



BÜRO FÜR MULTIFUNKTIONALE UMWELT- PLANUNG UND BERATUNG (UP&B)



**Abschätzung des Oberflächenwasserabflusses sowie
Planung von Maßnahmen zur Abflussverzögerung
und zum temporären Rückhalt von Überschuss-
wasser im Bereich des Eingriffsgebietes der
geplanten „PV-Anlage Stockwiese“
der Gemeinde Münchweiler**

Auftraggeber

Bernstein Solarparks GmbH
& Co. KG

Kleinoberfeld 5
76135 Karlsruhe

Bearbeitung

Dr. Michael Link
Dr. Claas Leiner
Paula Hilgert (B. Sc.)

Bearbeitungsstand

05.06.2024

Dr. Michael Link

Büro für multifunktionale Umweltplanung
und Beratung (UP&B)

Rheinfelder Straße 78
35625 Hüttenberg

Tel.: 0 64 41 / 4 42 24 07

Fax: 0 64 41 / 4 42 24 09

E-Mail: info@bmupb.de

Web: www.bmupb.de

INHALTSVERZEICHNIS

0	Zusammenfassende Betrachtung	5
1	Anlass und Zielsetzung	6
2	Methodik zur Datenerhebung und Datenauswertung.....	8
2.1	Geländeerhebung der Abflusswege und Abschwemmpfade	8
2.2	Modellierung der Abflusswege und Einzugsgebiete für den Oberflächenabfluss	8
2.2.1	Modellierung der Abflusswege auf der Grundlage des DGM 1.....	8
2.2.2	Modellierung der Einzugsgebiete für die Bemessung des Oberflächenabflusses	8
2.3	Methodik der Abflussmodellierung anhand des Runoff-Curve-Number-Verfahrens.....	9
2.3.1	Zur Modellierung erhobene und aus anderen Quellen herangezogene Daten.....	9
2.3.1.1	Datengrundlage zur Festlegung des Bemessungsniederschlages für Starkregenereignisse.....	9
2.3.1.2	Ableitung hydrologischer Bodengruppen aus der Bodenschätzung	10
2.3.1.3	Einfluss von Flächennutzung und Bodenbedeckung auf den Oberflächenabfluss	11
2.3.2	Modellierung von Oberflächenabfluss anhand des CN-Verfahrens	11
2.3.2.1	Für die aktuelle sowie die Abflusssituation nach dem Eingriff getroffenen Modellannahmen	11
2.3.2.2	Verschneidung der Eingangsdaten	12
2.3.2.3	Bestimmung von Curve Number, maximal möglicher Retention und effektivem Niederschlag.....	12
2.3.2.4	Berechnung der Abflussmengen	13
2.4	Vorgehensweise zur Volumenermittlung zum temporären Rückstau von Oberflächenwasser nach Starkregen	13
3	Standortcharakteristik der geplanten PVA-Fläche Münchweiler	14
3.1	Geologie	14
3.2	Böden im Bereich der geplanten PVA Münchweiler	14
3.2.1	Beschreibung der vorkommenden Böden	14
3.2.2	Hydrologische Bodengruppen	15
3.2.3	Bewertung des Eingriffs in das Schutzgut Boden für die im Bereich der geplanten PVA Münchweiler vorkommenden Böden.....	15
3.2.3.1	Bodenfunktionale Bewertung	15
3.2.3.2	Bewertung der Empfindlichkeit der Böden in Hinsicht auf den Eingriff	17
3.2.3.3	Gesamtbewertung des Eingriffs hinsichtlich des vorsorgenden Bodenschutzes.....	18
3.3	Landnutzung im Bereich der geplanten PVA Münchweiler	18
3.4	Bestimmung des CN-Wertes für die Abflussberechnung auf Grundlage von Landnutzung, Bodenbedeckung und hydrologischen Bodengruppen	18
3.5	Zur Modellierung gewählter Bemessungsniederschlag	20
4	Ergebnisse.....	21
4.1	Für den Oberflächenabfluss im Eingriffsbereich Münchweiler maßgebliche Einzugsgebiete	21
4.2	Abflusswege und Abschwemmpfade im Eingriffsgebiet Münchweiler	22

4.3	Abschätzung der Überschwemmungsgefährdung durch Starkregen	26
4.3.1	Nullvariante ohne Bauausführung	26
4.3.2	Überschwemmungsgefährdung basierend auf der geplanten Modulbelegung der Fläche	27
4.3.2.1	Worst-Case-Scenario unter Annahme einer Vollversiegelung der Modulflächen	27
4.3.2.2	Teilversiegelung der Modulflächen	29
4.4	Im Bereich der geplanten PVA bereits vorhandenes Rückstaupotenzial	29
5	Massnahmen zur Starkregenvorsorge und zum Schutz vor Sturzfluten sowie zum vorsorgen- den Bodenschutz	32
5.1	Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung der Auswirkungen des Eingriffs im Bereich der geplanten PVA Münchweiler	32
5.1.1	Maßnahmen zur Verzögerung und Reduzierung des Oberflächenabflusses	32
5.1.2	Maßnahmen zum vorsorgenden Bodenschutz	35
5.1.3	Bodenkundliche sowie wasserbauliche Baubegleitung	36
5.2	Wirkprognose für die Umsetzung der Baumaßnahmen zur PVA Münchweiler in Hinsicht auf Abflussverhalten und vorsorgenden Bodenschutz	37
6	Literatur und Datenquellen	39
6.1	Bücher, Zeitschriftenartikel, Leitfäden und Gutachten	39
6.2	Gesetze, Richtlinie und Verordnungen	40
6.3	Datengrundlagen	40

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Lage der geplanten „PV-Anlage Stockwiese“ der Gemeinde Münchweiler an der Alsenz	6
Abb. 2:	Auszug aus der Starkregengefährdungskarte Rheinland-Pfalz, nordöstlich von Münch- weiler befindet sich das Areal der geplanten PV-Freiflächenanlage	7
Abb. 3:	Karte der Bodenformgesellschaften im Bereich der geplanten PVA Münchweiler überlagert mit den nach Acker- bzw. Grünlandschätzungsrahmen eingestuften Teilflächen	14
Abb. 4:	Räumliche Verteilung der hydrologischen Bodengruppen im Bereich der geplanten PVA Münchweiler	15
Abb. 5:	Nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum (nFKdB) und ihr Einfluss auf die Bodenfunktionen	16
Abb. 6:	Wasserkapazität der Böden im Bereich der geplanten PVA Münchweiler, ausgedrückt über die nutzbare Feldkapazität in 0-100 cm Profiltiefe	16
Abb. 7:	Erosionsgefährdung durch Oberflächenabfluss im Bereich der geplanten PVA Münch- weiler, ausgedrückt über die ABAG-Modellierung im Zeitraum von 2016 bis 2019	17
Abb. 8:	Aktuelle Landnutzung im Bereich der geplanten PVA Münchweiler	19
Abb. 9:	Die für den Oberflächenabfluss im Bereich der geplanten PVA Münchweiler maßgeblichen Einzugsgebiete	21
Abb. 10:	Kleinräumiges Einzugsgebiet 1, in Richtung Süden aufgenommen	22
Abb. 11:	Kleinräumiges Einzugsgebiet 2, aus südwestlicher Richtung fotografiert	22
Abb. 12:	Kleinräumiges Einzugsgebiet 3, in Richtung Osten aufgenommen	23
Abb. 13:	Abflussüberschuss hervorgerufen durch ein verstopftes Rohr unterhalb des Wirtschafts- weges im nordwestlichen Bereich des geplanten Eingriffareals	23
Abb. 14:	Auf der Oberflächengestalt basierende Abflusssituation (blaue Rasterfelder im Hinter- grund) sowie im Gelände kartierte Abfluss- und Abschwemmpfade im Bereich der geplan- ten PVA Münchweiler	24

Abb. 15: V-förmiger Einschnitt in bestehendem Damm, welcher aktuell durch Vegetationsbedeckung verlangsamt wird	25
Abb. 16: Modulbelegung im Bereich der geplanten PVA Münchweiler.....	27
Abb. 17: Rückstaupotenzial östlich des Dammes am Hangfuß der geplanten PVA-Fläche Münchweiler	31
Abb. 18: Maßnahmenplanung zur Verringerung und Verzögerung des Abflusses im Bereich der geplanten PVA Münchweiler.....	33
Abb. 19: Verzögerung der Abflussgeschwindigkeit entlang einer begrünten Abflussrinne mittels Einbau von Steinmatratzen.....	34

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Zuordnung der CN-Werte für die Abflussbestimmung auf der Grundlage der Landnutzung sowie der Bodenbedeckung bzw. Mulchauflage in Prozent und der hydrologischen Bodengruppe.....	19
Tab. 2: Bemessungsniederschlag in mm bei einer Niederschlagsdauer von 60 Minuten bezogen auf das Wiederkehrintervall unter Angabe des Unsicherheitsbereiches	20
Tab. 3: Ergebnis der Abflussmodellierung bezogen auf die Ist-Situation sowie die geplante Flächennutzung durch die PVA Münchweiler, getrennt nach Einzugsgebiet sowie differenziert nach Wiederkehrintervall und Unsicherheitsbereich der Prognose bezogen auf die Worst-Case-Betrachtung	28
Tab. 4: Ergebnis der Abflussmodellierung bezogen auf die Ist-Situation sowie die geplante Flächennutzung durch die PVA Münchweiler, getrennt nach Einzugsgebiet sowie differenziert nach Wiederkehrintervall und Unsicherheitsbereich der Prognose bezogen auf eine durch die PVA-Module hervorgerufene Abflusssdynamik	30

Titelbild: Kleinräumiges Einzugsgebiet 3, in Richtung Osten aufgenommen

0 ZUSAMMENFASSENDE BETRACHTUNG

Das vorliegende Gutachten befasst sich mit der Abschätzung des Oberflächenwasserabflusses sowie der Planung von Maßnahmen zur Abflussverzögerung und zum temporären Rückhalt von Überschusswasser im Bereich des Eingriffsgebietes der geplanten „PV-Anlage Stockwiese“ der Gemeinde Münchweiler. Grundlage bzw. Ausgangspunkt der im vorliegenden Gutachten dargestellten Betrachtungen, Analysen und Maßnahmenplanungen stellt die Stellungnahme der Regionalstelle Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz Kaiserslautern der Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd (SGD SÜD 2023) zum Vorentwurf des Bebauungsplanes „PV-Anlage Stockwiese“ (BBP 2023) dar.

Unter Beschreibung der vorliegenden Standort- und Klimabedingungen sowie der zur Analyse und Bewertung des Abflussgeschehens im Bereich der geplanten PVA-Fläche Münchweiler herangezogenen Datengrundlagen und Methodik, erfolgt eine Betrachtung der gegenwärtigen Abflusssituation im Eingriffsbereich. Es wird eine Analyse des Oberflächenabflusses anhand der für die PVA Münchweiler geplanten Modulbelegung angestellt.

Darüber hinaus wird der durch den Bau der PVA Münchweiler zu erwartende Eingriff in das Schutzgut Boden bewertet. Hierbei wird neben einer Betrachtung der vorliegenden Bodenfunktionen auf die Empfindlichkeit der im projektierten PVA-Areal vorkommenden Böden hinsichtlich Bodenerosion und Bodenverdichtung eingegangen.

Auf Grundlage der Analyse der vorliegenden Abflusswege und Abflusspfade, erfolgt für die geplante PVA-Fläche eine Abschätzung der Überschwemmungsgefährdung durch Starkregen. Hierbei wird sowohl die Nullvariante ohne Bauausführung als auch die Überschwemmungsgefährdung basierend auf der geplanten Modulbelegung des Areals betrachtet.

Basierend auf der Untersuchung des derzeit gegebenen sowie des durch den Bau der PVA Münchweiler zu erwartenden zukünftigen Abflusses, werden Maßnahmen zur Starkregenvorsorge und zum Schutz vor Sturzfluten formuliert. Es werden Aussagen zum vorsorgenden Bodenschutz für die gesamte projektierte PVA-Fläche Münchweiler getroffen. Abschließend erfolgt eine Wirkprognose für die Umsetzung der Baumaßnahmen zur PVA Münchweiler in Hinsicht auf Abflussverhalten und vorsorgenden Bodenschutz.

1 ANLASS UND ZIELSETZUNG

Die Bernstein Solarparks GmbH & Co. KG plant östlich von Münchweiler an der Alsenz die Errichtung einer Freiflächen-PV-Anlage (siehe Abb. 1). Von Seiten der Regionalstelle Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz Kaiserslautern der Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd (SGD SÜD 2023) wurde mit Schreiben vom 01.06.2023 unter Bezugnahme auf den Vollzug des Baugesetzbuches (BauGB) zur Aufstellung des Bebauungsplanes „PV-Anlage Stockwiese“ der Gemeinde Münchweiler an der Alsenz (BBP 2023) unter Beteiligung gem. § 4, Abs. 1, BauGB Stellung zur geplanten PVA Stockwiese genommen.

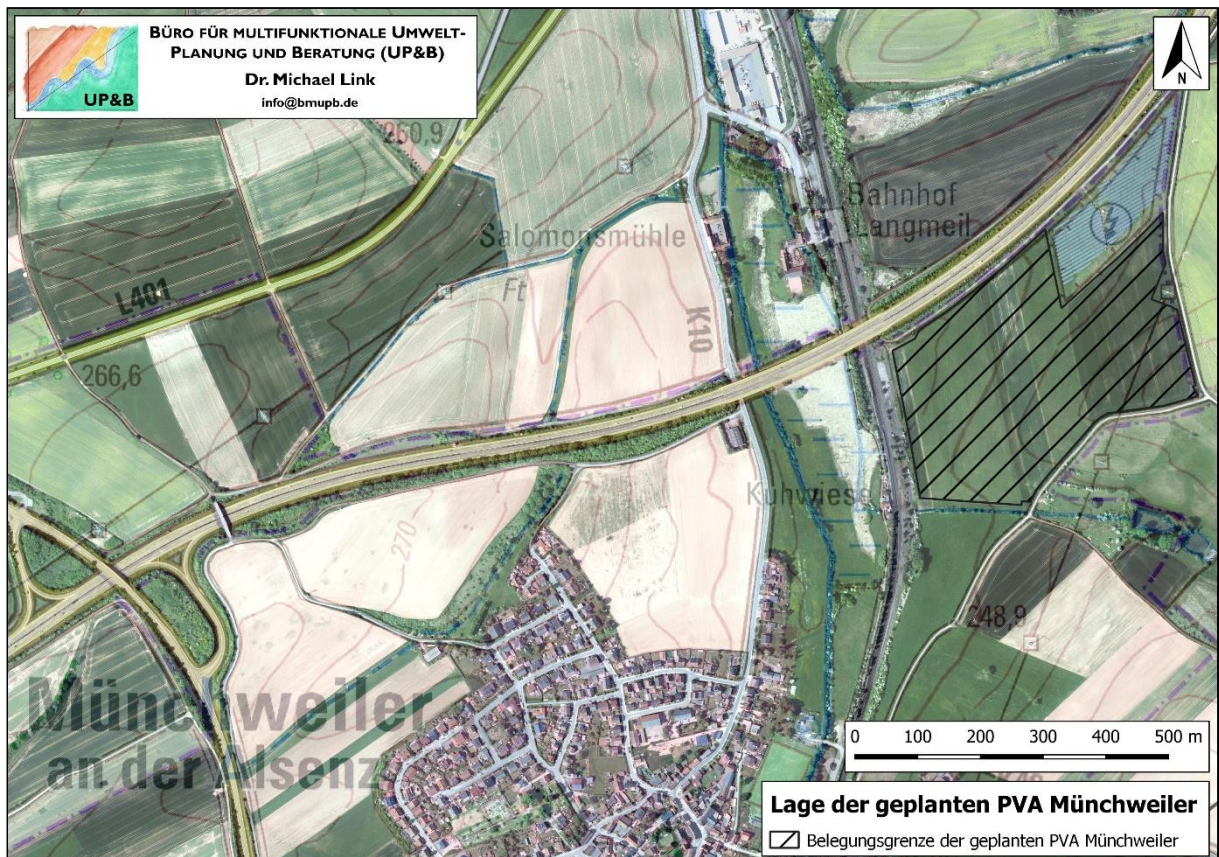


Abb. 1: Lage der geplanten „PV-Anlage Stockwiese“ der Gemeinde Münchweiler an der Alsenz (Quelle: UP&B)

In der Stellungnahme der SGD Süd (SGD SÜD 2023) wird Bezug auf die Starkregengefährdungskarte des Landes Rheinland-Pfalz genommen (siehe Abb. 2). Auf Seite 4 der Stellungnahme heißt es: „Die Starkregengefährdungskarten sind Hinweiskarten zur ungefähren Lage abflusskonzentrierender Strukturen und Überflutungsbereiche. Bei extremen Niederschlagsereignissen kann es auch in Bereichen zu Überflutungen kommen, für die in der Karte keine Gefährdung dargestellt wird“.

