Der Lärmschutzplaner
Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting

Machbarkeitsstudie

zur photovoltaischen Nutzung der Lsw Magdeburger Ring Quartier Umfassungsstraße

ottostadt magdeburg

Der Lärmschutzplaner
Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting

An den Gärten 7, 14469 Potsdam
www.lärmschutzplaner.de
Tel. +49 331 20 11 828
Mail: frank.treiber@laermschutzplaner.de

Stand vom 29.06.2023

Machbarkeitsstudie zur photovoltaischen Nutzung der Lsw Magdeburger Ring Quartier Umfassungsstraße

Auftraggeber:

Landeshauptstadt Magdeburg

Tiefbauamt, Brücken- und Ingenieurbauten

An der Steinkuhle 6

39128 Magdeburg

www.magdeburg.de

Aufsteller:

Ingenieurbüro Treiber Umweltconsulting

Dipl.-Ing. (FH) Frank Treiber

An den Gärten 7

14469 Potsdam

www.lärmschutzplaner.de

Streckenbezeichnungen:

Magdeburger Ring

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung 6
1.1 Inhalt der Machbarkeitsstudie 6
1.2 Grundlagen 7
2. Allgemeines zu Lärmschutzwänden mit photovoltaischer Stromerzeugung 7
2.1 Ökologische und volkswirtschaftliche Aspekte 7
2.1.1 Klimaschutz durch Minderung der CO_2 Emissionen 8
2.2 Gesetzliche Grundlagen, politische Rahmenbedingungen 8
2.2.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 8
2.2.2 Nationales Verkehrslärmschutzpaket 8
2.3 Akustische Aspekte 8
2.4 Varianten für solare Energiegewinnung an Lärmschutzwänden 9
2.4.1 Hochabsorbierende Lärmschutzwände mit integrierten PV-Modulen 9
2.4.2 Lsw mit semitranspareten Pv – Modulen 9
2.4.3 Lsw mit autobahnseitigen konventionellen PV – Modulen 10
2.4.4 Lsw mit Bifacial-Modulen 10
2.4.5 Lsw mit aufgesetzten Pv-Modulen 11
2.5 Referenzanlagen für in Lärmschutzwände voll integrierte PV-Anlagen 12
2.5.1 Photovoltaische Lärmschutzwand Neumarkt in der Oberpfalz 12
2.5.2 Photovoltaische Lärmschutzwand Aschaffenburg 13
2.5.3 Photovoltaische Lärmschutzwand Neuötting 13
2.5.4 Photovoltaische Lärmschutzwand Waltershofen 15
3. Örtliche Verhältnisse, Beschreibung der Lärmschutzmaßnahmen 16
3.1 Beschreibung der geplanten Lärmschutzwand 16
3.2 Strukturierung der geplanten Lärmschutzwand für die Pv-Nutzung 16
3.3 Elektrische Grundlagen und Voraussetzungen für die Pv-Anlage 17
3.4 Nutzung des in der Pv-Anlage erzeugten Stroms 17
3.4.1 Volleinspeisung 17
3.4.2 Überschusseinspeisung 18
3.4.3 Eingesparte CO_2 - Emissionen 18
3.5 Parameter zur Wirtschaftlichkeit 18
4. Technische Varianten zur Pv-Nutzung der Lärmschutzwand 19

4.1 Variante 1 19
4.1.1 Visualisierung der Variante....19
4.1.2 Technische Anlagedaten....19
4.2 Variante 2 20
4.2.1 Visualisierung der Variante....20
4.2.2 Technische Anlagedaten....20
4.3 Variante 3 21
4.3.1 Visualisierung der Variante....21
4.3.2 Technische Anlagedaten....22
4.4 Variante 3a 22
4.4.1 Visualisierung der Anlage 22
4.4.2 Technische Anlagedaten....23
5. Wirtschaftliche Ergebnisse der Pv-Lärmschutzwandvarianten 24
5.1 Variante 1- Volleinspeisung....24
5.1.1 Anlagendaten Variante 1 - Volleinspeisung....24
5.2 Variante 1 - Überschusseinspeisung....24
5.2.1 Anlagendaten Variante 1 - Überschusseinspeisung 24
5.2.2 Wirtschaftliche Anlagedaten - Überschusseinspeisung 25
5.3 Variante 2 - Volleinspeisung....26
5.3.1 Anlagendaten Variante 2 - Volleinspeisung....26
5.4 Variante 2 - Überschusseinspeisung....27
5.4.1 Anlagendaten Variante 2 - Überschusseinspeisung 27
5.4.2 Wirtschaftliche Anlagedaten - Überschusseinspeisung 28
5.5 Variante 3 - Volleinspeisung....29
5.5.1 Anlagendaten Variante 3 - Volleinspeisung....29
5.6 Variante 3 - Überschusseinspeisung....29
5.6.1 Anlagendaten Variante 3 - Überschusseinspeisung 29
5.6.2 Wirtschaftliche Anlagedaten - Überschusseinspeisung 30
5.7 Variante 3a - Volleinspeisung....31
5.7.1 Anlagendaten Variante 3a - Volleinspeisung....31
5.8 Variante 3a - Überschusseinspeisung....32
5.8.1 Anlagendaten Variante 3a – Überschusseinspeisung 32
5.8.2 Wirtschaftliche Anlagedaten - Überschusseinspeisung 33

6. Variantenvergleich....34
6.1 Technischer Vergleich der Pv-Anlagen....34
6.2 Wirtschaftlicher Vergleich der Pv-Anlagen....34
6.2.1 Volleinspeisung....34
6.2.2 Überschusseinspeisung....35
7. Betrieb der Pv-Anlagen....36
7.1 Grundlagen....36
7.1.1 Eigenbetrieb....36
7.1.2 Energiegenossenschaften....36
7.1.3 ÖPP - Modell (Öffentlich-Private-Partnerschaft)....36
8. Zusammenfassung und Fazit....37
8.1 Grundlagen....37
8.2 Technische Machbarkeit und Möglichkeiten zur photovoltaischen Nutzung....37
Anlagen....38
Quellen, Literatur....39
Abbildungen....41
Glossar....42

Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

Ausgehend von der in der Entwurfsplanung gewählten Konstruktion der Lärmschutzwand Magdeburger Ring Quartier Umfassungsstraße, wurden drei verschiedene Varianten der Einbindung von Pv-Lärmschutzelementen untersucht. Trotz der ungünstigen geographischen Lage der Lärmschutzwand von Süden nach Norden kann die Lärmschutzwand in Teilflächen für eine photovoltaische Stromerzeugung genutzt werden. Hier eignen sich besonders die Auskragungselemente. Die vorgesehenen Pv-Lärmschutzelemente VOLTA können die ursprünglich geplanten Aluminiumlärmschutzelemente mit geringen Anpassungen ersetzten.

Die senkrechten Flächen der Lsw könnten ab ca. 2,0 m Höhe mit weiteren Pv-Modulen ausgestattet werden, hier wären die zu erzielenden Erträge zu gering für einen wirtschaftlichen Betrieb.

Die durch die östlich der Lsw vorhandenen Bäume erzeugten Verschattungen wirken sich negativ auf die Stromerzeugung aus und mindern die möglichen Erträge um ca. 20 %. Dennoch kann, vor allem bei der Nutzung des erzeugten Stroms in der Grundschule ein wirtschaftlicher Betrieb sichergestellt und mit dem regenerativ erzeugten Strom jährlich von 12 bis 30 t CO_2 Emissionen vermieden werden.

Als Vorzugsvariante wird die Variante 2 vorgeschlagen.

1. Aufgabenstellung

Der Magdeburger Ring stellt eine wichtige Nord-Süd-Verbindung der Landeshauptstadt Magdeburg dar. Durch vielfältige Verkehrsanbindungen und den zentralen Verlauf des Magdeburger Rings ist das tägliche Verkehrsaufkommen sehr hoch. Eine starke Lärmbelastung der angrenzenden Gebiete ist die Folge.

Im Zusammenhang mit der geplanten Bebauung des Bebauungsplans Nr. 135 - 1 „Nördliche Umfassungsstraße“ ist eine ca. 224 m lange Lärmschutzwand parallel zum Magdeburger Ring mit einer Höhe von ca. 7 m über OK Fahrbahn zu errichten. Die Lärmschutzwand ist fahrbahnseitig hochabsorbierend und anliegerseitig reflektierend herzustellen.

Im Sinne des Klimaschutzes, der Erzeugung regenerativer Energien, zur Kosteneinsparung und um weitere Synergien zu generieren, kann es sinnvoll sein, die relativ großen Flächen der Lärmschutzwände mit Photovoltaik zur Stromgewinnung zu nutzen.

Lärmschutzwände mit photovoltaischem Zusatznutzen werden seit mehr als 15 Jahren angeboten und gebaut. In einer Studie ist zu untersuchen, inwieweit und mit welchen Technologien die Lärmschutzwand Magdeburger Ring Quartier Umfassungsstraße sich für eine Nutzung zur solaren Stromerzeugung eignet.

Bevor die Flächen der Lärmschutzwand zur solaren Stromerzeugung genutzt werden kann, ist zu untersuchen, welches Konzept und welches System für den jeweiligen Anwendungsfall geeignet wäre.

1.1 Inhalt der Machbarkeitsstudie

- Untersuchung der bautechnischen Gegebenheiten und Einordnung in die örtliche Umgebung
- Durcharbeiten des Bauwerksentwurfes der Lsw
- Untersuchung der Eignung der Lärmschutzwand zur photovoltaischen Stromgewinnung
- Ermittlung der für die solare Stromerzeugung nutzbaren Flächen
- Erarbeitung einer an die Pv-Belange optimierten modifizierten Konstruktion der Lsw

- Grundlagenermittlung Einstrahlung, Wetterdaten, Verschattungen etc.
- Erarbeitung von Varianten für die photovoltaische Nutzung
- Simulation der elektrischen Erträge für die Varianten
- Ermittlung der CO_2-Einsparung
- Darstellungen der Simulationsergebnisse
- Berechnung der Wirtschaftlichkeit anhand der aktuellen Einspeise-Tarife
- Möglichkeiten zur Stromnutzung
- Kostenabschätzung
- Zusammenfassung, Empfehlung und Fazit

1.2 Grundlagen

- Angebot vom 22.03.2023
- Auftrag vom 03.04.2023
- Bauwerksplan LP 3 - 8.1 Übersichtsplan (Lageplan und Ansicht)
- Bauwerksplan LP 3 - 8.2 Übersichtsplan (Schnitte und Details)
- Erläuterungsbericht zum Entwurf Stand 20.08.2020

2. Allgemeines zu Lärmschutzwänden mit photovoltaischer Stromerzeugung

2.1 Ökologische und volkswirtschaftliche Aspekte

Solarstrom, also durch Photovoltaik erzeugter Strom, ist wohl die eleganteste Methode, diesen universellen Energieträger zu produzieren. Geräuschlos, emissionsfrei und mit dem unbegrenzt zur Verfügung stehenden Sonnenlicht wird elektrischer Strom erzeugt. Dies sind die Vorteile. Die Nachteile sind der enorme Flächenbedarf der Solaranlagen - mit zahlreichen Problemen durch Verödung und Erosion - und die hohen Herstellungs- und Errichtungskosten. Das Konzept der Doppelnutzung von Lärmschutzwänden erlaubt die Realisierung von Solarstromanlagen integriert in Lärmschutzwände, ohne den Verbrauch eines einzigen zusätzlichen Quadratmeters Kulturlands. Die hohen Erstinvestitionen amortisieren sich über die Einspeisevergütung des EEGs (Erneuerbare–Energien-Gesetz).

Die Idee von einer kombinierten Nutzung ist dabei nicht neu. Bereits 1989 wurde in der Schweiz die weltweit erste Photovoltaikanlage an einer Lärmschutzwand in Betrieb genommen. Heute zeigen langjährige Betriebserfahrungen, dass Lärmschutz und Photovoltaik zu den zukunftsorientierten Infrastrukturmaßnahmen gehören können. Darüber hinaus beeinflussen sie deutlich positiv das Image und die Akzeptanz von Lärmschutzwänden an Autobahnen, Straßen und Bahnlinien. Energiegewinnung durch Sonnenlicht findet breite Zustimmung, Solaranlagen emittieren keine Abgase, machen keinen Lärm und haben nur einen wenig störenden Einfluss auf das Landschaftsbild.

2.1.1 Klimaschutz durch Minderung der CO_2 Emissionen

Bei einer von den Solarmodul-Herstellern garantierten Lebensdauer von mind. 30 Jahren addieren sich so tausende Tonnen nicht in die Atmosphäre emittiertes CO_2. Untersuchungen des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung ermitteln bei konservativer Betrachtungsweise für PV-Anlagen zu einem CO_2 - Minderungsfaktor von 474 g/kWh$_{el}$ bis 694 g/kWh$_{el}$. Würden zum Beispiel alle im Folgenden aufgeführten Lärmschutzwände in ihrer langen Variante errichtet und alle vorgeschlagene Pv-Nutzung realisiert könnten jährlich bis zu 700 t weniger CO_2 in die Atmosphäre emittiert werden.

