

Technisches Konzept Agri-PV Findelshaff

Grünland mit einachsigen Trackern



Bieter:

GOUDEN GREEN ENERGY FARMING S.à.r.l.

Jean-Luc Friedrich

Gérant

E-Mail: findelshaff@pt.lu

GSM: +352 691 454 631

Findelshaff

L-8059 Bertrange

Luxembourg

Konzepterstellung:

GPSS S.A.

2, A Lambett

L-6850 Manternach



Inhaltsverzeichnis

I.	Abbildungsverzeichnis	III
II.	Tabellenverzeichnis	IV
1	Allgemeine Beschreibung des Projektstandortes.....	1
1.1	Topographische Lage	1
1.2	Kataster.....	2
1.3	Höhendarstellung	3
1.4	Geologie.....	4
1.5	Plan d'aménagement général.....	4
1.6	Beachtung der nicht zulässigen Gebiete	5
1.7	Aktuelle Standortnutzung.....	6
2	Beschreibung des Agri-PV Projektes	7
2.1	Beschreibung der Agri-PV Struktur.....	7
2.2	Grundlegende Gestaltung und Dimensionierung.....	8
2.3	Technische Details.....	10
2.3.1	Photovoltaik-Module.....	11
2.3.2	Tracker-System	11
2.3.3	Bodenverankerung.....	12
2.3.4	Wechselstromseite.....	13
2.3.5	Kabeltrasse und Netzanschluss	14
2.3.6	Stromertrag und Flächeneffizienz	16
2.4	Maßnahmen zur Reversibilität des Systems und zum Rückbau	16
2.5	Geschäftsmodell und Rollen der verschiedenen Akteure	17
3	Beschreibung des landwirtschaftlichen Konzepts	17
3.1	Aktuelle Nutzung und landwirtschaftlicher Bedarf	17
3.2	Rolle und Einbeziehung des beteiligten Landwirts	18
3.3	Landwirtschaftliche Bedürfnisse und Bewirtschaftung nach Errichtung der Agri-PV Anlage	18
3.4	Ausschluss von Nutzungskonflikten	19
4	Verbesserung der ökologischen Qualität der landwirtschaftlichen Fläche	20
4.1	Initialzustand der landwirtschaftlichen Fläche	20

4.1.1	Artenliste.....	20
4.1.2	Nährstoffzusammensetzung des Bodens	21
4.2	Auswirkungen der Agri-PV Anlage auf den ökologischen Zustand	21
4.2.1	Verschattung.....	22
4.2.2	Habitatqualität für bodenbrütende Vögel.....	22
4.3	Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität von Flora und Fauna.....	23
4.4	Monitoring	24

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Topografische Karte des Projektgebietes (Quelle: geoportail.lu, 07/2023).....	1
Abbildung 2: Übersicht der Katasterparzellen der Agri-PV Projektfläche (Quelle: geoportail.lu, 07/2023)	2
Abbildung 3: Topografie und Höhenlage (Quelle: geoportail.lu, 07/2023).....	3
Abbildung 4: Geologische Karte (Quelle: geoportail.lu, 07/2023)	4
Abbildung 5: Plan d'aménagement général (Quelle: geoportail.lu, 07/2023)	5
Abbildung 6: Betrachtung Negativgebiete (Quelle: geoportail.lu, 07/2023)	6
Abbildung 7: Trackerposition während der Bearbeitung	8
Abbildung 8: Bruttofläche Agri-PV	9
Abbildung 9: Übersicht des Anlagenlayouts	9
Abbildung 10: Technische Zeichnung des Tracker Systems (Angaben in mm)	12
Abbildung 11: Rammgerät zur Installation der Pfosten einer Agri-PV Anlage	13
Abbildung 12: Holzverkleidung der Transformatorstation bei der Agri-PV Anlage in Kehlen	14
Abbildung 13: Anschluss Mittelspannungsleitung	15
Abbildung 14: Geplanter Verlauf der Kabeltrasse	15
Abbildung 15: Überblick über die geplante Bewirtschaftung	19
Abbildung 16: Projektstandort – Extensiv genutzte Mahdwiese.....	20
Abbildung 17: Lichtsimulation am Mittag des 1. Mai; Direkt- und Globalstrahlung berücksichtigt	22

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Koordinaten des Projektgebietes.....	2
Tabelle 2: Auflistung der betroffenen Katasterparzellen	3
Tabelle 3: Artenliste	21
Tabelle 4: Nährstofftabelle	21

1 Allgemeine Beschreibung des Projektstandortes

Die Agri-Photovoltaik (Agri-PV) Anlage soll auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche mit einer Gesamtgröße von 18,26 ha errichtet werden. In den nachfolgenden Kapiteln wird entsprechend den Anforderungen des Cahier des Charges eine detaillierte Beschreibung des Projektstandortes vorgenommen.

Es werden folgende Begrifflichkeiten in den nachführenden Abschnitten verwendet und an dieser Stelle vorab definiert:

Agri-PV Fläche: Im Rahmen der Agri-PV Installation zusammenhängend bewirtschaftete Fläche.

Agri-PV Bruttofläche: Das kleinste Polygon, welches sich um die PV-Struktur legen lässt.

1.1 Topographische Lage

Die Projektfläche liegt innerhalb der Gemeinde Bertrange, südwestlich des gleichnamigen Stadtgebietes. Im Westen grenzt die Gemeinde Dippach an das Projektgebiet. Es befindet sich in direkter Nähe des Findelshaffs. Nördlich wird der Bereich durch die N5 (Route de Longwy) begrenzt und im Süden durch den Bach «Grouf». Die Abbildung 1 verdeutlicht die Lage des Standortes.

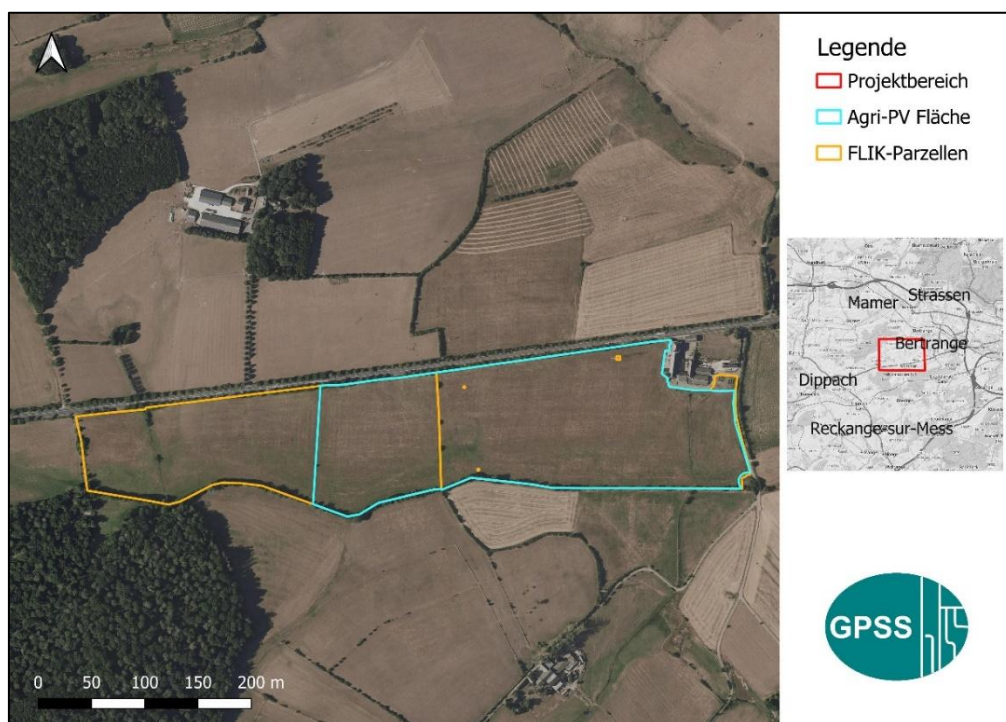


Abbildung 1: Topografische Karte des Projektgebietes (Quelle: geoportail.lu, 07/2023)

Die topographischen Daten der Projektfläche (bezogen auf den ungefähren Mittelpunkt) sind in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Koordinaten des Projektgebietes

Luref Est	Luref Nord	Höhe über NN
69883	73162	297,37 m

1.2 Kataster

Die Fläche der Agri-PV Anlage umfasst 5 Katasterparzellen (siehe Abbildung 2).

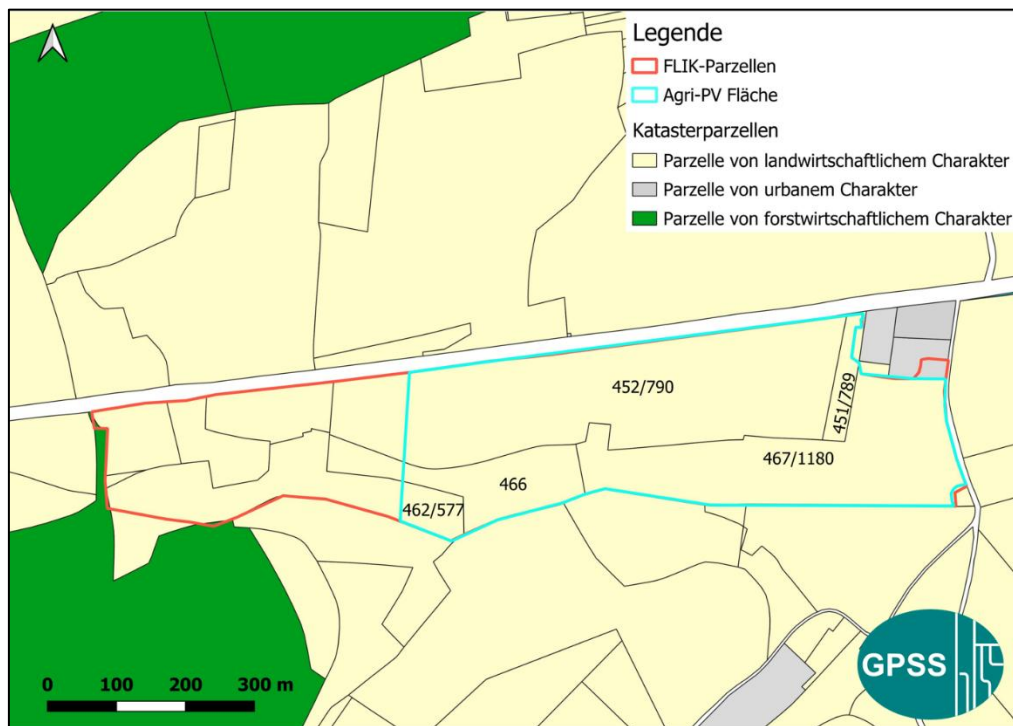


Abbildung 2: Übersicht der Katasterparzellen der Agri-PV Projektfläche
(Quelle: geoportail.lu, 07/2023)

