



R & H Umwelt GmbH

Zentrale Nürnberg
Schnorrstraße 5a
90471 Nürnberg

Telefon 0911 86 88-10
Telefax 0911 86 88-111

info@rh-umwelt.de
www.rh-umwelt.de

Stadt Sulzbach-Rosenberg

Sanierung der ehemaligen Hausmülldeponie "Erzhülle"

Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Photovoltaik-Anlage auf der Deponie

Auftraggeber

Stadt Sulzbach-Rosenberg
Rathausgasse 2
92237 Sulzbach-Rosenberg

Angebotsdatum

22.02.2021

Angebotsnummer

21A0130

Projektstandort

Ehemalige Hausmülldeponie
"Erzhülle"
92237 Sulzbach-Rosenberg

Auftragsdatum

25.03.2021

Auftragsnummer

Projektleiter

Peter Swoboda
Dipl.-Geologe

Ort, Datum

Nürnberg, den 17.08.2021

Umfang

17	Berichtsseiten	AG	(3-fach)
5	Anlagen	R & H	(1-fach)

Übergabe

Geschäftsführer:
Peter Swoboda
Dr. Alexander Poser

R & H Umwelt GmbH
Tel: 0911 86 88-10 info@rh-umwelt.de
Fax: 0911 86 88-111 www.rh-umwelt.de

Amtsgericht: Nürnberg HRB: 8225
Ust.-IdNr. DE133511000
Steuer-Nr. 241/115/22045

Sparkasse Nürnberg
IBAN: DE42 7605 0101 0001 2265 22
SWIFT-BIC: SSKNDE77XXX

Inhaltsverzeichnis

1.	Anlass und Auftrag	5
2.	Rahmenbedingungen und Herausforderungen.....	5
3.	Anlagengröße und Wirtschaftlichkeit	6
4.	Fundamentierung der Module	9
4.1	Rammfundamente mit erhöhter Stützenanzahl.....	10
4.2	Dreh- und Schraubfundamente	10
4.3	Betonfundamente (eingelassen und aufgesetzt).....	12
4.4	"Tree-System"	12
4.5	Bodennahe Metallkonstruktion oder Streifenfundamente senkrecht zu den Höhenlinien.....	13
5.	Weitere Rahmenbedingungen	14
5.1	Netzeinspeisepunkt.....	14
5.2	Auswirkungen auf das Landschaftsbild.....	15
5.3	Genehmigungsrechtliche Situation	15
6.	Grobe Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	16
7.	Zusammenfassende Bewertung.....	18
8.	Empfohlenes weiteres Vorgehen	18

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtskarte, M 1 : 25.000
Anlage 2	Grobe Belegungspläne der Deponie mit PV-Modulen
Anlage 3	Schnitte durch die Deponieoberfläche
Anlage 4	Rekultivierungsplan mit möglichen Ausweichflächen
Anlage 5	Grobe Wirtschaftlichkeitsberechnung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispielbild Drehfundament.....	11
Abbildung 2: Beispielbild Modulunterkonstruktion.....	11
Abbildung 3: Aufgesetzte Betonfundamente.....	12
Abbildung 4: Skizze Tree-System.....	13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Modulausrichtung Variante 1.....	8
Tabelle 2: Modulausrichtung Variante 2.....	9
Tabelle 3: Möglicher Netzeinspeisepunkt	15
Tabelle 4: Bauplanungsrechtliche Situation	16
Tabelle 5: Grunddaten der ersten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante 1.....	16

1. Anlass und Auftrag

Derzeit wird die ehemalige Hausmülldeponie "Erzhülle" nördlich von Sulzbach-Rosenberg im Auftrag der Stadt Sulzbach-Rosenberg saniert, indem die bis 1976 betriebene und an einem Süd- bis Südwesthang gelegene Altablagerung bzw. Hausmülldeponie profiliert und mit einer Oberflächenabdichtung versehen wird. Nahezu die gesamte Deponie-fläche mit einer Ausdehnung von ca. 5 ha musste dazu von einem z.T. sehr dichten Bewuchs befreit und das terrasierte, teilweise sehr unebene Gelände durch Materialab- und -auftrag so hergerichtet werden, dass eine Oberflächenabdichtung mit Kunststoffdichtungsbahn (KDB), Drainage und einer ca. 1 Meter mächtigen Rekultivierungsschicht einen zukünftigen Eintrag von Sickerwasser sicher verhindert.

Der nach Süden bis Südwesten geneigte Hang der Deponie eignet sich bei der Größe der Ausdehnung der Fläche und auch der Nähe zur Stadt Sulzbach-Rosenberg prinzipiell sehr gut für die Errichtung einer Freiland-Photovoltaikanlage. Dies war bereits im Rahmen einer von R & H Umwelt im Jahr 2012 im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit erstellten ersten Varianten- und Machbarkeitsstudie bestätigt worden, siehe R & H-Gutachten vom 25.05.2012.

Die damalige Varianten- und Machbarkeitsstudie wurde mit der Annahme erstellt, dass die ehemalige Hausmülldeponie sehr zeitnah einer Sanierung unterzogen wird, zumal das sehr interessante und auf Grundlage von Machbarkeitsstudien für die Errichtung von PV-Freilandanlagen auf ca. 80 Altlasten- und Altablagerungen in Bayern aufgelegte Förderprogramm "Alte Lasten - Neue Energien" unmittelbar bevorstand.