Es werden jedes Jahr durchschnittlich ca. 194.000 m² neue Lärmschutzwände an Bundesfernstraßen errichtet. Würden davon nur 30 % der Flächen zur photovoltaischen Energiegewinnung genutzt, könnten jährlich jeweils ca. 15 MWp installierter Leistung zur regenerativen Stromerzeugung hinzukommen. Das entspräche Freiflächenanlagen auf 30 ha Kulturland und es könnten jährlich 11 Mio. kWh Strom zusätzlich erzeugt rund Emissionen von 6.800 t CO_2 vermieden werden.

Das sind zugegebenermaßen noch keine gigantischen Zahlen, wird bei CO_2-Emissionen mit Mio. und Mrd.-Tonnen gerechnet. Werden die Beträge jedoch über einen längeren Zeitraum kumuliert, können ohne zusätzlichen Landschaftsverbrauch und zusätzliche bauliche Anlagen bedeutende Größenordnungen erreicht werden.

2.2 Gesetzliche Grundlagen, politische Rahmenbedingungen

2.2.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG

Der Gesetzgeber hat im Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023) im § 48 „Solare Strahlungsenergie“ die Vergütung geregelt. Die Lärmschutzwände werden in Absatz 2 ausdrücklich erwähnt und sind denen auf Wohngebäuden gleichgesetzt und es wird ihnen die gleiche Vergütung wie für PV-Anlagen auf Gebäuden zugeordnet.

2.2.2 Nationales Verkehrslärmschutzpaket

Auch das Nationale Verkehrslärmschutzpaket des Bundesministeriums für Verkehr,- Bau- und Stadtentwicklung, „Lärm vermeiden – vor Lärm schützen“ vom 2. Februar 2007, legt im Punkt 2. *Lärmminderung durch technische Innovation* im 4. Anstrich „…die Erhöhung der Wirksamkeit von Lärmschutzwänden durch …, Photovoltaikanlagen…“ fest.

Im Nationale Verkehrslärmschutzpaket II ist explizit darauf verwiesen, dass „Die Länder und Gemeinden im Rahmen ihrer Zuständigkeiten gefordert sind, ihre bisherige Zurückhaltung bei der Entwicklung, Finanzierung und Durchführung von Lärmschutzmaßnahmen aufzugeben.“

2.3 Akustische Aspekte

Lärmschutzwände sind Ingenieurbauwerke, deren alleinige Funktion die Abschirmung von Lärm ist. Im Wesentlichen hat eine Lärmschutzwand (Lsw) zwei akustische Funktionen zu erfüllen. Die Hauptfunktion besteht in der Schalldämmung, d. h. auf der lärmabgewandten Seite ist es leiser als auf der lärmzugewandten Seite. Eine zweite Funktion kann eine erforderliche Schallabsorption sein, das heißt, es wird ein Anteil an Schallwellen von der Lsw „geschluckt“.

Alle Lärmschutzwände mit photovoltaischer Zusatzfunktion erfüllen, wie die konventionellen Lärmschutzwände, die Anforderungen der ZTV-Lsw 22 und der darin verankerten weiterführenden Normen zu den akustischen und nichtakustischen Eigenschaften (DIN EN 1793 und 1794).

2.4 Varianten für solare Energiegewinnung an Lärmschutzwänden

2.4.1 Hochabsorbierende Lärmschutzwände mit integrierten PV-Modulen

Lärmschutzelemente mit integrierten Pv-Modulen sind in ihrem Aufbau dem konventionellen Kassettenelementen aus Aluminium sehr ähnlich. Prinzipiell wurde die Rückwand der einseitig hochabsorbierenden Kassettenelementen durch Pv-Module ersetzt.

Abbildung 1 Lsw Aschaffenburg - Anliegerseite

Somit weisen diese Elemente mindestens die gleichen akustischen Eigenschaften wie einseitig hochabsorbierende Aluminiumelemente auf und haben somit die gleichen weitreichenden Einsatzmöglichkeiten.

Ist aus technischen und / oder gestalterischen Gründen eine Neigung der Lärmschutzwand möglich oder tolerabel, sollte eine Neigung der Wand, um bis zu 10° nach Norden angestrebt werden. Als „Faustformel“ gilt dabei, der Wirkungsgrad nimmt bei jedem Grad Neigung um 1 % zu. Eine Neigung von 10° verbessert die Erträge um 10 %.

2.4.2 Lsw mit semitranspareten Pv – Modulen

Lärmschutzelemente mit integrierten PV-Dünnschichtmodulen haben die gleichen akustischen Eigenschaften wie transparente Lärmschutzelemente aus mineralischem Glas oder transparentem Kunststoff, sie wirken schallreflektierend. Sie gewährleisten eine zwar eingeschränkte, aber dennoch gute Durchsichtigkeit, sowohl auf der photovoltaisch aktiven als auch auf der Rückseite. Auf der Rückseite ist je nach Lichteinfall ein Spiegeleffekt sichtbar. Die Durchsichtigkeit ist mit getönten oder eingefärbten Scheiben vergleichbar. Diese Module können beidseitig

Abbildung 2 semtransparente photvoltaische Lärmschutzelemnete (Visualisierung)

eingesetzt werden. Das heißt, die solaraktive Fläche kann sowohl auf der Fahrbahn-, als auch der Anliegerseite angeordnet werden.

2.4.3 Lsw mit autobahnseitigen konventionellen PV – Modulen

Bestehen ausreichende Platzverhältnisse kann im Querschnitt der Lärmschutzanlage ein Wall nachgebildet werden. Hierfür werden die Pv-Module ähnlich einem Wall in einer Neigung zwischen 20° und 45° zur Ebene angeordnet. Diese Bauweise hat eine besonders hohe Effizienz bei der Stromerzeugung. Mit dieser Variante können große Wandhöhen (bis zu 7 oder 8 m) hergestellt werden und erreichen somit auch eine sehr gute Schallschutzwirkung.

Abbildung 3 Pv-Lsw Neumarkt in der Oberpfalz

Nachteilig für dieses Modell ist der große Platzbedarf. Direkt überbaut wird eine Breite von ca. dem 1,5- bis 2-fachen der Höhe. Ein ähnlich breiter Streifen hinter der Lärmschutzanlage wird darüber hinaus verschattet. Diese Anlage beansprucht daher einen ähnlich breiten Geländestreifen wie ein Lärmschutzwall.

Die geneigt verbauten schallharten Module wirken reflektierend, haben aber den Effekt der scheinbaren Absorption geneigter Flächen. Wegen ihrer glatten Oberflächen reflektieren die Pv-Module den auftreffenden Schall nahezu zu 100 %. Durch Neigung der Wand vom Immissionsort weg, ähnlich einer Lichtspiegelung, werden Reflexionen z. B. über ein Wohngebiet hinweg gelenkt. Von einem Immissionsort aus gesehen wirkt eine solche Wand wie eine schallabsorbierende Lärmschutzwand (scheinbare Absorption).

2.4.4 Lsw mit Bifacial-Modulen

Lärmschutzwände deren vorwiegende Lage der Längsachse in Nord-Richtung verläuft, eignen sich besonders für eine photovoltaische Stromerzeugung. Ausgestattet mit Bifacialmodulen, können sie mindestens genauso viel Strom erzeugen, wie optimal nach Süden ausgerichtete PV-Anlagen.

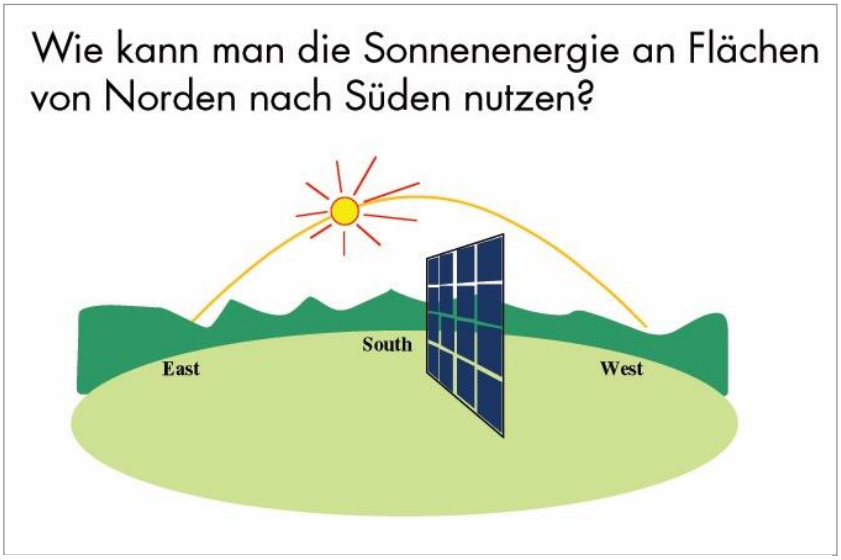


Abbildung 4

Bifaciale Wafer (kreisrunde oder quadratische, etwa ein Millimeter dicke Scheiben aus ein- oder polykristallinen Siliziumrohlingen) werden in mineralischem Glas laminiert und sind zweiseitig lichtempfindlich. Damit können be-

sonders an senkrecht stehenden Wänden die Vor- und Nachmittagsstunden zur photovoltaischen Strom-erzeugung genutzt werden. Energetisch kann dabei mehr Strom erzeugt werden als an optimal nach Süden ausgerichteten Anlagen.

Für diesen Typ photovoltaischer Lärmschutzwände sind sowohl opake als auch semitransparente Elemente herstellbar. Opake Lärmschutzelemente erzielen die höchsten energetischen Erträge. Die semitransparenten Elemente vereinen die akustische und elektrische Nutzung und Ansprüche an die Gestaltung der Lärmschutzwände. Werden die Wafer „auf Lücke“ gesetzt kann eine gewisse Durchsichtigkeit erzeugt werden. Umso größer die Lücken zwischen den Wafern, desto größer die Transparenz. Bereits realisierte Pv-Lärmschutzwände zeigen, dass Abstände zwischen den Wafern von 3 cm eine ausreichende Durchsichtigkeit erzeugen.

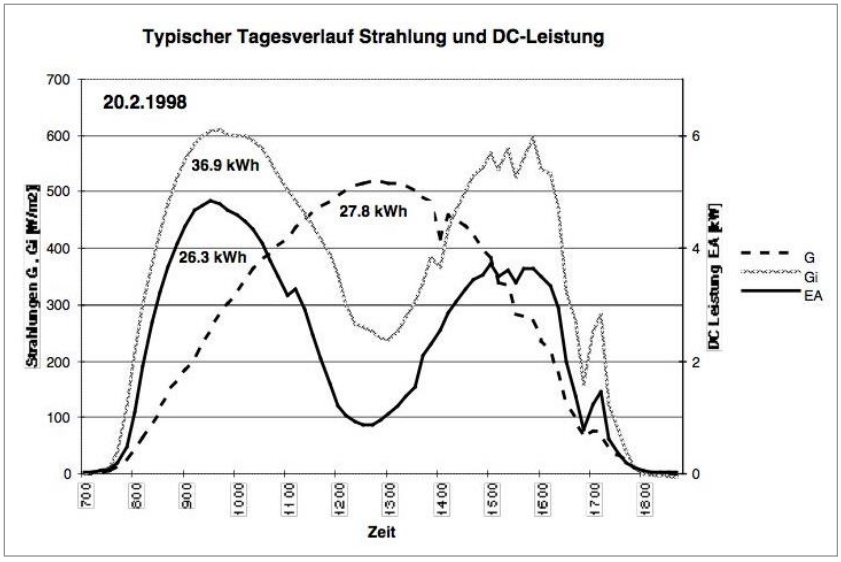


Abbildung 5

2.4.5 Lsw mit aufgesetzten Pv-Modulen

Für Lärmschutzwände in Nord-Süd-Richtung oder bei dem Erfordernis von Absorptionseigenschaften auf der Südseite, können mit Aufsatzmodulen versehen werden. Hierbei werden an den Oberkanten der Stahlpfosten seitliche Kragträger befestigt auf denen, parallel zur Lsw-Achse, zwei Z-Profile aufgelegt werden. Auf diese Längsprofile werden mit einer Neigung von 5° Pv-Module aufgelegt. Hierbei können derzeit pro laufende Meter Lärmschutzwand ca. 250 Wp Leistung installiert werden.

