



Abwasserzweckverband Nagold

KLÄRANLAGE NAGOLD



Süddeutsche Abwasserreinigungs-Ingenieur GmbH

Ingenieurleistungen
für Kläranlagen und Kanalisationen
Gesamtplanung·Abwicklung·Betreuung

Niederlassung Schramberg
Gewerbepark H.A.U. 8 - 78713 Schramberg

Telefon: (0 74 22) 56 01 07 - 0
Fax: (0 74 22) 56 01 07 - 19
www.sag-ingenieure.de

111 Jahre Umweltschutz

VN: P0543AF / 188223

Entwurfsplanung

INSTALLATION VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN

- Kläranlage Nagold- Aufdachanlagen

Aufgestellt: Schramberg, April 2025
Hirth

SAG Ingenieure

Geschäftsführer

Dipl.-Ing. Steffen Baur
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Messerschmied
Dipl.-Ing. (FH) Jochen Molitor
Dipl.-Ing. (FH) Karl Rösch

Niederlassungen

Siegburg · Hannover · Wiesbaden
Büdingen · Karlsruhe
Schramberg · Isny
Würzburg · Forchheim · Erfurt
Hauptsitz Ulm

Bankverbindungen

Commerzbank Ulm
Sparkasse Ulm
HypoVereinsbank Ulm
Deutsche Bank Ulm

IBAN

DE61 6308 0015 0801 7669 00
DE98 6305 0000 0021 0539 95
DE80 6302 0086 2740 2457 35
DE15 6307 0088 0014 6837 00



Inhalt

1. Veranlassung	4
2. Photovoltaikanlage	5
2.1 Mögliche Dachflächen	5
2.2 Verkabelung	6
2.3 Niederspannungshauptverteilung und Zählerplatz	6
2.4 Anwendungsregeln	8
2.5 Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz)	9
2.6 Anlagen- Zertifizierung	10
2.7 Blitzschutz und Erdung	10
2.8 Automatisierung	11
2.8.1 SPS und Prozessleitsystem	11
2.8.2 Störmeldesystem	12
3. Kostenberechnung	13
4. Wirtschaftlichkeitsberechnung Kläranlage	14
4.1 Rechtliche Hinweise	15
5. Zusammenfassung	16
Anlage Kostenberechnung	16
Beilagen Entwurfsplanung	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verfügbare Dachflächen.....	5
Abbildung 2: Einspeiseschrank in der NSHV	7
Abbildung 3: Netzübersicht- NA-Schutz Bestand	9
Abbildung 4: Nach EAAV (Energieanlagen-Anforderung-Verordnung) zulässiges MS-Anschlußkonzept	10

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung Kostenberechnung.....	13
Tabelle 2: Berechnung der jährlichen Kosten	14
Tabelle 3: Berechnung der Einsparung (aktueller Strompreis)	14
Tabelle 4: Ermittlung Strompreis bei Einsparung = Aufwendungen.....	14

1. VERANLASSUNG

Der Abwasserzweckverband Nagold betreibt die mechanisch-biologisch-chemische Kläranlage in Nagold. Dort werden die anfallenden Abwässer des Verbandsgebietes gereinigt.

Zur Versorgung mit elektrischer Energie ist die Kläranlage über eine Trafostation ans Mittelspannungsnetz angeschlossen. Zusätzlich wird auf der Kläranlage mit zwei Blockheizkraftwerken (BHKW) Strom erzeugt. Die BHKW verwerten das anfallende Klärgas und erzeugen damit Wärme und Strom. Der so erzeugte Strom wird komplett auf der Kläranlage verbraucht. Weiterer Strom wird zugekauft.

Um diese Strommenge zu reduzieren und auch um eigenen CO₂-Neutralen-Strom produzieren zu können, wurden in einer Studie die Dach- und Freiflächen auf Ihre Eignung zur Installation von PV-Anlagen untersucht.