Aus verschiedenen Gründen konnte die Deponiesanierung jedoch nicht zeitnah umgesetzt werden und wurde erst im Jahr 2020 einer konkreten Planung unterzogen. Die Sanierung der Deponie ist derzeit in vollem Gang und wird Mitte 2022 beendet sein. Da das sehr erfolgreiche o.g. Förderprogramm im Juli 2015 ausgelaufen ist und sich sowohl die Modulpreise als auch die Modulleistungen deutlich geändert haben, aber auch die Einspeisevergütung für PV-Anlagenstrom stark gesunken ist, bat uns die Stadt Sulzbach-Rosenberg im April 2021 um eine grob überschlägige Anpassung der Machbarkeitsstudie auf die aktuellen Rahmenbedingungen. Nachfolgende Ausführungen wurden von der R & H Umwelt GmbH in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro für PV-Anlagen, der Firma Zeitgeist Engineering aus Nürnberg, erstellt. Die vorliegende Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung besitzt jedoch allenfalls die Tiefenschärfe einer groben Vorplanung.

2. Rahmenbedingungen und Herausforderungen

Obwohl die Lage der ehemaligen Hausmülldeponie "Erzhülle" als auch deren Ausdehnung und Hangneigung sehr gut geeignet sind für eine Freiland-Photovoltaikanlage, sind mehrere Hindernisse und Einschränkungen zu beachten, die die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage in Frage stellen könnten. Diese sind wie folgt zu beschreiben:

- A) Aus fördertechnischen Gründen kann die Deponieoberfläche nicht so gestaltet werden, dass die Errichtung einer PV-Anlage ohne Einschränkungen möglich wäre, auch wenn das ökologisch sinnvoll wäre. Die Satzung der Gesellschaft zur Altlastensanierung in Bayern GmbH (GAB), die die Deponiesanierung zu wesentlichen Teilen finanziert, lässt dies nicht zu, so dass die bisherige Planung und Umsetzung der Oberflächenabdichtung ohne Berücksichtigung einer PV-Anlage erfolgen musste.

- B) Der starke Bewuchs der bisherigen Deponieoberfläche musste für die Umprofilierung vollständig gerodet werden, dafür und vor allem wegen einer für die Deponiesanierung erfolgten temporären Umsiedelung eines Eidechsenhabitats sind nicht unerhebliche Ausgleichsmaßnahmen erforderlich, die zu wesentlichen Teilen auf der "neuen" Deponieoberfläche umgesetzt werden sollen. Dies betrifft insbesondere das „Hochplateau“ am Nordostrand der Deponiefläche (Fläche 9, siehe Anlagen 3) und die zwei eingeschobenen Pflanzzonen innerhalb bzw. am westlichen Rand der Deponiefläche.
- C) Die Hangneigung im südwestlichen und westlichen Teil der Deponie beträgt 1:3, so dass eine Aufständigung der Module in diesem Bereich nur mit einem deutlichen technischen Mehraufwand zu bewerkstelligen ist.
- D) Die über der Dichtungsbahn (KDB) der Oberflächenabdeckung geplante Rekultivierungsschicht hat eine Mächtigkeit von max. 1 Meter und ist deshalb für die üblichen und kostengünstigen Ramm- und Schraubfundamente einer PV-Anlage zu geringmächtig, um eine vor allem windsoggesicherte Aufstellung der Module sicher zu gewährleisten. Hier muss z.T. auf alternative Lösungen zur Verankerung der Module ausgewichen werden.
- E) Die mit einer Mächtigkeit von 1 Meter aufzubringende Rekultivierungsschicht darf nicht verdichtet eingebaut werden, was vor allem bei Schraub- und/oder Rammfundamenten hinsichtlich der Windsogrichtung aber auch bei Betonfundamenten wegen der Setzungsgefahr problematisch sein wird.
- F) Die ehemalige Hausmülldeponie wurde in einer ehemaligen Pinge des Erzbergbaus angelegt bzw. verfüllt, es handelt sich hierbei um ein sog. Bergsetzungsgebiet. Messungen der letzten Jahre zeigten zwar nur noch ein geringes Setzungsverhalten von lokal max. 1 cm/Jahr, weitere Setzungen sind jedoch nicht mit Sicherheit auszuschließen.
- G) Die mögliche Umverlegung der derzeit östlich der Deponiefläche verlaufenden Staatsstraße auf den Deponiekörper ist noch immer nicht ad acta gelegt, was deutliche Planungsunsicherheiten für die PV-Anlage mit sich bringt.
- H) Die derzeitige Vergütung für PV-Strom für Freiflächenanlagen ist aus rein wirtschaftlicher Betrachtung bei günstigen Untergrundverhältnissen als ausreichend kostendeckend zu betrachten. Erschwernisse für eine Aufständigung auf Deponieflächen können ohne Zusatzförderung jedoch rasch zu einer Unwirtschaftlichkeit der PV-Anlage führen.
- I) Eine Direktabnahme des erzeugten PV-Stroms in unmittelbarer Umgebung der Deponie oder auf der Deponie selbst ist derzeit nicht realisierbar. Aufgrund der Größe der PV-Anlage > 100 kWp ist eine verpflichtende Direktvermarktung des PV-Stroms erforderlich, eine grundsätzliche Einspeisevergütung ist für Anlagen dieser Größe nicht mehr möglich.

3. Anlagengröße und Wirtschaftlichkeit

Die Leistungsfähigkeit einer PV-Anlage auf der rekultivierten Oberfläche der ehemaligen Hausmülldeponie "Erzhülle" in Sulzbach-Rosenberg ist einerseits abhängig von der Morphologie der Deponie und andererseits von den Ein- und Aufbauten auf der Deponie und von den gewählten PV-Modulen.

