

**Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd,
RS WAB,
Neustadt an der Weinstraße**



Machbarkeitsstudie

**Waldbewässerung und Anhebung Bodenfeuchte
Offenbach an der Queich**



Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Standort Speyer
Diakonissenstraße 29, 67346 Speyer
Telefon +49 6232 699160-0, bce-speyer@bjoernsen.de
Dezember 2025, KI / VaLo, GS, ofb23266.43

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungsbericht

1	Veranlassung	1
2	Hydrologische Grundlagen	1
2.1	Abflussverhalten der Queich historisch	2
2.1.1	Hydrologische Kennwerte	2
2.1.2	Statistische Auswertung	3
2.1.3	Wasserausleitung für Waldbewässerung	4
2.2	Abflussverhalten der Queich zukünftig (Klimaprojektionen)	6
2.3	Zustand des Grabensystems	8
2.4	Mengenströmung	9
2.4.1	Fließwegvarianten	9
2.4.2	Entnahmemenge	10
2.5	Zustand flutbarer Flächen	10
2.5.1	Entwurf Bewässerungsablauf	10
2.5.2	Sohlanhebung und Laufverlängerung des Floßbach-Großgraben	11
3	Wasserhaushalt	11
3.1	Untersuchungsaufbau	11
3.1.1	Modellierung Winterbewässerung – Einfluss auf das Sommerhalbjahr	12
3.1.2	Modellierung Winterbewässerung – Einfluss auf das Winterhalbjahr	13
4	Technische Ausführung	13
4.1	Bauliche Maßnahmen	13
4.1.1	Fließwege	13
4.1.2	Verschlüsse und Abdichtungen	14
4.1.3	Bauliche Maßnahmen im Floßbach-Großgraben	15
4.2	Betrieb	16
5	Kostenschätzung	17
6	Zusammenfassung	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Grundwasserstandsganglinie der Messstelle 1038 Offenbach an der Queich, gelegen an der L542, am westlichen Rand des Bewässerungsgebiets, Datenreihe 1955 - 2023)	1
Abbildung 2:	Tagesmittelwerte Abfluss Queichpegel Siebeldingen von 1989 - 2023. Ausreißer (21.12.1993 mit 22,1 m ³ /s) entnommen.	2
Abbildung 3:	Statistische Auswertung des innerjährlichen Abflussgang auf Basis der Zeitreihe 1989 bis 2023 am Queichpegel Siebeldingen	3
Abbildung 4:	Anzahl ermittelte Bewässerungstage 1989 - 2023 an denen das einfache und doppelte MQ überschritten wurde und keine Wiesenbewässerung stattfindet	5
Abbildung 5:	langjähriges Mittel des ausleitbaren Wasservolumens für die Waldbewässerung aus der Queich unter Berücksichtigung der Wiesenbewässerung und einer Ausleitung oberhalb des 2*MQ	5
Abbildung 6:	Dauerlinie der nach Abflussprojektionen des KLIWA (2022) für den Speyerbach, übertragen auf die Queich (Pegel Siebeldingen) im Vergleich zur Referenzperiode 1971 - 2000	7
Abbildung 7:	Grundwasserneubildung nach einer Waldbewässerung im November	13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wertebereich der statistischen Auswertung der Abflussaufzeichnungen des Queichpegels Siebeldingen von 1989-2023	3
Tabelle 2:	Projizierte Abflussänderungen der Queich bezogen auf die hydrologischen Hauptwerte (aus KLIWA-Projektionen des Speyerbachs entnommen)	6
Tabelle 3:	Anzahl der Tage an denen das MQ oder 2*MQ des KLIWA-Referenzzeitraum oder das MQ, bzw. 2*MQ des Auswertungszeitraums von 1989 - 2023 überschritten wird.	8
Tabelle 4:	Vergleich der Wasserhaushaltskomponenten, 01.04. - 31.10 - Referenzmodell zu Waldbewässerungsmodell für drei ausgewählten Jahre 2013, 2018 und 2019	12

Anlagen

Reihe A: Übersichten und Zusammenstellungen

A-1	Ermittelte Bewässerungstage und ermitteltes Bewässerungsvolumen
A-2	Hydraulische Berechnung der Bestandsgräben
A-3	Hydraulische Bemessung Bestandsdurchlässe
A-4	Längsschnitt Variante 6 – Wasserstandshöhe berechnet mit SOBEK 1D (Rural) bei einem Zulauf von 0,1 m ³ /s
A-5	Bewässerungsabschnitte und Volumina
A-6	Bauliche Maßnahmen
A-7	Massen- und Kostenschätzung
A-8	WHMod – Programmbeschreibung

Reihe B: Übersichten und Pläne

Maßstab

B-1	Übersicht	1:13.000
B-2	Fließwegsvarianten	1:3.000 1:8.500
B-3	Bewässerungsabschnitte	1:10.000
B-4	Übersicht Lage der überfahrbaren Mulde	1:250
B-5	Übersicht Lage des Durchlasses 04-R-99-026-01	1:100
B-6	Schnitte Skizze Mulde	1:50
B-7	Übersicht Lage des Staubauwerks	1:125
B-8	Schnitte Skizze Staubauwerk	1:100 1:50

Verwendete Unterlagen

© GeoBasis-DE / LVermGeoRP2022. (2022). *Digitales Geländemodell (DGM) 1*. Koblenz: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation.

DWA. (2006). *Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und -kanälen* (DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A, Bd. 110, [Stand] August 2006). Hennef: DWA Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall.

Kern, K. Dr.-Ing. *Sohlenerosion und Auenauflandung. Empfehlung zu Gewässerunterhaltung* (DVWK - Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung (GFG) mbH, Hrsg.).

KLIWA - Klimaveränderung und Wasserwirtschaft. (2022). Zu viel - zu wenig Extreme meistern - Extremen begegnen -. Folgen für die Wasserwirtschaft. Verfügbar unter: https://www.kliwa.de/_download/broschueren/KLIWA-Broschuere-2022-d.pdf

Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz. (2022). Wasserkörper-Steckbrief. Wasserkörpername: Druslach, Wasserkörpernummer: 23377324000_0.

MKUEM (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität (MKUEM), Hrsg.). (2025). *Wasserportal Rheinland-Pfalz. Strukturgütekartierung Gesamtbewertung 2025, Druslach, Floßbach*. Verfügbar unter: <https://wasserportal.rlp-umwelt.de/geoexplorer>. Zuletzt geprüft am: 01.12.2025.

(25.05.2012), 342/23.34 – 03/12.

Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd - Referat 31. (2001). Rechtsverordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes zu Gunsten des Zweckverbandes für Wasserversorgung Walsheimer Gruppe -Gruppenwasserwerke-. RVO WSG Dreihof.

Umweltbundesamt. (2018). Die deutsche Fließgewässertypologie. Zweite Überarbeitung der Steckbriefe der Fließgewässertypen.

Working Group 1 - Intergovernmental Panel on Climate Change. Regional Fact Sheet Europe. Sixth Assessment Report. Verfügbar unter: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Europe.pdf

1 Veranlassung

Über die vergangenen Jahrzehnte ist der Grundwasserspiegel im Gemeindewald der Verbandsgemeinde Offenbach an der Queich sowie überregional, deutlich abgesunken und sinkt seit den Aufzeichnungen stetig (s. Abbildung 1). Die zunehmende Klimaerwärmung und immer häufiger auftretende Trockenperioden haben vermutlich in weiten Teilen der Waldbestände zu erheblichen Trockenschäden geführt.

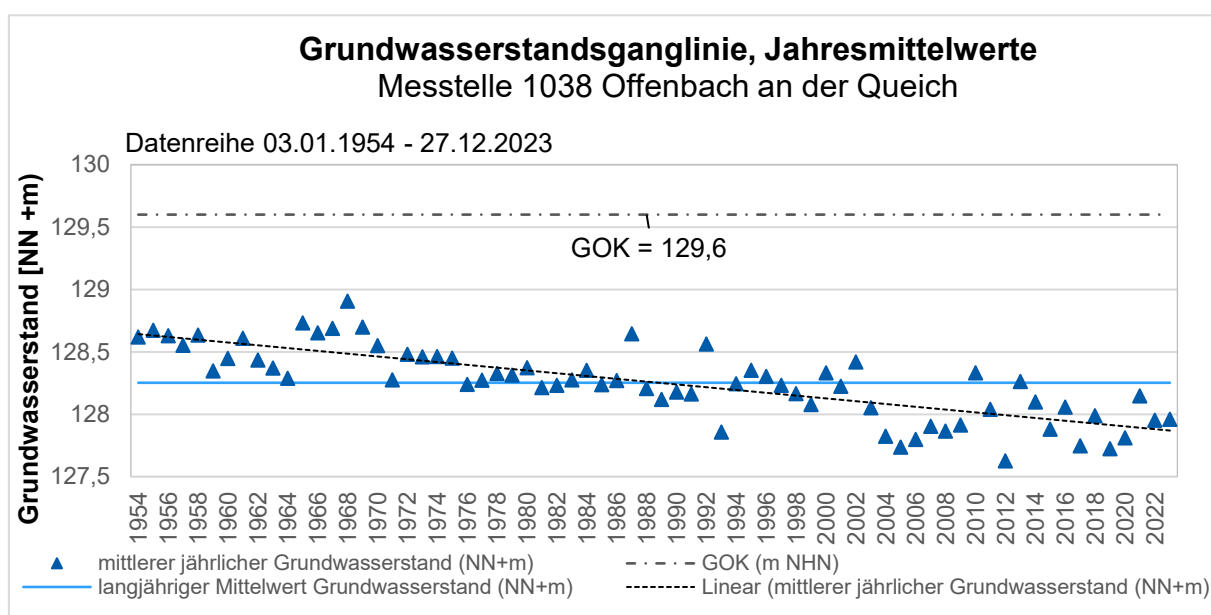


Abbildung 1: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle 1038 Offenbach an der Queich, gelegen an der L542, am westlichen Rand des Bewässerungsgebiets, Datenreihe 1955 - 2023)

Die Verbandsgemeinde plant, in Phasen ausreichender Wasserführung, Wasser aus der Queich über ein vorhandenes Grabensystem in den Gemeindewald abzuleiten. Das Wasser soll dort in Senken einstauen, kontinuierlich weiterfließen und versickern. Eine Ausleitung des überschüssigen Wassers aus dem Wald soll anschließend über die Queich und den Fuchsbach erfolgen.

Ziel dieser Machbarkeitsstudie ist es, eine beispielhafte Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel zu entwickeln, die eine Schwammlandschaft schafft. Diese Schwammlandschaft ist geeignet, die Vitalität von Waldbeständen und deren positive Wirkung auf das Klima durch Steigerung der Bodenfeuchte zu erhalten und zu verbessern. Bei ausreichender Wasserversorgung soll die Waldbewässerung auch die Stabilisierung des lokalen Grundwasserhaushalts fördern.

2 Hydrologische Grundlagen

Die Machbarkeit der Waldbewässerung hängt im Wesentlichen von der Verfügbarkeit des Wassers aus der Queich ab. Die Wasserverfügbarkeit ist einerseits im Jahresverlauf variabel und wird andererseits durch die Wiesenbewässerung, welche entlang der Queich zwischen Landau und Zeiskam/ Bellheim stattfindet sowie die bestehenden Wasserrechte, beispielsweise von Mühlen, beschränkt.

2.1 Abflussverhalten der Queich historisch

Für die Ausleitung des Wassers aus der Queich wird das Wehr „Offenbacher Oberwiesen“ geschlossen. Die Ausleitungsstelle liegt ungefähr 277 m Queich aufwärts des Wehrs. Das sich dann anstauende Wasser kann ausgeleitet werden. Das Wehr „Offenbach Oberwiesen“, ausgestattet mit Hub-schützen, wird, wie bei der Wiesenbewässerung, so eingestellt, dass die erforderliche Mindestwasser-menge in der Queich verbleibt.

2.1.1 Hydrologische Kennwerte

Der einfache Mittelwasserabfluss (MQ) liegt für den Auswertungszeitraum von 1989 – 2023 bei $1,47 \text{ m}^3/\text{s}$. Das 2^*MQ beträgt nach den Abflussauswertungen am Queichpegel Siebeldingen $2,94 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Niedrigwasserabfluss (NQ) beträgt $0,43 \text{ m}^3/\text{s}$.

Abbildung 2 zeigt die Abflussdaten, die zur Ermittlung der Wasserverfügbarkeit der Queich verwendet wurden.

Es wurden die vier hydrologischen Kennwerte NQ, MQ und 2^*MQ aus dem Auswertungszeitraum ein-gefügt. Dadurch wird ersichtlich, dass bis auf die Jahre 2022 und 2023 in jedem Jahr mindestens an einem Tag der doppelte MQ überschritten wurde. Eine Überschreitung des MQ kam hingegen in je-dem Winterhalbjahr für mehr als neun Tage und auch in zusammenhängenden Zeiträumen vor (siehe Anlage A-1).

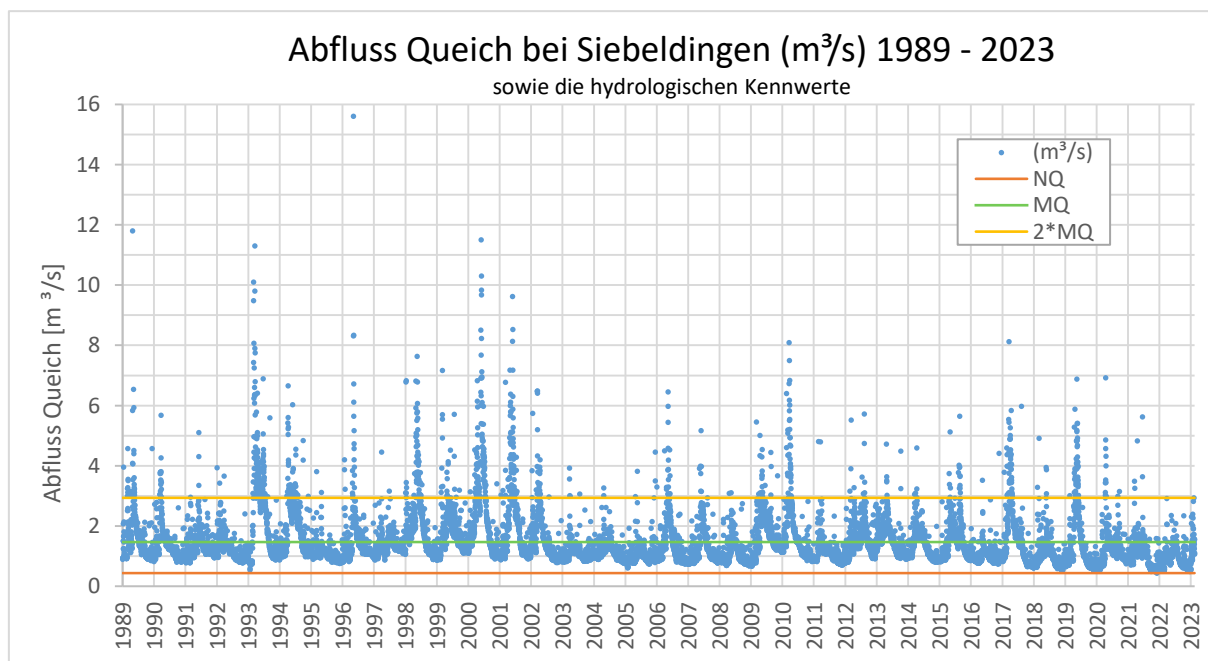


Abbildung 2: Tagesmittelwerte Abfluss Queichpegel Siebeldingen von 1989 - 2023. Ausreißer (21.12.1993 mit $22,1 \text{ m}^3/\text{s}$) entnommen.

2.1.2 Statistische Auswertung

Der innerjährliche Abflussgang ist aus Abbildung 2 ersichtlich. Hierfür wurden folgende statistische Werte für jeden Kalendertag im Jahr ausgewertet:

- der Kleinst- und Größtwert der Zeitreihe,
- der Median aller Jahre (wird von jeweils 50 % der Jahre über- und unterschritten)
- die 25%- und 75%-Quantile, d.h. die Abflüsse, die jeweils von ¼ aller Jahre unter- bzw. überschritten wird. Die Hälfte aller Jahre liegt zwischen den beiden Quantilen.

Tabelle 1 zeigt den Wertebereich der Abflüsse. Es werden die jahreszeitlichen Schwankungen der Wasserverfügbarkeit an der Queich hervorgehoben. In extremen Trockenphasen sind Abflüsse zwischen 0,43 und 1,02 m³/s im Sommerhalbjahr zu erwarten.

Tabelle 1: Wertebereich der statistischen Auswertung der Abflussaufzeichnungen des Queichpegels Siebeldingen von 1989-2023

Statistische Parameter	Tagesmittelwerte Abfluss [m³/s]			
	Winterhalbjahr (November – April)		Sommerhalbjahr (Mai – Oktober)	
	Min	Max	Min	Max
Kleinstwert	0,50	1,14	0,43	1,02
25%-Quantil	0,83	1,59	0,78	1,27
Median	0,95	2,04	0,86	1,52
75%-Quantil	1,13	3,42	0,99	1,95
Größtwert	1,84	22,1	1,27	6,78

In Abbildung 3 ist der für kontinental geprägtes Klima typische Abflussgang mit Maximalabflusswerten im Winterhalbjahr vom November bis April und Minimalabflusswerten im Spätsommer/ Herbst zwischen Mai und Oktober am Pegel Siebeldingen zu sehen.

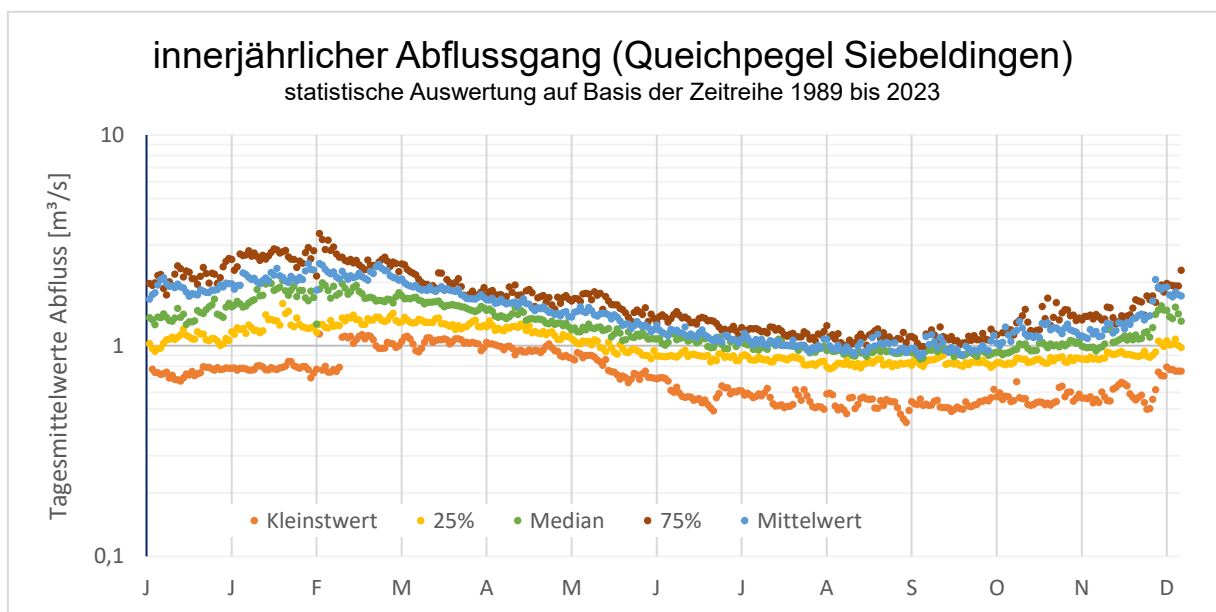


Abbildung 3: Statistische Auswertung des innerjährlichen Abflussgang auf Basis der Zeitreihe 1989 bis 2023 am Queichpegel Siebeldingen

2.1.3 Wasserausleitung für Waldbewässerung

Die Wasserausleitung wird durch die zwei Vorgaben - die Wasserentnahmemenge und den Entnahmezeitraum – limitiert. Aus gewässerökologischer Sicht muss ein Mindestabfluss von 0,50 m³/s in der Queich zu verbleiben, um stromabwärts des Ottersheimer Teilungswehrs die Mindestabflüsse in der Queich von 0,30 m³/s und im Spiegelbach von 0,20 m³/s zu erhalten.

Zwei Mal im Jahr findet für einen Zeitraum von 1,5 Monaten die Wiesenbewässerung an der Queich und am Spiegelbach unterhalb von Landau statt. Dafür wird ebenfalls Wasser aus der Queich entnommen. Es wird davon ausgegangen, dass zu den Zeiträumen in denen die Wiesenbewässerung stattfindet, die aus gewässerökologischer Sicht notwendige Mindestwassermenge oberhalb des Niedrigwasserabflusses (NQ) in der Queich verbleibt. Von Beginn der ersten bis Ende der zweiten Wiesenbewässerungsperiode ist die Ausleitung für eine Waldbewässerung ausgeschossen. Der Zeitraum, der somit für die Waldbewässerung zur Verfügung steht ist demnach:

- Zeitraum Waldbewässerung: 17. August – 13. April

In Anbetracht der Wasserrechte, beispielsweise der Holzmühle und der Offenbacher Queichmühlen – Erlaubnis zur Ableitung von Wasser aus oberirdischen Gewässern nach § 9 (1) Nr.1 WHG zur Energieerzeugung an der Queich, ist ein Nachteil durch die Ausleitung zum Zweck der Waldbewässerung zu prüfen und Vorteile der Waldbewässerung mit Nachteilen der übrigen wasserrechtlichen Akteure an der Queich abzuwägen.

Die Holzmühle betreibt eine Wasserkraftanlage und eine Fischaufstiegsanlage. Für die uneingeschränkte Funktionsfähigkeit der Fischaufstiegsanlage (FAA) ist eine Wassermenge von 0,3 m³/s erforderlich (342/23.34 – 03/12). Es ist davon auszugehen, dass eine Ausleitung zum Zweck der Waldbewässerung die Wasserverfügbarkeit der Holzmühle geringfügig beeinträchtigt. Für die Abschätzung einer verträglichen Abflussuntergrenze für die Ausleitung der Waldbewässerung wird die Annahme getroffen, dass die Holzmühle mindestens den Mittelwasserabfluss zzgl. den 300 l/s der FAA für die optimale Auslastung benötigt. Dieser Wert ist in einem Bereich zwischen dem einfachen und doppelten MQ anzusiedeln.

Die Ausleitung für die Waldbewässerung in Offenbach erfolgt Queich-aufwärts der Offenbacher Queichmühlen. Auch hier ist davon auszugehen, dass eine Ausleitung zum Zweck der Waldbewässerung die Wasserverfügbarkeit der Mühle geringfügig beeinträchtigt.

In einem für eine dauerhafte Waldbewässerung in Offenbach erforderlichen wasserrechtlichen Verfahren sind die Auswirkungen auf die bestehenden Wasserrechte umfänglich zu prüfen und zu berücksichtigen.

Die Ausleitungszeiträume werden statistisch aus den Aufzeichnungen des Queichpegels Siebeldingen über die Jahre 1989 – 2023 mit Ausnahme der Wiesenbewässerungstage ermittelt. Es wurde eine Auswertung für das einfache und eine zweite Auswertung für das doppelte MQ durchgeführt.

SGD Süd, RS WAB, Neustadt an der Weinstraße

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte, Offenbach an der Queich

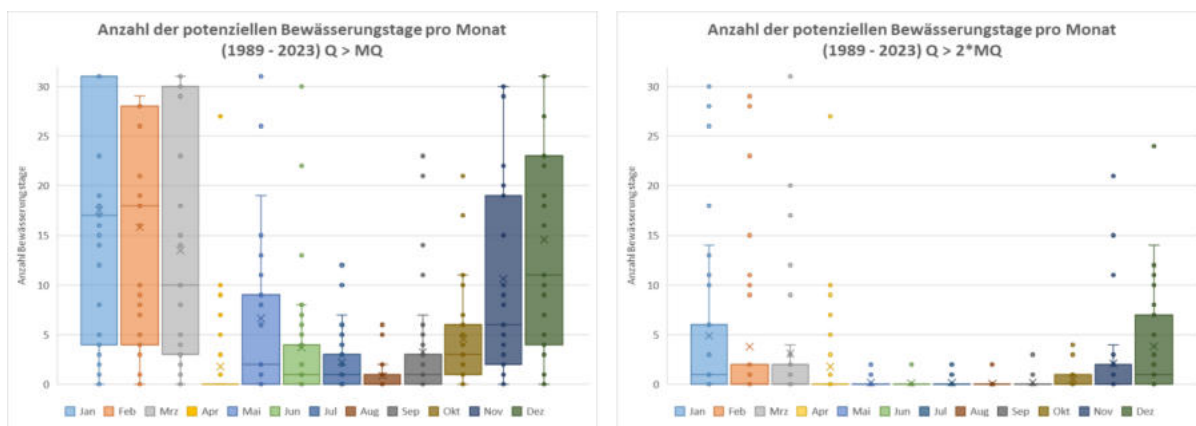


Abbildung 4: Anzahl ermittelte Bewässerungstage 1989 - 2023 an denen das einfache und doppelte MQ überschritten wurde und keine Wiesenbewässerung stattfindet

Die in Anlage A-1 ermittelten Tage, an denen in der Vergangenheit eine Waldbewässerung stattgefunden haben könnte, zeigen, dass in den Sommermonaten fast nie und in den Wintermonaten nur selten ein Abfluss von mehr als dem $2*MQ$ verzeichnet wurde. Dies lässt darauf schließen, dass eine Bewässerung am ehesten im Winter, den Monaten November bis März hydrologisch machbar ist. Abbildung 4 zeigt zudem die Tage an denen das MQ überschritten wurde. Bei der Betrachtung der Tage an denen der Abfluss das MQ überschritten hat wird deutlich, dass eine Bewässerung mit diesem Grenzwert auch mehrmals, bspw. im November bis März, stattfinden könnte.

