstation mit E-Mobilität	68
Abbildung 27: wirtschaftliche Ergebnisse Umweltstation mit E-Mobilität.....	70
Abbildung 28: Deckung des Gesamtverbrauchs	71

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aktuelle Einspeisevergütung für Gebäudeanlagen	42
Tabelle 2: EEG-Umlage auf Eigenverbrauch.....	42
Tabelle 3: Parameter der Anlagensimulation.....	43
Tabelle 4: Lastkurve RW 21.....	45
Tabelle 5: Lastkurve Dreifachturnhalle.....	55