

Dokumentation zur Leistungsphase 1 & 2

Kläranlage Empede Neustadt am Rübenberge

- Ergebnisbericht -

vorgelegt von

envibe

ENERGIE
VISIONEN
BERATUNG

Schubert, Bosch, Ahmels und Dr.-Ing. Yilmaz GbR

Friesenstr. 41, 30161 Hannover

www.envibe.de

die **Energie** 
Ingenieure

Schmidt und Reinisch GbR

Lange Laube 2, 30159 Hannover

www.die-energieingenieure.com

Hannover, 18. Juni 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzzusammenfassung.....	1
2	Projekt- und Zieldarstellung	1
2.1	Gesamtstrombedarf	3
2.2	BHKW.....	4
2.3	Reststrombezug.....	5
2.4	Business as usual Szenario.....	6
3	Potentialanalyse der Dachflächen für Photovoltaik.....	7
4	Annahmen	8
4.1	Aufdachanlage	9
5	Optimierung des Eigenverbrauches aus BHKW und PV Anlage	12
6	Nachhaltigkeit.....	13
7	Empfehlungen	14
8	Gewährleistung	14
	Literaturverzeichnis.....	15

1 Kurzzusammenfassung

Die verfügbaren Dachflächen der Kläranlage Empede lassen nach einer ersten Abschätzung die Errichtung einer Photovoltaik (PV)-Anlage mit einer Gesamtleistung von ca. 253,5 Kilowatt peak (kW_p) installierter Leistung zu. Die Statik der Dächer wurde bauseits geprüft und ausreichend Lastreserven für die PV-Anlage sind vorhanden.

Eine PV-Anlage mit 253,5 kW_p Leistung kostet nach einer ersten Abschätzung ca. 350.378 € (brutto) und amortisiert sich unter den gegebenen Annahmen (siehe Tabelle 1) nach 11 Jahren.

Eine stetige Optimierung des Gesamtsystems bestehend aus dem bereits installierten Blockheizkraftwerk (BHKW) und der künftigen PV-Anlage sollte nach einer Monitoringzeit weiter verfeinert werden. Die Steuerungstechnik sollte direkt mit der PV-Anlage installiert werden. Im weiteren Projektverlauf sollte der Faulturm als Wärmespeicher sowie die Betriebstemperaturgrenzen genauer untersucht werden, um Optimierungsvorschläge erarbeiten zu können.

2 Projekt- und Zieldarstellung

Der Abwasserbehandlungsbetrieb Neustadt a. Rbge. (ABN) betreibt drei Kläranlagen, die sich in den Stadtteilen Empede, Basse und Helstorf befinden.

Die größte der drei Anlagen mit einer Ausbaugröße von 40.000 Einwohnerwerten ist die Kläranlage in Empede. Dort erfolgt die Reinigung des Schmutzwassers aus der Kernstadt sowie aus den Stadtteilen Bordenau, Empede, Poggenhagen und Suttorf. Neben dem zentralen Labor des Abwasserbehandlungsbetriebs befinden sich auf dem Gelände der Kläranlage noch Sozialräume, Werkstätten, Büros und das Archiv.

Aufgrund gesetzlicher Änderungen wird zukünftig die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung mit deutlichen Einschränkungen verbunden sein, da Klärschlamm wie jedes andere Düngemittel nur bedarfsgerecht auf dem Acker ausgebracht werden darf. Vor diesem Hintergrund hat der ABN entschieden, eine Lagerhalle zur Zwischenlagerung des Klärschlammes zu errichten, die im Jahr 2019 fertiggestellt wurde. Auf dem ca. 1.200 m^2 großen Trapezblechdach soll nachträglich eine PV-Anlage installiert werden.

Zusätzlich steht mit dem Dach des Maschinengebäudes eine weitere Fläche (ca. 200 m^2) für die Errichtung einer weiteren PV-Anlage zur Verfügung. Die verfügbaren Dachflächen sind in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Potentielle Dachflächen der Kläranlage Empede

Gegenwärtig erfolgt die Stromversorgung der Kläranlage mittels eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) sowie aus dem Netz der öffentlichen Versorgung. Im Zuge der Errichtung der PV-Anlage soll ein Energiemanagementkonzept untersucht werden, wie der maximale Eigenverbrauch beider Stromerzeuger realisiert werden kann.

Ein hoher Eigenverbrauch des selbst erzeugten PV-Stroms ist auch für die Wirtschaftlichkeit von Bedeutung. In der Vergangenheit amortisierten sich PV-Anlagen primär durch eine hohe Stromeinspeisung in das öffentliche Netz. Durch die geänderten Rahmenbedingungen wird die Rentabilität von PV-Anlagen mittlerweile maßgeblich durch die Höhe des Eigenverbrauchs vor Ort bestimmt. Dies ist durch die Preisparität zwischen Strom aus dem öffentlichen Netz und PV-Strom vom Dach bedingt. Die Erlöse beim Betrieb einer PV-Anlage werden also teilweise durch Kosteneinsparungen beim Strombezug realisiert. Aus diesem Grund sollten neue PV-Anlagen unter der Prämisse errichtet werden, dass möglichst viel Strom vor Ort genutzt werden kann.

2.1 Gesamtstrombedarf

Die Kläranlage Empede hat einen jährlichen Gesamtstrombedarf von 1.168.000 kWh. Im Folgenden wird der Lastgang des Gesamtstrombedarfes analysiert.

Die Kläranlage Empede hat eine relativ hohe, konstante Grundlast von ca. 100 kW. Nur wenige Stunden im Jahr (ca. 8 %) wird eine Last von unter 100 kW abgenommen. Die Lastspitze im Jahr 2019 betrug 220 kW. Die Jahresdauerlinie des Strombezuges ist in Abbildung 2 und der durchschnittliche Strombedarf nach Wochentagen ist in Abbildung 3 dargestellt.

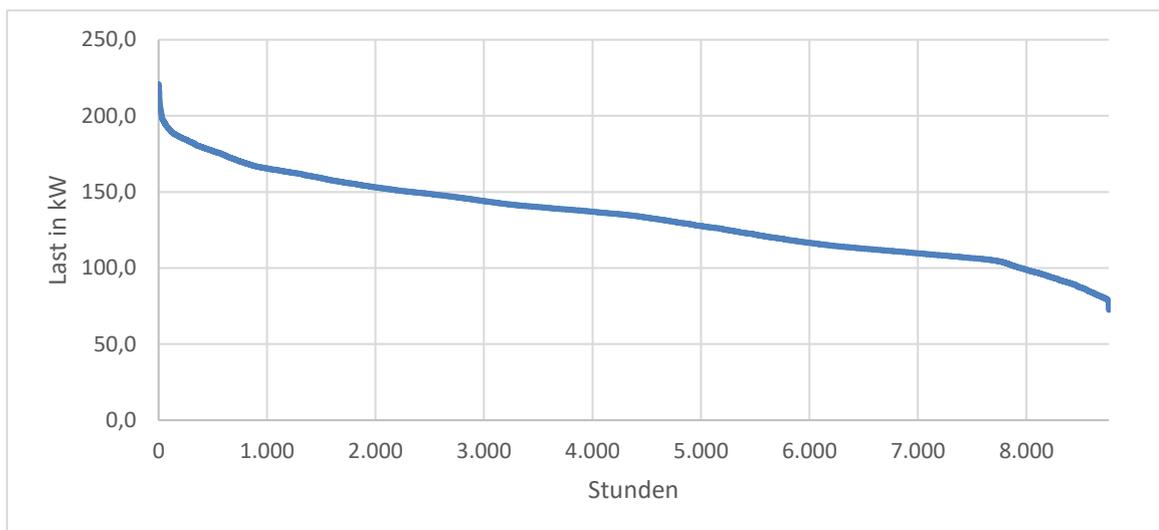


Abbildung 2: Jahresdauerlinie des Gesamtstrombezuges der Kläranlage Empede

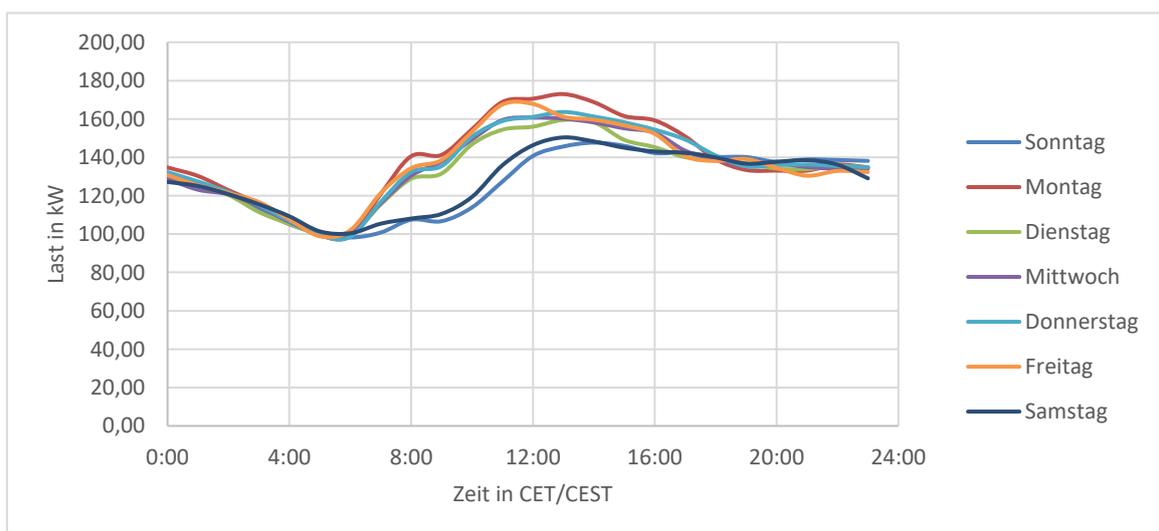


Abbildung 3: Durchschnittlicher Gesamtstrombedarf nach Wochentagen der Kläranlage Empede

2.2 BHKW

Neben der Versorgung aus dem öffentlichen Stromnetz wird der Strombedarf der Kläranlage Empede durch ein eigenes BHKW, das mit Klärgasen befeuert wird, gedeckt. Das BHKW wurde im Jahr 2009 installiert und besitzt eine elektrische Leistung von 105 kW und eine thermische Leistung von 162 kW. Der Hersteller des BHKWs ist die Kuntschar und Schlüter GmbH, die im Jahr 2018 in der Wolf Power Systems GmbH aufging.