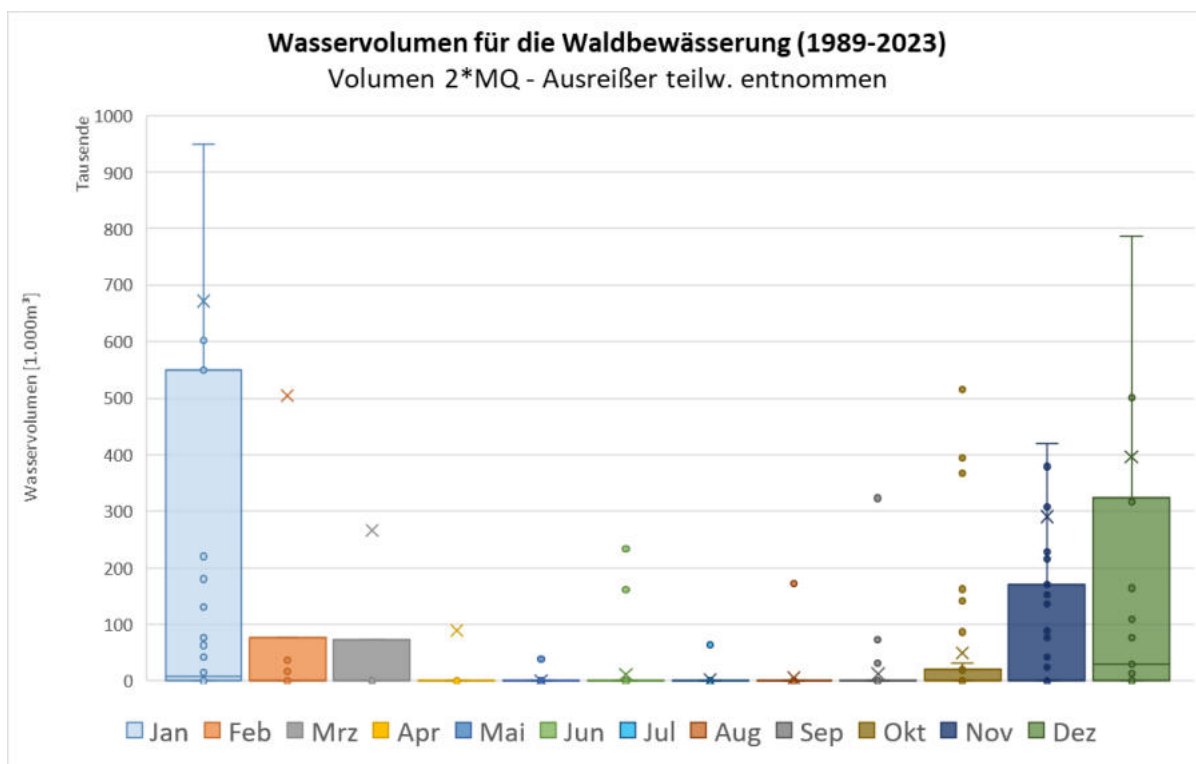


Abbildung 5. langjähriges Mittel des ausleitbaren Wasservolumens für die Waldbewässerung aus der Queich unter Berücksichtigung der Wiesenbewässerung und einer Ausleitung oberhalb des $2*MQ$

Eine Abwägung des genauen Grenzwerts ab dem Wasser für die Waldbewässerung entnommen werden kann ist auch unter Berücksichtigung der übrigen Wasserrechtlichen Ansprüche zu untersuchen.

Auf Basis der in ermittelten potenziellen Bewässerungstage wurde das ableitbare Volumen mit dem gemessenen Abfluss in Siebeldingen von 1989 – 2023 bestimmt. Das verfügbare Volumen liegt im Mittel bei einer oberhalb des doppelten MQ = 2,94 m³/s im Zeitraum von November bis März zwischen 0,27 Mio. m³ bis 0,67 Mio. m³ (Abbildung 5).

2.2 Abflussverhalten der Queich zukünftig (Klimaprojektionen)

Die Auswertungen der historischen Daten beinhalten keine Anpassungen des Abflusses an den anthropogen verursachten Klimawandel. Da allerdings, abhängig von den vergangenen, aktuellen und zukünftigen Treibhausgas-Emissionen, die Abflussverhältnisse verändert prognostiziert werden, sind diese Änderungen für eine langfristige Planung einer Bewässerung miteinzubeziehen.

Die Arbeitsgruppe 1 des 6. Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat in einem Regionalen Informationsblatt über die prognostizierten regionalen Änderungen auch in Mitteleuropa informiert. Bei dem RCP 8.5 Emissionsszenario wird für West- und Mitteleuropa ein steigender Trend bei Flussüberschwemmungen und eine weitere Zunahme bei 2 °C und steigender globaler Erwärmung mit einem hohen Konfidenzniveau prognostiziert (Working Group 1 - Intergovernmental Panel on Climate Change, S. 2). Gleichzeitig werden hydrologische, landwirtschaftliche und ökologische Dürreperioden bei Temperaturänderungen von 2 °C oder mehr zu Mitte des Jahrhunderts unabhängig vom Emissionsszenario mit einem mittleren Konfidenzniveau vorhergesagt (Working Group 1 - Intergovernmental Panel on Climate Change, S. 2).

Tabelle 2: Projizierte Abflussänderungen der Queich bezogen auf die hydrologischen Hauptwerte (aus KLIWA-Projektionen des Speyerbachs entnommen)

gesamtes Jahr	gemessen* 1971-2000	Projektion 2021-2050	Projektion 2041-2070	Projektion 2071-2100
MNQ [m³/s] / Δ %	0,42	0,44 / + 4,98 %	0,42 / + 0,95 %	0,40 / - 4,44%
MQ [m³/s] / Δ %	1,67	1,77 / + 6,45 %	1,83 / +10,48 %	1,85 / + 8,27 %
MHQ [m³/s] / Δ %	7,41	7,88 / + 6,36 %	8,49 / + 14,55 %	9,19 / + 24,09 %
Sommerhalbjahr	gemessen* 1971-2000	Projektion 2021-2050	Projektion 2041-2070	Projektion 2071-2100
MNQ [m³/s] / Δ %	0,42	0,43 / - 3,11 %	0,42 / - 1,00 %	0,41 / - 3,11 %
MQ [m³/s] / Δ %	1,09	1,14 / + 4,10 %	1,18/ +,645 %	1,13 / + 2,02 %
MHQ [m³/s] / Δ %	1,71	1,81 / + 5,90 %	2,03/ + 19,09%	1,89 / + 10,91 %
Winterhalbjahr	gemessen* 1971-2000	Projektion 2021-2050	Projektion 2041-2070	Projektion 2071-2100
MNQ [m³/s] / Δ %	0,51	0,52 / + 1,11 %	0,52 / + 1,55 %	0,49 / - 4,88 %
MQ [m³/s] / Δ %	1,84	1,95 / + 6,85 %	2,09 / + 14,92 %	2,09/ + 13,70%

SGD Süd, RS WAB, Neustadt an der Weinstraße

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte, Offenbach an der Queich

MHQ [m³/s] / Δ %	6,90	7,38 / + 6,82 %	8,03 / + 16,36 %	8,44 / + 22,27 %
MNQ – Mittlerer Niedrigwasserabfluss MQ – Mittelwasserabfluss MHQ – Mittlerer Hochwasserabfluss * gemessene Werte sind für den Zeitraum 1971-1989 aus W/Q-Beziehung am Queichpegel Siebeldingen interpoliert				

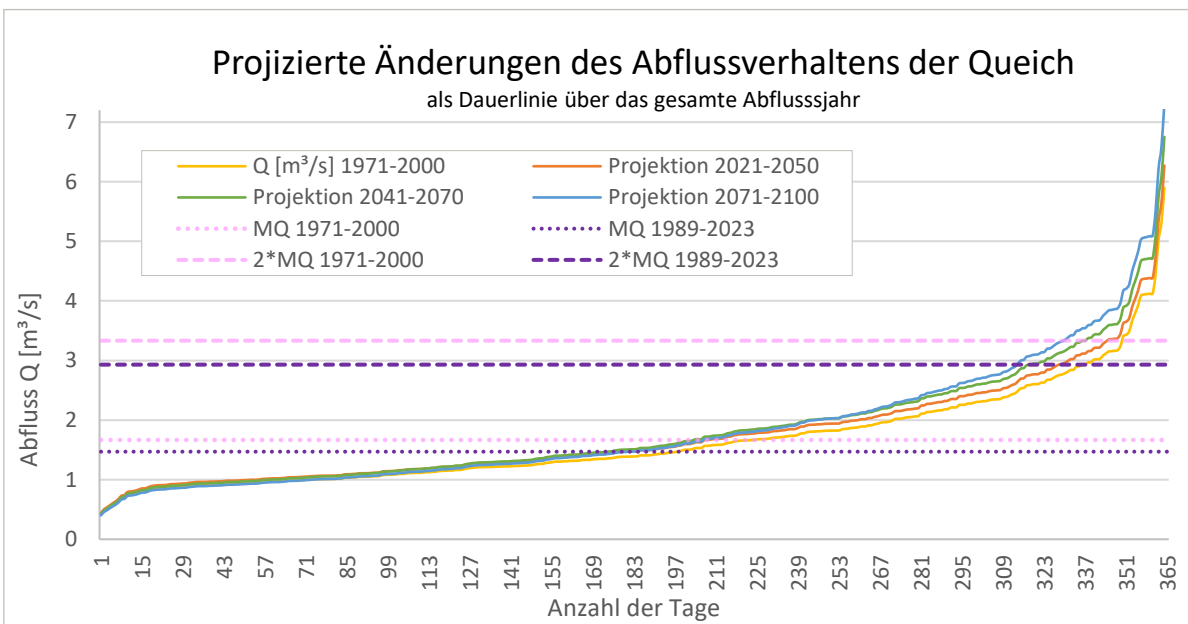


Abbildung 6: Dauerlinie der nach Abflussprojektionen des KLIWA (2022) für den Speyerbach, übertragen auf die Queich (Pegel Siebeldingen) im Vergleich zur Referenzperiode 1971 - 2000

KLIWA hat in ihrem Bericht „Zu viel | Zu wenig, Extreme meistern | Extremen begegnen“ 2022 Forschungsergebnisse zu den Folgen des Klimawandels auf das Abflussgeschehen in kleineren und größeren Flüssen in Süddeutschland vorgestellt [30, S. 8]. KLIWA hat eine regionale Klimaprojektion für das Emissionsszenario RCP8.5 erstellt und anschließend in einem Ensembleansatz untersucht (KLIWA - Klimaveränderung und Wasserwirtschaft, 2022, S. 8). Der Emissionskonzentrationspfad RCP 8.5 geht von einem hohen Strahlungsantrieb bis 2300 aus und ist einer der pessimistischsten Entwicklungspfade die momentan für Klimaprojektionen genutzt wird. Die von KLIWA genutzten Klima- und Wasserhaushaltsmodelle beruhen auf vereinfachten Annahmen und können keine Vorhersagen eines sich im Wandel befindlichen Systems aufzeigen (KLIWA - Klimaveränderung und Wasserwirtschaft, 2022, S. 9).

Für die Betrachtung der Auswirkungen der Klimaveränderungen auf das Abflussverhalten der Queich wurden die KLIWA Projektionen des Speyerbachs auf die Queich übertragen. Die Annahme, dass sich beide Wasserkörper ähnlich verhalten, ist stark vereinfacht. Die Ergebnisse der transferierten Projektionen in Tabelle 2 sind folglich nur bedingt aussagekräftig. In den Projektionen ist langfristig ein Trend zur Zunahme des MQ und MHQ zu erkennen. Insbesondere das MHQ scheint eine enorme Steigerung zu erfahren.

SGD Süd, RS WAB, Neustadt an der Weinstraße

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte, Offenbach an der Queich

Das MNQ sinkt auf lange Sicht, bzw. ist nur ein marginaler Trend zu einem geringeren MNQ zu erkennen. In Abbildung 6 ist die Dauerlinie des Queichabflusses über den Zeitraum von 1971 – 2000 und die darauf übertragenen Klimaprojektionen zu sehen. Es ist zu erkennen, dass durch die Klimaveränderungen auch die Anzahl an Überschreitungstage des MQ und auch des 2*MQ steigen.

Hydrologische Kennwerte sind immer abhängig von einem definierten Zeitraum über den diese ermittelt und definiert werden. In Tabelle 3 sind den beiden Zeiträumen, dem KLIWA Referenzzeitraum (1971 – 2000) und dem Auswertungszeitraum (1989 – 2023) die Überschreitungstage die in den einzelnen Projektionszeiträumen auftreten zugeordnet. Die Anzahl der Überschreitungs- und somit Entnahmetage tendieren durch die Klimaveränderungen zu steigen. Die Zuwächse der Überschreitungstage sind vorwiegend im hydrologischen Winterhalbjahr zu verorten. Die Projektionen geben einen Ausblick darauf, dass eine sommerliche Entnahme für die Waldbewässerung in allen Projektionszeiträumen nicht signifikant wahrscheinlicher wird.

Als Resultat kann aus dieser Betrachtung auf eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine nachhaltige Wasserverfügbarkeit im Winter geschlossen werden. Zudem wurde in der Betrachtung der projizierten Änderung des Abflussverhaltens deutlich, dass die Anpassung der Definition der Entnahmelimitation in Zukunft relevant für das Bewässerungsvolumen ist.

Tabelle 3: Anzahl der Tage an denen das MQ oder 2*MQ des KLIWA-Referenzzeitraum oder das MQ, bzw. 2*MQ des Auswertungszeitraums von 1989 - 2023 überschritten wird.

Projektionszeitraum	Überschreitungstage			
	MQ ₍₁₉₈₉₋₂₀₂₃₎ 1,47 m³/s	MQ ₍₁₉₇₀₋₂₀₀₀₎ 1,67 m³/s	2*MQ ₍₁₉₈₉₋₂₀₂₃₎ 2,93 m³/s	2*MQ ₍₁₉₇₀₋₂₀₀₀₎ 3,34 m³/s
1971 – 2000	169	142	27	13
2021 – 2050	186	159	37	20
2041 – 2070	189	163	47	28
2071 – 2100	186	157	51	35

2.3 Zustand des Grabensystems

Die Entnahmestelle des Wassers aus der Queich (Durchlass 04-R-99-001) in die „Oberere Hölzelwiesen“ mit einer Nennweite des Durchlasses von 600 mm wird genutzt. Die Einleitung des Wassers aus dem Wald zurück in ein Gewässer kann über den Floßbach-Großgraben in die Queich und den Fuchsbach erfolgen. Die Wasserstandshöhe am Wehr Offenbach Oberwiesen ist anhand eines Modellversuchs zu ermitteln, und wird durch den Wasserwart der Wiesenbewässerung reguliert.

Die Varianten des Fließwegs über die Gräben der Wiesenbewässerung sind schematisch in Anlage B-2 zu sehen. In Abstimmung mit der Gemeinde Offenbach kommen insbesondere die Fließwegvarianten 5 und 6 in Betracht. Für diese beiden wurden der Zustand sowie die Defizite erhoben und daraus Maßnahmen ermittelt, die eine effiziente Flutung des Systems ermöglichen.

Für die Bewässerung im Offenbacher Gemeindewald wird eine Wasserführung von der Queich zum Floßbach-Großgraben über das Grabensystem der Wiesenbewässerung empfohlen. Die

SGD Süd, RS WAB, Neustadt an der Weinstraße

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte, Offenbach an der Queich

Bewässerung im Wald soll dann kaskadenartig durch Flächenflutungen einzelner Bewässerungsabschnitte erfolgen

Das Grabensystem der Wiesenbewässerung wird, bei ausreichender Wasserführung der Queich jährlich genutzt. Durch die Grasnarbe im gesamten Graben ist die Geometrie vor Erosion geschützt. Das Trapezprofil ist überwiegend stark ausgeprägt. Zur Durchflussregulierung und insbesondere zum Aufstauen des Wasserlaufs sind in unregelmäßigen Abständen Schütze eingebaut, welche mit hölzernen Schütztäfelchen verschlossen werden können. Im Allgemeinen befindet sich das Wiesenbewässerungssystem in einem guten Zustand an einigen Bereichen sind die Sohle wie auch Durchlässe verlandet. Die Wiesenbewässerungsgräben welche innerhalb der Zone II des festgesetzten Wasserschutzgebiets liegen sind in einem schlechten Unterhaltungszustand.

Der Floßbach-Großgraben im Offenbacher Wald verläuft geradlinig zudem ist er durch starke Seitenerosion gekennzeichnet. Das ehemalige Trapezprofil ist stark erodiert und ähnelt nun einem rechtwinkligem Querprofil. Das Ufer ist durch hineinwachsende Bäume gesäumt. Die Höhenvarianz der Sohle ist gering. Im Schnitt ca. 0,5 m näher an der GOK verläuft noch das teilweise durchgängige, teilweise abgeschnittene alte Druslach-Bachbett, den Floßbach-Großgraben immer wieder kreuzend. Anhand der Strukturgütegesamtbewertung von 2025 ist zu erkennen, dass der Floßbach-Großgraben, ungefähr zu je einem Drittel sehr stark, stark und deutlich verändert ist (MKUEM, 2025).

2.4 Mengenströmung

Die Berechnungsgrundlage der Leistungsfähigkeit, der zu nutzenden Wiesenbewässerungsgräben, bildet die DWA-A 110 für offene Gerinne und teilgefüllte Durchlässe (DWA, 2006). Das gesamte Zuleitungssystem bis in den Wald hinein wurde Mittels des Simulationstool SOBEK 1-D Rural unter den aktuellen Bedingungen modelliert. Als Datengrundlage für die hydraulischen Berechnungen dienten die Vermessungsdaten der Gemeinde Offenbach und der Gruppenwasserwerke Bornheim. Des weiteren wurden Höhen und Distanzen aus dem DGM 1 des Landesamt für Vermessung und Geoinformation entnommen (© GeoBasis-DE / LVermGeoRP2022, 2022).

Die hydraulische Berechnung der Gräben ist in Anlage A-2, die der Durchlässe in Anlage A-3 zu finden. Es wurden die beiden Fließwegvarianten 5 und 6 auf Defizite untersucht.

2.4.1 Fließwegvarianten

Für Variante 5 ist ein neuer Graben samt überfahrbarer Mulde sowie einem neuen Durchlass und Abgrabungen in den Bestandsgräben notwendig.

Variante 6 nutzt zwei Bestandsgräben, welche durch die Zone II des Wasserschutzgebiets „Dreihof Offenbacher Wald“ führen. Um zu verhindern, dass Queichwasser bei der Durchleitung versickert, ist dieses entweder vollständig verrohrt, durch- oder umzuleiten. Begründet ist die Anforderung der SGD Süd in der RVO des WSG Dreihof. Darin wird unter (§ 4 Absatz 3, Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd - Referat 31, 2001) das Verbot für „Gräben und oberirdischer Gewässer, die mit Abwasser oder wassergefährdenden Stoffen belastet sind, soweit und solange solche Gräben und Gewässer

nicht entsprechend dahingehend ausgebaut sind, dass eine Gefährdung nicht zu besorgen ist“ (§ 4 Absatz 3, Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd - Referat 31, 2001) ausgesprochen. Somit ist eine Grabenführung des Queichwassers in die Zone II des WSG ausgeschlossen. Eine Wasserführung ist dort nur mit einem Nachweis, dass keine negativen Auswirkungen auf Trinkwasserbrunnen zu erwarten sind, möglich. Da entsprechende Gräben nah am Brunnen verlaufen, sind die Maßnahmen zur Nutzung dieser Gräben separat zu prüfen. Ein Ausbau an diesen Gräben ist ebenso notwendig.

2.4.2 Entnahmemenge

Zum jetzigen Zeitpunkt ermöglicht das Grabensystem eine sehr eingeschränkte Abflussmenge und keine durchgängige Wasserführung bis in den Floßbach-Großgraben hinein. Mit den baulichen Veränderungen um die Durchgängigkeit zu ermöglichen ergibt sich aus der SOBEK-Modellierung für die Gräben der Wiesenbewässerung ein Abfluss von 0,1 m³/s. In der Modellierung wurde an Durchlass 04-R-99-018 eine Stauung durch ein zu geringes Gefälle aufgezeigt, wie in Anlage A-4 im Längsschnitt zu sehen ist. Unter der Annahme, dass die Defizite an den Gräben und Durchlässen behoben werden und ein Abfluss von 0,1 m³/s möglich ist wird nachfolgend die Bewässerung des Waldes berechnet.

2.5 Zustand flutbarer Flächen

Eine Verteilung des Wassers im Wald ist über den Floßbach-Großgraben denkbar. Die 0,1 m³/s welche in den Floßbach-Großgraben eingeleitet werden, würden ohne weitere Maßnahmen in dem bergadigten und eingetieften Gewässer schnell abfließen. Die Berechnung der Versickerung im Gerinne (Wiesenbewässerungsgräben und Floßbach-Großgraben) hat ergeben, dass eine reine Gerinneflutung unterhalb der Sohle des alten Druslachverlauf liegen würde und bei einer 15-tägigen Bewässerung eine maximale Versickerung von rund 18.000 m³ Wasser ermöglichen würde.

Wenn das ausgeleitete Wasser kaskadenartig im Wald aufgestaut wird und so die Abschnitte dazwischen überflutet, kann ein Gesamtvolumen von 156.000 m³ in der Fläche versickern. Durch eine flächige Versickerung profitiert ebenso die Vegetation, die nicht direkt vom Floßbach-Großgraben beeinflusst wird.

2.5.1 Entwurf Bewässerungsablauf

Für die flächige Ausbreitung des Wassers im Wald bietet sich die Einteilung des Waldes in Bewässerungsabschnitte, wie in Anlage B-3 gezeigt, an. Die Forstwege eignen sich als Barrieren, welche das Abströmen des Wassers verhindern. An den Durchlässen und Brücken entlang des Floßbach-Großgrabens sind Bauwerke zu errichten, welche eine gezielte Einstauung der oberhalb liegenden Fläche bis zu einer maximalen Wasserstandshöhe von 20 – 30 cm unterhalb der niedrigsten Stelle des Forstwegs ermöglicht. Bei Erreichung der maximalen Füllung der Abschnitte fällt das Wasser in den unterliegenden Bewässerungsabschnitt über, wodurch konstant eine Strömung aufrecht erhalten wird.

Die potenziellen überschwemmten Flächen der jeweiligen Bewässerungsabschnitte sind in Anlage A-5 aufgeführt. Als mittlere Wasserstandshöhe in den überfluteten Flächen der Bewässerungsabschnitte

wurde 0,15 m angenommen. Daraus errechnet sich das maximale Volumen für die einzelnen Flächen, welches ebenfalls in der genannten Anlage zu finden ist. Eine Betrachtung der Schutzgüter im gesamten Wald nördlich von Offenbach hat ergeben, dass von den 18 Abschnitten 16 vollständig und eine teilgefüllt werden können. 7 Abschnitte liegen auf Offenbacher Gemarkung. Die Übrigen liegen im Eigentum der Ortsgemeinde Hochstadt. Für die Bewässerung auf Offenbacher Gemarkung sind mindestens vier Staubauwerke notwendig.

2.5.2 Sohl-anhebung und Laufverlängerung des Floßbach-Großgraben

Der Floßbach-Großgraben hat durch seinen geradlinigen Verlauf im Vergleich zu seinem Leitbild, dem „Typ 19: kleinen Niederungsfließgewässer in Fluss- und Stromtälern“, eine verkümmerte Morphologie (Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, 2022, S. 2). Das im Leitbild beschriebene mäandrierend verlaufende Gewässer ist nicht tief in die Landschaft eingeschnitten und zeichnet sich durch stabile Ufer aus. Zudem sollte ein wechselhaft auftretendes Bild von Fließ- und Stillwassersituationen auftreten (Umweltbundesamt, 2018, S. 207). Eine langandauernde Überflutung bei Hochwasser ist ebenso prägend.

Durch die Begradigung des alten Druslachverlaufs sind all diese morphologischen Merkmale in dem aktuellen Verlauf nur bei Hochwasser wiederzufinden. Das Gewässer ist zudem relativ tief ins Gelände eingetieft.

Für einen längerfristigen Rückhalt des Wassers aus der Queich, des Abflusses aus dem Gewerbegebiet und dem Abfluss aus dem Gebietsniederschlag ist es sinnvoll den Lauf des Floßbach-Großgrabens zu verlängern und die Gewässersohle anzuheben [39, S. 89].

3 Wasserhaushalt

Um den Einfluss der Bewässerung auf den Bodenwasserhaushalt abschätzen zu können, wurden bestimmte Wasserhaushaltsparameter mit dem BCE-intern entwickelten Bodenwasserhaushaltsmodell „WHMod“ für den Ist- und Planzustand berechnet. Es wurden die Version 6.0 und Klimadaten des DWD von den umliegenden Stationen genutzt. Anlage A-8 enthält eine Programmbeschreibung.

3.1 Untersuchungsaufbau

Als Untersuchungsgebiet wurde der gesamte Wald nördlich von Offenbach gewählt. Es wurde anschließend für den Ist-Zustand die Berechnung der folgenden Wasserhaushaltsparameter für den Referenzzeitraum 2002 – 2023 durchgeführt:

- Bodenverdunstung
- relative Bodenfeuchte
- Sickerwasser
- Grundwasserneubildung
- aktuelle Verdunstung

Um den Planzustand abzubilden wurden drei Jahre ausgewählt die im Sommerhalbjahr (01.04.-31.10.) von 2002 – 2023 hydrologisch auffällig waren.

- 2013 – niederschlagsreich (702 mm)
- 2018 – niederschlagsarm (246 mm)
- 2019 – mittlerer Niederschlag (458 mm)

Es wurden zwei Bewässerungszeiträume modelliert. Einmal zu Beginn des Winterhalbjahrs Anfang November und am Ende des Winterhalbjahrs. Für beide Modellierungszeiträume besteht die Annahme, dass ein Überstau auf den Flächen zu einer relativen Bodenfeuchte von 100 % im Bereich der überstauten Flächen führt.

3.1.1 Modellierung Winterbewässerung – Einfluss auf das Sommerhalbjahr

Die Modellierungen der Winterbewässerung im März hat für die drei Niederschlagsjahre einen positiven Einfluss auf alle Wasserhaushaltsparameter gezeigt. Die Differenz der Bodenfeuchte der Referenzberechnung zur Berechnung mit 100 % Ausgangsbodenfeuchte, hat in keinem der Jahre lang angehalten. Allerdings hat die Anhebung trotzdem für alle betrachteten Jahre für eine gesteigerte Sickerwassermenge und dadurch auch gesteigerte Grundwasserneubildung gesorgt. Die Änderung der Verdunstungsleistung ist unwesentlich. Aus den Ergebnissen in Tabelle 4 kann geschlossen werden, dass in jedem Fall der Einfluss der Waldbewässerung auf die Grundwasserneubildung erheblich ist und durch den geringen Flurabstand im Wald auch zu einer hohen Wasserverfügbarkeit für die Vegetation führen kann.