In diesem Entwurfsbericht soll nun für folgende Gebäude die Montage von PV-Aufdachanlagen weiterverfolgt werden.

Das Rechengebäude und das Sandwäschergebäude, welche neu gebaut worden sind, sowie das Dach des Betriebsgebäude sollen belegt werden. Außerdem soll die Errichtung eines Carports mit PV-Anlage mitbetrachtet werden.

Die geplante Maßnahme wird im vorliegenden Dokument beschrieben und bemessen. Zusätzlich werden die Investitionskosten, sowie die zu erwartenden Energiemengen, abgeschätzt.

2. PHOTOVOLTAIKANLAGE

2.1 Mögliche Dachflächen

Als Ergebnis der Studie wurden nachfolgende Dachflächen für die weitere Betrachtung zur Installation von Photovoltaikmodulen als geeignet eingestuft.

Der vorhandene Parkplatz wird erweitert und überdacht. Diese Fläche kann dann auch mit Modulen belegt werden



Abbildung 1: Verfügbare Dachflächen

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| a) Rechengebäude | (ca. 210 m ²) |
| b) Sandwäschergebäude | (ca. 62 m ²) |
| c) Betriebsgebäude Dachfläche Ost | (ca. 260 m ²) |
| d) Carport | (ca. 150 m ²) |

Die beiden neuen Gebäude Rechenhalle und Sandwäscher haben Pultdächer mit nahezu Südausrichtung,

Das Satteldach des Betriebsgebäudes ist Ost- West ausgerichtet. Die etwas größere Vorderseite Richtung Osten ist gut geeignet, die Rückseite Richtung Westen ist aufgrund der Ergebnisse der Prüfung durch unseren Statiker nicht geeignet.

Die bisherige Parkfläche vor dem Betriebsgebäude soll mit einer Überdachung ausgestattet werden, welche dann eine Stellfläche für 2 x 4 PKW bietet. Hier könnte dann auch die Möglichkeit der E-Tankstelle installiert werden.

Die Kosten für die Erstellung dieser E- Tankstelle sind in dieser Maßnahme nicht berücksichtigt

Im obenstehenden Bild sind die geeigneten Dachflächen bereits mit Modulen belegt dargestellt. Geplant ist, die Module, ohne weitere Aufständigung, mit der Grundkonstruktion auf das Blechdach zu schrauben.

a) Rechengebäude	28,8kWp
b) Sandwäschergebäude	11,3kWp
c) Betriebsgebäude Dachfläche Ost	35,1kWp
d) Carport	20,3kWp
Summe:	95,5kWp

Je nach dann tatsächlich installiertem Modultyp kann diese Leistung nach variieren.

2.2 Verkabelung

Der Wechselrichter soll so nahe wie möglich an den PV-Modulen installiert werden, da die Verluste auf der DC-Seite am größten sind. Diese dezentralen Wechselrichter werden dann auf der AC- Seite zum zentralen Verteilerfeld über bestehende Kabelwege angebunden.

Beim Neubau des Carports wird der entsprechende Kabelweg mitgeplant.

Über diesen kann dann auch bei Bedarf die Verkabelung einer Wallbox erfolgen.

2.3 Niederspannungshauptverteilung und Zählerplatz

Die von der PV- Anlage erzeugt Energie muss erfasst werden und dies auch für Abrechnungszwecke getrennt von der eventuell gleichzeitig durch die BHKW-Anlage erzeugten Energiemenge. Hierzu sind RLM- Zähler (Registrierende Leistungsmessung) erforderlich, über welche dann mit Zeitstempel versehen die erzeugte Energie dem jeweiligen Erzeuger zugeordnet werden kann.

Hierfür wird ein neu zu errichtendes Verteilerfeld mit RLM-Zähler geplant. Der alte Messschrank wird abgebaut, um dort dann die neue Verteilung erstellen zu können.



