Dipl.-Ing. (FH) Marco Wilke | Mathias Röper, M. Eng. | Dr.-Ing. Stefan Bofinger
Sonnwinn Photovoltaik
Ihre unabhängigen Sachverständigen für Photovoltaik

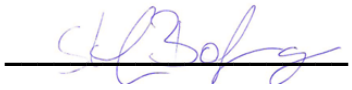
Entwässerungsgutachten

PVA NEUENMARKT

Bearbeitet:

Dr.-Ing. Stefan Bofinger
Holunderstraße 15
37284 Waldkappel-Rechtebach
+49 (0) 151 64957433
stefan.bofinger@sonnwinn.de
www.sonnwinn.de

Rechtebach, 29.05.2025



Revisionstabelle

Version	Änderung	Datum	Name
1.0	Erste Version	20.06.2024	Dr.-Ing. Stefan Bofinger
1.1	Korrektur Projektbezeichnung	10.12.2024	Dr.-Ing. Stefan Bofinger
2.0	Änderung Anlagenlayout und Fließwege	29.5.2025	Dr.-Ing. Stefan Bofinger

Executive Summary

Negative Auswirkungen einer Photovoltaik-Freiflächenanlage auf das Niederschlags-abflussverhalten treten im Allgemeinen sehr selten auf. Im vorliegenden Fall werden Ackerflächen in Grünland konvertiert, wodurch sich die Infiltrationsrate (Versickerung von Regenwasservolumen pro Zeiteinheit) erhöht. Zudem weist Grünland eine höhere Oberflächenrauigkeit auf, wodurch die Fließgeschwindigkeit des Oberflächenwassers reduziert wird. Durch die Ansaat geeigneter Grünlandmischungen (z. B. mit geeigneten (heimischen), tiefwurzelnden Blühpflanzen), der Begrünung vor Baubeginn und einer Grünpflege während der Betriebszeit kann darüber hinaus effektiver Erosionsschutz betrieben werden.

Das Gutachten kommt zu dem Ergebnis, dass sich die natürliche Entwässerungsfähigkeit des Anlagengeländes bei Umsetzung der durch die Realisierung der PVA voraussichtlich nicht verschlechtern, sondern verbessert wird. Insgesamt sollte durch geeignete Maßnahmen wie Tiefenlockerung und geeignete Einsaaten die Versickerungsfähigkeit des Geländes erhöht werden. Wichtig ist, eine flächige Versickerung des Wassers zu ermöglichen und Rinnenbildung zu vermeiden. Dann beeinflusst die Realisierung der PVA Neuenmarkt das NA-Verhalten nicht negativ, sondern begünstigt die Wasseraufnahme auf der Planfläche bei Starkregenereignissen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2
1 Einleitung 3
1.1 Fragestellung 3
1.2 Haftungsausschluss 3
1.3 Methodik 3
2 Beschreibung der geplanten Anlage 4
3 Einschätzung des Niederschlagsabflussverhaltens 5
3.1 Topografie 5
1.2 Fließwege und Sturzflutverhalten 6
3.2 Bodenversiegelung 9
3.3 Veränderung der Bodeneigenschaften 10
4 Diskussion 11
5 Zusammenfassung der Ergebnisse, Empfehlungen und Fazit 13
Literaturverzeichnis 15

1 Einleitung

Die Gemeinde Neuenmarkt, Hauptstraße 18, 95339 Neuenmarkt hat Herrn Dr.-Ing. Stefan Bofinger, Sachverständiger für Photovoltaik, beauftragt, die Auswirkungen der geplanten Photovoltaikanlage (PVA) „Neuenmarkt“ auf die natürliche Entwässerungsfähigkeit (Versickerung von Niederschlagswasser im Boden) des Anlagenstandortes zu untersuchen und die diesbezüglich zu erwartenden Veränderungen zu beschreiben.

1.1 Fragestellung

Es stellt sich die Frage, ob durch die geplante PVA der Boden des Anlagengeländes so verändert wird, dass die natürliche Entwässerungsfähigkeit (Versickerung) des Niederschlagswassers relevant verschlechtert wird.

1.2 Haftungsausschluss

Dieser Bericht wurde für den ausschließlichen Gebrauch des Auftraggebers und in seinem Auftrag erstellt. Die Berechnungen und Auswertungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt. Trotz aller Sorgfalt können Fehler, Irrtümer etc. nicht vollständig ausgeschlossen werden. Für Folgeschäden, die sich aus der Verwendung des Gutachtens ergeben, wird daher keine Haftung übernommen. Die Haftung auf Schadensersatz bei grober Fahrlässigkeit oder Vorsatz bleibt unberührt. Wird das Gutachten an Dritte weitergegeben, darf es nicht verändert oder bearbeitet werden. Machen sich Dritte den Inhalt dieses Gutachtens zunutze, ist eine Haftung grundsätzlich ausgeschlossen.