Der in Abbildung 2 dargestellte Auszug aus der Starkregengefährdungskarte Rheinland-Pfalz für den Bereich der nordöstlich von Münchweiler geplanten PV-Freiflächenanlage weist geringe bis in kleinen Teilbereichen am nördlichen Rand hohe Abflusskonzentrationen bzw. Fließgeschwindigkeiten nach Starkregen auf. Die hohen Abflusskonzentrationen nach Starkregen resultieren dort jedoch aus dem aus Richtung der nördlich angrenzenden A 63 bei Starkregen zufließenden Oberflächenabfluss. Dies wird noch im Verlauf der Ausführungen näher zu klären sein.

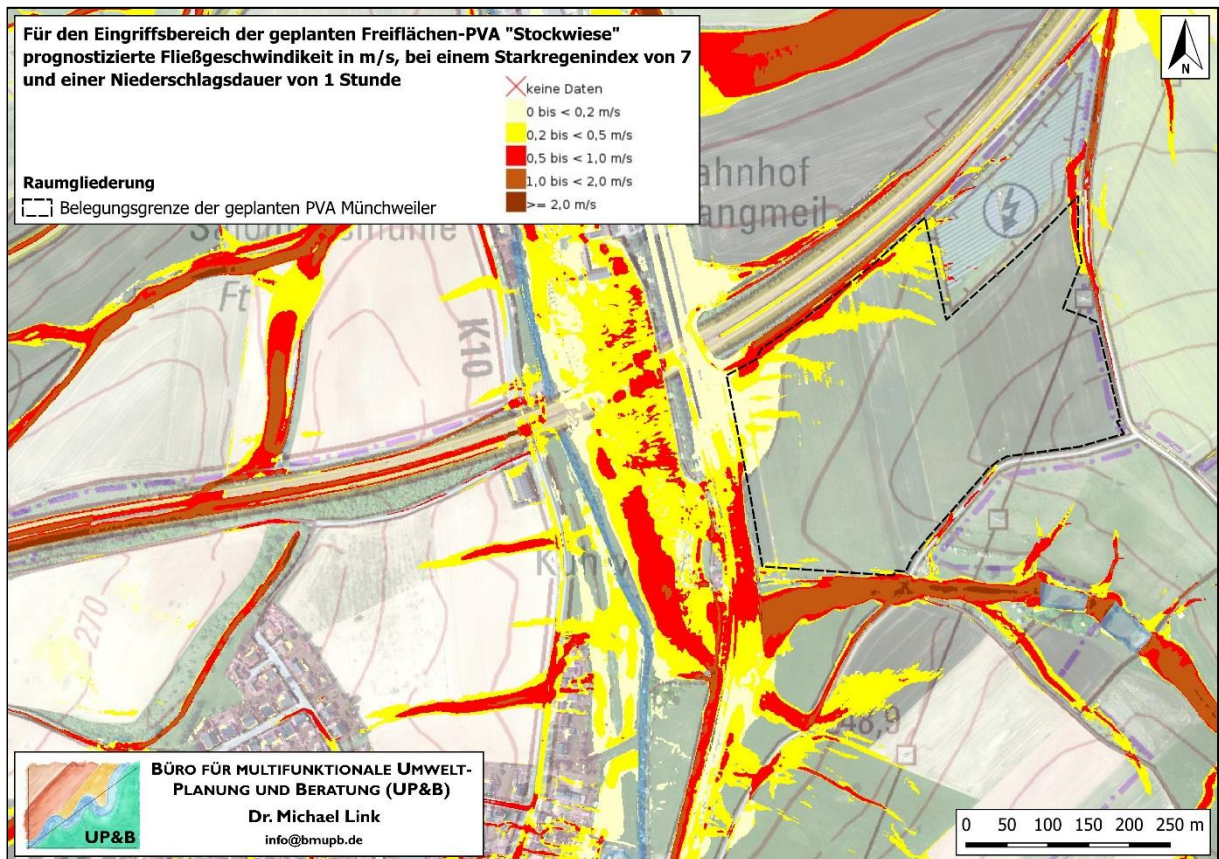


Abb. 2: Auszug aus der Starkregengefährdungskarte Rheinland-Pfalz, nordöstlich von Münchweiler befindet sich das Areal der geplanten PV-Freiflächenanlage (Quelle: MKUEM 2024)

In der Stellungnahme der SGD Süd (SGD SÜD 2023, S. 5) wird empfohlen, „die tatsächlichen Abflussbahnen vor Ort zu überprüfen und die Gefährdung ggf. in der Planung zu berücksichtigen“. Weiterhin sollte insbesondere „bei der Platzierung der Trafostationen“ eine „mögliche Gefährdung durch Starkregen vermieden werden. Weiterhin wird empfohlen, „wo möglich und sinnvoll im Bereich des Solarparks den Wasserrückhalt in der Fläche zu stärken“. Ziel der Starkregenvorsorge soll es sein, „umliegende Ortslagen und Infrastrukturen bestmöglich vor Schäden durch Sturzfluten zu schützen, indem der Hochwasserabfluss durch Rückhaltemaßnahmen im Außenbereich möglichst frühzeitig reduziert wird“.

Das vorliegende Gutachten zur Abschätzung des Oberflächenabflusses sowie zur Planung von Maßnahmen zur Abflussverzögerung und zum temporären Rückhalt von Überschusswasser im Bereich des Eingriffsgebietes der geplanten „PV-Anlage Stockwiese“ der Gemeinde Münchweiler an der Alsenz analysiert die vorliegenden Abflusswege und den bestehenden flächenhaften Abfluss bei derzeitiger Landnutzung sowie die Abflusssituation in Bezug auf die geplante Modulbelegung.

Es werden Maßnahmen zur Gefahrenabwehr vor Oberflächenabfluss bei Starkregen entwickelt, damit ein bestmöglicher Schutz der umliegenden Ortslagen sowie Infrastrukturen gewährleistet werden kann. Ziel der formulierten Maßnahmen ist es, den Oberflächenabfluss bei Starkregen möglichst frühzeitig durch Maßnahmen zum Wasserrückhalt auf der Fläche zu bremsen bzw. zu reduzieren.

2 METHODIK ZUR DATENERHEBUNG UND DATENAUSWERTUNG

Im Folgenden wird die für die Datenerhebung im Gelände sowie die Auswertung vorhandener Basisdaten verwandte Methodik beschrieben. Weiterhin wird die Vorgehensweise bei der Ermittlung des Oberflächenwasserabflusses im Gelände sowie mittels Modellierung erläutert.

2.1 Geländeerhebung der Abflusswege und Abschwemmpfade

Die Abflusswege im Bereich der für die PVA Münchweiler vorgesehenen Flächen sowie den umgebenden Wirtschaftswegen und Wegseitengräben erfolgte Anfang September 2023. Die hierfür verwandte Kartierungsmethodik wurde durch das Büro für multifunktionale Umweltplanung und Beratung (UP&B) langjährig entwickelt und im Zuge verschiedener Projekte zur Erfassung von Oberflächenabfluss sowie von Erosionsschäden durch Wasser angewandt (u. a. LINK & WEGENER 2020, LINK & HILGERT 2022 u. 2023).

Die Entwicklung der für das vorliegende Gutachten verwandten Methode zur Abflusskartierung im Gelände fußt u. a. auf Vorgaben des DWA-Merkblattes M 921 (DWA 2021) sowie dem Handbuch und Kartieranleitung Geoökologischen Karte (LESER & KLINK 1988).

2.2 Modellierung der Abflusswege und Einzugsgebiete für den Oberflächenabfluss

Zur Modellierung der Abflusswege sowie der Einzugsgebiete für den Oberflächenabfluss im Bereich der geplanten PVA Münchweiler wurden die Werkzeuge des Programmpakets SAGA-GIS verwendet, welches automatisierte geowissenschaftliche Analysen ermöglicht.

2.2.1 Modellierung der Abflusswege auf der Grundlage des DGM 1

Grundlage für die Modellierung der Abflusswege stellt ein digitales Geländemodell mit einer möglichst hohen räumlichen Auflösung dar. Für die vorliegenden Auswertungen wurde das DGM mit einer Auflösung von $1 \cdot 1$ m verwendet.

Eine Beschreibung der Vorgehensweise der Abflussmodellierung mit SAGA-GIS ist FISHER et al. (2017) zu entnehmen.

2.2.2 Modellierung der Einzugsgebiete für die Bemessung des Oberflächenabflusses

Die Topographie der Fläche und die vorhandenen Abflusspfade in Form von Geländemulden und Gräben lässt bereits darauf schließen, dass das für die PVA Münchweiler geplante Areal in unterschiedlichen Teileinzugsgebieten räumlich getrennt entwässert wird. Die Abflussmodellierung und letztendlich die Maßnahmen für den Schutz vor Überschwemmungen durch Starkregen basieren daher auf drei Teileinzugsgebieten, welche sich an der nordöstlichen und südlichen Grenze des Eingriffsbereichs sowie mittig in der Bemessungsfläche befinden. Der zu ermittelnde Oberflächenabfluss kann somit auf die jeweiligen Flächen der drei Einzugsgebiete bezogen werden.

Zur Abgrenzung der Teileinzugsgebiete wurde eine Analyse des Terrains mithilfe von SAGA-GIS durchgeführt. Die Analyse des digitalen Geländemodells (Auflösung $1 \cdot 1$ m) umfasste eine Berechnung der

Fließrichtungen, der Abflussakkumulation und der Abflusswege, woraus schließlich die Teileinzugsgebiete berechnet wurden. Zur Validierung des Berechnungsergebnissen, erfolgte ein Abgleich der modellierten Teileinzugsgebiete mit den Ergebnissen der Abflusskartierung im Gelände.

2.3 Methodik der Abflussmodellierung anhand des Runoff-Curve-Number-Verfahrens

Das Runoff-Curve-Number-Verfahren (CN-Verfahren) stammt ursprünglich aus den USA, wo es vom Soil Conservation Service (SCS) in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts für kleine, vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Einzugsgebiete entwickelt wurde (siehe MISHRA & SINGH 2003). SEIBERT & AUERSWALD (2020) haben die Methodik auf die hiesige Landnutzung sowie die in Deutschland vorherrschenden klimatischen Bedingungen übertragen.

Das CN-Verfahren erlaubt es, eine Vielzahl von Einflussgrößen in die Modellierung des Oberflächenabflusses einfließen zu lassen. Nach SEIBERT & AUERSWALD (2020) stellen die nach dem CN-Verfahren erstellten Abflussprognosen eine für Planungszwecke geeignete Vorgehensweise dar.

Das Runoff-Curve-Number-Verfahren basiert auf sogenannten CN-Werten. Der CN-Wert beschreibt mögliche Abflussanteile des Niederschlags und reicht vom vollständigen Abfluss (CN-Wert = 100) bis hin zu einem CN-Wert von 0, „wenn selbst bei einem unendlich langen Regen kein Abfluss auftritt, die Gebietsretention also unendlich groß ist“ (SEIBERT & AUERSWALD 2020, S. 63). Ein CN-Wert in Höhe von 0 ist ausschließlich bei Meeren gegeben. Bei versiegelten Flächen, aber auch bei offenen Gewässern, erreicht der CN-Wert nahezu 100.

2.3.1 Zur Modellierung erhobene und aus anderen Quellen herangezogene Daten

2.3.1.1 Datengrundlage zur Festlegung des Bemessungsniederschlags für Starkregenereignisse

Eine zentrale Eingangsgröße in ein Niederschlags-Abflussmodell ist der Bemessungsniederschlag. Dieser bestimmt, welcher Bemessungsabfluss für ein bestimmtes Einzugsgebiet gerade noch zu beherrschen sein soll. Der Bemessungsniederschlag orientiert sich an besonders ungünstigen Witterungsverhältnissen, welche z. B. bei einem 30-jährigen Niederschlagsereignis eintreten können. Es wird davon ausgegangen, dass ein 30-jähriges Niederschlagsereignis auch ein 30-jähriges Abflussereignis nach sich zieht. Bestimmt werden diese Werte über Extremwertstatistiken, welchen die Annahme zugrunde liegt, dass extreme Werte in der Vergangenheit gute Schätzungsgrundlagen für extreme Werte in der Zukunft darstellen (siehe hierzu u. a. DWA 2017).

Die Bemessungsniederschläge, welche für die Modellierung des Abflusses auf der Fläche der geplanten PVA Münchweiler bei Starkregenereignissen verwendet wurden, entstammen dem KOSTRA-DWD-Datensatz des Deutschen Wetterdienstes in der Version 2020 (siehe u. a. JUNGHÄNEL et al. 2023 u. WINTERRATH et al. 2023). Dieser umfasst Rasterdaten zu Niederschlagshöhen und -spenden in Abhängigkeit

von der Niederschlagsdauer und der Wiederkehrzeit¹⁾ (auch als Wiederkehrintervall od. Jährlichkeit bezeichnet) in einer räumlichen Auflösung von 5 · 5 km. Der Datensatz wurde durch statistische Auswertung langjähriger historischer Niederschlagszeitreihen erstellt und bezieht sich auf den Zeitraum von 1951 bis 2020.

Neben der Starkniederschlagshöhe (in mm bzw. in l / m²) und der Regenspende (auch Bemessungsspende) in Liter pro Sekunde und Hektar (l / (s ha)) in Abhängigkeit verschiedener Wiederkehrzeiten (T) zwischen 1 und 100 Jahren, umfasst die Auswertung auch verschiedene Dauerstufen (D) zwischen 5 Minuten und 168 Stunden. Die Regendauer ist im Falle einer Niederschlags-Abflussmodellierung für Starkregenereignisse von besonderer Bedeutung, da diese im Gegensatz zum Wiederkehrintervall, welches lediglich die Niederschlagshöhe umfasst, die Intensität des Niederschlages abbildet.

Da für die Modellierung der beplanten Fläche diejenige Abflussrate maßgeblich ist, welche die unterliegenden Bahnlinie sowie Teile der Ortslage von Münchweiler an der Alsenz potentiell gefährden könnte, wurde eine möglichst kurze Regendauer von 60 Minuten gewählt. Für die Dimensionierung von Maßnahmen für den Hochwasserschutz im ländlichen Raum werden Bemessungsziele mit einer Wiederkehrzeit von 20 bis 30 Jahren vorgeschlagen (SEIBERT & AUERSWALD 2020). Da die Maßnahmen jedoch wertvolle Infrastruktureinrichtungen vor Überschwemmungen schützen sollen, sind im vorliegenden Fall auch längere Wiederkehrintervallen im Wertebereich bis 100 Jahren maßgebend.

Es wurden deshalb drei Szenarien mit einer Wiederkehrzeit von 10, 50 und 100 Jahren modelliert und berechnet. Die Unsicherheitsbereiche, welche sich aus der Extremwertstatistik der Bemessungsniederschläge ergeben, wurden dabei berücksichtigt.

2.3.1.2 Ableitung hydrologischer Bodengruppen aus der Bodenschätzung

Die hydrologische Bodengruppe bildet eine wichtige Eingangsgröße zur Bestimmung des abflusswirksamen Niederschlages im Rahmen des CN-Verfahrens (siehe SEIBERT & AUERSWALD 2020, S. 208 ff.). Nach ihrem Versickerungsvermögen und ihrer Neigung zur Abflussbildung werden insgesamt vier hydrologische Bodengruppen unterschieden.

Die hydrologische Bodengruppe kann sowohl auf der Basis von Korngrößenanalysen der jeweils im Planungsgebiet vorkommenden Böden ermittelt als auch aus Bodenschätzungsdaten (LVERMGEO 2023) abgeleitet werden. Für das vorliegende Gutachten, wurden die hydrologischen Bodengruppen im Bereich der Eingriffsfläche der geplanten PVA Münchweiler über Bodenschätzungsdaten eingestuft.