Abbildung 2: Einspeiseschrank in der NSHV

2.4 Anwendungsregeln

Für den Anschluss und Betrieb von Erzeugungsanlagen an das Niederspannungsnetz sowie Mittelspannungsnetz sind die Anwendungsregeln VDE-AR-N 4105 sowie die VDE-AR-N 4110 definiert, diese

- fassen die wesentlichen Gesichtspunkte zusammen, die beim Anschluss von Erzeugungsanlagen an das öffentliche Nieder- und Mittelspannungsnetz des Netzbetreibers zu beachten sind.
- dienen gleichermaßen dem Netzbetreiber, dem Hersteller wie auch dem Errichter als Planungsunterlage und Entscheidungshilfe. Außerdem erhält der Betreiber wichtige Informationen zum Betrieb solcher Anlagen.
- sind anzuwenden für Erzeugungsanlagen und Energiespeicher, die neu an das Versorgungsnetz angeschlossen werden, sowie bei der Erweiterung oder Änderung bestehender Anlagen.
- Für einen bestehenden, unveränderten Teil der elektrischen Anlage gibt es seitens dieser VDE-Anwendungsregeln keine Anpassungspflicht, sofern eine sichere und störungsfreie Stromversorgung sichergestellt ist.
- dienen vordergründig der Netzstützung. Hiermit soll Netzinstabilität gesichert und Netztrennung verhindert werden, da ungewollte Abschaltung als Folge von Spannungseinbrüchen oder Spannungserhöhungen die Versorgungssicherheit gefährdet.
- sind gültig für Photovoltaikanlagen, KWK-Erzeugungsanlagen, Energiespeicher, Wind- und Wasserkrafterzeugungseinheiten, Stirlinggeneratoren, Brennstoffzellen und direkt mit dem Netz gekoppelte Asynchrongeneratoren mit einer Summenwirkleistung (ΣP_{Amax}) bis 950 kW, wobei die VDE-AR-N 4105 die Anforderungen für Anlagen bis 135 kW unabhängig von der Spannungsebene am Nieder- bzw. Mittelspannungsnetz beschreibt. Für Erzeugungsanlagen und Energiespeicher mit einer Wirkleistung (ΣP_{Amax}) zwischen 135 kW und 950 kW ist die Erfüllung der Anforderungen der VDE-AR-N 4110 (ehemals BDEW-Richtlinie) nachzuweisen.

Auf Grund der Leistungen der Erzeugungsanlagen von

BHKW 1	125 kWe
BHKW 2	125 kWe
PV-Anlagen	95 kWp

mit einer elektrischen Gesamtleistung von 345 kW und dem genutzten Netzanschlusspunkt in der Trafostation der Kläranlage sind derzeit lt. gesetzlichen Vorgaben die Anforderungen der DIN AR-N 4110 für den Anschluss von Erzeugungsanlage an das Mittelspannungsnetz zu beachten.

2.5 Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz)

Der zentrale Netz- und Anlagenschutz wird laut Norm für Erzeugungsanlagen mit einer maximalen Scheinleistung (ΣS_{Amax}) > 30 kVA gefordert. Dieser ist – sofern keine Ausnahme vorliegt – im Verteilerrfeld des zentralen Zählerplatzes zu installieren.

Im Zuge der Inbetriebnahme des BHKWs 2015 wurde dieser NA- Schutz in der NSHV installiert