Die Agri-PV Fläche beträgt somit 18,26 ha. Zusammen mit weiteren Katasterparzellen unterliegt die Agri-PV Projektfläche einer gemeinsamen Bewirtschaftung und ist deshalb als landwirtschaftlicher Schlag in Form zweier FLIK-Parzellen mit den Nummern P0928703 und P0928718 zusammengefasst. Da sich nach der Installation der Agri-PV Anlage die Bewirtschaftung unterscheidet, wird künftig eine neue FLIK-Parzelle ausgewiesen werden müssen, die an die Agri-PV Fläche angepasst ist. Die entsprechenden Daten zur Flächenidentifizierung sind in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Auflistung der betroffenen Katasterparzellen

Gemeinde			Bertrange
Sektion			C de Lorentzscheuer
Parzelle	Flurname	Flächengröße	Davon Agri-PV
467/1180	Hollenbruch & Maxenwies	6ha 36a 71ca	6ha 36a 71ca
451/789	Findels	0ha 61a 20ca	0ha 50a 04ca
452/790	In der Acht	10ha 56a 40ca	9ha11a 00ca
466	Auf den Formetten	2ha 21a 50ca	1ha 77a 00ca
462/577	In der Hohbach	3ha 86a 60ca	0ha 51a 00ca
Summe Katasterparzellen Agri-PV			18,26 ha

Aufgrund der Projektgröße ist ein EIE-Screening erforderlich. Hierfür wurden bereits vorbereitende Maßnahmen getroffen und Kontakt zu der «Direction des Évaluations et des Autorisations» sowie der «Administration de la nature et des forêts (ANF)» aufgenommen.

1.3 Höendarstellung

Die folgende Abbildung 3 zeigt eine Darstellung der Topografie anhand eines digitalen Höhenmodells mit Höhenlinien. Es ist zu erkennen, dass die Parzelle nach Süden hin eine abfallende Topografie aufweist. Dieser Südhang wirkt sich positiv auf die Agri-PV Anlage aus, da eine bessere Ausrichtung der PV-Module zur Sonne während der Mittagszeit erreicht werden kann und somit der Stromertrag maximiert wird. Zudem erhöht eine Hanglage durch die geneigte Ausrichtung des PV-Systems den Selbstreinigungseffekt der Module, da Staub und Ablagerungen leichter durch Regen und Wind abgespült werden können. Die genannten Faktoren maximieren die Energieeffizienz und somit die Nachhaltigkeit der Anlage.

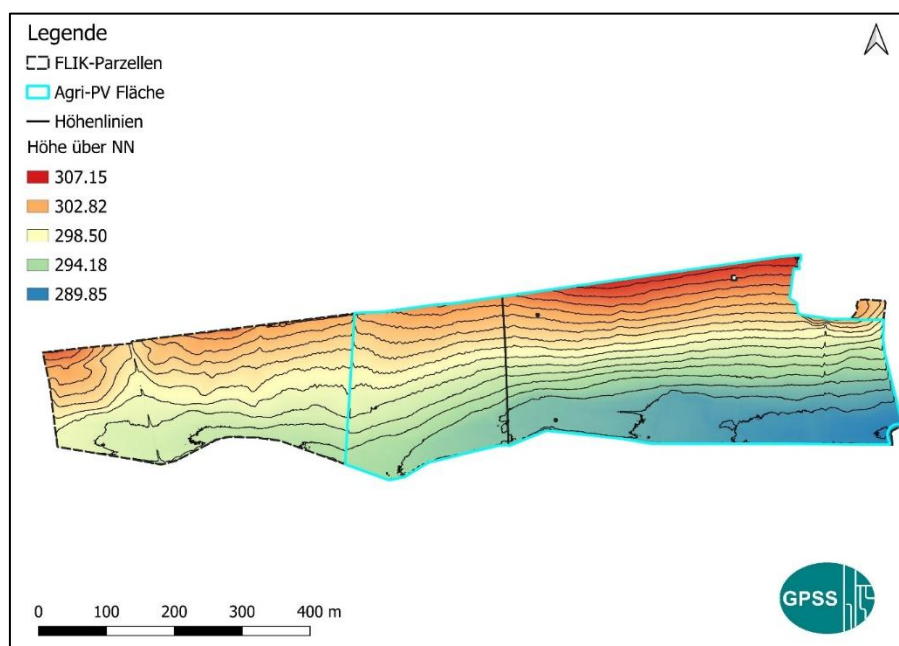


Abbildung 3: Topografie und Höhenlage (Quelle: geoportail.lu, 07/2023)

1.4 Geologie

Die Projektfläche befindet sich im geologischen Bereich des Gutlands. Wie in Abbildung 4 zu erkennen, kommen auf dem Projektstandort zwei unterschiedliche Bodentypen vor.

Der Bereich ist überwiegend durch einen schweren, schwach bis mäßig gleyhaltigen Tonboden mit, strukturiertem Unterbodenhorizont (B-Horizont) charakterisiert (EDAy). Im südlichen Randbereich befindet sich ein stärker vergleyter Boden mit reduziertem Horizont auf tonhaltigem Material (EFp). Der östliche Randbereich ist durch einen schwach bis mäßig vergleyten Lehm Boden mit strukturiertem B-Horizont geprägt (ADa). Die Bodenzusammensetzung weist keine Eigenschaften auf, die hinderlich für eine Installation der Agri-PV Anlage per Rammung ohne zusätzliche Betonverankerung sind.

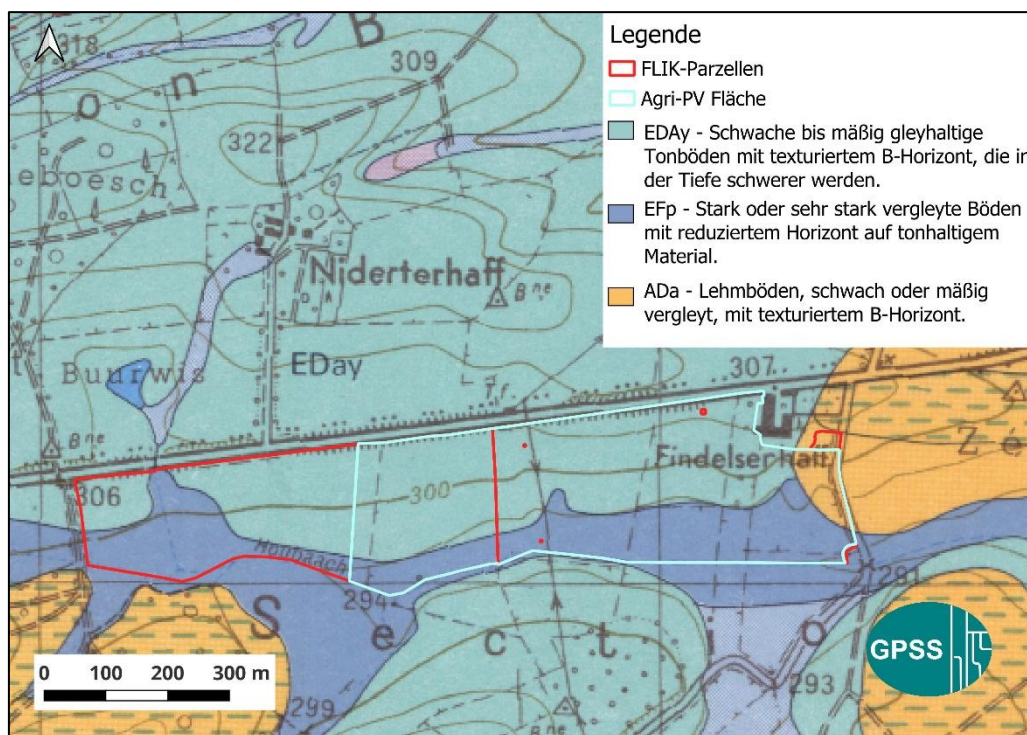


Abbildung 4:Geologische Karte (Quelle: geoportail.lu, 07/2023)

1.5 Plan d'aménagement général

In der nachfolgenden Abbildung 5 ist die Flächennutzung in der unmittelbaren Umgebung des Projektgebietes anhand des gültigen «Plan d'aménagement général» (PAG) der Gemeinde Bertrange dargestellt. Die Projektfläche liegt dementsprechend innerhalb der Grünfläche in der «Zone agricole» (AGR). Der Bereich ist als «Zone verte interurbaine» klassifiziert.

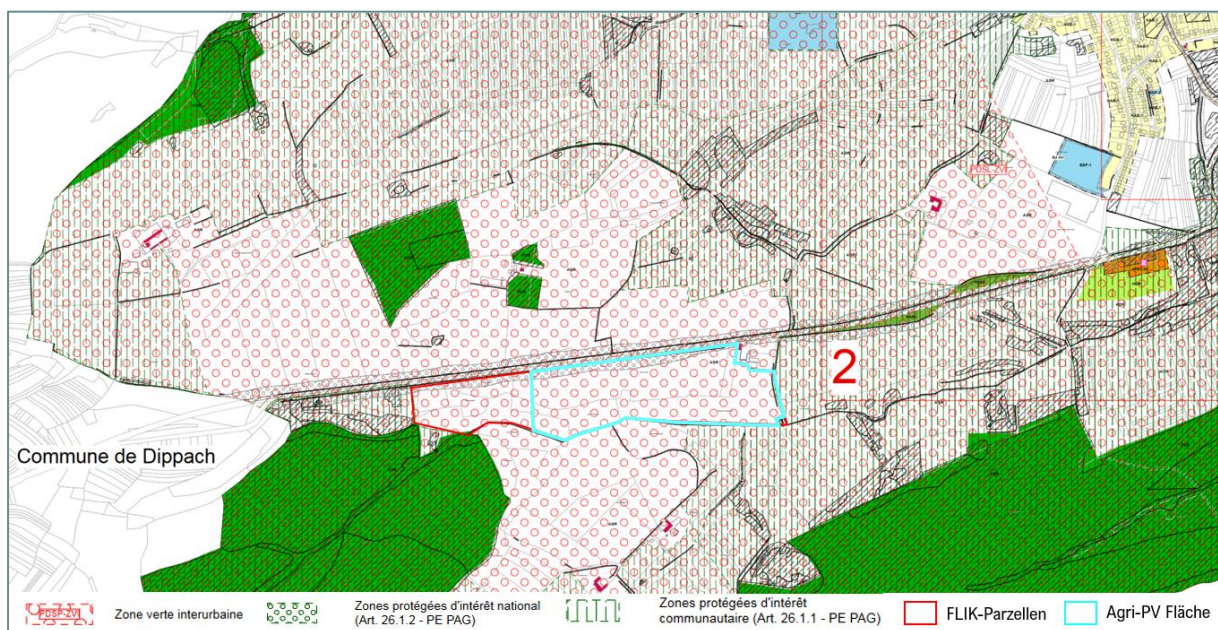


Abbildung 5: Plan d'aménagement général (Quelle: geoportail.lu, 07/2023)

Die Gemeinde Bertrange hat in einem Letter Of Intent bestätigt, dass sie das Agri-PV Projekt in vollem Umfang begrüßt und nach allen ihr zur Verfügung stehenden Möglichkeiten unterstützen wird (siehe Anhang 1).

