

# **Main-Spessart-Solar GmbH**



**Mömlingen - Freiflächen PV-Anlage  
Untersuchung des Regenwasserabflusses  
bei unterschiedlichen Bodennutzungen**

Mai 2022

<b>INHALT</b>	<b>SEITE</b>
<b>1</b> <b>Veranlassung und Aufgabenstellung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Literatur und Unterlagen</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b> <b>Bestehende Verhältnisse und Randbedingungen</b> .....	<b>3</b>
3.1    Lage des Planungsgebietes .....	3
3.2    Schutzgebiete.....	3
3.3    Grundwasser .....	4
3.4    Boden.....	5
<b>4</b> <b>Photovoltaik-Anlage</b> .....	<b>5</b>
4.1    Bauliche Ausführung .....	5
4.2    Bewirtschaftung.....	6
<b>5</b> <b>Literaturstudie</b> .....	<b>7</b>
<b>6</b> <b>Fliessweganalyse mit digitalem Geländemodell</b> .....	<b>10</b>
<b>7</b> <b>Abflussmodellierung Aussengebiet</b> .....	<b>11</b>
7.1    Modell.....	11
7.2    Abflussverhalten von Modultischen .....	11
7.3    Variantenbetrachtung .....	12
7.4    Parameter.....	12
7.5    Regen.....	12
7.6    Ergebnisse der Modellierung .....	13
7.6.1   Modellierung 1-jährlicher Blockregen.....	13
7.6.2   Modellierung 5-jährlicher Blockregen.....	14
7.6.3   Bewertung der Ergebnisse .....	16
<b>8</b> <b>Zusammenfassung und Empfehlung</b> .....	<b>16</b>

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>SEITE</b>
Abbildung 1: Lage des Planungsgebietes für die Photovoltaik-Anlage. (Google, 2022, bearbeitet) .....	1
Abbildung 2: Lage Landschaftsgebiet LSG-BAY-01. (Geoportal Bayern, 2022).....	3
Abbildung 3: Lage der Grundwassermessstelle S3 Mömlingen. (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2022) .....	4
Abbildung 4: Böden im Planungsgebiet. (BayernAtlas, 2022).....	5
Abbildung 5: Solarmodule Canadian Solar.....	6
Abbildung 6: Flächenbelegung Solarmodule. (BayernAtlas, 2022, bearbeitet).....	6
Abbildung 7: PV-Anlage nach Montage.....	7
Abbildung 8: Einzugsgebiet mit Planungsgebiet PV-Anlage. (BayernAtlas, 2022, bearbeitet) .....	10
Abbildung 9: Relief- und Fließwegkarte des Einzugsgebietes mit Planungsgebiet PV-Anlage.....	11
Abbildung 10: Regenabfluss von Modultisch. (Jahanfar et al., 2019).....	12
Abbildung 11: Abflusskurven aus Aussengebiet Getreide – 1-jährlicher Regen.....	13
Abbildung 12: Abflusskurven aus Aussengebiet Weide – 1-jährlicher Regen.....	14
Abbildung 13: Abflusskurven aus Aussengebiet Getreide – 5-jährlicher Regen.....	15
Abbildung 14: Abflusskurven aus Aussengebiet Weide – 5-jährlicher Regen.....	15
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>SEITE</b>
Tabelle 1: Niederschlagsdaten für Blockregen (Kostra-Atlas, 2010).....	13
Tabelle 2: Vergleich Abflusssummen Aussengebiet Getreide - Weide - 1-jährlicher Niederschlag.....	14
Tabelle 3: Vergleich Abflusssummen Aussengebiet Getreide - Weide - 5-jährlicher Niederschlag.....	16

## 1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die Gemeinde Mömlingen plant die Erschließung einer ca. 16 ha großen Photovoltaik-Anlage im Bereich nördlich der Kreuzstraße. Im Bestand werden die Flächen des geplanten Standortes landwirtschaftlich genutzt. (Abbildung 1)



**Abbildung 1: Lage des Planungsgebietes für die Photovoltaik-Anlage. (Google, 2022, bearbeitet)**

Im Rahmen der frühzeitigen Beteiligung der Anwohner hat die Gemeinde Mömlingen im Oktober 2021 eine Bürgerversammlung durchgeführt, in welcher das geplante Projekt vorgestellt wurde. Im Nachgang der Versammlung wurden Bedenken bezüglich der Gefahr eines erhöhten Hochwasserabflusses bzw. einer erhöhten Sturzflutgefahr durch die Errichtung der PV-Anlage geäußert. Aus diesem Grunde wünscht die Gemeinde Mömlingen sowie die Main-Spessart-Solar GmbH eine Betrachtung hinsichtlich der Änderung des Regenwasserabflusses durch die Errichtung der Anlage.

Neben einer Analyse der geologischen Verhältnisse bezüglich der Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens wurde eine Bewertung der bisherigen Bepflanzung des Standortes sowie der geplanten Bepflanzung durchgeführt. Begleitend wurde eine Literaturstudie bezüglich vorhandener Leitfäden und Untersuchungen zur generellen Bepflanzung bzw. Bewirtschaftung von PV-Parks sowie zu den Auswirkungen von PV-Parks auf wasserwirtschaftliche Belange (z.B. Versickerungsfähigkeit, Abfluss Starkregen, Bodenerosion usw.) erstellt. Die Auswertung eines digitalen Geländemodells des Standortes sowie der Umgebung soll Aufschluss über mögliche Fließ-

wege von Regenwasser geben. Eine Abflussmodellierung des Planungsgebietes erfolgte unter Berücksichtigung der bisherigen Bepflanzung und der geplanten Bepflanzung. Sie zeigt im Wesentlichen die Veränderung des Abflussverhaltens aus dem Aussengebiet aufgrund der veränderten Bepflanzung im Zuge des Baus der PV-Anlage.