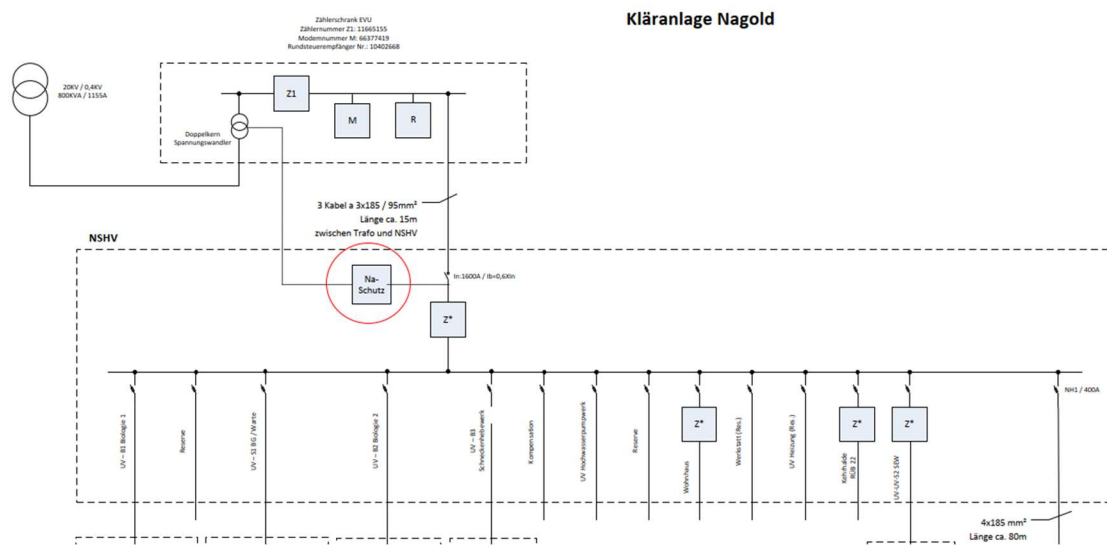


Abbildung 3: Netzübersicht- NA-Schutz Bestand

Das bedeutet, das für die Kläranlage folgende Voraussetzungen zu schaffen sind:

- Erweiterung des bereits bestehenden NA-Schutzes mit einem EZA-Regler zur Leistungssteuerung der gesamten Erzeugungsanlagen (BHKW/PV)

Solange die installierte Erzeugungsleistung < 500kW liegt, ist kein übergeordneter Entkopplungsschutz erforderlich.