Die Ableitung der hydrologischen Bodengruppen erfolgte hierbei für als Ackerland geschätzte Flächen nach Tabelle 8.17 und für als Grünland bewertete Areale nach Tabelle 8.18 im Handbuch von SEIBERT & AUERSWALD (2020, S. 211) zur quantitativen Planung von Hochwasserminderungsmaßnahmen. Für Ackerstandorte wird hierzu die Bodenart und die Entstehung der Böden herangezogen und für Grünlandstandorte findet die Bodenart sowie die Wasserstufe zur Einstufung der hydrologischen Bodenart Verwendung.

¹⁾ Unter der Wiederkehrzeit (T) beschreibt „die statistisch mittlere Zeitspanne, in der das Auftreten eines Ereignisses einmal zu erwarten ist. Dabei handelt es sich um eine Häufigkeitsaussage. Der Zeitabstand des tatsächlichen Auftretens von Ereignissen bleibt jedoch ungewiss“ (DWD 2023).

Für die untersuchten Flächen ergeben sich aus der genannten Ableitung die hydrologischen Bodengruppen C und D. Bei den genannten hydrologischen Bodengruppen ist bei ungesättigten Bodenwasserverhältnissen von einer mittleren bis geringen Wasseraufnahmefähigkeit der Böden auszugehen. Sind die jeweiligen Standorte jedoch bereits stark mit Wasser gesättigt, muss die Regenverdaulichkeit als sehr gering bis nicht mehr vorhanden eingestuft werden. Die Abflussneigung ist demgemäß v. a. in Bereichen der hydrologischen Bodengruppe D als hoch bis sehr hoch einzustufen.

2.3.1.3 Einfluss von Flächennutzung und Bodenbedeckung auf den Oberflächenabfluss

Der Grad der Bodenbedeckung hat einen großen Einfluss auf die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens. Diese wurde gemeinsam mit der Landnutzung im Feld abgeschätzt. Mit ansteigender Bodenbedeckung nimmt der CN-Wert ab, die Wasseraufnahmefähigkeit nimmt damit folglich zu. Nachfolgende Gleichung 1 gibt diese lineare Beziehung, welche in verschiedenen Beregnungsversuchen nachgewiesen werden konnte, wider (siehe SEIBERT & AUERSWALD 2020). Die Bodenbedeckung wird in Prozent angegeben.

$$CN = 85 - 0,47 \cdot \text{Bedeckung} \quad (1)$$

Gleichung 1 gilt allerdings lediglich für die hydrologische Bodengruppe C, sodass für die in weiten Teilen der Eingriffsfläche verbreiteten Böden mit der hydrologischen Bodengruppe D eine Anpassung nach Gleichung 2 vorgenommen werden muss.

$$CN_D = 0,78 \cdot CN_C + 22,5 \quad (2)$$

Brachflächen mit Mulchauflage wurden nach der Kategorie „unbewachsener Boden“ bewertet. Das Grünland wird als „Wiese“ kategorisiert.

2.3.2 Modellierung von Oberflächenabfluss anhand des CN-Verfahrens

2.3.2.1 Für die aktuelle sowie die Abflusssituation nach dem Eingriff getroffenen Modellannahmen

Für die Abflussmodellierung wurde eine mittlere Bodenfeuchte angenommen. Bei abweichenden Feuchteverhältnissen, wie z. B. im Winter bei hohen Bodenfeuchtwerten, kann die Tabelle der abgeleiteten CN-Werte nach SEIBERT & AUERSWALD (2020, S. 65, Tab. 4.1) keine Anwendung mehr finden. Die CN-Werte gelten daher nur für Sommermonate, in denen der Bodenwasserspeicher teilweise entleert ist. Diese Situation spiegelt sich jedoch gut in der Fragestellung der Modellierung wider, da Starkregenereignisse typischerweise in den Sommermonaten auftreten und auch die KOSTRA-Daten des DWD sich lediglich auf diesen Zeitraum beziehen.

Die Planung der PV-Anlage Münchweiler sieht eine Nutzung der gesamten Eingriffsfläche über den Genehmigungszeitraum als Grünland vor. Von der Bemessungsfläche werden anteilig 78.593 m² mit PV-Modulen belegt. Die restliche Fläche soll zukünftig ausschließlich als Dauergrünland genutzt werden, welches 51.002 m² umfasst.

Zur möglichst genauen Einschätzung der Versiegelungswirkung von PV-Anlagen wird in einem ersten Analyseschritt als Worst-Case-Szenario die Curve Number für die geplante Modulfläche als Landnutzung „Industrie / Gewerbegebiete / Straßen“ abgeleitet (siehe Abschn. 4.3.2.1). Diese Annahme wurde aufgrund fehlender wissenschaftlicher sowie planerischer Richtwerte als Orientierung für ein realistischere nicht eintretendes Ereignis gewählt.

In einem zweiten Schritt wird, unter der Annahme, dass das Abflussvolumen der Modulfläche dem von Grünland plus 50 % des Grünlandabflusses beträgt, eine zweite Berechnung des Oberflächenabflusses durchgeführt (siehe Abschn. 4.3.2.2).

2.3.2.2 Verschneidung der Eingangsdaten

Da sich die Curve-Number aus der Landnutzung und der hydrologischen Bodengruppe zusammensetzt, wurden diese beiden Informationen in einem Geoinformationssystem verschnitten, woraus sich verschiedene Teilflächen ergaben. Die abgeleiteten Teilflächen wurden wiederum mit der Einteilung der Einzugsgebiete verschnitten. Aus den daraus hervorgehenden Daten zu den jeweiligen Teilflächen, konnten daraufhin jeweils der effektive Niederschlag für die drei beschriebenen Wiederkehrzeiten – 10, 50 und 100 Jahre – sowie der Abfluss bestimmt werden.

2.3.2.3 Bestimmung von Curve Number, maximal möglicher Retention und effektivem Niederschlag

Die Bestimmung der abflusswirksamen Niederschlagshöhe wurde für die Fragestellung der Dimensionierung von Hochwasserschutzmaßnahmen anhand des Runoff-Curve-Number-Verfahrens durchgeführt (siehe MISHRA & SINGH 2003 sowie SEIBERT & AUERSWALD 2020). Dieses klammert die Dynamik verschiedener Prozesse bei der Entstehung von Oberflächenabfluss zwar aus, stellt aber dennoch für planerische Zwecke einen etablierten Ansatz zur Abschätzung von Oberflächenabfluss in hinreichender Genauigkeit dar (SEIBERT & AUERSWALD 2020).

Die Curve-Number beschreibt, welcher Anteil des Regens abflusswirksam wird. Die Spannweite reicht dabei von einem vollständigen Abfluss des gefallenen Regens, hier wird ein CN-Wert von 100 zugewiesen, was bei versiegelten Flächen nahezu eintritt, bis hin zu einem CN-Wert von 0, also einer unendlichen Gebietsretention, die nur bei Meeren auftritt.

Je nach Landnutzung und hydrologischer Bodengruppe, kann die Curve-Number aus der Tabelle 4.1 bei SEIBERT & AUERSWALD (2020) abgelesen werden.

Um den effektiven Niederschlag (N_{eff}) zu bestimmen, wird in einem Zwischenschritt zuerst die maximal mögliche Retention S (in mm) berechnet, welche erst bei einem unendlich langen Regen ausgeschöpft ist. Sie berechnet sich nach Gleichung 3 (siehe SEIBERT & AUERSWALD 2020).

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (3)$$

Die maximal mögliche Retention wird bei nicht unendlich langen Regenereignissen nicht ausgenutzt. Der übrige Teil des Regens bezeichnet den abflusswirksamen Niederschlag N_{eff} (in mm) und berechnet

sich nach Gleichung 4 aus der Niederschlagshöhe N (in mm) und der maximal möglichen Retention S (in mm):

$$N_{eff} = \frac{(N - 0,2 \cdot S)^2}{N + 0,8 \cdot S} \quad \text{für } N > 0,2 \cdot S$$

$$N_{eff} = 0 \quad \text{für } N \leq 0,2 \cdot S$$
(4)

Abfluss tritt nach Gleichung 4 erst dann auf, wenn der Niederschlag mehr als 20 % der maximal möglichen Retention beträgt.

2.3.2.4 Berechnung der Abflussmengen

Um schließlich die bei einem Starkregenereignis auftretende Abflussmengen zu berechnen, werden die Teilflächen, welche sich durch die Verschneidung aus Landnutzung, hydrologischer Bodengruppe und Einzugsgebiet ergeben, mit dem effektiven Niederschlag multipliziert, sodass das Abflussvolumen pro Teilfläche in Litern oder m^3 vorliegt. Durch Aufsummierung des Abflussvolumens aller Teilflächen, die in das gleiche Einzugsgebiet entwässern, wird der Gesamtabfluss pro Einzugsgebiet berechnet.

2.4 Vorgehensweise zur Volumenermittlung zum temporären Rückstau von Oberflächenwasser nach Starkregen

Um den bei einem Starkregenereignis zu erwartenden Abfluss temporär zurückhalten zu können, wird ein Rückstauvolumen benötigt. Am westlichen Rand des geplanten PVA-Areals Münchweiler befindet sich bereits eine geeignete Geländemulde. Entlang der von Norden nach Süden verlaufenden Bahntrasse befindet sich ein künstlicher Damm. Dieses bereits vorhandene Abflusshindernis soll im Starkregenfall für den temporären Rückstau von Überschusswasser genutzt werden.

Die Bestimmung des Rückstauvolumens basiert auf dem DGM 1. Mit Hilfe der Geographischen Informationssysteme QGIS und GRASS werden hierbei unterschiedliche Einstautiefen simuliert, anhand derer das Einstauvolumen sowie die zu erwartende Flächenausdehnung des Wasserkörpers bei der jeweiligen Einstautiefe ermittelt werden kann.

3 STANDORTCHARAKTERISTIK DER GEPLANTEN PVA-FLÄCHE MÜNCHWEILER

Für die Ermittlung des flächenhaften Oberflächenabflusses ist die Erfassung und Analyse von Bodendaten sowie der Bodennutzung notwendig (siehe Abschn. 2.3). Im Folgenden wird kurz auf diese Datenbasis eingegangen.

3.1 Geologie

Im Kernbereich des zu entwickelnden PVA-Anlagenareals stehen nach geologischer Übersichtskarte (GÜK 300) Gesteine des Rotliegenden (Permokarbon) an. Der obere Teil der Wechsellagerungen besteht aus rotem Ton-, Silt- und Feinsandstein. Gebietsweise bildet äolischer Fein- bis Mittelsandstein (Kreuznach-Formation in der Saar-Nahe-Senke) den geologischen Untergrund.

Am westlichen Rand des Eingriffsbereiches stehen ungegliederte fluviatile Sedimente des Pleistozän sowie des Holozän an. Hierbei handelt es sich zumeist um Auen- und Hochflutsedimente.

Der östliche Rand der geplanten PVA-Anlagenfläche wird aus älteren pleistozänen Terrassen (Mittel-, Haupt- u. Höhenterrassen) aufgebaut. Hierbei handelt es sich um sandige Kiese bis kiesige Sande, welche z. T. auch lehmig sein können.

3.2 Böden im Bereich der geplanten PVA Münchweiler

3.2.1 Beschreibung der vorkommenden Böden

Die Böden im Bereich der geplanten PVA Münchweiler sind überwiegend aus solifluidalen Sedimenten, im vorliegenden Falle Verwitterungslehmen, entstanden (siehe Abb. 3). Die Bodenhorizonte setzen sich vorwiegend aus Lehmen sowie aus schweren Lehmen zusammen.

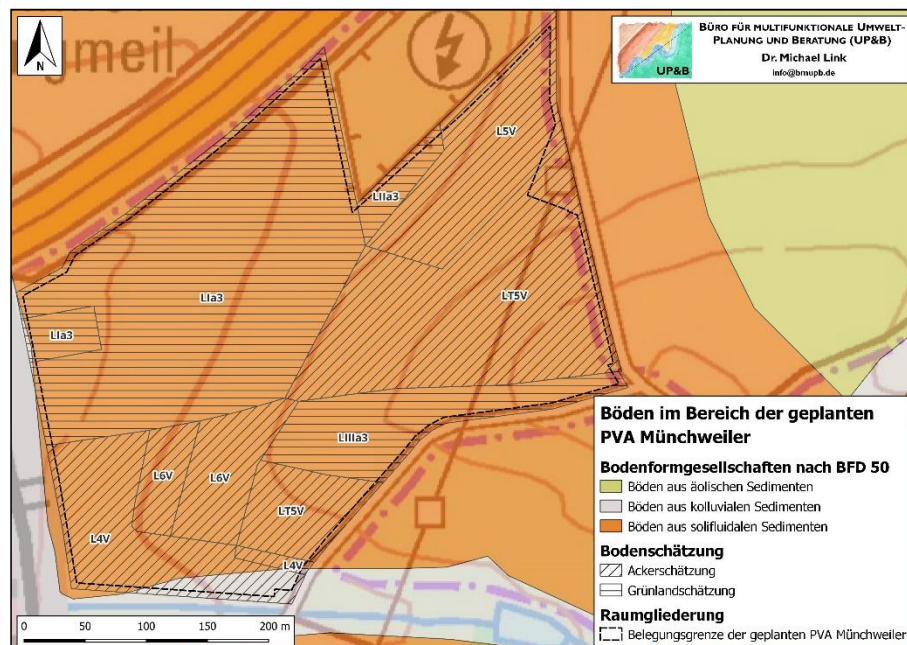


Abb. 3: Karte der Bodenformgesellschaften im Bereich der geplanten PVA Münchweiler überlagert mit den nach Acker- bzw. Grünlandschätzungsrahmen eingestuft Teillflächen (Quelle: UP&B)

Die Bodenformgesellschaften in Abbildung 3 sind noch mit den nach Acker- bzw. Grünlandschätzungsrahmen eingestuften Teilflächen überlagert. Die als Klassenzeichen bezeichneten Bodenschätzungsdaten bilden die Grundlage für die Einstufung der Böden in hydrologische Bodengruppen.

3.2.2 Hydrologische Bodengruppen

Auf der Grundlage der Bodenschätzungsdaten, lassen sich für den Bereich der geplanten PVA Münchweiler zwei hydrologische Bodengruppen ableiten:

- Hydrologische Bodengruppe C:
Böden, die bei nassen Bedingungen geringe Infiltrationsraten aufweisen. Sie umfassen Böden mit einem versickerungshemmenden Horizont sowie Böden mit lehmiger Textur.
- Hydrologische Bodengruppe D:
Böden mit einem hohen Potenzial zur Bildung von Oberflächenabfluss. Bei nassen Bedingungen weisen sie geringe Infiltrationsraten auf. Sie umfassen vorwiegend smectitreiche Böden mit hohem Tongehalt, Böden mit hoch anstehendem Grundwasserstand und flachgründige Böden über Festgestein.

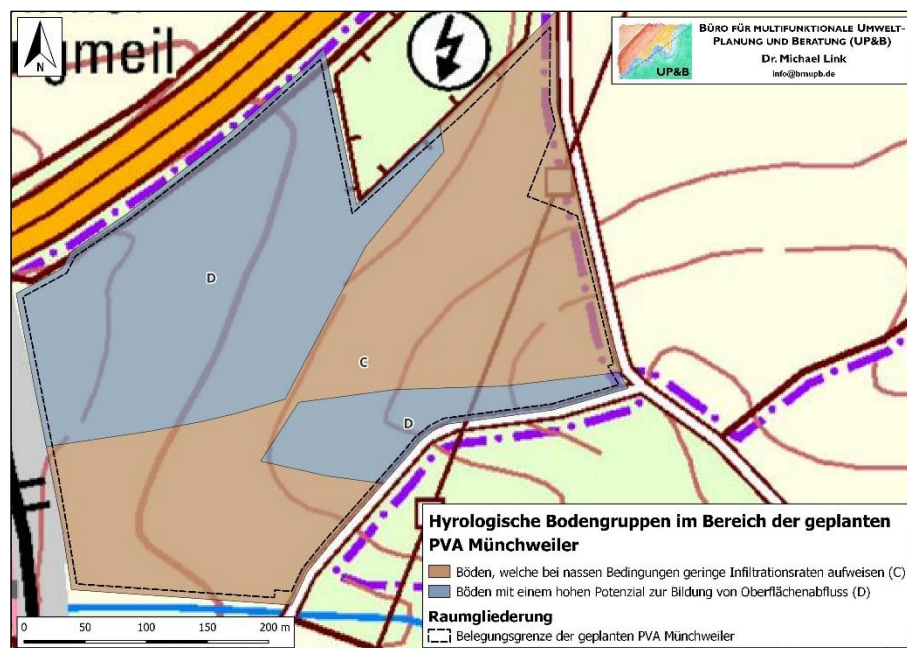


Abb. 4: Räumliche Verteilung der hydrologischen Bodengruppen im Bereich der geplanten PVA Münchweiler (Quelle: UP&B)

3.2.3 Bewertung des Eingriffs in das Schutzgut Boden für die im Bereich der geplanten PVA Münchweiler vorkommenden Böden

3.2.3.1 Bodenfunktionale Bewertung

Die Bewertung des Eingriffs in das Schutzgut Boden erfolgt primär mittels einer Erfassung und Analyse der natürlichen Bodenfunktionen. Diese lassen sich wie folgt gliedern (siehe u. a. AD-HOC-AG BODEN 2007 sowie HLOG & LGB RLP 2008):

- Natürliche Ertragsfunktion des Bodens,
- Funktion des Bodens im Wasserhaushalt (Wasserspeichervermögen),
- Rückhaltevermögen des Bodens (Filterfunktion des Bodens) sowie
- Lebensraumfunktion oder Biotopentwicklungspotenzial des Bodens.