Tabelle 4: Vergleich der Wasserhaushaltskomponenten, 01.04. - 31.10 - Referenzmodell zu Waldbewässerungsmodell für drei ausgewählten Jahre 2013, 2018 und 2019

Wasserhaushaltsparameter	Referenzjahr 2013	Waldbewässerung	Differenz
mittlere Relative Bodenfeuchte [%]	66,30	67,44	+ 1,42
Summe Sickerwasser [mm]	112,21	130,91	+ 18,7 (+ 17 %)
Summe Grundwasserneubildung [mm]	10,87	30,93	+ 20,06 (+ 185 %)
Summe Verdunstung [mm]	649,02	649,48	+ 0,46 (+ 0,07%)
Wasserhaushaltsparameter	Referenzjahr 2018	Waldbewässerung	Differenz
mittlere Relative Bodenfeuchte [%]	40,67	43,12	+ 2,48
Summe Sickerwasser [mm]	7,55	15,92	+ 8,37 (+ 112 %)
Summe Grundwasserneubildung [mm]	- 279,13	- 179,13	+ 20,36 (+ 64 %)
Summe Verdunstung [mm]	691,02	698,32	+ 7,30 (+ 1 %)
Wasserhaushaltsparameter	Referenzjahr 2019	Waldbewässerung	Differenz
mittlere Relative Bodenfeuchte [%]	48,35	52,43	+4,08
Summe Sickerwasser [mm]	11,13	28,85	+17,72 (+ 159 %)
Summe Grundwasserneubildung [mm]	- 197,31	- 164,54	+32,77 (+ 17 %)
Summe Verdunstung [mm]	668,66	678,45	+9,78 mm (+ 2 %)

3.1.2 Modellierung Winterbewässerung – Einfluss auf das Winterhalbjahr

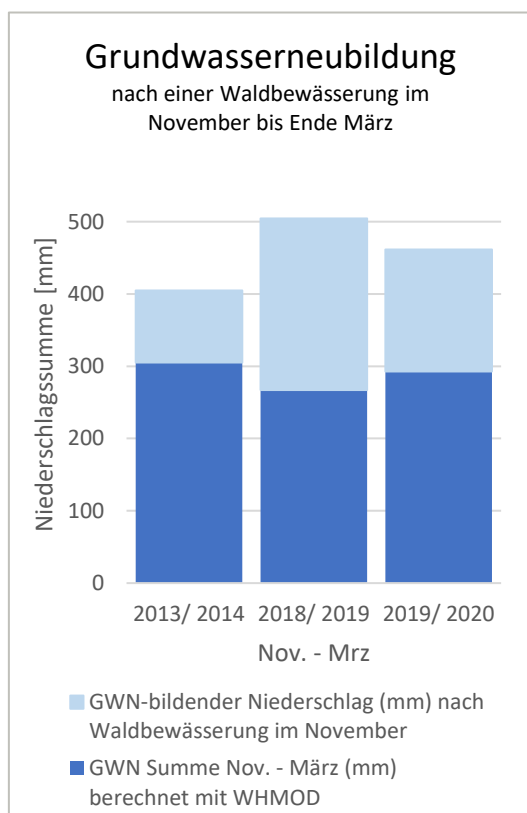


Abbildung 7: Grundwasserneubildung nach einer Waldbewässerung im November

Wie in Kapitel 2.1.3 ermittelt, ist eine Waldbewässerung meist ab November möglich. Durch die geringe Belaubung im Winter ist die Evapotranspiration im Winter reduziert. Niederschläge erreichen zudem durch die geringe Belaubung den Waldboden eher und tendenziell geringere winterlichen Temperaturen senken die Verdunstung weiter.

Daraus wurde die Annahme abgeleitet, dass bei einmaliger Bewässerung im November der Boden 100 % gesättigt ist und jeder Niederschlag direkt neubildungswirksam sein kann.

In Abbildung 7 dargestellt, wie hoch die GWN nach einer Waldbewässerung im Zeitraum von 01.11. und 31.03. für die untersuchten Jahre 2013, 2014 und 2020 gewesen wären. Für den Vergleich von Plan- und Ist-Zustand wurden die gleichen Referenzjahre im Winterhalbjahr betrachtet. Die Grundwasserneubildung, bestehend aus den Winterniederschlägen würde demnach eine Waldbewässerung in nassen Wintern (Modellierung 2013/ 2014) um 33 % bis zu trockenen Wintern die (Modellierung 2018/ 2019) um 89 % steigern.

4 Technische Ausführung

Für die effektive Umsetzung der Waldbewässerung sind bauliche Maßnahmen am Fließweg von der Queich in den Wald, im Wald und im Floßbach-Großgraben nötig. Nach dem Umbau ist ein Modellbetrieb ratsam um die Einstauhöhen an der Queich sowie im Wald zu justieren.

4.1 Bauliche Maßnahmen

Für die Umsetzung der Waldbewässerung sind Baumaßnahmen entlang des Wiesenbewässerungssystems, im Floßbach-Großgraben und an den Brücken und Durchlässen im Wald durchzuführen.

4.1.1 Fließwege

Für das Grabensystem wurden die Fließwegvarianten 5 und 6 betrachtet. Bzgl. der maximalen Leistungsfähigkeit wurden für beide Varianten Defizite festgestellt. In Fließrichtung ist bei beiden Varianten stellenweise eine Abtragung in einer Höhe von 0 - 0,2 m notwendig, um ein durchgängiges Sohlgefälle zu erreichen. Der Umfang der nötigen Abtragungen für die einzelnen Gräben ist in den Tabellen in Anhang A-1 zu finden. Ebenso sind dort die Dimensionen der Gräben nach den Abtragungen zu sehen.

SGD Süd, RS WAB, Neustadt an der Weinstraße

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte, Offenbach an der Queich

Die Leistungsfähigkeit der Gräben soll auf rd. 0,1 m³/s angehoben werden. Begrenzend wirken nach der Abtragung die Durchlässe, welche höhere Entnahmen aus der Queich verhindern.

Variante 5

Für Variante 5 ist neben der Abgrabung in den Bestandsgräben ist noch die Errichtung eines weiteren Grabens sowie eines Durchlasses nötig. Bei der Errichtung des Grabens 04-99-016-01, wird eine Wirtschaftsfläche (Grünland, extensiv genutzt) durchschnitten. Dieses Land ist Eigentum der Gemeinde Offenbach, wird jedoch privat bewirtschaftet.

Die Dimensionierung des Grabens ist in Anlage A-2 aufgeführt. Um die Zugänglichkeit der umliegenden Flächen zu erhalten und dennoch das Wasser für die Waldbewässerung schon in den ersten Waldbereich zu leiten sind folgende Maßnahmen vorgesehen.

Zur Überquerung des Grabens ist die Anlage einer überfahrbaren Mulde, ähnlich einer Furt zweckmäßig, da das Fahrzeugaufkommen gering geschätzt wird (DIN 1661-1). Die Anforderungen an die überfahrbare Mulde werden in Anlage A-6 genannt. In Anlage B-4 ist eine Übersicht über die Lage des Grabens und der Mulde, in Anlage B-6 der Graben und die Mulde im Schnitt skizziert. Um einen Waldweg zu kreuzen muss für die Variante 5 noch ein Durchlass angelegt werden.

Der Durchlass für Graben 04-99-026-02 wird als 04-R-99-026-01 bezeichnet. Die Lage des Durchlasses ist in Anlage B-5 skizziert.

Variante 6

In Variante 6 steht die Nutzung der Bestandsgräben und lediglich eine Ertüchtigung dieser im Vordergrund. Zu diesem Zweck werden die Gräben 04-99-021 und 04-99-027 verwendet. Sie befinden sich im Wasserschutzgebiet, so dass eine Abdichtung gegen Versickerung über die Grabensohle erforderlich ist. Die Gräben sind aufgrund des geringen Gefälles unterdurchschnittlich wasserführend und müssten für die Waldbewässerung ausgebaut werden. Dies ist auch im Längsschnitt in Anlage A-4 zu sehen.

Die Längsschnittbetrachtung hat ergeben, dass eine Abgrabung von ca. 0,2 m auf der Breite von 0,5 m der Grabensohle eine Nutzung für die Waldbewässerung ermöglicht. Die Abgrabung ist in Richtung des Fließweges zu steigern. Die Veränderungen und Massen sind in Anlage A-6 zu finden. Die Bewässerung durch das WSG ist durch die Genehmigungsbehörde zu prüfen.

4.1.2 Verschlüsse und Abdichtungen

Um das Wasser in der Queich aufzustauen, wird das Oberwiesenwehr geschlossen. Das Wehr ist funktionsfähig und muss nur in der Höhe des Wasserstandes dynamisch an die Entnahmekapazität des Wiesenbewässerungssystems angepasst werden. Dies ist in einem Testlauf zu erproben und im Betrieb zu justieren. Der Bypass, welcher einen weiteren Abfluss in einen Seitenarm ermöglicht ist, ebenfalls zu schließen, um den Wasserstand in der Queich zu erhöhen. Bei der Begehung am

SGD Süd, RS WAB, Neustadt an der Weinstraße

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte, Offenbach an der Queich

28.02.2024 wurde durch Bürgermeister Wassyl (Offenbach Queich) die Reparatur des Verschlusses veranlasst. Eine U-Schiene an einer Betoneinfassung am linken und rechten Ufer geben die Möglichkeit Schottbretter abhängig von dem gewünschten Wasserstand einzubringen. Diese Methode wird ebenso in den Gräben der Wiesenbewässerung genutzt. Die Holzbretter werden unweit des Wehrs gelagert. Im Wald ist ebenfalls angedacht ein ähnliches System zu nutzen.

Um im Wald, bei viel organischem Eintrag, insbesondere von Totholz eine Verkläuserung und so eventuelle Beschädigung der Brücken und Forstwege zu vermeiden sollen die Stauanlagen vorgelagert, an die oberstromige Seite der Brücken, angebracht werden. Die Dammbauwerke zur Stauung des Wassers, sollen mit einer Deichkronenbreite von mindestens 0,4 m und einer durchschnittlichen Höhe von 0,4 m, somit nach der Setzung des Deichs auf der Höhe des Waldweges errichtet werden. Die Böschungsneigung richtet sich nach der Scherfestigkeit des Dammbaustoffs, wird aber in einem Bereich zwischen 1:2 – 1:3 erwartet. Eine Skizze zu einem beispielhaften Staubauwerk ist in Anlage B-8 und die Übersicht der Lage in Anlage B-7 zu sehen. Bei Möglichkeit soll so wenig Material wie möglich zusätzlich in den Wald eingebracht werden. Daher ist zu untersuchen, ob der Aushub welcher durch den Anschluss des alten Druslachverlaufs anfällt teilweise zur Errichtung der Dämme genutzt werden kann.

In der Gemarkung Offenbach sind vier Riegel nötig. Um den gesamten Wald zu bewässern und die einzelnen Bewässerungsabschnitt einzustauen müssten zehn Riegel eingebaut werden. Die Bauwerke sind einzeln abhängig von den örtlichen Gegebenheiten zu planen.

4.1.3 Bauliche Maßnahmen im Floßbach-Großgraben

Bei der Einleitung des Queichwassers in den Floßbach-Großgraben zur Aufstauung im Wald sind zwingend bauliche Staumaßnahmen nötig, da das Wasser in dem begradigten Gewässer schnell abfließen würde. Um einen nachhaltigen Rückhalt des Wassers im Wald zu ermöglichen, können Gewässerentwicklungsmaßnahmen ergriffen werden, die eine Laufverlängerung und daraus resultierende Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit bewirken können. Dadurch kann die Verfügbarkeit von Wasser im Offenbacher Wald auch außerhalb der Bewässerungszeiten erhöht werden.

Als Gewässerentwicklungsmaßnahmen, werden folgende bauliche und organisatorische Maßnahmen vorgeschlagen (Kern, S. 27):

- Aufweitung des Gewässerbettes
- Verflachung des Gefälles, durch Laufverlängerung
- Einbau und Belassen von Raubbäumen
- Einbau von Totholz
- Einbringen von Wurzelstöcken in die Sohle zur Förderung der Auflandung

Für die Aufweitungen des Floßbach-Großgrabens und Anschlusses des alten Druslach-Verlaufs an die Wasserführung sind Abgrabungen durchzuführen. Diese sind immer an den Stellen durchzuführen, an denen der alte Druslachverlauf den Floßbach-Großgraben kreuzt. In Anlage B-3 sind diese Bereiche immer in Fließrichtung vor den geplanten Sohlswellen durchzuführen. Sohlswellen

sollen immer nach den Einläufen des Floßbach-Großgrabens in die alte Druslach in den Floßbach-Großgraben eingebaut werden um langfristig die Sohle des Floßbach-Großgrabens anzuheben und insgesamt eine Laufverlängerung über die Seitenarme des alten Druslachverlaufs zu bewirken.

Rauh bäume, Totholz und Wurzelstöcke in der Sohle sollen die Auflandung fördern. Sie sind in großem Umfang einzubauen bzw. zu belassen. Für das Leitbild typisch ist eine große Habitatvielfalt mit einer „charakteristische[n] Verzahnung von Fließgewässerabschnitten unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten und Stillgewässersituationen“ (Umweltbundesamt, 2018, S. 211). Ziel ist ebenfalls die Steigerung der Habitatdiversität durch Maßnahmen zur Sohlenanhebung, der Aufweitung des Floßbachs in einzelnen Bereichen und der Anlage von strömungslenkenden Buhnen zur Entwicklung eines mäandrierenden Verlaufs.

Die Maßnahmen sollten am unteren Ende der geschädigten Strecke begonnen und abschnittsweise in Richtung des Oberwassers saniert werden (Kern, S. 32). Das Belassen des Totholzes im Wald und insbesondere im Floßbach-Großgraben durch das Forstamt ist zu begrüßen. In Anlage B-3 sind die Bereiche, in denen die verschiedenen Maßnahmen angebracht sind eingezeichnet.

4.2 Betrieb

Da das Gebiet, in dem die Bewässerung stattfinden soll, im Einzug der Wassergewinnungsanlage WSG „Dreihof Offenbacher Wald“ liegt, soll vor dem Einleiten in die Bewässerungsfläche in jedem Fall eine Kontrollanalytik zur Sicherstellung der Wasserqualität durchgeführt werden.

Der Sauerstoffgehalt im Wasser kann dadurch erhöht werden, dass eine durchgängige Strömung im Waldbewässerungsbereich erhalten bleibt. Um eine Wasserbewegung zu ermöglichen, ist in den Bereichen, in denen das Wasser seitlich aus dem Floßbach-Großgraben in die Fläche ausgeleitet werden soll, ein Wiederanschluss im Unterlauf anzustreben. Die Einstauung in den Bewässerungsflächen sollte zudem auch immer mit einem Abfluss in den Unterlauf umgesetzt werden. Die in der Machbarkeitsstudie bemessenen Bereiche sind im Probetrieb zu plausibilisieren.

Die Überstauungen finden, wenn die Wassermengen für die Bewässerung der maximal einstaubaren Fläche ausreicht, nur in einem geringen Bereich statt. Die maximale Einstauhöhe beträgt im Durchschnitt 0,3 m. Im Verlauf eines Probetriebs kann die Notwendigkeit der Erhöhung in manchen Bereichen der Forstwege ermittelt werden.

Neben der Kontrollanalyse wird ein Monitoring während des Betriebs der Waldbewässerung in den nachstehenden Aspekten empfohlen:

- Hydrologische Aspekte:
 - Entnahmemenge und Entnahmezeiten aus der Queich
 - Einstellung Wehr Offenbach Oberwiesen für den passenden Wasserstand im Wiesenbewässerungssystem
- Hydraulische Aspekte:
 - Rückstau im Wiesenbewässerungssystem und Ertüchtigungsmaßnahmen an Gräben und Durchlässen
 - Standfestigkeit der Forstwege bei Einstau

- Dauer der Vollfüllung der Bewässerungsabschnitte und System in denen Abschnitte bewässert werden
- Auswirkung der Bewässerung auf die Artenzusammensetzung

5 Kostenschätzung

Die Massen- und Kostenschätzung wurde für die beiden Fließwegvarianten 5 und 6 getrennt untersucht. Für die Berechnung der Massen und Kosten der Staubauwerke wurden die räumlichen Gegebenheiten des 2. Bewässerungsabschnitts genutzt und auf die Anzahl der Staubauwerke im Bereich der Offenbacher Gemarkung hochskaliert. Die gesamte Schätzung beruft sich auf die, in der Übersichtskarte, in Anlage B-1, eingezeichnete Gemarkung Offenbachs.

Für Variante 5 belaufen sich die geschätzten Kosten, wie in Anlage A-7 aufgeführt, auf ungefähr 101.000 €, während sie für Variante 6 auf ca. 99.000€ geschätzt wurden. Die Kosten für die Unterhaltung, den Betrieb der Waldbewässerung und erforderliche Monitorings sind unberücksichtigt geblieben.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie hat die hydrologische und hydraulische Machbarkeit einer Waldbewässerung im Wald nördlich von Offenbach erwiesen. Die statistische Auswertung der Abflussmessungen des Queich-Pegels zeigt, dass an mindestens zehn Tagen im Jahr ausreichend Wasser für die Bewässerung zur Verfügung steht und auch im Hinblick auf den Klimawandel zur Verfügung stehen wird. Es wurde festgestellt, dass für die Festlegung eines unteren Grenzwertes der Wasserführung der Queich zur Waldbewässerung Gespräche mit den übrigen Anliegern notwendig sind. Die Waldbewässerung ist mit den vorhandenen Graben- und Gewässerstrukturen nach baulichen Maßnahmen unter Aufwendung von geschätzt ca. 100.000 € umsetzbar. Durch die baulichen Maßnahmen in Kombination mit der Waldbewässerung kann die Gewässerstrukturgüte des Floßbach-Großgrabens und somit das gesamte Ökosystem Wald ökologisch aufgewertet werden. Eine dynamische Bewässerung des Waldes in Abschnitten würde nach ca. 6,5 Tagen eine Überstauung der Flächen bewirken. Der weitere Einstau im Wald in zeitlicher Abhängigkeit begrenzt von der Überstautoleranz der einzelnen Baumarten, in Abstimmung mit dem „Forstamt Haardt“ kann zu einer erheblichen Grundwasseranreicherung führen. Mit einem Anstieg des Grundwasserstands ist auch mit einer höheren Wasserverfügbarkeit für die Vegetation zu rechnen.

Die angereicherte Grundwasserneubildung kann bei einer Bewässerung am Anfang des Winterhalbjahrs um ein bis zwei Drittel der realen Grundwasserneubildung steigen. Bei einer Winterbewässerung Ende März wurde eine Steigerung von mehr als 100 bis 180% berechnet.

Der Einfluss der Waldbewässerung auf das gesamte Ökosystem kann als erheblich positiv eingeschätzt werden. In Kombination mit einem permanenten Monitoring und Waldumbaumaßnahmen kann dieses Projekt eine regional und gesamtgesellschaftlich bedeutsame Wirkung entfalten. In Anbetracht der aktuell erheblichen Abnahmen der Grundwasserstände und der deutlichen Wirksamkeit der vorgestellten Waldbewässerung auf die Grundwasserneubildung, ist die limitierende Entnahmemenge aus

SGD Süd, RS WAB, Neustadt an der Weinstraße

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte, Offenbach an der Queich

der Queich zu Gunsten anderer wasserwirtschaftlicher Akteure an der Queich ins Verhältnis zu setzen.

Aufgestellt:

B.Sc. Lotte Varelmann

Speyer, Dezember 2025

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH



Kaj Lippert, Dec 09, 2025 15:44 UTC

Dr.-Ing. Kaj Lippert



Stephan Klose, Dec 09, 2025 12:41 UTC

ppa. Dr. rer. nat. Stephan Klose

Anlage A-1

Ermittelte Bewässerungstage pro Monat für den Zeitraum 1989-2023 Voraussetzung $Q > MQ$ (1,47 m³/s), Wiesenbewässerung berücksichtigt

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	19
1990	8	21	31	0	8	5	4	2	1	3	8	11
1991	31	28	18	0	1	2	1	0	1	1	6	7
1992	2	9	15	0	6	4	6	2	1	5	19	18
1993	23	3	0	0	2	0	1	0	1	0	0	22
1994	31	28	31	27	31	22	0	1	7	0	6	4
1995	18	28	31	9	31	30	12	2	6	3	3	7
1996	0	7	0	0	2	1	0	0	0	1	9	3
1997	2	18	31	0	9	8	4	1	0	1	2	7
1998	19	0	3	1	19	7	2	0	5	11	30	27
1999	31	28	31	7	31	13	5	0	2	1	2	16
2000	31	29	31	0	8	1	3	2	1	11	10	31
2001	31	28	31	0	2	0	2	2	23	10	30	31
2002	31	10	4	0	0	0	1	1	0	1	10	5
2003	1	1	2	0	1	1	2	1	2	1	4	11
2004	4	5	10	0	0	0	1	0	0	1	0	3
2005	4	4	0	0	0	1	6	5	1	2	9	23
2006	31	28	8	0	6	1	0	0	0	4	1	3
2007	16	28	30	0	0	2	1	0	0	3	1	5
2008	15	19	3	0	2	0	0	0	2	2	20	22
2009	31	28	31	3	13	8	10	0	14	21	30	31
2010	31	26	8	0	2	4	2	0	0	7	20	10
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	15	22
2012	17	16	29	5	15	4	7	6	21	21	29	31
2013	31	28	10	0	2	6	1	1	3	4	22	31
2014	31	28	14	0	1	0	1	0	1	1	6	18
2015	31	28	23	10	26	4	0	0	4	0	1	1
2016	12	0	1	0	0	2	2	0	3	17	30	31
2017	31	28	15	1	0	1	0	0	0	4	6	4
2018	12	8	4	0	0	0	0	0	0	6	2	23
2019	31	28	10	0	0	0	0	0	0	0	5	23

SGD Süd, RS WAB, Neustadt an der Weinstraße

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte Offenbach an der Queich

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
2020	14	1	5	0	11	0	2	1	1	1	10	9
2021	5	9	4	0	2	0	1	1	0	0	5	0
2022	3	4	4	0	0	2	1	0	11	7	0	0
2023	4	0	5	0	2	0	1	2	0	2	15	1

Ermittelte Bewässerungstage für den Zeitraum 1989 - 2023. Voraussetzung $Q > 2 \cdot MQ$ (2,94 m³/s), Wiesenbewässerung berücksichtigt

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
1990	3	10	9	0	0	0	0	0	0	1	0	2
1991	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1992	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1993	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
1994	30	28	17	27	1	2	0	0	0	0	0	0
1995	10	15	12	9	1	0	2	0	1	0	0	1
1996	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
1997	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	3	0
1999	1	11	31	7	1	0	0	0	0	0	0	8
2000	18	29	20	0	0	0	1	0	1	1	3	10
2001	26	23	4	0	0	0	0	0	3	0	11	11
2002	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0
2003	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2005	1	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	3
2006	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2008	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
2009	11	1	0	3	0	0	1	0	0	3	21	12
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1
2012	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	5

SGD Süd, RS WAB, Neustadt an der Weinstraße

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte Offenbach an der Queich

2013	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	3
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2015	3	0	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0
2016	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4	15	24
2017	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
2018	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	11
2019	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
2020	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1
2021	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Anlage A-2

Hydraulische Berechnung der Bestandsgräben der Wiesenbewässerung die zur Waldbewässerungszuleitung genutzt werden können

Bestandsgrabensystem Variante 5				
Grabenbezeichnung	Mittlere Fließgeschwindigkeit	Volumenstrom	Volumenstrom	Schleppspannung
	v [m/s]	Q [m³/s]	Q[m³/d]	[N/m³]
04-99-001	0,333	0,139	12.029	3,13
04-99-002	0,300	0,201	17.368	2,23
04-99-003	0,355	0,178	15.363	3,35
04-99-004	0,328	0,084	7.268	3,32
04-99-005	0,278	0,085	7.312	2,30
04-99-006	0,396	0,126	10.919	4,45
04-99-008	0,321	0,141	12.166	2,94
04-99-015	0,364	0,208	17.983	3,39
04-99-016	0,510	0,250	21.637	6,7
04-99-016-01	N/A	N/A	N/A	-4,87
04-99-026	0,319	0,145	12.537	2,16
04-99-026-01	0,280	0,131	11.307	1,67
04-99-026-02	0,254	0,048	4.162	1,720
04-99-028-01	1,039	1,818	157.090	22,88

Tabelle 1: Berechnung der Hydraulik im Bestandsgrabensystem der Fließwegs-Variante 6, Graben 04-99-021 zeigt im Bestand die Limitierung eines leicht negativen Sohlgefälles. Daher wird dieser Bereich wie eine Schwelle betrachtet. Eine Berechnung der Fließgeschwindigkeit bzw. auch eines Volumenstroms ist hier mit den oben genannten Gleichungen nicht möglich. (N/A)

* Bezeichnung der Gräben nach der Caigos-Gewässerbezeichnung der Gemeinde Offenbach

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Tabelle 2: : Berechnung der Hydraulik im Bestandsgrabensystem der Variante 6. Graben 04-99-021 zeigt im Bestand die Limitierung eines leicht negativen Sohlgefälles. Daher wird dieser Bereich wie eine Schwelle betrachtet. Eine Berechnung der Fließgeschwindigkeit bzw. auch eines Volumenstroms ist hier mit den oben genannten Gleichungen nicht möglich. (N/A)

Bestandsgrabensystem Variante 6				
Grabenbezeichnung	Mittlere Fließgeschwindigkeit	Volumenstrom	Volumenstrom	Schleppspannung
	v [m/s]	Q [m³/s]	Q[m³/d]	[N/m³]
04-99-001	0,333	0,139	12.029	3,13
04-99-002	0,300	0,201	17.368	2,22
04-99-003	0,355	0,178	15.363	3,35
04-99-004	0,328	0,084	7.268	3,32
04-99-005	0,278	0,085	7.312	2,30
04-99-006	0,396	0,126	10.919	4,47
04-99-008	0,321	0,141	12.166	2,94
04-99-015	0,364	0,208	17.983	3,39
04-99-016	0,510	0,250	21.637	6,73
04-99-017	0,347	0,138	11.881	3,31
04-99-018	0,402	0,162	13.997	4,40
04-99-019	0,554	0,275	23.741	8,04
04-99-020 (im WSG)	0,302	0,052	4.536	3,06
04-99-021 (im WSG)	N/A*	N/A	N/A	-2,27
04-99-027	0,591	0,563	48.600	8,24
04-99-028	0,102	0,070	6.091	0,27
04-99-028-01	1,039	1,818	157.090	22,88

Tabelle 3: Tabelle der Notwendigen Veränderungen an der Grabengeometrie der Fließwegsvariante 5

Veränderungen am Grabensystem Variante 5										
Bezeichnung	Differenz Böschung oben_links	Differenz Böschung unten_links	Differenz Böschung unten_rechts	Differenz Böschung oben_rechts	Differenz Start-höhe	Differenz Endhöhe	Sohlgefälle (neu)	b_u (Breite_Sohle) (neu)	b_o (breite) (neu)	Fließtiefe (neu)
04-99-001	-	-	-	-	-	-	0,26%	0,50	2,35	0,31
04-99-002	-	-	-	-	-	-	0,05%	0,50	2,37	0,49
04-99-003	-	-	-	-	-	-	0,12%	0,50	2,26	0,39
04-99-004	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,28%	0,50	1,88	0,43
04-99-005	- 0,10	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,21%	0,50	2,00	0,37
04-99-006	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,17%	0,50	1,80	0,50
04-99-008	-	-	-	-	-	-	0,58%	0,50	2,58	0,30
04-99-015	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,04%	0,50	2,28	0,61
04-99-016	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,27%	0,50	1,99	0,58
04-99-017	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,18%	0,50	2,01	0,54
04-99-018	-	-	-	-	-	-	0,23%	0,50	1,98	0,35
04-99-019	-	-	-	-	-	-	0,38%	0,50	2,11	0,42
04-99-020	-	- 0,27	- 0,20	-	-	-	0,30%	0,50	1,64	0,45
04-99-021	-	- 0,20	- 0,20	-	-	0,20	0,16%	0,50	2,18	0,57
04-99-027	-	-	-	-	-	-	0,28%	0,57	3,00	0,57
04-99-028	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,01%	0,50	3,00	0,60
04-99-028-01	-	-	-	-	-	-	0,57%	1,00	4,00	0,70

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Tabelle 4: Tabelle der Notwendigen Veränderungen an der Grabengeometrie der Fließwegsvariante 6