In jüngerer Vergangenheit wurde das BHKW vollständig überholt. Der ABN geht von einer Restlaufzeit von max. 10 Jahren aus.

Im Jahr 2019 hat die Gesamterzeugung 607.947 kWh betragen. Davon wurden 1.233,5 kWh in das Netz der öffentlichen Versorgung eingespeist und der Rest vollständig am Standort verbraucht. Die erzeugte Leistung des BHKW, wie in der Jahresdauerlinie in Abbildung 4 dargestellt, beträgt zwischen 45 und 100 kW. Des Weiteren gibt es keine großen Lastschwankungen über die Zeit.

Die durchschnittliche Stromerzeugung des BHKWs nach Wochentagen ist in Abbildung 5 dargestellt. Ferner steht auf der Kläranlage ein 200 m³ großer Gasspeicher zur Zwischenpufferung der Klärgase zur Verfügung.

Aufgrund des Alters des BHKWs erhält das BHKW keine KWK-Förderung auf den Eigenverbrauch mehr, sondern nur eine Vergütung in Höhe des „üblichen Preises“ (KWK-Gesetz). Anstelle von größeren, zukünftigen Modernisierungen sollte ggf. eine Ersatzinvestition in ein neues BHKW betrachtet werden, da durch diese ein erneuter Förderanspruch auch für den Eigenverbrauch bestehen würde.

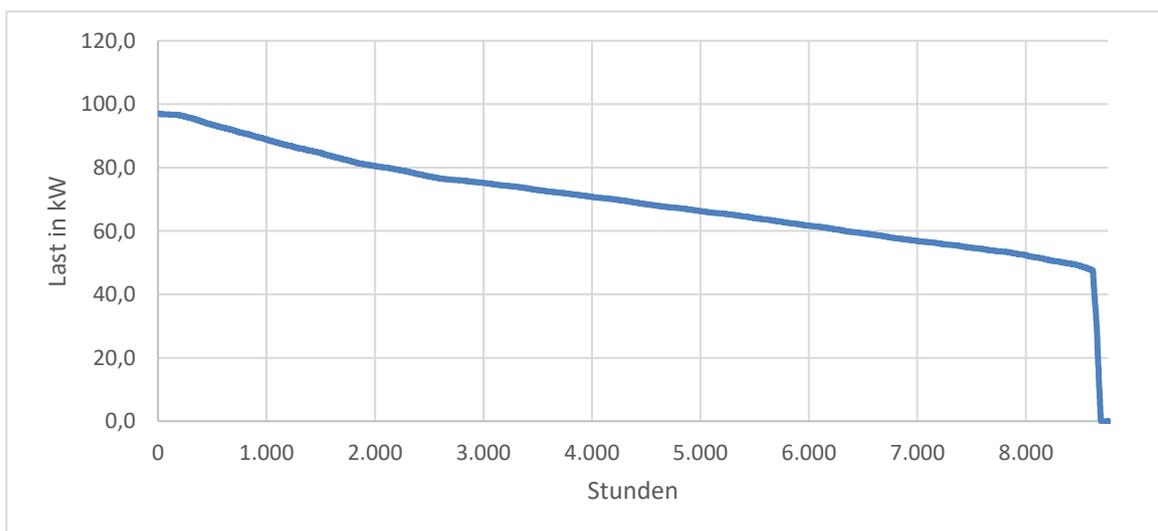


Abbildung 4: Jahresdauerlinie der Stromerzeugung des BHKWs

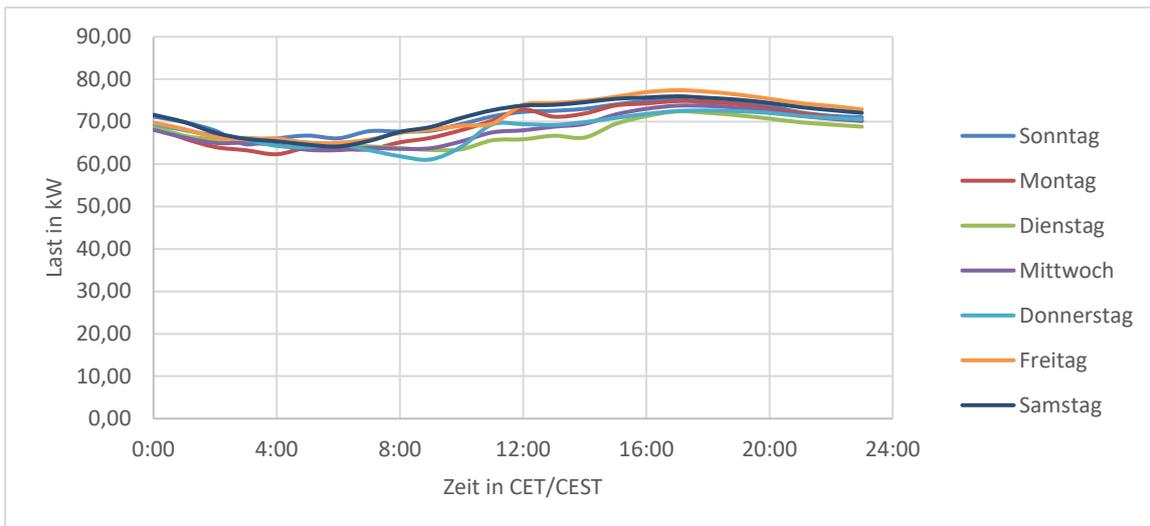


Abbildung 5: Durchschnittliche Stromerzeugung des BHKWs nach Wochentagen

Die Abwärme des BHKWs wird für die Beheizung des Faulturmes mit einer Größe von 2.100 m³ sowie für die Gebäudebeheizung verwendet. Die Temperatur des Faulturms wird durch die Abwärme des BHKWs konstant bei 37 °C gehalten. Ein Wärmelastprofil liegt zur Analyse nicht vor. Bei der Wärmeübergabe ist ein Wärmemengenzähler installiert, der jedoch ausschließlich kumulativ misst. Gemäß den Angaben von ABN beträgt der Wärmebedarf ca. 3.000 kWh/Tag.

2.3 Reststrombezug

Um den restlichen Strombedarf zu decken, wurde im Jahr 2019 weitere 561.226 kWh Strom aus dem Netz der öffentlichen Versorgung bezogen. Die Jahresdauerlinie sowie der durchschnittliche Strombedarf nach Wochentagen für den Restbezug sind in Abbildung 6 und Abbildung 7 dargestellt.