Dreh und Angelpunkt der Bewertung der einzelnen Bodenfunktionen ist die Wasserspeicherefähigkeit des Bodens. Abbildung 5 zeigt den Zusammenhang zwischen den einzelnen Bodenfunktionen und der nutzbaren Feldkapazität (nFK) des Bodens im Wurzelraum (in mm).

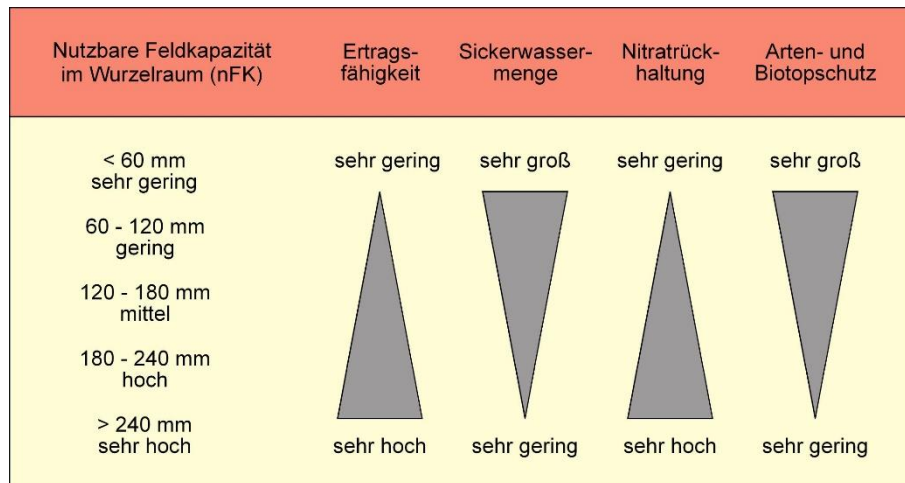


Abb. 5: Nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum (nFKdB) und ihr Einfluss auf die Bodenfunktionen (nach SAUER & HARRACH 2000, verändert)

Abbildung 6 zeigt die Wasserkapazität der betrachteten Böden im Bereich der geplanten PVA Münchweiler, ausgedrückt über die nutzbare Feldkapazität in 0-100 cm Profiltiefe. Die nFK-Werte der Böden im Eingriffsareal schwanken in einer Tiefe von 0-100 cm unter GOF insgesamt in einem relativ kleinen Bereich von ca. gut 110 mm bis knapp 190 mm.

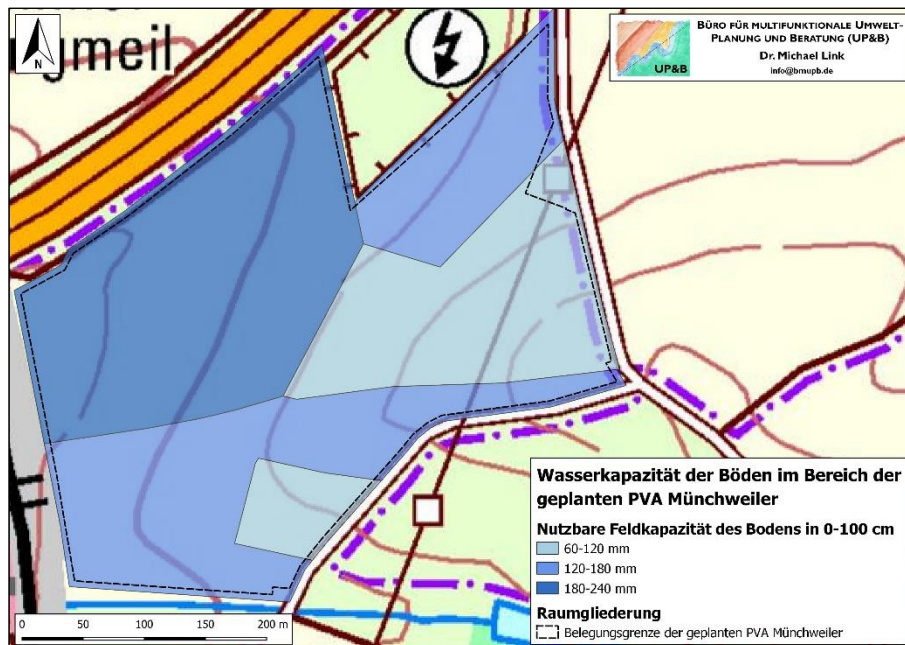


Abb. 6: Wasserkapazität der Böden im Bereich der geplanten PVA Münchweiler, ausgedrückt über die nutzbare Feldkapazität in 0-100 cm Profiltiefe (Quelle: UP&B)

Bedingt durch die geringe Schwankungsbreite der nutzbaren Feldkapazität der Böden in 0-100 cm unter GOF ist davon auszugehen, dass die in Abbildung 6 dargestellten Bodenflächen im Eingriffsbereich mit insgesamt einen mittleren Grad der Erfüllung der natürlichen Bodenfunktionen aufweisen.

Neben den natürlichen Bodenfunktionen ist auch die Funktion des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte in die Bewertung des Eingriffs in das Schutzgut Boden einzubeziehen. Die im Eingriffsbereich vorkommenden Böden sind sowohl hinsichtlich ihrer natur- als auch kulturgeschichtlichen Archivfunktion ohne Bedeutung für das Schutzgut Boden (siehe u. a. LABO 2011).

3.2.3.2 Bewertung der Empfindlichkeit der Böden in Hinsicht auf den Eingriff

Die Empfindlichkeit der Böden wird über die Gefährdung der Böden gegen Verdichtung sowie gegenüber Bodenabtrag ausgedrückt. Die vorherrschenden Bodenarten Lehm und schwerer Lehm sowie die beiden hydrologischen Bodengruppen C und D weisen besonders bei stark feuchten bis nassen Bodenverhältnissen auf eine erhöhte bis starke Verdichtungsneigung der Böden hin.

Dies hat sich auch im Zuge der Geländebegehung gezeigt, wonach auf dem Areal der direkt an den Hochwasserdamm östlich der Bahnstrecke angrenzende und als begrünte Ackerbrache genutzte Fläche (siehe Abb. 8) starke, durch schwere Auflast verursachte Unterbodenverdichtung festgestellt werden konnte.

Wie Abbildung 7 zeigt, weisen besonders rot markierten Teilflächen östlich und westlich der Mitte der Eingriffsfläche eine hohe Erosionsgefährdung durch Wassererosion auf. In die Berechnung bzw. Modellierung des Bodenabtrages nach der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) fließt auch die Bodenbedeckung ein.

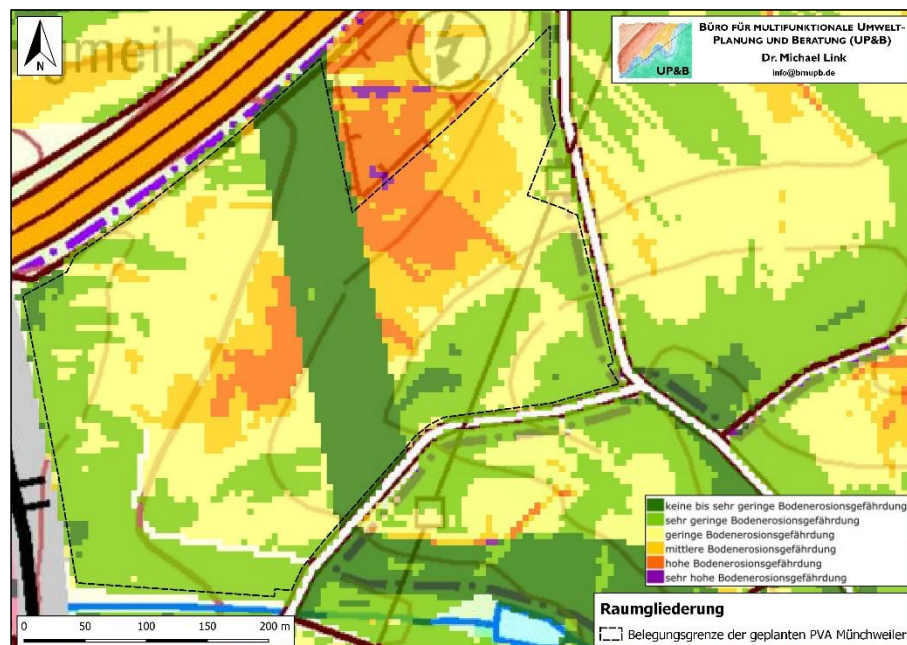


Abb. 7: Erosionsgefährdung durch Oberflächenabfluss im Bereich der geplanten PVA Münchweiler, ausgedrückt über die ABAG-Modellierung im Zeitraum von 2016 bis 2019 (Quelle: UP&B)

Wie die in Abbildung 8 dargestellte aktuelle Landnutzung des Eingriffsgebietes zeigt, wird der in Abbildung 7 als breiter, dunkelgrün dargestellter Bereich in der Mitte des Eingriffsareals als Dauergrünland

genutzt. Grünland weist i. d. R. keine bis eine sehr geringe Bodenerosionsgefährdung auf. Die Landnutzung muss sich seit dem Referenzzeitraum 2016 bis 2019 geändert haben, da westlich, der sich in Abbildung 7 als grüner Balken abzeichnenden Teilfläche, Bereiche mit mittlerer bis hoher Bodenerosionsgefährdung ausgewiesen werden. Nach aktueller Landnutzung wäre zu erwarten, dass die abflussbedingte Erosionsgefährdung im gesamten westlichen Drittel der Eingriffsfläche nicht gegeben oder nur sehr gering ausgeprägt ist.

3.2.3.3 Gesamtbewertung des Eingriffs hinsichtlich des vorsorgenden Bodenschutzes

Da die Wasserkapazität der Böden bei einem Mittel der nutzbaren Feldkapazität von knapp 150 mm innerhalb einer Spannweite von gut 110 mm bis knapp 190 mm schwankt, weisen die Böden im Eingriffsbereich, wie bereits in Abschnitt 3.2.3.1 angeführt, einen insgesamt mittleren Grad der Erfüllung der natürlichen Bodenfunktionen auf.

Die Betrachtung der Empfindlichkeit der Böden gegenüber einem baulichen Eingriff ist jedoch uneinheitlicher. Während die Erosionsgefährdung im westlichen Teil des Eingriffsareals der geplanten PVA Münchweiler geringer ausfällt als im östlichen Teilbereich, ist die Verdichtungsempfindlichkeit räumlich betrachtet im westlichen Teilareal höher einzuschätzen als im östlichen.

Insgesamt kann die Gefährdung der Böden durch den Bau der geplanten PV-Anlage jedoch minimiert werden, wenn die Errichtung der Unterkonstruktion mit den dafür notwendigen Bodenumlagerungen (Ein- u. Ausbau von Böden) sowie die Montage der PV-Module bei möglichst trockener Witterung und somit bei trockenen bis feuchten Bodenverhältnissen durchgeführt wird (siehe hierzu die DIN-Normen 19639, 19708 sowie 19731). In diesem Falle kann der Eingriff in das Schutzgut Boden sowohl aus Sicht der Erhaltung und Sicherung der natürlichen Bodenfunktionen in Hinsicht auf eine Folgenutzung als pflanzenbaulicher Produktionsstandort sowie der Abwehr von Gefahren der Bodenverdichtung und Bodenerosion als unbedenklich eingestuft werden.

3.3 Landnutzung im Bereich der geplanten PVA Münchweiler

Wie Abbildung 8 zeigt, konnten im Bereich der geplanten PVA Münchweiler im Gelände insgesamt vier Landnutzungstypen erfasst werden:

- begrünte Ackerbrache (Bodenbedeckung zwischen 20 und 85 %),
- Brachfläche nach Bodenbearbeitung (gegrubbert, 10 bis 30 % Mulchauflage, im Wesentlichen Rapsausfall),
- Grünland (100 % Bodenbedeckung) sowie
- ein Grasweg (100 % Bodenbedeckung).

3.4 Bestimmung des CN-Wertes für die Abflussberechnung auf Grundlage von Landnutzung, Bodenbedeckung und hydrologischen Bodengruppen

Die Landnutzung geht in die Bestimmung des CN-Wertes für die Berechnung des Abflusses ein. Für die Kategorisierung der Teilflächen nach Tabelle 4.1 nach SEIBERT & AUERSWALD (2020) muss noch die

Bodenbedeckung bzw. Mulchauflage der einzelnen Teilflächen sowie die hydrologische Bodengruppe berücksichtigt werden.

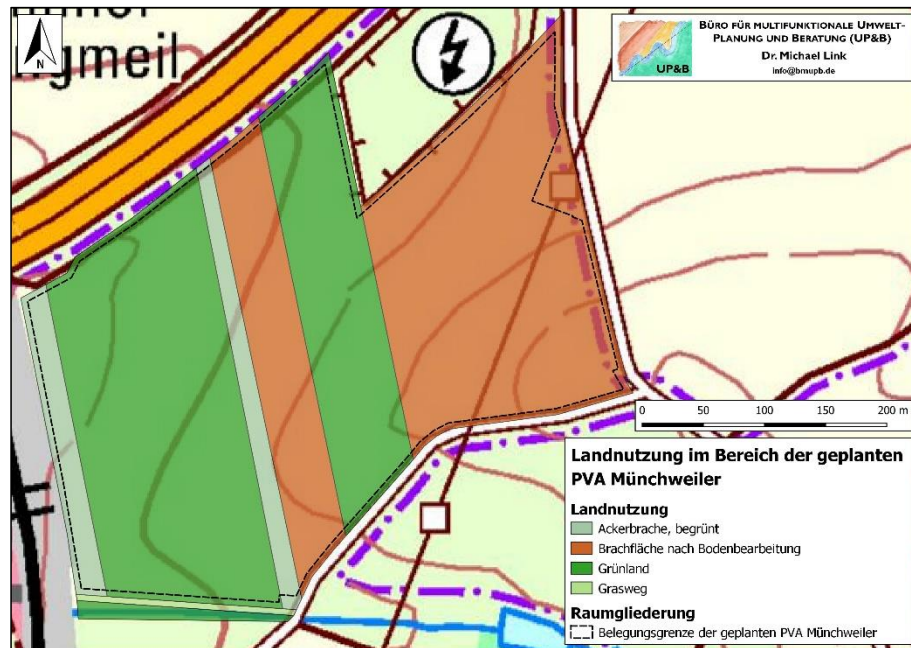


Abb. 8: Aktuelle Landnutzung im Bereich der geplanten PVA Münchweiler (Quelle: UP&B)

In Tabelle 1 sind die auf der Grundlage der Landnutzung sowie der Bodenbedeckung bzw. Mulchauflage in Prozent und der hydrologischen Bodengruppe zugeordneten CN-Werte zu entnehmen. Wie Tabelle 1 zu entnehmen ist, wurde der Unterschied in der Mulchauflage zwischen 10 und 15 % sowie 25 und 30 % bei der Zuordnung der CN-Werte für die Brachflächen nach Bodenbearbeitung nicht berücksichtigt, da der Unterschied in der Mulchbedeckung in diesem Bereich keinen signifikanten Einfluss auf den Abfluss haben dürfte.