Die Rekultivierung der Deponie sieht vor, dass am südlichen und westlichen Rand der Deponiefläche ein mit 20°-Neigung relativ steiler Hang mit einer Breite von ca. 50 Metern modelliert wird, der nach Norden und Osten in ein deutlich flacheres Gefälle mit ca. 10°-Neigung übergeht und im nordöstlichen Teil der Deponie fast in ein Hochplateau ausläuft. In diesem Hochpunkt wird auch eine Einrichtung zur Passiv-Entgasung der Deponie platziert. Erschlossen wird die Deponiefläche durch zwei Stichwege, die von Osten kommend mittig in der Deponiefläche enden. Während die "Plateaufläche" nördlich des höher gelegten Zufahrtsweges (Fläche 9 gemäß Anlagen 3) als Ausgleichsfläche bzw. als Eidechsenhabitat verwendet werden soll, durchzieht nördlich des tiefer gelegenen Zufahrtsweges ein Pflanzstreifen die Deponiefläche, ebenso gedacht als Ausgleichsfläche.

Im westlichen "Zipfel" der Deponie wird eine weitere Pflanzfläche eingerichtet. Die Morphologie der Deponie mit der geplanten Infrastruktur ist der Anlage 2 zu entnehmen. Weiterhin ist zu beachten, dass sich mehrere Grundwassermessstellen auf der Deponiefläche befinden, die bei einer zukünftigen Belegung mit einer PV-Anlage zugänglich bleiben müssen.

Somit sind von der sich in der Rekultivierung befindlichen Deponiefläche von 50.000 m² (auf eine Ebene projiziert) nur ca. 40.000 m² für eine PV-Anlage nutzbar, wenn man die Ausgleichsfläche auf dem Deponieplateau wegrechnet nur ca. 30.000 m².

Obwohl die Deponieoberfläche relativ ideal nach Süden bis Westen einfällt, sind die einzelnen Flächen unterschiedlich mit Modulen belegbar. Hierbei müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Hangneigung
- Gefälle

Der steile Hangstreifen am südlichen und westlichen Rand der Deponie mit einem Gefälle von 20° ist dabei sehr gut geeignet für eine PV-Anlage, die idealerweise mit einer Neigung von 20 - 30° nach Süden ausgerichtet sein sollte. An diesen "Steilhängen" wäre theoretisch eine vollflächige Belegung mit PV-Modulen denkbar, wenn man die Fundamentierung im Steilhang und die notwendige Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten sowie Pflege der Deponieoberfläche sowie die zwar geringe, aber bestehende Setzungsgefährdung der Deponieoberfläche nicht berücksichtigt.

Somit wird bei der ersten Grobplanung in Variante 1, siehe Anlage 3.1, davon ausgegangen, dass die steilen Randböschungen mit 20° geneigten Modultischen mit einer Ausdehnung von ca. 14 m Breite und ca. 12 m Tiefe belegt werden können. Diese "Modultische" werden von ca. 2,5 m breiten Wartungslücken unterbrochen. Damit können am südsüdwestlichen Steilhang ca. 2.600 Module mit einer Größe von ca. 1,9 x 1,1 m (projiziert auf eine horizontale Grundfläche von ca. 1,7 x 1,1 m) installiert werden. Im westlichen Steilhang der Deponie sind dann ca. 560 Module installierbar.

Die restliche Deponiefläche mit einem deutlich flacheren Gefälle von 5 - 10° wird dann mit Modultischreihen mit einer Größe von ca. 14 Meter Länge und einer Tiefe von ca. 8 Meter (4 Modulreihen) belegt, wobei in Variante 1 (siehe Anlage 1) eine Ausrichtung der Module nach den Himmelsrichtungen angenommen und gerechnet wurde. Hier wurden jedoch die Abstände zwischen den Modulreihen auf 3,5 Meter erhöht, um unnötige Verschattungen in den Wintermonaten und bei tief stehender Sonne zu vermeiden. Somit könnten auf der Restfläche insgesamt ca. 6.600 Module verbaut werden, davon allerdings ca. 2.700 Module auf der geplanten Ausgleichsfläche bzw. dem geplanten Eidechsenhabitat auf dem "Deponiehochplateau".

Diese Modulanordnung ist als erste grobe Annäherung im Rahmen einer Vorplanung zu bewerten und benötigt eine umfassende Entwurfsplanung mit Berücksichtigung aller nachfolgend dargestellter Rahmenbedingungen.

Bei den ersten Grobplanungen zur Anlegegröße sind wir von leistungsfähigen polykristallinen Modulen namhafter Hersteller ausgegangen, die bei einer durchschnittlichen Modulgröße von 1,9 x 1,1 m eine Leistung von 350 kW bei optimaler Ausrichtung erreichen. Ein kWp entspricht somit einer Modulfläche (projiziert auf die Horizontale) von ca. 5,2 - 5,4 m².

Aufgrund der Ausrichtung der Module sind jedoch Leistungseinbußen zu erwarten, die wir wie folgt angesetzt haben:

Südausrichtung: 0 % Einbuße
 Südwestausrichtung: 5 - 10 % Einbuße
 Westausrichtung 15 % Einbuße

Somit könnten - vorbehaltlich der Art der erforderlichen Fundamentierung der Anlage, siehe nachfolgendes Kapitel - bei Annahme einer Leistung der Anlage von 1.000 kWh/kWp folgende Strommengen produziert werden:

Tabelle 1: Modulausrichtung Variante 1

Fläche	Ausrichtung	Anzahl Module	Modulfläche projiziert	kWp installiert	KWh/Jahr bei Südausrichtung	KWh/Jahr je nach Ausrichtung
1	SSW	1.842	3.445	645	645.000	613.000
2	SW	750	1.400	262	262.000	236.000
3	W	468	875	164	164.000	140.000
4	SSW	96	180	34	34.000	32.000
5	SW	102	190	36	36.000	32.000
6	SW	782	1.463	273	273.000	246.000
7	SW	2.240	4.190	784	784.000	706.000
8	SSW	804	1.505	281	281.000	267.000
9	SSW	2.686	5.020	940	940.000	846.000
	Summe	9.770	18.268	3.399	3.399.000	3.118.000

Theoretisch könnten mit Variante 1 ca. 3 - 3,5 MWp-Leistung auf der Deponie installiert worden, was unter Berücksichtigung der Hangneigung theoretisch eine Stromerzeugung von ca. 3 - 3,5 Mio. kWh pro Jahr bedeutet.