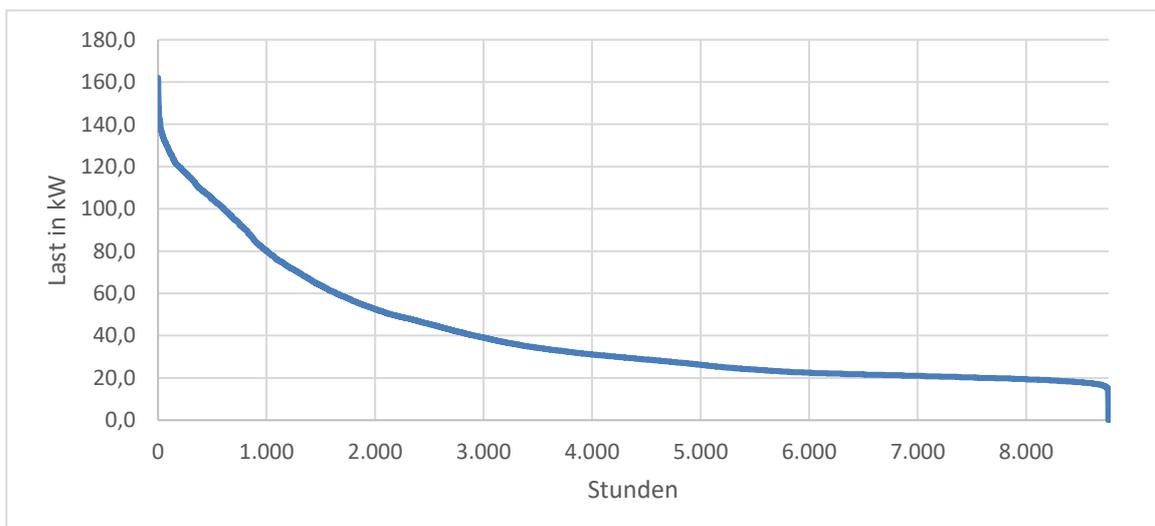


Abbildung 6: Jahresdauerlinie des Reststrombezuges

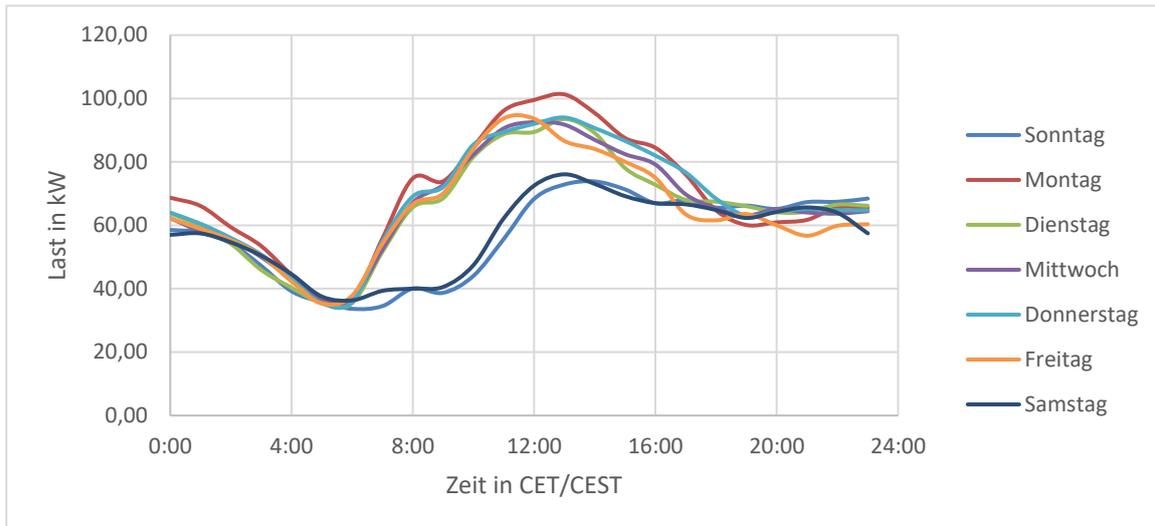


Abbildung 7: Durchschnittlicher Strombedarf nach Wochentagen für den Restbezug

2.4 Business as usual Szenario

Eine PV-Anlage trägt zur Absicherung gegen zukünftige Kostensteigerung bei. In der folgenden Abschätzung wird dies näher erläutert. Es wird ein Business as usual (BAU) Szenario angenommen, bei dem keine PV-Anlage installiert wird und der Strom der Kläranlage weiterhin vollständig aus dem BHKW und dem öffentlichen Netz bezogen wird.

Durch eine überschlägige Rechnung soll im Folgenden verdeutlicht werden, wie sich die Kosten für den Strombezug der Kläranlage entwickeln könnten. Aufgrund des Stromverbrauchs werden für die Berechnung Gewerbestrompreise angenommen. In den vergangenen Jahren ist dieser Strompreis (netto, inkl. aller Abgaben und Umlagen) von 19,75 Cent/kWh (2008) auf 21,56 Cent/kWh (2018) gestiegen (Bundesnetzagentur 2018). Für den Zeitraum von 2018 bis 2030 wird eine jährliche Preissteigerung von 1,0 % prognostiziert.

Unter der Annahme, dass der Reststrombezug der Kläranlage unverändert bei 561.226 kWh pro Jahr bleibt, würden die Stromkosten auf diese Weise von 133.939 € im Jahr 2021 auf etwa 163.431 € im Jahr 2041 ansteigen (siehe Abbildung 8)¹.

¹ Im Gegensatz zur Betrachtung der Kosteneinsparung bei PV-Eigenerzeugung wurde in dieser Kalkulation ein Strompreis von 23,87 Cent/kWh (brutto) angenommen. Dieser beinhaltet neben den variablen auch die fixen Preiselemente z.B. den Grund- und Leistungspreis. Der Preis wurde auf Grundlage der Abrechnung für den März 2020 ermittelt.

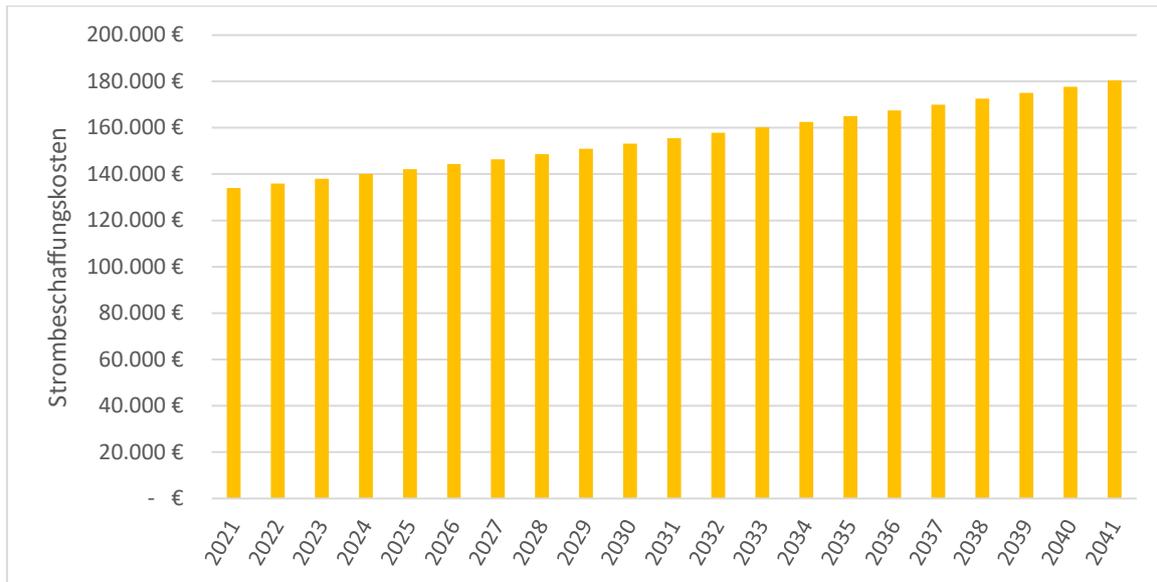


Abbildung 8: Jährliche Reststrombeschaffungskosten der Kläranlage bis zum Jahr 2041 ohne die Installation einer PV-Anlage

Es ist an dieser Stelle zu betonen, dass diese Berechnung eine überschlägige Prognose darstellt und nicht alle zukünftigen Entwicklungen genau abbilden kann. Beispielsweise verfügt das BHKW über eine Restlaufzeit von ca. 7-10 Jahren, sodass in dem oben aufgeführten Betrachtungszeitraum auch eine Erneuerung des BHKWs notwendig wird.

3 Potentialanalyse der Dachflächen für Photovoltaik

Auf dem 1.200 m² großem Dach der Lagerhalle zur Zwischenlagerung des Klärschlammes ist die Errichtung einer PV-Anlage mit einer Leistung von 218 kW_p möglich.

Die Befestigung der Unterkonstruktion am Trapezblech ist ohne großen Aufwand möglich. Die Unterkonstruktionen werden von verschiedenen Hersteller am Markt angeboten. Die Schienen zur Befestigung der PV-Module werden kraftschlüssig mit dem Dach verbunden. Die Schraubverbindungen werden entweder von oben oder seitlich am Trapezblech außerhalb der wasserführenden Ebene hergestellt. Ferner ist die unterschiedliche thermische Ausdehnung der Montageschienen und der Dacheindeckung zu berücksichtigen.

Außerdem steht das Ziegeldach der Maschinenhalle für die Errichtung einer PV-Anlage zur Verfügung. Auf dieser Dachfläche kann eine Leistung von ca. 36,5 kW_p installiert werden kann.

Ebenfalls sind auf dem Markt verschiedene Unterkonstruktionen für diese Art der Dacheindeckung vorhanden, empfohlen werden Dachhaken und Alu-Trägerprofile.

4 Annahmen

Zunächst werden grundlegende Parameter und erforderliche Annahmen erläutert, die allgemein für den Betrieb von PV-Anlagen wichtig sind. Im Anschluss erfolgt eine spezifische Betrachtung der Aufdachanlage.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Annahmen ergeben sich aus der Analyse der überreichten Unterlagen sowie typischen Annahmen. Der angenommene jährliche Strombezug beruht auf den Verbrauchsdaten des Jahres 2019. In Zukunft sind laut ABN weder nennenswerte Verbrauchsreduktionen noch -steigerungen durch den Betrieb während der Tageslichtphase geplant.

Tabelle 1: Angenommene Parameter zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage

Parameter	Einheit	Wert
Spezifische Investitionskosten inkl. Planung (brutto)	€/kW _p	1.382
Spezifische Anschaffungskosten inkl. Installation (netto)	€/kW _p	959
Monat der Inbetriebnahme ²	-	Januar 2021
Anlagengröße	kW _p	253,5
Eigenkapitalquote	%	100
Jährlicher Strombezug aus dem Netz	kWh/a	561.226
Strompreis gesamt (brutto)	Cent/kWh	23,87
Jährliche Steigerung Strompreis	%/a	2,29
Eigenverbrauchsanteil	%	79
Spezifischer jährlicher Energieertrag der PV-Anlage	kWh/(a kW _p)	922
Abnahme spez. jährl. Ertrag PV-Anlage	%/a	-0,25
Kosten für Versicherung (brutto)	€/kW _p	2,38
Steigerung der Versicherungskosten	%/a	1,5
Kosten für technische Betriebsführung inkl. Reinigung (brutto)	€/kW _p	6,55
Steigerung der Kosten für technische Betriebsführung	%/a	1,5

² Bis zur Inbetriebnahme wird ein monatlicher Rückgang der Vergütung um ein Prozent angenommen.