Veränderungen am Grabensystem Variante 6										
Bezeichnung	Differenz Böschung oben_links	Differenz Böschung unten_links	Differenz Böschung unten_rechts	Differenz Böschung oben_rechts	Differenz Start-höhe	Differenz Endhöhe	Sohlgefälle (neu)	b_u (Breite_Sohle) (neu)	b_o (breite) (neu)	Fließtiefe (neu)
04-99-001	-	-	-	-	-	-	0,261%	0,51	2,35	0,31
04-99-002	-	-	-	-	-	-	0,044%	0,50	2,37	0,49
04-99-003	-	-	-	-	-	-	0,355%	0,50	2,26	0,39
04-99-004	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,270%	0,50	3	0,43
04-99-005	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,207%	0,50	2,004	0,47
04-99-006	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,166%	0,50	1,8	0,50
04-99-008	-	-	-	-	-	-	1,422%	0,50	2,577	0,30
04-99-015	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,038%	0,50	2,28	0,61
04-99-016	-	- 0,20	- 0,20	-	-	-	0,269%	0,56	1,99	0,58
04-99-016-01	-	- 0,25	N/A	-	-	- 0,25	0,085%	0,50	3,00	0,42
04-99-026	-	-	- 0,10	-	- 0,25	- 0,20	0,109%	1,20	3,50	0,38
04-99-026-01	-	-	-	-	- 0,20	- 0,20	0,127%	1,00	3,70	0,28
04-99-026-02	-	- 0,20	- 0,20	-	- 0,20	- 0,10	0,114%	1,00	3,00	0,34
04-99-026-03	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	0,227%	1	2,8	0,30
04-99-028-01	-	-	-	-	-	-	0,528%	1,00	4	0,70

Grabendimensionierung nach Abtragungen				
Gräben der Wiesenbewässerung	Max. Wassertiefe [m]	Sohlbreite [m]	Böschungsneigung m [1:m]	Q neu [m³/s]
04-99-001	0,31	0,50	2,92	0,223
04-99-002	0,49	0,50	1,89	0,361
04-99-003	0,49	0,50	1,79	0,421
04-99-004	0,43	0,50	1,61	0,146
04-99-005	0,37	0,50	2,05	0,143
04-99-006	0,50	0,50	1,31	0,481
04-99-008	0,30	0,50	3,53	0,224
04-99-015	0,61	0,50	1,46	0,551
04-99-016	0,58	0,50	1,27	1,309
04-99-017	0,54	0,50	1,40	0,358
04-99-018	0,35	0,50	2,11	0,186
04-99-019	0,42	0,50	1,92	0,409
V5: 04-99-020	0,45	0,50	1,28	0,263
V5: 04-99-021	0,57	0,50	1,48	0,778
V5: 04-99-027	0,57	0,57	2,13	0,980
V5: 04-99-028	0,60	0,50	2,07	0,717
V5: 04-99-028-01	0,70	1,00	2,36	2,202
V6: 04-99-016-01	0,42	0,50	3,00	0,403
V6: 04-99-026	0,38	1,20	3,00	0,106
V6: 04-99-026-01	0,28	1,00	4,89	0,167
V6: 04-99-026-02	0,34	1,00	2,94	0,109

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

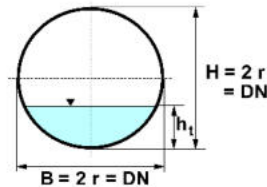
Seite 1

08.03.2024

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-001**

$Q_{max} =$ 1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$ 0,00493 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$ 0,75 mm	Betriebliche Rauheit	
$d_{min} =$ 0,908 m	kleinstmöglicher Durchmesser	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
DN = 600 mm	Nennweite	
$A_v =$ 0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$ 0,469 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$ 1,6579 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$ 1,52 · 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$ 9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe	Teilfüllungs- verhältnis	Querschnitt (Teilfüllung)	Hyd. Radius (Teilfüllung)	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Teilfüllungs- abfluß	Froude-Zahl (absóhnt)	Energiehöhe	Teilfüllungs- verhältnis	untersuchte Abflüsse
h_t	h_t/H	A_t	$r_{hy,t}$	v_t	Q_t	Fr	h_E	Q_t/Q_v	Q_t
[m]	-	[m ²]	[m]	[m/s]	[m ³ /s]	-	[m]	-	Text
0,600	1,000	0,283	0,150	1,658	0,469	0,00	0,740	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	1,850	0,496	0,68	0,715	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	1,379	0,114	1,15	0,297	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,948	0,029	1,15	0,146	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	1,850	0,496	0,68	0,715	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0049** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **7,61** [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle	Teilfüllungs- verhältnis	Krit. Gefälle	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Kritische Wandschub- spannung	Wandschub- spannung	Teilfüllungs- verhältnis	Hydraul. Radius	Krit. Gefälle (2)	
$max I_{krit}$	h_t/H	$I_{krit,1}$	v_t	τ_{krit}	τ_{min}	h_t/H	r_{hy}	$I_{krit,2}$	
-	-	-	m/s	N/m ²	N/m ²	-	m	-	
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,157	0,00065	

Berechnung:

- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms Solver: **Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Copyright 1995 by AbwasserVerlag Hamburg

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00800	0,247	1,48	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

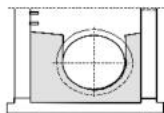
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

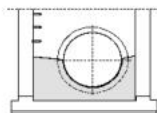
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00800	0,813	2,392	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

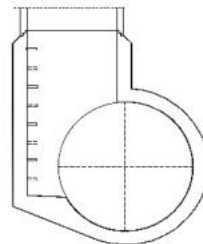
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte



angeformte Schächte

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00800	0,247	1,48	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

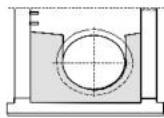
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

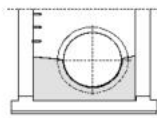
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00800	0,813	2,392	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

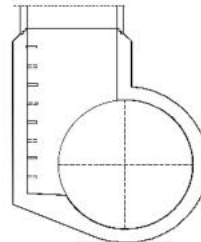
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte



angeformte Schächte

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

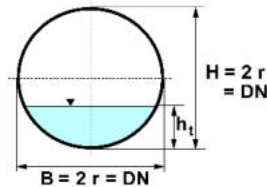
Seite 1

08.03.2024

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-002**

$Q_{max} =$ 1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$ 0,00800 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$ 0,75 mm	Betriebliche Rauheit	
$d_{min} =$ 0,830 m	kleinstmöglicher Durchmesser	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
DN = 600 mm	Nennweite	
$A_v =$ 0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$ 0,598 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$ 2,1154 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$ 1,52 · 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$ 9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe	Teilfüllungs- verhältnis	Querschnitt (Teilfüllung)	Hyd. Radius (Teilfüllung)	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Teilfüllungs- abfluß	Froude-Zahl (absóhnt)	Energiehöhe	Teilfüllungs- verhältnis	untersuchte Abflüsse
h_t [m]	h_t/H	A_t [m ²]	$r_{hy,t}$ [m]	v_t [m/s]	Q_t [m ³ /s]	Fr	h_E [m]	Q_t/Q_v	Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	2,115	0,598	0,00	0,828	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	2,361	0,633	0,87	0,824	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	1,759	0,145	1,47	0,358	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	1,210	0,037	1,47	0,175	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	2,361	0,633	0,87	0,824	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0080** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **12,34** [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle	Teilfüllungs- verhältnis	Krit. Gefälle	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Kritische Fließgeschw.	Wandschub- spannung	Wandschub- spannung	Teilfüllungs- verhältnis	Hydraul. Radius	Krit. Gefälle (2)
$\max I_{krit}$	h_t/H	$I_{krit,1}$	v_t m/s	v_{krit} m/s	τ_{krit} N/m ²	τ_{min} N/m ²	h_t/H	r_{hy} m	$I_{krit,2}$
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,540	0,157	0,00065

Berechnung:

- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $\max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms **Solver: Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Copyright 1995 by AbwasserVerlag Hamburg

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

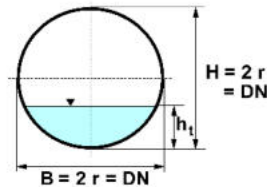
Seite 1

08.03.2024

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-003**

$Q_{max} =$ 1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$ 0,00020 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$ 0,75 mm	Betriebliche Rauheit	
$d_{min} =$ 1,657 m	kleinstmöglicher Durchmesser	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
DN = 600 mm	Nennweite	
$A_v =$ 0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$ 0,091 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$ 0,3231 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$ 1,52 · 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$ 9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe	Teilfüllungs- verhältnis	Querschnitt (Teilfüllung)	Hyd. Radius (Teilfüllung)	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Teilfüllungs- verhältnis	Froude-Zahl (absóhnt)	Energiehöhe	Teilfüllungs- verhältnis	untersuchte Abflüsse
h_t	h_t/H	A_t	$r_{hy,t}$	v_t	Q_t	Fr	h_E	Q_t/Q_v	Q_t
[m]	-	[m ²]	[m]	[m/s]	[m ³ /s]	-	[m]	-	Text
0,600	1,000	0,283	0,150	0,323	0,091	0,00	0,605	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	0,361	0,097	0,13	0,547	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	0,269	0,022	0,22	0,204	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,185	0,006	0,22	0,102	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	0,361	0,097	0,13	0,547	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0002** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **0,31** [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle	Teilfüllungs- verhältnis	Krit. Gefälle	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Kritische	Wandschub- spannung	Wandschub- spannung	Teilfüllungs- verhältnis	Hydraul. Radius	Krit. Gefälle (2)
$\max I_{krit}$	h_t/H	$I_{krit,1}$	v_t	v_{krit}	τ_{krit}	τ_{min}	h_t/H	r_{hy}	$I_{krit,2}$
-	-	-	m/s	m/s	N/m ²	N/m ²	-	m	-
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,540	0,157	0,00065

Berechnung:

- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $\max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms Solver: **Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Copyright 1995 by AbwasserVerlag Hamburg

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00020	0,247	0,23	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

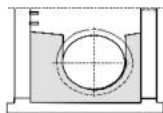
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

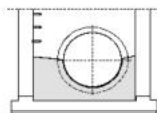
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00020	0,813	0,365	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

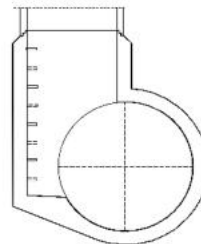
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte



angeformte Schächte

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

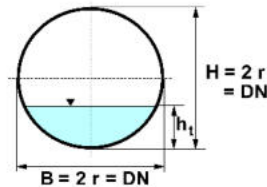
Seite 1

08.03.2024

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-004**

$Q_{max} =$ 1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$ 0,00204 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$ 0,75 mm	Betriebliche Rauheit	
$d_{min} =$ 1,072 m	kleinstmöglicher Durchmesser	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
DN = 600 mm	Nennweite	
$A_v =$ 0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$ 0,300 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$ 1,0604 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$ 1,52 · 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$ 9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe	Teilfüllungs- verhältnis	Querschnitt (Teilfüllung)	Hyd. Radius (Teilfüllung)	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Teilfüllungs- abfluß	Froude-Zahl (absóhnt)	Energiehöhe	Teilfüllungs- verhältnis	untersuchte Abflüsse
h_t [m]	h_t/H	A_t [m ²]	$r_{hy,t}$ [m]	v_t [m/s]	Q_t [m ³ /s]	Fr	h_E [m]	Q_t/Q_v	Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	1,060	0,300	0,00	0,657	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	1,183	0,317	0,44	0,611	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	0,882	0,073	0,74	0,240	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,607	0,019	0,74	0,119	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	1,183	0,317	0,44	0,611	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0020** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **3,14** [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle	Teilfüllungs- verhältnis	Krit. Gefälle	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Kritische	Wandschub- spannung	Wandschub- spannung	Teilfüllungs- verhältnis	Hydraul. Radius	Krit. Gefälle (2)
$max I_{krit}$	h_t/H	$I_{krit,1}$	v_t m/s	v_{krit} m/s	τ_{krit} N/m ²	τ_{min} N/m ²	h_t/H	r_{hy} m	$I_{krit,2}$
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,540	0,157	0,00065

Berechnung:

- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms Solver: **Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Copyright 1995 by AbwasserVerlag Hamburg

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00204	0,247	0,74	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

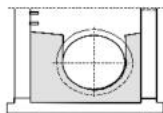
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

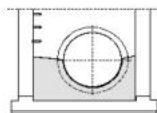
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00204	0,813	1,199	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

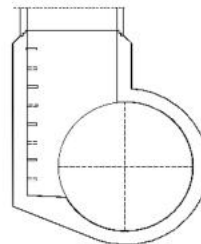
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte



angeformte Schächte

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

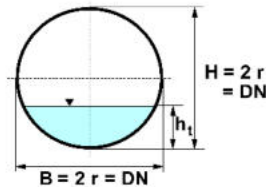
Seite 1

08.03.2024

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-005**

$Q_{max} =$ 1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$ 0,00258 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$ 0,75 mm	Betriebliche Rauheit	
$d_{min} =$ 1,025 m	kleinstmöglicher Durchmesser	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
DN = 600 mm	Nennweite	
$A_v =$ 0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$ 0,338 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$ 1,1955 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$ 1,52 · 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$ 9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe h_t [m]	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	Querschnitt (Teilfüllung) A_t [m ²]	Hyd. Radius (Teilfüllung) $r_{hy,t}$ [m]	Fließgeschw. (Teilfüllung) v_t [m/s]	Teilfüllungs- Q_t [m ³ /s]	Froude-Zahl (absóhnt) Fr	Energiehöhe h_E [m]	Teilfüllungs- verhältnis Q_t/Q_v	untersuchte Abflüsse Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	1,196	0,338	0,00	0,673	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	1,334	0,358	0,49	0,631	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	0,994	0,082	0,83	0,250	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,684	0,021	0,83	0,124	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	1,334	0,358	0,49	0,631	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0026** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **3,98** [N/m²]

Kritisches Gefälle $\max I_{krit}$	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration			$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung		Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	Hydraul. Radius r_{hy} m	Krit. Gefälle (2) $I_{krit,2}$
		Krit. Gefälle $I_{krit,1}$	Fließgeschw. (Teilfüllung) v_t m/s	Kritische v_{krit} m/s	Wandschub- spannung τ_{krit} N/m ²	Wandschub- spannung τ_{min} N/m ²			
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,540	0,157	0,00065

Berechnung:

- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $\max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms Solver: **Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Copyright 1995 by AbwasserVerlag Hamburg

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00258	0,247	0,84	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

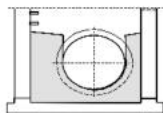
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

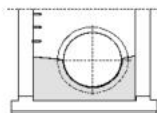
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00258	0,813	1,352	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

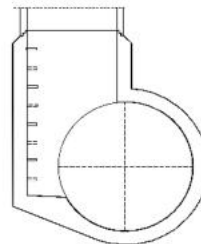
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte



angeformte Schächte

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

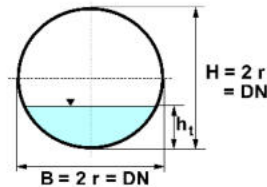
Seite 1

08.03.2024

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-006**

$Q_{max} =$ 1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$ 0,00056 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$ 0,75 mm	Betriebliche Rauheit	
$d_{min} =$ 1,368 m	kleinstmöglicher Durchmesser	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
DN = 600 mm	Nennweite	
$A_v =$ 0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$ 0,155 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$ 0,5469 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$ 1,52 · 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$ 9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe h_t [m]	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	Querschnitt (Teilfüllung) A_t [m ²]	Hyd. Radius (Teilfüllung) $r_{hy,t}$ [m]	Fließgeschw. (Teilfüllung) v_t [m/s]	Teilfüllungs- Q_t [m ³ /s]	Froude-Zahl (absóhnt) Fr	Energiehöhe h_E [m]	Teilfüllungs- verhältnis Q_t/Q_v	untersuchte Abflüsse Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	0,547	0,155	0,00	0,615	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	0,610	0,164	0,23	0,559	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	0,455	0,038	0,38	0,211	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,313	0,010	0,38	0,105	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	0,610	0,164	0,23	0,559	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0006** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **0,86** [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle $\max I_{krit}$	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	Krit. Gefälle $I_{krit,1}$	Fließgeschw. (Teilfüllung) v_t m/s	Kritische v_{krit} m/s	Wandschub- spannung τ_{krit} N/m ²	Wandschub- spannung τ_{min} N/m ²	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	Hydraul. Radius r_{hy} m	Krit. Gefälle (2) $I_{krit,2}$
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,540	0,157	0,00065

Berechnung:

- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $\max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms **Solver: Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Copyright 1995 by AbwasserVerlag Hamburg

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00056	0,247	0,38	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

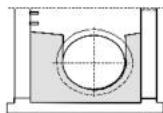
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

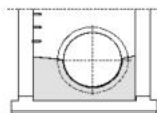
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00056	0,813	0,618	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

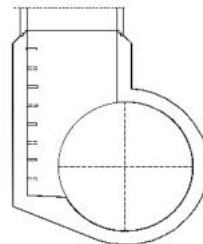
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte



angeformte Schächte

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

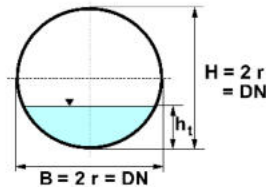
Seite 1

08.03.2024

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-007**

$Q_{max} =$	1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$	0,00095 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$	0,75 mm	Betriebliche Rauheit	
$d_{min} =$	1,238 m	kleinstmöglicher Durchmesser	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
$DN =$	600 mm	Nennweite	
$A_v =$	0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$	0,203 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$	0,7183 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$	1,52 · 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$	9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe	Teilfüllungs- verhältnis	Querschnitt (Teilfüllung)	Hyd. Radius (Teilfüllung)	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Teilfüllungs- abfluß	Froude-Zahl (absolut)	Energiehöhe	Teilfüllungs- verhältnis	untersuchte Abflüsse
h_t [m]	h_t/H	A_t [m ²]	$r_{hy,t}$ [m]	v_t [m/s]	Q_t [m ³ /s]	Fr	h_E [m]	Q_t/Q_v	Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	0,718	0,203	0,00	0,626	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	0,802	0,215	0,30	0,573	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	0,597	0,049	0,50	0,218	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,411	0,013	0,50	0,109	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	0,802	0,215	0,30	0,573	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0009** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **1,46** [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle	Teilfüllungs- verhältnis	Krit. Gefälle	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Kritische	Wandschub- spannung	Wandschub- spannung	Teilfüllungs- verhältnis	Hydraul. Radius	Krit. Gefälle (2)
$max I_{krit}$	h_t/H	$I_{krit,1}$	v_t m/s	v_{krit} m/s	τ_{krit} N/m ²	τ_{min} N/m ²	h_t/H	r_{hy} m	$I_{krit,2}$
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,540	0,157	0,00065

Berechnung:

- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms Solver: **Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Copyright 1995 by AbwasserVerlag Hamburg

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00095	0,247	0,50	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

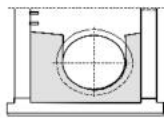
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

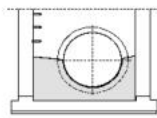
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00095	0,813	0,812	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

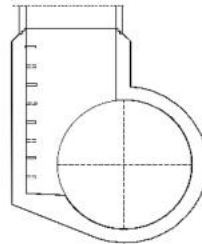
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte

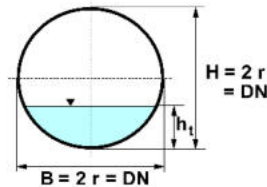


angeformte Schächte

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-014**

Q_{max} = 1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
I_s = 0,00050 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
k_h = 0,75 mm	Betriebliche Rauheit	
d_{min} = 1,395 m	kleinstmöglicher Durchmesser	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
DN = 600 mm	Nennweite	
A_v = 0,283 m ²	Querschnitt	
Q_v = 0,147 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
v_v = 0,5182 m/s	Fließgeschwindigkeit	
ν = 1,52 · 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
g = 9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe	Teilfüllungs- verhältnis	Querschnitt (Teilfüllung)	Hyd. Radius (Teilfüllung)	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Teilfüllungs- abfluß	Froude-Zahl (absóhnt)	Energiehöhe	Teilfüllungs- verhältnis	untersuchte Abflüsse
h_t [m]	h_t/H -	A_t [m ²]	$r_{hy,t}$ [m]	v_t [m/s]	Q_t [m ³ /s]	Fr -	h_E [m]	Q_t/Q_v -	Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	0,518	0,147	0,00	0,614	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	0,578	0,155	0,21	0,557	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	0,431	0,036	0,36	0,209	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,296	0,009	0,36	0,104	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	0,578	0,155	0,21	0,557	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0005** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **0,77** [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle	Teilfüllungs- verhältnis	Krit. Gefälle	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Kritische Wandschub- spannung	Wandschub- spannung	Teilfüllungs- verhältnis	Hydraul. Radius	Krit. Gefälle (2)	
$max I_{krit}$	h_t/H	$I_{krit,1}$	v_t m/s	τ_{krit} N/m ²	τ_{min} N/m ²	h_t/H	r_{hy} m	$I_{krit,2}$	
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,157	0,00065	

Berechnung:

- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $max I_{krit}$.

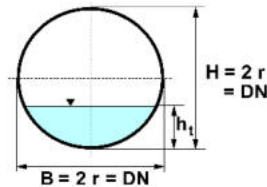
Achtung: Nach der Anwendung des Programms **Solver: Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-020**

$Q_{max} = 1,300$ m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s = 0,00170$ -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h = 0,75$ mm	Betriebliche Rauheit	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq 0,90$
$d_{min} = 1,109$ m	kleinstmöglicher Durchmesser	
$DN = 600$ mm	Nennweite	
$A_v = 0,283$ m ²	Querschnitt	
$Q_v = 0,273$ m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v = 0,9671$ m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu = 1,52 \cdot 10^{-6}$ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g = 9,81$ m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe h_t [m]	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	Querschnitt (Teilfüllung) A_t [m ²]	Hyd. Radius (Teilfüllung) $r_{hy,t}$ [m]	Fließgeschw. (Teilfüllung) v_t [m/s]	Teilfüllungs- Q_t [m ³ /s]	Froude-Zahl (absolut) Fr	Energiehöhe h_E [m]	Teilfüllungs- verhältnis Q_t/Q_v	untersuchte Abflüsse Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	0,967	0,273	0,00	0,648	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	1,079	0,289	0,40	0,599	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	0,804	0,066	0,67	0,233	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,553	0,017	0,67	0,116	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	1,079	0,289	0,40	0,599	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0017** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H = 0,54$ [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} = 2,62$ [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle $max I_{krit}$	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	Krit. Gefälle $I_{krit,1}$	Fließgeschw. (Teilfüllung) v_t m/s	Kritische v_{krit} m/s	Wandschub- spannung τ_{krit} N/m ²	Wandschub- spannung τ_{min} N/m ²	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	Hydraul. Radius r_{hy} m	Krit. Gefälle (2) $I_{krit,2}$
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,540	0,157	0,00065

Berechnung:
- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms **Solver: Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00170	0,247	0,68	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

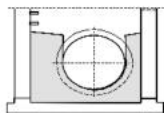
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

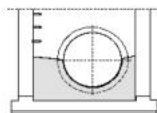
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00170	0,813	1,094	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

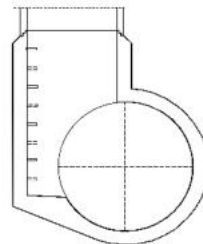
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte



angeformte Schächte

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

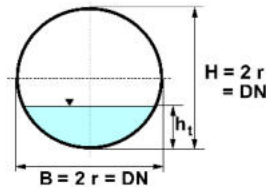
Seite 1

08.03.2024

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-016**

$Q_{max} =$	1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$	0,00120 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$	0,75 mm	Betriebliche Rauheit	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$
$d_{min} =$	1,184 m	kleinstmöglicher Durchmesser	0,90
DN =	600 mm	Nennweite	
$A_v =$	0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$	0,229 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$	0,8102 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$	$1,52 \cdot 10^{-6}$ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$	9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe	Teilfüllungs- verhältnis	Querschnitt (Teilfüllung)	Hyd. Radius (Teilfüllung)	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Teilfüllungs- abfluß	Froude-Zahl (absóhnt)	Energiehöhe	Teilfüllungs- verhältnis	untersuchte Abflüsse
h_t [m]	h_t/H	A_t [m ²]	$r_{hy,t}$ [m]	v_t [m/s]	Q_t [m ³ /s]	Fr	h_E [m]	Q_t/Q_v	Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	0,810	0,229	0,00	0,633	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	0,904	0,242	0,33	0,582	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	0,674	0,056	0,56	0,223	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,464	0,014	0,56	0,111	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	0,904	0,242	0,33	0,582	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0012** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **1,85** [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle	Teilfüllungs- verhältnis	Krit. Gefälle	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Kritische Wandschub- spannung	Wandschub- spannung	Teilfüllungs- verhältnis	Hydraul. Radius	Krit. Gefälle (2)	
$\max I_{krit}$	h_t/H	$I_{krit,1}$	v_t m/s	τ_{krit} N/m ²	τ_{min} N/m ²	h_t/H	r_{hy} m	$I_{krit,2}$	
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,157	0,00065	

Berechnung:
- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $\max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms **Solver: Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Copyright 1995 by AbwasserVerlag Hamburg

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00120	0,247	0,57	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

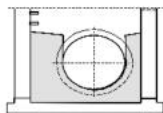
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

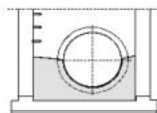
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00120	0,813	0,916	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

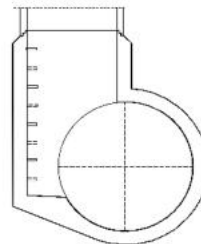
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte



angeformte Schächte

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

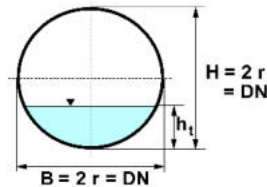
Seite 1

08.03.2024

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-017**

$Q_{max} =$ 1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$ 0,00137 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$ 0,75 mm	Betriebliche Rauheit	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
$d_{min} =$ 1,154 m	kleinstmöglicher Durchmesser	
$DN =$ 600 mm	Nennweite	
$A_v =$ 0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$ 0,246 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$ 0,8683 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$ 1,52 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$ 9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe	Teilfüllungs- verhältnis	Querschnitt (Teilfüllung)	Hyd. Radius (Teilfüllung)	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Teilfüllungs- abfluß	Froude-Zahl (absöht)	Energiehöhe	Teilfüllungs- verhältnis	untersuchte Abflüsse
h_t [m]	h_t/H	A_t [m ²]	$r_{hy,t}$ [m]	v_t [m/s]	Q_t [m ³ /s]	Fr	h_E [m]	Q_t/Q_v	Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	0,868	0,246	0,00	0,638	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	0,969	0,260	0,36	0,588	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	0,722	0,060	0,60	0,227	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,497	0,015	0,60	0,113	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	0,969	0,260	0,36	0,588	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0014** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **2,12** [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle	Teilfüllungs- verhältnis	Krit. Gefälle	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Kritische	Wandschub- spannung	Wandschub- spannung	Teilfüllungs- verhältnis	Hydraul. Radius	Krit. Gefälle (2)
$\max I_{krit}$	h_t/H	$I_{krit,1}$	v_t m/s	v_{krit} m/s	τ_{krit} N/m ²	τ_{min} N/m ²	h_t/H	r_{hy} m	$I_{krit,2}$
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,540	0,157	0,00065

Berechnung:

- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $\max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms **Solver: Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Copyright 1995 by AbwasserVerlag Hamburg

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00137	0,247	0,61	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

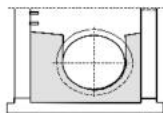
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

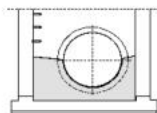
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00137	0,813	0,982	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

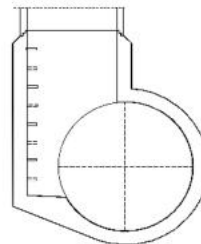
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte

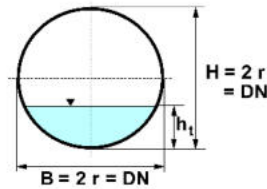


angeformte Schächte

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-018**

$Q_{max} =$ 1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$ 0,00552 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$ 0,75 mm	Betriebliche Rauheit	
$d_{min} =$ 0,889 m	kleinstmöglicher Durchmesser	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
DN = 600 mm	Nennweite	
$A_v =$ 0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$ 0,496 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$ 1,7544 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$ 1,52 · 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$ 9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



 Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe h_t [m]	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	Querschnitt (Teilfüllung) A_t [m ²]	Hyd. Radius (Teilfüllung) $r_{hy,t}$ [m]	Fließgeschw. (Teilfüllung) v_t [m/s]	Teilfüllungs- abfluß Q_t [m ³ /s]	Froude-Zahl (absóhnt) Fr	Energiehöhe h_E [m]	Teilfüllungs- verhältnis Q_t/Q_v	untersuchte Abflüsse Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	1,754	0,496	0,00	0,757	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	1,958	0,525	0,72	0,735	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	1,459	0,120	1,22	0,309	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	1,004	0,031	1,22	0,151	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	1,958	0,525	0,72	0,735	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0055** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **8,51** [N/m²]

Kritisches Gefälle $max I_{krit}$	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H	$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration			$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung			Hydraul. Radius r_{hy} m	Krit. Gefälle (2) $I_{krit,2}$
		Krit. Gefälle $I_{krit,1}$	Fließgeschw. (Teilfüllung) v_t m/s	Kritische v_{krit} m/s	Wandschub- spannung τ_{krit} N/m ²	Wandschub- spannung τ_{min} N/m ²	Teilfüllungs- verhältnis h_t/H		
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,540	0,157	0,00065

Berechnung:
- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms Solver: Dokumentenschutz aktivieren!

