

Projekt-Nr.: 800376

Stadt Friedrichshafen, Stadtbauamt, Abteilung Tiefbau



Projekt:

**Neubau eines Retentionsbodenfilters
beim RÜB 4 zur Keimelimination**

Erläuterungsbericht

Status:

Entwurfs- und Genehmigungsplanung

Aufgestellt:

September 2022



DIE EXPERTEN FÜR ÖKOLOGISCHES GEWÄSSERMANAGEMENT

BIOPLAN Ingenieurgesellschaft mbH für Planen und Bauen in der Wasser- und Abfallwirtschaft
Karlsplatz 1 · 74889 Sinsheim · Telefon Zentrale 07261 65951-0 · info@bioplan.de · www.bioplan.de

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines und Veranlassung	1
2	Planungsgrundlagen	4
3	Systematik der Antragsunterlagen	6
4	Vorplanung	7
4.1	Ergebnisse Machbarkeitsstudie 2016/18	7
4.2	Erhöhung Überlaufhäufigkeit	12
4.3	Standortalternativenprüfung	14
4.3.1	Seeleitung	15
4.3.2	Standort Kleingartenanlage	17
4.3.3	Standort Obere Liegewiese	20
4.3.4	Kanalstauraumbewirtschaftung	23
5	Örtliche Verhältnisse	27
5.1	Geographische/Topografische Lage Filterstandort	27
5.2	Wasserschutzgebiet und Hochwassergefahrenkarte	28
5.3	Schutzgebiete	29
5.4	Vorfluter	32
5.5	Bestehendes Kanalnetz	35
6	Bemessungsgrundlagen Einzugsgebiet RÜB 4	36
6.1	Flächenansatz Machbarkeitsstudie	36
6.2	Flächenansatz Entwurfs- und Genehmigungsplanung 2020/22 ..	36
7	Hydrologie	40
7.1	Hydrologische Berechnungen mit KOSIM	40
7.2	Hydrologische Bemessungsergebnisse	41
7.2.1	Hydrologische Auslegung Regenwasserbehandlung/Retention ..	41
7.2.2	Nachweis der Wirksamkeit des Stoffrückhalts	44
8	Hydraulische Nachweisführung RBF/RM	45
8.1	Vorstufe	45
8.2	Drosselwassermenge Retentionsbodenfilter/Retentionsmulde ...	46
8.3	Dimensionierung Druckleitungen	47
8.4	Längsbeschickung Retentionsbodenfilter	48
8.5	Nachweis Dränagesystem Retentionsbodenfilter/Retentionsmulde ..	50
8.6	Filterdurchsatzleistung Retentionsbodenfilter/Retentionsmulde ..	51
8.6.1	Retentionsbodenfilter	51
8.6.2	Retentionsmulde	52
8.7	Nachweis der Auftriebssicherheit Retentionsbodenfilter	53

8.8	Volumennachweis Retentionsbodenfilter	54
8.9	Nachweis der Auftriebssicherheit Retentionsmulde	55
8.10	Ermittlung des erforderlichen Rückhaltevolumens	55
8.11	Stauziel Retentionsmulde	56
8.12	Freibord	57
8.13	Volumennachweis Regenrückhaltebecken.....	58
8.14	Nachweis Zulaufkanal DN 1100	59
8.15	Nachweis Ablaufkanal DN 1000.....	60
9	Beschreibung Anlagenkomponenten.....	61
9.1	Zuleitungsbauwerk zur Buchenbachtrennung	61
9.2	Zu- und Ablaufkanäle.....	62
9.3	Retentionsbodenfilter	63
9.4	Retentionsmulde.....	66
9.5	Ein- und Ablaufbauwerk Retentionsbodenfilter/Retentionsmulde ..	68
9.6	Außenanlagen	70
9.7	Technische Ausrüstung	71
9.7.1	Messungen	71
9.7.2	Schaltanlage	72
9.7.3	Stromversorgung	73
9.7.4	Fernwirkeinrichtungen.....	73
10	Untergrundverhältnisse.....	74
11	Ver- und Entsorgungsleitungen.....	76
12	Bauzeit und Bauablauf Retentionsbodenfilter.....	77
13	Kostenberechnung	79
13.1	Baukosten.....	79
13.2	Baunebenkosten.....	79
14	Quellenverzeichnis	80

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Keimkonzentrationen Bodenseeufer	8
Abbildung 2: Schematische Ausbreitung der Keim	9
Abbildung 3: Machbarkeitsstudie, gemeinsamer Filter am RÜB 4	10
Abbildung 4: Lageplan Regenauslaßkanäle und Seeleitung, 2010	16
Abbildung 5: Standortvariante Kleingartenanlage	18
Abbildung 6: Geländeschnitt Kleingartenanlage	19
Abbildung 7: Lage Ufersammler	20
Abbildung 8: Standortvariante Obere Liegewiese	20
Abbildung 9: Geländeschnitt Obere Liegewiese	21
Abbildung 10: Begehungsplan Stauraumbewirtschaftung RÜB 4	23
Abbildung 11: Topografie Siedlungsgebiet	28
Abbildung 12: Hochwassergefahrenkarte	29
Abbildung 13: Schutzgebiete	30
Abbildung 14: Bestandsplan LBP	32
Abbildung 15: Einzugsgebiet Buchenbach	33
Abbildung 16: Auslaufbauwerk Buchenbach in den Bodensee	34
Abbildung 17: Skizze hydrologisches System (N-/A-Modell)	40
Abbildung 18: Leistungsfähigkeit Längsbeschickungsrinne	49
Abbildung 19: Mindestfreibordhöhen von Regenbecken als Erdbecken	58
Abbildung 20: Leistungsfähigkeit Zulaufkanal DN 1100	59
Abbildung 21: Leistungsfähigkeit Ablaufkanal DN 1000	60
Abbildung 22: Visualisierung Steg mit Absturzsicherung	70