1.3 Methodik

Im Rahmen des Gutachtens werden Faktoren betrachtet, die für die natürliche Entwässerungsfähigkeit des Geländebodens relevant sind und die durch die Errichtung der PVA Neuenmarkt voraussichtlich verändert werden. Auf diese Weise kann eine qualitative Abschätzung getroffen werden, ob und wie sich die Entwässerungsfähigkeit des Geländes durch die Errichtung der PVA potenziell verändern wird.

Das vorliegende Gutachten baut dabei auf den Ergebnissen von Studien auf und ist in diesem Sinne als Metastudie zu verstehen, die den vorliegenden Sachverhalt auf der Basis einer Vielzahl von Publikationen bewertet. Eigene Berechnungen (insbesondere umfangreiche hydrologische Modelle/Simulationen) oder Messungen vor Ort wurden im Rahmen dieses Gutachtens nicht durchgeführt.

Erosionsrelevante Aspekte werden im vorliegenden Gutachten nur oberflächlich betrachtet. Das Gutachten kann daher nicht zur Abschätzung möglicher Erosionen oder als Bodenschutzkonzept herangezogen werden, sondern konzentriert sich auf die qualitative Bewertung der Entwässerungsaspekte.

2 Beschreibung der geplanten Anlage

Die geplante PVA Neuenmarkt soll auf (aktuell) landwirtschaftlicher Nutzfläche als Freiflächenanlage realisiert werden. Das Anlagengelände befindet sich wenige hundert Meter nördlich von Neuenmarkt. Insgesamt umfasst das Anlagengelände ca. 31 ha.