Strömende oder schießende Fließart

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00552	0,247	1,23	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

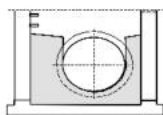
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

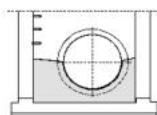
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00552	0,813	1,984	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

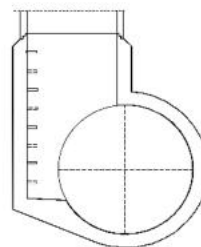
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte



angeformte Schächte

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

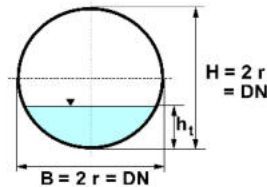
Seite 1

08.03.2024

Hydraulische Bemessung von Kreisprofilen

Projekt: **G:\lofb2326643 Offenbach Waldbewässerung** Durchlass: **04-R-99-019**

$Q_{max} =$ 1,300 m ³ /s	Maximal abzuleitender Abfluß	angestrebtes
$I_s =$ 0,00183 -	Sohlgefälle	Abflußverhältnis:
$k_h =$ 0,75 mm	Betriebliche Rauheit	
$d_{min} =$ 1,094 m	kleinstmöglicher Durchmesser	bei: $\frac{Q_t}{Q_v} \leq$ 0,90
DN = 600 mm	Nennweite	
$A_v =$ 0,283 m ²	Querschnitt	
$Q_v =$ 0,284 m ³ /s	Vollfüllungsabfluß	
$v_v =$ 1,0048 m/s	Fließgeschwindigkeit	
$\nu =$ 1,52 · 10 ⁻⁶ m ² /s	kinematische Zähigkeit	
$g =$ 9,81 m/s ²	Fallbeschleunigung	



Eingaben, veränderbare Zellen
 Zielzellen für Zielwertsuche

Berechnung der Teilfüllungsdaten:

Fließtiefe	Teilfüllungs- verhältnis	Querschnitt (Teilfüllung)	Hyd. Radius (Teilfüllung)	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Teilfüllungs- abfluß	Froude-Zahl (absolut)	Energiehöhe	Teilfüllungs- verhältnis	untersuchte Abflüsse
h_t [m]	h_t/H	A_t [m ²]	$r_{hy,t}$ [m]	v_t [m/s]	Q_t [m ³ /s]	Fr	h_E [m]	Q_t/Q_v	Q_t Text
0,600	1,000	0,283	0,150	1,005	0,284	0,00	0,651	1,000	Q_{Ln}
0,540	0,900	0,268	0,179	1,122	0,301	0,41	0,604	1,058	$Q_{t,24}$
0,200	0,333	0,083	0,112	0,836	0,069	0,70	0,236	0,243	$Q_{t,14}$
0,100	0,167	0,031	0,061	0,575	0,018	0,70	0,117	0,063	
0,540	0,900	0,268	0,179	1,122	0,301	0,41	0,604	1,058	$Q_{Betrieb}$

Mindestgefälle nach Macke zur Vermeidung von Ablagerungen

Transportkonzentration c_T : **0,05** [‰]
(Übliche Werte: Schmutzwasser $c_T = 0,03$ Regen- / Mischwasser $c_T = 0,05$)
Kontrolle des gewählten Sohlengefälles I_s : **0,0018** [-]
für das gewählte Teilfüllungsverhältnis $h_t/H =$ **0,54** [-]
Auf tretende Wandschubspannung $\tau_{vorh} =$ **2,83** [N/m²]

$I_{krit,1}$ über Transportkonzentration					$I_{krit,2}$ über Mindestwandschubspannung				
Kritisches Gefälle	Teilfüllungs- verhältnis	Krit. Gefälle	Fließgeschw. (Teilfüllung)	Kritische Fließgeschw.	Wandschub- spannung	Wandschub- spannung	Teilfüllungs- verhältnis	Hydraul. Radius	Krit. Gefälle (2)
$\max I_{krit}$	h_t/H	$I_{krit,1}$	v_t m/s	v_{krit} m/s	τ_{krit} N/m ²	τ_{min} N/m ²	h_t/H	r_{hy} m	$I_{krit,2}$
0,00180	0,540	0,00180	1,026	1,983	2,77	1,00	0,540	0,157	0,00065

Berechnung:

- Mit v_{krit} als Zielzelle und $I_{krit,1}$ als veränderbare Zelle sowie der Nebenbedingung $v_{krit} = v_t$ ergibt sich das kritische Sohlengefälle nach Macke.
- Unter Eingabe der Mindestwandschubspannung $\tau_{min} \geq 1$ N/m² ergibt sich $I_{krit,2}$.
- Angabe des maßgebenden kritischen Sohlengefälles $\max I_{krit}$.

Achtung: Nach der Anwendung des Programms Solver: **Dokumentenschutz aktivieren!**

Strömende oder schießende Fließart

Copyright 1995 by AbwasserVerlag Hamburg

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00183	0,247	0,70	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

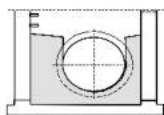
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

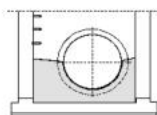
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00183	0,813	1,136	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

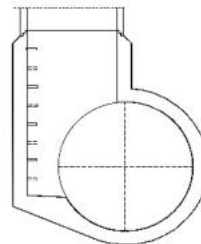
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte



Sonderschächte



angeformte Schächte

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Rohrleistung_Voll_-teilfüllung.XLS

Seite 2

08.03.2024

Maximale Froude-Zahl für das gewählte Sohlengefälle I_s :

Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Froude-Zahl Fr_{max}	Fließquerschnitt A_t m ²	Spiegelbreite b_t m	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00050	0,247	0,36	0,054	0,518	0,087

Maximales Sohlengefälle für zulässige Froude-Zahl:

Maximales Gefälle $I_{s,max}$	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Zulässige Froude-Zahl Fr_{zul}	Fließgeschw. v_v m/s
0,00500	0,247	1,17	1,669

Berechnung:

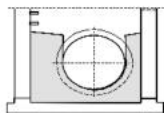
Mit der zulässigen Froude-Zahl Fr_{zul} als Zielwert kann über die Zielwertsuche mit $I_{s,max}$ als veränderliche Zelle das maximal zulässige Gefälle bestimmt werden.

Maximale Fließgeschwindigkeit für das gewählte Sohlengefälle I_s :

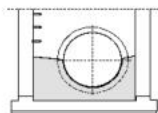
Gewähltes Gefälle I_s	Teilfüllungsverhältnis h_t/H	Max. Geschwin. v_{max} m/s	Fließquerschnitt A_t m ²	Hydraul. Radius $r_{hy,t}$ m
0,00050	0,813	0,586	0,246	0,183

Informationen zur Wahl der betrieblichen Rauheit k_b :

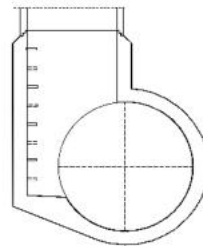
- $k_b = 0,25$ mm für Drosselstrecken, Druckrohrleitungen und Düker ohne örtliche Verluste sowie Reliningstrecken ohne Schächte
- $k_b = 0,50$ mm für Transportkanäle mit Regelschächten
- $k_b = 0,75$ mm für Sammelkanäle mit Regel- oder angeformten Schächten sowie Transportkanäle mit Sonder- bzw. angeformten Schächten
- $k_b = 1,50$ mm für Sammelkanäle mit Sonderschächten und Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit



Regelschächte

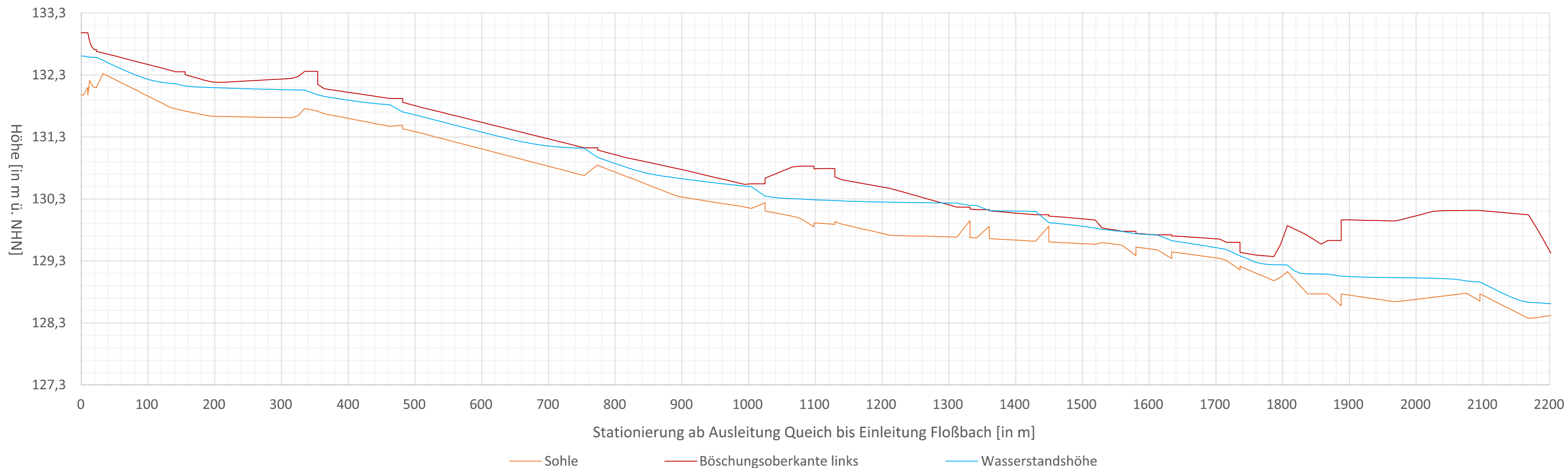


Sonderschächte

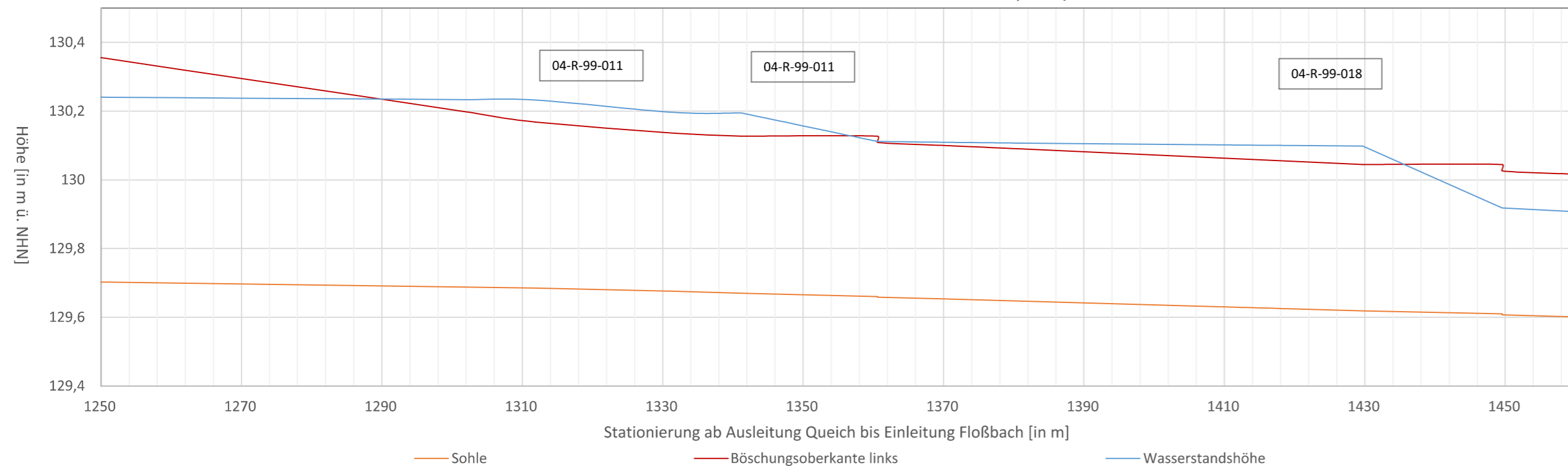



angeformte Schächte

Längsschnitt Variante 6 - Wasserstandshöhe berechnet mit SOBEK 1D (Rural) bei einem Zulauf von 0,1m³/s



Längsschnitt Variante 6 - Wasserstandshöhe berechnet mit SOBEK 1D (Rural)
Defizitärer Durchlass 04-R-99-018 bei einem Zulauf von 0,1m³/s



Auftraggeber Auftraggeber Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd, RS WAB Neustadt an der Weinstraße		
Projekt Waldbewässerung Offenbach (Queich)		
Planbezeichnung Längsschnitte Wiesenbewässerungsgräben sowie defizitäre Durchlässe ermittelt mit SOBEK 1D (Rural)		
 BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE Björnsen Beratende Ingenieure GmbH Maria Trost 3, 56070 Koblenz Telefon +49 261 8851-0, Telefax +49 261 8851-191 info@bjoernsen.de, www.bjoernsen.de		Projekt-Nr. 20236643
		Plan-/Anlage-Nr. A-4
Maßstab ohne		
Bearb.	22.05.2024	Varelmann
Gis/Cad	22.05.2024	Varelmann
Gepr.	22.05.2024	Probst

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Anlage A-5

Bewässerungsabschnitte und Volumina ohne die Infiltration zu berücksichtigen

Bewässerungs- abschnitt <i>Forsteinrich- tung</i>	Wegehöhe Forstweg [m ü. NHN]	Max. Was- serstands- höhe [m ü. NHN]	Fläche 3D [m ²]	Fläche 2D [m ²]	Volumen (Fläche 2D) [m ³]	Zeit bis Gefüllt [h]
1 <i>Off 1 - 11a, 11b</i>	129,78	129,48	94.985,98	94.535,86	25.099,58	69,72
2 <i>Off 1 - 6a, 6b</i>	128,35	127,95	9.851,31	9.745,96	1.516,58	4,21
2/1 <i>Off 1 - 7a, 7b</i>	128,3	128	12.968,53	12.918,59	971,86	2,70
2/2 <i>Off 1 - 8a, 8b</i>	128,35	128,05	6.049,95	6.023,43	551,81	1,53
3 <i>Off 1 - 5a, 5b</i>	127,2	126,9	5.162,54	5.016,52	1.199,60	3,33
3/1 <i>Off 1 - 3a, 4a</i>	127,35	127,05	7.192,72	7.159,67	389,93	1,08
4 <i>Off 1 - 1a, 1b, 2a, Hoc 3 - 5a Hoc - 4a, 4b</i>	126,05	125,75	32.602,67	32.264,39	4.540,87	12,61
5 <i>Hoc 2 - 6b, b</i>	125,6	125,3	9.470,14	9.326,98	2.103,54	5,84
5/1 <i>Hoc 3 - 6b</i>	125,55	125,25	4.944,25	4.938,82	339,74	0,94
5/2 <i>Hoc 2 - 7c</i>	126,1	125,8	30.067,74	30.010,33	2.386,26	6,63
5/3 <i>Hoc 2 - 7b</i>	125,65	125,35	5.622,20	5.591,41	387,33	1,08
6/1 <i>Hoc 1 - 5a, 5b,</i>	125,1	124,8	7.329,41	7.165,73	1.548,74	4,30
7 <i>Hoc 3 - 8a, 8b</i>	124,7	124,4	14.605,85	14.514,80	1.660,36	4,61
7/1 <i>Hoc 2 - 6a</i>	124,74	124,44	25.142,80	25.095,00	2.015,18	5,60
8	124,2	123,9	21.859,00	21.572,00	2.792,00	7,76

<i>Hoc 3 - 9a, 9b</i>						
8/1 <i>Hoc 2 - 5a</i>	124,17	123,87	9.381,93	9.264,72	864,51	2,40
9 <i>Hoc 2 - 4a</i> <i>Hoc 3 - 10a</i>	122,75	122,45	14.576,00	14.441,09	1.431,31	3,98
Gesamt			311.813,04	309.585,32	49.799,20	138,33 (5,76 d)
Ohne Abschnitt 1			216.827,06	215.049,46	24.699,62	68,61 (2,86 d)

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Anlage A-6

bauliche Maßnahmen Fließweg Variante 5

Bedingungen für den Graben 04-99-016-01	
Höhe Sohle Oberlauf/ Auslauf aus 04-99-016	169,69 m ü. NHN
Höhe Sohle Unterlauf/ Einlauf in 04-99-018	129,87 m ü. NHN
Gefälle 04-99-016-01	0,079 ‰
Breite Sohle	0,5 [m]
Breite Böschungsoberkante	3 [m]
Böschungsneigung	1:3
Wasserstand h	0,42 [m]
Grabenlänge	85,59 [m]
Aushub Volumen	62,5 [m ³]

Kennwerte für die Mulde zur Überquerung des Grabens 04-99-016-01	
Höhe Sohle Oberlauf/ Auslauf aus 04-99-016	169,69 m ü. NHN
Höhe Sohle Unterlauf/ Einlauf in 04-99-018	129,87 m ü. NHN
Gefälle 04-99-016-01	-2,05 ‰
Breite Sohle	0,5 m
Breite Böschungsoberkante	8,94 m
Böschungsneigung	1:10 (DIN 19661-2, 9.6 Furten)
Muldentiefe	0,42 m
Muldenbreite	5 m
Überfahrt	Nur in trockenem Zustand
Fahrzeugtypen	<ul style="list-style-type: none"> ○ Traktor mit Mähbalken ○ geländefähiger PKW
Aushub Bodenmaterial	9,92 m ³

Kennwerte für den Durchlass 04-R-99-026-01	
Durchlass	04-R-99-026-01
Höhe Sohle Oberlauf/ Auslauf aus 04-99-026-01	129,55 m ü. NHN
Höhe Sohle Unterlauf/ Einlauf in 04-99-026-02	129,52 m ü. NHN
Länge Stahlrohr	9 m
Nennweite	600 mm
Höhe Überdeckung und Unterfütterung des Rohres mit Schotter (45 mm)	0,135 m
Wandstärke Stahlrohr	50 mm

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Kennwerte für den Durchlass 04-R-99-026-01	
Tiefe des Aushubs relativ/ absolut	1,01 m/ 129,315 m
Auffüllung oberhalb des Rohres mit Schotter (45 mm) relativ/ absolut	0,275 m/ 130,33 m
Aushub Bodenmaterial	8,49 m ³

bauliche Maßnahmen Fließweg Variante 6

Kennwerte für Graben 04-99-021	
Höhe Sohle Oberlauf/ Auslauf aus 04-99-020	128,85
Höhe Sohle Unterlauf/ Einlauf in 04-99-022	128,74
Gefälle 04-99-021	0,16%
Breite Sohle	0,5 m
Breite Böschungsoberkante	2,18 m
Böschungsneigung	1:1,48
Wasserstand h	0,57 m
Grabenlänge	65 m
Volumen Aushub	10,5 m ³

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Anlage A-7 Kostenschätzung Variante 5

Projektnummer:	ofb2326643
Projektbezeichnung:	Waldbewässerung Offenbach
Datum:	23.05.2024
Variante	5

Lfd. Nr.	Maßnahme: Allgemein Fließweg	Beschreibung	Menge	Einheit	Menge	Einzelpreis	Kosten - netto	GP + Zuschlag 30%
1	Sohlfreilegung Graben 04-99-004	Abgrabung der Sohle um 0,2 m (48 m³)	293	m	293	6,75 €	1.977,75 €	
2	Sohlfreilegung Graben 04-99-005	Abgrabung der Sohle um 0,2 m (45,5 m³)	250	m	250	6,75 €	1.687,50 €	
3	Sohlfreilegung Graben 04-99-006	Abgrabung der Sohle um 0,2 m (8,5 m³)	56	m	56	6,75 €	378,00 €	
4	Sohlfreilegung Graben 04-99-015	Abgrabung der Sohle um 0,2 m (33 m³)	207	m	207	6,75 €	1.397,25 €	
5	Sohlfreilegung Graben 04-99-016	Abgrabung der Sohle um 0,2 m (10,5 m³)	11	m	11	6,75 €	74,25 €	
6	Reinigung Durchlässe Wiesenbewässerung	Reinigung Durchlässe Wiesenbewässerung	12	Stk.	12	195,00 €	2.340,00 €	
							7.854,75 €	10.211,18 €
Lfd. Nr.	Maßnahme: Fließweg 5	Beschreibung	Masse	Einheit	Menge	Einzelpreis	Kosten - netto	GP + Zuschlag 30%
7	Errichtung des Graben 04-99-016-01	Abtragung und Lagerung Oberboden	17	m³	17	11,00 €	187,00 €	
		Erbau: Oberboden abtragen und lagern	50	m²	50	40,00 €	2.000,00 €	
		Entsorgung des Aushubs	50	m²	50	80,00 €	4.000,00 €	
8	Aushub Mulde zur Überquerung des Grabens 04-99-016-01	Abtragung und Lagerung Oberboden	4	m³	4	11,00 €	44,00 €	
		Erbau: Oberboden abtragen und lagern	5	m²	5	40,00 €	200,00 €	
		Entsorgung des Aushubs	5	m²	5	80,00 €	400,00 €	
9	Aushub Durchlass 04-R-99-026-01	Abtragung und Lagerung Oberboden	1	m²	1	11,00 €	11,00 €	
		Erbau: Oberboden abtragen und lagern	7,5	m²	7,5	40,00 €	300,00 €	
10	Sohlfreilegung Graben 04-99-026-02	Entsorgung des Aushubs	7,5	m²	7,5	80,00 €	600,00 €	
		Abgrabung der Sohle um 0,2 m	22	m²	22	6,75 €	148,50 €	
		<i>Summe Bodenaushub</i>	103	m²				
11	Durchlass 04-R-99-026-01	Beschaffung von 9m DN 600 Stahlbetonrohr	7,3	t	7,3	1.000,00 €	7.300,00 €	
		Lieferung und Einbau 3*3m DN600	3	Stk.	3	460,00 €	1.380,00 €	
		Schacht auskoffern	8,5	m²	8,5	40,00 €	340,00 €	
		Grabenverbau herstellen	8,5	m²	8,5	16,50 €	140,25 €	
		Entsorgung des Aushubs	8,5	m²	8,5	80,00 €	680,00 €	
		Beschaffung, Transport und Einbau	9	m	9	124,00 €	1.116,00 €	
12	Einbau Schotter	Beschaffung, Transport und Einbau	4	m³	4	56,00 €	224,00 €	
							19.070,75 €	24.791,98 €
Lfd. Nr.	Maßnahme: Staubauwerke	Beschreibung	Masse	Einheit	Menge	Einzelpreis	Kosten - netto	GP + Zuschlag 30%
13	Einsetzen Minibagger in Bewässerungsabschnitt	Minibagger für jedes Bauwerk in einen anderen Bewässerungsabschnitt setzen	4	Stk.	4	2.000,00 €	8.000,00 €	
14	Schützebeanlage mechanisch	Beschaffung und Montage	2	Stk.	2	5.000,00 €	10.000,00 €	
15	Staubaudamm	Beschaffung Material, Transport und Bau der zwei Erddämme für ein Staubauwerk	36	m³	36	500 €	18.000,00 €	
16	Betoneinfassung	Einbau Betonfertigteil (L-Stein)	4	m³	4	250,00 €	1.000,00 €	
17	Schütztafeln (Holz)	Beschaffung	8	m²	8	60,00 €	480,00 €	
18	Stahlschienen	Beschaffung und Montage	6,4	m	6,4	100,00 €	640,00 €	
							38.120,00 €	49.556,00 €
Lfd. Nr.	Maßnahme Verhinderung Sohlerosion: je Bewässerungsabschnitt am Fließbach	Beschreibung	Masse	Einheit	Menge	Einzelpreis	Kosten - netto	GP + Zuschlag 30%
19	Gewässeraufweitung	Abgrabung und Profilierung des Uferbereichs 1 m³/h	24	m³	24	65,00 €	1.560,00 €	
20	Sohl- bzw. Grundschielen	Beschaffung und Einbau von Rundhölzern	200	Stk.	8	65,00 €	520,00 €	
21	Rauhbaume	Wurzelsubben Material von Rodung; Befestigung und Einbau	4		4	105,00 €	420,00 €	
							2.500,00 €	3.250,00 €
Lfd. Nr.	Baustelleneinrichtung	Beschreibung	Masse	Einheit	Menge	Einzelpreis	Kosten - netto	GP + Zuschlag 30%
22	allgemein		1		1	10.000,00 €	10.000,00 €	13.000,00 €
Gesamtpreis							100.809,15 €	

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Kostenschätzung Variante 6

Projektnummer:	ofb2326643
Projektbezeichnung:	Waldbewässerung Offenbach
Datum:	23.05.2024
Variante	6