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verhältnis Überlaufhäufigkeit zu Retentionsvolumen	13
Tabelle 2: Wasserspiegellagen Bodensee HQ ₂ bis HQ ₁₀₀	22
Tabelle 3: Reduzierung Entlastungsfracht durch Stauraumbewirtschaftung	25
Tabelle 4: Einzugsgebietsflächen RÜB 4	38
Tabelle 5: Bemessungsergebnis RBF und RM	42
Tabelle 6: Nachweis Stoffrückhalt nach DWA-A 102-2/BWK-A 3-2	44
Tabelle 7: Nachberechnung RÜB 4 im N-A-Modell	45
Tabelle 8: Volumennachweis Retentionsbodenfilter	54
Tabelle 9: Volumennachweis Retentionsmulde	59

Anhang A KOSTRA-DWD 2010R

Anhang B Hydrologische Berechnungen

Anhang C Nachweisrechnung Längsbeschickungsrinne

1 Allgemeines und Veranlassung

Im Frühjahr 2015 wurde seitens der Stadt Friedrichshafen bei der BIOPLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Sinsheim, die Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur Verminderung der Keimbelastung im Bodensee, infolge der Einleitung der Entlastungswassermengen aus den beiden Regenüberlaufbecken RÜB 2 und 4 in Fischbach bzw. Manzell, in Auftrag gegeben. Alternativ zu einer ca. 400 m langen Seeleitung, welche die Entlastungswassermengen der beiden Regenüberlaufbecken bei einer Tiefenlage von ca. 15 m in tiefere Seezonen verbringen sollte, wurde untersucht, inwiefern Retentionsbodenfilterbecken im Anschluss an die beiden Entlastungsanlagen der Mischwasserkanalisation bei einer entsprechenden Filterrezeptur die Keimbelastung und deren Austrag in den Bodensee signifikant verringern können.

Die Ergebnisse der Dissertation von Herrn Dr. Richard Orb, KIT, 2012, zeigen einen Lösungsansatz für einen hohen Bakterienrückhalt durch Retentionsbodenfilter ohne zusätzlichen technischen Aufwand auf. Die Systemkriterien für eine Optimierung bei der Mischwasserbehandlung mit Hygienezielen wurden im Praxisbetrieb bereits getestet. Demnach kann mit Retentionsbodenfiltern und einem speziell konfektioniertem Filtersand eine Reduktion von 3 bis 5 log-Stufen für hygienerelevante Bakterien erreicht werden.

Nach Auffassung des Gesundheitsamtes, Landratsamt Bodenseekreis, in seiner Stellungnahme vom 11.07.2022 kommt es vor allem nach Starkregenereignissen an den Badeplätzen im Umfeld der Regenüberlaufbecken RÜB 2 und 4 immer wieder zu teilweise erheblichen mikrobiologischen Verunreinigungen durch die Entlastungstätigkeit an den beiden Regenüberlaufbecken. Bedingt durch die Einleitung stark verdünnter, aber dennoch ungeklärter Abwässer, ist hier grundsätzlich mit einer nur unzureichenden Badegewässerqualität zu rechnen. Seitens des Gesundheitsamtes wird es, zur langfristigen Erhaltung einer guten bis sehr guten Badewasserqualität, für unabdingbar gehalten rechtzeitig angemessene Bewirtschaftungsmaßnahmen im Bereich der beiden Einleitungsstellen in den Bodensee zu ergreifen, damit nicht langfristig ein generelles Badeverbot ausgesprochen werden muss.

Resultierend aus einer umfangreichen Kriterienanalyse (Investitions- und Unterhaltungskosten, Flächeninanspruchnahme, Wirkungsweise zur weitergehenden Mischwasserbehandlung, etc.) für verschiedene Untersuchungsvarianten bietet sich auf Grundlage der vorliegenden Machbarkeitsstudie zur Verminderung der Keimbelastung im Bodensee die Nachbehandlung der Entlastungswassermengen **aus beiden Regenüberlaufbecken RÜB 2 und 4 in entsprechend konfigurierten Retentionsbodenfilterbecken** im Uferbereich des Bodensees zur Umsetzung an. **Die beiden den Regenüberlaufbecken nachgeschalteten Bodenfilteranlagen** sollen entsprechend der Beschlusslage im Gemeinderat der Stadt Friedrichshafen in den Jahren 2023/24 zur Umsetzung kommen und dienen neben der Keimreduktion auch der weitergehenden Mischwasserbehandlung. Das Gesundheitsamt des Landratsamtes Bodenseekreis unterstützt aus fachlicher Sicht daher ausdrücklich die Errichtung entsprechender Anlagen, damit der periodische Eintrag ungeklärter Abwässer im Sinne des Schutzes der Gesundheit von Badenden weitestgehend vermieden wird.