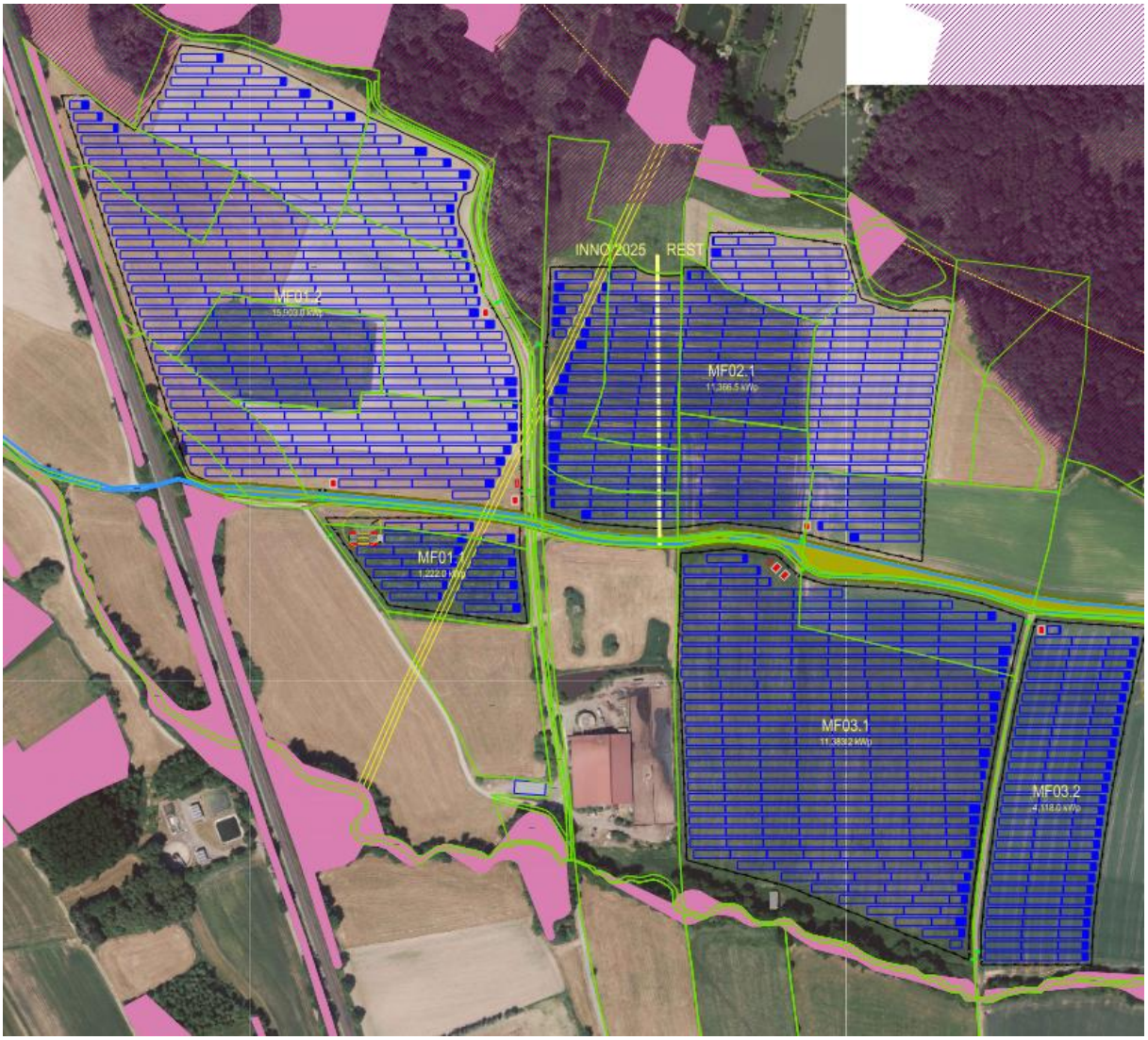


Abbildung 1: Anlagenlayout mit Modultischen

Tabelle 1: PVA-Parameter

Parameter	Angabe/Wert
Geokoordinaten (Breite, Länge)	11.576909 E, 50.105930 N
Art der Anlage	Freiflächenanlage
Modultyp	Si-kristallines Modul mit Antireflexbeschichtung
Aufständerung	Fest aufgeständert
PV-Fläche	ca. 31 ha
Nennleistung (DC)	Ca. 48.8 MWp
Modulausrichtung (Azimut)	ca. 180° (Norden = 0°)
Modulneigung	17°
Höhe Modulunterkante	1,0 m
Höhe Moduloberkante	3,13 m

3 Einschätzung des Niederschlagsabflussverhaltens

Im Folgenden werden die örtliche Topografie, die potenzielle Bodenversiegelung und die zu erwartenden Veränderungen der Bodeneigenschaften durch die Realisierung der Photovoltaikanlage (PVA) Neuenmarkt sowie die sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die natürliche Entwässerungsfähigkeit des Anlagengeländes dargestellt.

3.1 Topografie

Den Haupteinfluss auf den Verlauf des Niederschlagsabflusses hat die Topografie. Für die Betrachtung der Topografie wurde ein Höhenmodell mit einer Auflösung von 1 x 1 m (DGM1) des Geodaten Bayern.

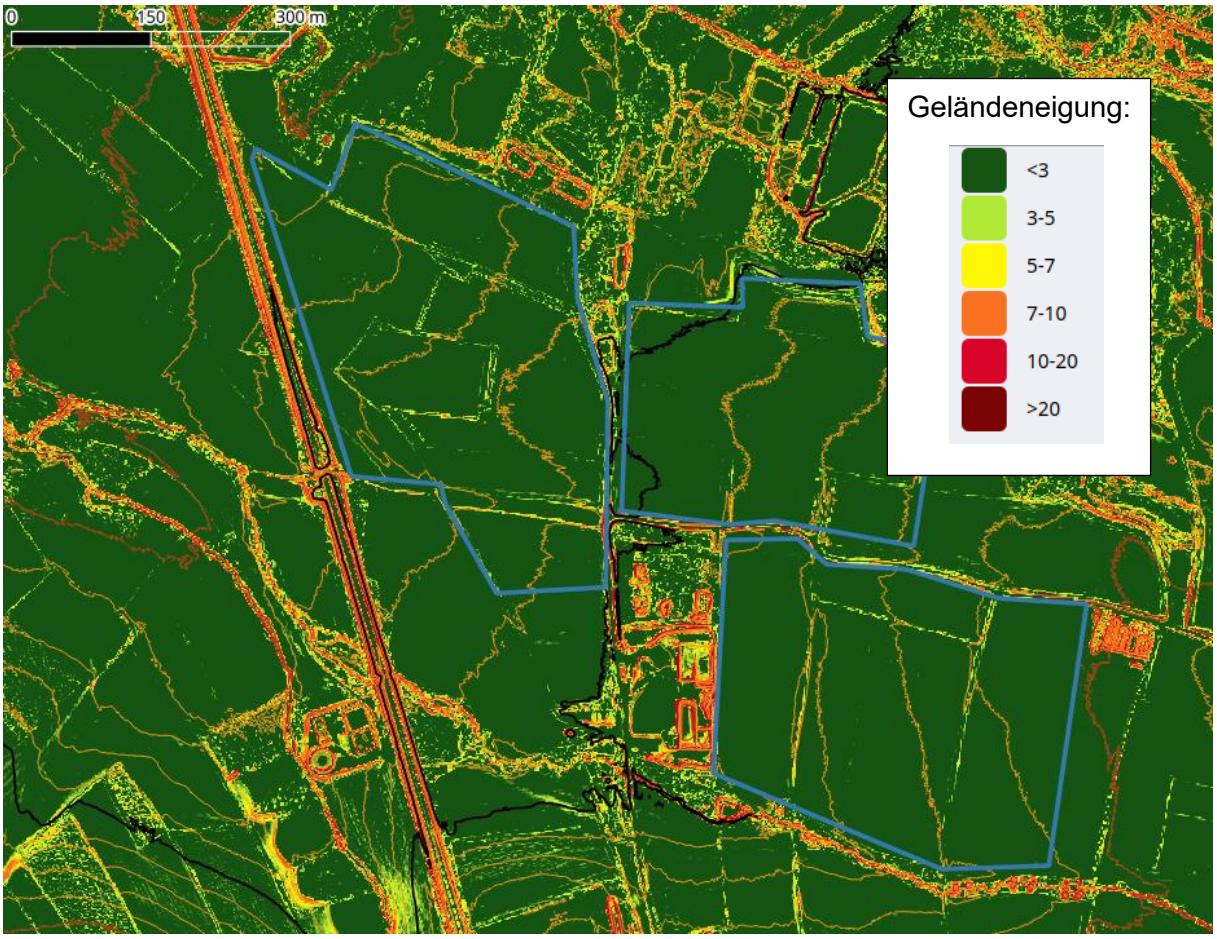


Abbildung 2: Hangneigung sowie Höhenlinien (schwarz: 10m, braun 5 m, gelb 1m) und Grenzen des Solarparks. Eigene Berechnungen basierend auf dem DGM1 Datenquelle: Landesamt für Digitalisierung, Breitband (Bayern)