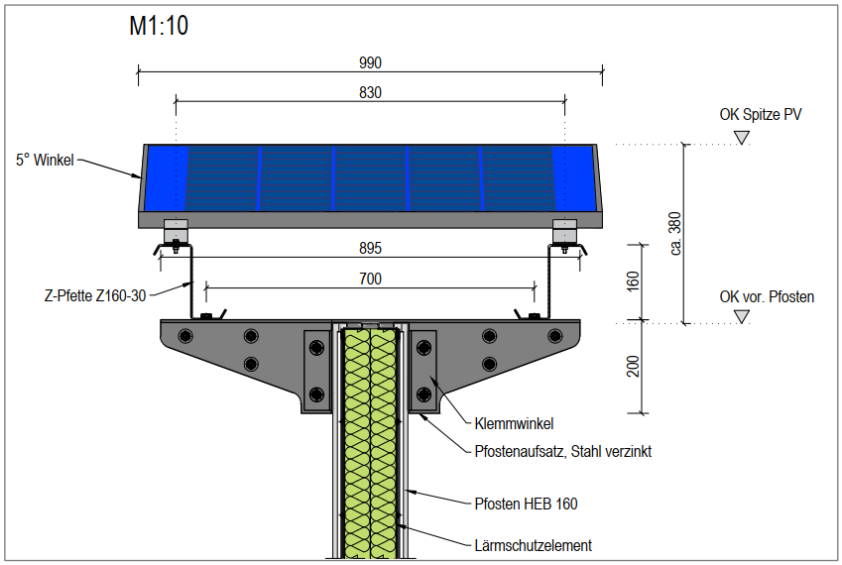


Abbildung 6 Systemskizze Querschnitt Pv-Aufsatz am Kopf der Lärmschutzwand

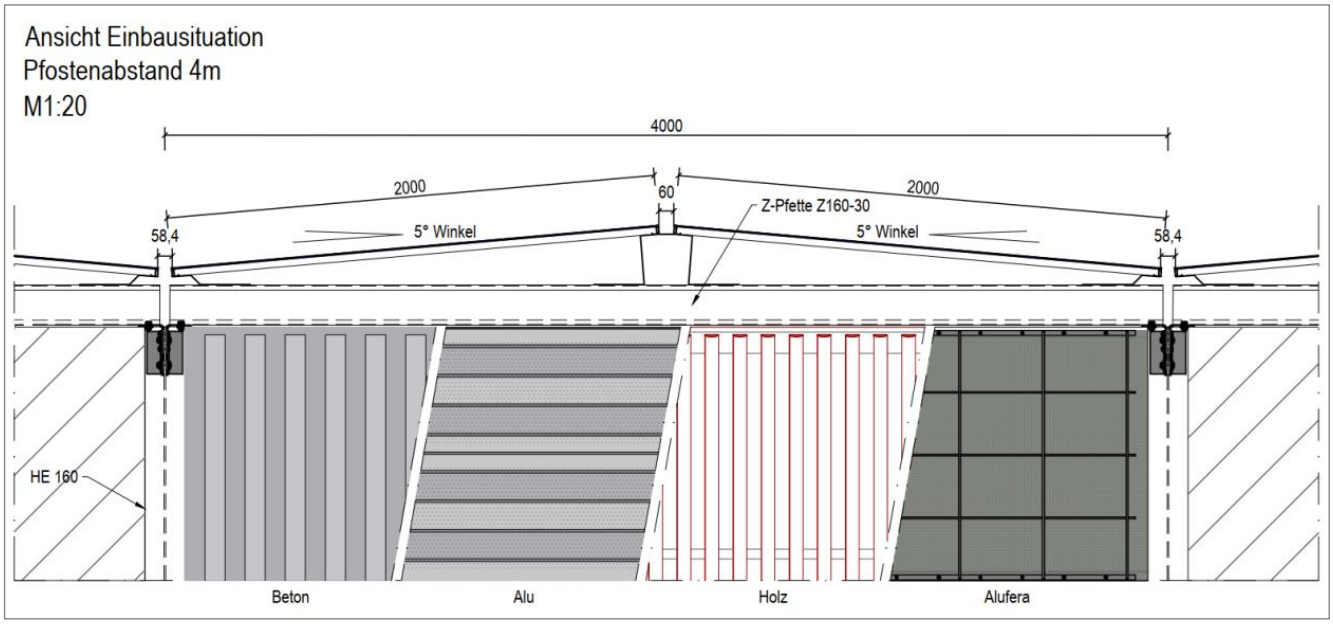


Abbildung 7 SystemskizzeAnsicht Pv-Aufsatz auf der Lärmschutzwand

2.5 Referenzanlagen für in Lärmschutzwände voll integrierte PV-Anlagen

2.5.1 Photovoltaische Lärmschutzwand Neumarkt in der Oberpfalz

In der Stadt Neumarkt in der Oberpfalz war zur Erschließung des Baugebietes Pölling II, welches unmittelbar an der hochfrequentierten Bahnlinie Nürnberg - Regensburg liegt, gemäß Bebauungsplan ein 7 m hoher Lärmschutzwall erforderlich, welcher letztendlich mit einer PV-Lärmschutzwand realisiert wurde.

Abbildung 8 Pv-Lsw Neumarkt i.d.OPf. Blickrichtung nach Osten

Abbildung 9 Pv-Lsw Neumarkt i.d.OPf Blickrichtung nach Westen

Technische Daten der Pv-Lärmschutzwand Neumarkt i.d.OPf.

- Länge: 744 m
- Gesamthöhe: 7,00 m über SOK
- Fläche: 8.668 m²
- Installierte Leistung: 1,258 MWp
- Netzeinspeisung: 1.221.800 kWh/a

- Entspricht: ca. 270 Vier-Personen-Haushalte
- **Einsparung CO_2: 1.075 t/a**

2.5.2 Photovoltaische Lärmschutzwand Aschaffenburg

An der BAB A 3 bei Aschaffenburg wurden in einem Pilotvorhaben des BMVI an einer 887 m langen Lärmschutzwand Lärmschutzelemente verbaut, die auf der Autobahnseite hochabsorbierend ausgebildet und auf der Anliegerseite mit integrierten Pv-Modulen ausgestattet sind (Abschnitt 2.4.1). Die Lsw ist senkrecht aufgestellt und in einem Pfostenachsabstand von 4 m auf Bohrpfählen gegründet.

Bereits im Jahr 2009 wurde das Projekt vom damaligen Bundesministerium für Bauen, Wohnen und Verkehr als ein Pilotprojekt zur Erforschung der Kombinationen von Lärmschutzwänden zur photovoltaischen Stromerzeugung ausgerufen. Realisiert wurde diese Pv-Lärmschutzwand als ein Projekt der Öffentlich-Privaten-Partnerschaft zwischen dem Freistaat Bayern, der Fa. Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG und den Stadtwerken Aschaffenburg.

Abbildung 10 Pv-Lsw Aschaffenburg mit Autobahn

Abbildung 11 Anliegerseite Pv-Lsw Aschaffenburg

Technische Daten der Pv-Lärmschutzwand Aschaffenburg

- Gesamthöhe: 3,00 m über Fahrbahn
- Fläche Lsw: ≈ 3.170 m²
- Fläche PV: 1.755 m²
- Installierte Leistung: 150 kWp
- Jahresertrag: ≈ 108.000 kWh
- Stromverwendung: Netzeinspeisung
- **CO_2-Einsparung: ca. 180 t/a**

2.5.3 Photovoltaische Lärmschutzwand Neuötting

Für die Erschließung eines Baugebiets wurde zum Schutz vor dem Lärm der Staatsstraße St 2550 eine 4 m hohe Lärmschutzwand erforderlich. Auf der Fahrbahnseite wurden Lärmschutzelemente mit integrierten Modulen zur solaren Stromerzeugung verbaut. Der in der Lärmschutzwand erzeugte Strom wird fast zur Hälfte in der hinter der Lsw liegenden Schule verbraucht, die andere Hälfte wird in das öffentliche Versorgernetz eingespeist. Die

Lsw ist fahrbahnseitig teilweise hochabsorbierend, reflektierend transparent und zur solaren Stromerzeugung hergestellt.

Abbildung 12 Ansicht Pv-Lsw

Abbildung 13 Pv-Lsw Seitenansicht mit St2550 und Wartungsweg

Technische Daten der Pv-Lärmschutzwand Neuötting

- Länge: 234 m
- Gesamthöhe: 5,00 m über Fahrbahn
- Fläche Lsw: 1.170 m²
- Fläche PV: 500 m²
- Installierte Leistung: 65,4 kWp
- Jahresertrag 2017: 49.918 kWh
- Stromverwendung: ca. 53% Eigenverbrauch in der Schule
  ca. 47% Überschusseinspeisung
- **CO_2-Einsparung: ca. 30 t/a**

2.5.4 Photovoltaische Lärmschutzwand Waltershofen

Am 08.05.2023 wurde durch den Ministerpräsidenten des Freistaates Bayern Dr. Markus Söder die Pv-Lsw Waltershofen als wichtiges Projekt zur Energiewende bei einem Pressetermin freigegeben.

An der Staatsstraße St 2045 bei Augsburg wurde eine PV-Lärmschutzwand montiert. Südlich des Ortsteils Waltershofen wird eine vorhandene marode Lärmschutzwand auf einen Lärmschutzwall durch eine Pv-Lärmschutzwand ersetzt. Die Lärmschutzwand wird zur Südseite hin mit in der Lärmschutzwand integrierten Pv-Modulen hergestellt.

Abbildung 14 Pv-Lsw Waltershofen

Abbildung 15 Pv-Lsw Waltershofen

Die Länge der maroden Lärmschutzwand wird beibehalten, die akustisch wirksame Höhe der Pv-Lsw wird auf 3,6 m über OK Wall erhöht. Die Pv-Lsw hat folgende technische Daten:

Technische Daten der Pv-Lärmschutzwand Waltershofen

- Länge: 234 m
- Gesamthöhe: 6,00 m über Fahrbahn
- Fläche Lsw: 1.101 m²
- Fläche PV: 783 m²
- Installierte Leistung: 121 kWp
- Jahresertrag ca. : 93.000 kWh
- **CO_2-Einsparung: ca. 60 t/a**

3. Örtliche Verhältnisse, Beschreibung der Lärmschutzmaßnahmen

3.1 Beschreibung der geplanten Lärmschutzwand

Die Lärmschutzwand Magdeburger Ring Quartier Umfassungsstraße verläuft auf der östlichen Seite des Magdeburger Ringes, von Norden kommend, ab Höhe Hundisburger Straße auf 208 m. Am nördlichen Wandende ist ein zur Hundisburger Straße parallellaufender Abschnitt von 16 m vorgesehen. Die Achsen der Lärmschutzwand haben einen Abstand von 4,0 m.

In der Entwurfsplanung erhalten die Endbereiche jeweils eine Abtreppung über eine Länge von 12,00m (3 Felder).

Im Regelbereich hat die Lsw einen Abstand von 2,2 m zum Fahrbahnrand und eine Höhe von 6,85 m über OK Fahrbahn. Die Lsw erhält, oberhalb eines 5,50 m hohen senkrechten Abschnittes, eine Auskragung mit einem Winkel von ca. 54° und einer Länge von 2,0 m, von denen 1,5 m mit Lärmschutzelementen ausgefüllt werden.

Die Lärmschutzwand weißt eine Luftschalldämmung gem. ZTV-Lsw 22 nach und ist stark refelexionsmindernd mit einem Reflektionsverlust von ≥ 5 dB auszubilden. Diese Reflektionsminderung entspricht ca. der Anforderung „hochabsorbierend“ gem. ZTV-Lsw 06.

In der geographischen Lage verläuft die Lärmschutzwand von Süden nach Norden.

3.2 Strukturierung der geplanten Lärmschutzwand für die Pv-Nutzung

Für die Untersuchung der Möglichkeiten die Lsw für eine solare Stromerzeugung zu nutzen, werden folgende Bedingungen eingeführt.

In Bezug zur geographischen Lage weißt die Lsw im Wesentlichen drei unterschiedliche Richtungen auf. Die Lsw wird in der Lage in 3 Abschnitte unterteilt. Die Unterteilung ist in Abb. 14 dargestellt.

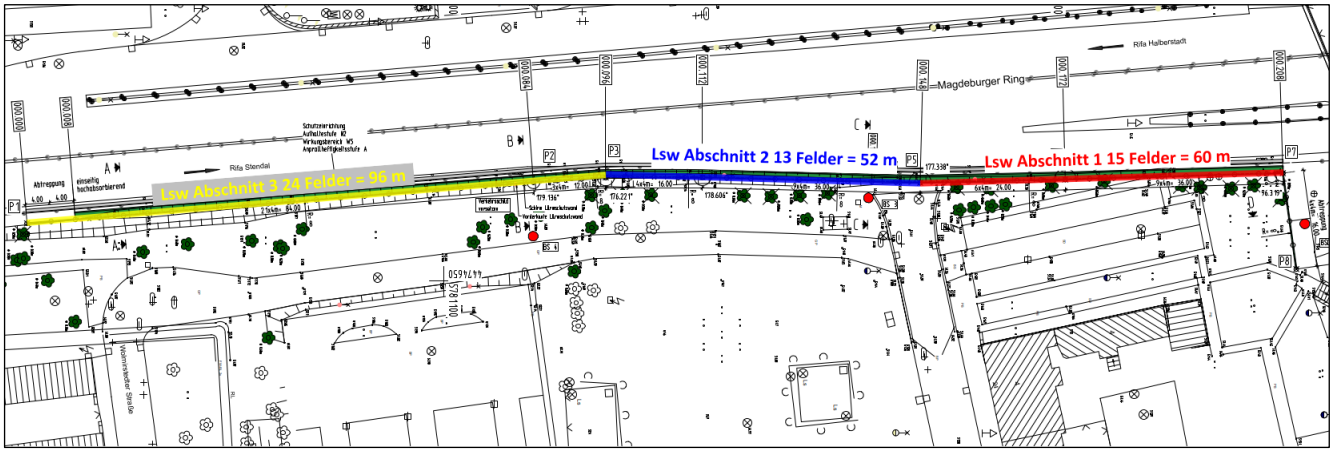


Abbildung 16 Übersicht der Struktur der Lärmschutzwandabschnitte zur Pv-Simulation

Für die Simulation der Pv-Nutzung wird der Querschnitt der Lsw im 3D-Raum nachgebildet. Der Entwurfsquerschnitt wird weitestgehend beibehalten. Die Abtreppung am Wandanfang wird überzeichnet und der Lsw-Querschnitt über die gesamte Länge im Wesentlichen beibehalten.