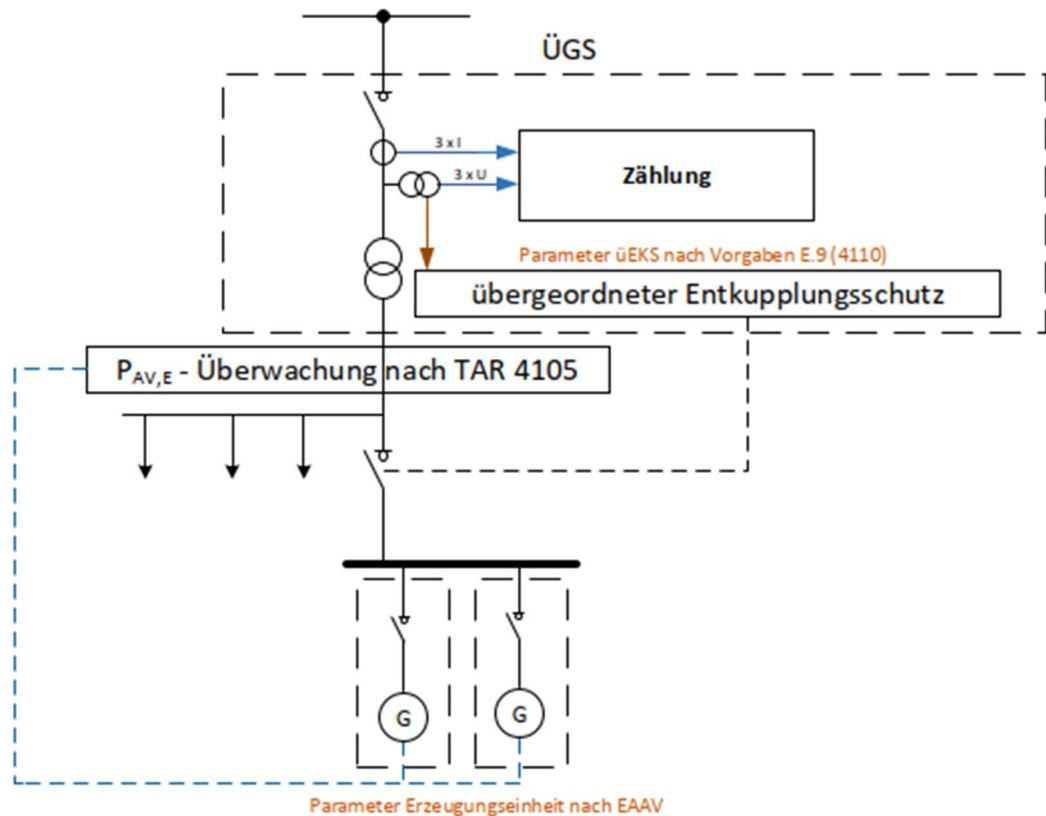


Abbildung 4: Nach EAAV (Energieanlagen-Anforderung-Verordnung) zulässiges MS-Anschlußkonzept

2.6 Anlagen- Zertifizierung

Durch das Solarpaket I wurde die rechtliche Grundlage für die Erfassung der Einheitenzertifikate von Erzeugungsanlagen geschaffen. Hintergrund ist, dass Anlagenzertifikate nach der am 17.05.2024 in Kraft getretenen Novelle der NELEV (Elektrotechnische-Eigenschaften-Nachweis-Verordnung) grundsätzlich nur noch ab einer Einspeiseleistung von 270 kW oder einer installierten Leistung von mehr als 500 kW erforderlich sind.

Der vorgesehene EZA-Regler zusammen mit der Leittechnik der KA regeln dann bei entsprechender Sonneneinstrahlung die BHKW's in Ihrer Leistung, so dass nicht mehr als 270kW eingespeist werden. Somit wird kein aufwendiges und teures Anlagenzertifikat erforderlich.

2.7 Blitzschutz und Erdung

Der äußere Blitz- und Überspannungsschutz der Gebäude muss im Zuge der Installation der PV-Anlagen erweitert bzw. auf den aktuellen Stand der Technik gebracht werden.

Der innere Blitz- und Überspannungsschutz erfolgt durch Einbau von Überspannungsableitern in die Niederspannungsschaltanlage und bei den PV-Wechselrichtern. Zusätzlich werden alle Mess- und

Datenkabel, welche aus dem Außenbereich in den Schaltschrank verlaufen mit entsprechenden Überspannungsschutzgeräten versehen. Die DC-Kabel der PV-Module werden am frühestmöglichen Eintrittspunkt mit Überspannungsableitern ausgerüstet.

2.8 **Automatisierung**

Der Strombedarf auf der Kläranlage ist sehr stark von der Zulaufmengen und damit von der Witterung abhängig. Für einen optimalen Betrieb der Kläranlage kann somit nur bedingt auf den Stromverbrauch Einfluss genommen werden. Einzelne Verfahrensschritte, wie z.B. der Betrieb der Schlammmentwässerung, können tagsüber ausgeführt werden, wodurch der Verbrauch tagsüber höher ist als bei Nacht.

Die Fahrweise der BHKWs ist vom Niveau im Gasbehälter abhängig. Von dessen Volumen werden 20% als Reserve vorgehalten, um bei Stromausfall über die BHKWs die Notversorgung ermöglichen zu können. Das restliche Volumen steht dann für kurzzeitige Speicherung des Gases zur Verfügung, reicht aber nicht für einen reinen Tag/ Nachtbetrieb aus. Neben der Stromerzeugung durch die BHKWs, erfolgt auch die Wärmeversorgung über diese Maschinen, wodurch vor allem im Winter ein Dauerbetrieb erforderlich ist. Da in dieser Zeit der Ertrag durch die PV aber sehr gering ist, erfolgt in dieser Zeit voraussichtlich keine Einspeisung.