1.6 Beachtung der nicht zulässigen Gebiete

Die Projektfläche ist ein Dauergrünland, das nicht innerhalb eines Natura 2000-Gebiets oder eines Schutzgebietes von nationalem Interesse gelegen ist (siehe Abbildung 6). Es grenzen das Natura 2000-Gebiet LU0001026 « Bertrange - Greivelsershaeff / Bouferterhaeff » sowie das Natura 2000-Vogelschutzgebiet LU0002017 "Région du Lias moyen" an den Projektbereich an.

Im Offenland- sowie im Waldbiotopkataster sind innerhalb der Projektgrenzen keine durch Art. 17 des Naturschutzgesetzes (NSG) geschützten Biotope oder Lebensräume von europäischer Bedeutung (HIC) verzeichnet. Im Nordosten grenzt ein Stillgewässer an die FLIK-Parzelle. Dieses liegt außerhalb der FLIK-Parzelle und des vorgesehenen Agri-PV Bereiches. Ein kleiner Teil im Westen des Projektbereichs von ungefähr 0,54 ha liegt innerhalb des Randbereiches eines Wildtierkorridors (Abbildung 6). Hinsichtlich der Lage innerhalb der intraurbanen Grünzone sowie des Wildtierkorridors wurde bereits vorab Kontakt zur ANF aufgenommen (siehe Anhang 2).

Weitere Negativbereiche wie, Grünzäsuren, große Landschaftsräume, Wasserschutzgebiete (Zone 1 und 2) sowie Waldgebiete sind ebenfalls nicht im Projektbereich vorhanden.

Der Projektbereich befindet sich somit entsprechend der Auflistung unter *Punkt 3.5 des Cahier des Charges* nicht innerhalb eines Negativgebietes.

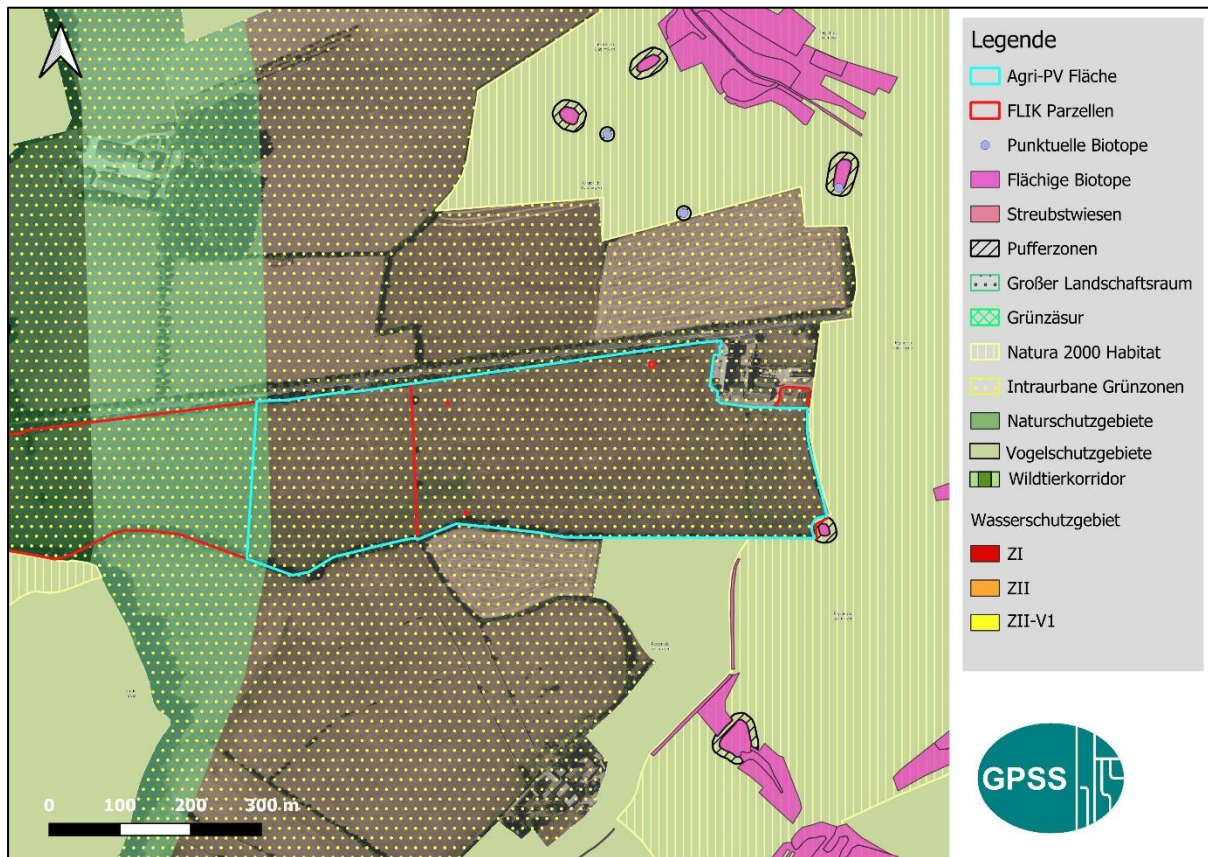


Abbildung 6: Betrachtung Negativgebiete (Quelle: geoportail.lu, 07/2023)

1.7 Aktuelle Standortnutzung

Der für die Agri-PV Anlage vorgesehene Bereich wird aktuell als extensiv bewirtschaftetes Dauergrünland zur Futtergewinnung genutzt. Die umliegenden Flächen werden ebenfalls als Dauergrünland zur Schnittnutzung und Beweidung oder Ackerland genutzt.

2 Beschreibung des Agri-PV Projektes

Bei dem für das Projekt ausgewählten Standort handelt es sich um landwirtschaftlich extensiv genutztes Grünland mit einer zusammenhängenden Fläche von 18,26 ha. Die Fläche ist, wie in Kapitel 1.3 beschrieben, in südlicher Richtung abschüssig.

Die Fläche soll in Zukunft noch weiter extensiviert werden und für die Gewinnung von Altgras als Grundstoff eines neuartigen Prozesses zur Herstellung von Baumaterial genutzt werden. Für den involvierten Landwirt ist die Nutzung bereits vorhandener oder im näheren Umfeld verfügbarer Maschinen zu priorisieren.

Unter Berücksichtigung der genannten Anforderungen wurde das technische Konzept der Agri-PV Anlage entwickelt, welches im Folgenden erläutert wird.

2.1 Beschreibung der Agri-PV Struktur

Um das Bewirtschaftungsziel zu erreichen und gleichzeitig eine hohe Flächeneffizienz hinsichtlich der Stromerzeugung zu erzielen, werden **einachsige Tracker als PV-Struktur**, wie im *Cahier des Charges unter Punkt 1* definiert, eingesetzt. Diese Systeme besitzen motorisierte Achsen, die parallel zum Boden in Nord-Süd-Richtung verlaufen, und mehrere Stütz-Pfosten. Die PV-Module werden entlang der Achsen aneinandergereiht montiert. Die Module können so, entsprechend dem Verlauf der Sonne, von Ost nach West nachgeführt werden.

Die einachsigen Tracker bieten den Vorteil eines großen Reihenabstandes für eine aktive landwirtschaftliche Nutzung in Kombination mit einer deutlich höheren Energieeffizienz im Vergleich zu fest installierten Systemen, da der spezifische Stromertrag (kWh/kWp) bei nachgeführten Systemen deutlich höher ausfällt. Ein weiterer Vorteil, den das nachgeführte System gegenüber einer festen Installation bietet, ist die erhöhte Flexibilität. Zur Bewirtschaftung können die Module in eine vertikale Position gedreht werden, um das Kollisionsrisiko zu vermindern und die für die maschinelle Bearbeitung zugängliche Fläche zu vergrößern. Die nachfolgende Abbildung 7 zeigt diese Bearbeitungsstellung.



Abbildung 7: Trackerposition während der Bearbeitung

Ebenso ist es möglich die Module bei hohen Windgeschwindigkeiten in eine horizontale Position zu bringen, um die Angriffsfläche des Windes zu minimieren. Dadurch sinkt die statische Beanspruchung und eine ausreichende Stabilität kann auch mit einer filigraneren Struktur erreicht werden. Somit lässt sich die benötigte Menge an Stahl minimieren und die Nachhaltigkeit des Gesamtsystems steigern.

2.2 Grundlegende Gestaltung und Dimensionierung

Nachfolgend werden die im Cahier des Charges geforderten Informationen zu den Gestaltungsprinzipien, Abmessungen und dem Flächenverlust der Agri-PV Installation aufgeführt.

Die geplante Anlage besteht aus 8.008 PV-Modulen mit je 640 Wp (siehe Abschnitt 2.3.1), die an den einachsigen Trackern (siehe Abschnitt 2.3.2) montiert sind. Damit ergibt sich eine **Gesamtleistung der Anlage von 5.125,120 kWp**. Die bewirtschaftete Agri-PV Fläche beträgt 18,26 ha. Die **Bruttofläche der Agri-PV Anlage beträgt 7,3 ha**. Der Zusammenhang ist in Abbildung 8 dargestellt.