## 2 LITERATUR UND UNTERLAGEN

- Badelt, O., Niepelt, R., Wiehe, J., Matthies, S., Gewohn, T., Stratmann, M., Haaren, C. v. (2020). Integration von Solarenergie in die. Hannover: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz.
- BGS Wasser (2021), MOMENT 10, Modellierung von Mischwasserentlastungen, Dokumentation, Teil II Benutzerhandbuch, Eberstadt.
- Deutscher Wetterdienst (2010), Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2010R, Mömlingen, Hannover.
- Fohrer, N., Haverkamp, S., Eeckhard, K., Frede, H.-G. (2001): Hydrologic Response to Land Use Changes on the Catchment Scale. Phys. Chem. Earth, Vol 26, No. 7-8. 577-582.
- Geographisches Informationssystem QGIS, <https://www.qgis.org/de/site/>.
- Gesellschaft für Geo- und Umwelttechnik Consulting mbH (2019), Geotechnische Erkundungen für den Neubau des Hallenbades in 63853 Mömlingen, Kirchrainstraße 38, Gutachten, Aschaffenburg.
- Hietel, P. D., Reichling, M. T., & Lenz, B. C. (2021). Leitfaden für naturverträgliche und biodiversitätsfreundliche Solarparks.
- Jahanfar, Ali; Drake, Jennifer; Sleep, Brent; Margolis, Liat (2019), Evaluating the shading effect of photovoltaic panels on green roof discharge reduction and plant growth. In: Journal of Hydrology 568, S. 919–928. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.11.019.
- Sachsen-Anhalt (2018), Bodenerosion und Sturzfluten Lokale Kooperation zwischen Landwirten und Gemeinden sowie weiteren Akteuren zur Vermeidung von Bodenerosion, Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau, Beratungsleitfaden, Schriftenreihe der LLG, Heft 1/2018, Bernburg.
- Seidel, N. (2008), Untersuchung der Wirkung verschiedener Landnutzungen auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion mit einem Simulationsmodell, Dissertation, TU Bergakademie Freiberg, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, Freiberg.
- Solarwirtschaft (2021), Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen, BSW — Bundesverband Solarwirtschaft e. V., Berlin

### 3 BESTEHENDE VERHÄLTNISS E UND RANDBEDINGUNGEN

#### 3.1 Lage des Planungsgebietes

Das Planungsgebiet der PV-Anlage liegt im Nordosten des Marktes Mönchberg auf einer geodätischen Höhe von 261 – 223 m über dem Meeresspiegel im Gebiet der Lichten Platte. (Abbildung 1) Das Gelände weist eine Gesamtfläche von rund 1,53 ha auf und wurde bisher landwirtschaftlich genutzt. Nach Aussage des zuständigen Landwirtes wurden im Fruchtwechsel jeweils Getreide (Weizen und Roggen), Raps sowie in seltenen Fällen Mais angebaut.

#### 3.2 Schutzgebiete

Das Gewerbegebiet befindet sich nördlich des Landschaftsschutzgebietes LSG-BAY-01 (Abbildung 2) und außerhalb von

- Natur- oder Vogelschutzgebieten
- Flora-Fauna Habitaten
- Biosphärenreservaten
- Nationalparks
- Grundwasserschutzgebieten

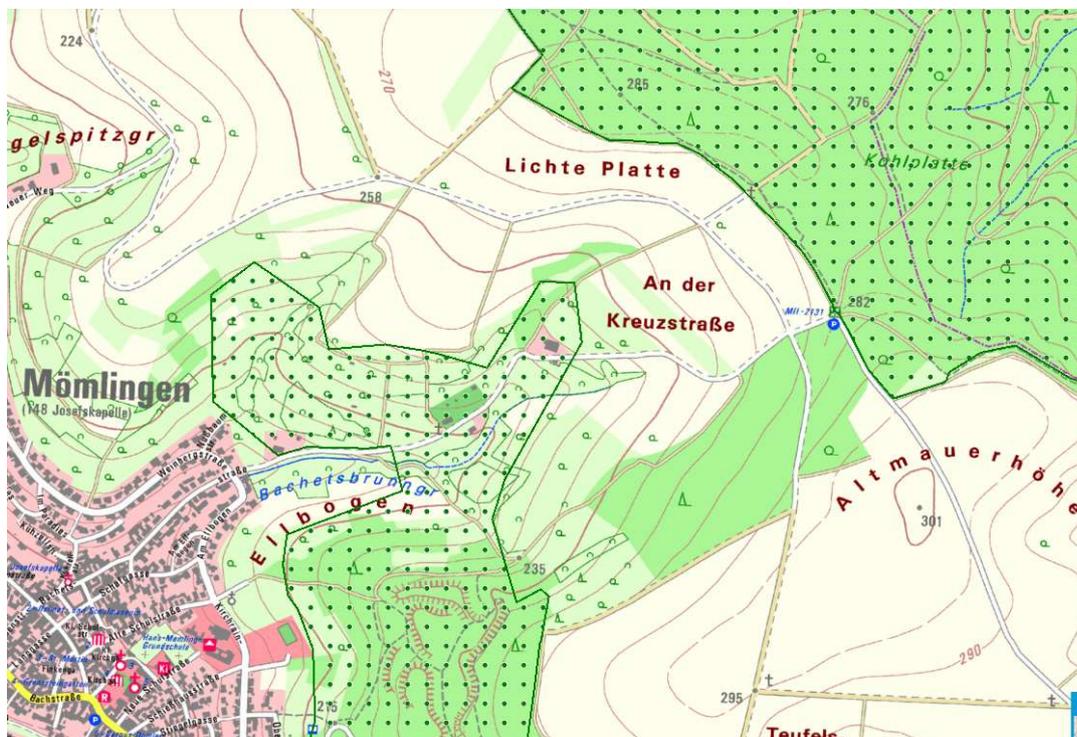


Abbildung 2: Lage Landschaftsgebiet LSG-BAY-01. (Geoportal Bayern, 2022)

Das Planungsgebiet liegt in keinem vom Land Bayern ausgewiesenen Überschwemmungsgebiet. (UmweltAtlas Naturgefahren, 2022)

### 3.3 Grundwasser

Die Lage des Grundwassers im betrachteten Planungsgebiet ist durch den Pegel Mömlingen S3 des Wasserwirtschaftsamtes Aschaffenburg dokumentiert. Der Pegel befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Planungsgebiet. (Abbildung 3)



**Abbildung 3: Lage der Grundwassermessstelle S3 Mömlingen. (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2022)**

Messstellen-Nr.: 4171  
Landkreis: Miltenberg  
Betreiber: Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg

Grundwasserleiter: Unterer Buntsandstein  
Geländehöhe: 261,76 m ü. NN  
Beobachtet seit: 1999  
Ostwert: 506542 (ETRS89 / UTM Zone 32N)  
Nordwert: 5524051

Höchster Wasserstand seit 1999: 174,51 m ü. NN  
Mittlerer Wasserstand seit 1999: 158,02 m ü. NN  
Niedrigster Wasserstand seit 1999: 149,03 m ü. NN

Aktueller Grundwasserstand (01.05.2022): 152,98 m ü. NN

Damit befindet sich der aktuelle Grundwasserstand rund 108 m unter der Geländeoberkante.