Die PV- anlagen werden ebenfalls auf die Prozessvisualisierung aufgeschaltet und über die SPS mit überwacht.

Für die Energieoptimierte Fahrweise der BHKWs muss die Software entsprechend angepasst und erweitert werden.

2.8.1 ***SPS und Prozessleitsystem***

Die Erweiterung der Software für die SPS und das Prozessleitsystem muss dabei folgenden Funktionsumfang enthalten:

1. Prozessvisualisierung
2. Prozesssteuerung
3. Alarmverarbeitung / Störmeldeweiterleitung
4. Betriebstagebuchführung mit den allgemeinen Vorgaben gemäß ATV M260
5. Darstellung der Trendkurven von beliebigen Messwerten
6. Archivierung aller Daten über eine festgelegte Zeit gemäß ATV M260
7. Energiemanagement für die Kläranlage

Die in der SPS gespeicherten Grenzwerte, Parametrierungswerte, Steuerungsparameter, etc. müssen über das Prozessleitsystem problemlos eingestellt werden können.

Die notwendigen Regelfunktionen zum optimalen Energiemanagement der Kläranlage sind in der SPS zu programmieren.

2.8.2 Störmeldesystem

Sammelstörmeldungen der neuen Anlagenteile sind entsprechend zu generieren und als potentialfreie Signale an das vorhandene Alarmsystem weiterzugeben.

3. KOSTENBERECHNUNG

Anhand von Richtpreisen und Erfahrungen aus ähnlichen Projekten ergeben sich für die Ausrüstung der Dachflächen mit einer PV-Anlage folgende nachfolgend aufgelistete Beträge:

Tabelle 1: Zusammenfassung Kostenberechnung

	Neubau PV- Anlagen
Bauarbeiten/Bauwerke	72.065
Klärtechnische Einrichtung	0
EMSR-Technik	189.470
Investitionskosten netto	261.535
Mehrwertsteuer 19 %	49.692
Investitionskosten brutto	311.227
Baunebenkosten (25 %)	77.807
Gesamtkosten brutto (gerundet)	389.000

Eine detaillierte Kostenberechnung ist Beilage 5 zu entnehmen. Die ermittelten Kosten sind dort entsprechend den HOAI-Leistungen untergliedert:

4. WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG KLÄRANLAGE

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde in Anlehnung an die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (durchgeführt. Die Laufzeit wird mit 20 Jahren und der Zinssatz 2% angesetzt, welches dann einen Annuitätenfaktor von 0,061157 ergibt.

Die Unterhaltskosten einer PV-Anlage sind regelmäßig anfallende Kosten, welche die langfristige Funktion der Solarstromanlage gewährleisten. Dazu zählen z.B. Reparaturen und Rücklagen für Defekte, Wartungskosten, Stromzählergebühren und die PV-Versicherung. Diese liegen in der Regel bei 1 bis 1,5 Prozent der ursprünglichen Investitionssumme. In der nachfolgenden Betrachtung wurden diese mit 1,25% angesetzt und mit 19% MwSt.

Nicht der gesamte durch die PV-Anlage erzeugte Strom kann selber verbraucht werden. In den Sommermonaten wird ein gewisser Teil zurückspeist. Die Eigenverbrauchsquote wurde durch den Anlagen-Konfigurator als grober Richtwert von ca. 85% ermittelt.

Tabelle 2: Berechnung der jährlichen Kosten

	Installierte Leistung [kWp]	Investitionskosten einschl. NK	jährl. Kapitaldienst	jährl. Unterhaltskosten	jährl. Gesamtkosten	Erzeugte Strommenge [kWh]	Arbeitspreis PV [€/kWh]
			0,061157	1,25%+19%			Kosten/Menge
PV- Anlagen	95,5	389.000 €	23.790 €	5.783 €	29.573 €	88.000	0,336
Ohne Carport	95,5	282.000 €	17.246 €	4.201 €	21.447 €	88.000	0,244