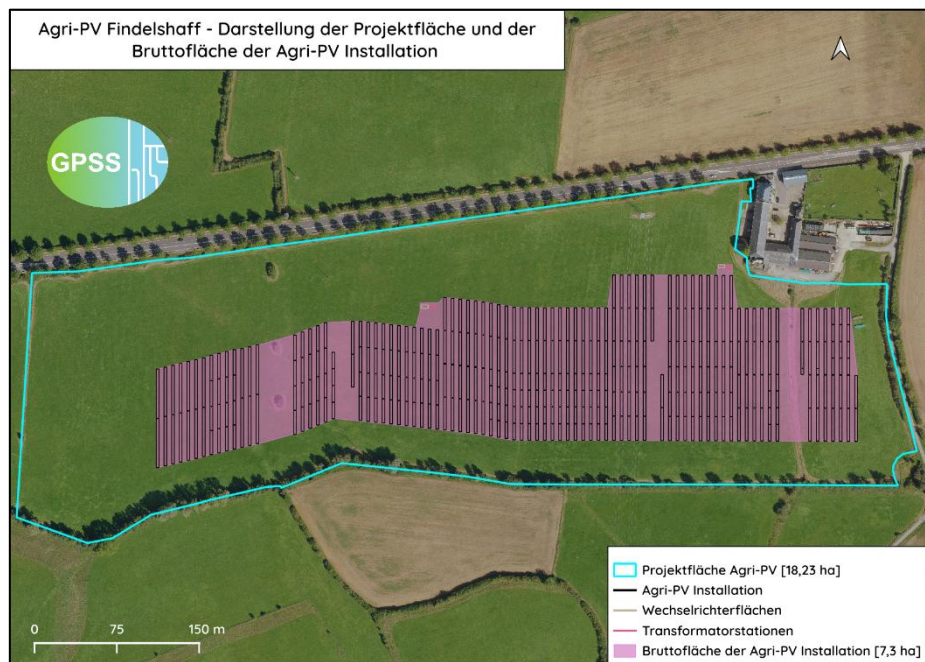


Abbildung 8: Bruttofläche Agri-PV

Die einzelnen Tracker sind in ihrer Anordnung und Länge an die Geometrie des Feldes, den natürlichen Verlauf des Bachtals und die Bearbeitungswege des Landwirtes angepasst. Das Layout kann der Abbildung 9 entnommen werden.

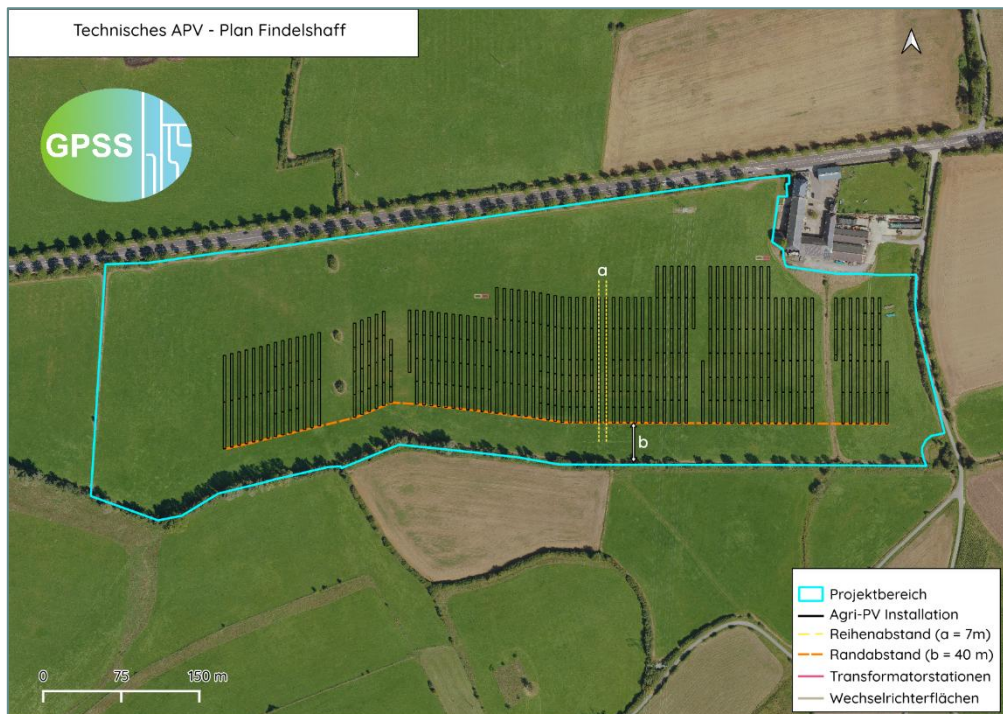


Abbildung 9: Übersicht des Anlagenlayouts

Zu dem im Süden verlaufenden Bach und dem Baumbestand wird ein Abstand von 30 m eingehalten, um die Verschattung durch Bäume zu minimieren und keine Konflikte mit spontan

auftretenden, höheren Wasserständen zu erzeugen. An der östlichen Seite wird aufgrund der Verschattung ebenfalls ein Abstand von 30 m zu den Bäumen eingehalten. Im Norden beträgt der Mindestabstand zur Straße 70 m. Die Tracker sind entlang der Nord-Süd-Achse ausgerichtet.

Zwischen den einzelnen Tracker Reihen beträgt der Pfosten-zu-Pfosten-Abstand 7 m, wie in Abbildung 9 dargestellt. Der Bereich der aktiven landwirtschaftlichen Bearbeitung ist damit auf eine Bearbeitungsbreite von 6 m ausgelegt. In dieser Kombination besteht ein ausreichender Sicherheitsabstand zu den installierten Trackern während der Bearbeitung mit Maschinen und der Anteil der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche zwischen den Reihen wird maximiert.

Für die Unterbringung der zusätzlichen Infrastruktur ist ein Bereich von 100 m² vorgesehen.

Der Flächenverlust entspricht dem nicht mehr maschinell befahrbaren Bereich und setzt sich aus der Projektionsfläche der Tracker (siehe Kapitel 2.3.2) und dem für die Infrastruktur vorgesehenen Bereich zusammen. Der **Flächenverlust** beläuft sich somit auf 2.888 m² (**0,28 ha**). Dies entspricht einem prozentualen Anteil an der Agri-PV Fläche von:

$$\frac{2888 \text{ m}^2}{182600 \text{ m}^2} = 1,58 \%$$

Mit einem Wert von 1,58% entspricht dieses Agri-PV Konzept folglich den Anforderungen unter Punkt 3.7 des Cahier des Charges.

Anzumerken ist, dass der Anteil unter den Trackern zwar nicht mehr aktiv mit großem Gerät befahren werden kann, durch seine Funktion als Rückzugszonen (siehe Kapitel 4.3) aber weiterhin einen Beitrag zur landwirtschaftlichen Nutzung der Fläche liefert.

Die maschinell zugängliche Fläche nach der Installation der Agri-PV Anlage beträgt somit 17,95 ha (98,3%).

Entsprechend dem bisherigen Kenntnisstand ist im Rahmen der Versicherung der Anlage eine Umzäunung nicht zwingend erforderlich. Zusätzlich ist die Vermeidung einer Umzäunung im Sinne der landwirtschaftlichen Tätigkeit und eines möglichst geringen Einflusses auf die lokale Fauna. Aus den genannten Gründen ist in dem Konzept der Agri-PV Anlage **keine Umzäunung der Anlage vorgesehen**, wodurch eine Anforderung in *Punkt 3.9 des Cahier des Charges* erfüllt wird. Sollte sich wieder dem bisherigen Kenntnisstand eine Umzäunung nicht vermeiden lassen, wird diese so gestaltet, dass sie den Durchgang für kleinere und mittlere Säugetiere gewährleistet.

2.3 Technische Details

Zur nachhaltigen Erzeugung von grüner Energie gehört ebenfalls der nachhaltige Bezug der verwendeten Komponenten. Besonders im Photovoltaikbereich ist es fast unumgänglich Komponenten aus Asien zu verwenden. Trotzdem soll bei der Realisierung dieses Projekts nach Möglichkeit der Bezug der Hauptkomponenten von europäischen Herstellern erfolgen. Nur so kann langfristig die Möglichkeit bestehen, auf Produkte aus europäischer Wertschöpfung zurückgreifen zu können.

In den folgenden Kapiteln werden die technischen Hauptkomponenten der Agri-PV Anlage beschrieben.

2.3.1 Photovoltaik-Module

Die Module, die für das Agri-PV Projekt installiert werden, sind bifaziale Glas-Glas Module mit einer Halbzellentechnologie (N-Type). Die Module haben eine äußere Abmessung von 2465 x 1134 x 30 mm (L x B x H). Jedes Modul besitzt eine Leistung von 640 Wp.

Die Bifazialität der Module liegt bei über 70% und ermöglicht eine Stromproduktion der Modulrückseite durch die Reflexion des Sonnenlichts an der Bodenoberfläche. Dies führt zu einer Steigerung des Energieertrags im Vergleich zu monofazialen Modulen (keine Stromproduktion durch die Rückseite). Neben der Stromproduktion bietet die Glasschicht der Rückseite ebenfalls einen hohen Schutz und ermöglicht eine längere Lebensdauer des Moduls. Besonders im Kontext der landwirtschaftlichen Bearbeitung ist es nicht unwahrscheinlich, dass kleine Steine vom Boden aufgewirbelt und zu Projektilen werden können. Die Glasrückseite ist gegenüber solchen Projektilen deutlich robuster und unempfindlicher als die Folienschicht herkömmlicher PV-Module.

Durch die Verwendung dieser hochwertigen Solarmodule mit hohem Wirkungsgrad wird eine effiziente und langlebige Energieerzeugung erreicht, was zu einer besseren ökologischen Bilanz der Agri-PV Anlage führt.

Weitere Informationen zum ausgewählten Modultyp können dem Datenblatt im Anhang 3 entnommen werden.

Sollte das ausgewählte Modul zum Zeitpunkt der Realisierung der Agri-PV Anlage nicht zur Verfügung stehen, wird auf ein Modul mit vergleichbaren Eigenschaften zurückgegriffen.

2.3.2 Tracker-System

Das einachsige Tracker-System ist ein einreihig einachsigt nachgeführtes PV-System bei dem die PV-Module im Portrait (1P) angeordnet werden. Es setzt sich aus einem Stahlunterbau, sowie einer zentralen Antriebseinheit und Stoßdämpfern zusammen. Die Antriebseinheit ist mit einem Steuergerät ausgestattet. Sie ist auf einem Stahlrampfposten in der Mitte des Trackers montiert und dreht die sechskantigen Stützrohre nach beiden Seiten (2 Tracker-Flügel).

Während der Nachführung werden die Module bis zu einem Winkel von 60° angestellt (Produktionsbereich). Außerhalb dieses Bereiches ist ein Anstellwinkel von bis zu 90° möglich (Schutzstellung während der landwirtschaftlichen Bearbeitung). Die maximale Höhe der Modulunterkante beträgt 2 m und die minimale Bodenfreiheit bei vollem Anstellwinkel (lichte Höhe) beträgt 0,74 m. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Abmessungen ist in Abbildung 10 zu sehen.