Die Erlöse aus dem Betrieb der PV-Anlage sind ersparte Aufwendungen für den Strombezug aus dem Netz. Der Bruttopreis wird in den Berechnungen gutgeschrieben. Im Gegensatz zu den Werten in Kapitel 2.4 wird im Folgenden jedoch nur der variable Teil des Strompreises angerechnet. Da sich Rechnungspositionen wie der Grundpreis auch durch den Betrieb einer PV-Anlage nicht verändern, liegt die Einsparung für jede eigenerzeugte Kilowattstunde aus der PV-Anlage bei 20,07 Cent/kWh.

Einen Einfluss auf die Rentabilität hat auch die Höhe der EEG-Umlage, denn für jede eigenverbrauchte Kilowattstunde muss 40 Prozent der Umlage an den Netzbetreiber abgeführt werden. Verändert sich also die Umlage, verändert dies auch den Erlös. Für die Berechnung wurde die EEG-Umlage für das Jahr 2020 (6,756 Cent/kWh) genutzt. Die Höhe der Umlage bleibt über den Betrachtungszeitraum konstant³.

Die Vergütung für eingespeisten Strom erfolgt für 20 volle Jahre und das Jahr der Inbetriebnahme. Aus diesem Grund ist der in dieser Analyse betrachtete Zeitraum 21 Jahre. Ausdrücklich ist an dieser Stelle hervor zu heben, dass die heutigen Anlagenkomponenten eine Lebensdauer von deutlich mehr als 20 Jahren haben (außer den Wechselrichtern). Es ist daher davon auszugehen, dass die PV-Anlage auch nach dem Auslaufen der EEG-Vergütung weiter Strom produziert.

4.1 Aufdachanlage

Machbarkeit bei der Kläranlage Empede

Die Installation von PV-Anlagen auf Gebäudedächern ist heute technischer Standard. Wie im Kapitel 3 dargestellt, gibt es verschiedene Unterkonstruktionen für die verschiedenen Dachformen und –eindeckungen.

Für die Wechselrichter gibt es verschiedene Optionen zur Platzierung. Bei der Klärschlammhalterhalle wird empfohlen, diese seitlich zu befestigen. Aufgrund des IP-Schutzes ist eine Installation im Außenbereich möglich, es wird jedoch ein Witterungsschutz empfohlen. In der Maschinenhalle ist ausreichend Platz für eine innenliegende Montage vorhanden. Es ist zu berücksichtigen, dass die Geräte Abwärme produzieren. Das zukünftige Messkonzept, insbesondere aufgrund des bestehenden BHKWs ist im weiteren Projektverlauf mit dem Netzbetreiber abzuklären.

³ Aktuell gibt es in der Bundesregierung im Rahmen der Corona Maßnahmen Überlegungen, die EEG-Umlage durch Steuergelder dauerhaft auf 6,0 bzw. 6,5 Cent/kWh zu fixieren. Sollte sich dies im Laufe der Planung konkretisieren, sind die Berechnungen entsprechend anzupassen.

Wegen des Stromverbrauches und des hohen Eigenverbrauches, aber insbesondere auch aufgrund der Vorbildfunktion eines „öffentlichen“ Gebäudes, wird empfohlen die verfügbare Dachfläche maximal zu belegen. Somit wäre eine PV-Anlage mit 253,5 kW_p möglich.

In jedem Fall muss eine Netzverträglichkeitsprüfung beim zuständigen Netzbetreiber vor der Umsetzung durchgeführt werden, da die geplante Anlagenleistung mehr als 30 kW_p beträgt. Diese wurde bereits eingeleitet. Vom Netzbetreiber, der Leinenetz GmbH, wurde bereits mündlich mitgeteilt, dass eine Einspeisung voraussichtlich möglich ist. Ferner wurde die Statik der neuen Lagerhalle eingesehen. Dort wurden entsprechende Lastreserven berücksichtigt. Für die Maschinenhalle wurde das Statik Büro Radeloff konsultiert. Nach Prüfung der Unterlagen wurden ausreichend Lastreserven bestätigt.

Kostenschätzung

Die Kostenschätzung für die Installation der PV-Anlage ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Kostenschätzung

Pos.	Beschreibung	Betrag (€)
1	PV-Anlage auf der Lagerhalle	170.000
2	PV-Anlage auf der Maschinenhalle	35.000
3	Garantieverlängerung der Wechselrichter auf 20 Jahre	13.000
4	AC-seitige Anschlussarbeiten	18.500
5	Netzbetreiberkosten (Zählertausch, Fernwirkanlage)	5.250
6	Direktvermarkterschnittstelle	1.250
Anrechenbare Kosten (netto)		243.000
7	Ingenieursleistung gemäß HOAI inkl. Nebenkosten ⁴	51.435
Summe (netto)		294.435
MwSt.		55.943
Summe (brutto)		350.378

⁴ Das Honorar für die Leistungsphasen 1 und 2 wurde basierend auf den zuerst geschätzten Netto-Herstellungskosten in Höhe von 100.000 € bestimmt.

Die Kosten für den Netzbetreiber werden sich im weiteren Projektverlauf konkretisieren, da weitere Details, insbesondere die Fernwirkung und das Messkonzept geklärt werden müssen.

Für die Installation einer PV-Anlage mit einer Größe von 253,5 kW_p werden insgesamt 1.382 € pro installiertes Kilowatt angesetzt, die Anlage kostet brutto also 350.378 €.

Rentabilität

Die Bewertung der Investition in eine PV-Anlage erfolgt anhand der statischen Amortisationsdauer. Außerdem wird zur besseren Interpretation des Investments der Kapitalfluss über die Nutzungsdauer von 20 Jahren berechnet.

Das Ergebnis der Kapitalflussrechnung ist in Abbildung 9 für die 253,5 kW_p-Anlage dargestellt. Die statische Amortisationsdauer der PV-Anlage beträgt 11 Jahre und am Ende der Nutzungsdauer von 20 Jahren wird ein positiver Betrag von etwa 358.507 € prognostiziert.

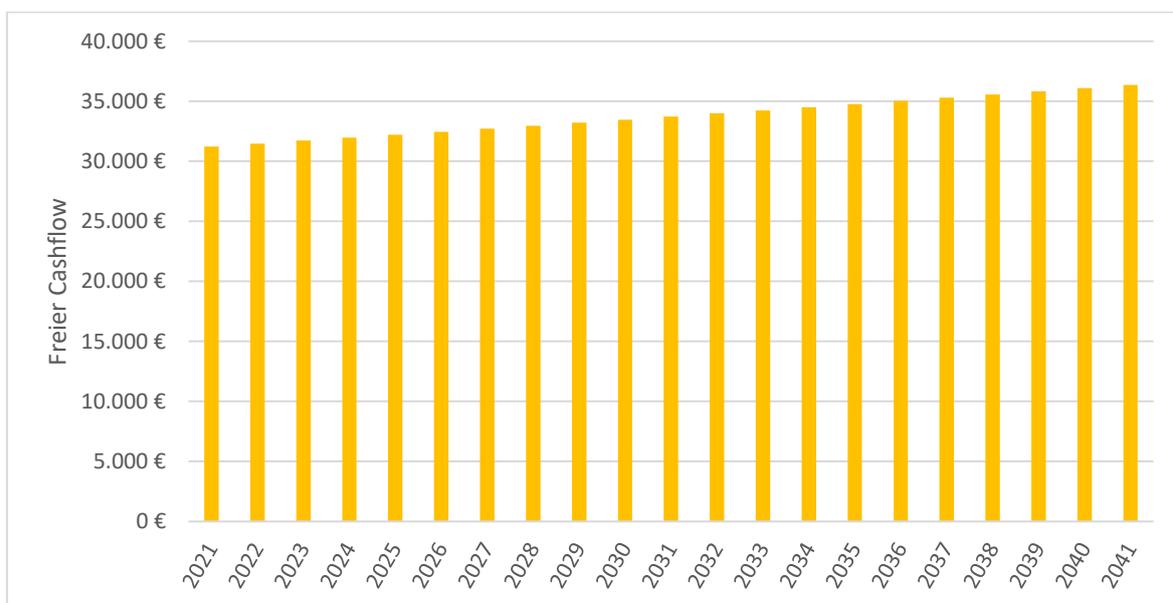


Abbildung 9: Freier Cashflow der Investition in eine Photovoltaikanlage

Die Investition in eine PV-Anlage auf den Dächern der Lagerhalle und der Maschinenhalle ist rentabel. Aufgrund des höheren planerischen Aufwandes sowie den höheren Anforderungen bei der baulichen Umsetzung sind die prognostizierten Installationskosten höher als bei privatwirtschaftlichen Vorhaben.

Wechselrichter und PV-Versicherung

Die Wechselrichter wandeln den Gleichstrom in Wechselstrom um und sind das zentrale Element einer PV-Anlage. Für eine hohe Betriebssicherheit ohne oder mit wenigen Ausfällen wird empfohlen, einen hochwertigen Wechselrichter zu installieren. Ferner wird empfohlen, eine Garantieverlängerung abzuschließen. Diese wurde bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse bereits berücksichtigt.

Eine PV-Versicherung sollte ebenfalls abgeschlossen. In der Regel werden Sachversicherungen gegen Brand, Blitzschlag, Sturm, Hagel, Diebstahl, Vandalismus und Überspannung abgeschlossen. Eine Ertragsausfallsversicherung kann ergänzt werden. Bei einigen Gesellschaften können PV-Anlagen in bestehende Gebäudeversicherungen integriert werden. Eine Ertragsausfallsversicherung kann ergänzt werden. Ausgewählte Police schließen auch Schäden an den Wechselrichtern mit ein, weshalb in diesen Fällen eine Garantieverlängerung für diese Geräte dann nicht erforderlich ist.