Tabelle 3: Berechnung der Einsparung (aktueller Strompreis)

	aktueller Bezugspreis [€/brutto/kWh]	Differenz Bezug zu Eigenerz	Anteil Eigenverbrauch	jährl. Kostenersparnis Bezug	aktueller Preis für Einspeisung	Vergütung für eingespeisten Strom	Einsparung Gesamt
PV- Anlagen	0,500 €	0,164 €	85%	12.263 €	0,060 €	792 €	13.055 €
Ohne Carport	0,500 €	0,256 €	85%	19.170 €	0,060 €	792 €	19.962 €

Tabelle 4: Ermittlung Strompreis bei Einsparung = Aufwendungen

	aktueller Bezugspreis [€/brutto/kWh]	Differenz Bezug zu Eigenerz	Anteil Eigenverbrauch	jährl. Kostenersparnis Bezug	aktueller Preis für Einspeisung	Vergütung für eingespeisten Strom	Einsparung Gesamt
PV- Anlagen	0,325 €	- 0,011 €	85%	- 791 €	0,060 €	792 €	1 €
Ohne Carport	0,233 €	- 0,011 €	85%	- 791 €	0,060 €	792 €	1 €

In der Darstellung wurde auch die Variante ohne die Herstellkosten des Caports dargestellt, da dieser ja auch eine Verbesserung der Unterstellmöglichkeiten für Fahrzeuge bietet und somit nicht zwingend der PV-Herstellkosten zuzuordnen ist.

Beim aktuellen Strompreis ergibt sich eine doch recht hohe Einsparung pro Jahr. In der Tabelle 4: Ermittlung Strompreis bei Einsparung = Aufwendungen sind die Strompreise dargestellt, ab welchen die Erlöse die Aufwendungen ausgleichen würden.

Der Ertrag der PV-Anlagen wird über die Jahre zurückgehen. Die Hersteller garantieren jedoch mindestens nach 20 Jahren noch bis zu 80%. Im Gegenzug wird sich der Strompreis auch verändern, wodurch dies wieder mindestens zum Teil aufgefangen werden wird Aufgrund dieser Unsicherheiten wurde keine Aufstellung über die nächsten Jahre mehr dargestellt.

4.1 Rechtliche Hinweise

Für die getätigten Aussagen sind nach Ansicht des Verfassers die derzeitigen rechtlichen wirtschaftlichen Rahmen- und Förderbedingungen zu Grunde gelegt. Diese können sich, wie die Erfahrung zeigt, auch schnell ändern.

Die rechtlichen Randbedingungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen geprüft. Allerdings empfiehlt der Verfasser gegebenenfalls Fach-/ Steuerberater bzw. entsprechende Fachanwälte mit einzubeziehen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Realisierung einer Photovoltaikanlage ein zukunftsweisendes Projekt darstellt. Die geplante Photovoltaikanlage wird nicht nur einen positiven Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen leisten, sondern zudem die Abhängigkeit vom Stromversorger sowie dessen Preisgestaltung verringern.

Es ist jedoch wichtig anzumerken, dass die aktuelle Ausbaustufe der Photovoltaikanlage nur ein weiterer Schritt zur Erreichung der Energieautarkie darstellt. Für eine vollständige Umsetzung dieser Ziele bedarf es unter anderem der Erweiterung der Photovoltaikanlage

Die Integration von elektrischen Speichersystemen (Akku) und intelligenter Steuerungstechnik ermöglicht zudem eine optimierte Nutzung der erzeugten Solarenergie und erhöht die Flexibilität des Systems.

Aufgestellt: Schramberg, April 2025
Hirth

Anerkannt: _____
Ort / Datum

SAG Ingenieure

Die Bauherrschaft

ANLAGE KOSTENBERECHNUNG

BEILAGEN ENTWURFSPLANUNG

Beilage 1: 543AF- Simulationsergebnisse PV

Beilage 2: 543AF- Netzplanung