Lfd. Nr.	Maßnahme: Allgemein Fließweg	Beschreibung	Menge	Einheit	Menge	Einzelpreis	Kosten - netto	GP + Zuschlag 30%
1		Sohlfreilegung Graben 04-99-004	Abgrabung der Sohle um 0,2 m (48 m³)	293	m	293	6,75 €	1.977,75 €
2		Sohlfreilegung Graben 04-99-005	Abgrabung der Sohle um 0,2 m (45,5 m³)	250	m	250	6,75 €	1.687,50 €
3		Sohlfreilegung Graben 04-99-006	Abgrabung der Sohle um 0,2 m (8,5 m³)	56	m	56	6,75 €	378,00 €
4		Sohlfreilegung Graben 04-99-015	Abgrabung der Sohle um 0,2 m (33 m³)	207	m	207	6,75 €	1.397,25 €
5		Sohlfreilegung Graben 04-99-016	Abgrabung der Sohle um 0,2 m (10,5 m³)	11	m	11	6,75 €	74,25 €
6		Reinigung Durchlässe Wiesenbewässerung	Reinigung Durchlässe Wiesenbewässerung	12	Stk.	12	195,00 €	2.340,00 €
							7.854,75 €	10.211,18 €
Lfd. Nr.	Maßnahme: Fließweg 6	Beschreibung	Masse	Einheit	Menge	Einzelpreis	Kosten - netto	GP + Zuschlag 30%
7		Sohlfreilegung Graben 04-99-017	Abgrabung der Sohle um 0,2 m	14,5	m³	14,5	6,75 €	97,88 €
8		Sohlfreilegung Graben 04-99-019	Abgrabung der Sohle um 0,2 m	15	m³	15	9,00 €	135,00 €
9		Sohlfreilegung Graben 04-99-020	Abgrabung der Sohle um 0,2 m	15,5	m³	15,5	6,75 €	104,63 €
10		Sohlfreilegung Graben 04-99-021	Abgrabung der Sohle um 0,2 m	10,5	m³	10,5	6,75 €	70,88 €
11		Sohlfreilegung Graben 04-99-028	Abgrabung der Sohle um 0,2 m	39,5	m³	39,5	6,75 €	266,63 €
12		Graben Freischneiden 04-99-021	Freischneiden	8	h	8	120,00 €	960,00 €
13		Graben Freischneiden 04-99-027	Freischneiden	8	h	8	120,00 €	960,00 €
14		04-99-021	Entsorgung des Aushubs	31,5	m³	31,5	80,00 €	2.520,00 €
15		04-99-027	Entsorgung des Aushubs	33	m³	33	80,00 €	2.640,00 €
			<i>Summe Bodenaushub</i>	159,5	m³			
16		Abdichtung der Gräben	Bspw. Einbringung einer Tondichtung 0,15 m	31,5	m³	31,5	150,00 €	4.725,00 €
17		04-99-021		33	m³	33	150,00 €	4.950,00 €
18		04-99-027		64,5	m³			
							GP	17.430,00 €
								22.659,00 €
Lfd. Nr.	Maßnahme: Staubauwerke	Beschreibung	Masse	Einheit	Menge	Einzelpreis	Kosten - netto	GP + Zuschlag 30%
19		Einsetzen Minibagger in Bewässerungsabschnitt	Minibagger für jedes Bauwerk in einen anderen Bewässerungsabschnitt setzen	4	Stk.	4	2.000,00 €	8.000,00 €
20		Schützebeanlage mechanisch	Beschaffung und Montage	2	Stk.	2	5.000,00 €	10.000,00 €
21		Staubaudamm	Beschaffung Material, Transport und Bau der zwei Erddämme für ein Staubauwerk	36	m³	36	500 €	18.000,00 €
22		Betoneinfassung	Einbau Betonfertigteile (L-Stein)	4	m³	4	250,00 €	1.000,00 €
23		Schütztafeln (Holz)	Beschaffung	8	m²	8	60,00 €	480,00 €
24		Stahlschienen	Beschaffung und Montage	6,4	m	6,4	100,00 €	640,00 €
							38.120,00 €	49.556,00 €
Lfd. Nr.	Maßnahme Verhinderung Sohlerosion: je Bewässerungsabschnitt am Floßbach	Beschreibung	Masse	Einheit	Menge	Einzelpreis	Kosten - netto	GP + Zuschlag 30%
25		Gewässeraufweitung	Abgrabung und Profilierung des Uferbereichs 1 m³/h	24	m³	24	65,00 €	1.560,00 €
26		Sohl- bzw. Grundschnellen	Beschaffung und Einbau von Rundhölzern	200	Stk.	8	65,00 €	520,00 €
27		Rauhbaume	Wurzelstubben Material von Rodung; Befestigung und Einbau	4	Stk.	4	105,00 €	420,00 €
							2.500,00 €	3.250,00 €
Lfd. Nr.	Baustelleneinrichtung	Beschreibung	Masse	Einheit	Menge	Einzelpreis	Kosten - netto	GP + Zuschlag 30%
28		allgemein			1	10.000,00 €	10.000,00 €	
								13.000,00 €

Gesamtpreis **98.676,18 €**

Anlage A-8

Berechnung der Grundwasserneubildung mit dem Wasserhaushaltsmodell WHMOD



Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Maria Trost 3, 56070 Koblenz
Telefon +49 261 8851-0, info@bjoernsen.de
Januar 2023, Waldbewässerung Offenbach , 202326643

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungsbericht

1	Allgemein	1
2	Grundlagen	1
3	Eingangsdaten	3

Literatur

- [1] AG Boden, 1994: Bodenkundliche Kartieranleitung, Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter, 4. Aufl., Hannover
- [2] Allen R.G., Smith M., Perrier A., Pereira L.S., 1994: An update for definition of reference evapotranspiration – ICID Bulletin 43, No. 2, 1-34
- [3] Allen R.G., Smith M., Perrier A., Pereira L.S., 1998: Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements, FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome URL: <http://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>
- [4] Armbruster V., Leibundgut C., Menzel L., 2000: Modellierung der detaillierten Grundwasserneubildung im Lockergestein mit einem SVAT-Modell – Wasser & Boden, 52/11, 24–28, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin
- [5] Arbeitskreis KLIWA 2017 (LUBW, LfU Bayern, LfU RLP, HLNUG, DWD, kliwa.de): Entwicklung von Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz und Hessen (1951-2015), Heft 21, Freiburg, file://P:\whm1500340\management\02_projsteuerung\daten\Literatur\KLIWAHeft21.pdf
- [6] ATV-DVWK-M 504, Entwurf, 2001: Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden
- [7] Disse M., 1995: Modellierung der Verdunstung und der Grundwasserneubildung in ebenen Einzugsgebieten - Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Heft 53
- [8] Dommermuth H., Trampf W., 1990: Die Verdunstung in der Bundesrepublik Deutschland, Zeitraum 1951-1989 – Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main
- [9] DWA-M 504, Entwurf, 2016: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen
- [10] Haude W., 1952 a: Zur Möglichkeit der nachträglichen Bestimmung der Wasserbeanspruchung durch die Luft und ihrer Nachprüfung an Hand von Topversuchen und Abflussmessungen – Berichte des Deutschen Wetterdienstes US-Zone, 32: 27-34
- [11] Haude W., 1952 b: Verdunstungsmenge und Evaporationskraft eines Klimas – Berichte des Deutschen Wetterdienstes US-Zone, 42: 225-229
- [12] Haude W., 1954: Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration – Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 8

- [13] Haude W., 1955: Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise – Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 11
- [14] Haude W., 1958: Über die Verwendung verschiedener Klimafaktoren zur Berechnung der potentiellen Evaporation und Evapotranspiration – Meteorologische Rundschau (11), 96-99
- [15] Herrmann A., Kuhn M., 1996: Schnee und Eis – in: Lehrbuch der Hydrologie Band 1, Quantitative Hydrologie, Hrsg.: Baumgartner A., Liebscher H.-J., 2. Auflage, Gebrüder Bornträger Verlag, Berlin und Stuttgart
- [16] Kopp et al., 2018: Entwicklung von Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern Rheinland-Pfalz und Hessen von 1951 bis 2015, Zeitschrift Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, HyWa
DOI: 10.5675/HyWa_2018,2_1 (HW 62. 2018, H.2; S.62-76)
file:///P:/whm1500340/management/02_projsteuerung/daten/Literatur/Kopp%20et%20al.%20HyWa2-2018.pdf
- [17] Probst M., 2002: Der Einfluss des Grundwasserhaushalts auf das Abflussverhalten kleiner Einzugsgebiete im Festgesteinsbereich der Mittelgebirge – Dissertation eingereicht am Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Kaiserslautern, Januar 2002
- [18] Richter D., 1995: Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers – Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 194, Offenbach am Main
- [19] Schmidt, T., Thiel, S., Machui-Schwanitz, G., 2023 (DWD): Die Grasreferenzverdunstung für wasserhaushaltliche Bilanzierung in Deutschland (30-jährige Monatsmittelwerte 1991-2020 in hoher räumlicher Auflösung), DWD, Abteilung Hydrometeorologie, KU41, hydbil-105222
- [20] Wendling, U.; Fuchs, P.; Müller-Westermeier, G.; 1997: Modellierung des Zusammenhangs von Globalstrahlung, Sonnenscheindauer und Bewölkungsgrad, Arbeitsergebnisse Nr. 45, Deutscher Wetterdienst, Forschung und Entwicklung, Offenbach
- [21] Wigmosta, M.S., Vail, L.W., Lettenmaier, D.P., 1994: A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain. Water Resources Research, 30(6), 1994..

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

1 Allgemein

Zur Berechnung der Wasserhaushaltsbilanz und der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung steht uns eine Inhouse-Entwicklung zur Verfügung - das Boden**W**asser**H**aushalts**M**ODEll WHMOD. Das Modellsystem wurde im Jahr 2002 konzipiert und in C++ programmiert. Das Modellsystem beschreibt auf Basis physikalisch begründeter und wissenschaftlich anerkannter Prozesse den Wasserumsatz im System Boden, Pflanze, und Klima.

WHMOD wurde im Rahmen verschiedener Anwendungsfälle getestet, geprüft und validiert (Probst 2002) und ist seither in zahlreichen Projektgebieten erfolgreich eingesetzt worden. 2018 wurde WHMOD in eine Python-Umgebung überführt und um weitere Komponenten ergänzt; WHMOD wurde dann im Rahmen eines Modellsystemvergleichs erneut getestet und validiert. Weitere projektspezifische Ergänzungen sind aufgrund des offenen Systems jederzeit möglich. Inzwischen bestehen langjährige Erfahrungen im Einsatz des WHMOD zur Berechnung der stationären und instationären, flächendifferenzierten Wasserhaushaltsbilanz.

2 Grundlagen

Beim Modellsystem WHMOD handelt es sich um ein sogenanntes „SVAT-Model“ (**S**oil-**V**egetation-**A**thmospere-**T**ransfer), das die Beschreibung der wesentlichen Prozesse des Wasserumsatzes im System Boden-Pflanze-Atmosphäre erlaubt. Der Einfluss der klimatischen, meteorologischen sowie pflanzen- und bodenspezifischen Randbedingungen, die den Wasserhaushalt prägen, wird durch etablierte Modellansätze der wesentlichen Teilprozesse abgebildet.

WHMOD berechnet die Wasserhaushaltskomponenten für definierte Flächen in Tagesritten. Die berechneten Tageswerte können über beliebige Zeiträume bilanziert und aggregiert werden. WHMOD ermöglicht die Bereitstellung der berechneten Datensätze für GIS sowie für weitergehende Modellierungen (z.B. Grundwassermodelle) über eine Ausgabeschnittstelle, so dass die berechneten Daten direkt übergeben werden können.

Hinsichtlich der Teilprozesse in WHMOD wurden gezielt Modellansätze ausgewählt, die die prinzipiellen Abhängigkeiten basierend auf den bei praktischen Fragestellungen üblicherweise vorliegenden Daten beschreiben können (PROBST 2002). Dies sind im Einzelnen:

Regionalisierung meteorologischer Antriebsdaten

Stationsdaten wie der Niederschlag oder die Lufttemperatur werden durch Interpolationsverfahren wie Nearest Neighbour oder die Inverse Distanz-Wichtung auf die einzelnen Flächen übertragen. Das programminterne Datenhandling erlaubt die Nutzung von Nachbarstationen bei Fehldaten an einzelnen Stationen. Für Größen wie die Lufttemperatur empfiehlt sich in reliefierten Untersuchungsgebieten die explizite Berücksichtigung der Höhenabhängigkeit, die über feste Gradienten vorgegeben oder mittels linearer Regression für jeden Tag automatisiert bestimmt wird.

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

Niederschlagskorrektur (RICHTER 1995)

Die an den Niederschlagssammlern gemessenen Niederschlagshöhen sind im Jahresmittel 10 – 14 % kleiner als die tatsächlichen Niederschläge, was im Wesentlichen durch Verwehungseffekte sowie untergeordnet durch Benetzungsverluste am Sammler begründet ist. Bei Bedarf erfolgt eine Korrektur der Messwerte nach Jahreszeit, Lage des Sammlers und Art des Niederschlages.

Schneespeicher (HERRMANN & KUHN 1996)

Die Akkumulation von Niederschlägen im Schneespeicher und deren Abgabe kann zu hohen Grundwasserneubildungsraten führen. Dieser Prozess wird über das Gradtagfaktorverfahren berücksichtigt, das die Freisetzung aus dem Schneespeicher in Abhängigkeit vom Tagesmittelwert der Lufttemperatur beschreibt. Als Gradtagfaktor wird der von HERRMANN & KUHN (1996) genannte Mittelwert von $4,5 \text{ mm}/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{K})$ verwendet.

Potenzielle Verdunstung (ALLEN et al. 1998, WENDLING et al. 1997, DWA-M 504)

Die Berechnung der potentiellen Verdunstung bzw. Evapotranspiration (PET) basiert auf dem physikalisch begründeten Verfahren nach PENMAN/MONTEITH (ALLEN et al. 1998). Folgende Parameter werden dabei berücksichtigt: Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer. Weitere wichtige Einflussfaktoren sind die Landnutzung und die Vegetationsphase. Die aus der PENMAN/MONTEITH-Gleichung abgeleitete FAO-Grasreferenzverdunstung dient als rechnerische Einheitsverdunstung. Alternativ ist die Berechnung der Grasreferenzverdunstung nach WENDLING et al. (1997) bzw. in der vom DWD verwendeten Form nach SCHMIDT et al. (2023) möglich. Diese für Deutschland angepasste, empirische Gleichung benötigt weniger Basisdaten (Lufttemperatur und Globalstrahlung). Die resultierende Referenzverdunstung wird in Verbindung mit nutzungs- und monatspezifischen Verdunstungskorrektur-Faktoren aus dem Merkblatt DWA-M 504 in die potentielle Verdunstung der entsprechenden Vegetation umgerechnet.

Aktuelle Verdunstung (DISSE 1995, WIGMOSTA et al. 1994)

Die aktuelle Verdunstung aus dem Bodenkörper ist aufgrund verschiedener Randbedingungen praktisch immer kleiner als die potentielle Verdunstung. Wesentlichste Einflussgröße ist dabei die Verdunstungsregulierung der Pflanzen als Schutz vor Austrocknung bei abnehmender Bodenfeuchte. Diese Abminderung der potentiellen Bodenverdunstung erfolgt nutzungsspezifisch mit dem durch DISSE (1995) vorgeschlagenen Ansatz.

Wurde die Vegetationsoberfläche durch vorangegangene Niederschläge benetzt, tritt zusätzlich Interzeptionsverdunstung auf. Diese Interzeptionsverdunstung wird gegenüber der Bodenverdunstung nach dem von WIGMOSTA et al. 1994 verwendeten Schema priorisiert.

Bodenspeicher mit Makroporeninfiltration (ARMBRUSTER et al. 2000)

Entgegen der Betrachtung des Bodenspeichers als Überlaufspeicher, aus dem Wasser erst bei Überschreitung der nutzbaren Feldkapazität der durchwurzelten Bodenzone absickert, weisen natürliche Böden bereits bei Bodenfeuchten unterhalb der nutzbaren Feldkapazität eine Versickerung und damit eine Grundwasserneubildung auf. Das Verfahren nach ARMBRUSTER et al. (2000) beschreibt diese prinzipielle Abhängigkeit der ungesättigten Strömung im Sinne eines konzeptionellen Modells. Die Reduktion der für eine physikalisch begründete Modellierung erforderlichen Vielzahl schwierig zu

Machbarkeitsstudie Waldbewässerung und Anhebung der Bodenfeuchte - Offenbach an der Queich

ermittelnder Parameter und Abhängigkeiten auf die nutzbare Feldkapazität der durchwurzelten Bodenzone macht diesen Ansatz für Untersuchungen sehr robust und praktikabel.

Kapillarer Aufstieg (nach AG BODEN 1994)

Bei kleinen Flurabständen wird durch den kapillaren Aufstieg gegebenenfalls Grundwasser in die durchwurzelte Bodenzone eingebracht, das der Vegetation zur Verfügung steht. WHMOD geht davon aus, dass ein kapillarer Aufstieg in der Größenordnung der potentiellen Verdunstung (maximal 5 bis 6 mm/d) in Abhängigkeit von Flurabstand, Wurzeltiefe, Schwellen- und Grenzwert des kapillaren Aufstiegs stattfinden kann (nach AG BODEN 1994).

Zeitliche Verzögerung bei der Durchsickerung der ungesättigten Zone (PROBST 2002)

Das WHMOD berechnet die Perkolation aus der durchwurzelten Bodenzone. In Abhängigkeit vom Flurabstand sowie der Ausbildung der ungesättigten Zone muss eine zeitliche Verzögerung berücksichtigt werden. Dieser Einfluss wird durch einen Linearspeicher berücksichtigt, wobei die Schwerpunktlaufzeit direkt oder in Abhängigkeit vom Flurabstand angesetzt werden kann. Die Beziehung zum Flurabstand wurde anhand der Messdaten aus verschiedenen Projekten bestimmt (PROBST 2002) und kann ggf. projektspezifisch an die regionalen Gegebenheiten angepasst werden.

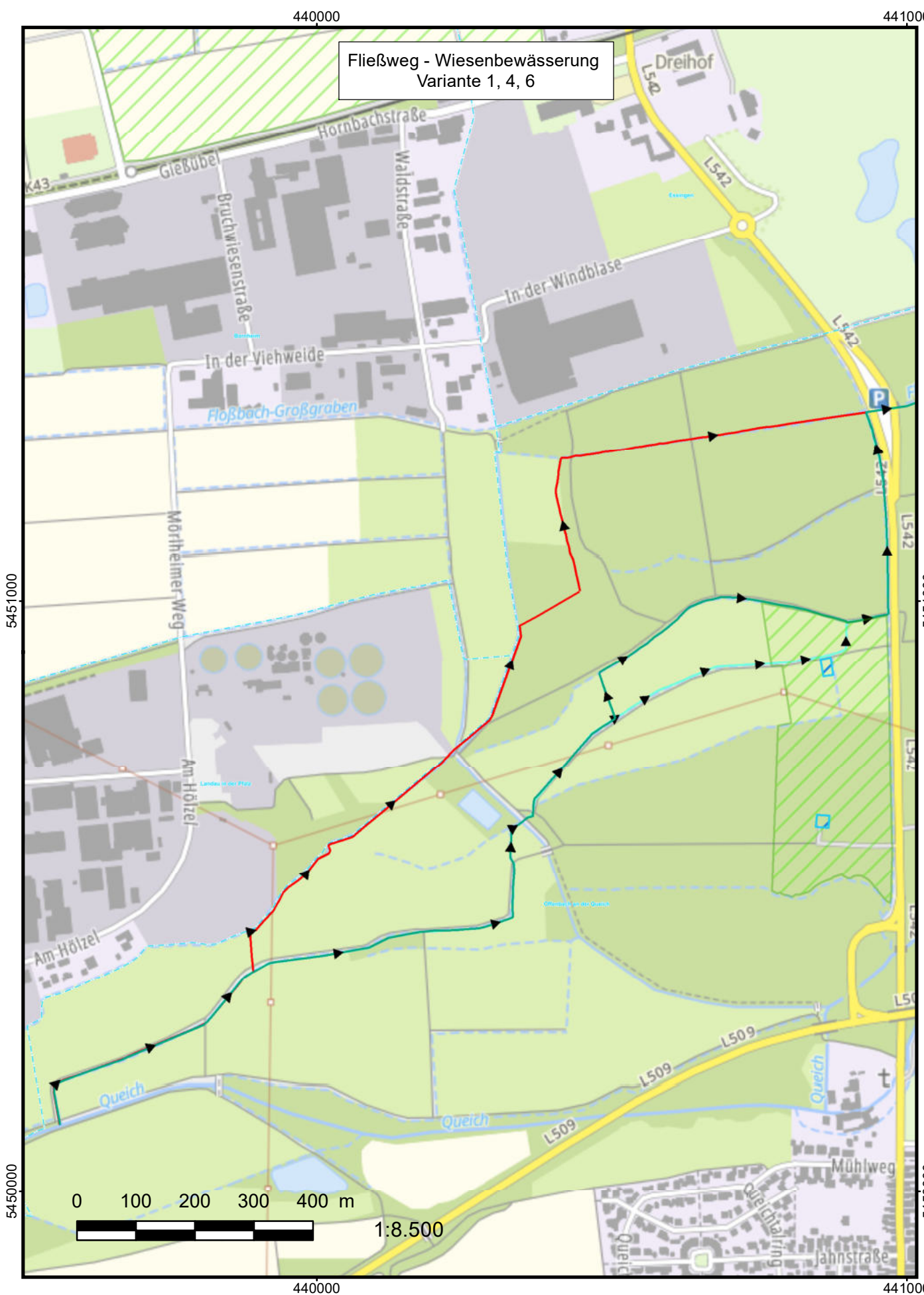
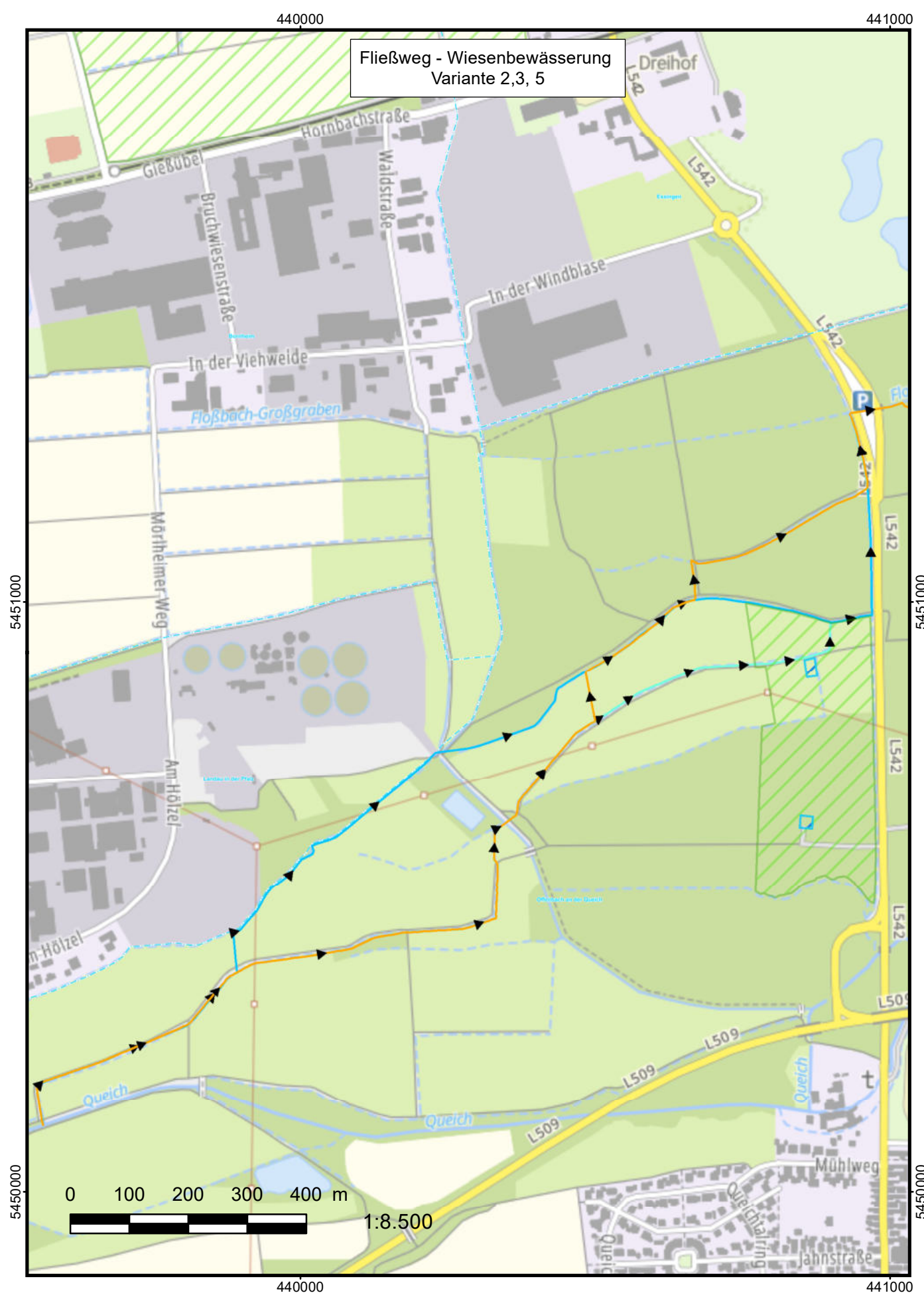
BFI - Base-Flow-Index (vom jeweiligen Umweltamt)

Der BFI-Faktor ist in der Regel (in Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz) aus dem Verhältnis von Basis- und Gesamtabfluss auf Grundlage langer Abflusszeitreihen für Einzugsgebiete in teils aufwendigen Verfahren flächendifferenziert abgeleitet worden. Bei nennenswerten lateralen Abflüssen, z. B. infolge des Reliefs oder aufgrund des Untergrundtyps, wird die Perkolation aus dem Bodenspeicher mittels BFI-Faktor (Wert zwischen 0 und 1) reduziert. Einige Landesbehörden stellen inzwischen flächendifferenzierte BFI-Kartendaten digital zur Verfügung.

3 Eingangsdaten

Zeitreihen Tageswerte: Niederschlag, für Verdunstung nach PENMAN/MONTEITH Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer; alternativ für Verdunstung nach WENDLING: Lufttemperatur, Globalstrahlung.