In [1] wird die Möglichkeit von Erosion schon ab 2° (ca. 3,5 %) Hangneigung/Gefälle genannt. Dies gilt jedoch nur für unbedeckte Böden. Zur Vermeidung von Erosion ist eine stabile Bodenbegrünung insbesondere in den steilen Lagen dringend zu empfehlen. Generell ist an dieser Stelle auch darauf hinzuweisen, dass die Geländeformen durch den Bau der PVA nicht verändert werden. Steilhänge weisen bereits vor dem Bau der PVA hohe Abflussraten auf.

Abbildung 2 zeigt die Hangneigungen/Gefälle des PVA-Geländes (und der Umgebung). Die komplette Anlage weist Neigungen < 53° auf und können so als eben angesehen werden.

Wenn die Tropfkanten der Modultische parallel zu den Höhenlinien verlaufen, ergeben sich in der Regel keine negativen Auswirkungen auf das Niederschlagsabflussverhalten. Der Niederschlag wird in diesem Fall gleichmäßig an die Umgebung abgegeben und kann entsprechend in der Fläche versickern.

Tropfkanten, die mit dem Gefälle (also quer zu den Höhenlinien) verlaufen, sind anders zu bewerten. Hier kann es zur Rinnenbildung (Bodenerosion) und damit zu höheren Abflussmengen auf kleiner Fläche und hohen Fließgeschwindigkeiten kommen.

Die Anlage ist nahezu eben ausgeführt (Neigung >3°), somit ist nicht mit Rillenbildung oder anderen Errosionserscheinungen zu rechnen.

3.2 Fließwege und Sturzflutverhalten

Neben der reinen Topografie sind das Sturzflutverhalten und mögliche Abflusswege Indikatoren des NA-Verhaltens der geplanten Fläche. Die Hinweiskarte Oberflächenabfluss und Sturzflut aus dem Umweltatlas Bayern (siehe Abbildung 3) gibt keine erhöhte Gefahr

oder besondere Sensibilität auf der Fläche aus. Allerdings schließen im Süden und Norden wassersensible Bereiche an. Insbesondere im Süden kann es auch auf der geplanten Fläche zu Überschwemmungserscheinungen am Rande der Anlagenfläche kommen.