### 3.4 Boden

Die Bodenkarte des BayernAtlas zeigt im Bereich der geplanten PV-Anlage sandige Böden mit Lehm- und Lösanteilen. (Abbildung 4) Ein Bodengutachten der Gesellschaft für Geo- und Umwelttechnik Consulting mbH aus Aschaffenburg für den Neubau des Hallenbades in der rund 800 m entfernten Kirchrainstraße 38 verzeichnete mit schluffigen Sanden und Schluffen ähnliche Böden. Hinsichtlich der Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden kann von kf-Werten zwischen  $1 \times 10^{-4}$  –  $1 \times 10^{-8}$  m/s ausgegangen werden. Ein detailliertes Bodengutachten aus dem Planungsgebiet lag zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht vor.

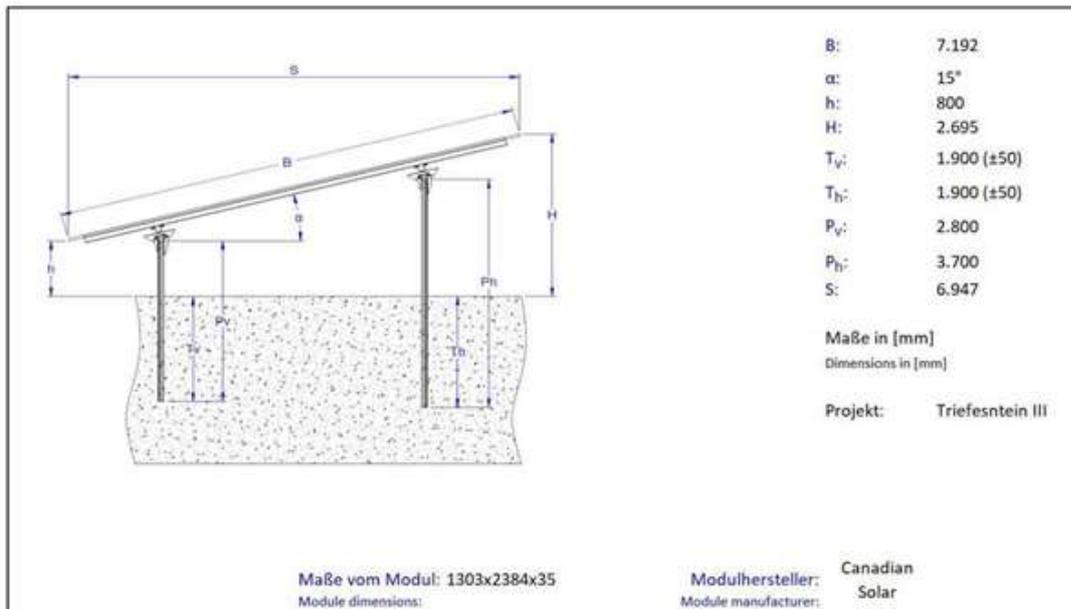


Abbildung 4: Böden im Planungsgebiet. (BayernAtlas, 2022)

## 4 PHOTOVOLTAIK-ANLAGE

### 4.1 Bauliche Ausführung

Auf dem Gelände der geplanten PV-Anlagen sollen die Module der Firma Canadian Solar eingesetzt werden. Die Abmessungen sind der Abbildung 5 zu entnehmen.



**Abbildung 5: Solarmodule Canadian Solar.**

Der Abstand zwischen den einzelnen Modulreihen beträgt rund 2 m. Abbildung 6 zeigt die Belegung der Planungsfläche mit den Solarmodulen.



**Abbildung 6: Flächenbelegung Solarmodule. (BayernAtlas, 2022, bearbeitet)**

## 4.2 Bewirtschaftung

Auf der bislang landwirtschaftlich genutzten Fläche wird zunächst Rasen eingesät und rund 8 Wochen anwachsen lassen. Anschließend wird die Fläche gemäht, wobei das Mähgut auf der Fläche verbleibt. Die Montage der Solarmodule erfolgt auf dem

angewachsenen Rasenboden. Langfristig wird die Fläche der PV-Anlage mit Schafen bewirtschaftet. Diese Form der Beweidung führt zu einer guten Durchwurzelung des Geländes und zu einer Verminderung des Erosionsrisikos. Abbildung 7 zeigt eine PV-Anlage nach der Montage.



**Abbildung 7: PV-Anlage nach Montage.**

## **5 LITERATURSTUDIE**

Im Rahmen einer Literaturstudie wurden Veröffentlichungen und Untersuchungen gesichtet, welche sich unter anderem mit dem Abflussverhalten und der Bodenerosion von PV-Anlagen beschäftigen. Die wesentlichen Erkenntnisse sind im Folgenden dokumentiert.

In Badelt et al. (2019) wird beschrieben, dass neben den Auswirkungen auf die Biodiversität sowie das Landschaftsbild PV-Anlagen auch den Boden und das Grundwasser beeinflussen können. Wie sich vor allem große Anlagen auf das Sickerverhalten, den Bodenwasserhaushalt und damit die Grundwasserneubildung auswirken wurde in Deutschland aber bislang kaum untersucht. Eine Übertragbarkeit der Ergebnisse internationaler Untersuchungen ist aufgrund der mitunter sehr verschiedenen Standortverhältnisse nur bedingt möglich. Generell bedeutet eine PV-Anlage für den Boden und den Wasserhaushalt eine deutliche Entlastung gegenüber einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung. Dies wirkt sich sowohl auf die Bodenfunktionen als auch auf die Grundwasserqualität aus. Während 30 bis 40 Jahren Laufzeit der Anlage erfolgt keine Bodenbearbeitung, Düngung oder Ausbringung von Pestiziden. Das Bodenleben kann sich über einen langen Zeitraum regenerieren und die Belastung des

Grundwassers reduziert sich. Auch hinsichtlich des Schutzes von Bächen vor Einträgen aus den landwirtschaftlichen Nutzungen können sich Vorteile ergeben, so dass die Freiflächenanlagen zum Erreichen der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie beitragen.