Rechnerisch können damit ca. 800 bis 1.000 4-Personen-Haushalte mit einem Stromverbrauch von ca. 3.500 kWh/Jahr ganzjährig mit Strom versorgt werden. Zudem bedeutet diese Strommenge eine CO₂-Einsparung im Vergleich zu Kohlestrom von ca. 1.600 Tonnen pro Jahr.

Bei der Variante 2 wurden die Flächen 7, 8 und 9 auf dem „Hochplateau“ der Deponie aufgrund des deutlich geringeren Gefälles mit Modulreihen ausgestattet, die unabhängig von der Hangneigung der Deponie nach Süden geneigt sind. Um Verschattungen zu vermeiden, wurden die Abstände zwischen den Modulreihen auf 5 Meter vergrößert. Daraus lassen sich grob folgende Leistungsdaten ableiten:

Tabelle 2: Modulausrichtung Variante 2

Fläche	Ausrichtung	Anzahl Module	Modulfläche projiziert	kWp installiert	KWh/Jahr bei Südausrichtung	KWh/Jahr je nach Ausrichtung
1	SSW	1.842	3.445	645	645.000	613.000
2	SW	750	1.400	262	262.000	236.000
3	W	468	875	164	164.000	140.000
4	SSW	96	180	34	34.000	32.000
5	SW	102	190	36	36.000	32.000
6	SW	782	1.463	273	273.000	246.000
7	S	2.196	4.106	769	769.000	769.000
8	S	720	1.347	252	252.000	252.000
9	S	2.690	5.030	942	942.000	942.000
	Summe	9.646	18.038	3.376	3.376.000	3.262.000

Die Berechnungen in der Variante 2 zeigen, dass damit keine wesentliche Änderung der Leistungsdaten erzielt wird, sich aber aufgrund der geringen zu erzielenden Strompreise eine Detailplanung mit Optimierung der Anlagengröße in jedem Fall zu empfehlen ist, siehe nachfolgende Ausführungen.

4. Fundamentierung der Module

Die Ausrichtung und die Neigung der Hänge der rekultivierten Deponieoberfläche sind nahezu ideal für die Errichtung einer Freiland-Photovoltaikanlage. Einschränkungen sind jedoch bei der Installation und der sicheren Aufstellung der Module zu erwarten, da die Fundamente, die vor allem für eine Windsogsicherung erforderlich sind, entsprechend dimensioniert und ausgelegt werden müssen, eine Einbindung der Fundamente in die max. 1 Meter mächtigen Rekultivierungsschicht jedoch nur max. 0,8 Meter betragen darf, um die KDB (Kunststoffdichtungsbahn) der Deponie nicht zu beschädigen. Zudem wird die Rekultivierungsschicht locker und unverdichtet aufgebracht, so dass bei Einsatz schwerer PV-Fundamente lokal unterschiedliche Setzungen nicht auszuschließen sind. Weiterhin ist vor allem im Bereich der "Steilhänge" am West- und Südrand der Deponie auf die Standsicherheit der Oberflächenabdichtung hinsichtlich Rutschgefährdung bei zusätzlicher Auflast durch die PV-Anlage zu achten. Ebenso sollten aufgrund der weiterhin vorhandenen Setzungsgefahr des Deponiekörpers lange zusammenhängende Modulreihen vermieden werden. Somit ist eine uneingeschränkte Wahl der Fundamentierung nicht möglich, was in jedem Fall Zusatzkosten für die Aufständigung der Module erfordert.

Derzeit sind noch folgende Möglichkeiten einer gesicherten Aufständigung bzw. Fundamentierung auf der Deponie denkbar, die jedoch eine detaillierte Planung in Form einer Entwurfsplanung erfordern.

4.1 Rammfundamente mit erhöhter Stützenanzahl

Die einfachste Möglichkeit, eine geringere Rammtiefe für die Fundamentierung der PV-Anlage auszugleichen, ist der Einsatz von deutlich mehr Rammpfählen, welche die Belastungen besser verteilen.

Üblicherweise werden die „Tische“, auf denen die PV-Module befestigt werden im Abstand von ca. 4 - 6 m im Boden verankert. Eine Verdichtung der geramnten Verankerungen bis auf eine Stütze pro Meter ist möglich, allerdings sehr teuer. Außerdem ist die Rammtiefe von max. 80 cm grenzwertig zu bewerten. Zumal die 80 cm Rekultivierungsschicht nicht verdichtet wird.

Somit wird die alleinige Erhöhung der Stützenanzahl wahrscheinlich nicht ausreichen, die PV-Anlage auf der Deponie zu befestigen.

4.2 Dreh- und Schraubfundamente

Eine weitere Möglichkeit sind sogenannte Dreh- bzw. Schraubfundamente. Diese werden im Gegensatz zu herkömmlich geramnten Stahlprofilen im Boden „verschraubt“ und haben dadurch bei geringerer Einbautiefe dieselbe Standfestigkeit und können ggf. mit deutlich kleineren Betonfundamenten verstärkt werden.



Abbildung 1: Beispielbild Drehfundament¹

Auf den Fundamenten wird die Unterkonstruktion der PV-Module montiert.



Abbildung 2: Beispielbild Modulunterkonstruktion²

¹ https://www.lfu.bayern.de/abfall/deponieforschung/pv_anlagen/doc/deponie_pva.pdf

² <https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/betrieb/aufstaenderung>

4.3 Betonfundamente (eingelassen und aufgesetzt)

Eine weitere Möglichkeit ist die Gründung der PV-Anlage auf Betonfundamenten. Das hat den Vorteil, dass bei der aufgesetzten Variante die Fundamente einfach auf der Deckschicht aufgestellt werden und somit kein Eindringen ins Erdreich stattfindet, beziehungsweise eine sehr geringe Gründungstiefe durch eingelassene Fundamente benötigt wird. Problematisch ist hier, dass durch das deutlich höhere Gewicht der Betonfundamente ein Abrutschen ganzer Bereiche in extremen Hanglagen möglich ist.