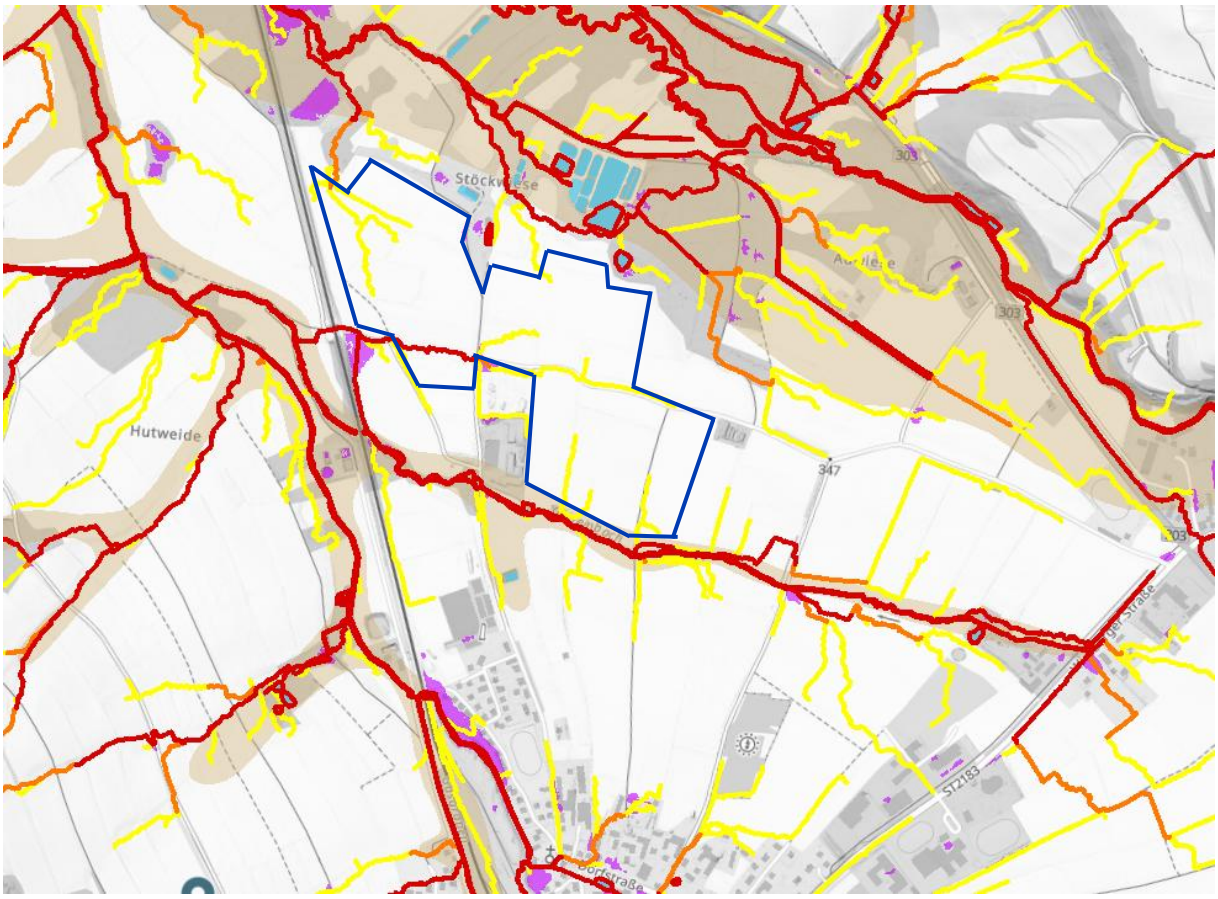


Abbildung 3: Hinweiskarte Oberflächenabfluss und Sturzflut, blau: skizierte PVA(äußerer Umriss, Skizze), lila: potentielle Aufstaubereiche, beige: wassersensible Bereiche, Linien gelb bis rot: mögliche Abflusswege, Quelle: Umweltatlas Bayern

Die in der oberen Karte dargestellten Aufstaubereiche (lila) und die wassersensiblen Bereiche (beige) unterscheiden sich insoweit, dass die Aufstaubereiche in Geländesenken auftreten, die sich bei anhaltendem starkem Regen mit Wasser füllen können. Im Gegensatz dazu, sind unter der Bezeichnung „wassersensiblen Bereiche“ die Gebiete gefasst, die im Falle eines Hochwassers z.B. durch über die Ufer tretenden Bäche und Flüsse zu Überschwemmungen kommen kann. Bei letzterem kann im ersten Ansatz von fließendem und einströmenden Wasser ausgegangen werden, bei ersterem tendenziell von stehendem.

Für beide Bereich gilt, dass bei der Auslegung der Anlage auf die Besonderheit zu achten ist und elektrotechnisch sensible Einrichtungen (Trafos, Wechselrichter, Schaltschränke) mit entsprechendem Bodenabstand zu realisieren sind.

Für das Verhalten der Fläche an sich wurde mit dem SAGA Modul Channel Network mögliche Abflusspfade ermittelt. Diese entsprechen den Erwartungen aus der Betrachtung der Topographie. Deutlich erkennt man, dass sich die Flüsse entlang der heutigen Bearbeitungsrichtung ausrichten. Nach einebnen des Geländes werden diese sich noch flächiger verhalten.

Abbildung 4: Oberflächenabflüsse ermittelt mit SAGA; Hintergrund: Open Street Maps

In weiten Teilen sieht man im Status Quo Abflusswege entlang der heutigen Bearbeitungsrichtung, Feldkanten und Wege.

Die Bearbeitungsspuren sollten nach dem Bau und Einebnen des Geländes verschwindet. Ansonsten ist nicht zu erwarten, dass die geplante Anlage die Fließwege maßgeblich beeinflusst.

Einschränkend sei hier darauf hingewiesen, dass beide Verfahren zur Ermittlung potenzieller Abflusswege stark vereinfacht sind und keine hydrologische Simulation darstellen. Dennoch geben Sie Aufschluss über die zu erwartenden Abflussrichtung.

Allerdings stellen sie auch den Worst-Case dar, da weder Versickerung (Infiltration) noch die Beschaffung der Oberfläche (Rauhigkeit) berücksichtigt werden.

3.3 Bodenversiegelung

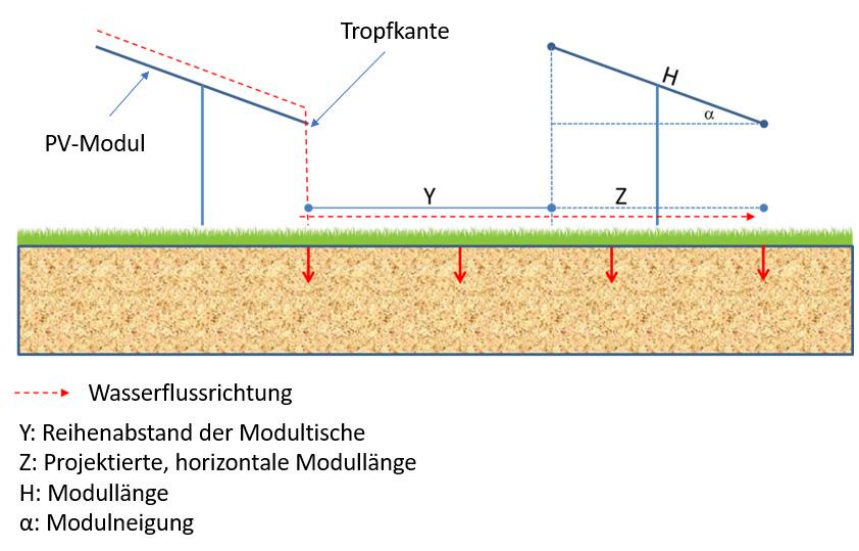


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Regenwasserverlaufs an PV-Modulen auf Freiflächenanlagen – Quelle: Minnesota Pollution Control Agency (modifiziert)