Badelt et al. (2019) führt weiter an, dass durch die Überschirmung und Tropfleitung der Modulfläche sich unter PV-Anlagen die Versickerung von Niederschlägen ändert. Abhängig von der Bauweise der Modultische kommt es zu ungleicher Verteilung des Wassers unter und neben den Modulen. Ein höherer Abstand der Module zum Boden wirkt einer unregelmäßigen Verteilung der Niederschläge entgegen und führt zu mehr pflanzenverfügbarem Wasser unter den Modulen. Aber auch Anpassungen in der Modulausrichtung zur Hauptwindrichtung sowie Variationen der Neigungswinkel oder bewegliche Modultische können Strategien zur Angleichung der Niederschlagsverteilung darstellen.

Hietel, Reichling, und Lenz (2021) beschreiben, dass ein intakter Boden nicht nur von Vorteil für die Pflanzen- und Tierwelt ist. Er kann auch überschüssiges Regenwasser aufnehmen und angrenzende Flächen vor Hochwassern schützen. Die Bepflanzung, aber auch die Pfähle der PV-Module, schützen den Boden dabei vor Erosion. An trockenen, erosionsgefährdeten Standorten kann daher auf tiefwurzelnde Arten zurückgegriffen werden. Bei der Auslegung des Solarparks sollte nicht die gesamte Fläche durch Module bedeckt werden. Besonders wichtig ist ein ausreichender Abstand zwischen den Modulreihen.

In der Veröffentlichung Solarwirtschaft (2021) wird dokumentiert, dass durch eine naturverträgliche Standortwahl und Ausgestaltung der Anlage sich Beeinträchtigungen im Boden- und Wasserhaushalt vermeiden oder erheblich reduzieren lassen. Es sollten je nach vorhandener Fläche während der gesamten Lebensdauer Maßnahmen ergriffen werden, welche negative Auswirkungen wie z.B. Risiken der Bodenerosion minimieren. Die Möglichkeit der Bodenerosion kann durch das von den großen Modulflächen ablaufende Niederschlagswasser entstehen. Sie ist naturgemäß bei starken Hanglagen, bindigen Böden mit geringer Versickerungsrate in Verbindung mit Starkregenereignissen relevant und muss durch geeignete Bepflanzungen entsprechend berücksichtigt werden. Mittels einer geschlossenen Vegetationsschicht werden die Erosion des Bodens und Nitratauswaschungen sowie die Euthrophierung von Gewässern verhindert und seine Filterwirkung gestärkt.

Der Beratungsleitfanden Bodenerosion und Sturzfluten des Landes Sachsen-Anhalt (2018) beschäftigt sich unter anderem mit den Einflussfaktoren der Bodenerosion, welche zumeist durch das Zusammentreffen verschiedener Einflussfaktoren ausgelöst und in seinem Ausmaß bestimmt wird. Hohe Niederschlagsmengen und -intensitäten bewirken das Ablösen von Bodenteilchen und verursachen Oberflächenabfluss. Wie stark Teilchen abgelöst werden, hängt von der Erosionsanfälligkeit des Bodens ab. So sind Lößböden stark erosionsanfällig. Dagegen stärken ein hoher Humusgehalt im Boden sowie gute Aggregierungs- und Wasserdurchlässigkeitseigenschaften

den Erosionswiderstand eines Bodens. Die Reliefeigenschaften eines Hanges zählen zu den wichtigsten Erosionsfaktoren. Je steiler ein Hang ist, umso eher und schneller fließt auftreffendes Niederschlagswasser oberflächlich hangabwärts. Der Prozess des Oberflächenabflusses wird durch große Hanglängen weiter verstärkt. Eine dichte Pflanzenbedeckung schützt den Boden vor Erosion und vermindert den Oberflächenabfluss. Umgekehrt erhöht sich in Phasen mit geringer Bodenbedeckung, zum Beispiel nach der Ernte das Erosionsrisiko deutlich.

Seidel (2008) schreibt in Ihrer Dissertation, dass die Ergebnisse ihrer Modellrechnungen zeigen, dass der Einfluss der Landnutzung auf Abfluss und Erosion mit zunehmend anthropogener Überprägung von Wald über Grünland / Direktsaat, konservierende Bewirtschaftung hin zur konventionellen Bewirtschaftung zunimmt. Der Nutzungseinfluss auf den Abfluss sinkt mit zunehmender Jährlichkeit des Niederschlagsereignisses. Während sich im Falle des 5-jährigen Extremereignisse der Abflussbeiwert zwischen vollständiger Bewaldung und konventioneller Bewirtschaftung um 100 % unterscheidet, liegt der Unterschied bei einem gemessenen realen Ereignis ( $h_n = 191 \text{ mm}$ ,  $D = 50 \text{ h}$ ) aus dem Jahr 2002 nur noch bei etwa 20 %.