Das im vorliegenden Entwurf behandelte RÜB 4 befindet sich im Bereich einer Bahnhaltestelle im Stadtteil Manzell am östlichen Ausbauende der Dornierstraße. Die Entlastungswassermengen des erst kürzlich modernisierten Regenüberlaufbeckens entwässern im Anschluss an die Querung der Bahnstrecke und den innerörtlichen Straßenzügen (Magnus-, Zeppelin- und Domänenstraße) über die Entlastungskanalisation DN 1200 bis DN 1800 zunächst in westlicher Richtung über das Betriebsgelände der MTU Friedrichshafen GmbH und anschließend in südlicher Richtung zum Bodensee, **wo im direkten Uferbereich die Einleitung in den Bodensee erfolgt.**

Neben der Entlastungswassermenge des RÜB 4 führt die bestehende Regenwasserkanalisation aktuell auch die Wassermengen des aus nordwestlicher Richtung zum Stadtteil Manzell entwässernden Buchenbachs zum Bodensee ab. Die Wassermengen vereinigen sich aktuell am Schachtbauwerk KS 60835088 unmittelbar vor der bestehenden Kanalquerung unter der Bahnlinie.

Die Filteranlage zur Keimelimination im Anschluss an das RÜB 4 ist nicht in der Lage, zusätzlich zum anfallenden Mischwasser aus dem Entlastungsbauwerk des RÜB 4 auch noch das Wasser des Buchenbachs zu behandeln. Der geplante Bodenfilter zur weitergehenden Mischwasserbehandlung mit der Sonderanwendung einer Keimelimination muss trockenfallend betrieben werden. Im Buchenbach wäre hingegen mit einer kontinuierlich dem Filter zufließenden Wasserlast zu rechnen. Die beiden Teilströme müssen daher im Vorfeld der baulichen Umsetzung des Retentionsbodenfilters am RÜB 4 entsprechend dem vorliegenden Genehmigungsbescheid des Landratsamtes Bodenseekreis vom 07.03.2022 voneinander getrennt werden. Die bauliche Umsetzung der als Relling des Buchenbachs im Entlastungskanal geplanten Trennung erfolgt im Vorfeld der Arbeiten zur Erstellung des Retentionsbodenfilters ab Herbst 2022.

Die vorliegende Entwurfs- und Genehmigungsplanung behandelt nunmehr die Planung für den Bau des Retentionsbodenfilters am RÜB 4 im Uferbereich des Bodensees westlich des MTU-Betriebsgeländes.

Neben der Erlaubnis zur Einleitung des behandelten Niederschlagswassers in den Bodensee, bedarf es einer **wasserrechtlichen Genehmigung** zum Bau und Betrieb der Anlage, sowie einer **naturschutzrechtlichen Befreiung für den Bau innerhalb des Landschaftsschutzgebiets "Württembergisches Bodenseeufer, Teilbereich Friedrichshafen-West"**.

2 Planungsgrundlagen

Für die Planung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Stadt Friedrichshafen, Regenüberlaufbecken RÜB 2 und RÜB 4, RA-Kanäle und Seeleitung, Vorplanung aufgestellt Schlegel GmbH & Co. KG, München vom Dezember 2010
- Stadt Friedrichshafen, Machbarkeitsstudie, RÜB 2 + 4, Keimelimination mit Bodenfiltern, aufgestellt BIOPLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Sinsheim, im April 2016 und Ergänzungen vom November 2018
- Katasterdaten, Orthofotos, Kanalbestandsdaten, öffentliches Baukataster, Stadt Friedrichshafen, vom 05.06.2020
- Leitungsbestand Wasser- und Gasversorgung, Strom, Telekommunikation, Stadtwerke am See vom 05.06.2020
- Leitungsbestand Unitymedia und Deutsche Telekom vom 04.06.2020
- Topografische Bestandsvermessung mit digitalem Geländemodell, Vermessungsamt der Stadt Friedrichshafen vom 07.04., 13.04. und 16.04.2021
- Kenndaten der Regenwasserbehandlungsanlagen mit Auszügen aus der Schmutzfrachtberechnung aufgestellt Pirker + Pfeiffer Ingenieure, Münsingen, vom 06.05. und 13.05.2020, sowie 07.07.2022
- Regenüberlaufbecken RÜB 4, Angabe zu den Entlastungswassermengen für unterschiedliche Regenhäufigkeiten, aufgestellt Pirker + Pfeiffer, Münsingen am 31.03.2021
- Baugrund- und Bodengutachten für den geplanten Neubau eines Retentionsbodenfilters am RÜB 4 in Friedrichshafen-Manzell, aufgestellt Schlegel Wunderer GbR, Ravensburg, vom 25.05.2020
- Naturschutzfachliche Standortalternativenprüfung RÜB 2 + 4 (Fischbach/Manzell), aufgestellt 365° freiraum + umwelt, Überlingen, vom 10.08.2022
- Eingriffs-Kompensationsbilanz RÜB 4 (Fischbach/Manzell), aufgestellt 365° freiraum + umwelt, Überlingen, vom 16.09.2022
-