Abbildung 3: Aufgesetzte Betonfundamente³

4.4 "Tree-System"

Ein neuartiges spezial-Befestigungssystem für die Fälle, bei denen Anlagen an steilen Hängen zum Abrutschen neigen, ist das sogenannte Tree-System, bei dem die Unterkonstruktion in den Boden gerammt wird und dort wurzelartige Verstrebungen bei geringer Rammtiefe eine hohe Festigkeit bieten. In Abbildung 4 ist das beschriebene System mit den wurzelartigen Rammpfählen dargestellt. Beim zu Grunde liegenden Referenzprojekt wurde die Tiefe der Konstruktion auf unter 75 cm beschränkt, was die prinzipielle Möglichkeit eines Systems ohne schwere Betonfundamente zeigt. Ob im Fall der Deponie Sulzbach-Rosenberg dieselbe Systemtiefe erreichbar ist, müssen genaue Untersuchungen zeigen.

³ https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil1_grundwasserwirtschaft/doc/nr_129.pdf

Das Gründungssystem Tree-System ist allerdings für maximal zwei Modulreihen übereinander ausgelegt, was im Vergleich zur Unterkonstruktion zwei Modulreihen pro Gestell weniger bedeutet. Dadurch erhöht sich die Stückzahl deutlich. Außerdem kann es nötig sein, dass punktuell um die Pfosten herum der Boden verdichtet werden muss. Modulneigungen sind hier bis zu 20° möglich.

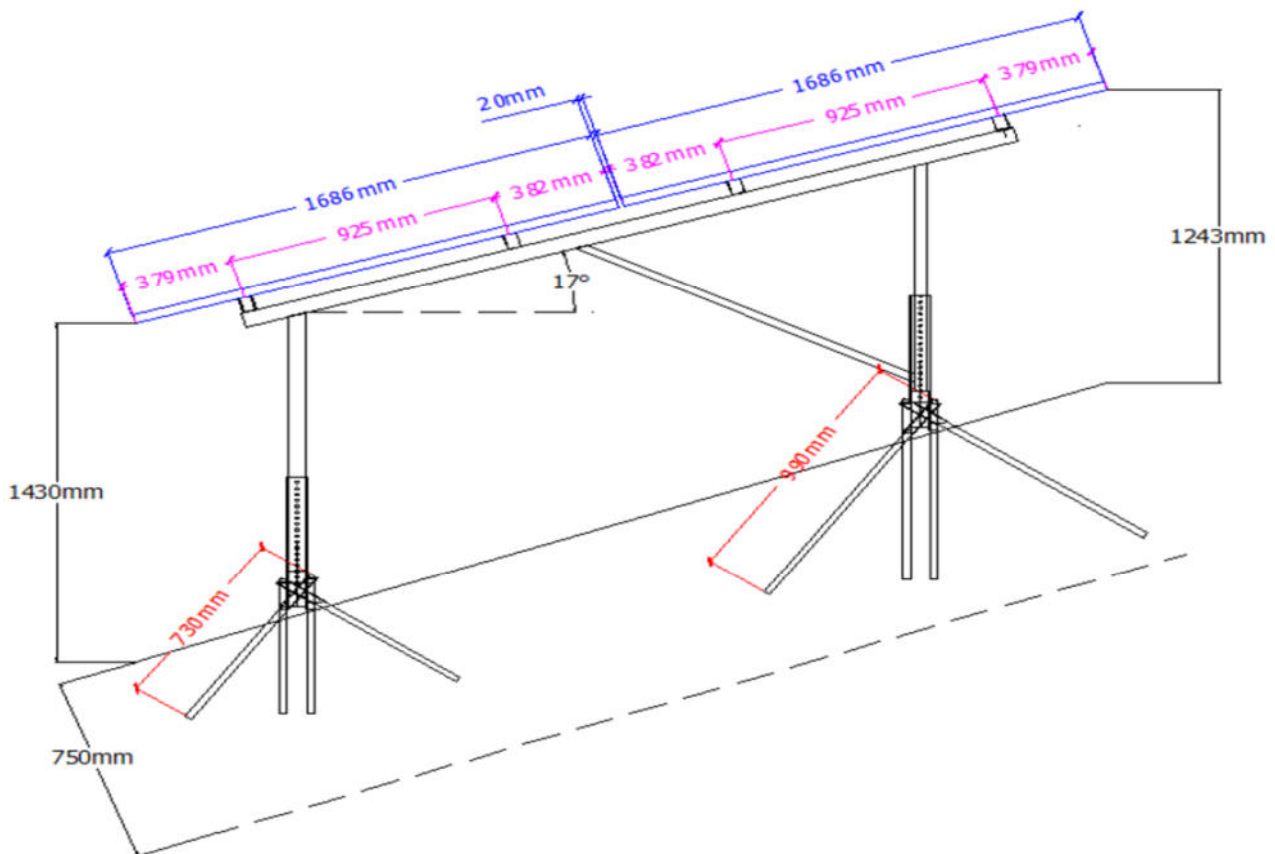


Abbildung 4: Skizze Tree-System⁴

4.5 Bodennahe Metallkonstruktion oder Streifenfundamente senkrecht zu den Höhenlinien

Falls alle vorangehenden Lösungen für die Deponie ungeeignet sind, ist noch die Option einer bodennahen Metallkonstruktion oder durchgehende Streifenfundamente parallel zur Hangneigung.