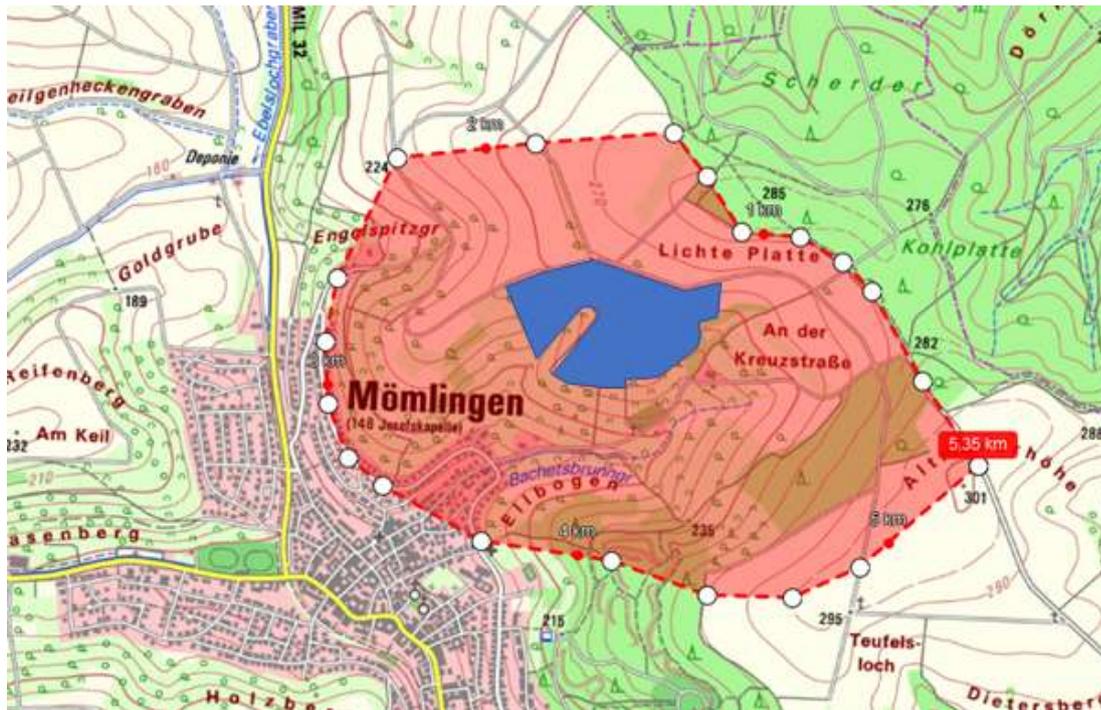
Die Modellrechnungen der Arbeit von Seidel (2008) bestätigen, dass die Landnutzung maßgeblichen Einfluss auf den Oberflächenabfluss und auf den Sedimenteintrag in Gewässer nimmt. Maßnahmen wie eine Erhöhung des Wald- sowie Grünland / Direktsaatanteils wirken sich reduzierend auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion aus. Um den Wasserrückhalt in den Einzugsgebieten zu erhöhen und damit Abfluss und Erosion wirksam zu reduzieren, können folgende Handlungsempfehlungen aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit abgeleitet werden:

- Erhöhung des Waldanteils in den Untersuchungsgebieten,
- Umstellung der Ackerbewirtschaftung auf Grünland / Direktsaat,
- Anlegen von ausreichend breiten Gewässerrandstreifen

Fohrer et al. (2001) simulierten die hydrologischen Auswirkungen der Landnutzungen Acker (Gerste), Grünland und Wald mit dem Modell SWAT nach entsprechender Kalibration an gemessenen Werten. Bei fast unbedeckter Bodenoberfläche nach Einsaat bzw. Ernte von Gerste stieg der Oberflächenabfluss im Vergleich zu Wald um 180 % an. Grünland lieferte nur geringfügig höhere Abflüsse als Wald aufgrund der deutlich geringeren Interzeption.

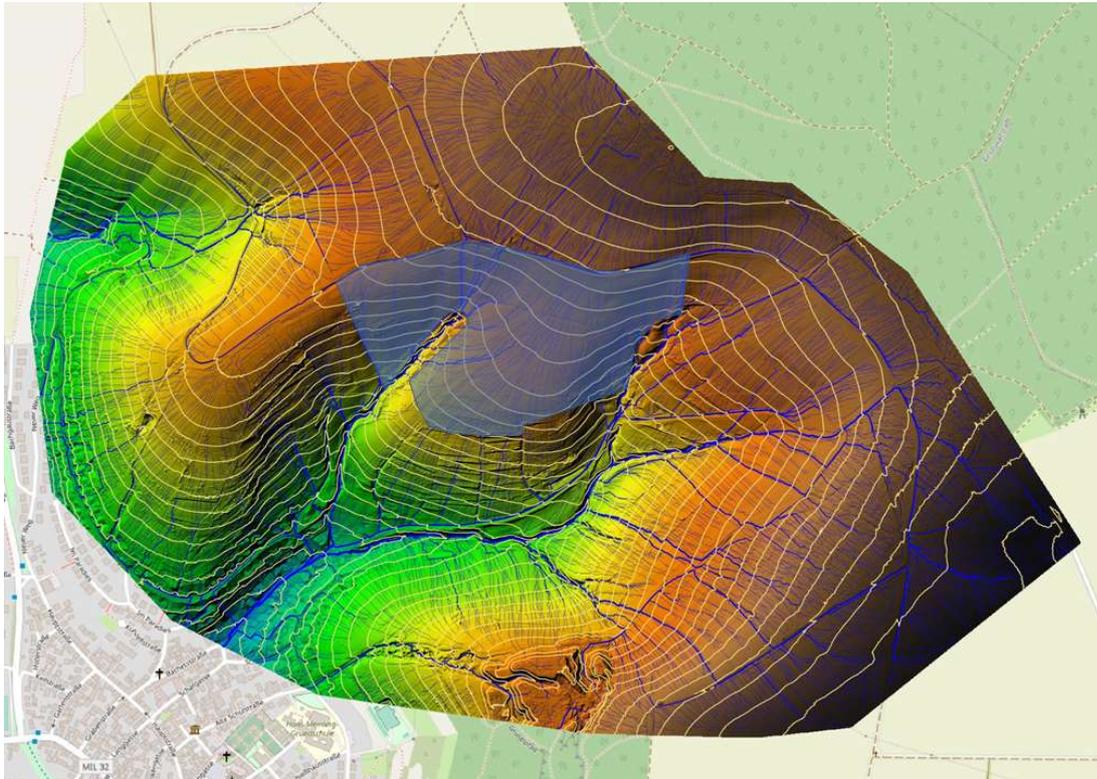
## 6 FLIESSWEGANALYSE MIT DIGITALEM GELÄNDEMOMDELL

Auf der Basis eines digitalen Geländemodells des Landes Bayern für das in Abbildung 8 dargestellten Einzugsgebietes wurde mit dem Geographischen Informationssystem QGIS (2022) eine Relief- und eine Fließwegkarte erstellt. Der Abstand der Rasterpunkte im gewählten digitalen Geländemodell betrug 1 m.