Abbildung 3 zeigt eine schematische Querschnittszeichnung von zwei Modulreihen einer Freiflächen-PVA (Süd-Ausrichtung). Der Verlauf des Regenwassers der linken Modulreihe wird mit einem gestrichelten Pfeil angedeutet. Es ist zu erkennen, dass die PV-Module das Regenwasser nicht direkt passieren lassen, sondern entsprechend ihrer Neigung über die Tropfkante an den Boden abgeben. Besitzt das Anlagengelände ein Gefälle, breitet sich das Regenwasser entsprechend gerichtet am Boden aus. Dabei findet eine Infiltration (Versickerung im Boden) statt. Über die Länge Y kommt zum Regenwasser der linken Modulreihe weiterer Regen hinzu. Wenn das Regenwasser, das auf die Länge Y trifft, dort nicht vollständig versickert, erreicht es die Länge Z (die Fläche unter der nächsten Modulreihe). Hier kommt kein weiteres Regenwasser direkt hinzu.

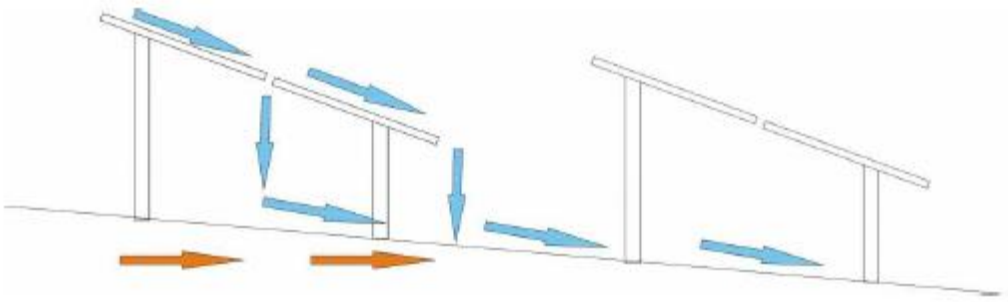


Abbildung 4: Lücken zwischen übereinander installierten PV-Modulen dienen als zusätzliche Tropfkanten

Durch die Module der PVA entsteht demnach keine Bodenversiegelung im klassischen Sinne[1], welche eine signifikante Behinderung der Regenwasserinfiltration verursacht. PV-Module verhindern, dass das Regenwasser direkt auf den Boden trifft, jedoch steht die Fläche unter den Modulen weiterhin für die Infiltration von Regenwasser zur Verfügung, welches über die Länge Y nicht vollständig versickern konnte (siehe Abbildung 3). Werden ausreichend große Lücken zwischen übereinander installierten Modulen gelassen, entstehen zusätzliche

[1] https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung#was-ist-bodenversiegelung

Tropfkanten (siehe Abbildung 4). Dies führt zu einer gleichmäßigeren Verteilung des Regenwassers über/auf der Fläche unter den Modulen.

Somit verursachen lediglich die in den Boden gerammten Profilträger der Modultische sowie die Stationsgebäude eine Bodenversiegelung, welche in der Summe jedoch vernachlässigbar klein ist.

3.4 Veränderung der Bodeneigenschaften

Das Gelände der geplanten PVA wurde ursprünglich für intensive Landwirtschaft (Ackerbau) genutzt. Für die Betriebsdauer der PVA soll der Boden in eine Grasfläche/Wiese konvertiert werden. Dies entspricht dem üblichen Vorgehen bei Freiflächenanlagen. Die Konvertierung des Bodens bringt Veränderungen im Kontext der Entwässerungsfähigkeit mit sich, welche im Folgenden dargestellt werden.

Abbildung 5: Aufnahme einer Freiflächenanlage auf einer Grasfläche - Quelle: Eigene Aufnahme

Grasflächen besitzen eine höhere Infiltrationskapazität (bessere Versickerungseigenschaft von Regenwasser) als Ackerland [2]–[4] oder unbegrünte Flächen (Südfeld der Anlage). Dies kann auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. Zum einen führt die regelmäßige Bewirtschaftung von Ackerflächen mit Feldmaschinen (Traktoren, etc.) zu einer höheren Bodenverdichtung [2]. Zum anderen akkumuliert eine Grasfläche mit der Zeit eine deutlich höhere Masse an organischem Material in der Bodenoberfläche, als dies beim annualen Anbau von Nutzpflanzen der Fall ist [5]. Organisches Material in der Bodenoberfläche fördert die Bildung von stabilen Porenstrukturen im Boden, was die Infiltrationskapazität erhöht [5]. Außerdem stellt Boden mit einem hohen Anteil an organischem Material ein gutes Habitat für Bodenbiota wie Erdwürmer dar, welche die Porenbildung des Bodens weiter fördern [3]. Zusätzlich bietet die flächendeckende und beständige Vegetation einer Grasfläche/Wiese der Bodenoberfläche Schutz vor niederschlagsbedingten negativen Einwirkungen (wie z. B. das Zerstören von Poren oder Bodenabtragung) [3].