Vorstellbar sind hier massive Metallschienen, ähnlich Eisenbahnschienen oder lange Betonstreifenfundamente, welche von unten nach oben über die gesamte Steigung der Deponie oder zumindest an den steilsten Stellen im Abstand von 5-10 m verlegt werden. Der Untergrund unmittelbar unter den Schienen/Streifenfundamente sollte allerdings verdichtet werden. Auf diese Schienen werden die Unterkonstruktion und die PV-Module montiert. Zusätzlich können die Schienen untereinander verstrebt werden. Dadurch wird einem Abrutschen des Hanges vorgebeugt, da die Hangabtriebskraft der PV-Anlage gleichmäßig auf die gesamte Fläche verteilt wird. Ob aufgrund von Windeintrag in die Anlage eine zusätzliche Beschwerung oder Verankerung des Systems im Boden nötig ist, müssen genauere Betrachtungen zeigen. Hier sind jedoch Verankerungen der

⁴ Internes Dokument Zeitgeist engineering gmbh

Schienen bzw. Streifenfundamente mit schweren Betonfundamenten an dem Ende der Schienen/Streifenfundamente und im gegenständlichen Projekt am Deponieböschungsfuß und am Top des „Steilhanges“ der Deponie denkbar.

Diese Möglichkeit der Fundamentierung ist neuartig und nach unserer Kenntnis noch nicht erprobt und muss somit technisch und vor allem statisch im Detail geplant und geprüft und einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen werden.

Hierbei ist insbesondere zu prüfen, wie sich diese Metallschienen/Streifenfundamente auf die Pflege der Deponieoberfläche und auf die Oberflächenentwässerung (Linienelemente, ggf. erhöhte Erosion) auswirken können.

Denkbar wäre auch die Kombination von verschiedenen Gründungsvarianten, z.B. flache Schraubfundamente mit zusätzlicher Auflast von kleinen Betonfundamenten um sowohl die Windsogsicherheit zu gewährleisten als auch den Hang nicht zu sehr mit Zusatzgewicht zu belasten.

Alle Fundamentierungen vor allem in den steileren Bereichen der Deponiefläche führen jedoch zu Mehrkosten gegenüber konventionellen Freilandanlagen, die monetär im Detail abzuklären sind.

5. Weitere Rahmenbedingungen

Neben den deponiespezifischen Rahmendaten sind im Rahmen einer Machbarkeits- und groben Wirtschaftlichkeitsbetrachtung folgende Rahmenbedingungen zu beachten:

- Netzeinspeisepunkt
- Auswirkungen auf das Landschaftsbild
- Genehmigungsrechtliche Situation

5.1 Netzeinspeisepunkt

Das zuständige Energieversorgungsunternehmen (EVU) ist die E.ON AG. Als nächster möglicher Netzeinspeisepunkt wurde im Rahmen der ersten Varianten- und Machbarkeitsstudie im Jahr 2012 der folgende Standort ermittelt.

Tabelle 3: Möglicher Netzeinspeisepunkt

Netzübergabepunkt	Entfernung	m	ca. 300 m nördlich
	Straße, Ort		Gallmünz-Feuchthof
	Art	Trafo, Mast	Trafostation im Wohngebiet
	Leistungsaufnahme	kW	nicht bekannt
wahrscheinlich erforderliche Querungen für die Kabeltrasse	Straße	m	ca. 6 m / Edelsfelderstraße
	Autobahn	m	keine
	Eisenbahn	m	keine
	Gewässer	m	keine
	Sonstiges	Art	--
Untergrund	unversiegelte Strecke	m	300 m / vor allem Waldgebiet
	versiegelte Strecke	m	8 m / Asphalt
Informationsquelle			Aussage der Stadt Sulzbach-Rosenberg im Jahr 2012

Laut Aussage der Stadt Sulzbach-Rosenberg ist die Trafostation im Wohngebiet Feuchthof als möglicher Einspeisepunkt zu sehen. Eine Einspeisegarantie von dem zuständigen Energieversorger zur realen Einspeisung von Strom in der geplanten Größenordnung kann jedoch nicht vertraglich zugesichert werden und muss im Fall einer Verwirklichung des Projektes durch eine Anfrage auf Netzverträglichkeitsprüfung beim Energieversorgungsunternehmen (EVU) bestätigt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass für die Anfrage auf Netzverträglichkeitsprüfung bereits eine relativ detaillierte Planung vorliegen muss und eine Zusage des EVU zur Einspeisung eine maximale Gültigkeit von ca. 10 Monaten hat. Aufgrund der genannten Gültigkeit wurde auf die kostenpflichtige Anfrage auf Netzverträglichkeitsprüfung im Rahmen dieser und der ersten Machbarkeitsvorstudie im Jahr 2012 verzichtet.

5.2 Auswirkungen auf das Landschaftsbild

Die geplante PV-Anlage auf der rekultivierten Oberfläche der ehemaligen Hausmülldeponie "Erzhülle" würde an einem fast idealen Standort bezüglich Ausrichtung und Neigung der PV-Module errichtet werden, ist aber dadurch aus südlicher und westlicher Richtung und damit aus mehreren Wohngebieten der Stadt Sulzbach-Rosenberg gut einsehbar und wird das Landschaftsbild prägen. Durch die exponierte Lage der Anlage muss in jedem Fall begutachtet werden, ob und welche Auswirkung die Anlage auf die Anwohner bezüglich Blendwirkung hat.