- Limnologische Untersuchungen an den Schmutzfracht-Einleitern des Stadtgebietes Friedrichshafen für die weiterführenden wasserrechtlichen Genehmigungen der Regenwasserbehandlungs- und entlastungsanlagen, aufgestellt Labor für Fluss- und Seenkunde, Biberach im Dezember 2021
- Wasserrechtliche Erlaubnis für die Trennung der Buchenbachverdolung vom Entlastungskanal DN 1500/1800 am RÜB 4 ausgestellt Landratsamt Bodenseekreis, Amt für Wasser- und Bodenschutz vom 07.03.2022
- Stellungnahme des Gesundheitsamtes Bodenseekreis zur Nachrüstung der Regenüberlaufbecken 2 „Manzell Strandbad Zeppelinstraße“ und 4 „Manzell Dornierstraße“ mit Retentionsbodenfiltern zur Verringerung des gesundheitlichen Risikos der Badegäste durch Schadstoff- und Keimeinträge an den Badestellen Freizeitgelände Manzell und Frei- und Seebad Fischbach, Friedrichshafen vom 11.07.2022
- Abfrage Kartendienst LUBW (Schutzgebiete, HWGK)

3 Systematik der Antragsunterlagen

Die Kostenberechnung für den Bau des Retentionsbodenfilters am RÜB 4 ist den Antragsunterlagen als Unterlage 2 beigelegt.

Der Übersichtslageplan (Unterlage 3, Blatt 1) bietet einen Gesamtüberblick über das geplante Bauvorhaben zum Neubau des Retentionsbodenfilters für das RÜB 4 westlich des Betriebsgeländes der MTU. Der Lageplan mit Darstellung der verschiedenen Anlagenkomponenten und den Kanaltrassen der Zu- und Ablaufkanalisation bis zur Einleitung in den Bodensee ist der Unterlage 3, Blatt 2 zu entnehmen. Unterlage 3, Blatt 3 gibt einen Überblick zur geplanten Baustellenandienung innerhalb des Landschaftsschutzgebiets.

Der Zuleitungskanal zwischen Regenüberlaufbecken und dem geplanten Bodenfilter, mit Darstellung des Relining-Profiles aus glasfaserverstärktem Kunststoff, ist in Unterlage 3, Blatt 4 nachrichtlich dargestellt. Diese Maßnahme wurde seitens der unteren Wasserbehörde, entsprechend dem vorliegenden Bescheid vom 07.03.2022, bereits genehmigt.

Verschiedene Regelquerschnitte zum Bau des Bodenfilters und der nachgeschalteten Retentionsmulde sind der Unterlagen 4, Blatt 1 bis 3, zu entnehmen. Unterlage 5 beinhaltet einen Längenschnitt durch die Anlage: Die Blätter 1 bis 4 der Unterlage 6 stellen die Bauwerkszeichnungen dar.

In der Unterlage 7 ist die Standortalternativenprüfung (10.08.2022), welche in Zusammenarbeit mit dem Büro 365° freiraum + umwelt, Überlingen erstellt wurde, zu finden. Unterlage 8 enthält die Eingriffs-Kompensationsbilanz des Büros 365° freiraum + umwelt, Überlingen, Stand 16.09.2022.

Als Unterlage 9 ist das Bodengutachten, 25.05.2020, zum Bauvorhaben des Büros Kugel Schlegel Wunderer GbR, Ravensburg, dem Ordner beigelegt.

4 Vorplanung

4.1 Ergebnisse Machbarkeitsstudie 2016/18

Im Rahmen einer Vorplanung aufgestellt durch das Büro Schlegel, München, aus dem Jahr 2010 war zunächst vorgesehen, das von den beiden Regenüberlaufbecken RÜB 2 und RÜB 4 entlastende Mischwasser mittels einer gemeinsamen, ca. 430 m langen Seeleitung DN 1400 in tiefere Seezonen (Tiefenlage über 5 m) des Bodensees einzuleiten. Hydraulisch wurde die Seeleitung jedoch lediglich auf 60 % der festgelegten Einleitungsmengen ausgelegt. Im Fall einer Überschreitung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der geplanten Seeleitung hätte weiterhin ein Notüberlauf über die bestehende Entlastungsleitung DN 800 beim RÜB 2 bzw. die Buchenbachverrohrung DN 1600 am RÜB 4 mit entsprechenden Einträgen in den Bodensee stattgefunden. Weiterer Nachteil wäre die Verlegung einer ca. 540 m langen Verbindungsleitung DN 1200 zwischen den beiden Entlastungskanälen der Regenüberlaufbecken innerhalb des gesamten Landschaftsschutzgebiets gewesen. Im Hinblick auf die Kampfmittelverdachtsflächen im näheren Umfeld des MTU-Geländes wäre die Leitung in offener Bauweise mit weitreichenden Eingriffen in das Landschaftsschutzgebiet zu verlegen gewesen.

Im Rahmen der bei der BIOPLAN Ingenieurgesellschaft mbH in Auftrag gegebene Machbarkeitsstudie, sollten auch nach Aufforderung durch das Seeforschungsinstitut Langenargen, insbesondere im Hinblick auf die geringe Verlegtiefe der Seeleitung von nur ca. 5 m, Alternativen zur geplanten Seeleitung aufgezeigt werden. Weiterhin wurde innerhalb der Machbarkeitsstudie die Wirkungsweise einer verlängerten Seeleitung auf die Keimbelastung an den betreffenden Badestellen am Bodensee betrachtet.