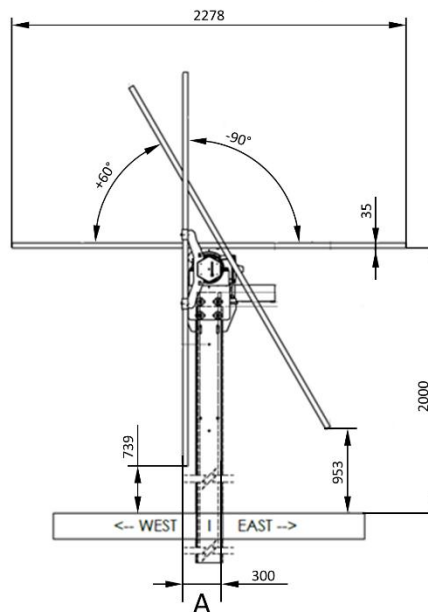


Abbildung 10: Technische Zeichnung des Tracker Systems (Angaben in mm)

Die Verschaltung der Module erfolgt durch eine Reihenschaltung, s.g. String, von je 26 Modulen. Ein einzelner Tracker besteht immer aus einem ganzzahligen Vielfachen von verschalteten PV-Strings. Entlang der Achse des Trackers sind die Module mit einem Abstand von 1,1 cm zueinander montiert, um in den Zwischenräumen licht- und wasserdurchlässig zu sein. Dies deckt sich mit den Forderungen der „Unternehmensinitiative "Biodiversitätsfördernde Agri-PV“, welche im Juli 2023 veröffentlicht wurde.

Durch die vorzufindende Feldgeometrie ist es notwendig, Tracker in verschiedenen Längen einzusetzen. Insgesamt werden Tracker mit einer kumulierten Länge von ca 9292 m ($L_{Tracker}$) verbaut.

Während der maschinellen landwirtschaftlichen Bearbeitung werden die Module in die zuvor beschriebene, vertikale Schutzstellung für einen minimalen Flächenbedarf verfahren. Dadurch existiert, wie in Abbildung 10 zu erkennen, ein Bereich A von 0,3 m, welcher aufgrund des Moduls und der Unterkonstruktion nicht maschinell zugänglich ist. Die Projektionsfläche der Tracker während der landwirtschaftlichen Bearbeitung beträgt somit:

$$L_{Tracker} * A = 9292 \text{ m} * 0,3 \text{ m} = 2788 \text{ m}^2$$

2.3.3 Bodenverankerung

Verschiedene Pfostentypen, die unterschiedliche Funktionen erfüllen und unterschiedliche Lasten aufnehmen, finden für die Unterkonstruktion Anwendung. Für die mittlere Antriebseinheit, bei der die größten Kräfte auftreten, wird ein sogenannter HEA-Pfosten verwendet. Von dort ausgehend werden die PV-Module und die Sechskant-Drehmomentrohre durch feinere SIGMA-Pfostenprofile getragen. Die Abstände zwischen den Pfosten variieren je nach Bodenbeschaffenheit und Positionierung innerhalb der Agri-PV Anlage. Tracker im Randbereich der Anlage sind einer höheren Windlast ausgesetzt und benötigen dadurch mehr Stabilität durch die Pfosten.

Alle Pfosten der Unterkonstruktion werden durch Rammung installiert und erfordern keine zusätzliche Verankerung in Beton. Somit ist eine Übereinstimmung mit den Kriterien in *Punkt 3.10 des Cahier des Charges* gegeben. Die Rammarbeiten werden entweder mit GPS-gesteuerten Rammgeräten oder mit Vermessungspunkten durchgeführt, die bei der Verwendung von manuell gesteuerten Rammgeräten einen genauen Rammvorgang ermöglichen. Die Rammgeräte sind klein, kompakt und mit Laufketten ausgestattet, um die Bodenverdichtung möglichst gering zu halten. Die Abbildung 11 zeigt den Einsatz eines solchen Rammgeräts zur Installation der Pfosten einer PV-Anlage.

Die Eindringtiefe eines Pfostens hängt von der erforderlichen Mindesteindringtiefe ab, die sich aus den statischen Berechnungen, der Auslegung des Nachführsystems und seiner Anpassung an das Gelände ergibt. Ein Richtwert für Anlagen dieses Typs sind 1,8 bis 2,5 m.



Abbildung 11: Rammgerät zur Installation der Pfosten einer Agri-PV Anlage

2.3.4 Wechselstromseite

Alle Kabel, die von den Solarmodulen ausgehen, werden zuerst zu DC-Combinern und dann zu den jeweiligen Wechselrichtern geführt. Die Wechselrichter wandeln den Gleichstrom, der von den Photovoltaikmodulen produziert wird, in Wechselstrom um. Zur Befestigung werden die DC-Combiner an dafür vorgesehenen Halterungen der Stützpfeiler der Tracker montiert. Die Kabel werden entlang der Metallstruktur der Tracker geführt. Von den DC-Combinern aus werden die Kabel weiter unterirdisch zu den Wechselrichtern geführt, die zentral auf einer Wechselrichterfläche jeweils vor den beiden Transformatoren positioniert werden.

Bei den Wechselrichtern handelt es sich um einen für Anlagen dieser Größe üblichen Stringwechselrichter. Das bedeutet, dass die Leistung mehrerer PV-Strings über einen DC-Combiner zu einem Stringwechselrichter zusammengeführt wird. Das Datenblatt des ausgewählten Wechselrichters befindet sich im Anhang 4.

Die Leistung der einzelnen Wechselrichter wird durch unterirdisch verlegte Kabel zusammengeführt und an den Transformator angeschlossen. Dieser wandelt die anliegende Niederspannung in eine 20 kV Mittelspannung um. Über eine Übergabestation wird die Verbindung zum Mittelspannungsnetz hergestellt. Alle im Boden verlegten Kabel weisen eine Mindestüberdeckung von 80 cm Erdboden auf, um eine ungehinderte landwirtschaftliche Bearbeitung zu ermöglichen.

2.3.5 Kabeltrasse und Netzanschluss

Die zur Umwandlung des von den PV-Modulen produzierten Gleichstroms in Wechselstrom notwendigen Wechselrichter werden auf zentralen Wechselrichterflächen montiert. Die PV-Strings werden in sogenannten DC-String-Combinern gesammelt und den Wechselrichtern zugeführt, sodass weniger Kabel unterirdisch zu den Zentralwechselrichtern verlegt werden müssen. Die DC-Combiner werden an Halterungen an den Stützpfeilen der Tracker montiert. Die Wechselrichter werden an zwei neu zu errichteten Transformatorstationen (Knotenpunkte) angeschlossen. Hierbei handelt es sich um Fertiggebäude. Eine zusätzliche Fundamentierung ist nicht notwendig. Es ist eine zusätzliche Holzverkleidung der Außenwände der Transformatorstationen vorgesehen (vgl. Abbildung 12).



Abbildung 12: Holzverkleidung der Transformatorstation bei der Agri-PV Anlage in Kehlen

Die Kabelführung erfolgt entlang des oberen Bereiches an Anlagenstruktur, innerhalb der Agri-PV Fläche. Begründet ist dieses Vorgehen auch dadurch, dass man mit der Kabelführung im oberen Bereich die Starkregenzonen im Süden der Installation nicht berührt und eine möglichst kurze Strecke und in dem Fall auch Kabelgrabenlänge von den Trackern zu den Wechselrichterflächen benötigt wird.

Der Anschluss auf Mittelspannungsebene erfolgt über einen neu herzustellenden Mittelspannungsgraben. Dabei wird wie in Abbildung 13: Anschluss Mittelspannungsleitung aufgezeigt der „Transformator 1“ per Stichanschluss an die sogenannte „Headstation“ angeschlossen. Diese „Headstation“ wird wiederum an die bestehende Mittelspannungsleitung per Ringanschluss angeschlossen.

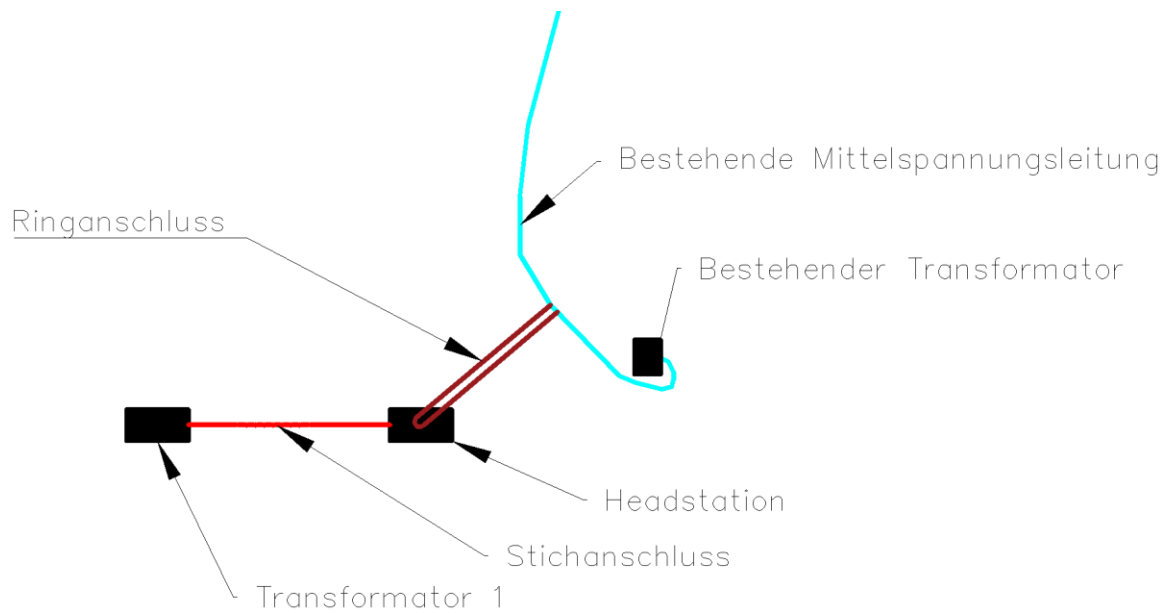


Abbildung 13: Anschluss Mittelspannungsleitung

Der geplante Verlauf der DC-Kabel, der zwei Mittelspannungsgraben, sowie die Lage des Netzeinspeisepunktes können der Abbildung 14 entnommen werden.

Die Kapazität von 5 MVA zum Anschluss der installierten Leistung an das Stromnetz wurde von der CREOS bereits zugesagt (Dossier 00157556/500212883) (siehe Anhang 5). Dies entspricht der Anforderung des Punktes 7.2 im *Cahier des Charges*.