5.3 Genehmigungsrechtliche Situation

Für das Untersuchungsgebiet mit der ehem. Deponie Erzhülle ist die folgende bauleitplanungsrechtliche Situation gegeben:

Tabelle 4: Bauplanungsrechtliche Situation

Bauleitplanung	Flächennutzungsplan (FNP)
Geltungsdatum	2011
Flächenausweisung der Deponiefläche als	Landwirtschaft, Forstwirtschaft, z.T. Landschaftsschutzgebiet, Bergschadensgebiet, Bergsetzungsgebiet, Schuttplatz
Gibt es einen geltenden Bebauungsplan?	nein

Die Deponiefläche befindet sich derzeit im Außenbereich nach § 35 BauGB, d.h. außerhalb eines Bebauungsplangebietes und eines im Zusammenhang bebauten Ortsteiles. Ein Bebauungsplan für das Gelände existiert nicht. Die bauplanungsrechtliche Zulässigkeit von Freiflächen-Photovoltaikanlagen, die im Außenbereich als selbstständige Anlagen errichtet werden sollen, erfordert daher eine gemeindliche Bauleitplanung.

Für die damit grundsätzlich erforderliche Aufstellung eines Bebauungsplans und die entsprechende Änderung des Flächennutzungsplans bietet sich für die Festsetzung bzw. Darstellung der Art der baulichen Nutzung ein sonstiges Sondergebiet im Sinn von § 11 Abs. 2 BauNVO an. Für derartige Projekte eignet sich ein Vorhaben- und Erschließungsplan im Sinn von § 12 BauGB.

6. Grobe Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Auf der Grundlage der ermittelten Daten wird der Standort einer aktuellen groben Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen, wobei folgende Voraussetzungen zugrunde gelegt werden:

Tabelle 5: Grunddaten der ersten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante 1

Leistungsbeschreibung mit Bemerkung	Menge bzw. Preis (Schätzkosten)	Bemerkungen
Grunddaten		
installierbare Leistung in kWp, Variante 1	3.000 - 3.500 kWp	polykristalline Module
mit Modulen belegbare Deponiefläche	ca. 35.000 m ²	= nutzbare PVA-Fläche
Stromeinspeisung pro Jahr	3.000.000 - 3.500.000 kWh	Annahme 1.000 kWh/kWp
Einspeisevergütung pro kWh	keine Einspeisevergütung, da Anlage > 100 kWp	Direktvermarktung, aktuell ca. 0,05 - 0,06 €/kWh
Eigenkapital	0 %	kann beliebig erhöht werden
Zinssatz nominal	1,1 %	kommunale Richtlinien beachten; ggf. günstiger
Pacht pro Jahr	entfällt, wenn Stadt selbst Betreiber	ansonsten ca. 2.000 €/ha/Jahr
Betriebskosten pro Jahr	ca. 10,00 - 15,00€/kWp/Jahr = ca. 30.000,00 - 50.000,00 € in 20 Jahren ca. 600.000,00 - 1.000.000,00 €	Betrieb, Wartung, Reparaturen, Geschäftsführung, Verwaltungskosten, Versicherung in Verbindung mit dem Pflegeaufwand der Deponie

Leistungsbeschreibung mit Bemerkung	Menge bzw. Preis (Schätzkosten)	Bemerkungen
leistungsabhängige Kosten (grobe Schätzung)		
	<i>bezogen auf kWp</i>	<i>umgerechnet auf Gesamtanlage (gerundet)</i>
PV-Anlagenkosten entspricht dem Modulpreis zzgl. weiterer Kosten wie Lieferung, Installation und sonstiger Dienstleistungen mit ungefähr folgender Gewichtung: - Module, Wechselrichter, Trafo: ca. 80 % - technische Planung, Genehmigung, Montage, Finanzierung ca. 20 %	850,00 €	2.550.000,00 € bis 2.975.000,00 €
Fundamentierung, Erschwernisse Deponie	100,00 - 150,00 €/kWp	300.000,00 bis 525.000,00 €
von der Leistung unabhängige Kosten		
	<i>umgerechnet auf kWp</i>	<i>Gesamtanlage</i>
Leitungskosten Kosten für Leitungsverlegung von PVA zu Übergabestation resp. Netzeinspeisepunkt	ca. 10,00 €	ca. 35.000,00 €
Gesamtinvestitionskosten	je kWp ca. 960,00 - 1.010,00 €	berechnet auf Gesamtanlage Variante 1 ca. 2,88 - 3,54 Mio. €

Aufgrund der aktuellen Schwankungen des Marktpreises für PV-Anlagen ist derzeit eine reelle Abschätzung der anzusetzenden Kosten für künftige Anlagen nur schwer möglich. Anlage 5 zeigt eine grob überschlägige und sehr vereinfachte Kostenberechnung. Wenn man in diesem Tool die variablen Kosten ändert, ist erkennbar, dass eine Amortisation der Anlage nicht in einem Zeitraum von 3-5 Jahren möglich ist. Hier ist mit einer deutliche längeren Amortisationszeit zu kalkulieren, die wahrscheinlich zwischen 20 und 25 Jahren liegen dürfte.

Folgende weitere Faktoren wurden bei der aktualisierten groben Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Photovoltaikanlage auf der ehem. Deponie Erzhülle allerdings nicht betrachtet und können erst im Rahmen einer Entwurfsplanung zu einer belastbaren Aussage über die Wirtschaftlichkeit der Anlage mitbewertet werden:

- Entscheidungen in der Stadtverwaltung sowie allgemeine wirtschaftliche Veränderungen
- Verlegung des möglichen Netzübergabepunktes
- erhöhte Aufwendungen für den Naturschutz durch Umverlegung der Ausgleichsflächen
- Änderung der PV-Anlagenkosten bis zur Realisierung, vor allem aufgrund der derzeitige Kostensituation auf dem Weltmarkt mit den damit verbundenen Rohstoffengpässen
- Änderung des Marktpreises für die Stromeinspeisung bis zur Realisierung

Die Einflussgrößen sind jedoch so vielfältig und im Rahmen dieser groben Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht genau berechnen- und vorhersehbar, z.B. die Entwicklung der Rohstoffpreise. Zudem muss die Betrachtung die CO₂-Bilanz und der erforderliche Umbau/Umstieg auf regenerative Energien mit bewertet werden und in die Betrachtung einfließen, so dass eine Entscheidung für eine PV-Anlage auf der Deponie auch ein Stück weit eine politische Entscheidung sein kann bzw. muss.