Tab. 1: Zuordnung der CN-Werte für die Abflussbestimmung auf der Grundlage der Landnutzung sowie der Bodenbedeckung bzw. Mulchauflage in Prozent und der hydrologischen Bodengruppe

Landnutzung	Bodenbedeckung bzw. Mulchauflage [%]	hydrologische Bodengruppe	CN-Wert
Ackerbrache, begrünt	20-30 % Bodenbedeckung	C	72,5
Ackerbrache, begrünt	20-30 % Bodenbedeckung	D	82,25
Ackerbrache, begrünt	75-85 % Bodenbedeckung	C	71
Ackerbrache, begrünt	75-85 % Bodenbedeckung	D	78
Brachfläche nach Bodenbearbeitung	10-15 % Mulchauflage	C	91
Brachfläche nach Bodenbearbeitung	10-15 % Mulchauflage	D	94
Brachfläche nach Bodenbearbeitung	25-30 % Mulchauflage	C	91
Brachfläche nach Bodenbearbeitung	25-30 % Mulchauflage	D	94
Grünland	100 % Bodenbedeckung	C	71
Grünland	100 % Bodenbedeckung	D	78
Grasweg	100 % Bodenbedeckung	C	71

3.5 Zur Modellierung gewählter Bemessungsniederschlag

Für den Bemessungsniederschlag wurde eine Dauerstufe D von 60 Minuten gewählt, welche einen kurzen, aber intensiven Starkregen darstellt. Für Starkregenmodellierungen im ländlichen Raum werden Wiederkehrintervalle von 20 bis 30 Jahren vorgeschlagen (SEIBERT & AUERSWALD 2020), da in diesem Fall jedoch das Risiko einer Überschwemmung von wertvoller Infrastruktur abgeschätzt werden und entsprechende Maßnahmen zur Risikominimierung geplant werden sollen, werden Jährlichkeiten des Bemessungsniederschlages zwischen 10 und 100 Jahren betrachtet. In der folgenden Tabelle 2 sind die jeweiligen Niederschlagshöhen in mm abgetragen, zusätzlich ist auch der Unsicherheitsbereich dargestellt, welcher sich aus der Extremwertstatistik ergibt.

Tab. 2: Bemessungsniederschlag in mm bei einer Niederschlagsdauer von 60 Minuten bezogen auf das Wiederkehrintervall unter Angabe des Unsicherheitsbereiches

Wiederkehrintervall [Jahre]	Niederschlagsmenge [mm]	Unsicherheit [%]
10	27,6	23
50	38,3	25
100	43,4	26

4 ERGEBNISSE

Nachfolgende erfolgt eine Beschreibung der für den Abfluss maßgeblichen kleinräumigen Einzugsgebiete sowie der Abflusswege und Abschwemmpfade im Eingriffsgebiet des geplanten PVA-Areals Münchweiler. Darüber hinaus wird eine Abschätzung der durch Starkregen möglichen Überschwemmungsgefährdung dargelegt, wobei zwischen der Ist-Situation sowie der durch die geplante Modulbelegung hervorgerufenen Effekte unterschieden wird. Schließlich werden Rückstaupotenziale für die Bewältigung des Starkregenabflusses aufgezeigt.

4.1 Für den Oberflächenabfluss im Eingriffsbereich Münchweiler maßgebliche Einzugsgebiete

Wie in Abschnitt 2.2.2 dargelegt, wurde basierend auf der Geländegestalt eine Gliederung des Eingriffsbereichs der geplanten PVA Münchweiler in drei voneinander getrennte Einzugsgebiete (EZG) vorgenommen (siehe Abb. 9). Im Bereich des EZG 1 (siehe Abb. 10) wird ausschließlich der äußerste östliche Rand des geplanten PVA-Areals entwässert. Das EZG 2 (siehe Abb. 11) befindet sich im südöstlichen Bereich der Eingriffsfläche.

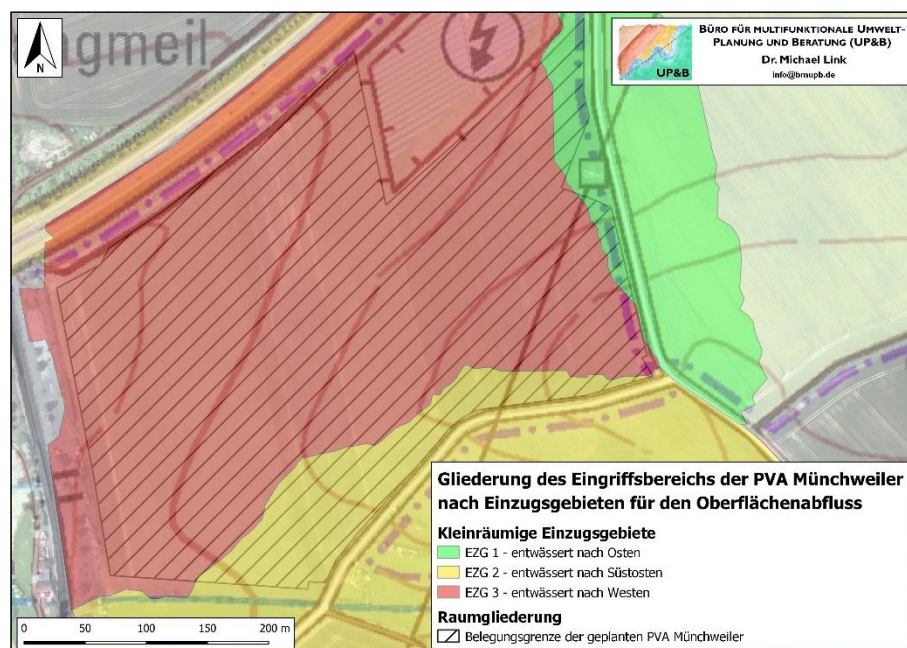


Abb. 9: Die für den Oberflächenabfluss im Bereich der geplanten PVA Münchweiler maßgeblichen Einzugsgebiete (Quelle: UP&B)

Der größte Teil des geplanten PVA-Areals wird vom Einzugsgebiet 3 eingenommen. Das EZG 3 (siehe Abb. 12) entwässert insgesamt in westliche Richtung. Hierbei strömt nicht nur aus der projektierten PVA-Anlagenfläche Niederschlagswasser zu, vielmehr kommt es auch aus nördlicher Richtung von der Autobahntrasse der A 63 gerade bei Starkregen zu einem erheblichen Zustrom von Oberflächenwasser, da das Niederschlagswasser auf der versiegelten Fahrbahn nicht versickern kann und über Gräben in Richtung des nordwestlichen Teils der geplanten Eingriffsfläche geleitet wird (siehe Abb. 14).

Die kleinräumigen Einzugsgebiete 1 bis 3 werden in den nachfolgenden Abbildungen 10 bis 12 dargestellt:



Abb. 10: Kleinräumiges Einzugsgebiet 1, in Richtung Süden aufgenommen (Quelle: UP&B)



Abb. 11: Kleinräumiges Einzugsgebiet 2, aus südwestlicher Richtung fotografiert (Quelle: UP&B)

4.2 Abflusswege und Abschwemmpfade im Eingriffsgebiet Münchweiler

Die Abflusswege und Abschwemmpfade im Eingriffsbereich der geplanten PVA Münchweiler wurden sowohl GIS-basiert als auch mittels Geländekartierung ermittelt. In Abbildung 14 wird die auf der Oberflächengestalt (DGM 1) im Eingriffsareal basierende Abflusssituation durch aus blauen Rasterfeldern aufgebaute Fließwege dargestellt. Die in Abbildung 14 aus der Geländebegehung sowie aus dem Verlauf der Höhenlinien abgeleiteten potenziellen Erosions- und Abschwemmpfade korrespondieren mit der auf dem DGM 1 beruhenden modellierten Abflusssituation.



Abb. 12: Kleinräumiges Einzugsgebiet 3, in Richtung Osten aufgenommen (Quelle: UP&B)

Aus dem Geländebefund sowie aus dem modelliertem Abflussgeschehen konnte unregelmäßiger Oberflächenabfluss durch Überschüsse identifiziert werden. Wie der vergrößerte Ausschnitt im linken oberen Eck der Abbildung 14 zeigt, verläuft ein unregelmäßiger Überschuss von Oberflächenwasser, ausgehend von dem aus nordöstlicher Richtung am Dammfuß der Autobahn zulaufenden Graben, über den Wirtschaftsweg in Richtung Süden.

Selbst nach einer längeren Trockenperiode kann dieser Abflussüberschuss noch aufgrund von noch nicht versickertem Niederschlagswasser sowie durch sedimentiertes Bodenmaterial nachvollzogen werden (siehe Abb. 13). Grund für den Überschuss bildet hauptsächlich die fast vollständige Verstopfung des Rohres, welches unterhalb des Weges hindurchläuft.

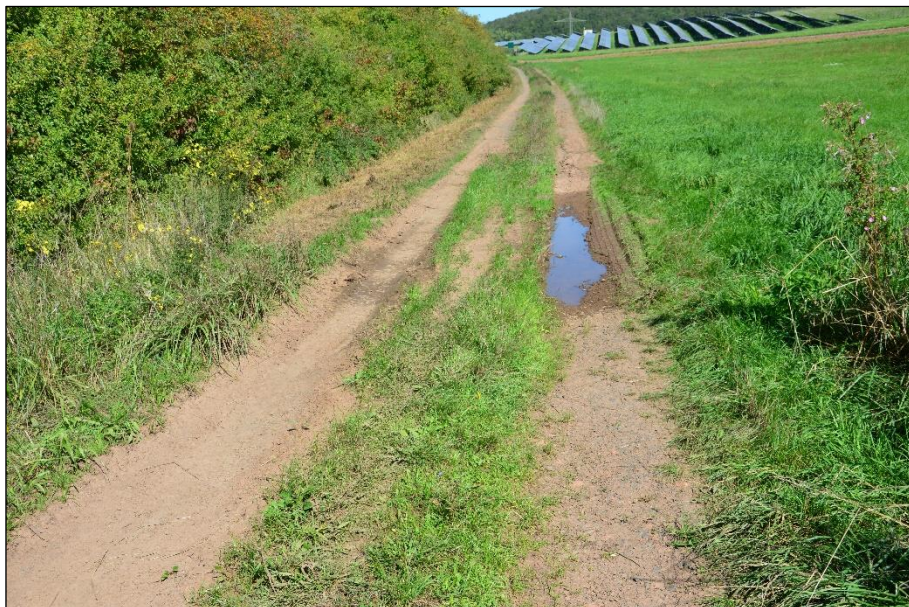


Abb. 13: Abflussüberschuss hervorgerufen durch ein verstopftes Rohr unterhalb des Wirtschaftsweges im nord-westlichen Bereich des geplanten Eingriffareals (Quelle: UP&B)

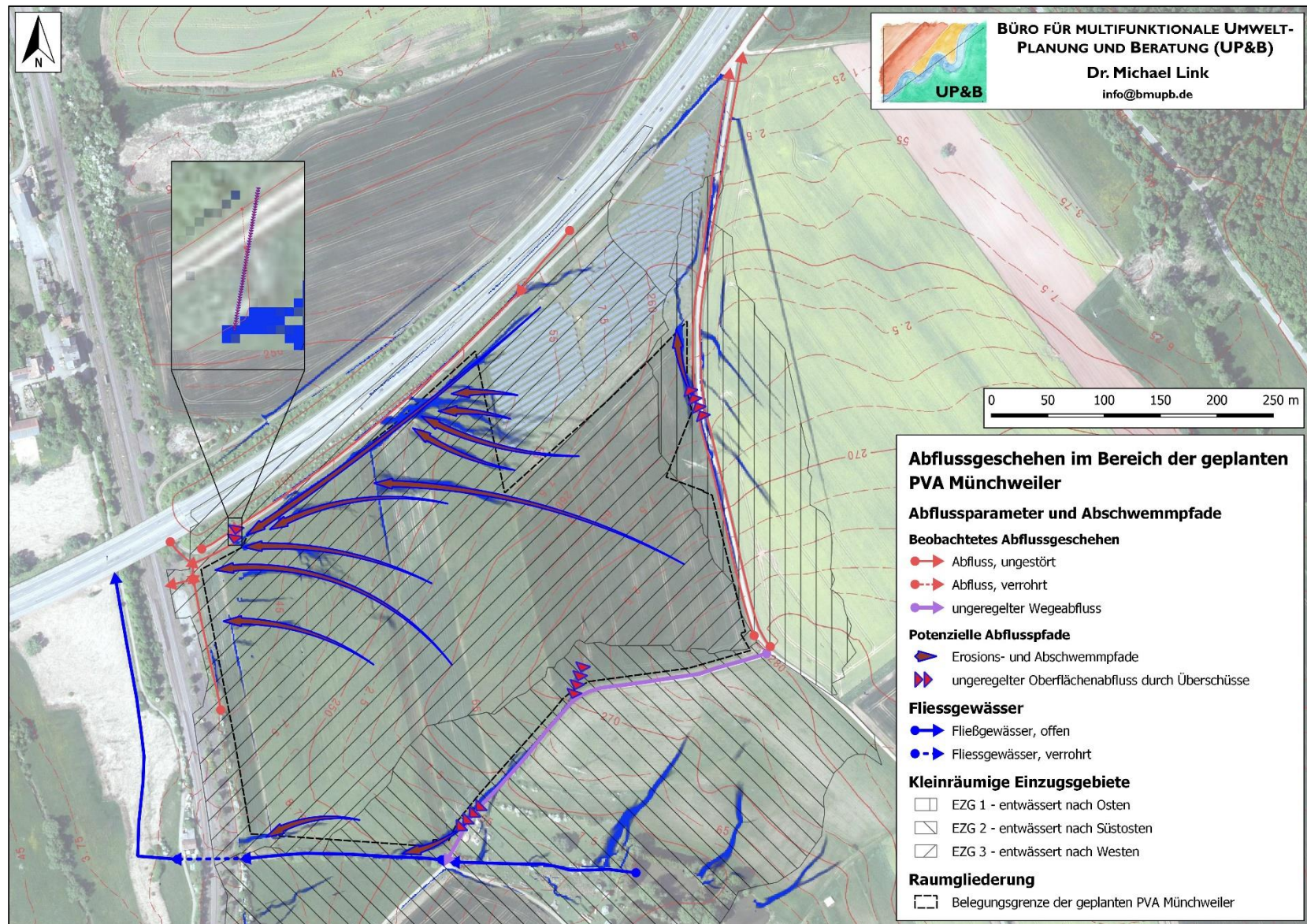


Abb. 14: Auf der Oberflächengestalt basierende Abflusssituation (blaue Rasterfelder im Hintergrund) sowie im Gelände kartierte Abfluss- und Abschwemmpfade im Bereich der geplanten PVA Münchweiler (Quelle: UP&B)

In Abbildung 14 wird neben der auf der Oberflächengestalt basierenden Abflusssituation das beobachtete Abflussgeschehen im geplanten Eingriffsbereich dargestellt. Die oberirdisch verlaufenden Wegseitengraben sind insgesamt frei und können den Abfluss ungestört weiterleiten. Der am südöstlichen Rand der geplanten PVA-Fläche entlanglaufende Weg verfügt über keinen Seitengraben, weshalb der Oberflächenabfluss dort unregelmäßig und aufgrund der Asphaltierung des Weges ungebremst in Richtung Tal-lage weitergeleitet wird.

Der in Richtung Bahnstrecke gewandte Abfluss entsteht nicht ausschließlich auf der für die PVA Münchweiler vorgesehenen Fläche. Ausgehend von der im Nordwesten des geplanten Eingriffsbereichs angrenzenden Autobahn entwässert ein Graben in Richtung Südwesten. Der Oberflächenabfluss speist sich dort von dem Niederschlagswasser, welches auf der versiegelten Fahrbahn nicht versickern kann.

Am nordwestlichen Eck der geplanten PVA-Fläche fließt ebenfalls von der BAB kommend Niederschlagswasser in den Eingriffsbereich ein. Dieses entstammt von einem unterhalb der Autobahn mündenden Fallrohr. Die aus Richtung BAB bei Starkregen zuströmende Wassermenge kann nur sehr schwer beziffert werden. Der hieraus resultierende Abfluss wird bereits jetzt durch den im Westen des geplanten Eingriffsbereichs in nordsüdlicher Richtung verlaufenden Damm abgepuffert.

Der bestehende Damm ist nicht durchgehend ausgebaut, sondern verfügt über einen V-förmigen Einschnitt (siehe Abb. 15). Der Abfluss über diese Kerbe (siehe auch Abb. 14) wird aktuell durch Vegetationsbedeckung verlangsamt.