Die Versicherungsprämien wurden bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit bereits berücksichtigt.

5 Optimierung des Eigenverbrauches aus BHKW und PV Anlage

Das Ziel des Abwasserbehandlungsbetrieb Neustadt a. Rbge. ist es, den Eigenverbrauch aus beiden Stromerzeugungsanlagen zu maximieren. Aufgrund des dargebotsabhängigen PV-Stroms und der aktuellen Unwirtschaftlichkeit von großen Stromspeicher ist eine Anpassung der Stromerzeugung aus dem BHKW ein möglicher Lösungsweg.

Ohne eine Optimierung des Gesamtsystems beträgt der Eigenverbrauch des PV-Stroms ca. 79 %. Bei der Betrachtung des Strombezuges der Kläranlage ohne BHKW, beträgt der Eigenverbrauch des PV-Stroms ca. 97 %. Am Ende der Nutzungsdauer von 20 Jahren wird bei diesem erhöhten Eigenverbrauch ein positiver Betrag von etwa 470.837 € prognostiziert und somit 112.330 € höher (ca. 5.350 € pro Jahr) als bei einem geringeren Eigenverbrauch.

Durch den Einsatz von Steuerungstechnik ist eine Optimierung des Gesamtsystems möglich. Aufgrund des Gasspeichers kann das BHKW stromgeführt gefahren werden, nichtsdestotrotz muss der Wärmebedarf des Faulturms gedeckt werden. Die mittlere Temperatur des Turms beträgt 37 °C. Für eine genauere Betrachtung des Systems müsste der Wärmebedarf des Faulturms aufgezeichnet werden sowie mögliche Betriebstemperaturgrenzen, sodass der Turm als Wärmespeicher dienen kann.

Der durchschnittliche Klärgasbedarf des BHKWs beträgt ca. $32 \text{ m}^3/\text{h}$.⁵ Dies würde bedeuten, dass die Gasmenge für eine Betriebsdauer von ca. 6,2 h im 200 m^3 großen Gasspeicher gepuffert werden könnte.⁶ Auf dem Markt gibt es verschiedene Lösungen für die Steuerung von PV-Anlagen in Kombination mit BHKWs. Im weiteren Projektverlauf müsste erarbeitet werden, inwiefern eine Standardlösung dieses System abdecken kann, insbesondere zur Aufrechterhaltung der Faulturmtemperatur.

6 Nachhaltigkeit

Der Strom vom Dach kann zu einer Reduktion des CO_2 -Fußabdrucks beitragen. Während durch eine Kilowattstunde Strom aus dem Netz im Jahr 2018 durchschnittlich $474 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$ ausgestoßen wurden (UBA 2018), wird PV-Strom nahezu klimaneutral erzeugt. Eine PV-Anlage auf den Dächern der Kläranlage hätte also im Jahr 2019 bereits etwa $111,2$ Tonnen CO_2 vermieden.

Bei der Investitionsentscheidung für die Errichtung und den Betrieb einer PV-Anlage spielen neben der Rentabilität auch nicht-monetäre Aspekte eine bedeutende Rolle. Dies gilt im Besonderen für öffentliche Träger, da hier eine Vorbildfunktion gegeben ist.

Die deutsche Gesellschaft befindet sich auf dem Weg in eine Stromgesellschaft und möchte die Ziele der Energiewende erreichen. Es ist zu erwarten, dass der Stromverbrauch durch die Ausweitung von elektrisch betriebenen Endgeräten zukünftig weiter ansteigen wird. Beschleunigt wird dies durch die Sektorenkopplung in der Energiewirtschaft. Konventionell erzeugter Strom hat eine nachteilige CO_2 -Bilanz im Vergleich zu regenerativen Energien. Die PV-Anlage auf dem eigenen Gebäude erzeugt nahezu CO_2 - und klimaneutral Strom.

Die PV-Anlage eignet sich darüber hinaus für Marketingmaßnahmen, beispielsweise zur Außendarstellung von Maßnahmen im Bereich regenerativer Energien (z.B. Bildschirm mit aktuellen Ertragswerten am Eingang). Hierzu gibt es von der BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) für öffentliche Auftraggeber sehr gute Fördermöglichkeiten (z.B. Visualisierung mit dem Solarfox). Zudem kann die Anlage und deren Ertragswerte zur Veranschaulichung genutzt werden. Auch gemeinsame Konzepte in Verbindung mit Elektromobilität sind denkbar. Der Abwasserbehandlungsbetrieb kann mit der PV-Anlage einen signifikanten Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesrepublik Deutschland leisten. Zusätzlich ist die dezentrale Eigenstromerzeugung ein Beispiel für die regionale Wertschöpfung.

⁵ Annahme: Heizwert des Klärgases: $6,2 \text{ kWh/m}^3$, elektr. Leistung: 70 kW , elektr. Wirkungsgrad: 35%

⁶ Annahme: Keine Druckerhöhung im Gasspeicher

7 Empfehlungen

Das Ingenieurbüro „die Energieingenieure“ wurde vom Abwasserbehandlungsbetrieb Neustadt a. Rbge. über die Leistungsphasen 1 und 2 für die Errichtung einer PV-Anlage beauftragt.

Aufgrund der verfügbaren Dachflächen und des hohen Strombedarfes während der Tageslichtphase ist die Installation einer PV-Anlage zu empfehlen. In diesem Bericht wurde ebenfalls gezeigt, dass die Installation einer 253,5 kW_p-Anlage auf dem Dach vorteilhafter ist als den restlichen Strom aus dem öffentlichen Netz zu beziehen.

Für die Optimierung des Gesamtsystems aus BHKW und PV-Anlage wird empfohlen, das künftige Energiesystem mit Messtechnik auszustatten und im Betrieb weitere Optimierungsmaßnahmen durchzuführen. Bei der Installation der PV-Anlage sollte aber bereits die notwendige Steuerungstechnik installiert werden.

Mit der Installation einer PV-Anlage sichert sich der Abwasserbehandlungsbetrieb gegen steigende Strombezugskosten ab und leistet in seiner kommunalen Vorbildfunktion einen erheblichen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz.

Zudem wird künftig zu erwartenden Strompreiserhöhungen entgegengewirkt, da der PV-Strompreis vom Dach während des gesamten Betrachtungszeitraums konstant bleibt und nicht steigt.

8 Gewährleistung

Die für die Analyse getroffenen Annahmen und die hier dargestellten Prognosen werden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Es entspricht dem Stand der Wissenschaft und der Technik. Die endgültige Anlagendimensionierung unter Berücksichtigung des vorhandenen Energiesystems sowie die Prüfung rechtlicher und regulatorischer Rahmenbedingungen für den Anlagenbetrieb ist im Falle einer Realisierung zu prüfen.

Literaturverzeichnis

Bundesnetzagentur (2018): Monitoringbericht 2018. Hg. v. Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2018/Monitoringbericht_Energie2018.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 15.12.2018.

Prognos et al. (2014): Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. Hg. v. Prognos AG, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (ewi), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS). Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/entwicklung-der-energiemaerkte-energiereferenzprognose-endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=7, zuletzt aktualisiert am 07.02.2018.

UBA (2018): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2017. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien-/1410/publikationen/2018-05-04_climate-change_11-2018_strommix-2018_0.pdf, zuletzt geprüft am 12.12.2018.

17.06.2020

Kostenschätzung

Projekt: Kläranlage Empede

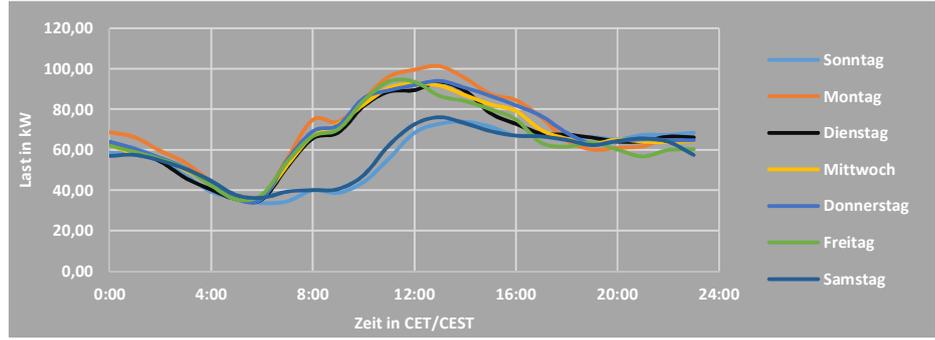
Auftraggeber: Abwasserbehandlungsbetrieb Neustadt a. Rbge

Tabelle 1: Kostenschätzung

Pos.	Beschreibung	Betrag (€)
1	PV-Anlage auf der Lagerhalle	170.000
2	PV-Anlage auf der Maschinenhalle	35.000
3	Garantieverlängerung der Wechselrichter auf 20 Jahre	13.000
4	AC-seitige Anschlussarbeiten	18.500
5	Netzbetreiberkosten (Zählertausch, Fernwirkanlage)	5.250
6	Direktvermarkterschnittstelle	1.250
Anrechenbare Kosten (netto)		243.000
7	Ingenieursleistung gemäß HOAI inkl. Nebenkosten ¹	51.435
Summe (netto)		294.435
MwSt.		55.943
Summe (brutto)		350.378

¹ Das Honorar für die Leistungsphasen 1 und 2 wurde basierend auf den zuerst geschätzten Netto-Herstellungskosten in Höhe von 100.000 € bestimmt.