Gebietsdaten: Modell-/Bilanzgebietsgrenze, nutzbare Feldkapazität der Böden (Bodenkarten), Landnutzung (ATKIS, CORINE,...), Flurabstand mittlere Verhältnisse (Grundwasserstandshöhen, DGM), Zusammensetzung der ungesättigten Zone (Ton, Sand, Schluff, Lehm, gemischt), Stationsstammdaten, Base-Flow-Index, ggf. Wurzeltiefen der regionalen Vegetation, ggf. regionale pflanzenspezifische Faktoren zur Berechnung der Verdunstung und Interzeption

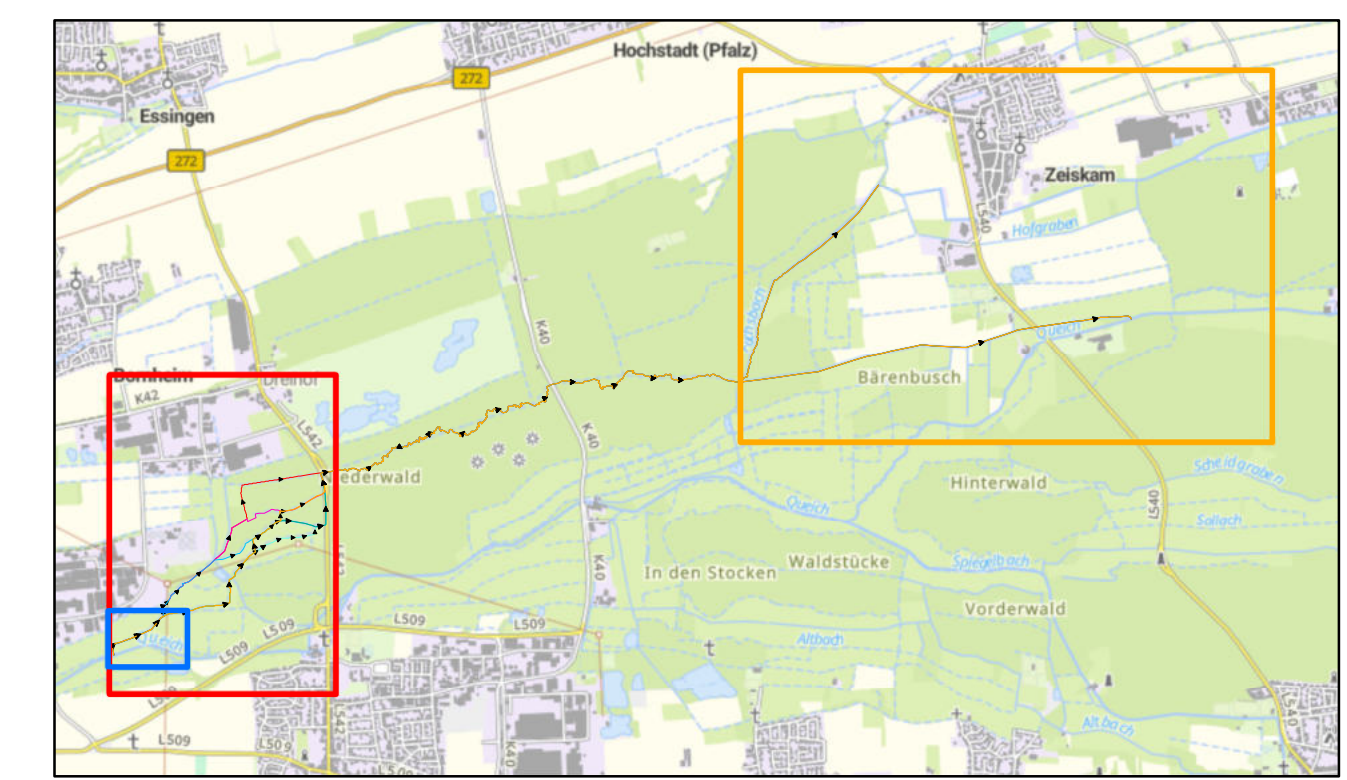


Zeichenerklärung

- Fließweg Variante 1
- Fließweg Variante 2
- Fließweg Variante 3
- Fließweg Variante 4
- Fließweg Variante 5
- Fließweg Variante 6
- WSG Zone I
- WSG Zone II



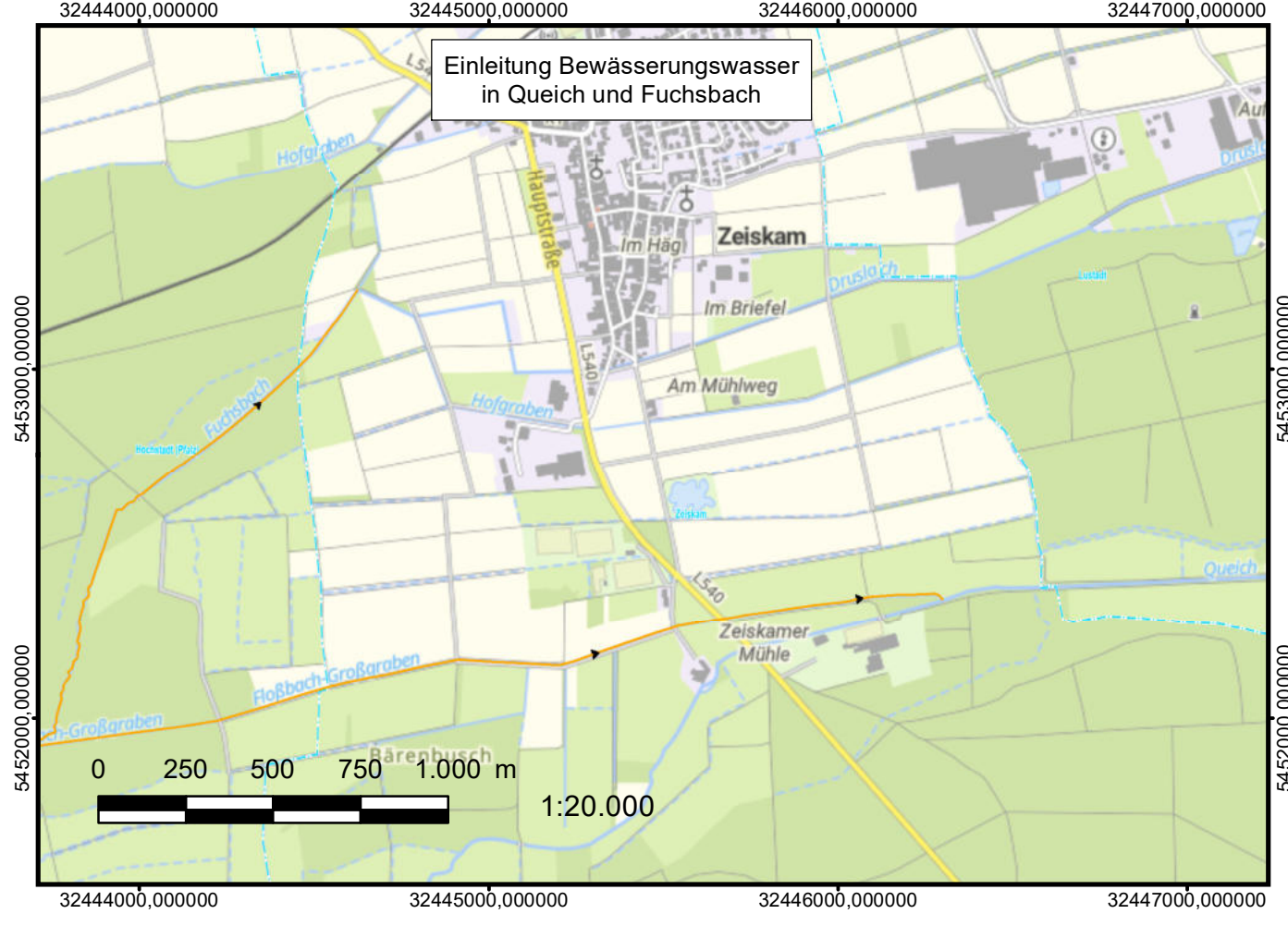
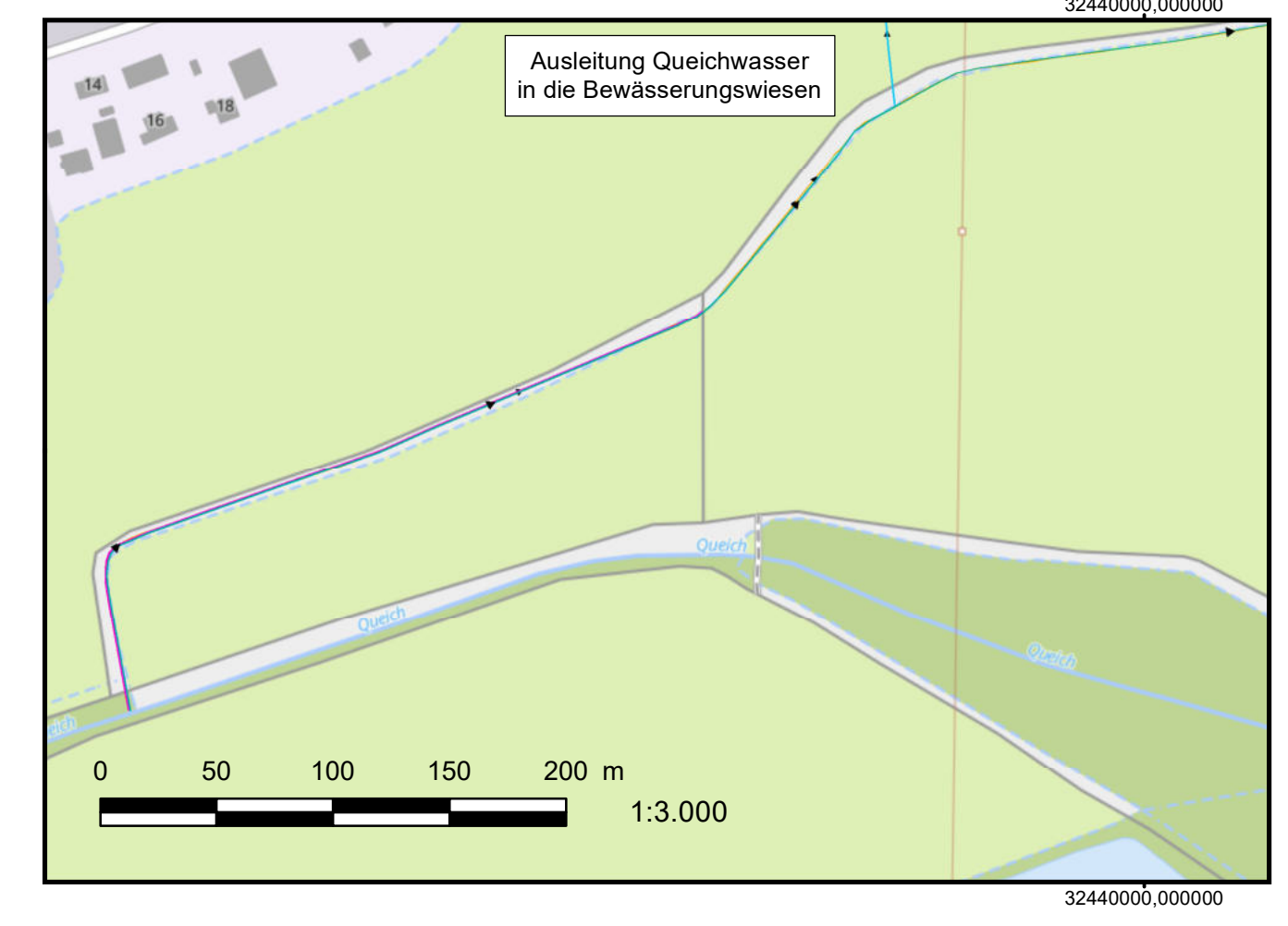
Übersicht



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N

Datengrundlagen:

- Vermessungsdaten VG Offenbach / GW Bornheim
- Eigentumsgrenzen Gemeinde Offenbach (LANIS)
- DGM 1 (Gemeinde Offenbach)
- Trinkwasserschutzgebiete (mit RVO) (GDA Wasser RLP)
- basemap.de



Auftraggeber:
Auftraggeber
 Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd,
 RS WAB
 Neustadt an der Weinstraße

Projekt:
Waldbewässerung Offenbach (Queich)

Planbezeichnung:
 Übersicht über den Fließweg der Bewässerung,
 Ausleitung des Wassers aus der Queich,
 Einleitung des Bewässerungswassers in Queich und Fuchsbach

Projekt-Nr.:	236643
Plan-/ Anlage-Nr.:	B-2
Maßstab:	1:8.500 1:8.500
	1:20.000 1:20.000
Bearb.:	29.02.2024 Varelmann
GIS:	29.02.2024 Varelmann
Gepr.:	01.03.2024 Probst

BCE
 BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
 Maria Trost 3, 56070 Koblenz
 Telefon +49 261 88 51-0, Telefax +49 261 88 51-191
 info@bjoersen.de, www.bjoersen.de

32441000

32442000

32443000

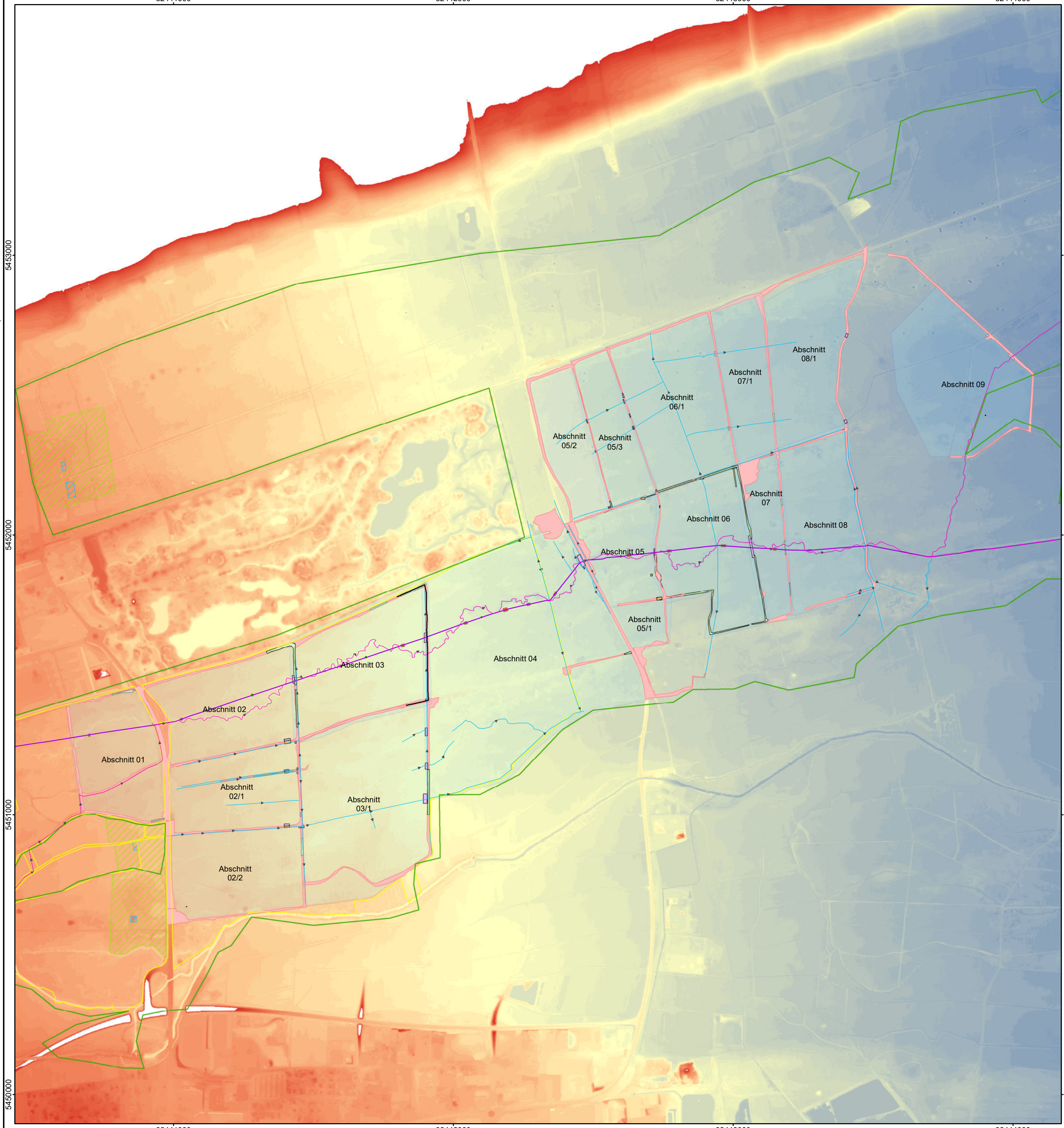
32444000

5453000

5452000

5451000

5450000



32441000

32442000

32443000

32444000

Zeichenerklärung

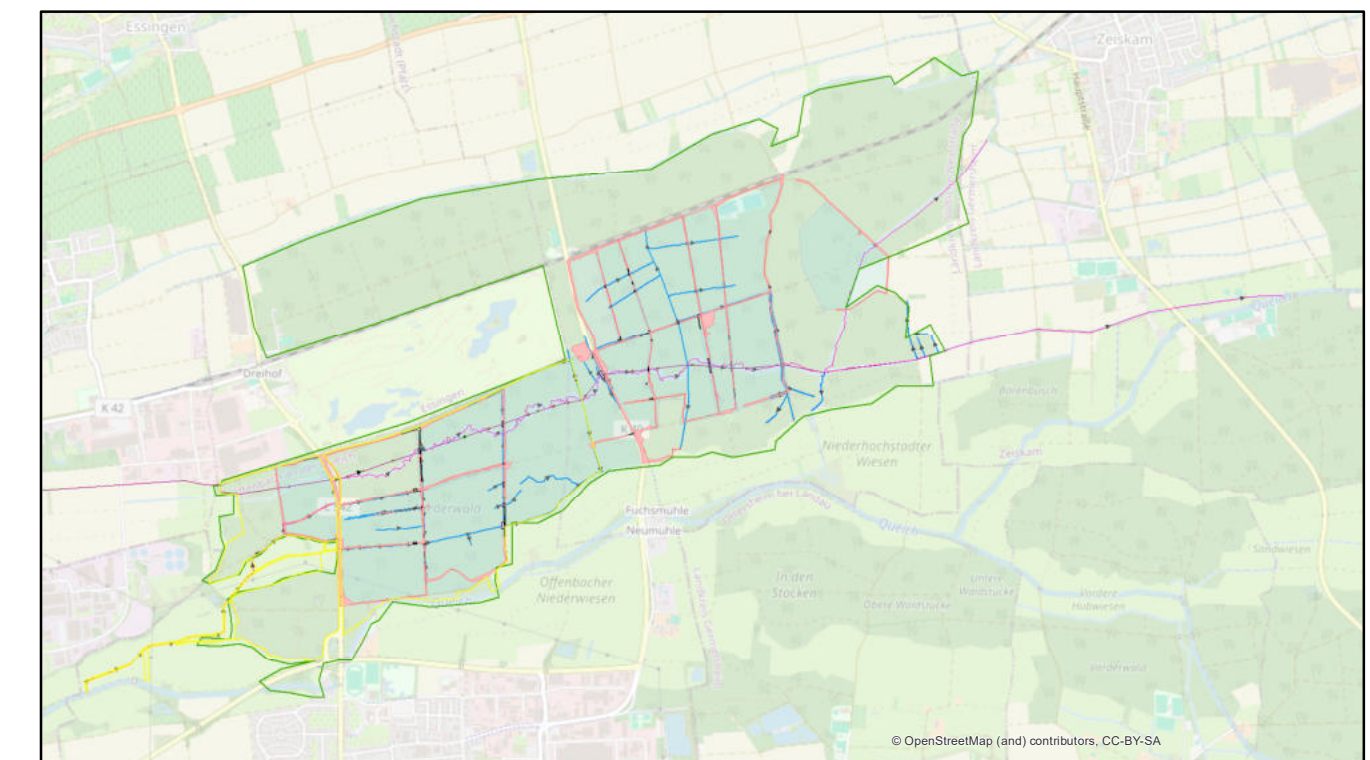
- Eigentum Gemeinde Offenbach
- Wald
- Fließweg
- Anschlussgräben
- Floßbach-Großgraben
- Begrenzung durch Forstwege
- Raubäume
- Riegel
- Sohlschwelle
- Durchlasspotential
- Instandsetzungsbedarf

DGM 1

Höhe [m ü. NNH]

122,4 - 122,7	125,4 - 125,7	128,4 - 128,7	131,4 - 131,7
122,7 - 123	125,7 - 126,0	128,7 - 129,0	131,7 - 132,0
120,0 - 120,3	126,0 - 126,3	129,0 - 129,3	132,0 - 132,3
120,3 - 120,6	126,3 - 126,6	129,3 - 129,6	132,3 - 132,6
120,6 - 120,9	126,6 - 126,9	129,6 - 129,9	132,6 - 132,9
120,9 - 121,2	126,9 - 127,2	129,9 - 130,2	132,9 - 133,2
121,2 - 121,5	127,2 - 127,5	130,2 - 130,5	133,2 - 133,5
121,5 - 121,8	127,5 - 127,8	130,5 - 130,8	133,5 - 133,8
121,8 - 122,1	127,8 - 128,1	130,8 - 131,1	133,8 - 134,1
122,1 - 122,4	125,1 - 125,4	128,1 - 128,4	131,1 - 131,4

Übersicht



0 100 200 300 400 500 m

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N

- Datengrundlagen:
- DGM 1 (VG Offenbach)
 - Vermessungsdaten VG Offenbach / GW Bornheim
 - Landnutzung RLP (LANIS)
 - Trinkwasserschutzgebiete (mit RVO) (GDA Wasser RLP)
 - Eigentumsgrenzen Gemeinde Offenbach (LANIS)

Auftraggeber:

Auftraggeber

Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd,
RS WAB
Neustadt an der Weinstraße

Projekt:

Waldbewässerung Offenbach (Queich)

Planbezeichnung:

Bewässerungsabschnitte im Wald sowie Defizite und Maßnahmen zur Durchführung der Waldbewässerung



BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH
Maria Trost 3, 56070 Koblenz
Telefon +49 261 88 51-0, Telefax +49 261 88 51-191
info@bjoernsen.de, www.bjoernsen.de

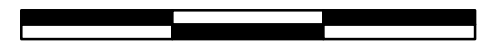
Projekt-Nr.:	236643	
Plan-/ Anlage-Nr.:	B-3	
Maßstab:	1:10.000	
Bearb.:	27.05.2024	Varelmann
GIS:	27.05.2024	Varelmann
Gepr.:	27.05.2024	Probst



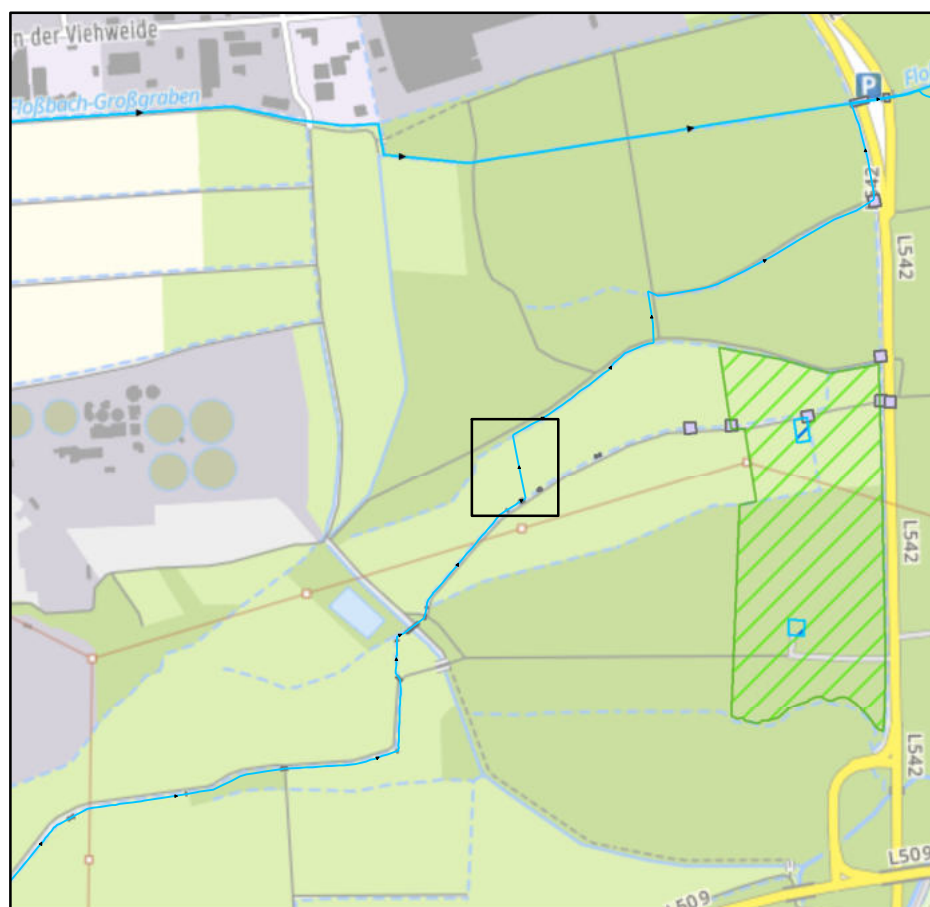
Zeichenerklärung

- Fließweg Variante 5
- Schnitt A
- Schnitt B
- Bauwerke
- Mulde
- Muldenböschung
- Graben 04-99-016-01 Oberkante
- Graben 04-99-016-01 Sohle
- Eigentumsflächen Gemeinde Offenbach
- WSG Zone I
- WSG Zone II

0 5 10 15 m



Übersicht



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8stellen

Datengrundlagen:
 - Vermessungsdaten der GW Bornheim
 - DGM 1 des Landes
 - basemap.de Web Raster Farbe

Auftraggeber:

Auftraggeber
 Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd,
 RS WAB
 Neustadt an der Weinstraße

Projekt:

Waldbewässerung Offenbach (Queich)