Abb. 15: V-förmiger Einschnitt in bestehendem Damm, welcher aktuell durch Vegetationsbedeckung verlangsamt wird (Quelle: UP&B)

Bei diesem Abfluss handelt es sich jedoch nicht um einen geregelten Abfluss. Im Starkregenfall lässt sich nur unzureichend prognostizieren, wie schnell das Wasser durch die vorhandene Kerbe bei der jeweils gegebenen Vegetationsbedeckung abfließen wird.

Im Osten des geplanten PVA-Areals besteht randlich eine in Nord-Süd-Richtung verlaufende Abflussbahn. Hier kann bei Starkregen damit gerechnet werden, dass es auch randständig zu einem seitlichen Überschuss aus Richtung des angrenzenden Wirtschaftsweges kommen kann.

4.3 Abschätzung der Überschwemmungsgefährdung durch Starkregen

Nachfolgend werden die Ergebnisse der gemäß Abschnitt 2.3 ermittelten Abflussmodellierung, gegliedert in drei Teileinzugsgebiete (siehe Abb. 9), dargelegt. Hierbei wird in eine Nullvariante ohne die geplante Bauausführung sowie in die durch den Eingriff beim Bau der geplanten PVA Münchweiler verursachte Veränderung der Überschwemmungsgefährdung der unterhalb des Eingriffsareals angrenzenden Flächen unterschieden.

Wie in der Stellungnahme zum Abstimmungstermin mit der Struktur und Genehmigungsdirektion SGD Süd in Kaiserslautern bzgl. Starkregengefahren im Bereich der geplanten PV-Anlage „Stockwiese“ am 23.04.2024 dargelegt (LINK 2024), liegen zurzeit weder aus wissenschaftlicher noch aus planerischer Sicht belastbare Richtwerte für die Einschätzung der Änderung des Abflussgeschehens durch Freiflächen-PV-Anlagen vor. Aus diesem Grunde wurde die durch den Bau einer Freiflächen-PVA hervorgerufene potenzielle Gefährdung durch Überschwemmung bzw. Überflutung in einem ersten Schritt mittels eines Worst-Case-Scenarios betrachtet. Hierbei wird von einer vollständigen Versiegelung durch die PVA-Module ausgegangen.

Da diese Vorgehensweise, wie in dem Gespräch mit der SGD Süd am 23.04.2024 besprochen (LINK 2024), als eher unrealistisch einzustufen sein dürfte, wird – in Abweichung zur oben genannten Worst-Case-Betrachtung mit einer angenommenen Vollversiegelung – eine an die tatsächlichen Abflussverhältnisse angegliche Abflusshöhe gewählt. Für die mit PV-Modulen belegten Flächen wurde deshalb im Vergleich zu den Grünlandflächen ohne PV-Überdeckung 50 % des Abflussvolumens von Grünland hinzuaddiert.

Die Ergebnisse der Abflussmodellierung sind für die beiden beschriebenen Szenarien, bezogen auf die Ist-Situation sowie die geplante Flächennutzung durch die PVA Münchweiler, getrennt nach Einzugsgebiet sowie differenziert nach Wiederkehrintervall und Unsicherheitsbereich der Klimaprognose, den Tabellen 3 und 4 zu entnehmen.

4.3.1 Nullvariante ohne Bauausführung

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 2 und 3 beschriebenen Parameter ist unter den derzeitigen Standort- und Klimabedingungen für das gesamte geplante PVA-Areal Münchweiler bei einer 10-jährigen Wiederkehrwahrscheinlichkeit und bei einer Dauer des Starkregenereignisses von 60 Minuten im Mittel mit einer Abflussmenge von knapp 800 m³ zu rechnen. Ein Starkregen mit einem Wiederkehrintervall von 50 Jahren würde einen durchschnittlichen Abfluss in Höhe von gut 1.500 m³ verursachen. Die Abflussmenge für ein Starkregenereignis mit einer 100-jährigen Wiederkehrwahrscheinlichkeit liegt im Mittel bei knapp 1.900 m³.

Die modellierten Abflussmengen weisen eine gewisse Fehlerbreite auf, welche aus dem Unsicherheitsbereich der Bemessungsniederschläge resultieren (siehe Tab. 2). Für das Einzugsgebiet 1 (siehe Abb. 9) ist je nach Wiederkehrzeit sowie Fehlerbreite mit einem Abfluss von ca. 25 bis 130 m³ zu rechnen. Für das Einzugsgebiet 2 beträgt diese Spann ca. 60 bis 350 m³. Im Bereich des Einzugsgebietes 3 ist bei Abflüssen zwischen ca. 350 und 2.400 m³ die höchste Abflussmenge zu erwarten (siehe Tab. 3).

4.3.2 Überschwemmungsgefährdung basierend auf der geplanten Modulbelegung der Fläche

4.3.2.1 Worst-Case-Scenario unter Annahme einer Vollversiegelung der Modulflächen

Durch die in Abbildung 16 dargestellte Modulbelegung im Bereich der geplanten PVA Münchweiler verändern sich die Bedingungen für den Oberflächenabfluss. Durch das Worst-Case-Szenario erhöht sich bei angenommener Vollversiegelung durch die geplante Modulbelegung der zu erwartende Abfluss signifikant (siehe Tab. 3).

Für die gesamte Bemessungsfläche würde der Abfluss bei einem Starkregenereignis mit einer Wiederkehrzeit von 10 Jahren um ca. 520 m³ steigen. Die Erhöhung des Abflusses beläuft sich bei einem Wiederkehrintervall von 50 Jahren auf knapp 650 m³. Bei einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren wäre davon auszugehen, dass sich der Abfluss durch den Bau der PVA Münchweiler um ca. 740 m³ erhöht.

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, verändert sich der Oberflächenabfluss durch den Bau der PVA nicht für alle drei betrachteten Einzugsgebiete gleichermaßen. Im kleinsten der drei Teileinzugsgebiete (siehe Abb. 9 u. 16) EZG 1 würde der Abfluss nach dem Bau der PVA leicht zurückgehen. Im Bereich des Kleineinzugsgebietes 2 fällt die zu erwartende Erhöhung des Oberflächenabflusses nach dem Bau der PVA mit einer Spannweite von ca. 35 bis gut 55 m³ gering aus.

Die zu erwartenden nur geringen Veränderungen im Abfluss im Bereich der Einzugsgebiete 1 und 2 sind einerseits auf die insgesamt betrachtet relativ kleinen Einzugsgebietsflächen zurückzuführen. Bei dem bisher ausschließlich als Ackerland genutzten EZG 1 kommt andererseits hinzu, dass auf dieser Fläche die komplette Landnutzung auf Dauergrünland umgestellt wird.

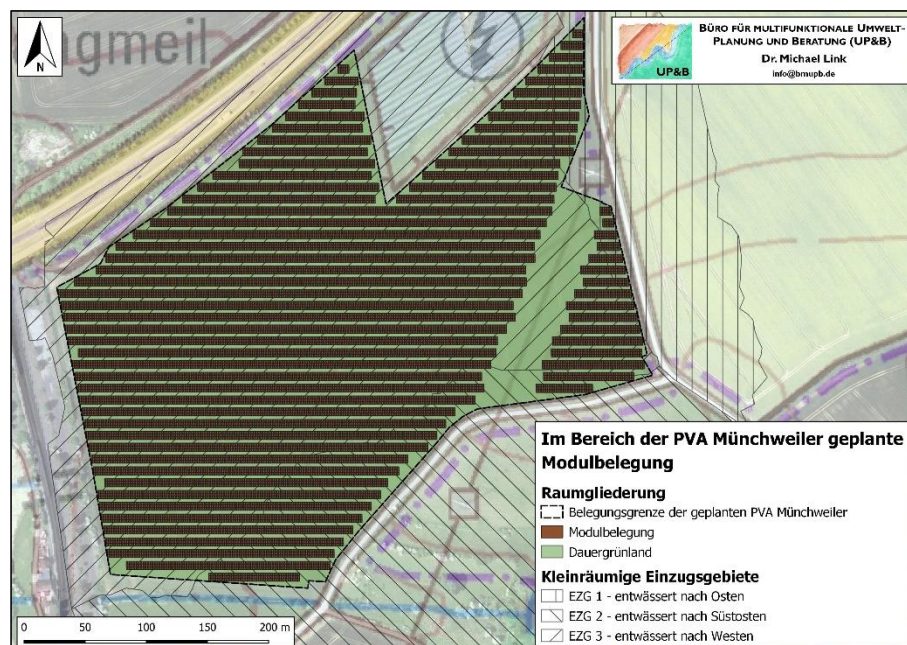


Abb. 16: Modulbelegung im Bereich der geplanten PVA Münchweiler (Quelle: UP&B)

Tab. 3: Ergebnis der Abflussmodellierung bezogen auf die Ist-Situation sowie die geplante Flächennutzung durch die PVA Münchweiler, getrennt nach Einzugsgebiet sowie differenziert nach Wiederkehrintervall und Unsicherheitsbereich der Prognose bezogen auf die Worst-Case-Betrachtung

Szenario	Abflusssumme in m³ für die Ist-Situation			Abflusssumme in m³ mit PV-Anlage			Differenz pro EZG in m³			Summe gesamt in m³ (Ist-Situation)	Summe gesamt in m³ (mit PV-Anlage)	Differenz gesamte Bemessungsfläche in m³
	EZG 1	EZG 2	EZG 3	EZG 1	EZG 2	EZG 3	EZG 1	EZG 2	EZG 3			
Q10	42,36	101,92	631,26	31,82	138,00	1.130,02	-10,54	36,08	498,76	775,54	1.299,84	524,30
Q10-	25,30	60,75	355,08	20,11	86,82	703,07	-5,19	26,07	347,99	441,13	810,00	368,87
Q10+	61,34	151,60	970,49	45,37	196,45	1.544,87	-15,97	44,85	547,38	1.183,42	1.786,70	603,28
Q50	75,17	189,63	1.232,53	55,04	237,75	1.853,88	-20,12	48,13	621,35	1.497,33	2.146,67	649,34
Q50-	45,61	110,19	687,37	34,10	147,90	1.176,34	-11,51	37,71	488,97	843,16	1.358,34	515,18
Q50+	107,52	283,13	1.881,51	80,17	344,30	2.645,51	-27,34	61,17	764,00	2.272,15	3.069,98	797,83
Q100	91,61	236,44	1.556,85	67,93	292,58	2.263,24	-23,67	56,14	706,39	1.884,90	2.623,76	738,86
Q100-	55,68	136,44	866,52	41,27	178,85	1.411,84	-14,40	42,41	575,32	1.058,64	1.631,96	573,32
Q100+	130,71	353,27	2.370,80	98,40	420,98	3.208,41	-32,31	67,71	837,61	2.854,78	3.727,79	873,01

Die Differenz zwischen Ist-Zustand und dem zu erwartenden Abfluss nach Eingriff ist bei dem zugrunde gelegten Worst-Case-Szenario im Bereich des Einzugsgebietes 3 am größten. Je nach Wiederkehrzeit sowie Fehlerbreite kann auf dem Areal des EZG 3 mit einer Zunahme des Abflusses nach dem Bau der PVA Münchweiler zwischen ca. 500 m³ und ca. 700 m³ gerechnet werden.

4.3.2.2 Teilversiegelung der Modulflächen

Zurzeit liegen weder aus wissenschaftlicher noch aus planerischer Sicht belastbare Richtwerte für die Einschätzung der Änderung des Abflussgeschehens durch den Bau einer Freiflächen-PV-Anlagen vor. Das Worst-Case-Szenario dient deshalb ausschließlich zur Abschätzung der potenziell maximal zu erwartenden Zunahme des Oberflächenabflusses nach dem Bau der geplanten Freiflächen-PVA „Stockwiese“.

Beim Bau der PV-Anlage wird die gesamte Fläche in Grünland umgewandelt. Dies führt im Gegensatz zur Ackernutzung grundsätzlich zu einer Reduzierung der Fließgeschwindigkeit sowie zur Verringerung der Abflussmenge in diesem Areal. Als ein weiterer wichtiger Faktor für die Veränderung des Oberflächenabflusses bei einer Belegung von Flächen mit PV-Modulen ist die Stellung der Module zum Hang zu nennen. Es ist damit zu rechnen, dass der Abfluss von einem PV-Modul je nach der Stellung und dem Winkel des Moduls zum Hang stark variieren kann. Diese Varianz kann leider gegenwärtig nicht verlässlich beziffert werden.

Um eine möglichst realistische Einschätzung der durch den Bau der geplanten PVA zu erwartenden Änderung des Oberflächenabflusses zu erreichen, wurde auf den Abflusswert der Modulflächen noch 50 % des nach dem Curve Number-Verfahren berechneten Abflusses von reinen Grünlandflächen aufgeschlagen.

Wie aus Tabelle 4 zu entnehmen ist, kann trotz des Baus der Freiflächen-PVA in Münchweiler durchgehend mit einer Verbesserung des Oberflächenabflusses gerechnet werden.

4.4 Im Bereich der geplanten PVA bereits vorhandenes Rückstaupotenzial

Um die durch den Bau der PVA Münchweiler zu erwartende Zunahme des Abflusses im Falle des Worst-Case-Szenarios abpuffern zu können und somit die Gefahr einer Überschwemmung unterhalb der Eingriffsfläche so weit wie möglich zu begrenzen, ist es notwendig abzuschätzen, wie viel Wasser im Falle eines Starkregenereignisses zurückzuhalten wäre.

In Abbildung 17 wird das durch den bereits vorhandenen Damm am Hangfuß des geplanten PVA-Areals zur Verfügung stehende Rückstaupotenzial dargestellt. Östlich des Dammes könnten bei unterschiedlichen Aufstauhöhen bis zu 7.600 m³ Wasser zurückgehalten werden. Dies würde jedoch effektiv nur möglich sein, wenn der V-förmige Einschnitt im bestehenden Damm (siehe Abb. 15) geschlossen und ein geregelter Abfluss, z. B. in Form einer Drossel, gewährleistet werden könnte (siehe Abschn. 5.1.1).

Tab. 4: Ergebnis der Abflussmodellierung bezogen auf die Ist-Situation sowie die geplante Flächennutzung durch die PVA Münchweiler, getrennt nach Einzugsgebiet sowie differenziert nach Wiederkehrintervall und Unsicherheitsbereich der Prognose bezogen auf eine durch die PVA-Module hervorgerufene Abflussdynamik

Szenario	Abflusssumme in m³ für die Ist-Situation			Abflusssumme in m³ mit Grünland + 50 % Aufschlag			Differenz pro EZG in m³			Summe gesamt in m³ (Ist-Situation)	Summe gesamt in m³ (mit Grünland und 50 % Aufschlag)	Differenz gesamte Bemessungsfläche in m³
	EZG 1	EZG 2	EZG 3	EZG 1	EZG 2	EZG 3	EZG 1	EZG 2	EZG 3			
Q10	42,36	101,92	631,26	2,52	24,37	207,53	-39,84	-77,55	-423,73	775,54	234,42	-541,12
Q10-	25,30	60,75	355,08	0,01	5,34	51,11	-25,29	-55,40	-303,97	441,13	56,47	-384,66
Q10+	61,34	151,60	970,49	8,85	58,88	472,61	-52,49	-92,72	-497,88	1.183,42	540,34	-643,09
Q50	75,17	189,63	1.232,53	15,10	90,21	707,91	-60,07	-99,42	-524,62	1.497,33	813,22	-684,10
Q50-	45,61	110,19	687,37	3,39	29,45	247,24	-42,22	-80,74	-440,13	843,16	280,07	-563,09
Q50+	107,52	283,13	1.881,51	33,71	178,34	1.359,26	-73,81	-104,78	-522,25	2.272,15	1571,31	-700,84
Q100	91,61	236,44	1.556,85	23,94	132,72	1.023,47	-67,67	-103,72	-533,38	1.884,90	1180,13	-704,77
Q100-	55,68	136,44	866,52	6,66	47,44	385,69	-49,02	-89,00	-480,84	1.058,64	439,78	-618,86
Q100+	130,71	353,27	2.370,80	49,72	251,42	1.893,16	-80,99	-101,85	-477,63	2.854,78	2194,30	-660,47

Bei einer maximalen Einstautiefe von knapp 180 cm würde eine Fläche von ca. 1 ha benötigt, um die genannte Wassermenge in Höhe von 7.600 m³ zurückhalten zu können. Der in Tabelle 3 angeführte maximal nach dem Bau der PVA Münchweiler zu erwartende Abfluss in Höhe von gut 3.700 m³ könnte bereits bei einer Einstautiefe unter 150 cm bei einem Flächenbedarf von unter 0,8 ha beherrscht werden.