Es werden im Grundsatz 3 verschiedene Varianten untersucht:

Variante 1	1 Pv-Lärmschutzelement in der Auskragung
Variante 2	2 Pv-Lärmschutzelemente in der Auskragung

Variante 3	2 Pv-Lärmschutzelemente in der Auskragung, plus ein Pv-Lse in der senkrechten Wand
Variante 3a	2 Pv-Lärmschutzelemente in der Auskragung, plus ein Pv-Lse in der senkrechten Wand Plus 7 Pv-Lsw im Wandabschnitt parallel zur Hundisburger Str.

Es werden PV-Lärmschutzelemente VOLTA der Fa. Kohlhauer mit den Abmessungen von 1,1 m * 3,95 m für die Simulation verwendet.

Die VOLTA-Elemente weißen die Schalldämmung gem. ZTV-Lsw 22 nach und sind fahrbahnseitig stark refelexionsmindernd ausgebildet. Die Rückwand des Lärmschutzelements wird durch integrierte PV-Module gebildet. Die Module befinden sich innerhalb eines umlaufenden Aluminiumrahmens.

In jedes VOLTA-Element werden je zwei Pv-Module eingebaut und intern verkabelt. Für die Simulation wird die Einbausituation „dachintegriert – hinterlüftet“ verwendet.

3.3 Elektrische Grundlagen und Voraussetzungen für die Pv-Anlage

Für die Modellierung werden Si monocrystalline Module mit einer installierten Leistung von 400 Wp verwendet. Diese Module zeichnen sich durch eine besonders hohe Effektivität bei diffuser Lichteinstrahlung aus. Es wird eine Moduldegradation von 82 % über 20 Jahre angesetzt. Module dieser Qualität werden in den VOLTA-Lärmschutzelementen verbaut.

Um eine Ertragsvorausschau durchführen zu können, werden jeweils hypothetische Anlagen geplant und verschaltet. Dafür werden repräsentative Wechselrichter und dazu passende Verschaltungen gewählt. Hierbei werden die Verschaltungen so gewählt, dass die Anlagen funktionieren und Ergebnisse simuliert werden können. Durch intensiv und intelligent verschaltete Anlagen, können die Ertragsminderungen durch Verschattung weiter verringert werden. Für die Phase Machbarkeitsstudie sind die vorliegenden Ergebnisse mehr als ausreichend.

Gemäß Plan 8.1 Draufsicht und Ansicht [12] werden alle im Lageplan dargestellten Bäume, die nicht durchgestrichen sind, in die Simulation übernommen. Alle Bäume werden unabhängig ihres derzeitigen Zustandes und Größe mit einer Gesamthöhe von 14 m und einem Kronendurchmesser von 5,0 m modelliert. Für die Berücksichtigung der Abschattungen wird das L-förmige Gebäude an der Haldenslehner Str. 24a modelliert. Weitere Abschattungen werden nicht berücksichtigt.

3.4 Nutzung des in der Pv-Anlage erzeugten Stroms

Der Umfang des in der Pv-Lsw erzeugte Strom wird mit dem Simulationsprogramm PV*SOL premium 2023 R5 unter Berücksichtigung der Globaleinstrahlung, der Lage der Pv-Elemente und der Verschattungen ermittelt.

Als Klimadaten werden die Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) von Magdeburg (1995 – 2012) verwendet.

Die Pv-Anlage liegt in Nord-Süd-Richtung und ist durch zahlreiche östlich gelegene Bäume gekennzeichnet. Um die Ertragsminderung durch Verschattungen zu verringern, werden in allen Varianten zum gewählten Wechselrichter passende Leistungsoptimierer vorgesehen.

3.4.1 Volleinspeisung

Es werden für die Nutzung des in der Pv-Anlage erzeugten Stroms zwei Varianten untersucht. In der ersten Untersuchung wird der gesamte Strom in das öffentliche Netz eingespeist.

Die Vergütung regelt sich nach § 48 Absatz 2 und 2a. Sinngemäß ergibt das folgende Vergütung:

Für den Strom aus Solaranlagen, der vollständig ins öffentliche Netz eingespeist wird und ausschließlich auf, an oder in einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand angebracht sind, beträgt:

- bis einschließlich einer installierten Leistung von 10 Kilowatt 13,4 Cent pro Kilowattstunde,
- bis einschließlich einer installierten Leistung von 40 Kilowatt 11,3 Cent pro Kilowattstunde und
- bis einschließlich einer installierten Leistung von 1 Megawatt 8,1 Cent pro Kilowattstunde.

3.4.2 Überschusseinspeisung

Für eine zweite Variante wird ein Teil des in der Pv-Lsw erzeugte Strom in der Grundschule Am Umfassungsweg verbraucht und nur der überschüssige Strom in das öffentliche Netzt eingespeist.

Dieses Modell, der Nutzung des solarerzeugten Stroms, wird bereits seit vielen Jahren erfolgreich bei dem unter 2.5.3 genannten Referenzprojekt Photovoltaische Lärmschutzwand Neuötting praktiziert.

Unter der Voraussetzung, dass der angesetzte Verbrauch der Grundschule mit 50.000 kWh zutreffend ist, kann, mit Ausnahme der Variante 1, in der Lärmschutzwand wesentlich mehr Strom produziert werden, als in der Grundschule verbraucht wird. Eine Einbeziehung der in unmittelbarer Nähe liegenden Ganztagsschule Gemeinschaftsschule "Thomas Müntzer", können die Raten des direkt genutzten Stromes erhöht werden. Der erzeugte Strom, der nicht in der Schule verbraucht wird, wird in das öffentliche Netzt eingespeist. Dafür gibt es geringere Vergütungssätze als für eine Volleinspeisung. Die Vergütungssätze lauten wie folgt:

Für den Strom aus Solaranlagen, an oder in einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand, die nur den nicht selbst genutzten Strom ins öffentliche Netz einspeisen, beträgt der Vergütungssatz:

- bis einschließlich einer installierten Leistung von 10 Kilowatt 8,6 Cent pro Kilowattstunde,
- bis einschließlich einer installierten Leistung von 40 Kilowatt 7,5 Cent pro Kilowattstunde und
- bis einschließlich einer installierten Leistung von 1 Megawatt 6,2 Cent pro Kilowattstunde.

Für den selbstgenutzten Strom wird ein Arbeitspreis von 0,22180 €/kWh und ein Grundpreis von 6,90 €/Monat, bei einem Preisänderungsindex von 2 %/Jahr, berücksichtigt.

3.4.3 Eingesparte CO_2 - Emissionen

Die vermiedenen CO_2 – Emissionen werden mit dem unteren Wert aus Gliederungspunkt 2.1.1 mit 474 g/kWh_{el} berechnet. Dieser Wert entspricht auch dem in PV*SOL verwendeten Wert.

3.5 Parameter zur Wirtschaftlichkeit

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahren und eine Umlaufrendite von 1 % angesetzt. Alle im Weiteren gemachten Angaben sind **Netto-**Angaben ohne Mehrwertsteuer.

Das PV-Lärmschutzelement ist ein integriertes Element, Bestandteile eines konventionellen Lärmschutzelementes werden durch Pv-Komponenten ersetzt. So entfällt im vorliegenden Beispiel die Rückwand des Lärmschutzelements. Unter Berücksichtigung dieses Aspektes werden als abschreibungsfähige Investitionskosten nur am unteren Rand der üblichen Erwartungen liegenden 1.300 €/kWp angesetzt.

Es werden keine sonstigen Förderungen, Betriebskosten oder andere verbrauchsgebundenen Kosten, Finanzierungskosten oder Steuern berücksichtigt. Die ausführlichen Projektberichte für alle Varianten und Einspeisearten liegen als Anlagen dieser Machbarkeitsstudie bei.

4. Technische Varianten zur Pv-Nutzung der Lärmschutzwand

4.1 Variante 1

In der Variante 1 werden in der Auskragung der Lsw jeweils 1 PV-Lärmschutzelement VOLTA pro Feld eingesetzt.

4.1.1 Visualisierung der Variante

Abbildung 17 Vogelperspektive mit Sicht von der Fahrbahnseite

4.1.2 Technische Anlagedaten

Klimadaten	Magdeburg, DEU (1995 - 2012)	
PV-Generatorleistung	41,6	kWp
PV-Generatorfläche	203,2	m²
Anzahl PV-Module	104	
Anzahl Wechselrichter	1	
PV-Generatorleistung	41,60	kWp
Spez. Jahresertrag	629,68	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	72,82	%
Ertragsminderung durch Abschattung	21,1	%
Netzeinspeisung	26.218	kWh/Jahr
Vermiedene CO_2-Emissionen	12.311	kg/Jahr

Abbildung 18 Übersichtsbild Simulation Anlage Variante 1

4.2 Variante 2

Es werden in der Auskragung der Lsw jeweils 2 PV-Lärmschutzelemente VOLTA pro Feld eingesetzt.

4.2.1 Visualisierung der Variante

Abbildung 19 Variante 2 Ansicht von Osten (Visualisierung ohne Baumbestand)

4.2.2 Technische Anlagedaten

Klimadaten	Magdeburg, DEU (1995 - 2012)	
PV-Generatorleistung	83,2	kWp
PV-Generatorfläche	406,4	m²
Anzahl PV-Module	208	
PV-Generatorleistung	83,20	kWp
Spez. Jahresertrag	636,22	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	72,30	%
Ertragsminderung durch Abschattung	20,3	%
Netzeinspeisung	52.980	kWh/Jahr
Vermiedene CO_2-Emissionen	24.879	kg/Jahr

Abbildung 20 Übersichtsbild Simulation Anlage Variante 2

4.3 Variante 3

In der Variante 3 werden in der Auskragung der Lsw jeweils 2 PV-Lärmschutzelemente VOLTA und im senkrechten Teil jeweils 1 VOLTA-Element pro Feld eingesetzt.

4.3.1 Visualisierung der Variante

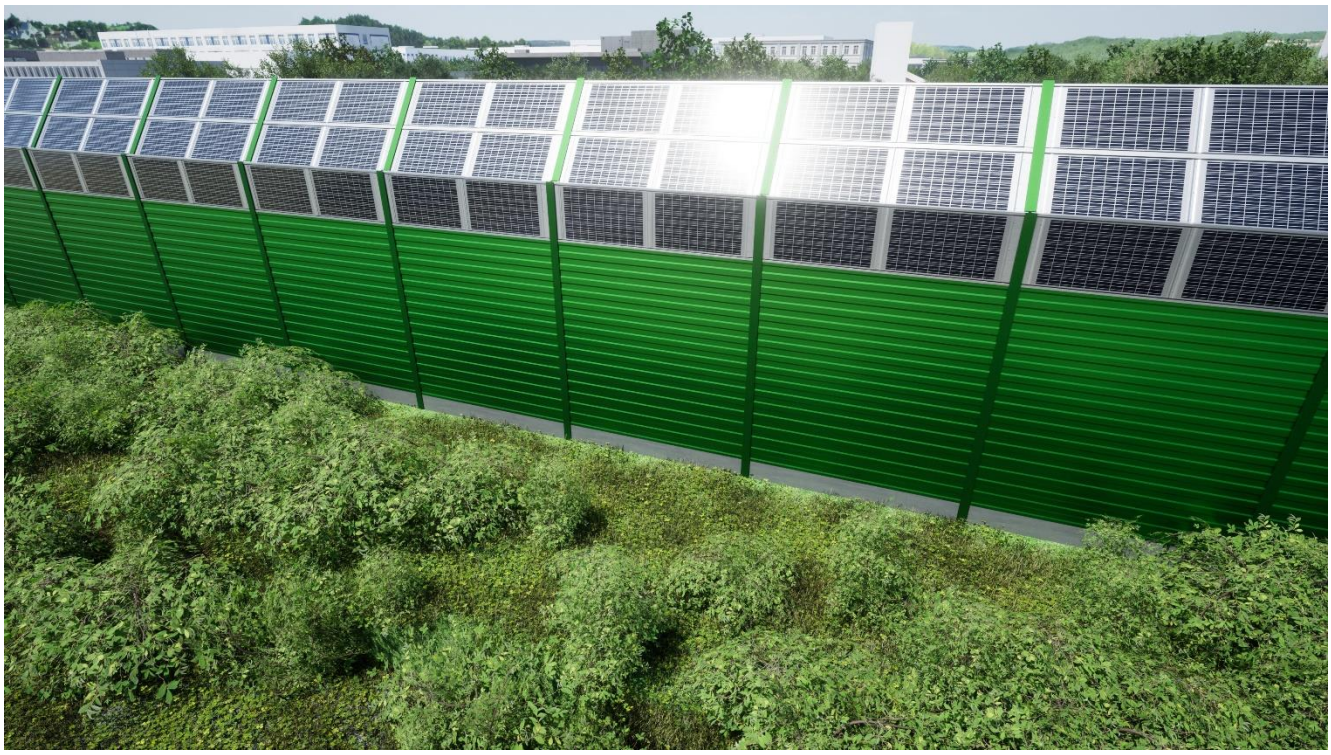


Abbildung 21 Nahaufnahme Variante 3

4.3.2 Technische Anlagedaten

Klimadaten	Magdeburg, DEU (1995 - 2012)	
PV-Generatorleistung	124,8	kWp
PV-Generatorfläche	609,6	m²
Anzahl PV-Module	312	
PV-Generatorleistung	124,80	kWp
Spez. Jahresertrag	511,81	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	65,10	%
Ertragsminderung durch Abschattung	29,2	%
Netzeinspeisung	63.900	kWh/Jahr
Vermiedene CO_2-Emissionen	30.021	kg/Jahr

Abbildung 22 Übersichtsbild Simulation Anlage Variante 3

4.4 Variante 3a

Zusätzlich zur Variante 3 werden in dem Wandabschnitt parallel zur Hundisburger Str. insgesamt 7 PV-Lärmschutzelemente eingesetzt.