Im Bereich „Alter Campingplatz“ mit den Einleitungsstellen des RÜB 2 und des RÜB 4 wird an insgesamt 3 Stellen laufend die Badewasserqualität überprüft. Aus den Ergebnissen konnte im Rahmen der Machbarkeitsstudie abgeleitet werden, dass im Gesamtbereich von ca. 1.610 m Länge, unabhängig von der eingeleiteten Menge, eine Keimkonzentration von 400 – 500

E.coli/100 ml vorherrscht. Dies deutet auf eine gleichmäßige Ausbreitung der Keime hin (s.a. Abbildungen 1 und 2).

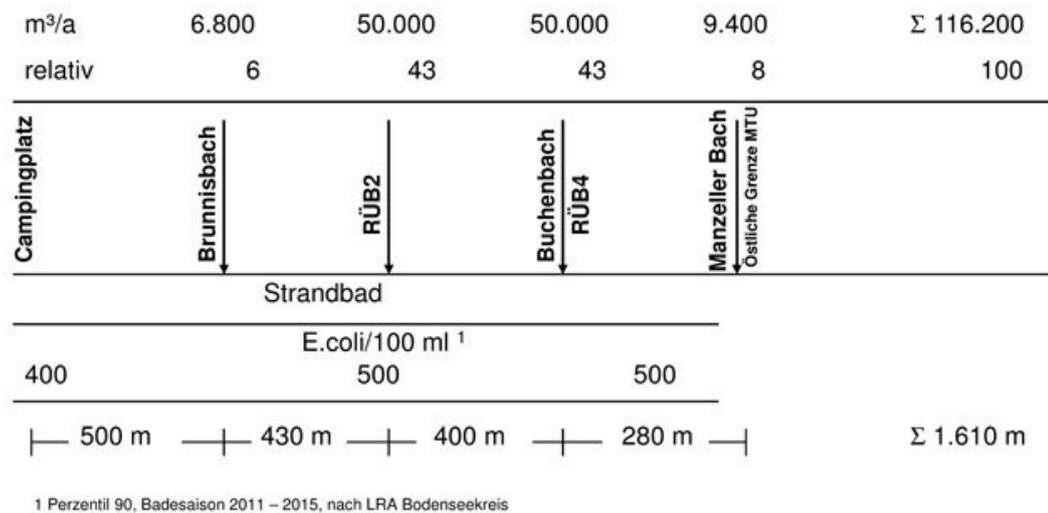


Abbildung 1: Keimkonzentrationen Bodenseeufer

(Quelle: BIOPLAN-Landeskulturgesellschaft)

Hieraus kann geschlossen werden, dass eine Ausbreitung der Keime von der um 430 m verlängerten **Seeleitung** in gleicher Weise zu erwarten ist, es sei denn, die Einleitung findet nicht ins Epilimnion statt. Dies würde jedoch bedeuten, dass die Tiefe der Einleitung, wie auch vom Seenforschungsinstitut Langenargen gefordert, mindestens in einer Tiefe von 15 m erfolgen müsste. Eine Verlängerung der Seeleitung zur Erreichung der notwendigen **Tiefe von 15 m** würde nochmals erhebliche **Mehrkosten**, auch im Hinblick auf eventuell erforderlichen Rohrvortrieb, verursachen.



Abbildung 2: Schematische Ausbreitung der Keime

Selbst unter der Voraussetzung einer Einleitung ins Epilimnion bei noch höheren Kosten muss konstatiert werden, dass aus Sicht der Stadt Friedrichshafen und des Verfassers die **Verlängerung der Seeleitung** weder zeitgemäß noch nachhaltig wäre. Sie dient lediglich einer Verlagerung der Keimbelastung im Bodensee, nicht aber deren Beseitigung. Dies kann u.a. auch durch die Zunahme der Bedeutung von **schädlichen Spurenstoffen** begründet werden. Bei der zu vergleichenden Variante zur Reduzierung der Keimbelastung mit einem Bodenfilter kann auch von einer umfassenden Elimination von Spurenstoffen ausgegangen werden.

Die ursprüngliche Aufgabenstellung der Machbarkeitsstudie beinhaltete zunächst nur die Untersuchung von Maßnahmen am RÜB 2. Grund hierfür war der Umstand, dass der Entlastungsabfluss des RÜB 4 und der Buchenbach in einem gemeinsamen, ca. 500 m langen Kanal zum Bodensee abgeleitet werden. Hieraus wurde gefolgert, dass die Kosten einer Trennung unwirtschaftlich hoch seien und deshalb lediglich das RÜB 2 für eine Keimreduktion infrage kommt. Im Laufe des Planungsprozesses setzte sich jedoch die Auffassung durch, dass das RÜB 4 in die verschiedenen Frage-

stellungen mit einzubeziehen war. Die Machbarkeitsstudie sollte darauf aufbauend u. a. auch die Wirtschaftlichkeit von **einem gemeinsamen RBF** und **zwei separaten RBF's** klären.