Kalkulationsgrundlage	Zeitraum der Betrachtung	21 Jahre ^a
	Investitionskosten	350.378 €
	Anlagengröße	253,5 kWp
	Jahresertrag	233.709 kWh
	Monat der Inbetriebnahme	Jan 21
	EEG-Einspeisevergütung	0,0623 €
	Anteil Eigenverbrauch	79,00 %
	Strompreissteigerung	0,50 %
	Degradation (Modul)	0,25 %
	EEG-Umlage	0,0804 €
	Anteil EEG auf Eigenverbrauch	40 %
	Dachpacht	0,00 %



Alle Angaben entsprechen Bruttowerten.

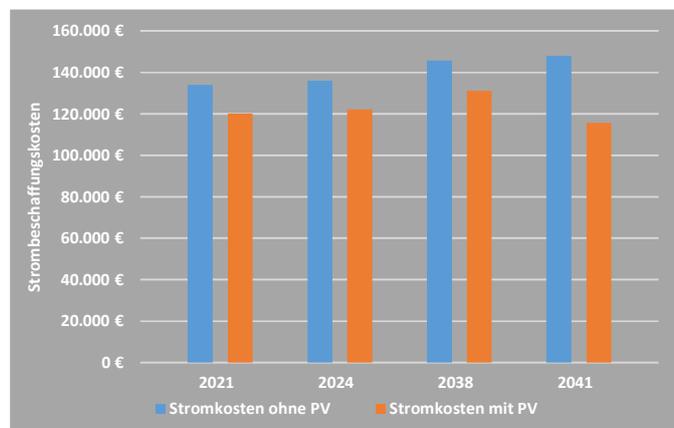
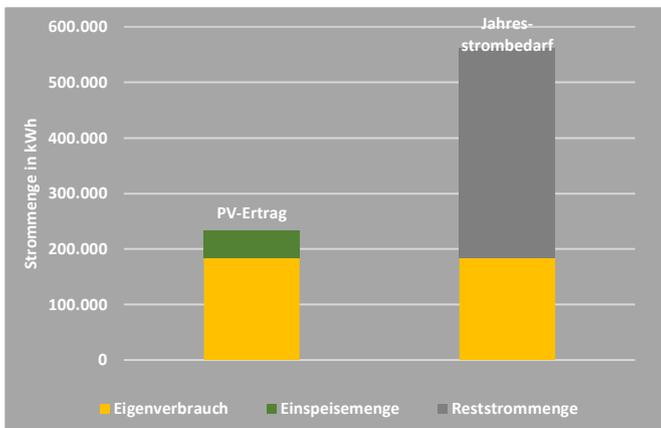
	2021	2022	2023	2024	[...]	2038	2039	2040	2041
Jahresstrombedarf	561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh		561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh
PV-Jahresertrag	233.709 kWh	233.124 kWh	232.541 kWh	231.960 kWh		223.972 kWh	223.412 kWh	222.854 kWh	222.297 kWh
Eigenverbrauch	184.630 kWh	184.168 kWh	183.708 kWh	183.248 kWh		176.938 kWh	176.496 kWh	176.054 kWh	175.614 kWh
Einspeisemenge	49.079 kWh	48.956 kWh	48.834 kWh	48.712 kWh		47.034 kWh	46.917 kWh	46.799 kWh	46.682 kWh
Reststrommenge	376.596 kWh	377.058 kWh	377.518 kWh	377.978 kWh		384.288 kWh	384.730 kWh	385.172 kWh	385.612 kWh

Strombeschaffungskosten ohne PV	133.939 €	134.609 €	135.282 €	135.958 €		145.791 €	146.520 €	147.253 €	147.989 €
spez. Strombeschaffungskosten	0,2387 €/kWh	0,2398 €/kWh	0,2410 €/kWh	0,2423 €/kWh		0,2598 €/kWh	0,2611 €/kWh	0,2624 €/kWh	0,2637 €/kWh
Fixkosten der Strombe. pro Jahr	21.321 €	21.428 €	21.535 €	21.643 €		23.208 €	23.324 €	23.441 €	23.558 €
Variable Kosten der Strombe.	0,2007 €/kWh	0,2017 €/kWh	0,2027 €/kWh	0,2037 €/kWh		0,2184 €/kWh	0,2195 €/kWh	0,2206 €/kWh	0,2217 €/kWh

EEG-Einspeisevergütung	3.058 €	3.051 €	3.043 €	3.035 €		2.931 €	2.923 €	2.916 €	2.909 €
Verkauf an Dritte	- €	- €	- €	- €		- €	- €	- €	- €
Erlöse	3.058 €	3.051 €	3.043 €	3.035 €		2.931 €	2.923 €	2.916 €	2.909 €

Versicherung	603 €	612 €	622 €	631 €		777 €	789 €	801 €	813 €
tech. Betriebsführung	1.659 €	1.684 €	1.709 €	1.735 €		2.137 €	2.169 €	2.201 €	2.234 €
Direktvermarktung	146 €	146 €	145 €	145 €		140 €	140 €	139 €	139 €
Pacht	- €	- €	- €	- €		- €	- €	- €	- €
kalk. Abschreibung	17.519 €	17.519 €	17.519 €	17.519 €		17.519 €	17.519 €	17.519 €	- €
Fremdkapitalkosten	- €	- €	- €	- €		- €	- €	- €	- €
Messstellenbetrieb	524 €	531 €	539 €	548 €		674 €	685 €	695 €	705 €
40 % EEG-Umlage	5.937 €	5.923 €	5.908 €	5.893 €		5.690 €	5.676 €	5.662 €	5.648 €
Reststrombezug	96.891 €	97.468 €	98.049 €	98.633 €		107.144 €	107.777 €	108.413 €	109.053 €
Kosten	123.279 €	123.883 €	124.491 €	125.103 €		134.081 €	134.754 €	135.430 €	118.592 €

Strombeschaffungskosten ohne PV	133.939 €	134.609 €	135.282 €	135.958 €		145.791 €	146.520 €	147.253 €	147.989 €
Strombeschaffungskosten mit PV	120.221 €	120.832 €	121.448 €	122.067 €		131.151 €	131.830 €	132.514 €	115.683 €
Einsparungen pro Jahr	13.718 €	13.776 €	13.834 €	13.891 €		14.640 €	14.690 €	14.739 €	32.306 €



Gesamteinsparungen	317.163 €
CO ₂ -Einsparungen (kum)	2.269 t
Rendite (durchs.)*	4,31 %
Autarkiegrad	32,82 %
PV-Strom vom Dach	0,1212 €/kWh
Amortisationsdauer	12 Jahre

Maximilian Bosch

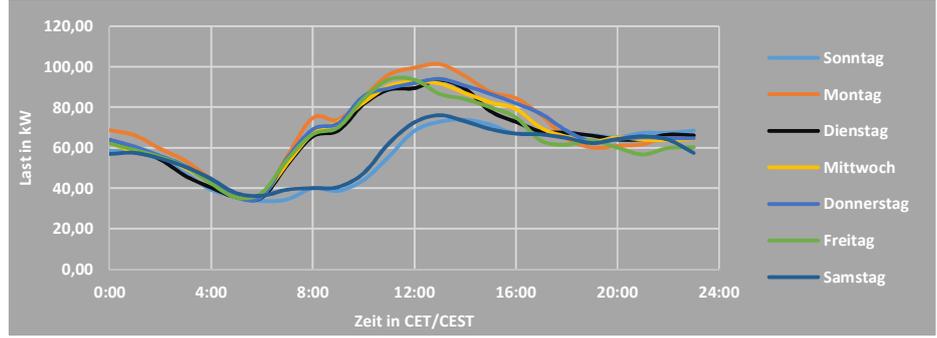
☎ 0172 16 00 501

✉ maximilian.bosch@envibe.de

^a EEG-Vergütung für die Dauer von 20 Kalenderjahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres

*Definition: Einsparungen (kum.) im Verhältnis zur Investitionssumme.

Kalkulationsgrundlage	Zeitraum der Betrachtung	21 Jahre ^a
	Investitionskosten	350.378 €
	Anlagengröße	253,5 kWp
	Jahresertrag	233.709 kWh
	Monat der Inbetriebnahme	Jan 21
	EEG-Einspeisevergütung	0,0623 €
	Anteil Eigenverbrauch	79,00 %
	Strompreissteigerung	1,00 %
	Degradation (Modul)	0,25 %
	EEG-Umlage	0,0804 €
	Anteil EEG auf Eigenverbrauch	40 %
	Dachpacht	0,00 %



Alle Angaben entsprechen Bruttowerten.