4.4.1 Visualisierung der Anlage

Abbildung 23 Variante 3a Ansicht von Süden (Visualisierung ohne Baumbestand)

4.4.2 Technische Anlagedaten

Klimadaten	Magdeburg, DEU (1995 - 2012)	
PV-Generatorleistung	130,4	kWp
PV-Generatorfläche	637,0	m²
Anzahl PV-Module	326	
Anzahl Wechselrichter	1	
PV-Generatorleistung	130,40	kWp
Spez. Jahresertrag	532,10	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	67,51	%
Ertragsminderung durch Abschattung	23,6	%
Netzeinspeisung	69.401	kWh/Jahr
Vermiedene CO_2-Emissionen	32.611	kg/Jahr

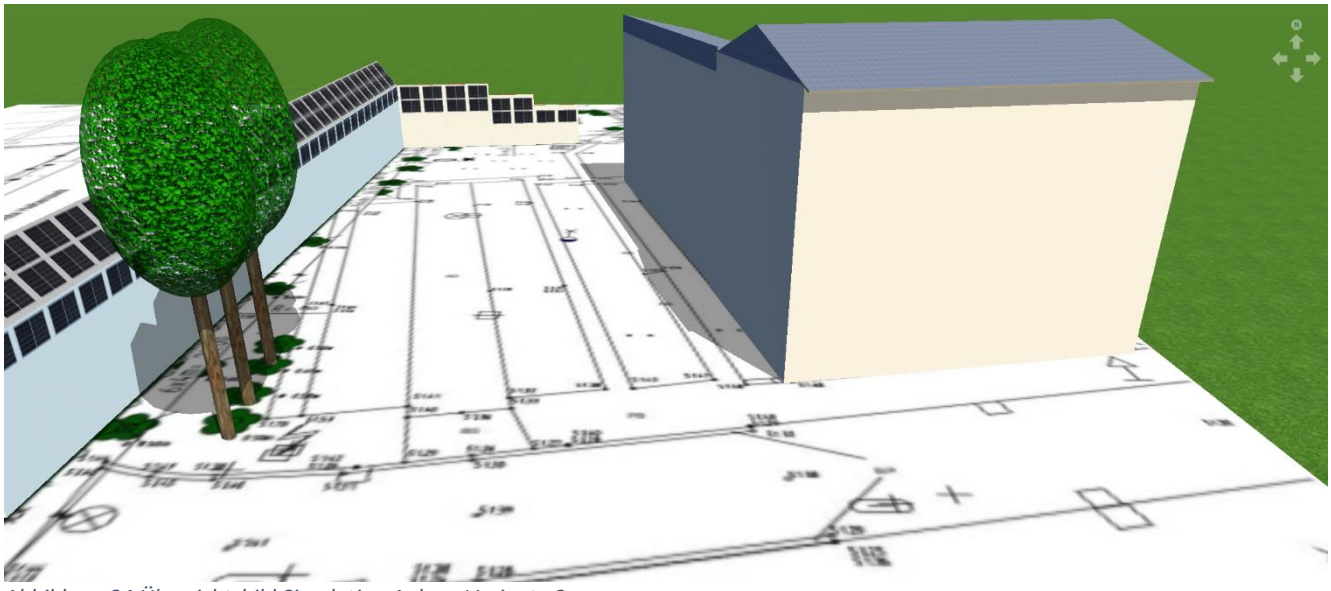


Abbildung 24 Übersichtsbild Simulation Anlage Variante 3a

5. Wirtschaftliche Ergebnisse der Pv-Lärmschutzwandvarianten

5.1 Variante 1- Volleinspeisung

5.1.1 Anlagendaten Variante 1 - Volleinspeisung

Anlagendaten		
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	26.102	kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	41,6	kWp
Inbetriebnahme der Anlage	23.06.2023	
Betrachtungszeitraum	20	Jahre
Kapitalzins	1	%

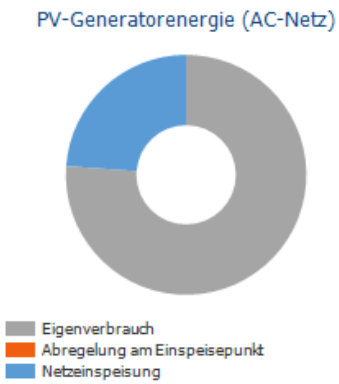
Wirtschaftliche Kenngrößen		
Investitionskosten	54.080,00	€
Gesamtkapitalrendite	0,16	%
Kumulierter Cashflow	-3.927,77	€
Amortisationsdauer	Mehr als 20	Jahre
Stromgestehungskosten	0,1095	€/kWh

Vergütung		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	2.976,87	€/Jahr
EEG 2023 (Volleinspeisung) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	01.01.2023 - 31.12.2043	
Spezifische Einspeisevergütung	0,114	€/kWh
Einspeisevergütung	2976,8683	€/Jahr

5.2 Variante 1 - Überschusseinspeisung

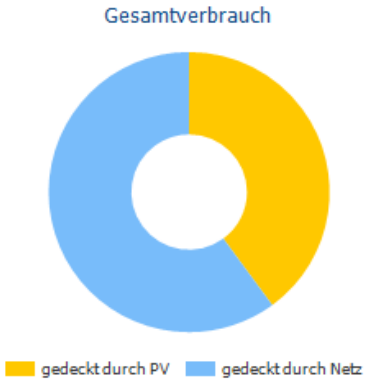
5.2.1 Anlagendaten Variante 1 - Überschusseinspeisung

PV-Anlage		
PV-Generatorleistung	41,60	kWp
Spez. Jahresertrag	629,68	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	72,82	%
Ertragsminderung durch Abschattung	21,1	%
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	26.218	kWh/Jahr
Eigenverbrauch	19.970	kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0	kWh/Jahr
Netzeinspeisung	6.248	kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	76,1	%
Vermiedene CO_2-Emissionen	12.311	kg/Jahr



Verbraucher		
Verbraucher	50.000	kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	23	kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	50.023	kWh/Jahr
gedeckt durch PV	19.970	kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	30.053	kWh/Jahr

Solarer Deckungsanteil 39,9 %



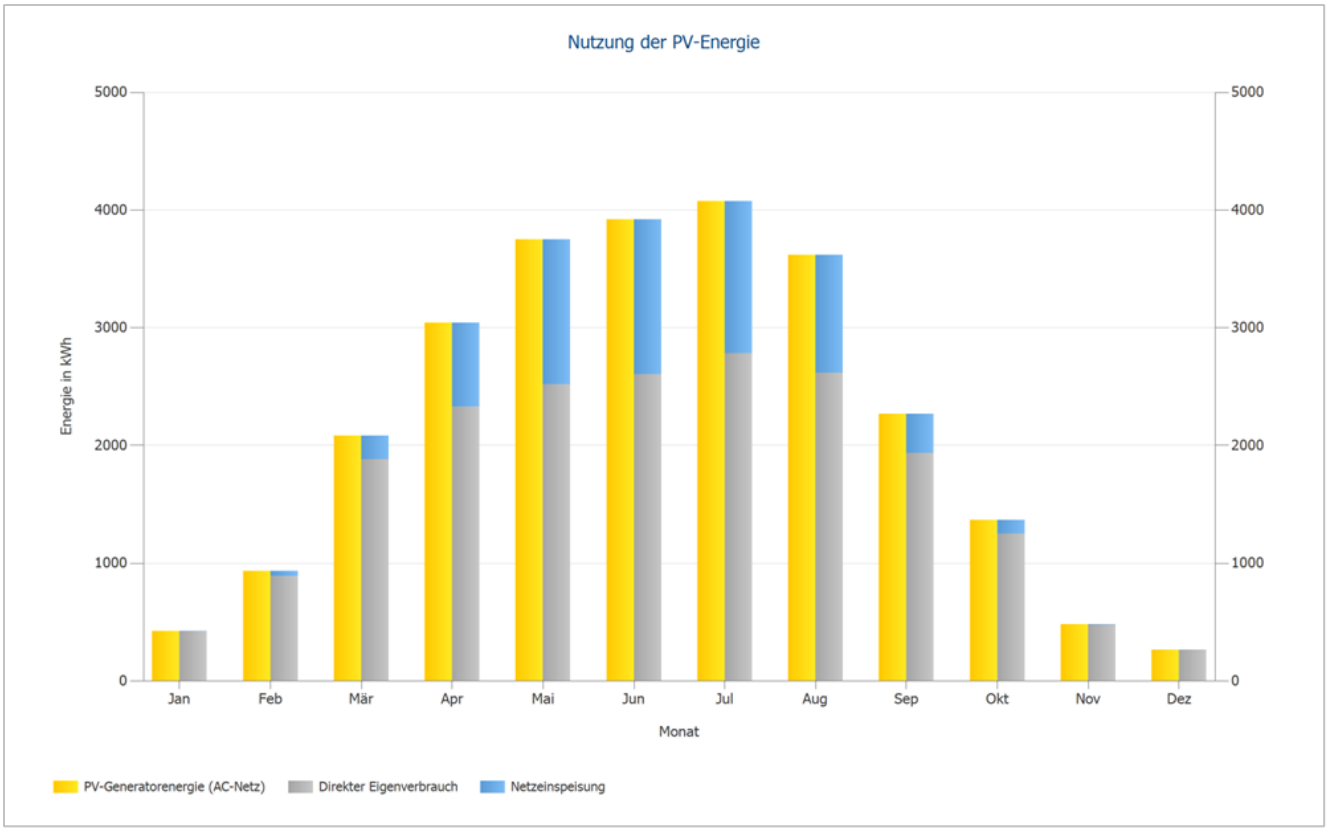


Abbildung 25 Nutzung PV-Energie im Jahresverlauf Variante 1 Überschusseinspeisung

5.2.2 Wirtschaftliche Anlagedaten - Überschusseinspeisung

Wirtschaftliche Kenngrößen		
Gesamtkapitalrendite	7,34	%
Kumulierter Cashflow	45.248,84	€
Amortisationsdauer	11,3	Jahre
Stromgestehungskosten	0,1095	€/kWh

Vergütung und Ersparnisse		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	455,14	€/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	4.403,55	€/Jahr
EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	01.01.2023 - 31.12.2043	
Spezifische Einspeisevergütung	0,0731	€/kWh
Einspeisevergütung	455,1418	€/Jahr
Example Private (Example)		
Arbeitspreis	0,2218	€/kWh
Grundpreis	6,9	€/Monat
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	2	%/Jahr

5.3 Variante 2 - Volleinspeisung

5.3.1 Anlagendaten Variante 2 - Volleinspeisung

Anlagendaten		
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	52.745	kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	83,2	kWp
Inbetriebnahme der Anlage	23.06.2023	
Betrachtungszeitraum	20	Jahre
Kapitalzins	1	%

Wirtschaftliche Kenngrößen		
Investitionskosten	108.160,00	€
Gesamtkapitalrendite	0,05	%
Kumulierter Cashflow	-9.056,63	€
Amortisationsdauer	Mehr als 20	Jahre
Stromgestehungskosten	0,1084	€/kWh

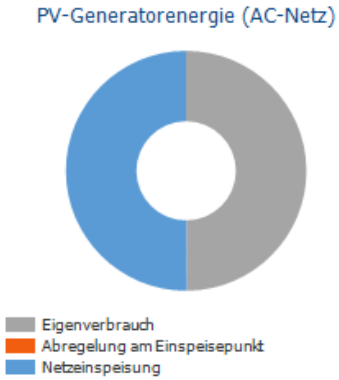
Vergütung		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	5.882,36	€/Jahr
EEG 2023 (Volleinspeisung) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	01.01.2023 - 31.12.2043	
Spezifische Einspeisevergütung	0,1115	€/kWh
Einspeisevergütung	5882,3589	€/Jahr