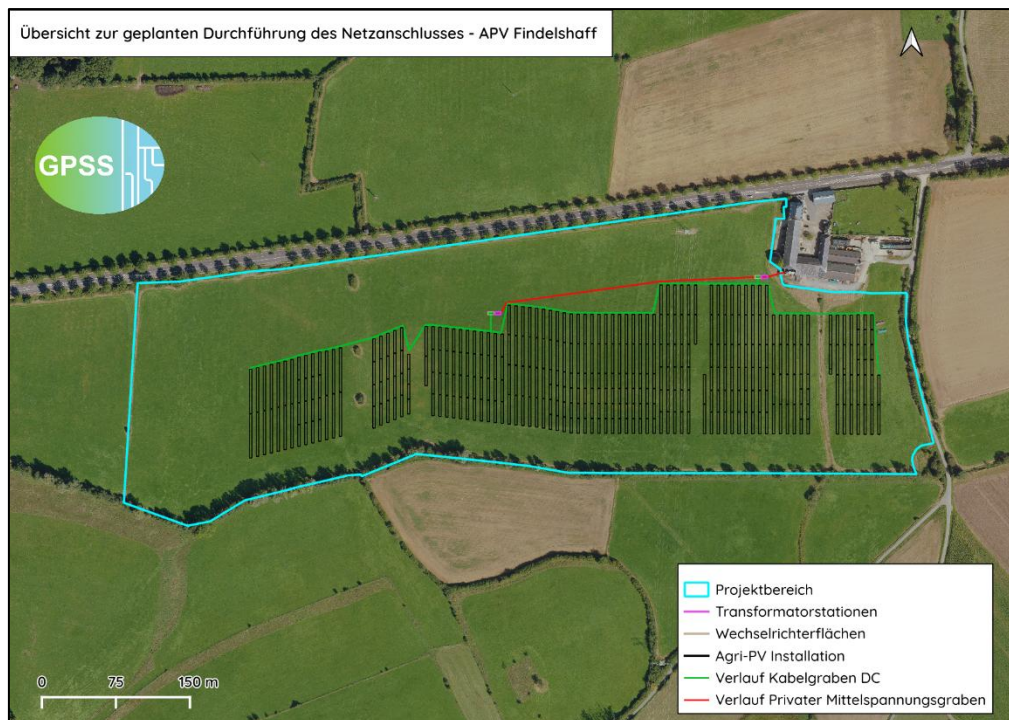


Abbildung 14: Geplanter Verlauf der Kabeltrasse

2.3.6 Stromertrag und Flächeneffizienz

Die Agri-PV Anlage mit den beschriebenen Modulen und Trackern erreicht eine installierte Leistung von 5.125,1 kWp. Das entspricht einer flächenspezifischen Leistung von 281 kWp/ha bezogen auf die Agri-PV Fläche und 702 kWp/ha bezogen auf die Bruttofläche Agri-PV.

Im Vergleich zu der Leistung von 4.976,1 kWp, die im initialen Technischen Konzept zur Teilnahme der Pilotausschreibung 2023 angegeben wurde, hat sich die Leistung erhöht. Der Grund hierfür ist, dass zwischenzeitlich auf effizientere Module zurückgegriffen werden konnte. Die Abweichung zu im Rahmen der Ausschreibung angegebenen Leistung beträgt weniger als 5 %.

Der simulierte Jahresertrag der Anlage der Anlage liegt bei 6.874 MWh/a. Das entspricht einem flächenspezifischen Stromertrag von 376 MWh/ha bezogen auf die Agri-PV Fläche und 964 MWh/ha bezogen auf die Bruttofläche der Agri-PV Anlage.

Somit ergibt sich ein jährlicher Auslastungsfaktor von 1.381 kWh/kWp.

2.4 Maßnahmen zur Reversibilität des Systems und zum Rückbau

Bereits während der Bauphase bilden die Installationsweise der Unterkonstruktion und die Vermeidung von Betonfundamenten wichtige positive Faktoren für die künftige Reversibilität der Anlage.

Im vorliegenden Projekt wird die Installation der einachsigen Tracker durch Rammung durchgeführt. Somit wird ein Umbruch der Grasnarbe vermieden und der Einfluss auf den Oberboden bleibt gering und beschränkt sich lokal auf die Punkte, an denen die Pfosten in den Boden eingeführt werden. Der Umbruch der Grasnarbe beschränkt sich auf die schmalen Gräben zur Kabelführung. Alle im Boden verlegten Kabel weisen eine Mindestüberdeckung von 80 cm Erdboden auf, um eine ungehinderte landwirtschaftliche Bearbeitung zu ermöglichen. Es wird keine zusätzliche Verankerung in einem Betonbett benötigt. Zusätzlich wird eine Verdichtung des Bodens durch die Verwendung von Bodenschutzmatte während des Aufbaus minimiert. Des Weiteren werden im Zusammenhang mit dem Bau der Agri-PV Anlage keine zusätzlichen Gräben oder Drainagen angelegt. Somit ergeben sich keine negativen Einflüsse auf die Bodenoberfläche und den natürlichen Wasserhaushalt der Fläche.

Nach der Demontage der Module und Wechselrichter werden die einzelnen Pfosten und Kabel aus dem Boden gezogen und damit rückstandslos entfernt. Auch während der Rückbauphase wird eine Verdichtung des Bodens die Verwendung von Bodenschutzmatte minimiert. Der eventuell notwendige Betonsockel für Transformator und Übergabestation kann nach der Demontage der Anlage aufgrund seiner kompakten Größe mit einem Kran rückstandslos entfernt werden.

Durch die genannten Faktoren ist, wie unter *Punkt 3.9 im Cahier des Charges* gefordert, gewährleistet, dass die landwirtschaftliche Fläche nach dem Rückbau der Agri-PV Anlage in ihren ursprünglichen Zustand vor der Installation zurückversetzt werden kann. Somit ist die landwirtschaftliche Nutzbarkeit auch nach dem Abbau gegeben.

Im Rahmen des Pachtvertrages (Erbbaurecht) ist der rückstandslose Rückbau des Systems nach Ende der Betriebszeit vertraglich geregelt (siehe Anhang 6).

2.5 Geschäftsmodell und Rollen der verschiedenen Akteure

Das Projekt wurde vom Landwirt Jean-Luc Friedrich initiiert, um seinen landwirtschaftlichen Betrieb weiter zu diversifizieren und Innovationen voranzutreiben. Das Agri-PV Projekt ist die logische Ergänzung zu einer bereits am Hof vorhandenen Anlage zur Verwertung von Biomasse zur Baustoffherstellung. Dabei wird Biomasse aus Grasfasern zu Platten für den Hausbau gepresst. Für diesen Prozess wird auch das im Rahmen der Agri-PV Anlage erwirtschaftete Mahdgut verwendet werden. Dieser Prozess ist energieintensiv und im Sinne der Nachhaltigkeit stellt eine Produktion von grünem Strom am selben Standort eine optimale Ergänzung dar.

Herr Friedrich ist Initiator und alleiniger Investor und wird die Agri-PV Anlage über eine eigene Gesellschaft (GOUDEN GREEN ENERGY FARMING S.à.r.l.) betreiben.

GPSS S.A. hat als luxemburgisches Unternehmen die Projektplanung sowie Projektentwicklung durchgeführt und wird ebenfalls für die Projektrealisierung vorgesehen.

Während der gesamten Projektplanung und Projektentwicklung hat Herr Friedrich eine richtungsgebende Rolle hinsichtlich aller landwirtschaftlichen Aspekte übernommen. **Herr Friedrich wird als aktiver Landwirt während des Betriebs der Anlage die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Fläche selbst übernehmen.** Die Bewirtschaftung über 15 Jahre hinweg wurde vertraglich zugesichert (siehe Anhang 7).

Als Eigentümer der Katasterparzellen des Agri-PV Projektgebiets hat die Familie von Herrn Friedrich der GOUDEN GREEN ENERGY FARMING S.à.r.l. vertraglich ein unwiderrufliches Versprechen für ein Erbbaurecht zum Errichten der Agri-PV Anlage zugesichert (siehe Anhang 6).

Ein weiterer Akteur im Rahmen des Projektes ist das akkreditierte Naturschutzsyndikat SICONA, das den Initialzustand der Fläche erhoben hat. Der Bericht kann Anhang 8 entnommen werden.

3 Beschreibung des landwirtschaftlichen Konzepts

Um eine bestmögliche Doppelnutzung der Fläche zu erzielen, ist es notwendig die wesentlichen landwirtschaftlichen Anforderungen an die Bewirtschaftung zu identifizieren und in dem Agri-PV Konzept zu berücksichtigen. In den nachfolgenden Kapiteln wird das landwirtschaftliche Konzept entsprechend den Vorgaben unter *Punkt 4.2.4 im Cahier des Charges* beschrieben.

3.1 Aktuelle Nutzung und landwirtschaftlicher Bedarf

Der Hof von Herrn Friedrich ist in der Gemeinde Bertrange gelegen. Die für die Agri-PV Anlage vorgesehene Fläche grenzt direkt an den Hof an. Die Ausrichtung der von Herrn Friedrich ausgeübten Landwirtschaft kann als extensiv bezeichnet werden. Insgesamt laufen auf über 70 ha der von ihm bewirtschafteten Flächen Naturschutzverträge mit der SICONA.

Die betroffenen FLIK-Parzellen werden aktuell als reine Mahdwiese zur Gewinnung von Heu genutzt. Das Heu wird nicht im eigenen Betrieb verwertet, sondern verkauft. Die gesamte Fläche wird entsprechend der Vorgaben zur Grünlandextensivierung bewirtschaftet.

3.2 Rolle und Einbeziehung des beteiligten Landwirts

Von Beginn des Projektes an hat der Landwirt Jean-Luc Friedrich als aktiver Bewirtschafter die Ausarbeitung der zukünftigen landwirtschaftlichen Bearbeitung vorgegeben. In enger Abstimmung mit ihm wurden die Art der Bewirtschaftung, die Arbeitsschritte und die Anforderungen der landwirtschaftlichen Aktivitäten definiert. Dies gewährleistet, dass **Herr Friedrich die Fläche nach Installation der Agri-PV Anlage** in seinem Interesse **aktiv bewirtschaftet** und weiterhin einen für seinen Betrieb verwertbaren Ertrag aus den landwirtschaftlichen Erzeugnissen erhält.

3.3 Landwirtschaftliche Bedürfnisse und Bewirtschaftung nach Errichtung der Agri-PV Anlage

Nach Errichtung der Agri-PV Anlage wird die Parzelle weiterhin für eine Schnittnutzung des Grünlandes genutzt. In Zukunft soll allerdings kein Heu zum Verkauf produziert werden, sondern Altgras, welches in einer eigenen Anlage zu Naturbaustoffen, wie Platten für den Innenausbau von Häusern, verwertet wird.

Während der Bewirtschaftung werden die Module mit Hilfe des 1-achsigen Nachführsystems vertikal ausgerichtet, um den größtmöglichen Freiraum für die Bearbeitung zu gewährleisten (siehe Kapitel 2.3.2). Die Bewirtschaftung wird zwischen den Tracker-Reihen durchgeführt. Die Mahd findet auf sechs Metern Breite statt, mit einer Kombination aus Front- und Seitenmähwerk. Für eine besonders insektenschonende Mahd wird die Mahdhöhe erhöht. Ziel ist eine Mahdhöhe von 10 cm. So entstehen unter dem Mähwerk weniger Sogeffekte und besonders am Boden lebende Insekten werden geschont. Zusätzlich kommt ein Insektenscheucher oder auch Insektenrechen zum Einsatz. Dieser Aufsatz durchstreift das Gras direkt vor dem Mähwerk. So haben die in den Halmen lebenden Insekten die Möglichkeit frühzeitig zu fliehen.