Wenn die Infiltrationsrate eines Bodens unter der lokalen Niederschlagsintensität liegt und der Boden ein Gefälle besitzt, kann niederschlagsbedingte Erosion (Abtragung von Boden durch Regenwasser) entstehen. Dem Bodenatlas der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ist zu entnehmen, dass der Bodenabtrag des PVA-Geländes in der Nutzungsform als Acker hoch ist. Dies ist während Bau und Betrieb zu beachten und durch entsprechende Maßnahmen, wie Monitoring, tiefwurzelnde Begrünung, Tiefenlockerung und ggf. Einbringen von erosionsminderndem Substrat zu würdigen.

Die Konvertierung des Geländes zur Grasfläche wird sich daher positiv auf die lokale Erosionssituation auswirken [6], [7]. Nach [4] hat Grünland je nach Dauer und Menge des Niederschlags sowie der Vorfeuchte des Bodens eine ca. 25 % bis 300 % höhere Infiltrationsrate als Ackerland. Damit führt die Konvertierung von Acker in Grünland zu einer besseren Niederschlagsabfluss-Situation. Das bedeutet, dass Niederschläge in der Fläche deutlich besser versickern können.

Eine zusätzliche Verbesserung der Drainagefähigkeit kann durch die spätere Aussaat von tiefwurzelnden Blühmischungen erreicht werden [8]. Dabei sollten einheimische und widerstandsfähige Sorten gewählt werden.

Darüber hinaus wird durch eine Grünlandeinsaat (im Vergleich zum Ackerland) die Rauigkeit des Geländes erhöht (vgl. u.a. [9]–[11]), was wiederum zu einem langsameren Wasserabfluss und damit zu einer längeren Versickerungszeit führt.

Mit diesen Überlegungen kommt der Verfasser zu dem Schluss, dass die Bodeneigenschaften hinsichtlich des Abfluss- und Infiltrationsverhaltens durch die geplante PV FFA nicht verschlechtert, sondern bei Ergreifen der vorgeschlagenen Maßnahmen tendenziell verbessert werden können.

Die Etablierung eines tiefwurzelnden Grünlands führt i. d. R. auch zu einem verbesserten Humusaufbau. Dieser Prämisse sollte auch die nachfolgende Pflege und Nutzung der Anlagenfläche folgen. Humusaufbau führt im Allgemeinen auch zu verbesserter Infiltration und Wasserhaltefähigkeit des Bodens. Daher wird diese Maßnahme vom Verfasser als favorisierte Lösung für PV FFA angesehen. Wenn möglich, sind andere bauliche Maßnahmen zur Wasserhaltung wie Wasserrückhaltebecken zu vermeiden.

4 Diskussion

Insgesamt ist die gesamte Anlage als flach und damit unkritisch bzgl. des NA-Verhaltens einzustufen. Während Bau und Betrieb sollte ein entsprechendes Monitoring etabliert werden und ggf. Gegenmaßnahmen gegen Erosionserscheinungen ergriffen werden.

Durch eine (dichte) Begrünung des Anlagengeländes, ggf. mit tiefwurzelnden Blühpflanzen, kann das Abflussverhalten jedoch deutlich verbessert werden. Ebenfalls förderlich können Maßnahmen der Tiefenlockerung besonders in den kritischen Bereichen sein.

Im Rahmen der Anlagenerrichtung sollten Maßnahmen ergriffen werden, die die Entwicklung einer Grünlandnarbe fördern. Es sollte schon frühzeitig vor Baubeginn geeignetes Saatgut ausgebracht werden. Zwischen den Modulen sollten ausreichend große Abstände eingehalten werden, um zusätzliche Tropfkanten zu erhalten, die eine Bewässerung der Vegetation unter den Modultischen und eine gleichmäßigere Übergabe des Niederschlags an den Boden ermöglichen.