**Abbildung 8: Einzugsgebiet mit Planungsgebiet PV-Anlage. (BayernAtlas, 2022, bearbeitet)**

Abbildung 9 zeigt die Reliefdarstellung und die Fließwegkarte des Einzugsgebietes mit dem Planungsgebiet der PV-Anlage. Aufgrund des Geländegefälles ist in diesem Bereich mit verstärktem Oberflächenabfluss zu rechnen. Es zeigt sich, dass der Oberflächenabfluss aus dem Planungsgebiet der PV-Anlage dem Bechtelsbrunnengraben sowie einem Fließweg nordöstlich davon zufließt. Beide Fließwege vereinigen sich im Bereich der Kreuzung Bachetstraße und Weinbergstraße im Nordosten von Mömlingen.



**Abbildung 9: Relief- und Fließwegkarte des Einzugsgebietes mit Planungsgebiet PV-Anlage.**

## **7 ABFLUSSMODELLIERUNG AUSSENGEBIET**

### **7.1 Modell**

Zur Modellierung des Abflusses aus dem Planungsgebiet der PV-Anlage wurde das hydrologisch-deterministische Programm MOMENT 10 der Firma BGS Wasser aus Eberstadt verwendet. MOMENT wird z.B. in der Schmutzfrachtmodellierung eingesetzt und modelliert Regenwasserabfluss angeschlossener Aussengebiete auf Basis des Soil-Conservation-Service (SCS-Verfahren) in modifizierter Form nach Zaiss (MOMENT, 2021)

### **7.2 Abflussverhalten von Modultischen**

Regen fällt auf die geneigten Solarmodule und läuft auf den Boden vor den Modulen ab. (Abbildung 10) Hier sammelt sich der Abfluss und versickert teilweise im Boden. Überschüssiges Regenwasser fließt anschließend aufgrund der Geländeneigung unter den nächsten Modultisch, der zunächst eine trockene Oberfläche aufweist. Hier erfolgt dann eine weitere weitere Versickerung des Niederschlagswassers.



Abbildung 10: Regenabfluss von Modultisch. (Jahanfar et al., 2019)

### 7.3 Variantenbetrachtung

Im Rahmen einer Variantenbetrachtung wurde das Abflussverhalten bei der bisherigen Bepflanzung der Ackerfläche mit Getreide (Weizen und Roggen) und der geplanten Bepflanzung mit Rasen (Weidenbewirtschaftung) untersucht.

### 7.4 Parameter

Die maßgeblichen Modellparameter für die nachfolgenden Berechnungen wurden wie folgt gewählt:

- Fläche Aussengebiet: 1,53 ha
- Geländeneigung: 13 %
- Bodentyp C: Böden mit geringem Versickerungsvermögen, Böden mit feiner bis mäßig feiner Textur oder mit wasserstauer Schicht, z.B. flachgründige Sandböden, sandiger Lehm.
- CN – Wert Getreide 84
- CN – Wert Weide 79

### 7.5 Regen

Auf Basis des Kostraatlas (2010) wurden ein- und fünfjährige Blockregen mit Dauerstufen von 30 min – 6 h für die folgenden Berechnungen gewählt. (Tabelle 1)

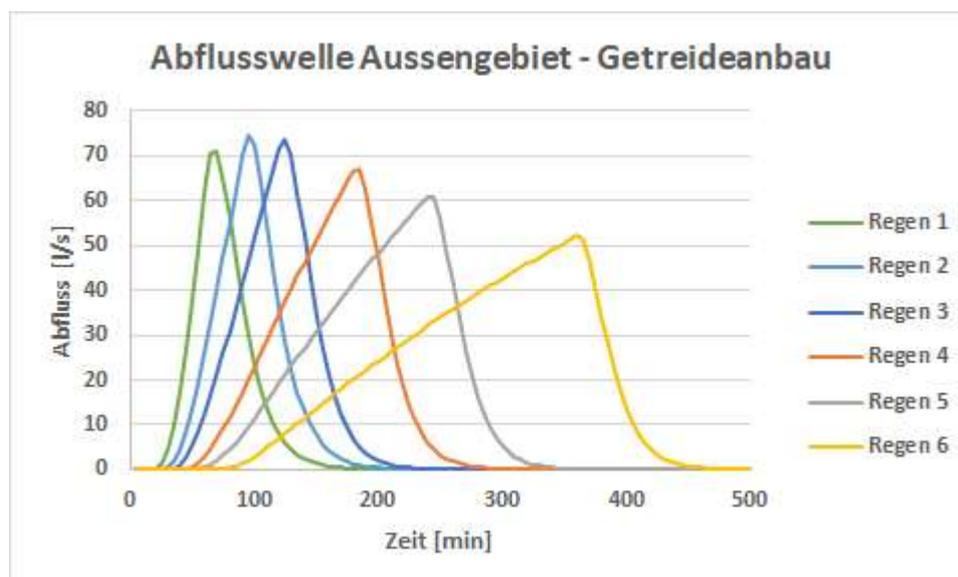
**Tabelle 1: Niederschlagsdaten für Blockregen (Kostra-Atlas, 2010)**

Regen Nr.	Jährlichkeit [a]	Dauerstufe [min]	Niederschlag [mm]
1	1	60	15,2
2	1	90	16,8
3	1	120	18,1
4	1	180	20,0
5	1	240	21,5
6	1	360	23,8
7	5	30	21,9
8	5	45	25,5
9	5	60	28,1
10	5	90	30,3
11	5	120	32
12	5	180	34,6
13	5	240	36,5
14	5	360	39,5