Ein gemeinsamer Bodenfilter am Standort des RÜB 4 wurde zum Beispiel in Variante 2.1 der Machbarkeitsstudie untersucht. Im Hinblick auf eine entsprechende Flächeninanspruchnahme wäre hier der Erhalt besonders schützenswerter Baumstrukturen, wie sie nachfolgend durch das Büro 365 ° freiraum + umwelt im Umfeld des Filterstandorts kartiert wurden, nicht zu gewährleisten.



Abbildung 3: Machbarkeitsstudie, gemeinsamer Filter am RÜB 4

Weiterhin wurden im Rahmen der Ausarbeitung **alternative Behandlungsstrategien**, wie z.B. eine UV-Desinfektion für die Entlastungsabflüsse der Regenüberlaufbauwerke und die Zwischenspeicherung der gesamten Entlastungswassermenge in einem unterirdischen Speicher mit anschließender Nachbehandlung auf einem dementsprechend ausgelegten Bodenfilter ohne Retentionsanteil, untersucht. Auch **alternative Standortfragen**, wie z.B. die Verlegung des Filterstandorts auf die Parkplatzflächen östlich des **neuen Frei- und Seebades Fischbach** wurden hier bereits beleuchtet und

im Hinblick auf ein nicht ausreichend zur Verfügung stehendes Flächendargebot diskutiert. Als Standort wurde in der Machbarkeitsstudie auch das direkte Bodenseeufer in Betracht gezogen, da ein Schilfgürtel direkt am Wasser nicht ungewöhnlich und prinzipiell denkbar ist. Aufgrund des Nutzungsdrucks im Freizeitgelände „Alter Campingplatz“ und im Hinblick auf die Wasserspiegelschwankungen des Bodensees, sowie eines möglichen Rückstaus in die Behandlungsanlage wurde davon jedoch wieder Abstand genommen und nicht weiterverfolgt.

Grundsatz für die Erstellung der Machbarkeitsstudie war nach Möglichkeit eine umfassende Nachbehandlung der anfallenden Entlastungswassermengen. Die Vorbemessung der Anlagengrößen erfolgte im Rahmen der Machbarkeitsstudie in Ermangelung einer aktuellen Schmutzfrachtberechnung auf Basis der gemessenen Entlastungsdaten im Beckenüberlauf des RÜB 2 für den Zeitraum 2011 bis 2015. Die Messerergebnisse wurden dabei auf das Einzugsgebiet des RÜB 4 übertragen, da hier erst im Jahr 2020 eine Wasserstandmessung installiert wurde. Als Bemessungsereignis wurde das Regenereignis vom 20.08.2012 angesetzt. Das Ereignis entsprach dabei einer statistischen Überlaufhäufigkeit von $n = 0,5$ (Überlauf der Anlage einmal in 2 Jahren). Erst im weiteren Planungsverlauf wurde der Retentionsanspruch im Hinblick auf die Verminderung von Eingriffen in das Landschaftsschutzgebiet sukzessive zu Lasten der Keimelimination reduziert.

Weiterhin war auf Vorgabe der Stadt Friedrichshafen die gelungene Integration der Filteranlagen zur Keimelimination in den empfindlichen Uferbereich des Bodensees bzw. in das Landschaftsschutzgebiet Grundvoraussetzung für eine bauliche Umsetzung in den sensiblen Bereichen. Im Hinblick auf die notwendige Lage im Uferbereich **soll der Retentionsbodenfilter am RÜB 4 so gestaltet werden, dass er nicht als technisches Bauwerk wahrgenommen werden kann.**

In der abschließenden Kriterienanalyse wurden neben den eigentlichen Investitionskosten auch Faktoren wie die Flächeninanspruchnahme in das Landschaftsschutzgebiet, Eingriffe in den Wasserkörper des Bodensees,

die fortlaufenden Betriebs- und Unterhaltungskosten, die Reinigungswirkung der Anlage, sowie mögliche Kostenrisiken bei der baulichen Umsetzung bewertet. Die Grundsätze und die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie wurden in mehreren Gesprächen ausführlich mit dem Landratsamt Bodensee, Dezernat 2, Amt für Wasser- und Bodenschutz und auch mit der unteren Naturschutzbehörde erörtert.

Aus dem Vergleich der zuvor beschriebenen Varianten geht hervor, dass die **angestrebte Lösung von zwei getrennt voneinander ausgeführten Retentionsbodenfilteranlagen mit nachgeschalteter Retentionsmulde** die vergleichsweise **günstigste Möglichkeit** zur Reduzierung der Keimbelastung im Bodensee darstellt.

Um das „überwiegende öffentliche Interesse“ zum Bau der beiden Retentionsbodenfilteranlagen mit nachgeschalteter Retentionsmulde an den Regenüberlaufbauwerken RÜB 2 und 4 weiter **zu unterstreichen**, wurde aufbauend auf den Ergebnissen der Machbarkeitsstudie auf Veranlassung des Landratsamtes im Rahmen der weiteren Ausarbeitung zur Erstellung der Entwurfs- und Genehmigungsplanung durch das Büro 365° freiraum + umwelt, Überlingen, in enger Zusammenarbeit mit der BIOPLAN Ingenieurgesellschaft mbH eine **vertiefte Standortvariantendiskussion** ausgearbeitet.