Ziel ist eine einschnittige Mahd nach Definition der Ökoregelung 512 oder Folgeregelungen mit einem möglichst späten Mahdtermin. Durch den vor Ort vorhandenen Prozess zur Naturbaustoffproduktion kann der aktive Landwirt das so entstehende Altgras verwerten, was in einem normalen Betrieb mit Vieh nicht möglich wäre. Es muss sich noch zeigen ob die Eigenschaften des Altgrases für den Prozess geeignet sind. Alternativ kann auf einen früheren Mahdtermin, den 15. Juli, ausgewichen werden, ebenfalls entsprechend der Ökoregelung 512. Das Mahdgut wird auf der Fläche getrocknet und anschließend abgefahren und verwertet.

Anstelle eines herkömmlichen Schwaders ermöglicht der Einsatz eines Schwadlüfters die notwendige Aufbereitung des Mahdgutes mit einer geringeren erforderlichen Arbeitsbreite. Anschließend kann das getrocknete Mahdgut gepresst und abgefahren werden. Da die Reihen der Agri-PV Installation mit dem Hanggefälle korrelieren, besteht bei Rundballen die Gefahr, dass diese wegrollen und die Anlage beschädigen. Um dies zu verhindern werden die Ballen am unteren oder oberen Ende des Hanges, außerhalb der Anlage abgelegt.

Es wird künftig komplett auf den Einsatz von mineralischen und organischen Düngemitteln sowie von synthetischen Pflanzenschutzmitteln verzichtet, um den ökologischen Zustand der Fläche aufzuwerten.

Während der Mahd wird generell ein Sicherheitsbereich von 1 m Breite (0,5 m pro Seite) entlang der Agri-PV Installation ausgespart. Somit bleiben diese Bereiche, wie in Kapitel 4.3 weiter ausgeführt wird, als streifige Rückzugszonen erhalten. Für die Pflege der streifigen Rückzugszonen werden Maschinen aus dem Weinbau angewendet. Die Pflege wird möglichst selten und spät im Jahr stattfinden und sich auf mechanische Arbeiten beschränken.

Zusätzlich wird eine jährliche Staffelmahd stattfinden. Dabei wird in jedem Jahr jede fünfte Reihe bei der Mahd ausgespart. Eine Pflege der ungemähten Bereiche erfolgt jährlich. Der Pflegetermin wird im Sinne der Biodiversität dabei so spät wie möglich ausgelegt. Die Lage der ausgesparten Reihen alterniert über die Jahre, um eine Verbuschung in den Bereichen zu verhindern. Die Verteilung und Flächenanteile der Rückzugszonen und Staffelmahd sind in Abbildung 15 abgebildet.



Abbildung 15: Überblick über die geplante Bewirtschaftung

3.4 Ausschluss von Nutzungskonflikten

Die landwirtschaftliche Fläche wurde vor Installation der Agri-PV Anlage bereits von Herrn Friedrich bewirtschaftet. Als Agri-PV Betreiber und Landwirt ist das Anlagendesign auf seine vorgesehene Nutzung abgestimmt und Herr Friedrich unmittelbar an den finanziellen Erlösen der Agri-PV Anlage beteiligt. Die Nutzung des Grünlandes zur Mahd bleibt bestehen und es sind somit keine Nutzungskonflikte durch das Agri-PV Projekt entstanden. Der landwirtschaftliche Minderertrag durch die Rückzugszonen, die Staffelmahd und die höhere Mahdhöhe werden durch die zusätzlichen Einnahmen des Betriebs der Agri-PV Anlage kompensiert.

4 Verbesserung der ökologischen Qualität der landwirtschaftlichen Fläche

Da landwirtschaftliche Flächen den Großteil des natürlichen Raumes ausmachen, jedoch meist durch die intensive Nutzung geprägt sind, besitzen sie großes Potenzial, um durch eine ökologische Aufwertung die Biodiversität zu steigern. Aus diesem Grund werden in dem Agri-PV Konzept explizit Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Qualität vorgesehen. Entsprechend den Anforderungen unter *Punkt 4.2.4 im Cahier des Charges* wird nachfolgend der Initialzustand der Fläche beschrieben sowie der Einfluss der Agri-PV Anlage betrachtet. Anschließend erfolgt die Erläuterung der geplanten Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität sowie des Monitoring-Konzeptes.

4.1 Initialzustand der landwirtschaftlichen Fläche

Die Kartierung zur Erhebung der initialen Vegetationszusammensetzung fand durch das akkreditierte Naturschutzsyndikat SICONA statt (siehe Anhang 8). Das Projektgebiet besteht aus einer extensiv bewirtschafteten Mahdwiese, die direkt an den Hof grenzt.

Die Mahdwiese ist im südlichen Randbereich durch den Bachlauf der «Grouf» mit einer umgebenden Baumreihe begrenzt. Im Osten grenzt ein Gebüschbereich an die Mahdwiese (siehe Abbildung 16). Innerhalb der Parzelle befinden sich vereinzelt Sträucher entlang zweier Rinnen, die in Richtung des Bachlaufes führen.



Abbildung 16: Projektstandort – Extensiv genutzte Mahdwiese

4.1.1 Artenliste

In der folgenden Tabelle 3 sind die Arten aufgelistet, die auf der Agri-PV Fläche ein häufiges Vorkommen aufweisen oder vereinzelte Dominanzbestände ausbilden. Eine umfangreichere

Auflistung, in der auch die Arten mit einem vereinzelnden und zerstreuten Vorkommen enthalten sind, ist dem Anhang 8 zu entnehmen.

Tabelle 3: Artenliste

Lateinischer Name	Deutscher Name
<i>Achillea millefolium</i>	Gemeine Schafgabe
<i>Festuca rubra agg.</i>	Rot-Schwingel
<i>Holcus lanatus</i>	Wolliges Honiggras
<i>Trifolium pratense</i>	Wiesenklee

4.1.2 Nährstoffzusammensetzung des Bodens

Die aktuelle Nährstofftabelle (Tabelle 4) zeigt anhand der Werte, dass der Boden bereits magere Standortbedingungen bietet.

Die Nährwerttabelle entstammt von Bodenanalysen des «Service de pédologie» der ASTA (siehe Anhang 9) und weist folgende Werte auf:

Tabelle 4: Nährstofftabelle

pH (CaCl ₂)	Phosphor (P ₂ O ₅)	Kalium	Magnesium	Natrium	Corg
	mg/100 g Boden	mg/100 g Boden	mg/100 g Boden	mg/100 g Boden	g/100g Boden
5,6	10	15	16	3	4,2

Für die Etablierung zusätzlicher Grünlandarten sind insbesondere der Phosphor- und Stickstoffgehalt eines Bodens erfolgslimitierend. Der Phosphorgehalt liegt bei 10 mg/100 g (P₂O₅). Dieser Schwellenwert ist ein günstiger Gehalt für die Entstehung eines artenreichen Grünlands. Phosphorgehalte oberhalb dieses Schwellenwertes gestalten sich für die zusätzliche Etablierung von Grünlandarten problematisch. Der Natriumgehalt von 3 mg ist nicht durch Dünggeeintrag beeinflusst, sondern eher durch den vorherrschenden Bodentyp, der keine guten Voraussetzungen für eine natürliche Auswaschung des Natriums erlaubt. Der Boden weist einen organischen Kohlenstoffgehalt (Corg) von 4,2 % auf. Der Kohlenstoffgehalt ist ein wichtiger Wert für die Humusindikation.

4.2 Auswirkungen der Agri-PV Anlage auf den ökologischen Zustand

Um einen positiven Effekt auf die Biodiversität zu erreichen, gilt es im Vorfeld die Auswirkungen der Agri-PV Anlage auf den ökologischen Zustand zu analysieren. Die folgenden Kapitel beinhalten eine Auswertung der Verschattung sowie die Betrachtung der Habitategnung für bodenbrütende Vögel.

4.2.1 Verschattung

Durch die Ausrichtung der Tracker-Reihen in Nord-Süd Richtung sowie die azimuthale Nachführung der Module in Ost-West Richtung befinden sich die Module zur Mittagszeit in einer horizontalen Position. Damit entspricht die Breite des Schattens den Ost-West-Dimensionen der einzelnen Module (2,278 m) und der verschattete Bereich weist durch den Sonnenstand am 1. Mai einen leichten Versatz zu den Modulflächen auf. Durch die gewählten Reihenabstände von 7 m entspricht die **Breite des besonnten Streifens zur Mittagszeit nach dem 1. Mai**, die in *Abschnitt 2.1 des Biodiversitätsleitfadens* als wesentlicher Faktor für die Biodiversitätsanreicherung aufgeführt ist, dem Abstand zwischen den Modultischen in horizontaler Position, also **4,72 m**. Der besonnte Streifen ist in Abbildung 17 der Lichtsimulation deutlich zu erkennen.

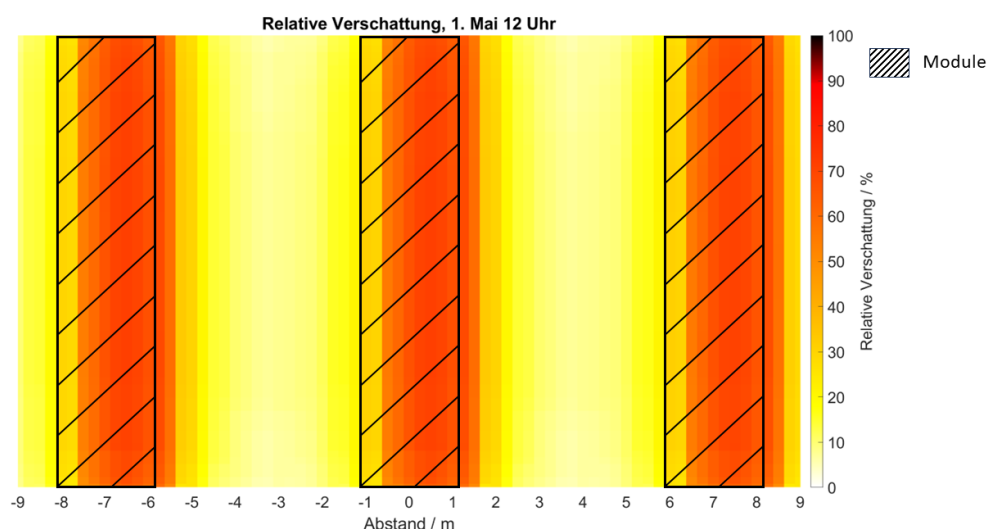


Abbildung 17: Lichtsimulation am Mittag des 1. Mai; Direkt- und Globalstrahlung berücksichtigt

Folglich entspricht die verschattete Fläche insgesamt dem GCR (Ground Cover Ratio). Das GCR beschreibt das Verhältnis der kumulierten Modulfläche zur Agri-PV Fläche und liegt bei:

$$\frac{\text{Anzahl}_{\text{Module}} * \text{Länge}_{\text{Module}} * \text{Breite}_{\text{Module}}}{\text{Agri} - \text{PV Fläche}} = \frac{8008 * 2,465 \text{ m} * 1,134 \text{ m}}{182600 \text{ m}} = 12,26 \%$$

Damit sind 87,74% der Agri-PV Fläche zur Mittagszeit nicht verschattet. Der geringe Anteil der verschatteten Fläche in Kombination mit den weiten Reihenabständen bieten also beste Voraussetzungen für eine natürliche Vegetationsentwicklung zwischen den Reihen. Da aufgrund der Nachführung der Tracker ein wandernder Schatten und damit einhergehend ein kleiner dauerhaft beschatteter Kernbereich erreicht wird, ist davon auszugehen, dass die Etablierung von Blütenpflanzen mit erhöhtem Lichtbedürfnis nicht signifikant beeinträchtigt wird.