## 7.6 Ergebnisse der Modellierung

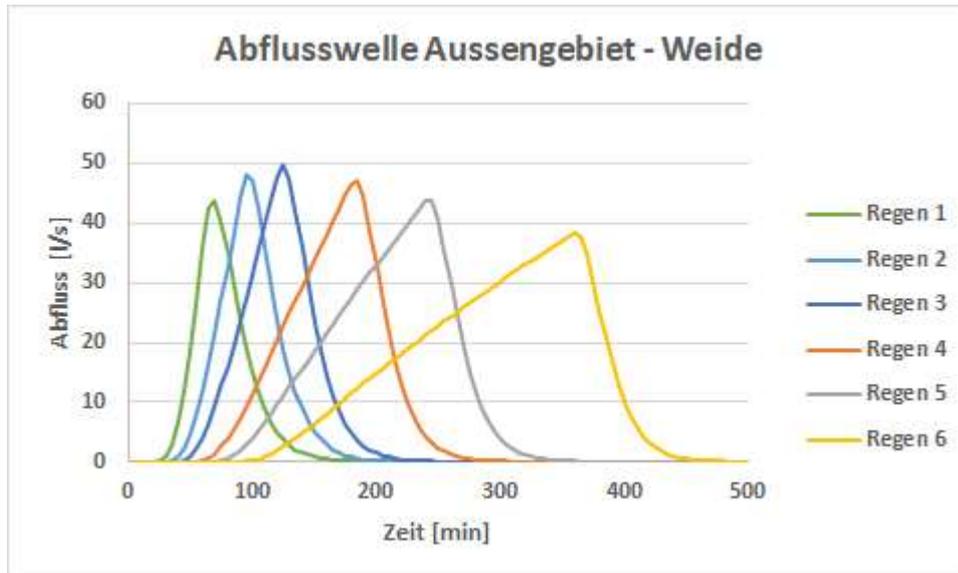
### 7.6.1 Modellierung 1-jährlicher Blockregen

Die Modellierung der 1-jährlichen Blockregen zeigt den Regenwasserabfluss aus dem Aussengebiet bei einer Bepflanzung mit Getreide für die Dauerstufen 60 – 240 Minuten Niederschlag. Der maximale Abfluss von  $Q = 74,7 \text{ l/s}$  wird bei Regen 2 mit einer Dauerstufe von 90 min erreicht. (Abbildung 11)



**Abbildung 11: Abflusskurven aus Aussengebiet Getreide – 1-jährlicher Regen.**

Abbildung 12 zeigt die Abflusskurven aus dem Aussengebiet für eine Bepflanzung mit Weide. Der maximale Abfluss von  $Q = 49,7 \text{ l/s}$  wird bei Regen 3 (Dauerstufe 120 min) erreicht und liegt deutlich unter dem Maximalwert der bisherigen Bepflanzung mit Getreide.



**Abbildung 12: Abflusskurven aus Aussengebiet Weide – 1-jährlicher Regen.**

Die Auswertung der Abflusssummen von Niederschlagswasser aus dem Aussengebiet über den jeweiligen Modellierungszeitraum zeigt, dass bei einer Weidenbewirtschaftung deutlich mehr Regenwasser zurückgehalten wird. Gegenüber dem Anbau mit Getreide erfolgt eine Abflussreduzierung der Summenwerte zwischen 41 – 32 %. Das bedeutet die Rasenfläche speichert mehr Regenwasser und es kommt weniger zum Abfluss als bei einem Getreideanbau. (Tabelle 2)

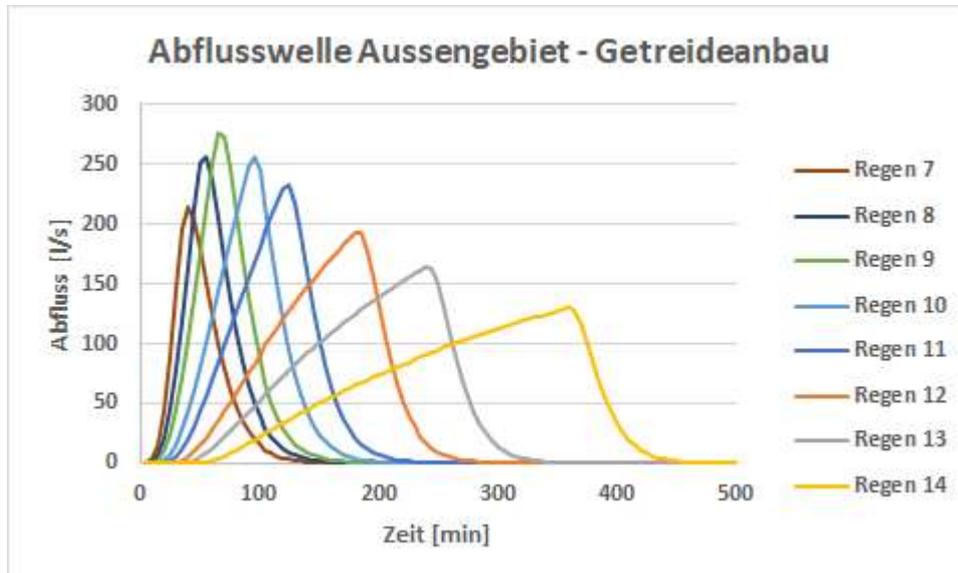
**Tabelle 2: Vergleich Abflusssummen Aussengebiet Getreide - Weide - 1-jährlicher Niederschlag.**

	D [min]	Getreide Vab [m <sup>3</sup> ]	Weide Vab [m <sup>3</sup> ]
<b>Regen 1</b>	60	205	120
<b>Regen 2</b>	90	255	155
<b>Regen 3</b>	120	302	188
<b>Regen 4</b>	180	378	242
<b>Regen 5</b>	240	443	290
<b>Regen 6</b>	360	554	372