7. Zusammenfassende Bewertung

Mit unserer ersten Machbarkeitsvorstudie vom 25.05.2012, die wir im Auftrag der Gesellschaft zur Altlastensanierung in Bayern mbH erstellt hatten, wurde die ehemalige Deponie „Erzhülle“ nach der „Sanierung“ als prinzipiell tauglich für eine PV-Freilandanlage ausgewiesen. Mit einer damals ermittelten nutzbaren Deponiefläche von ca. 56.000 m², die bei der aktuellen Deponieplanung in ihrer Größenordnung nicht mehr erreicht werden kann, hätte man mit den Modulen aus dem Jahr 2012 eine Leistung von ca. 2,8 MWp installieren können, die sich trotz der Erschwernis bei der Aufständigung der Module bei den damals deutlich höheren Einspeisevergütungen hätte wirtschaftlich betreiben lassen.

Mittlerweile haben sich zwar die Einspeisevergütungen deutlich reduziert, dafür aber auch die Leistungen der Module wesentlich erhöht bzw. fast verdoppelt, so dass man derzeit eine Leistung von ca. 3 - 3,5 MWp erzielen könnte. Optimierungen der Leistung durch eine differenzierte und detaillierte Planung von ca. 10 - 20 % sind dabei durchaus denkbar. Angesichts der nicht mehr aufzuhaltenden Energiewende, den immer gravierender werdenden Auswirkungen des globalen Klimawandels und der immer stärker werdenden Forderung nach Nachhaltigkeit halten wir es für dringend notwendig und langfristig unumgänglich, solche Flächen wie die ehemalige Deponie „Erzhülle“, die sich aufgrund ihres Süd- bis Südwesthanges bestens für eine Photovoltaik eignet, für die Energiewende zu nutzen.

Hier sollten die Erschwernisse, die durch den Aufbau der Deponieendabdichtung und möglicher Setzungen auftreten können und die rein monetäre Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen können, kein Hinderungsgrund sein. Langfristig werden sich Zusatzkosten für diese Erschwernisse „amortisieren“, vor allem dann, wenn man die Nutzung der PV-Anlage in einem größeren Umfeld sieht oder wenn man sogar zusätzliche Fördermittel dazu bekommen könnte. Entsprechende Anfragen beim Bayerischen Wirtschaftsministerium laufen derzeit.

Aus all diesen Gründen sollte die Möglichkeit der Nutzung der Deponiefläche der ehemaligen Hausmülldeponie "Erzhülle" zur Erzeugung von PV-Strom in jedem Fall weiterverfolgt werden. Gegebenenfalls ergeben sich daraus noch andere Perspektiven, z.B. Nutzung des PV-Stroms für eine Elektroflotte der Stadt Sulzbach-Rosenberg, Herstellung von Wasserstoff etc.

8. Empfohlenes weiteres Vorgehen

Trotz der kritischen Bewertung in Bezug auf einen wirtschaftlichen Betrieb der Photovoltaikanlage empfehlen wir aus ökologischer und vor allem Klimaschutz-Gründen und als Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen die Errichtung einer PV-Anlage auf der ehemaligen Deponie "Erzhülle" weiterzuverfolgen. Wenn solche Konversionsflächen nicht sinnvoll genutzt werden, wird der vollständige Umstieg auf regenerative Energien niemals bzw. erst in vielen Jahren gelingen.

Dafür wäre folgende Vorgehensweise notwendig:

- Prüfung, ob es im Bereich der ehemaligen Hausmülldeponie "Erzhülle" alternative Möglichkeiten zur Stromabnahme bzw. Verwertung gibt bzw. in Zukunft geben kann, z.B. Quartiersversorgung für neue Wohngebiete, Herstellung von Wasserstoff, Errichtung von Stromtankstellen in unmittelbarer Nähe zur Deponie etc.
- Einbindung von lokalen Energieversorgern in die Überlegungen.

- Prüfung, ob und zu welchen Konditionen eine Umlagerung der Ausgleichsflächen auf dem "Dach" der ehemaligen Hausmülldeponie "Erzhülle" möglich ist, z.B. durch Zukauf angrenzender Flächen.
- Änderung bzw. Anpassung des Flächennutzungsplanes auf "Sondergebiet".
- Durchführung einer detaillierten und umfassenden Vor- und Entwurfsplanung für die PV-Anlagen mit Überprüfung der Statik der Deponieabdichtung und ggf. mit Vorversuchen einer alternativen Modul-aufständigung.
- Weiterverfolgung der Möglichkeiten einer erneuten Auflage eines speziellen Förderprogramms für die Errichtung von PV-Anlagen auf Konversionsflächen.

Da die Rekultivierung der Deponie voraussichtlich erst Mitte 2022 abgeschlossen sein wird und die Umsetzung des Eidechsenhabitats erst im 2. Quartal 2022 erfolgen soll, bleibt ausreichend Zeit für die Entwurfsplanung für eine PV-Anlage auf der ehemaligen Deponie „Erzhülle“.

Nürnberg, 17.08.2021

R & H Umwelt GmbH

Peter Swoboda

Geschäftsführer

Anlage 1

Übersichtskarte, M 1 : 25.000

Anlage 2

Grobe Belegungspläne der Deponie mit PV-Modulen

Anlage 3

Schnitte durch die Deponieoberfläche

Anlage 4

Rekultivierungsplan mit möglichen Ausweichflächen

Anlage 5

Grobe Wirtschaftlichkeitsberechnung