4.2.2 Habitatqualität für bodenbrütende Vögel

Es wird im Rahmen der erforderlichen Umweltstudien noch erhoben, welche Vogelarten im Projektgebiet vorkommen. Die Umsetzung der Staffelmahd ist für Bodenbrüter durch den Erhalt

der Nistbereiche förderlich. Zudem bietet sie den Vorteil, dass das Vorkommen von Insekten und weiteren Nahrungsquellen erhöht wird. Es gilt im Nachgang zur Installation der Agri-PV Anlage durch Monitoring festzustellen, inwiefern die Fläche durch die Anlagenstruktur als Habitat angenommen wird, denn oftmals gestaltet sich der Schutz, der durch die Anlagenstruktur entsteht, für Bodenbrüter sogar als attraktiv. Voraussetzung dafür ist ein ausreichend großer Reihenabstand. Dieser ist mit 7 m in der geplanten Anlage gegeben („Die Brutvögel großflächiger Photovoltaik-Anlagen in Brandenburg“; Tröltzsch und Neuling 2013, S. 175/176).

4.3 Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität von Flora und Fauna

Durch die Umsetzung einer gestaffelten Mahd wird eine Vielzahl von Pflanzen und Gräsern in unterschiedlichen Entwicklungsstadien erhalten. In diesen, der natürlichen Sukzession überlassenen Streifen, können aufgrund ausgelassener Mahd, Wildkräuter aussamen und zur Biodiversitätsförderung beitragen (siehe Abschnitt 2.1 des Biodiversitätsleitfadens). Dies schafft eine abwechslungsreiche Vegetationsstruktur und fördert die Vielfalt von Pflanzenarten. Zudem wird die Präsenz von Insekten und anderen Kleintieren, die sich in unterschiedlichen Phasen des Pflanzenwachstums ansammeln, gefördert. Aufgrund des regelmäßigen und geringen Abstands von 28 m zwischen den Streifen der Staffelmahd sind diese auch für Kleintiere gut erreichbar. Wenn 5-10% der Fläche in Streifenform stehengelassen werden, trägt dies dazu bei, dass ca. 40% der vorkommenden Insekten den Ernteprozess überleben („Ungemähte Streifen in Wiesen verbessern die Lebensbedingungen für Kleintiere“; Bosshard, A., Stäheli, B., & Koller, N., 2010). In diesem Konzept entspricht der Flächenanteil 7,33 %. Dies bietet eine reichhaltige Nahrungsquelle für Vögel, Säugetiere und Amphibien. Darüber hinaus bietet eine abwechslungsreiche Vegetationsstruktur den Vorteil des Erosionsschutzes und verbesserter Wasserretention des Bodens. Dies ist an dem Projektstandort aufgrund des erhöhten Oberflächenabflusses wünschenswert. Eine Pflege der ungemähten Bereiche durch Mulchen kann künftig dazu beitragen, dass sich Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden noch weiter verbessert, da gute Bedingungen für eine Humifizierung geboten sind.

Nach Implementierung der Agri-PV Anlage wird komplett auf die Anwendung von Dünger und chemischem Pflanzenschutz verzichtet. Dies trägt neben der Regulierung der Nährstoffzusammensetzung des Bodens auch zu einer Verbesserung der Grundwasserqualität bei. In den aktiv bewirtschafteten Bereichen trägt ein später Mahdtermin, entsprechend den Empfehlungen in *Abschnitt 2.1 des Biodiversitätsleitfadens*, zur Extensivierung der Fläche bei. Auf der gesamten Fläche finden zwischen dem 15. April und dem ersten Schnitt keine Arbeiten statt.

Die Umstellung der Mahdhöhe trägt durch den geringeren Sogeffekt nicht nur zum Schutz von Insekten bei, sondern fördert die Ausbreitung von Pflanzenarten, da nach erfolgter Mahd eine größere Menge von Pflanzensamen auf dem Boden verbleiben kann. Zusätzlich wird durch die Integration eines Insektenscheuchers am Mähwerk gewährleistet, dass sich während des Schnittes für Insekten, die sich in Halmen befinden, die Möglichkeit ergibt frühzeitig zu fliehen.

Die Bereiche unter den Modulen werden künftig als streifige Rückzugszonen dienen. Sie werden während der normalen Bewirtschaftung ausgespart und durch eine extensive Pflege mit mechanischer Bearbeitung zu einem späten Zeitpunkt im Jahr so gepflegt, dass sie zusätzlich als

Bereiche dienen, in denen sich eine andere Zusammensetzung von Pflanzenarten etablieren kann. Durch die regelmäßigen Abstände fungieren die streifigen Bereiche als Brücken und erlauben auch die Übersiedlung in den Raum zwischen den Reihen. Auch wenn diese Bereiche teilweise verschattet sind, gestalten sie sich trotzdem förderlich für die Biodiversität der Flora. Aufgrund unterschiedlicher mikroklimatischer Bedingungen und extensiver Pflege entsteht im Vergleich zur landwirtschaftlichen Nutzfläche eine andere Artenzusammensetzung.

Zusammengefasst hat die Anlage der Rückzugszonen unterhalb der Tracker sowie die Staffelmahd in alternierenden Reihen zwischen den Trackern folgende Vorteile (*Öko-Regelung Nr. 517*):

- a) Pflanzenarten, die später blühen, werden stehen gelassen und bieten Nektarquellen,
- b) Sie ziehen bestäubenden Insekten an und bereichern den Bestand an natürlichen Samen auf der Wiese,
- c) Viele Insekten und andere kleinere Tiere (z.B. Säugetiere) können hier Zuflucht finden und den Rest der gemähten Wiese wieder besiedeln, wenn diese nachwächst,
- d) Eine nicht gemähte Fläche trägt zur allgemeinen Vielfalt der Landschaft bei, indem sie ein Mosaik an Lebensräumen bietet,
- e) Viele Insekten und andere Arthropoden überwintern im Inneren von Gräsern, umso besser im nächsten Jahr in größerer Biomasse die Wiese wieder zu besiedeln,
- f) Ein Rückzugsgebiet kann eine ungestörte Zone für bodenbrütende Vögel (Rebhuhn, Feldlerche, Kiebitz) bieten. Die Lage des Rückzugsgebiets sollte von Jahr zu Jahr wechseln (jährliche Staffelmahd), um eine Verbuschung auf diesem Teil der Mähwiese zu verhindern.

4.4 Monitoring

Das Monitoring zur Kontrolle der floristischen Diversität wird durch ein entsprechend der Auflistung des Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable akkreditiertes Büro (*Organisme agréé*) in einem dreijährigen Rhythmus erfolgen. Eine eigene Dokumentation erfolgt jährlich. Für die Kartierung werden auf die Fläche angepasste Transekte zur Transektbegehung ausgelegt. Zusätzlich wird im ersten Jahr, anhand einer Erfolgskontrolle festgestellt, ob die ökologischen Maßnahmen greifen oder Korrekturen notwendig sind.

Das Monitoring soll vor allem die floristische Artzusammensetzung im inneren Bereich der Agri-PV Fläche analysieren. Des Weiteren soll ein besonderes Augenmerk während des Monitorings daraufgelegt werden, inwiefern sich voll besonnte und teilverschattete Bereiche in der Zusammensetzung der vorkommenden Pflanzenarten unterscheiden. In beschatteten Bereichen ist zu erwarten, dass der Anteil der Süßgräser im Vergleich zum Anteil der zweikeimblättrigen Blütenpflanzen überwiegt.

Zum Monitoring der landwirtschaftlichen Erträge wird nach jeder Ernte die Menge und die Qualität des Ernteguts dokumentiert. So lässt sich ein Vergleich zu bewirtschafteten Flächen innerhalb desselben Betriebs aber ebenso zu anderen, extensiv bewirtschafteten Flächen ohne Agri-PV Installation ziehen.

Das energetische Monitoring wird über die von den Wechselrichtern bereitgestellten Daten erfolgen.

Über das Monitoring der floristischen Diversität hinaus ist ebenfalls angedacht, Monitoringkonzepte zur Erhebung mikroklimatischer Veränderungen, Bodenwerten, sowie vorkommender Insektenarten umzusetzen, um somit eine ganzheitliche Betrachtung ökologischer Faktoren zu erzielen. Das entsprechende, umfangreiche Monitoringkonzept wurde von GPSS in Zusammenarbeit mit dem LIST entwickelt. Es beinhaltet die Bereiche:

- Mikroklima
- Biodiversität
- Agrarökologie
- Lifecycle assessment (LCA)

Um das Monitoring im vollen Umfang umsetzen zu können, sind erhebliche finanzielle Mehraufwände notwendig. Diese können nicht allein durch die Einnahmen aus der Agri-PV Pilotausschreibung gedeckt werden. Zur Umsetzung ist also ein begleitendes R&D-Projekt oder ein vergleichbares Projekt notwendig. Zusätzlich macht es besonders im Kontext des umfangreichen Monitorings Sinn, mehrere Agri-PV Anlagen auf Basis derselben Erhebungen zu monitoren und auszuwerten. So kann ein flächendeckendes, nationales und aussagekräftiges Monitoring für die unterschiedlichen Konzepte im Bereich Agri-PV etabliert werden. Die vorgestellte Agri-PV Anlage würde auch in dieses umfangreiche Monitoring mitaufgenommen werden.