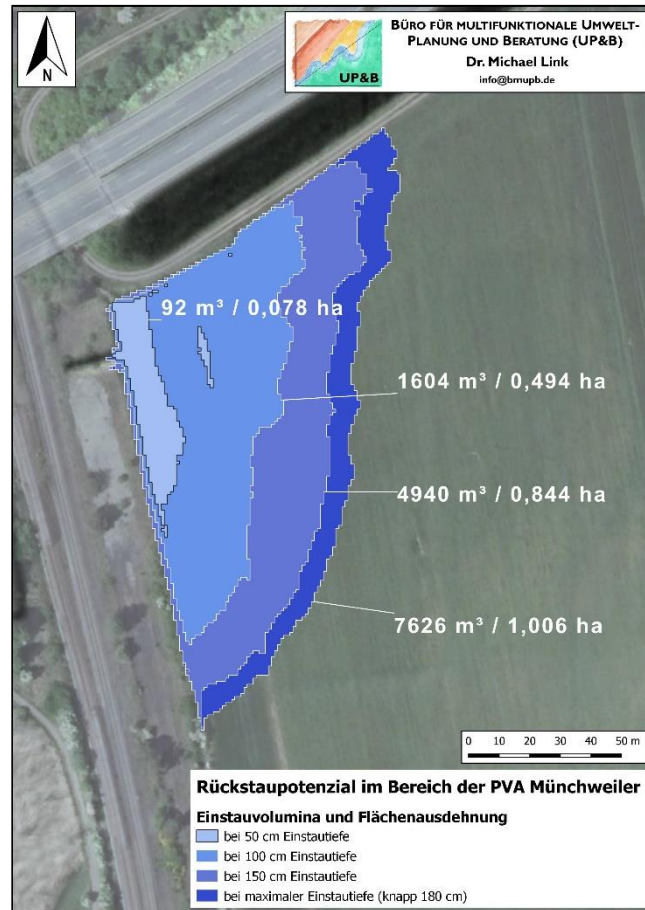


Abb. 17: Rückstau Potenzial östlich des Dammes am Hangfuß der geplanten PVA-Fläche Münchweiler (Quelle: UP&B)

5 MASSNAHMEN ZUR STARKREGENVORSORGE UND ZUM SCHUTZ VOR STURZFLUTEN SOWIE ZUM VORSORGENDEN BODENSCHUTZ

Das Abflussgeschehen im Bereich der geplanten PVA Münchweiler ist zum einen geprägt durch die das Areal umfassenden Wirtschaftswege und deren wegbegleitenden Gräben. Die hierdurch hervorgerufenen Zu- und Abflüsse stehen jedoch nicht in jedem Fall mit der geplanten PVA in räumlichem Zusammenhang. Der von Seiten der Autobahn anfallende Abfluss strömt ebenfalls in Richtung des im Westen der Eingriffsfläche gelegenen Hangfußbereiches.

Die im Falle des Worst-Case-Szenarios (siehe Abschn. 4.3.2.1) größten zu erwartenden Effekte einer durch den Bau der geplanten PVA Münchweiler hervorgerufenen Erhöhung des Abflusses gingen vom Bereich des Einzugsgebietes 3 aus. In diesem Areal könnte die zu prognostizierende zusätzliche Abflussmenge durch den Damm am Hangfuß der PVA-Fläche abgefangen werden.

Durch den Bau der PVA käme es im Worst-Case-Falle zu keiner Verschlechterung des Abflussgeschehens im Bereich des Einzugsgebietes 1. Der durch den Eingriff zu erwartende zusätzliche Abfluss könnte im Einflussbereich des Einzugsgebietes 2 durch wirkungsvolle Maßnahmen bewältigt werden.

Die Struktur und Genehmigungsdirektion SGD Süd in Kaiserslautern hat im Rahmen des Abstimmungstermins mit der SGD Süd bzgl. Starkregengefahren im Bereich der PV-Anlage „Stockwiese“ am 23.04.2024 darauf hingewiesen, dass es für die weitere Planung sowie die Umsetzung des PVA-Projekts Stockwiese nicht nötig sein wird, die Oberflächenabflüsse nach dem vorliegenden Worst-Case-Szenario zu bemessen (siehe Link 2024). Wie in Abschnitt 4.3.2.2 dargelegt, wurde der Oberflächenabfluss daraufhin auf einer, die voraussichtlichen tatsächlichen Abflussverhältnisse eher widerspiegelnden Bemessungsgrundlage berechnet (siehe Tab. 4).

Auch wenn die in Tabelle 4 dargelegten Ergebnisse eine Abflussverringerung nach dem Bau der geplanten PVA aufzeigen, sollten in Bezugnahme auf die in Abschnitt 1 formulierte Zielvorgabe einer möglichst frühzeitigen Gefahrenabwehr bei Starkregenereignissen sowie einem effektiven Wasserrückhalt auf der Fläche Maßnahmen zur Verlangsamung und Minderung des Abflusses auf der Fläche ergriffen werden. Dies ist auch unter der Maßgabe zu betrachten, möglichst viel Wasser auf der Fläche durch Versickerung zurückzuhalten und somit das Wasser in der Landschaft zu halten.

5.1 Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung der Auswirkungen des Eingriffs im Bereich der geplanten PVA Münchweiler

5.1.1 Maßnahmen zur Verzögerung und Reduzierung des Oberflächenabflusses

In Abbildung 18 werden die für den Bereich der geplanten PVA Münchweiler zu treffenden Maßnahmen zur Verzögerung und Verringerung des Oberflächenabflusses dargestellt. Zur Verlangsamung des Abflusses entlang bereits vorgegebener Abflussbahnen, sollen begrünte Abflussrinnen (siehe u. a. DWA 2015, LINK & WEGENER 2020, SCHÜLER et al. 2007, SEIBERT & AUERSWALD 2020 sowie VOß et al. 2010) angelegt werden.

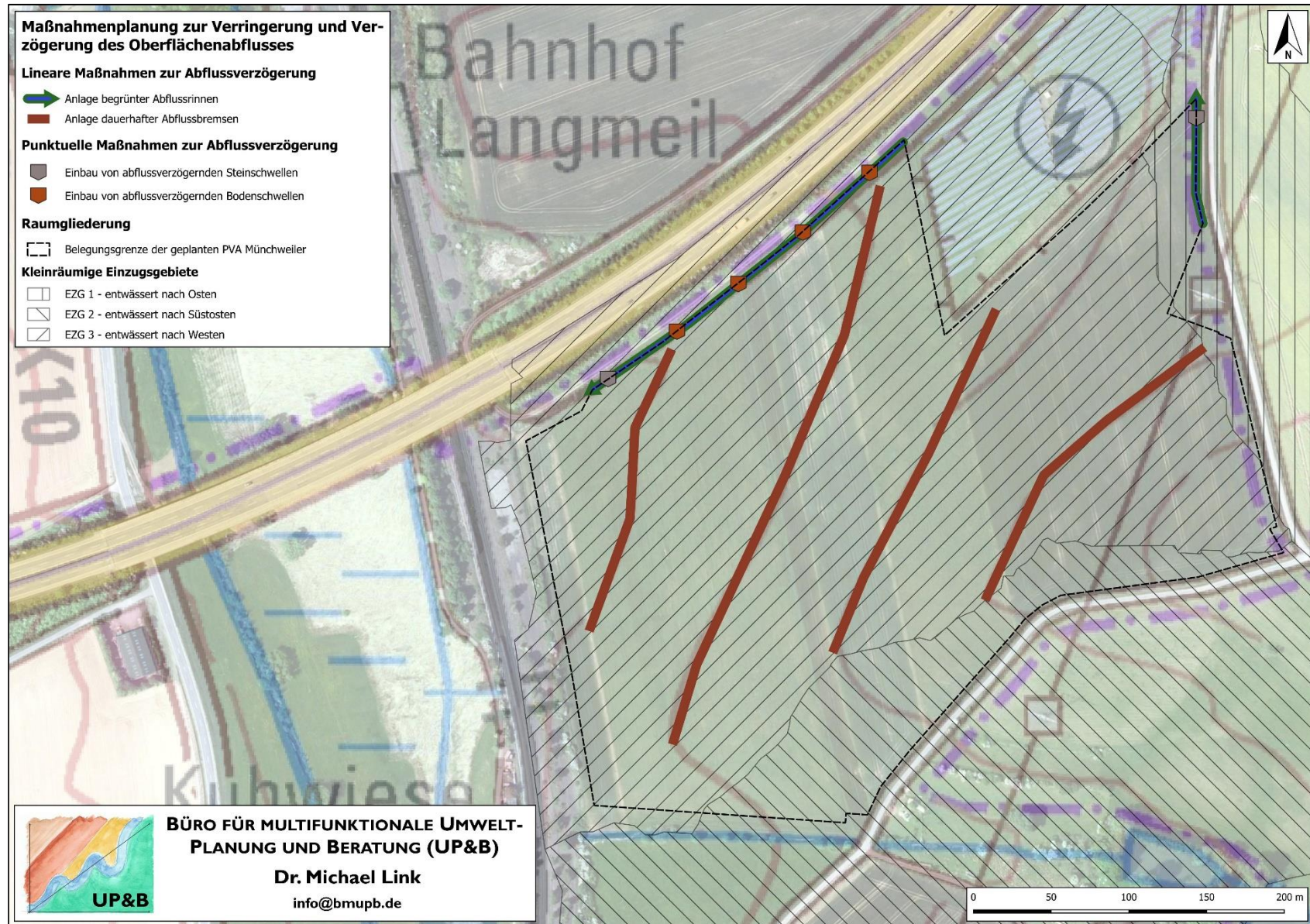


Abb. 18: Maßnahmenplanung zur Verringerung und Verzögerung des Abflusses im Bereich der geplanten PVA Münchweiler (Quelle: UP&B)

Die begrünten Abflussrinnen sollen insgesamt ca. 2 bis 3 m (max. 4 m) breit sein, wobei die Seitenböschungen mit einer überfahrbaren Neigung von ca. 1 : 10 anzulegen sind. Die Tiefe einer befahrbaren begrünten Abflussrinne sollte bei ca. 30 cm liegen und 50 cm nicht überschreiten (siehe hierzu u. a. VOß et al. 2010). Wichtig hierbei ist, dass die Abflussrinnen noch gepflegt werden können. Als Pflegemaßnahme kommen Mahd oder Mulchen in Frage. Es ist empfehlenswert, die Abflussrinnen nur einmal pro Jahr zu pflegen.

Die abflussreduzierende Wirkung einer begrünten Mulde definiert sich primär über die Erhöhung der Oberflächenrauigkeit. Die Abflussminderung gegenüber nicht begrünten Abflusswegen wird auf 70 bis 90 % beziffert (siehe u. a. SEIBERT & AUERSWALD 2020 sowie VOß et al. 2010).

Durch den Ausbau der Abflusswege in Rinnenform wird die zur Infiltration zur Verfügung stehende Fläche erhöht. Eine breite und flache Sohle der Abflussrinne führt dazu, dass das Niederschlagswasser entsprechend auf breiter Front abfließen kann, wodurch wiederum die Versickerung des Wassers erhöht wird.

Um die abflussmindernde Wirkung der begrünten Abflussrinnen noch zu erhöhen, sind quer zur Abflussrichtung Abflussschwellen einzubauen. Diese sollen als begrünte Erdwälle oder als aus Natursteinen aufgebaute Steinschwellen ausgeführt werden (siehe die entsprechende Einteilung in Abb. 18).

Alternativ zu einer Steinschüttung aus Natursteinen können v. a. bei geringerer Hangneigung Steinmatratzen verwendet werden (siehe Abb. 19).



Abb. 19: Verzögerung der Abflussgeschwindigkeit entlang einer begrünten Abflussrinne mittels Einbau von Steinmatratzen (Quelle: OVB 2023)

Der Abstand der Schwellen sollte ca. 25 bis 30 m betragen und richtet sich primär nach dem Geländegefälle. Je geringer die Hangneigung ist, desto weiter auseinander können die Schwellen angelegt werden. Die Anlage der Erdwälle sowie der Steinschwellen ist beim Bau der PVA vor Ort mit der Baubegleitung (siehe Abschn. 5.1.3) abzustimmen.

Die in Abbildung 18 dargestellten Abflussbremsen sind ähnlich aufzubauen wie die begrünten Abflussrinnen. Die Abflussbremsen sollen quer zum Hang verlaufen und möglichst den Höhenlinien folgen. Die als Grasmulden anzulegenden Rinnen sollten nicht tiefer als 30 cm mit einer Baggerschaufel von oben nach unten angelegt werden. Der Bodenaushub ist unterhalb der Grasmulden als flacher Wall abzulegen.

Die Mulden sollen so angelegt werden, dass diese mit den PVA-Modulen überbaut werden können. Bei der Anlage der Abflussbremsen ist darauf zu achten, dass diese baldmöglichst wieder begrünt werden, um Bodenerosion weitmöglichst zu vermeiden.

Bei Starkregenereignissen kann durch die Anlage von abflussmindernden Grasschwellen bereits im Oberhangbereich dazu beigetragen werden, dass sowohl die Abflussmenge als auch die Abflussgeschwindigkeit reduziert wird. In den neu anzulegenden Geländemulden kann darüber hinaus zuströmendes Wasser versickern, wodurch neben der Reduzierung der Abflussmenge im Oberhangbereich auch zur Grundwassermehrung beigetragen werden kann.

5.1.2 Maßnahmen zum vorsorgenden Bodenschutz

Im Rahmen der Maßnahmen zur Verzögerung und Reduzierung des Oberflächenabflusses ist bei der Umsetzung der diesbezüglichen Maßnahmen auch der vorsorgender Bodenschutz zu beachten. Die gesetzlichen Grundlagen sind dem Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) sowie insbesondere den Abschnitten 2 und 3 der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) zu entnehmen.

Besonders durch die Anlage der vorzusehenden begrünter Abflussrinnen und Abflussbremsen kommt es zur Umlagerung von Böden. Für Ausbau, Trennung und Zwischenlagerung von Bodenmaterial sind grundsätzlich die Maßgaben der DIN 19639 sowie der DIN 19731 zu beachten. Die Umlagerungseignung von Böden richtet sich insbesondere nach den Vorgaben des Abschnitts 5.3 der DIN 19639 sowie des Abschnitts 7.2 der DIN 19731. Es ist auf einen schichtweisen Ausbau (und späteren Einbau) von Bodenmaterial zu achten. Oberboden ist getrennt vom Unterboden auszubauen, zwischenzulagern und zu verwerten, wobei Aushub und Lagerung des Bodens gesondert nach Humusgehalt, Feinbodenarten und Steingehalt zu erfolgen hat.

Die Umlagerungseignung (Mindestfestigkeit) von Böden richtet sich nach dem Feuchtezustand des Bodens. Es darf kein sehr feuchtes, nasses sowie sehr nasses Bodenmaterial umgelagert werden. Böden mit weicher bis breiiger Konsistenz – stark feuchte (Wasseraustritt beim Klopfen auf den Bohrstock) bis nasse (Boden zerfließt) Böden – dürfen nicht ausgebaut und umgelagert werden (siehe DIN 19639, Tab. 2 u. DIN 19731, Tab. 4; siehe hierzu auch nachfolgende Tab. 5). Fühlt sich eine frisch freigelegte Bodenoberfläche feucht an, enthält aber kein freies Wasser, ist der Boden ausreichend abgetrocknet und kann umgelagert werden. In Zweifelsfällen ist mit der Bodenkundlichen Baubegleitung (siehe Abschn. 5.1.3) Rücksprache zu halten.

Wie in Abschnitt 3.2.3 zur Bewertung des Eingriffs auf das Schutzgut Boden angesprochen, bestehen im Eingriffsbereich der geplanten PVA Münchweiler Gefährdungen des Bodens in Hinsicht auf schädlichen Bodenabtrag (Bodenerosion) sowie Bodenverdichtung. Die Gesamtbewertung des Eingriffs hinsichtlich des vorsorgenden Bodenschutzes kommt in Abschnitt 3.2.3.3 zum Schluss, dass die Böden v. a. im östlichen, stärker geneigten Teilbereich der geplanten PVA Münchweiler erosionsgefährdet sind.