5.4 Variante 2 - Überschusseinspeisung

5.4.1 Anlagendaten Variante 2 - Überschusseinspeisung

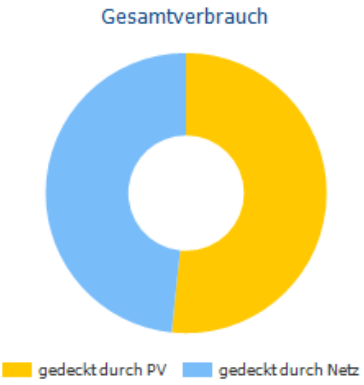
PV-Anlage

PV-Generatorleistung	83,20	kWp
Spez. Jahresertrag	622,18	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	71,80	%
Ertragsminderung durch Abschattung	22,1	%
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	51.812	kWh/Jahr
Eigenverbrauch	25.850	kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0	kWh/Jahr
Netzeinspeisung	25.963	kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	49,8	%
Vermiedene CO_2-Emissionen	24.330	kg/Jahr



Verbraucher

Verbraucher	50.000	kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	46	kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	50.046	kWh/Jahr
gedeckt durch PV	25.850	kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	24.197	kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	51,7	%



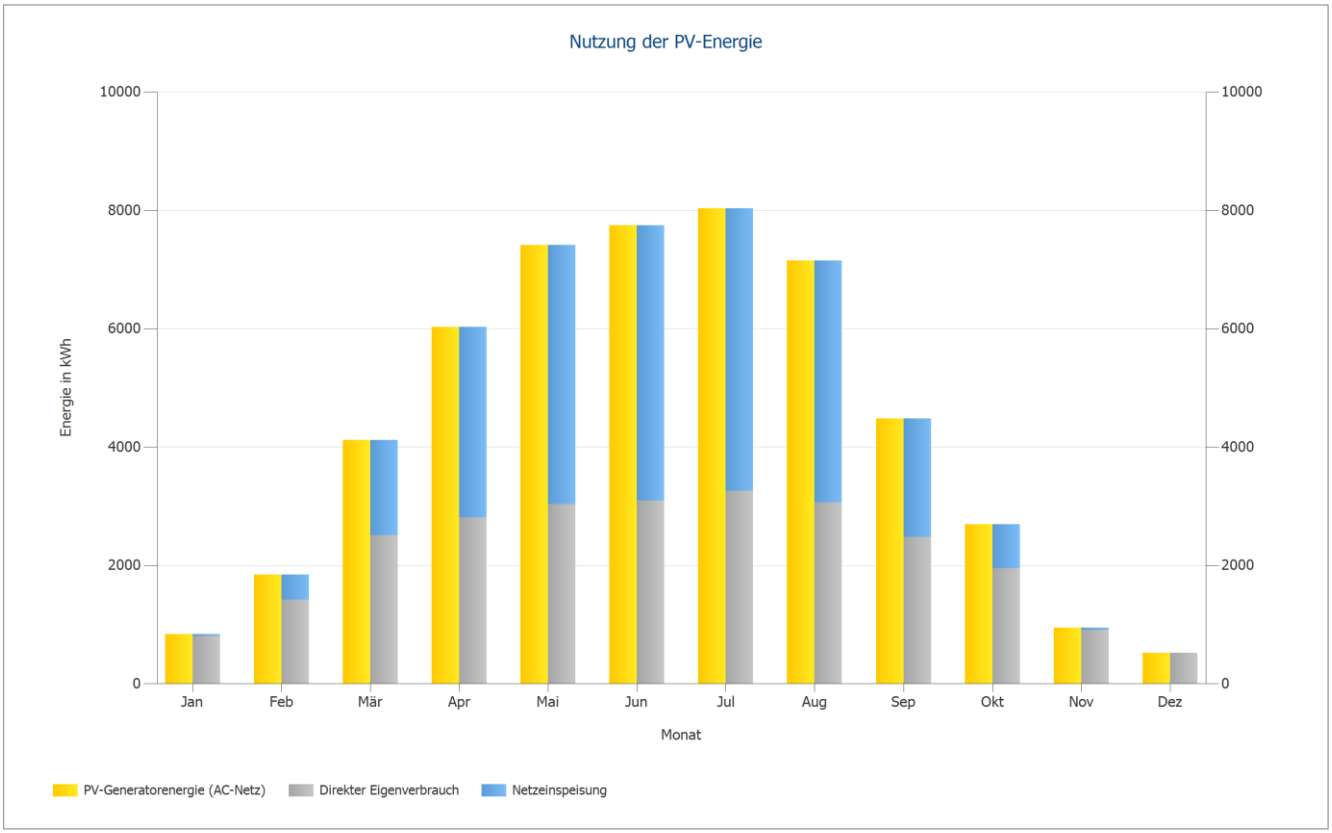


Abbildung 26 Nutzung Pv-Energie im Jahresverlauf Variante 2 Überschusseinspeisung

5.4.2 Wirtschaftliche Anlagedaten - Überschusseinspeisung

Wirtschaftliche Kenngrößen	
Gesamtkapitalrendite	3,96 %
Kumulierter Cashflow	38.923,06 €
Amortisationsdauer	15,2 Jahre
Stromgestehungskosten	0,1108 €/kWh

Vergütung und Ersparnisse	
Gesamtvergütung im ersten Jahr	1.695,21 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	5.696,34 €/Jahr
EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen	
Gültigkeit	01.01.2023 - 31.12.2043
Spezifische Einspeisevergütung	0,0656 €/kWh
Einspeisevergütung	1695,2091 €/Jahr
Berlin Natur Privatstrom (Vattenfall)	
Arbeitspreis	0,2218 €/kWh
Grundpreis	6,9 €/Monat
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	2 %/Jahr

5.5 Variante 3 - Volleinspeisung

5.5.1 Anlagendaten Variante 3 - Volleinspeisung

Anlagendaten		
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	63.900	kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	124,8	kWp
Inbetriebnahme der Anlage	23.06.2023	
Betrachtungszeitraum	20	Jahre
Kapitalzins	1	%

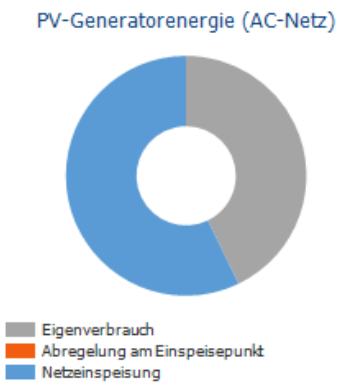
Wirtschaftliche Kenngrößen		
Investitionskosten	162.240,00	€
Gesamtkapitalrendite	0,00	%
Kumulierter Cashflow	-57.389,73	€
Amortisationsdauer	Mehr als 20	Jahre
Stromgestehungskosten	0,1347	€/kWh

Vergütung		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	5.688,50	€/Jahr
EEG 2023 (Volleinspeisung) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	01.01.2023 - 31.12.2043	
Spezifische Einspeisevergütung	0,089	€/kWh
Einspeisevergütung	5688,5035	€/Jahr

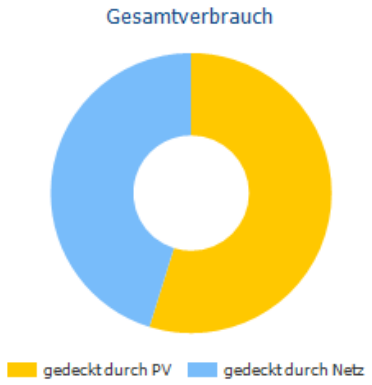
5.6 Variante 3 - Überschusseinspeisung

5.6.1 Anlagendaten Variante 3 - Überschusseinspeisung

PV-Anlage		
PV-Generatorleistung	124,80	kWp
Spez. Jahresertrag	512,89	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	65,11	%
Ertragsminderung durch Abschattung	29,2	%
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	64.034	kWh/Jahr
Eigenverbrauch	27.415	kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0	kWh/Jahr
Netzeinspeisung	36.618	kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	42,8	%
Vermiedene CO_2-Emissionen	30.084	kg/Jahr



Verbraucher		
Verbraucher	50.000	kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	26	kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	50.026	kWh/Jahr
gedeckt durch PV	27.415	kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	22.610	kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	54,8	%



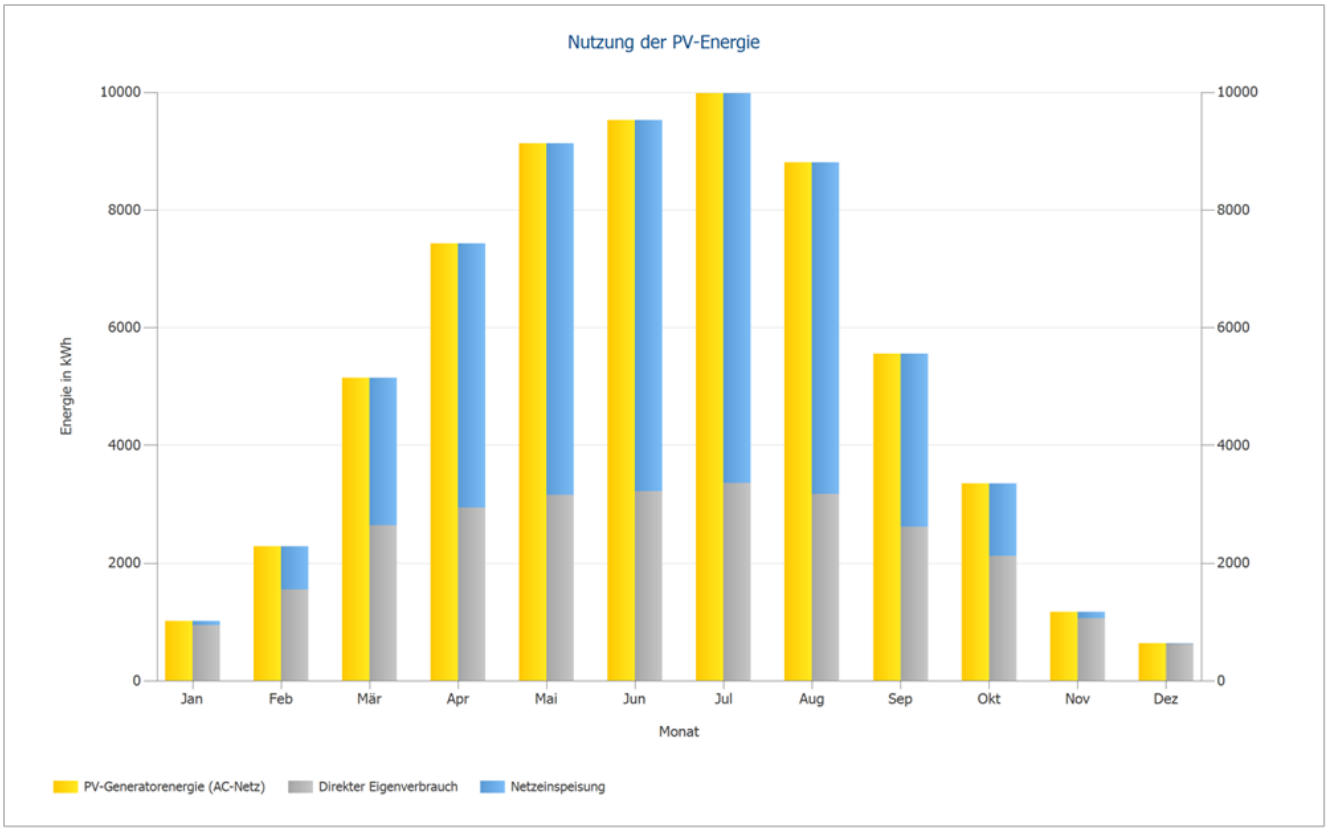


Abbildung 27 Nutzung Pv-Energie im Jahresverlauf Variante 3 Überschusseinspeisung

5.6.2 Wirtschaftliche Anlagedaten - Überschusseinspeisung

Wirtschaftliche Kenngrößen		
Investitionskosten	162.240,00	€
Gesamtkapitalrendite	1,92	%
Kumulierter Cashflow	18.232,79	€
Amortisationsdauer	18,7	Jahre
Stromgestehungskosten	0,1344	€/kWh

Vergütung und Ersparnisse		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	3.245,95	€/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	6.046,51	€/Jahr
EEG 2023 (Volleinspeisung) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	01.01.2023 - 31.12.2043	
Spezifische Einspeisevergütung	0,089	€/kWh
Einspeisevergütung	3245,9478	€/Jahr
Example Private (Example)		
Arbeitspreis	0,2218	€/kWh
Grundpreis	6,9	€/Monat
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	2	%/Jahr

5.7 Variante 3a - Volleinspeisung

5.7.1 Anlagendaten Variante 3a - Volleinspeisung

Anlagendaten		
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	69.094	kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	130,4	kWp
Inbetriebnahme der Anlage	23.06.2023	
Betrachtungszeitraum	20	Jahre
Kapitalzins	1	%

Wirtschaftliche Kenngrößen		
Investitionskosten	169.520,00	€
Gesamtkapitalrendite	0,00	%
Kumulierter Cashflow	-70.338,78	€
Amortisationsdauer	Mehr als 20	Jahre
Stromgestehungskosten	0,1296	€/kWh