4.2 Erhöhung Überlaufhäufigkeit

Im Vorfeld der Standortalternativenprüfung wurde nach örtlicher Abstimmung der Bauwerksaußenkanten basierend auf der Vorbemessung mit einer angesetzten statistischen Überlaufhäufigkeit von $n = 0,5$ und einem erforderlichen Retentionsvolumen für die nachgeschaltete Retentionsmulde von 3.015 m^3 bei gleichzeitiger Bereitstellung einer Filterfläche von 1.000 m^2 (Planungsstand 18.01.2019, Machbarkeitsstudie, Variante 1.1) durch die Stadt Friedrichshafen eine faunistische und floristische Begutachtung bzw. Untersuchung am geplanten Filterstandort für den Bodenfilter am RÜB 4 westlich der MTU beim Büro 365 ° freiraum + Umwelt, Überlingen in Auf-

trag gegeben. Beckengröße und -form sollten planerisch angepasst und optimiert werden, so dass besonders schützenswerte Baumstrukturen im Umfeld des Bodenfilters am RÜB 4 geschont werden können.

In diesem Zusammenhang wurden auch weitere Berechnungsläufe im Rahmen einer Niederschlags-/Abfluss-Simulation auf Basis der neu erstellten Schmutzfrachtberechnung des Büro Pirker & Pfeiffer, Münsingen durchgeführt, die zu Gunsten des Eingriffs in den Naturhaushalt eine Erhöhung der statistischen Überlaufhäufigkeit für die dem Bodenfilter am RÜB 4 nachgeschaltete Retentionsmulde vorsahen. Hier war im Rahmen der Abwägung zu prüfen inwiefern sich durch die Erhöhung der Überlaufhäufigkeit die Eingriffe in das Landschaftsschutzgebiet minimieren lassen.

Mit der Erhöhung der Überlaufhäufigkeit nehmen gemäß der nachfolgenden Tabelle 1 im Allgemeinen die Flächen, die Volumina, die behandelte Mischwassermenge und der Behandlungsgrad ab, die entlastete Mischwassermenge und der Entlastungsgrad jedoch zu. Aus der Abhandlung zur Erhöhung der Überlaufhäufigkeit für das RÜB 4 vom Februar 2021 geht hervor, dass der Behandlungsgrad von 95 % bei n = 1 (1 Ereignis / Jahr, ursprünglich angestrebt) auf 72 % bei n = 5 (5 Ereignisse / a) abnimmt, dagegen steigt jedoch der Entlastungsgrad von 5 % bei n = 1 auf 28 % bei n = 5 an.

Tabelle 1: Verhältnis Überlaufhäufigkeit zu Retentionsvolumen

Zelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Überlaufhäufigkeit n	Breite Bo RM m	Sohlfläche RM m ²	Fläche Stauziel m ²	Fläche Oberfläche m ²	RM-Drosselabfluss l/s	erford. RM-Volumen V m ³	erford. RM-Volumen V+ m ³	in RM zufließende MW-Menge Qzu m ³ /a	in RM behandelte MW-Menge Qdr/Qfilt m ³ /a	Entlastete MW-Menge Qentl m ³ /a	Behandlungsgrad	Entlastungsgrad
1	1	29,5	2.500		3.224	60	3.812	4.448	29.611	28.123	1.488	95%	5%
2	2,0	24,0	1.530	1.962	2.038	46	3.020	3.567	29.115	25.850	3.265	89%	11%
3	2,8	21,3	1.301	1.732	1.809	39	2.632	3.135	28.872	24.277	4.595	84%	16%
4	2,9	21,1	1.284	1.715	1.792	38,5	2.603	3.103	28.854	24.149	4.705	84%	16%
5	5,0	16,1	859	1.290	1.367	25,8	1.884	2.301	28.404	20.444	7.960	72%	28%

Durch Erhöhung der Überlaufhäufigkeit kann der Flächenbedarf der Retentionsmulde bei gleichbleibender Filterfläche (680 m² unter Berücksichtigung der neuen Schmutzfrachtberechnung von P+P, Münsingen) von ca. 3.220 m² bei n = 1 um 1.860 m² auf ca. 1.360 m² für eine Überlaufhäufigkeit für n = 5 reduziert werden.

Hervorzuheben ist allerdings auch die Zunahme der entlasteten MW-Menge bei $n = 5$ auf $7.960 \text{ m}^3/\text{a}$ gegenüber $1.488 \text{ m}^3/\text{a}$ bei $n = 1$, das ist eine Zunahme um ca. 535 %. Bezogen auf das ursprüngliche Planungsziel bedeutet dies eine Verfünffachung der Keimlast in den Bodensee.

Zur Minimierung der Eingriffe in den Naturhaushalt hat sich die Stadt Friedrichshafen im Rahmen der Abwägung im weiteren Planungsverlauf dennoch zu einer Erhöhung der Überlaufhäufigkeit auf $n = 5$ entschieden, um insbesondere die besonders schützenswerten Baumstrukturen südlich und nordwestlich des Filterstandorts am RÜB 4 erhalten zu können. Eine entsprechend höhere Keimbelastung für die betreffenden Badestellen am Bodensee muss toleriert werden. Eine umfassende Nachbehandlung der entlasteten Mischwassermengen, wie ursprünglich angestrebt, kann nicht mehr gewährleistet werden.