Da die begrünter Abflussrinnen in Hangrichtung verlaufen, ist darauf zu achten, dass es beim Bau zu keinen Bodenverlusten sowie Austrägen von Bodenmaterial, insbesondere auch in benachbarte Flächen, kommt. Hierzu ist darauf zu achten, dass die vorgesehenen Boden- sowie Steinschwellen bereits bei der

Profilierung der Abflusssrinnen eingebaut werden. Bodenabtrag ist auch durch eine schnellstmögliche Begrünung der Abflusssrinnen direkt nach deren Anlage zu vermeiden (BLUME 2004).

Um bereits während der Bauarbeiten signifikante Bodenabträge auf stark geneigten Teileingriffsflächen zu vermeiden und zu mindern, sollen diese mit einer geeigneten, regionaltypischen Ansaatmischung noch vor Abschluss der gesamten Bauarbeiten begrünt werden. Hierzu ist eine standortgerechte, regionaltypische und zertifizierte Ansaatmischung einzusetzen. Da die Einsaatflächen keiner landwirtschaftlichen Nutzung unterliegen, ist nach § 40 (4) BNATSCHG, darauf zu achten, dass keine gebietsfremden Arten verwendet werden. Dies kann nur sichergestellt werden, wenn zertifiziertes Saatgut regionaler Herkunft verwendet wird, wie es Saatgutmischungen z. B. mit dem „VWWRegiosaat“ oder dem „RegioZert“-Siegel gewährleisten.

Die Verdichtungsempfindlichkeit der Böden ist v. a. im westlichen Teil der geplanten PVA-Fläche Münchweiler als hoch einzustufen. Wie bereits angesprochen, sind zur Vermeidung von Bodenverdichtungen die oben genannten Maßgaben zur Umlagerungseignung von Böden zu beachten.

Sollte beim Bau der PVA Münchweiler Boden zwischengelagert werden, ist die Mietenhöhe des humosen Oberbodenmaterials auf höchstens 2 m zu begrenzen (DIN 19731), um eine Verdichtung des Bodens durch Auflast zu vermeiden. Die Bodenmieten sind zu profilieren und zu glätten ohne verdichtet zu werden. Eine Befahrung der Bodenmieten hat zu unterbleiben. Bei einer Lagerungsdauer des Bodens über sechs Monaten und mehr sind die Mieten mit tiefwurzelnden, winterharten und stark wasserzehrenden Pflanzen (z. B. Luzerne od. Waldstauden-Roggen) zu begrünen. Die Begrünung hat in Absprache mit der Bodenkundlichen Baubegleitung (siehe Abschn. 5.1.3) zu erfolgen.

Die an den direkten Eingriffsbereichen zur Anlage der begrünten Abflusssrinnen sowie der Abflussbremse angrenzenden, nicht vorbelasteten Bereiche sind vor Verdichtung zu schützen. Es ist dafür zu sorgen, dass diese Areale nicht in ihrer Bodenfunktion beeinträchtigt bzw. bei irreversibler Verdichtung funktional zerstört werden.

Die genannten Maßgaben zum vorsorgenden Bodenschutz gelten für den gesamten Modulbelegungsreich der geplanten PVA Münchweiler. Auch beim Einbau der Unterkonstruktionen ist darauf zu achten, dass vermeidbare Bodenabträge sowie Bodenverdichtungen verhindert werden. Sollten durch den Bau der PVA Münchweiler wider Erwarten signifikante Bodenverdichtungen erfolgen, so sind die betroffenen Bodenflächen mit geeigneten Geräten zur Unterbodenlockerung wieder in ihre natürliche Bodenstruktur zurückzuführen. Eventuell zu ergreifende Maßnahmen zur Unterbodenlockerung sind mit der Bodenkundlichen Baubegleitung (siehe Abschn. 5.1.3) abzusprechen.

Es wird empfohlen, die PVA Münchweiler im Sinne der Kreislaufwirtschaft masseneutral zu errichten. Eventuell überschüssiges Bodenmaterial sollte wenn möglich wieder auf der Eingriffsfläche eingebaut werden, wobei die genannten Maßgaben zu Ausbau, Trennung und Umlagerungseignung der Böden zu beachten sind.

5.1.3 Bodenkundliche sowie wasserbauliche Baubegleitung

Um eine möglichst bodenschonende sowie reibungslose Durchführung der geplanten Baumaßnahmen zur Errichtung der PVA Münchweiler gewährleisten zu können, wird auf Grundlage der Bundesboden-

schutzverordnung (BBodSchV) eine Bodenkundliche Baubegleitung (BBB) vorgeschlagen (siehe hierzu auch Abschn. 7 der DIN 19639).

Die Aufgabe der Bodenkundlichen Baubegleitung besteht zum einen in der Überprüfung der im Genehmigungsbescheid festgelegten Auflagen sowie in der Dokumentation des Baufortschritts. Zum anderen steht die BBB in ständigem Kontakt mit der Bauleitung, um möglichst schnell und effektiv bodenschutzrelevante Fragestellungen klären zu können, welche insbesondere mit den obenstehenden Maßnahmen zum vorsorgenden Bodenschutz in Zusammenhang stehen. Die BBB soll durch beratende Tätigkeit vor Ort dazu beitragen, bereits während des Baus der geplanten PVA dem nach BBSchG und BBSchV verankerten vorsorgenden Bodenschutz Geltung zu verschaffen und mögliche Bodenschäden in einem frühen Stadium zu verhindern bzw. abzumildern.

Sollte darüber hinaus die Notwendigkeit einer Baubegleitung in Hinsicht auf die vorgesehenen Maßnahmen zum Rückhalt sowie zur Verzögerung des Oberflächenwasserabflusses bestehen, wird empfohlen eine wasserbauliche Baubegleitung einzusetzen.

5.2 Wirkprognose für die Umsetzung der Baumaßnahmen zur PVA Münchweiler in Hinsicht auf Abflussverhalten und vorsorgenden Bodenschutz

Die in den vorangegangenen Ausführungen genannten Maßnahmen zur Verzögerung und Reduzierung des Oberflächenabflusses auf der Eingriffsfläche der geplanten PVA Münchweiler tragen der in der Stellungnahme der Regionalstelle Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz Kaiserslautern der Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd (SGD SÜD 2023, S. 5) genannten Zielsetzung, wonach „umliegende Ortslagen und Infrastrukturen bestmöglich vor Schäden durch Sturzfluten zu schützen“ sind, „indem der Hochwasserabfluss durch Rückhaltemaßnahmen im Außenbereich möglichst frühzeitig reduziert wird“ Rechnung. Durch die im vorliegenden Gutachten genannten Maßgaben ist es durch Maßnahmen zum Wasserrückhalt auf der Fläche möglich, den Oberflächenabfluss bei Starkregen frühzeitig zu bremsen bzw. zu reduzieren. Darüber hinaus werden Maßnahmen zur Erhöhung der Versickerung und Regenverdaulichkeit formuliert, welche zur Grundwassermehrung beitragen.

Die über das Gutachten erarbeiteten Aussagen zur Starkregenvorsorge sind nicht mit einem vollumfassenden Hochwasserschutzkonzept für den Ort Münchweiler a. d. Alsenz gleichzusetzen. Hierfür wäre ein gesonderter Ansatz im Sinne eines Hochwasserschutzkonzeptes notwendig. Die im vorliegenden Gutachten dargelegten bzw. dargestellten Abflussprognosen stellen einen auf derzeitigem Wissensstand basierenden statistisch begründeten Anhaltswert dar. Außerdem könnten durch den fortschreitenden Klimawandel Starkregenereignisse noch häufiger und stärker auftreten als bisher erwartet. Die durch den Klimawandel induzierten Veränderung der Stärke und Häufigkeit von Starkregenereignissen sind jedoch nicht verlässlich vorherzusagen. Über die im vorliegenden Gutachten getroffenen Prognosen hinausgehende Starkregenereignisse sind als höhere Gewalt einzustufen.

In der Stellungnahme der SGD SÜD (2023) wird eine, über die Betrachtung des Abflussgeschehens im Bereich der geplanten PVA Münchweiler hinausgehende, bodenfunktionale Bewertung der Eingriffsfläche gefordert. Die Gefährdung der Böden durch den Bau der geplanten PV-Anlage kann minimiert werden, wenn die Anlage der begrünten Abflussrinnen und der Abflussbremse inkl. der Erd- und Steinschwellen

sowie der Bau der Unterkonstruktion der Module mit den dafür notwendigen Bodenumlagerungen (Ein- u. Ausbau von Böden) sowie die Montage der PV-Module bei möglichst trockener Witterung und somit bei trockenen bis feuchten Bodenverhältnissen durchgeführt wird. In diesem Falle kann der Eingriff in das Schutzgut Boden sowohl aus Sicht der Erhaltung und Sicherung der natürlichen Bodenfunktionen und in Hinsicht auf eine Folgenutzung als pflanzenbaulicher Produktionsstandort sowie der Abwehr von Gefahren der Bodenverdichtung und Bodenerosion als unbedenklich eingestuft werden.

Sollte sich der Feuchtezustand der Böden im betreffenden Bauzeitraum nicht in dem für die Umlagerung (Mindestfestigkeit) von Böden geeigneten Bereich bewegen – es darf kein sehr feuchtes, nasses sowie sehr nasses Bodenmaterial umgelagert werden – ist der Baufortschritt im Einzelnen mit der Bodenkundlichen Baubegleitung abzustimmen.

6 LITERATUR UND DATENQUELLEN

6.1 Bücher, Zeitschriftenartikel, Leitfäden und Gutachten

- AD-HOC-AG BODEN (2007): Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung.
- BBP – BBP STADTPLANUNG – LANDSCHAFTSPLANUNG: FREIE STADTPLANER PARTGMBH (2023): Gemeinde Münchweiler an der Alsenz – Bebauungsplan „PV-Anlage Stockwiese“: Begründung gem. § 9 Abs. 8 BauGB – Teil B: Umweltbericht gem. § 2 a Nr. 2 BauGB, Vorentwurf I 29.03.2023, Mannheim.
- BLUME, H.-P. (2004) (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und -belastung – Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 3. Aufl., Landsberg am Lech.
- FISHER, R.; HOBGEN, S.; MANDAYA, I.; KAHN, N. R. & ZULKARNAIN (2017): Satellite image analysis and terrain modelling – A practical manual for natural resource management, disaster risk and development planning using free geospatial data and software. – Casuarina & Sulawesi Tenggara.
- HLUG & LGB RLP (2008): Großmaßstäbige Bodeninformationen für Hessen und Rheinland-Pfalz. Auswertung von Bodenschätzungsdaten zur Ableitung von Bodenfunktionen und -eigenschaften. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie sowie Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Wiesbaden.
- JUNGHÄNEL, TH.; OSTERMÖLLER, J. & TH. DEUTSCHLÄNDER (2023): KOSTRA-DWD-2020 – Hinweise und Hilfestellungen zur Verwendung des KOSTRA-DWD-Datensatzes Version 2020. – Deutscher Wetterdienst Abteilung Hydrometeorologie, Offenbach.
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2011): Archivböden – Empfehlungen zur Bewertung und zum Schutz von Böden mit besonderer Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte.
- LESER, H & H.-J. KLINK (1988) (Hrsg.): Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25 000 (KA GÖK 25). – Forschungen zur deutschen Landeskunde, Trier.
- LINK, M. (2024): Projekt Photovoltaikanlage Münchweiler a. d. Alsenz – Stellungnahme zum Abstimmungstermin mit der SGD Süd bzgl. Starkregengefahren im Bereich der PV-Anlage „Stockwiese“ am 23.04.2024. – Hüttenberg.
- LINK, M. & P. HILGERT (2022): Endbericht zum boden:ständig-Projekt „Bad Berneck – Bindlach – Goldkronach“ für das Projekt-Teilgebiet „Goldkronach“. – Hüttenberg,
- LINK, M. & P. HILGERT (2023): Endbericht zum boden:ständig-Projekt „Reichartshausen“ – Bestandserfassung und Bewertung von Abflusswegen und Erosionsgefährdung sowie Maßnahmenvorschläge zur Verzögerung des Oberflächenabflusses und zur Minderung der Wassererosion. – Hüttenberg.
- LINK, M. & O. WEGENER (2020): Abschlussbericht zur Konzeptstudie Boden- und Erosionsschutz im Kahlgrund- Spessart. – Hüttenberg.
- MISHRA S. K & V. P. SINGH (2003): Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. – Water Science and Technology Library 42, Dordrecht.
- OVb - OVb GmbH & Co. KG (2023): Alle ziehen an einem Strang – „Boden:ständig“-Preis für Teilnehmergemeinschaft Pelhamer See. – <https://www.ovb-online.de/rosenheim/chiemgau/ro-ch-gem>, letzter Zugriff am: 18.10.2023
- SCHÜLER, G.; GELLWEILER, I. & S. SEELING (Hrsg.) (2007): Dezentraler Wasserrückhalt in der Landschaft durch vorbeugende Maßnahmen der Waldwirtschaft, der Landwirtschaft und im Siedlungswesen. – Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie u. Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 64/07.
- SEIBERT, S. P. & K. AUERSWALD (2020): Hochwasserminderung im ländlichen Raum – Ein Handbuch zur quantitativen Planung. – Berlin.
- SAUER, S. & T. HARRACH (2000): Rooting and available water capacity of soils as regulators of ecological soil functions. – Mitteilungen Deutschen Bodenkundlichen Ges. 93, S. 200-203, Oldenburg.

SGD SÜD – STRUKTUR- UND Genehmigungsdirektion SÜD (2023): Stellungnahme gem. § 4 Baugesetzbuch – Vollzug des Baugesetzbuches (BauGB): Aufstellung des Bebauungsplanes „PV-Anlage Stockwiese“ der Gemeinde Münchweiler an der Alsenz – Beteiligung gem. § 4 Abs. 1 BauGB, Kaiserslautern.

VOß, J.; SCHWAN, A.; HEYNE, W. & N. MÜLLER (2010): Erosionsschutz in reliefbedingten Abflussbahnen – Entwicklung von Umsetzungsstrategien und -planungen für eine natur- und bodenschutzgerechte dauerhafte Begrünung von besonders erosionswirksamen Abflussbahnen. – Schriftenreihe LfULG 13, Freiberg.

WINTERRATH, T.; JUNGHÄNEL, TH.; LENGFELD, K.; WALAWENDER, E. & E. WEIGL (2023): Starkregenereignisse im urbanen Raum – Monitoring auf Basis von Messstationen und Wetterradar. – Promet 106, Offenbach.

6.2 Gesetze, Richtlinie und Verordnungen

BauGB – Baugesetzbuch – vom 3. November 2017 (BGBl. I, S. 3634) – zuletzt geändert am 4. Januar 2023 (BGBl. I, Nr. 6).

BBodSchG – Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sicherung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) – vom 17. März 1998 (BGBl. I, S. 502) – zuletzt geändert am 27. September 2017 (BGBl. I, S. 3465, 3505).

BBodSchV – Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung – vom 16. Juli 2021 (BGBl. I S. 2716).

BNatSchG – Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) – vom 29. Juli 2009 (BGBl. I, S. 2542) – zuletzt geändert am 08. Dezember 2022 (BGBl. I, S. 2240).

DIN 19639: Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben. – Ausgabedatum: 09/2019, Berlin.

DIN 19708: Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG – Entwurf. – Ausgabedatum: 08/2017, Berlin.

DIN 19731: Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial und Baggergut – Entwurf. – Ausgabedatum: 07/2021, Berlin.

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (2015): Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung. – Merkblatt DWA-M 550, Hennef.

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (2017): Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer. – Arbeitsblatt DWA-A 531 – korrigierte Fassung, Hennef.

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (2021): Bodenerosion durch Wasser – Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen. – Merkblatt DWA-M 921, Hennef.

6.3 Datengrundlagen

LVERMGEO – LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOBASISINFORMATION RHEINLAND-PFALZ (2023): Open Data – Freie Daten und Dienste der Vermessungs- und Katasterverwaltung Rheinland-Pfalz. – <https://lvermgeo.rlp.de/de/geodaten-geoshop/opendata/>, letzter Zugriff am: 22.09.2023.

MKUEM – MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, ENERGIE UND MOBILITÄT RHEINLAND-PFALZ (2024): Starkregenkarte. – <https://geoportal-wasser.rlp-umwelt.de/servlet/is/10081/>, letzter Zugriff am: 24.05.2024.