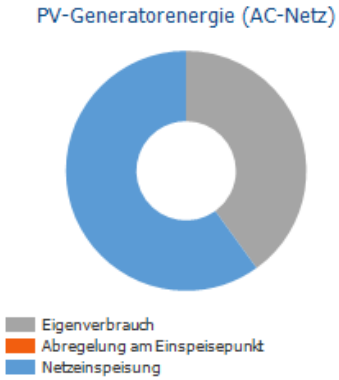
Vergütung und Ersparnisse		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	5.886,75	€/Jahr
EEG 2023 (Volleinspeisung) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	01.01.2023 - 31.12.2043	
Spezifische Einspeisevergütung	0,0852	€/kWh
Einspeisevergütung	5886,7493	€/Jahr

5.8 Variante 3a - Überschusseinspeisung

5.8.1 Anlagendaten Variante 3a – Überschusseinspeisung

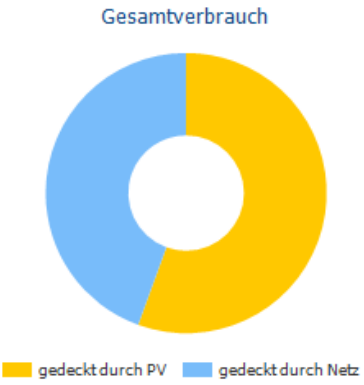
PV-Anlage

PV-Generatorleistung	130,40	kWp
Spez. Jahresertrag	532,10	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	67,51	%
Ertragsminderung durch Abschattung	23,6	%
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	69.401	kWh/Jahr
Eigenverbrauch	27.785	kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0	kWh/Jahr
Netzeinspeisung	41.616	kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	40,0	%
Vermiedene CO_2-Emissionen	32.611	kg/Jahr



Verbraucher

Verbraucher	50.000	kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	15	kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	50.015	kWh/Jahr
gedeckt durch PV	27.785	kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	22.230	kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	55,6	%



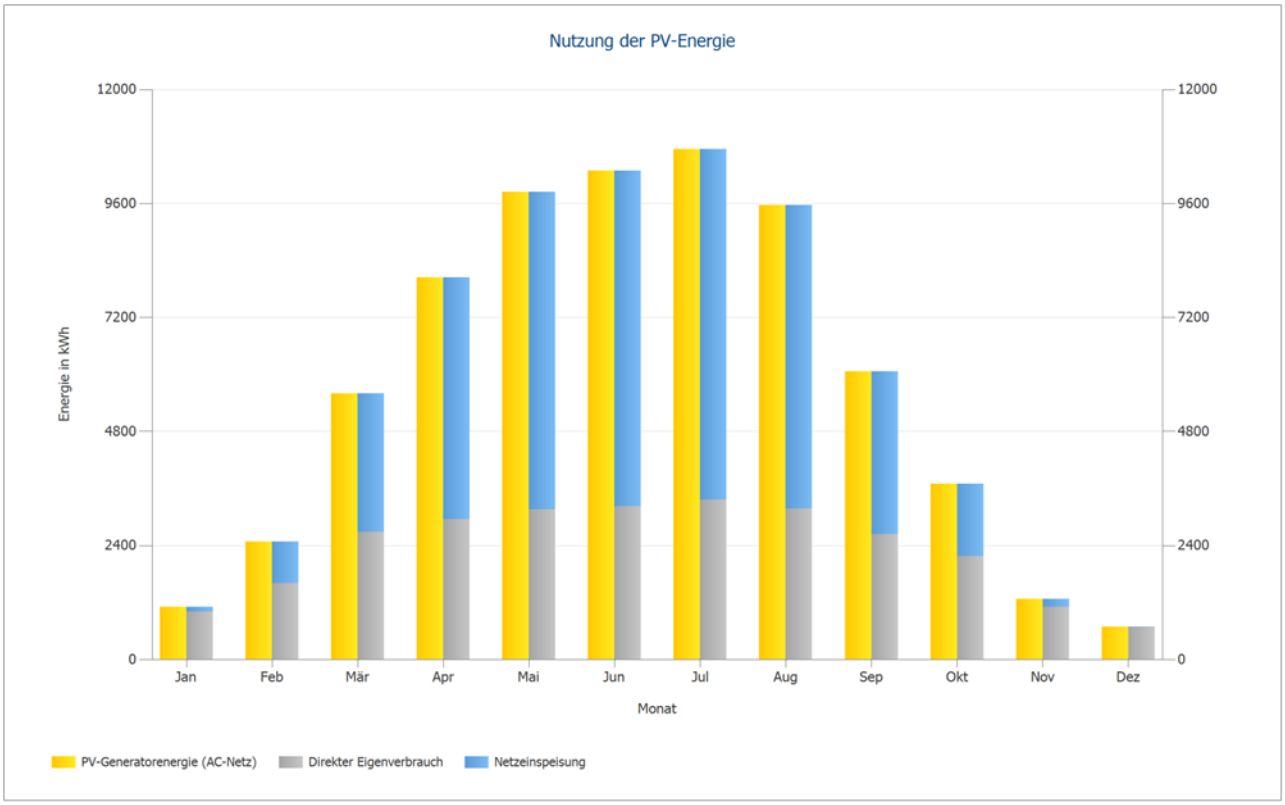


Abbildung 28 Nutzung Pv-Energie im Jahresverlauf Variante 3a Überschusseinspeisung

5.8.2 Wirtschaftliche Anlagedaten - Überschusseinspeisung

Wirtschaftliche Kenngrößen		
Investitionskosten	169.520,00	€
Gesamtkapitalrendite	0,48	%
Kumulierter Cashflow	-7.559,92	€
Amortisationsdauer	Mehr als 20	Jahre
Stromgestehungskosten	0,1296	€/kWh

Vergütung und Ersparnisse		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	2.043,30	€/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	6.130,35	€/Jahr
EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen		
Spezifische Einspeisevergütung	0,0493	€/kWh
Einspeisevergütung	2043,298	€/Jahr
Example Private (Example)		
Arbeitspreis	0,2218	€/kWh
Grundpreis	6,9	€/Monat
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	2	%/Jahr

6. Variantenvergleich

6.1 Technischer Vergleich der Pv-Anlagen

Die Varianten 1 bis 3 a zeichnen sich durch folgende technische Daten der Pv-Anlage aus.

Kriterien	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 3a
PV-Generatorleistung [kWp]	41,6	83,2	124,8	130,4
PV-Generatorfläche [m²]	203,2	406,4	609,6	637
Anzahl PV-Module	104	208	312	326
Spez. Jahresertrag [kWh/kWp]	629,68	636,22	511,81	532,1
Anlagennutzungsgrad (PR) [%]	72,82	72,3	65,1	67,51
Ertragsminderung durch Abschattung [%]	21,1	20,3	29,2	23,6
Netzeinspeisung [kWh/Jahr]	26.218	52.980	63.900	69.401
Vermiedene CO_2-Emissionen [kg/Jahr]	12.311	24.879	30.021	32.611

Auf Grund der geographischen Lage der Lärmschutzwand in Nord-Süd-Richtung werden nur relativ niedrige spezifische Jahreserträge von 512 bis 636 kWh/kWp erzielt. Die Verschattungen vor allem durch die Lsw nahen Bäume mindern die möglichen Erträge bei der Stromerzeugung um weitere 20 bis 30%. Die Variante 2 ergibt energetisch die besten Werte.

6.2 Wirtschaftlicher Vergleich der Pv-Anlagen

Bei den Varianten der Pv-Anlagen nehmen die Investitionskosten entsprechend der Anzahl der verbauten Module Variante 1 bis 3a linear zu. Die Vergütung jedoch sinkt abhängig von der installierten Leistung.

6.2.1 Volleinspeisung

Kriterien	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 3a
Netzeinspeisung [kWh/Jahr]	26.102	52.745	63.900	69.094
PV-Generatorleistung [kWp]	41,6	83,2	124,8	130,4
Betrachtungszeitraum [Jahre]	20	20	20	20
Einspeisevergütung [€/Jahr]	2.976,87	5.882,36	5.688,50	5.886,75
Bruttoeinnahmen in 20 Jahren [€]	59.537,37	117.647,18	113.770,07	117.734,99
Kumulierter Cashflow [€]	-3.928	-9.057	-57.390	-70.339
Amortisationsdauer [Jahre]	> 20	> 20	> 20	> 20
Stromgestehungskosten [€/kWh]	0,1095	0,1084	0,1347	0,1296
Investitionskosten [€]	54.080,00	108.160,00	162.240,00	169.520,00
Spezifische Einspeisevergütung [€/kWh]	0,114	0,1115	0,089	0,0852

Die Stromgestehungskosten sind bei der Variante 2 am niedrigsten und bei der Variante 3 am höchsten. Die Bruttoeinnahmen innerhalb von 20 Jahren übersteigen bei Variante 1 und 2 zwar die Investitionskosten ergeben aber wegen der berücksichtigten Kapitalumlaufrendite von jährlich 1% einen negativen Cashflow.

Bei einer Volleinspeisung können keine wirtschaftlich sinnvollen Ergebnisse erzielt werden.

6.2.2 Überschusseinspeisung

Bei der Überschusseinspeisung wird ein Teil des in der Anlage produzierten Stroms selbst verbraucht. Die wirtschaftlichen Ergebnisse hängen somit entscheidend davon ab, wieviel Strom selbst verbraucht wird und zu welchen Konditionen dieser bezogen werden würde. Bei allen im Folgenden gemachten Zahlen kann es sich somit nur um Beispielzahlen handeln, die nur eine mögliche Größenordnung der Wirtschaftlichkeit anzeigen können.

Die nachfolgenden Betrachtungen gehen von geschätzten Annahmen aus. Als mögliche Abnehmer für den in der Pv-Anlage der Lärmschutzwand produzierten Strom, wurde eine in unmittelbarer Nähe befindliche Grundschule identifiziert. Der Verbrauch der Schule wurde ein in PV*SOL hinterlegten Lastprofil für Schulen < 10.000 m² Grundfläche mit 50.000 kWh angenommen. Die Konditionen für den Strombezug sind im Abschnitt 3.4.2 aufgeführt.

Bei einer Überschusseinspeisung erhält man niedrigere Vergütungssätze als für den vollständig ins öffentliche Netz eingespeisten Stroms. Bei der Variante 3a zum Beispiel, liegt die spezifische Einspeisevergütung unter 5 Cent pro Kilowattstunde. Der wirtschaftliche Vorteil wird aus dem geringeren Netzbezug generiert. Aus wirtschaftlichen Erwägungen sollte demnach angestrebt werden, dass Anlagengröße und Eigenverbrauch in einem sinnvollen Verhältnis stehen.

Kriterien	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 3a
PV-Generatorleistung [kWp]	41,6	83,2	124,8	130,4
PV-Generatorenergie (AC-Netz) [kWh/Jahr]	26.218	51.812	64.034	69.401
Eigenverbrauch [kWh/Jahr]	19.970	25.850	27.415	27.785
Netzeinspeisung [kWh/Jahr]	6.248	25.963	36.618	41.616
Eigenverbrauchsanteil [%]	76,10	49,80	42,80	40,00
Verbraucher [kWh/Jahr]	50.000	50.000	50.000	50.000
gedeckt durch PV [kWh/Jahr]	19.970	25.850	27.415	27.785
gedeckt durch Netz [kWh/Jahr]	30.053	24.197	22.610	22.230
Solarer Deckungsanteil [%]	39,9	51,7	54,8	55,6
Gesamtkapitalrendite [%]	7,34	3,96	0,62	0,48
Kumulierter Cashflow [€]	45.248,84	38.923,06	-4.793,52	-7.559,92
Amortisationsdauer [Jahre]	11,3	15,2	> 20	> 20
Stromgestehungskosten [€/kWh]	0,1095	0,1108	0,1344	0,1296
Gesamtvergütung pro Jahr [€/Jahr]	455,14	1.695,21	1.878,62	2.043,30
Ersparnisse im ersten Jahr [€/Jahr]	4.403,55	5.696,34	6.046,51	6.130,35
Spezifische Einspeisevergütung [€/kWh]	0,0731	0,0656	0,0515	0,0493

Die vorstehende Tabelle zeigt, dass umso höher der Eigenverbrauchsanteil des erzeugten Stromes ist, umso höher ist die Kapitalrendite.

Bei der Variante 2 ist die Kapitalrendite zwar niedriger als in Variante 1, jedoch wird in Variante 2 doppelt so viel regenerativer Strom erzeugt, wie in Variante 1. Daher wird die Variante 2, mit Nutzung des Stroms in der Grundschule Am Umfassungsweg und Überschusseinspeisung als Vorzugsvariante empfohlen.

7. Betrieb der Pv-Anlagen

7.1 Grundlagen

Die Lärmschutzwand Magdeburger Ring Quartier Umfassungsstraße steht auf städtischem Grundstück und befindet sich in Baulast der Landeshauptstadt Magdeburg.