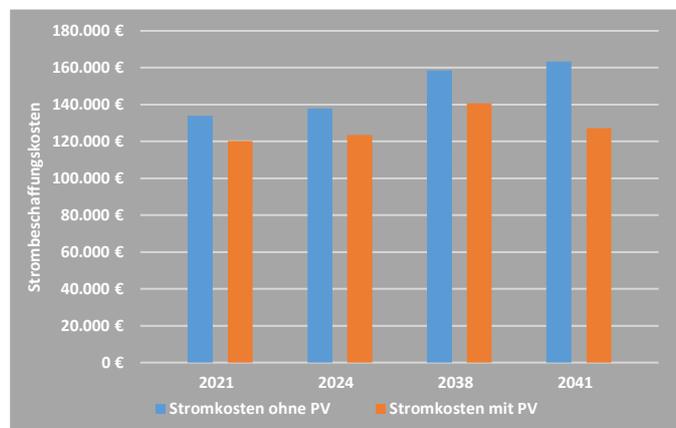
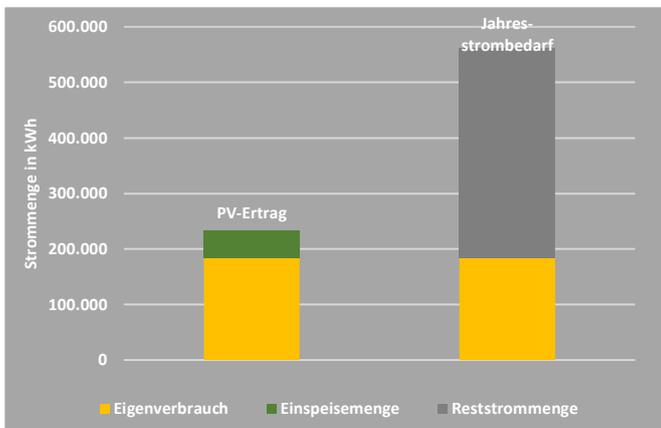
	2021	2022	2023	2024	[...]	2038	2039	2040	2041
Jahresstrombedarf	561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh		561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh
PV-Jahresertrag	233.709 kWh	233.124 kWh	232.541 kWh	231.960 kWh		223.972 kWh	223.412 kWh	222.854 kWh	222.297 kWh
Eigenverbrauch	184.630 kWh	184.168 kWh	183.708 kWh	183.248 kWh		176.938 kWh	176.496 kWh	176.054 kWh	175.614 kWh
Einspeisemenge	49.079 kWh	48.956 kWh	48.834 kWh	48.712 kWh		47.034 kWh	46.917 kWh	46.799 kWh	46.682 kWh
Reststrommenge	376.596 kWh	377.058 kWh	377.518 kWh	377.978 kWh		384.288 kWh	384.730 kWh	385.172 kWh	385.612 kWh

Strombeschaffungskosten ohne PV	133.939 €	135.279 €	136.631 €	137.998 €		158.625 €	160.211 €	161.813 €	163.431 €
spez. Strombeschaffungskosten	0,2387 €/kWh	0,2410 €/kWh	0,2435 €/kWh	0,2459 €/kWh		0,2826 €/kWh	0,2855 €/kWh	0,2883 €/kWh	0,2912 €/kWh
Fixkosten der Strombe. pro Jahr	21.321 €	21.535 €	21.750 €	21.968 €		25.251 €	25.504 €	25.759 €	26.016 €
Variable Kosten der Strombe.	0,2007 €/kWh	0,2027 €/kWh	0,2047 €/kWh	0,2067 €/kWh		0,2376 €/kWh	0,2400 €/kWh	0,2424 €/kWh	0,2448 €/kWh

EEG-Einspeisevergütung	3.058 €	3.051 €	3.043 €	3.035 €		2.931 €	2.923 €	2.916 €	2.909 €
Verkauf an Dritte	- €	- €	- €	- €		- €	- €	- €	- €
Erlöse	3.058 €	3.051 €	3.043 €	3.035 €		2.931 €	2.923 €	2.916 €	2.909 €

Versicherung	603 €	612 €	622 €	631 €		777 €	789 €	801 €	813 €
tech. Betriebsführung	1.659 €	1.684 €	1.709 €	1.735 €		2.137 €	2.169 €	2.201 €	2.234 €
Direktvermarktung	146 €	146 €	145 €	145 €		140 €	140 €	139 €	139 €
Pacht	- €	- €	- €	- €		- €	- €	- €	- €
kalk. Abschreibung	17.519 €	17.519 €	17.519 €	17.519 €		17.519 €	17.519 €	17.519 €	- €
Fremdkapitalkosten	- €	- €	- €	- €		- €	- €	- €	- €
Messstellenbetrieb	524 €	531 €	539 €	548 €		674 €	685 €	695 €	705 €
40 % EEG-Umlage	5.937 €	5.923 €	5.908 €	5.893 €		5.690 €	5.676 €	5.662 €	5.648 €
Reststrombezug	96.891 €	97.953 €	99.027 €	100.112 €		116.576 €	117.848 €	119.133 €	120.432 €
Kosten	123.279 €	124.368 €	125.469 €	126.582 €		143.513 €	144.824 €	146.150 €	129.971 €

Strombeschaffungskosten ohne PV	133.939 €	135.279 €	136.631 €	137.998 €		158.625 €	160.211 €	161.813 €	163.431 €
Strombeschaffungskosten mit PV	120.221 €	121.317 €	122.426 €	123.547 €		140.582 €	141.901 €	143.234 €	127.062 €
Einsparungen pro Jahr	13.718 €	13.961 €	14.205 €	14.451 €		18.042 €	18.310 €	18.579 €	36.369 €



Gesamteinsparungen	358.507 €
CO ₂ -Einsparungen (kum)	2.269 t
Rendite (durchs.)*	4,87 %
Autarkiegrad	32,82 %
PV-Strom vom Dach	0,1212 €/kWh
Amortisationsdauer	11 Jahre

Maximilian Bosch

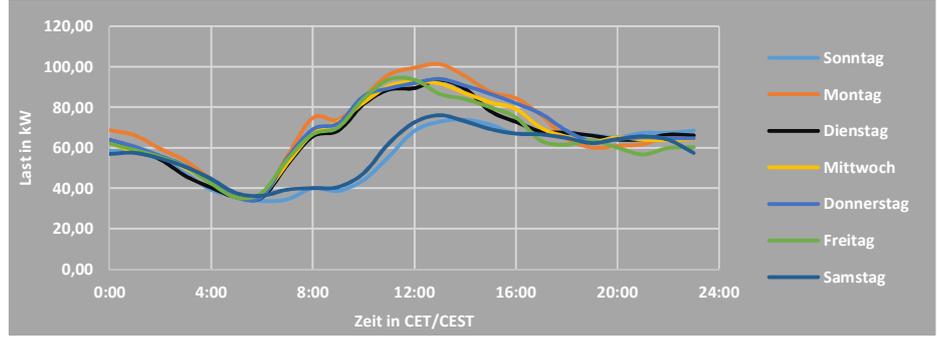
☎ 0172 16 00 501

✉ maximilian.bosch@envibe.de

^a EEG-Vergütung für die Dauer von 20 Kalenderjahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres

*Definition: Einsparungen (kum.) im Verhältnis zur Investitionssumme.

Kalkulationsgrundlage	Zeitraum der Betrachtung	21 Jahre ^a
	Investitionskosten	350.378 €
	Anlagengröße	253,5 kWp
	Jahresertrag	233.709 kWh
	Monat der Inbetriebnahme	Jan 21
	EEG-Einspeisevergütung	0,0623 €
	Anteil Eigenverbrauch	79,00 %
	Strompreissteigerung	1,50 %
	Degradation (Modul)	0,25 %
	EEG-Umlage	0,0804 €
	Anteil EEG auf Eigenverbrauch	40 %
	Dachpacht	0,00 %



Alle Angaben entsprechen Bruttowerten.

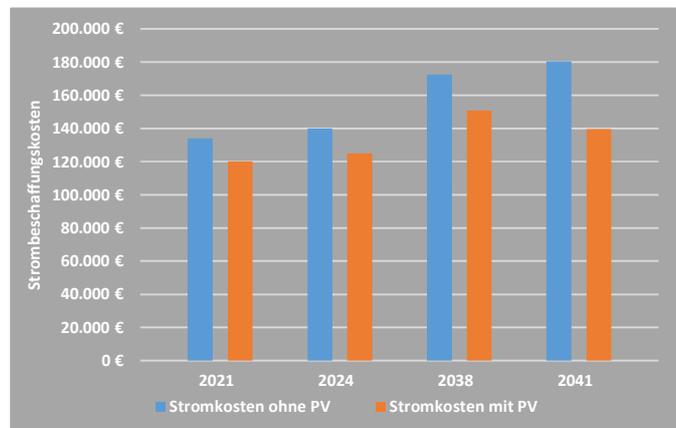
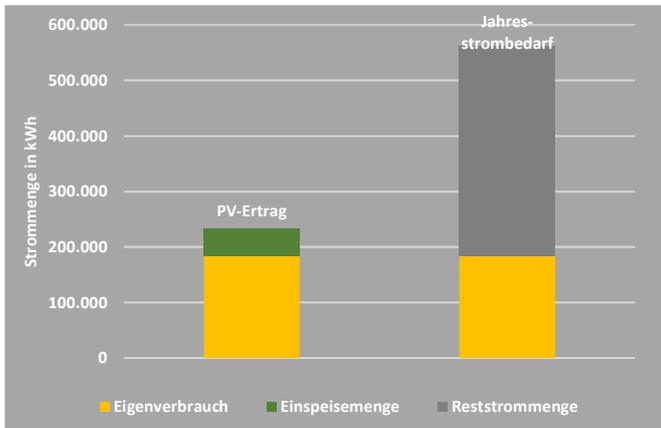
	2021	2022	2023	2024	[...]	2038	2039	2040	2041
Jahresstrombedarf	561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh		561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh	561.226 kWh
PV-Jahresertrag	233.709 kWh	233.124 kWh	232.541 kWh	231.960 kWh		223.972 kWh	223.412 kWh	222.854 kWh	222.297 kWh
Eigenverbrauch	184.630 kWh	184.168 kWh	183.708 kWh	183.248 kWh		176.938 kWh	176.496 kWh	176.054 kWh	175.614 kWh
Einspeisemenge	49.079 kWh	48.956 kWh	48.834 kWh	48.712 kWh		47.034 kWh	46.917 kWh	46.799 kWh	46.682 kWh
Reststrommenge	376.596 kWh	377.058 kWh	377.518 kWh	377.978 kWh		384.288 kWh	384.730 kWh	385.172 kWh	385.612 kWh