### 7.6.2 Modellierung 5-jährlicher Blockregen

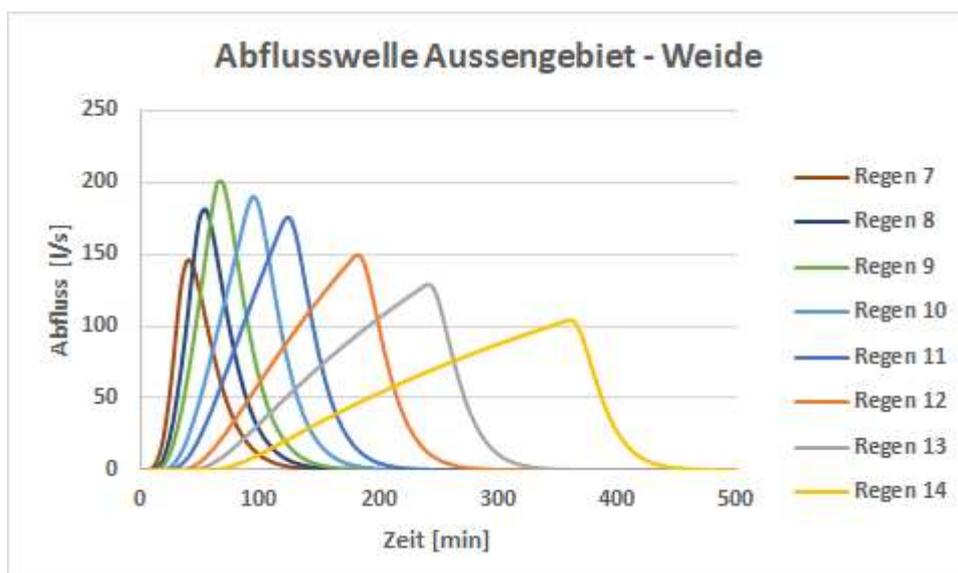
Zusätzlich zur Betrachtung der Abflusskurven aus dem Aussengebiet bei 1-jährlichen Regenereignissen wurden im zweiten Schritt Modellierungen mit 5-jährlichen

Regenereignissen durchgeführt. Für den Getreideanbau wird bei Regen 9 (Dauerstufe 60 min) der maximale Abfluss von  $Q = 276,4 \text{ l/s}$  erreicht. (Abbildung 13)



**Abbildung 13: Abflusskurven aus Aussengebiet Getreide – 5-jährlicher Regen.**

Der maximale Abfluss aus dem Aussengebiet bei Weidenbewirtschaftung wird ebenfalls bei Regen 9 (Dauerstufe 60 min) mit  $Q = 199,4 \text{ l/s}$  erreicht. Analog zur Modellierung der 1-jährlichen Regenereignisse wird auch bei den 5-jährlichen Niederschlägen eine deutliche Reduzierung des Abflusses aufgrund der Weidenbewirtschaftung erzielt. (Abbildung 14)



**Abbildung 14: Abflusskurven aus Aussengebiet Weide – 5-jährlicher Regen.**

Auch bei den Summenwerten der Aussengebietsabflüssen auf Basis der 5-jährlichen Regenereignisse zeigt sich eine deutliche Abflussreduzierung (32 – 25 %) bei der Weidenbewirtschaftung. (Tabelle 3)

**Tabelle 3: Vergleich Abflusssummen Aussengebiet Getreide - Weide - 5-jährlicher Niederschlag.**

	<b>D [min]</b>	<b>Getreide</b>	<b>Weide</b>
		<b>Vab [m³]</b>	<b>Vab [m³]</b>
<b>Regen 7</b>	30	538	362
<b>Regen 8</b>	45	711	489
<b>Regen 9</b>	60	848	597
<b>Regen 10</b>	90	965	686
<b>Regen 11</b>	120	1063	763
<b>Regen 12</b>	180	1227	892
<b>Regen 13</b>	240	1353	993
<b>Regen 14</b>	360	1570	1167

### 7.6.3 Bewertung der Ergebnisse

Die Modellierungen der Aussengebietsabflüsse für 1- und 5-jährliche Regenereignisse zeigen sowohl in den Maximalwerten der Abflüsse als auch in den jeweiligen Abflusssummen, dass Weidenbewirtschaftung zu einer deutlichen Abflussreduzierung gegenüber dem Getreideanbau führt. Dabei ist zu beachten, dass die Wiese ganzjährig vorhanden ist und so das Gelände vor Erosion schützt. Der Anbau mit Getreide ist dagegen nur saisonal. Falls die landwirtschaftliche Fläche nach der Ernte brach liegt, ist aufgrund der fehlenden Bepflanzung noch mit höheren Abflüssen zu rechnen. Damit wäre auch aufgrund der fehlenden Durchwurzelung der Fläche von einer erhöhten Erosionsgefahr aus zu gehen.

## 8 ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNG

Die Auswertung der Literaturstudie zeigt, dass es wasserwirtschaftlich sinnvoll ist, die Fläche der PV-Anlage mit einer erosionshemmenden Rasenbepflanzung zu versehen. Die Beweidung durch Schafe verstärkt den Rasenbewuchs, so dass gegenüber der bisherigen saisonalen landwirtschaftlichen Bewirtschaftung eine deutliche Verbesserung des Erosionsschutzes bei Regen erreicht wird.

Die Fließweganalyse auf Basis des digitalen Geländemodells des Einzugsgebietes im Bereich der PV-Anlage zeigt deutlich zwei Abflusswege in Richtung Mömlingen. Aufgrund dieser Fließwege ist es um so wichtiger eine Bepflanzung der PV-Anlage zu wählen, die den Oberflächenabfluss von Niederschlagswasser und eine Bodenerosion vermindert.

Die hydrologische Modellierung des Geländes der PV-Anlage als Aussengebiet mit unterschiedlichen Bepflanzungen (Getreide und Weide) erfolgte für 1- und 5-jährliche Niederschläge. Die Auswertung der Berechnungsergebnisse in jeder Bepflanzungsvariante zeigte, dass bei Anbau von Getreide deutlich höhere maximale Abflüsse zu

verzeichnen sind als bei einer Weidenbewirtschaftung. Dieser Umstand wird durch die Analyse der Abflusssummenwerte der einzelnen Modellierung bekräftigt. Aufgrund der Weidenbewirtschaftung können die Abflussvolumina bei den untersuchten Regenbelastungen im Vergleich zum Getreideanbau um 25 – 41 % reduziert werden.

Die gewählte Bewirtschaftung der Fläche der PV-Anlage mit Rasen und Schafen reduziert das Erosionsverhalten des Bodens und sorgt im Vergleich zur Bewirtschaftung mit Getreideanbau für einen reduzierten Abfluss von Niederschlagswasser. Auf der Basis der durchgeführten Berechnungen ist eine Verschärfung der Abflusssituation nach Mömlingen nicht zu erwarten.

Darmstadt, den 23.05.2022

UNGER ingenieure

.....  
i.A. Dr.-Ing. Jörg Schaffner

.....  
ppa. Dr.-Ing. Thomas Kilian