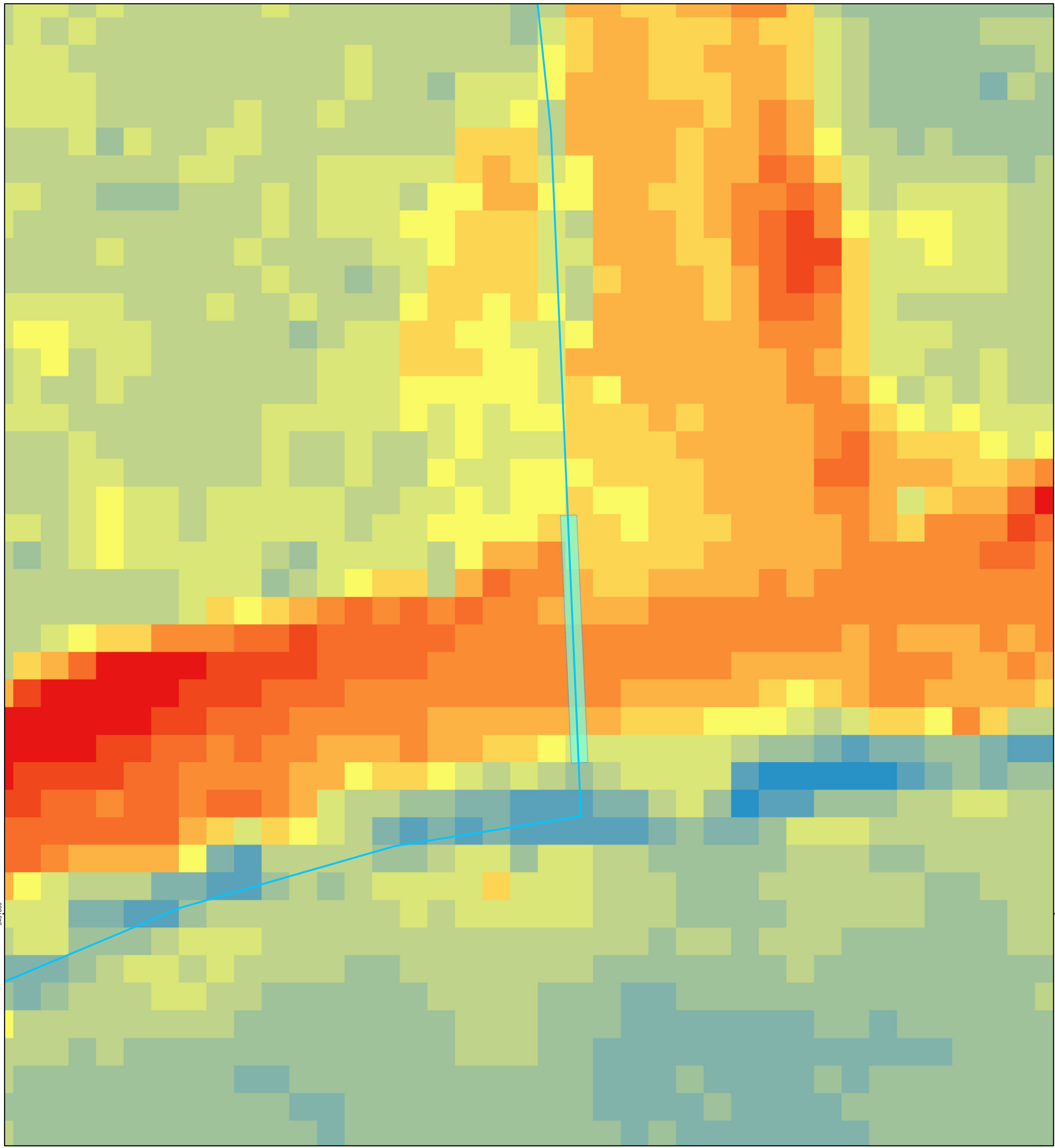
Planbezeichnung:

Skizze der überfahrbaren Mulde 04-R-99-016-01



BJörnsen Beratende Ingenieure GmbH
 Maria Trost 3, 56070 Koblenz
 Telefon +49 261 88 51-0, Telefax +49 261 88 51-191
 info@bjoernsen.de, www.bjoernsen.de

Projekt-Nr.:	20236643	
Plan/ Anlage-Nr.:	B-4	
Maßstab:	1:250	
Bearb.:	05.04.2024	Varelmann
GIS:	05.04.2024	Varelmann
Gepr.:	05.04.2024	Probst



Zeichenerklärung

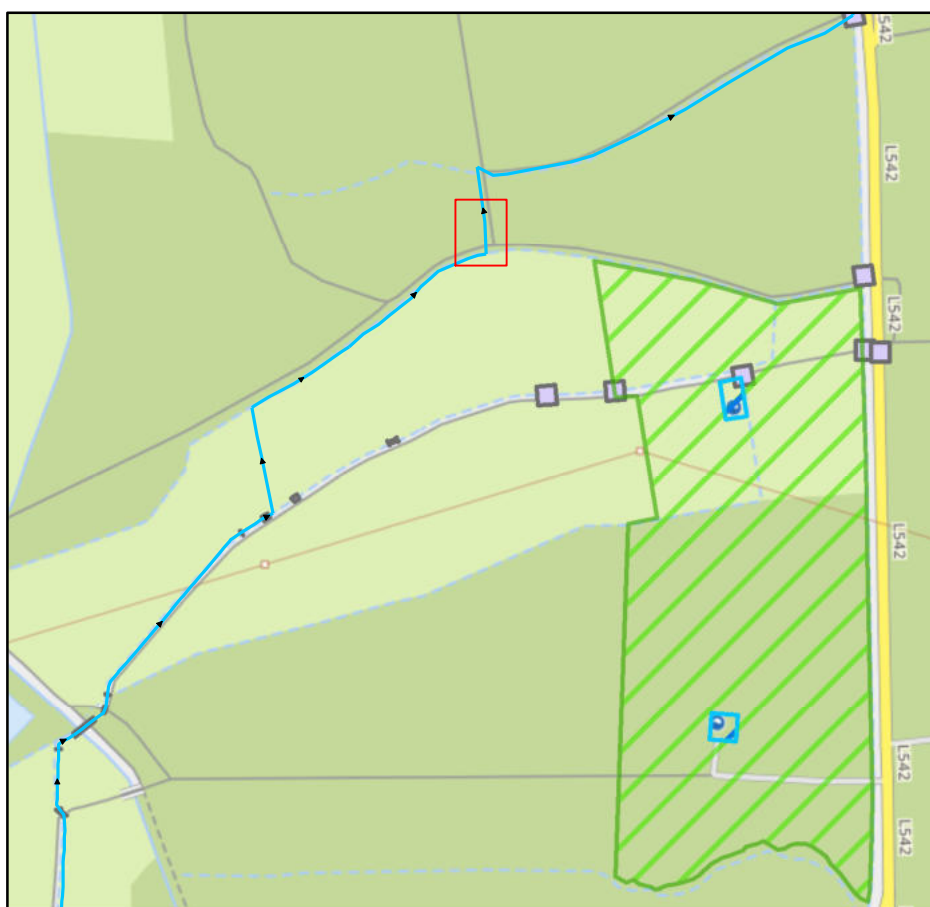
- Fließweg Variante 5
- Durchlass

DGM 1
m ü. NHN

- 129,33 - 129,40
- 129,41 - 129,47
- 129,48 - 129,55
- 129,56 - 129,63
- 129,64 - 129,70
- 129,71 - 129,78
- 129,79 - 129,86
- 129,87 - 129,93
- 129,94 - 130,01
- 130,02 - 130,09
- 130,10 - 130,16
- 130,17 - 130,25
- 130,26 - 130,32



Übersicht



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8stellen

Datengrundlagen:
 - Vermessungsdaten der GW Bornheim
 - DGM 1 des Landes
 - basemap.de Web Raster Farbe

Auftraggeber:

Auftraggeber
 Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd,
 RS WAB
 Neustadt an der Weinstraße

Projekt:

Waldbewässerung Offenbach (Queich)

Planbezeichnung:

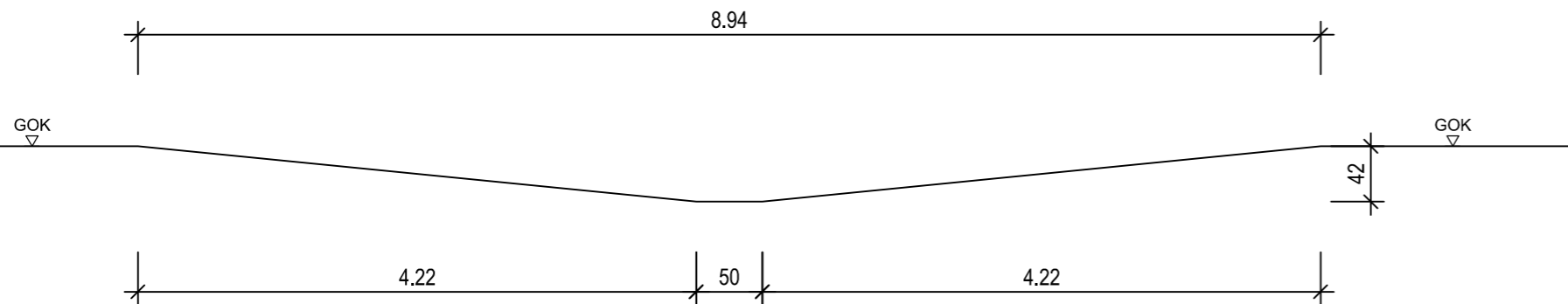
Skizze des Durchlasses 04-R-99-026-01



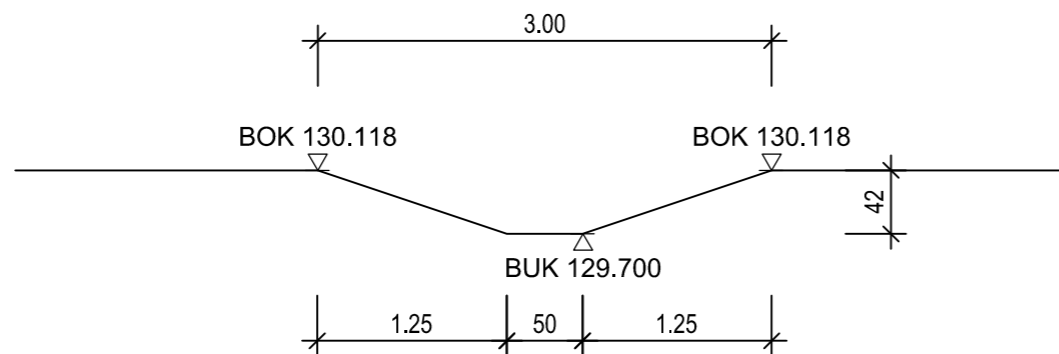
BJörnsen Beratende Ingenieure GmbH
 Maria Trost 3, 56070 Koblenz
 Telefon +49 261 88 51-0, Telefax +49 261 88 51-191
 info@bjoernsen.de, www.bjoernsen.de

Projekt-Nr.:	20236643	
Plan-/ Anlage-Nr.:	B-5	
Maßstab:	1:100	
Bearb.:	05.04.2024	Varelmann
GIS:	05.04.2024	Varelmann
Gepr.:	05.04.2024	Probst

Schnitt A



Schnitt B



Planungsgrundlage:

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8stellen
 Datengrundlage:
 - Vermessungsdaten der GW Bornheim
 - DGM1 des Landes
 - basemap.de Web Raster Farbe

Auftraggeber

Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd
 Regionalstelle Wasserwirtschaft,
 Abfallwirtschaft, Bodenschutz

Projekt

Waldbewässerung Offenbach (Queich)

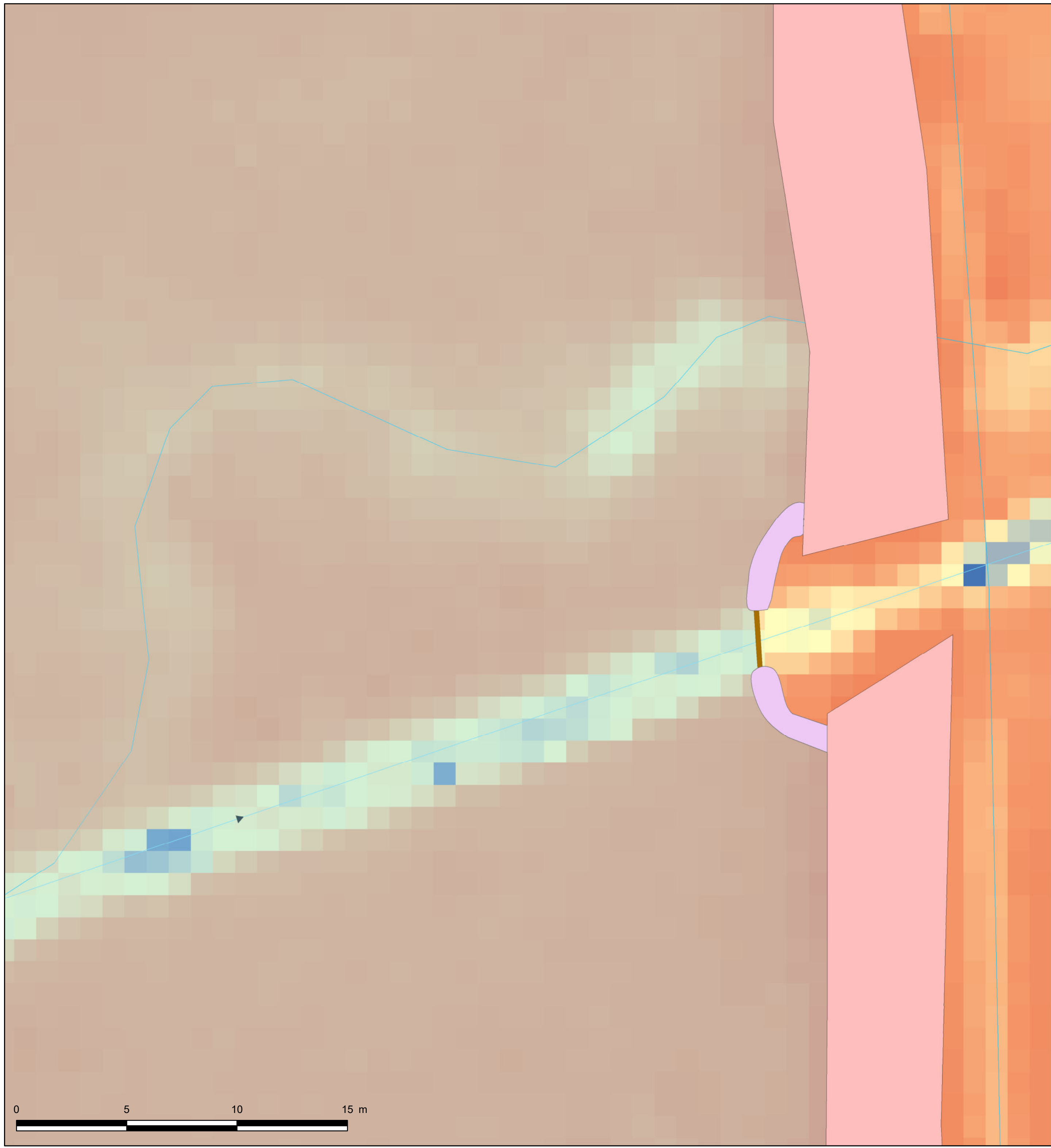
Planbezeichnung

Schnitte Graben 04-99-016-01 und überfahrbare Mulde



Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
 Maria Trost 3, 56070 Koblenz
 Telefon +49 261 8851-0, Telefax +49 261 8851-191
 info@bjoernsen.de, www.bjoernsen.de
 Standort Speyer

Projekt-Nr.	2326643	
Plan-/Anlage-Nr.	B-6	
Maßstab	1 : 50	
Bearb.	April 2024	Varelmann
Gis/Cad	April 2024	Varelmann
Gepr.	April 2024	Probst



Zeichenerklärung

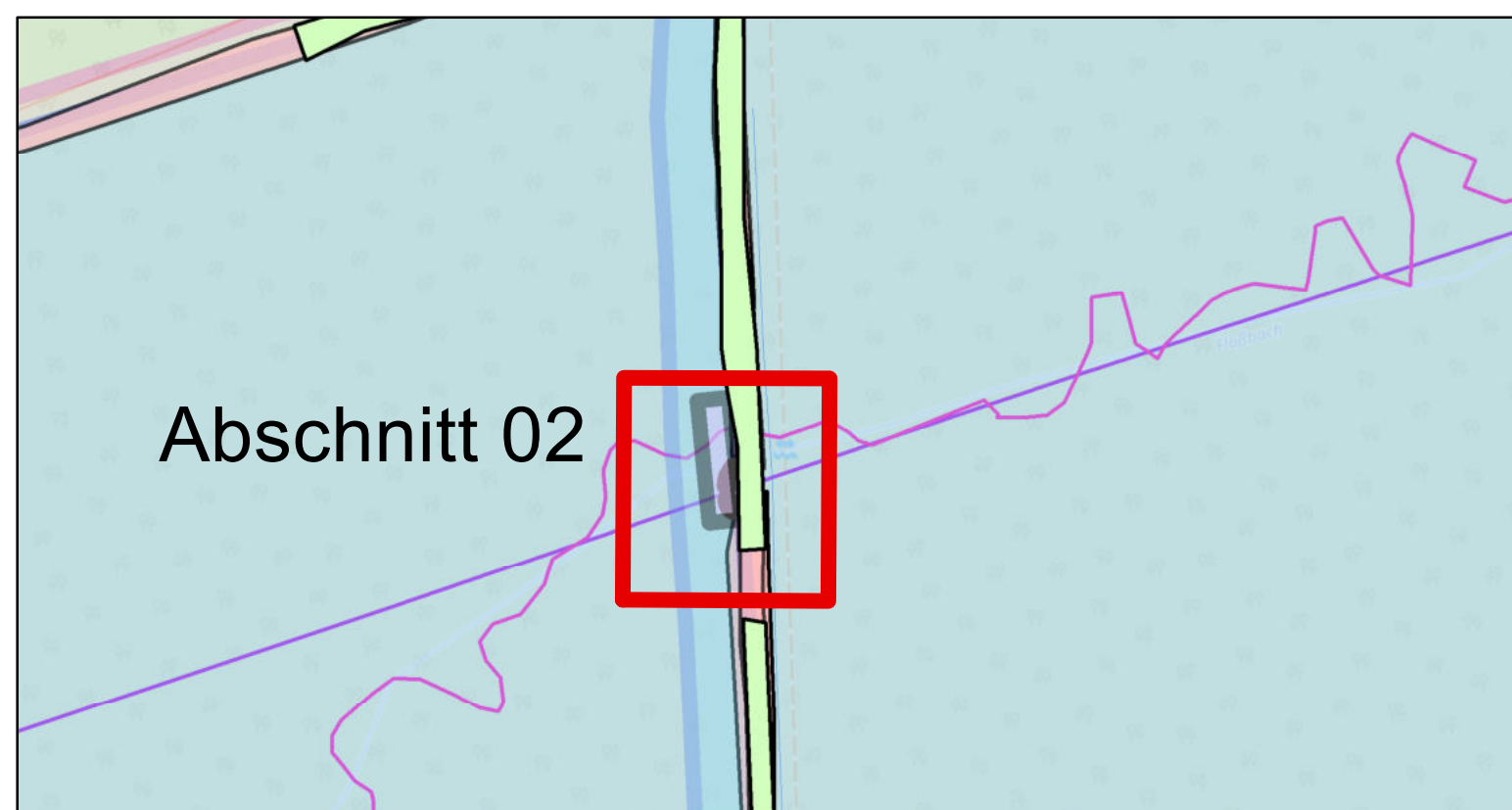
- Bauwerk Riegel 02
- Durchlasspotential 02
- Abschnitt 02
- Verschluss Riegel 02
- Begrenzung 02
- Alte Druslach
- DGM 1**
m ü. NHN
Hoch : 131,20
Tief : 126,90



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8stellen

Datengrundlagen:
- Vermessungsdaten der GW Bornheim
- DGM 1 des Landes
- basemap.de Web Raster Farbe

Übersicht



Auftraggeber:

Auftraggeber
Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd,
Regionalstelle Wasserwirtschaft,
Abfallwirtschaft, Bodenschutz

Projekt:

Waldbewässerung Offenbach (Queich)

Planbezeichnung:

Skizze der Stauanlage des Floßbach/ Großgraben im Abschnitt 02



BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Maria Trost 3, 56070 Koblenz
Telefon +49 261 88 51-0, Telefax +49 261 88 51-191
info@bjoernsen.de, www.bjoernsen.de

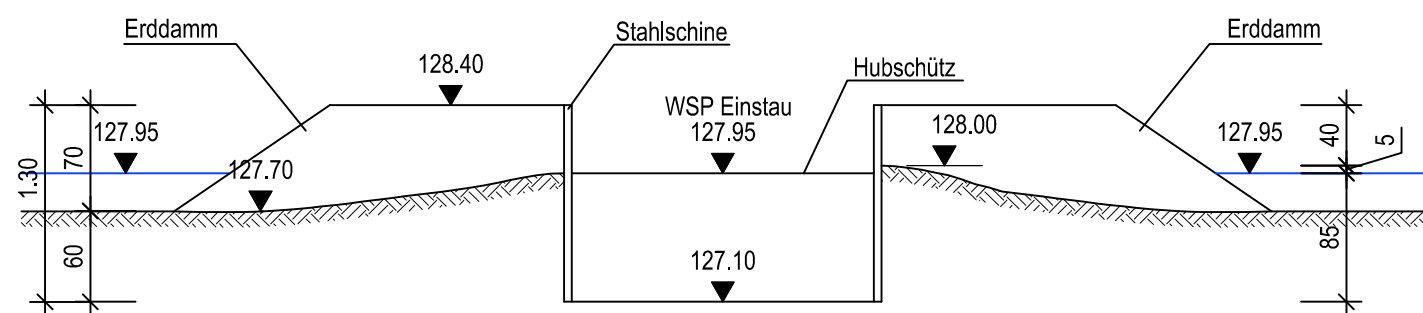
Projekt-Nr.:	20236643	
Plan/ Anlage-Nr.:	B-7	
Maßstab:	1:125	
Bearb.:	06.04.2024	Varelmann
GIS:	06.04.2024	Varelmann
Gepr.:	06.04.2024	Probst

Zeichenerklärung

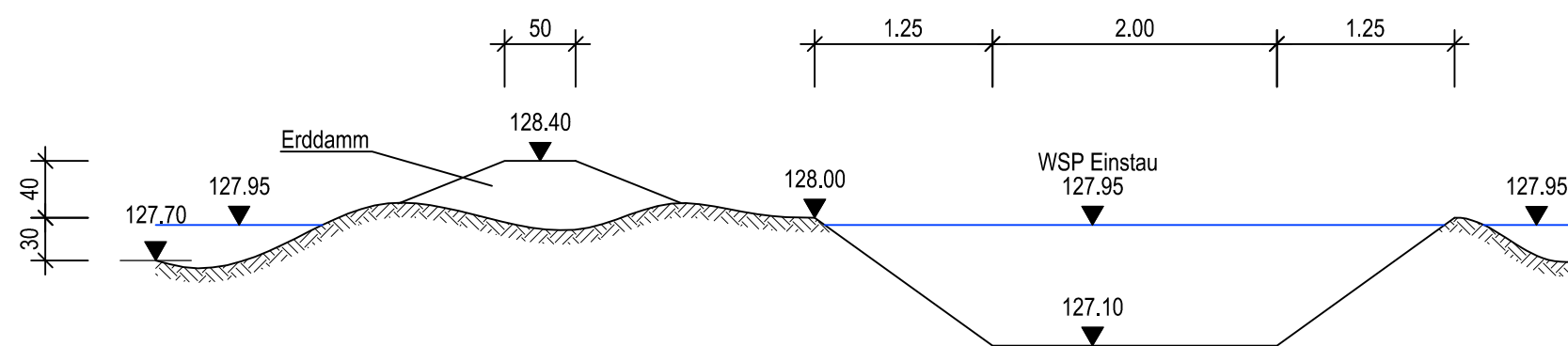


gewachsener Boden

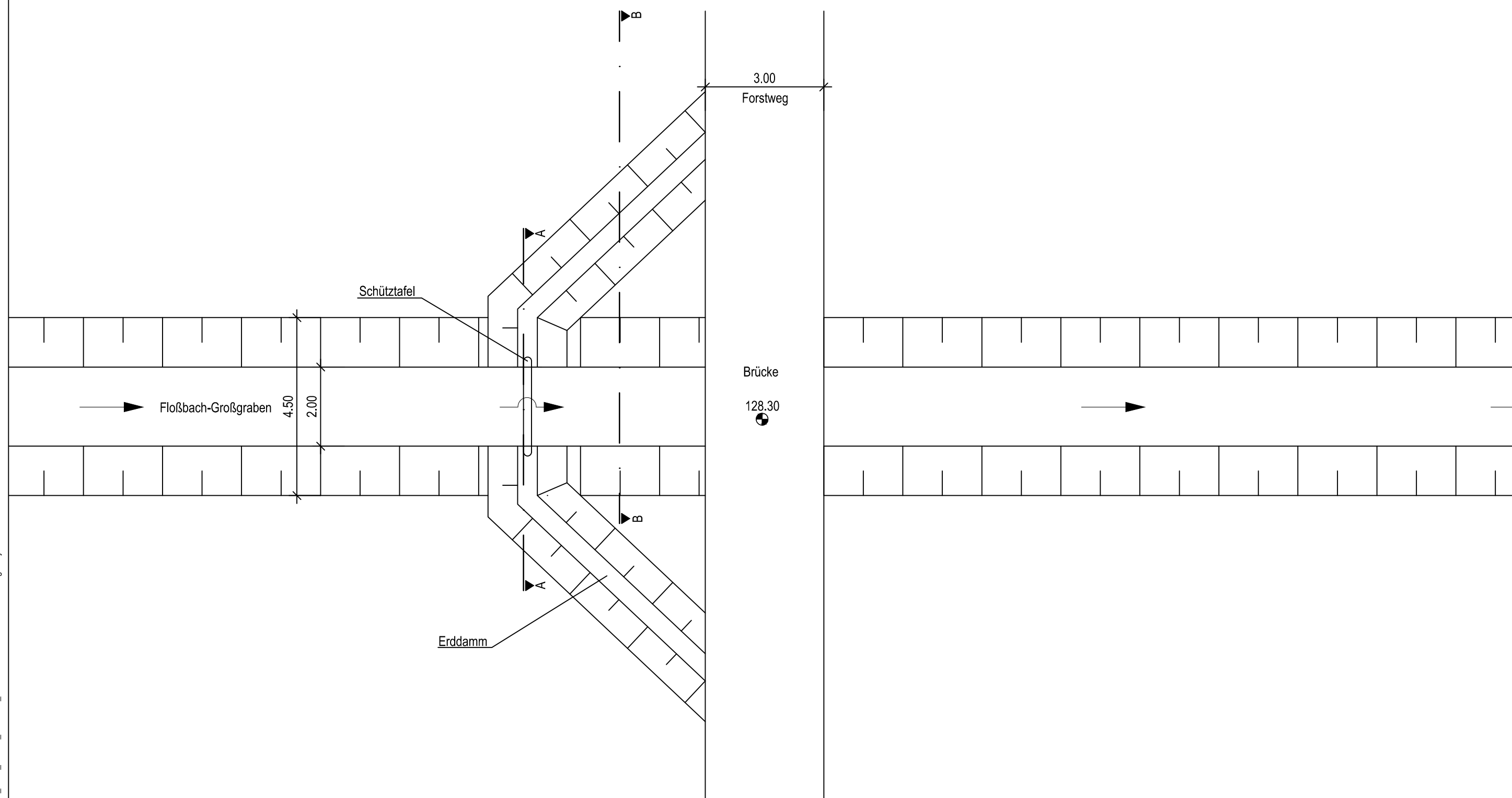
Schnitt A
M 1:50



Schnitt B
M 1:50



Abschnitt 02 Staubauwerk
M 1:100



Planungsgrundlage:

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N 8stellen

Datengrundlage:

- Vermessungsdaten der GW Bornheim
- DGM1 des Landes
- basemap.de Web Raster Farbe

Auftraggeber

Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd

Regionalstelle Wasserwirtschaft,
Abfallwirtschaft, Bodenschutz

Projekt

Waldbewässerung Offenbach (Queich)

Planbezeichnung

Schnitte Staubauwerk 02

Projekt-Nr.		2326643
Plan-/Anlage-Nr.		B-8
Maßstab		1 : 100, 1 : 50
Bearb.	April 2024	Varelmann
Gis/Cad	April 2024	Varelmann
Gepr.	April 2024	Probst

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Björnson Beratende Ingenieure GmbH
 Maria Trost 3, 56070 Koblenz
 Telefon +49 261 8851-0, Telefax +49 261 8851-191
 info@bjoernsen.de, www.bjoernsen.de
 Standort Speyer