Für die Errichtung und den Betrieb der Pv-Lärmschutzwand müsste ein separater Betreiber gewonnen werden. Vom städtischen Eigenbetrieb, über einen Bürgerfonds (analog PV-Lärmschutzanlage Freising), einer Energiegenossenschaft (Pv-Lsw Neuötting) bis zum privaten Investor (ÖPP-Modell Pv-Lsw Aschaffenburg) stehen dafür alle Möglichkeiten offen.

7.1.1 Eigenbetrieb

Die Landeshauptstadt Magdeburg könnte über einen Eigenbetrieb, zum Beispiel die Stadtwerke, die Lärmschutzwände betreiben.

7.1.2 Energiegenossenschaften

Eine weitere Möglichkeit wäre es, dem Beispiel Neuötting (Referenz Abschnitt 2.5.3) folgend, die Lärmschutzwände durch eine örtliche Energiegenossenschaft betreiben zu lassen.

In Neuötting wurde in Zusammenarbeit mit der Stadt Neuötting und der EnergieGenossenschaft Inn-Salzach eG eine Photovoltaik-Lärmschutzwand mit einer Gesamtleistung von 64,4 kWp entlang der Staatsstraße St 2550 errichtet. Die vor Ort produzierten ca. 60.000 kWh werden dabei im nahe gelegenen Schulhaus der Montessori-Schule im Eigenverbrauch verwendet. Allein der normale Tagesbetrieb während der Unterrichtszeiten benötigt ca. 50 % der vor Ort erzeugten Energie. Die Verantwortlichen sehen darin die ideale Kombination aus den städtebaulichen Anforderungen und der Integration erneuerbarer Energien.

7.1.3 ÖPP - Modell (Öffentlich-Private-Partnerschaft)

Grundsätzlich könnte das Projekt der Errichtung und des Betriebs der photovoltaischen Lärmschutzwände in Form eines ÖPP-Modells (öffentlich private Partnerschaft) durchgeführt werden. Die im Abschnitt 2 aufgeführte Lärmschutzwand an der A 3 bei Aschaffenburg ist über ein solches Modell realisiert worden. Dabei trat die Niederlassung Nordbayern der Autobahn GmbH (ehemals Autobahndirektion Nordbayern) als Bauherr und die Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG, ein Aschaffenburger Familienunternehmen, als privater Partner auf.

8. Zusammenfassung und Fazit

8.1 Grundlagen

Die vorliegende Machbarkeitsstudie hatte die Aufgabe zu untersuchen, ob sich die Lärmschutzwand Magdeburger Ring Quartier Umfassungsstraße für eine photovoltaische Nutzung eignet.

Die der Studie zugrunde liegende Entwurfsplanung gibt eine gute Grundlage für die Untersuchungen. Die Konstruktion der Lärmschutzwand, Abschirmhöhe, Achsabstand, Abstand zum Fahrbahnrand wird beibehalten und nicht verändert. Lediglich an der Länge der Auskragung sind Modifizierungen vorgenommen worden, ohne dass der Gesamteindruck verändert wird. Die akustischen Anforderungen an Schalldämmung und Reflektionsminderung werden beibehalten und erfüllt. Die Verkabelung der Pv-Lärmschutzelemente untereinander kann in einem Kabelkanal oberhalb des obersten Elements realisiert werden.

Die im Entwurf in jedem zweiten Feld angeordneten transparenten Elemente müssten bei der Variante 3 und 3a um ca. 1,0 m tiefer angeordnet werden. Auf die Abtreppung am Wandanfang wurde zur Vereinfachung der Modellierung verzichtet.

Es wird davon ausgegangen, dass die PV-Anlagen an das öffentliche Netz angeschlossen werden und ein Netzverknüpfungspunkt in unmittelbarer Nähe bereitgestellt werden kann.

Als Standorte für die Wechselrichter kommen Flächen am Wandende, mit dem geringsten Abstand zur Grundschule in Frage. Die Wechselrichter, die Zähleinrichtungen und Anlagen für das Monitoring können in einem größeren Schaltkasten, oder im Hausanschlussraum der Grundschule untergebracht werden.

8.2 Technische Machbarkeit und Möglichkeiten zur photovoltaischen Nutzung

Die Berechnung des Photovoltaiksystems wird im Simulationsprogramm PV*SOL premium 2023 R5 durchgeführt. Die Lärmschutzwand wird in einer 3D-Visualisierung Lage- und Höhengerecht nachgebaut. Im 3D-Raum werden die Module importiert und eingeordnet. Nach Anordnung und der vorläufigen Verschaltung der Module werden in einer detaillierten 3D-Verschattungsanalyse die Erträge und die Ertragsminderungen durch Verschattungen berechnet. Erfahrungsgemäß liegen die berechneten eher am unteren Rand der tatsächlichen Erträge.

Es wurden, ausgehend von der Konstruktion der Lärmschutzwand, drei verschiedene Varianten der Einordnung von Pv-Lärmschutzelementen untersucht. Trotz der ungünstigen geographischen Lage der Lärmschutzwand von Süden nach Norden kann die Lärmschutzwand in Teilflächen für eine photovoltaische Stromerzeugung genutzt werden. Hier eignen sich besonders die Auskragungselemente. Die vorgesehenen Pv-Lärmschutzelemente VOLTA können die ursprünglich geplanten Aluminiumlärmschutzelemente mit geringen Anpassungen ersetzten.

Die senkrechten Flächen der Lsw könnten ab ca. 2,0 m Höhe mit weiteren Pv-Modulen ausgestattet werden, allerdings wären hier die zu erzielenden Erträge zu gering für einen wirtschaftlichen Betrieb.

Die durch die östlich der Lsw vorhandenen Bäume erzeugten Verschattungen wirken sich negativ auf die Stromerzeugung aus und mindern die möglichen Erträge um ca. 20 %. Dennoch kann, vor allem bei der Nutzung des erzeugten Stroms in der Grundschule ein wirtschaftlicher Betrieb sichergestellt und mit dem regenerativ erzeugten Strom jährlich von 12 bis 30 t CO_2 Emissionen vermieden werden.

Als Vorzugsvariante wird die Variante 2 vorgeschlagen.

Anlagen

Anlage 1 PV*SOL Projektbericht Variante 1 - Volleinspeisung

Anlage 2 PV*SOL Projektbericht Variante 1 - Überschusseinspeisung

Anlage 3 PV*SOL Projektbericht Variante 2 - Volleinspeisung

Anlage 4 PV*SOL Projektbericht Variante 2 - Überschusseinspeisung

Anlage 5 PV*SOL Projektbericht Variante 3 - Volleinspeisung

Anlage 6 PV*SOL Projektbericht Variante 3 - Überschusseinspeisung

Anlage 7 PV*SOL Projektbericht Variante 3a - Volleinspeisung

Anlage 8 PV*SOL Projektbericht Variante 3a - Überschusseinspeisung

Quellen, Literatur

[1] **EU-Umgebungslärmrichtlinie, Lärmaktionsplanung**
Ingenieurbüro für Verkehrswesen, Koehler & Leutwein GmbH & Co. KG
Greschbachstraße 12, D-76229 Karlsruhe, Dezember 2018

[2] **Schalltechnische Untersuchung zur Bewertung von Lärmschutzwänden**
Ingenieurbüro für Verkehrswesen, Koehler & Leutwein GmbH & Co. KG
Greschbachstraße 12, D-76229 Karlsruhe, Dezember 2020

[3] **ZTV-Lsw 06**
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen
Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FGSV Verlag GmbH, Anschrift: Wesselinger Straße 15—17, 50999 Köln

[4] **RIZ-ING**
Richtzeichnungen für Ingenieurbauten
Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
www.bast.de/Publikationen/Regelwerke zum Download / Brücken- und Ingenieurbau

[5] **NATIONALES VERKEHRSLÄRMSCHUTZPAKET II**
„Lärm vermeiden – vor Lärm schützen“ 27. August 2009
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

[6] **Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-19**
Richtlinien zum Ersatz der RLS-90, mit der Verabschiedung der Änderung der 16. BImSchV
Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FGSV Verlag GmbH, Anschrift: Wesselinger Straße 15—17, 50999 Köln

[7] **Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-90** Ausgabe 1990. Berichtigter Nachdruck 1992.
Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FGSV Verlag GmbH, Anschrift: Wesselinger Straße 15—17, 50999 Köln

[8] **16. BImSchV: Verkehrslärmschutzverordnung** vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269) geändert worden ist. Geändert durch Art. 1 V vom. 18.12.2014 I 2269.

[9] **Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien** (Erneuerbare-Energien-Gesetz - **EEG 2021**)
Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 11 des Gesetzes vom 16. Juli 2021 (BGBl. I S. 3026) geändert worden ist"

[10] **Bundes-Immissionsschutzgesetz**
in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. September 2021 (BGBl. I S. 4458) geändert worden ist"

[11] Unterlage 02_Übersichtskarte

[12] Unterlage 8.1 - Bauwerksplan Draufsicht und Ansicht
Entwurfsplanung Lsw Magdeburger Ring, Quartier Umfassungsstraße
Landeshauptstadt Magdeburg

[13] Unterlage 8.2 - Bauwerksplan Schnitte und Details
Entwurfsplanung Lsw Magdeburger Ring, Quartier Umfassungsstraße
Landeshauptstadt Magdeburg

[14] Erläuterungsbericht zum Entwurf
Entwurfsplanung Lsw Magdeburger Ring, Quartier Umfassungsstraße
Landeshauptstadt Magdeburg

Abbildungen

Abbildung 1	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 2	Reinhard Kohlhauer, Kohlhauer GmbH
Abbildung 3	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 4	Thomas Nordmann, TNC AG, Zürich
Abbildung 5	Thomas Nordmann, TNC AG, Zürich
Abbildung 6	George Liakos, Kohlhauer GmbH
Abbildung 7	George Liakos, Kohlhauer GmbH
Abbildung 8	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 9	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 10	Reinhard Kohlhauer, Kohlhauer GmbH
Abbildung 11	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 12	Reinhard Kohlhauer, Kohlhauer GmbH
Abbildung 13	Reinhard Kohlhauer, Kohlhauer GmbH
Abbildung 14	Reinhard Kohlhauer, Kohlhauer GmbH
Abbildung 15	Reinhard Kohlhauer, Kohlhauer GmbH
Abbildung 16	Ingenieurgemeinschaft Gnade / Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 17	George Liakos, Kohlhauer GmbH
Abbildung 18	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 19	George Liakos, Kohlhauer GmbH
Abbildung 20	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 21	George Liakos, Kohlhauer GmbH
Abbildung 22	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 23	George Liakos, Kohlhauer GmbH
Abbildung 24	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 25	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 26	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 27	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting
Abbildung 28	Frank Treiber, Ing.-Büro Treiber Umweltconsulting

Glossar

Azimut

Der Azimut ist die Abweichung der Ausrichtung von Süden. 0 ° bedeutet, dass die PV-Anlage nach Süden hin ausgerichtet ist. Die Abweichung von Süden in Richtung Osten ist negativ, die Abweichung nach Westen positiv.

Installierte Leistung

Die installierte Leistung ist die Größe, die kumuliert die Spitzenleistung der installierten PV-Module in kWp angibt. kW = kiloWatt, das „p“ bedeutet „peak". Das "p" zeigt die Nennleistungen nach Standard-Testbedingungen (STC - Standard Test Conditions) an. Die Standard-Testbedingungen sind die Bedingungen, bei der die Strom- und Spannungskennwerte eines Moduls/einer Zelle gemessen und auf dem Modul-Datenblatt angegeben werden. STC = 1000W/m², 25°C Zelltemperatur, Sonnenspektrum AM = 1,5.

Stromerträge

Nach dem EEG zu erzielende monetäre Erträge bei vollständiger Einspeisung des erzeugten Stroms ins öffentliche Netz.

Die Ergebnisse der Ertragsvorausschau sind durch überschlägige Modellrechnungen ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge der Photovoltaikanlagen können auf Grund von Schwankungen des Wetters, der Wirkungsgrade von Modulen und Wechselrichter und anderer Faktoren abweichen.

Stromgestehungskosten

Stromgestehungskosten bezeichnen die Kosten, welche für die Energieumwandlung von einer anderen Energieform in elektrischen Strom notwendig sind. So kann elektrischer Strom zum Beispiel aus Wärmeenergie, Bewegungsenergie, Strahlungsenergie oder der Kernenergie (Kernspaltung/Kernfusion) entstehen.

Vermiedene CO_2-Emissionen

Der Strom, der von der PV-Anlage in das Netz des EVU eingespeist wird, vermeidet Schadstoffemissionen, die sonst vom üblichen Kraftwerkspark emittiert würden. Hier wird nur die eingesparte CO_2-Emission angegeben. Darüber hinaus werden zahlreiche andere Luftschadstoffe (Stickoxyde, Schwefeloxyde, Staub und Feinstaub) vermieden. Den Berechnungen liegen Daten der GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) zu Grunde. GEMIS berechnet für alle Prozesse und Szenarien sog. Lebenszyklen, d.h. es berücksichtigt von der Primärenergie- bzw. Rohstoffgewinnung bis zur Nutzenergie bzw. Stoffbereitstellung alle wesentlichen Schritte und bezieht auch den Hilfsenergie- und Materialaufwand zur Herstellung von Energieanlagen und Transportsystemen mit ein.