Wichtig ist auch der Bodenschutz, insbesondere während der Bauphase. Nach der Bauphase sollte der Boden wieder aufgelockert und alle Bodenfunktionen wieder hergestellt werden. Es sollte eine regelmäßige Kontrolle des Bodens erfolgen (Monitoring). Dadurch kann eine mögliche Bodenerosion, insbesondere in den steilen Hanglagen, frühzeitig erkannt und ihr durch geeignete Maßnahmen (z. B. durch das Aufbringen von erosionsbeständigem Substrat) entgegengewirkt werden. Eine detaillierte Bewertung des Bodenschutzes ist jedoch nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

Die Bodeneigenschaften selbst werden durch die Änderungen der Landnutzung verbessert. Allererdings muss das Versickern des Wassers möglichst flächig in der PVA sichergestellt werden. Daher sollten Tropfkanten in Fließrichtung des Abflusses vermieden werden oder geeignete Maßnahmen gegen Rinnenbildung und zur flächigen Verteilung des Wassers in der

Fläche ergriffen werden. Dies wird in der aktuellen Planung berücksichtigt und die Realisierung der Anlage ist somit als unkritisch einzustufen.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse, Empfehlungen und Fazit

Bodenversiegelung

Die PVA-bedingte Versiegelung des Anlagenbodens wird als vernachlässigbar eingestuft. Die Module stellen keine Bodenversiegelung im klassischen Sinne dar. Die Fläche unter den Modulen steht weiterhin für die Versickerung von Regenwasser zur Verfügung. Lediglich eine vernachlässigbar kleine Fläche wird durch gerammte Profilträger und Stationsgebäude versiegelt.

Veränderung der Bodeneigenschaften

Die Versickerungsfähigkeit von Grasflächen/Wiesen ist besser als die von Äckern. Da das Anlagengelände im Rahmen der Projektierung von einer Acker- in eine Grasfläche (mit ggf. Blühpflanzen) konvertiert wird, ist mit einer Verbesserung der Versickerungsfähigkeit des Bodens zu rechnen. Besonders in der Bauphase ist auf den Bodenschutz zu achten und für den Betrieb der Anlage ein funktionsfähiger Boden herzustellen. Die detaillierte Bewertung des Bodenschutzes war nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

Empfehlungen

Für einen effizienten Erosionsschutz sowie für die Verbesserung des Niederschlagsabflussverhaltens sollte eine frühzeitige Begrünung vor Baubeginn angestrebt werden. Hierzu eignen sich z. B. Saatgut-Mischungen tiefwurzelnder Pflanzen.

Die kritische Phase stellt die Bauzeit sowie die Zeit danach bis zur Etablierung eines tiefwurzelnden Grünlands dar. Danach ist eine Rinnenbildung unwahrscheinlich. Daher empfehlen wir ein intensives Monitoring in dieser Zeit und auch über die Betriebszeit und ggf. Ergreifen von Gegenmaßnahmen.

Zwischen den Solarmodulen sollten ausreichend große Lücken gelassen werden, um zusätzliche Tropfkanten zu realisieren. Daneben sollten die Tropfkanten besonders in den steileren Bereichen entlang der Höhenlinien ausgerichtet werden.

Darüber hinaus ist der Boden (insbesondere während der Bauphase) zu schonen (Bodenschutz). Nach der Bauphase sollte der Boden wieder aufgelockert und alle Bodenfunktionen wiederhergestellt werden.

Darüber hinaus sollte insbesondere während und nach der Bauphase ein Boden-Monitoring durchgeführt werden. Dieses sollte insbesondere erste Erosionserscheinungen und das Abflussverhalten von Niederschlägen umfassen und damit die Grundlage für (ggf. erforderliche) Gegenmaßnahmen wie z. B. das Aufbringen von Substrat o.ä. entlang von Tropfkanten o. ä. bilden.

Fazit

Das Gutachten kommt zu dem Ergebnis, dass durch die Realisierung der PVA Neuenmarkt keine Verschlechterung der natürlichen Entwässerungsfähigkeit (Versickerung des Niederschlagswassers im Boden) des Anlagengeländes zu erwarten ist, sofern die empfohlenen Maßnahmen umgesetzt werden. Dies deckt sich mit Beobachtungen bei realisierten, vergleichbaren Anlagen und den dargestellten wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Literaturverzeichnis

[1] A. Schiller, „Bodenerosion durch Wasser“, *Umweltbundesamt*, 23. Februar 2022. https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/bodenerosion/bodenerosion-durch-wasser

[2] Abu-Hashim, Mohamed, „Impact of land-use and land-management on soil infiltration capacity on catchment scale“, 2011.

[3] Alhassoun, Rajeh, „Studies on factors affecting the infiltration capacity of agricultural soils“, 2009.

[4] F. Ries, L. Kirn, und M. Weiler, „Experimentelle Untersuchung der Abflussbildung bei Starkregen“, 2020, doi: 10.5675/HYWA_2020.5_1.

[5] B. J. Wienhold und D. L. Tanaka, „Haying, tillage, and nitrogen fertilization influences on infiltration rates at a conservation reserve program site“, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Bd. 64, Nr. 1, S. 379–381, Jan. 2000, doi: 10.2136/sssaj2000.641379x.

[6] D. Pimentel *u. a.*, „World Agriculture and Soil Erosion“, *BioScience*, Bd. 37, Nr. 4, S. 277–283, Apr. 1987, doi: 10.2307/1310591.

[7] M. Graebig, S. Bringezu, und R. Fenner, „Comparative analysis of environmental impacts of maize–biogas and photovoltaics on a land use basis“, *Solar Energy*, Bd. 84, Nr. 7, S. 1255–1263, Juli 2010, doi: 10.1016/j.solener.2010.04.002.