Strombeschaffungskosten ohne PV	133.939 €	135.948 €	137.988 €	140.057 €		172.516 €	175.104 €	177.731 €	180.397 €
spez. Strombeschaffungskosten	0,2387 €/kWh	0,2422 €/kWh	0,2459 €/kWh	0,2496 €/kWh		0,3074 €/kWh	0,3120 €/kWh	0,3167 €/kWh	0,3214 €/kWh
Fixkosten der Strombe. pro Jahr	21.321 €	21.641 €	21.966 €	22.295 €		27.462 €	27.874 €	28.293 €	28.717 €
Variable Kosten der Strombe.	0,2007 €/kWh	0,2037 €/kWh	0,2067 €/kWh	0,2098 €/kWh		0,2585 €/kWh	0,2623 €/kWh	0,2663 €/kWh	0,2703 €/kWh

EEG-Einspeisevergütung	3.058 €	3.051 €	3.043 €	3.035 €		2.931 €	2.923 €	2.916 €	2.909 €
Verkauf an Dritte	- €	- €	- €	- €		- €	- €	- €	- €
Erlöse	3.058 €	3.051 €	3.043 €	3.035 €		2.931 €	2.923 €	2.916 €	2.909 €

Versicherung	603 €	612 €	622 €	631 €		777 €	789 €	801 €	813 €
tech. Betriebsführung	1.659 €	1.684 €	1.709 €	1.735 €		2.137 €	2.169 €	2.201 €	2.234 €
Direktvermarktung	146 €	146 €	145 €	145 €		140 €	140 €	139 €	139 €
Pacht	- €	- €	- €	- €		- €	- €	- €	- €
kalk. Abschreibung	17.519 €	17.519 €	17.519 €	17.519 €		17.519 €	17.519 €	17.519 €	- €
Fremdkapitalkosten	- €	- €	- €	- €		- €	- €	- €	- €
Messstellenbetrieb	524 €	531 €	539 €	548 €		674 €	685 €	695 €	705 €
40 % EEG-Umlage	5.937 €	5.923 €	5.908 €	5.893 €		5.690 €	5.676 €	5.662 €	5.648 €
Reststrombezug	96.891 €	98.438 €	100.010 €	101.606 €		126.785 €	128.803 €	130.853 €	132.934 €
Kosten	123.279 €	124.853 €	126.452 €	128.076 €		153.722 €	155.779 €	157.869 €	142.473 €

Strombeschaffungskosten ohne PV	133.939 €	135.948 €	137.988 €	140.057 €		172.516 €	175.104 €	177.731 €	180.397 €
Strombeschaffungskosten mit PV	120.221 €	121.802 €	123.409 €	125.041 €		150.792 €	152.856 €	154.953 €	139.564 €
Einsparungen pro Jahr	13.718 €	14.146 €	14.579 €	15.016 €		21.725 €	22.248 €	22.778 €	40.833 €



Gesamteinsparungen	402.563 €
CO ₂ -Einsparungen (kum)	2.269 t
Rendite (durchs.)*	5,47 %
Autarkiegrad	32,82 %
PV-Strom vom Dach	0,1212 €/kWh
Amortisationsdauer	11 Jahre

Maximilian Bosch

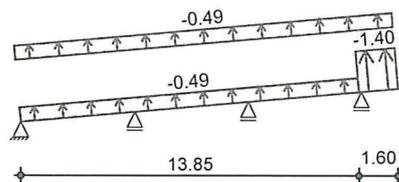
☎ 0172 16 00 501

✉ maximilian.bosch@envibe.de

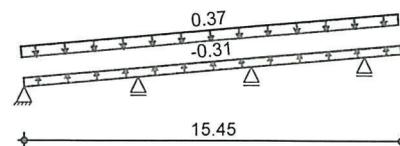
^a EEG-Vergütung für die Dauer von 20 Kalenderjahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres

*Definition: Einsparungen (kum.) im Verhältnis zur Investitionssumme.

Qk.w.180



Qk.w.270



Flächenlasten
in z-Richtung

Gleichflächenlasten
Feld Richt. Komm.

Einw. *Gk*
Einw. *Qk.S.A*
Einw. *Qk.W.000*

Einw. *Qk.W.090*
Einw. *Qk.W.180*

Einw. *Qk.W.270*

			a	s	q _a	q _e	
			[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
(a)	1	vert.DF	Eigengew	0.00	15.45		0.12
	1	vert.DF		0.00	15.45		0.30
	1	vert.GF	volllast	0.00	15.45		0.68
	1	lokal	Ber. F	0.00	1.60		-1.04
	1	lokal	Ber. H	1.60	13.85		-0.37
	1	lokal	Innendr.	0.00	15.45		0.31
	1	lokal	Ber. H	0.00	15.45		-0.37
	1	lokal	Innendr.	0.00	15.45		0.37
	3	lokal	Ber. F	4.55	1.60		-1.40
	1	lokal	Ber. H	0.00	13.85		-0.49
	1	lokal	Innendr.	0.00	15.45		-0.49
	1	lokal	Ber. I	0.00	15.45		-0.31
	1	lokal	Innendr.	0.00	15.45		0.37

(a) aus Unterkonstruktion 0.05 = 0.05 kN/m²
 aus PV-Anlage 0.25 = 0.25 kN/m²
 = 0.30 kN/m²

lokal: lokale Belastung orthogonal zur Dachfläche
 vert.DF: vertikale Belastung bezogen auf die Dachfläche
 vert.GF: vertikale Belastung bezogen auf die Grundfläche

Bem.-schnittgrößen

Bemessungsschnittgrößen

Tabelle

Schnittgrößen (je Kombination)

	Feld	x	N _d	M _{y,d}	V _{z,d}
		[m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
Komb. 1	1	0.00	-0.09*	0.00	1.05*
		1.85	0.00	0.97*	0.00
		4.67	0.14*	-1.28*	-1.59*
	2	0.00	-0.12*	-1.28*	1.37*
		2.41	0.00	0.37*	0.00
		4.67	0.11*	-1.06*	-1.28*
	3	0.00	-0.12*	-1.06*	1.41*
		2.49	0.00	0.70*	0.00
		4.67	0.11*	-0.64*	-1.23*
Kr	0.00	-0.07*	-0.64*	0.85*	
	1.51	0.00*	0.00*	0.00*	
Komb. 2	1	0.00	-0.26*	0.00	2.92*
		1.85	0.00	2.70*	0.00
		4.67	0.39*	-3.56*	-4.45*
	2	0.00	-0.33*	-3.56*	3.81*
		2.41	0.00	1.04*	0.00
		4.67	0.31*	-2.96*	-3.56*
	3	0.00	-0.34*	-2.96*	3.94*
		2.49	0.00	1.94*	0.00
		4.67	0.30*	-1.79*	-3.43*
	Kr	0.00	-0.21*	-1.79*	2.38*

Hansjörg Radeloff

Ingenieurbüro für Baustatik

Dipl.-Ing. Beratender Ingenieur

Hansjörg Radeloff Burgsteller Weg 8 31535 Neustadt

Stadt Neustadt am Rübenberge
Abwasserbehandlungsbetrieb
Herr Thraen
Theresenstraße 4

Auftrag: 9608
Datum: 12.05.20

31535 Neustadt

Statische Überprüfung Maschinenhalle hinsichtlich der Anordnung einer PV-Anlage auf der Dachfläche
Bauort: Kläranlage Empede, 31535 Neustadt

Sehr geehrter Herr Thraen,

auftragsgemäß habe ich auf Grundlage der mir zur Verfügung gestellten statischen Unterlagen überprüft, ob das vorhandene Gebäude die zusätzliche Belastung aus der Anordnung einer PV-Anlage (Belastung $g_k \leq 0.20 \text{ kN/m}^2$) auf der Dachfläche aufnehmen kann. Ein Ortstermin fand nicht statt.

Folgende statische Berechnungen wurden mir zur Verfügung gestellt:

Statische Berechnung des Gebäudes, aufgestellt von Planungsgemeinschaft Wetzorke, Stobbe, Reinhardt, Hügin, Boll aus Hannover

Die Dachkonstruktion besteht aus Spannbetonhohlplatten auf Stahlrahmen. Die Gesamtbelastung aus den Spannbetonhohlplatten auf die Stahlrahmen erhöht sich aufgrund der Installation der PV-Anlage nur geringfügig.

Daher weist die Konstruktion unter der Voraussetzung folgender Punkte ausreichend große Reserven zur Aufnahme der Belastung aus der PV-Anlage auf:

Die Konstruktion weist keine die Standsicherheit gefährdenden Mängel auf und ist daher voll tragfähig.

Seit Erstellung der Konstruktion wurden keine die Standsicherheit gefährdenden Umbauten durchgeführt.

Mit freundlichen Grüßen



Burgsteller Weg 8
31535 Neustadt / OT Bordenau
Telefon (05032) 2660, Fax 3375
E-Mail: info@radeloff-ing.de

Bankverbindung:
IBAN: DE79 2515 2490 0041 084351
BIC: NOLADE21WST
Steuer-Nr. 34/135/10667 bei FA Nienburg