4.3 Standortalternativenprüfung

Entsprechend den Festlegungen in einer gemeinsamen Ortsbegehung mit dem Amt für Wasser und Bodenschutz, sowie dem Umweltschutzamt im Landratsamt Bodenseekreis am 22.02.2021 am Standort des RÜB 4, sollte als Grundlage für das weitere Verfahren eine weitergehende Alternativenprüfung durch das Büro 365° freiraum + umwelt in Zusammenarbeit mit der BIOPLAN Ingenieurgesellschaft mbH erstellt werden. **Hier sollte deutlich herausgearbeitet werden, dass Alternativen zu den beiden gewählten Filterstandorten in der Machbarkeitsstudie, unter wirtschaftlicher, technischer und naturschutzfachlicher Abwägung, nicht möglich sind.** Erst nach erfolgter Variantenprüfung mit Festlegung auf eine endgültige Vorzugsvariante können die Planunterlagen demnach für die wasserrechtlichen Genehmigung/Erlaubnis und zur naturschutzrechtlichen Befreiung zur Umsetzung der Maßnahme im Landschaftsschutzgebiet beim Landratsamt eingereicht werden. Auf Vorgabe des Umweltschutzamtes war die Standortalternativenprüfung gemeinsam für die beiden Filterstandorte an den Regenüberlaufbecken RÜB 2 + 4 zu erstellen.

Im Rahmen der Standortalternativenprüfung wurden aufbauend auf die Machbarkeitsstudie im Hinblick auf die Errichtung des Bodenfilters am RÜB 4 nochmals mehrere Alternativstandorte im Hinblick auf ihre technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit überprüft.

Neben der ursprünglich angedachten Seeleitung wurden im Rahmen der Vorplanung bzw. Standortalternativenprüfung auch zwei alternative Standorte für den Filter am RÜB 4 in der nördlich gelegenen, stark bewaldeten Kleingartenanlage und im Bereich der südlich gelegenen Liegewiese im Freizeitgelände „Alter Campingplatz“ untersucht.

4.3.1 Seeleitung

Die vorliegende Planung des Büros Schlegel, München, zur baulichen Umsetzung einer Seeleitung aus dem Jahr 2010 wurde bereits im Kapitel 4.1 der Machbarkeitsstudie eingehend diskutiert. Mittels einer Verlängerung der bestehenden Leitungen, die die Entlastungswassermengen aktuell ufernah in den Bodensee einleiten, könnte das Mischwasser von den Badestränden entfernt in den See eingeleitet werden. Um überhaupt eine Reduktion der Keime im Badewasser zu gewährleisten wäre eine Leitung von > 450 m Länge notwendig und die Einleitung müsste in mind. 15 m Tiefe vorgenommen werden. Das Mischwasser samt Keimen und Spurenelementen wird dann direkt in tiefere Schichten des Bodensees eingeleitet.



Abbildung 4: Lageplan Regenauslaßkanäle und Seeleitung, 2010

Aus Sicht des Verfassers würde es bei der Umsetzung einer Seeleitung zu erheblichen baulichen Eingriffen in den Uferbereich des Bodensees und in das Landschaftsschutzgebiet kommen. **Die Entlastungskanäle der beiden Regenüberlaufbecken müssten zunächst zusammengeführt werden**, um die Entlastungswassermengen anschließend mittels Seeleitung in die Tiefwasserzone des Bodensees ableiten zu können.

Die Abwasserstränge müssten in offener Bauweise innerhalb des Landschaftsschutzgebiets zusammengeführt werden. Die Durchführung eines etwaigen Rohrvortriebs wäre im Hinblick auf die Kampfmittelverdachtsflächen im näheren Umfeld des MTU-Geländes mit erheblichen finanziellen Risiken behaftet. Im Vorfeld eines Rohrvortriebs müssten die Leitungstrassen frei gemessen bzw. geräumt werden.

Die Anforderungen an eine weitergehende Regenwasserbehandlung im Mischsystem für die Einleitung der Entlastungswassermengen in den Bodensee können im Rahmen einer baulichen Umsetzung der Seeleitung

nicht erfüllt werden. Es finden weder Absetzvorgänge noch eine Filtration statt. Schmutzfrachten werden verlagert, aber nicht beseitigt.

Die Vorplanung des Büros Schlegel vom Dezember 2010 zur baulichen Umsetzung einer Seeleitung in tiefere Seezonen geht nach aktuellem Kenntnisstand von einer zu geringen Wassermenge aus, um die gesamte Entlastungswassermenge der beiden Überlaufbauwerke in tiefere Seezonen ableiten zu können. Die Bemessung der Seeleitung DN 1400 (Gefälle: 0,5 %) erfolgte für eine Wassermenge von 3,1 m³/s, die Transportleitung DN 1200 (Gefälle: 0,29 %) vom RÜB 2 zum Entlastungskanal des RÜB 4 für eine Wassermenge von 2,0 m³/s. Notentlastungsmöglichkeiten mit entsprechender Keimfracht in den ufernahen Bereich müssten weiterhin vorgehalten werden.

Um die gesamte Wassermenge ableiten zu können wäre eine Verbindungsleitung DN 1800 auf einer Gesamtlänge von ca. 540 m innerhalb des Landschaftsschutzgebiets zwischen dem RÜB 2 und dem RÜB 4 zu verlegen. Für die Seeleitung wäre entsprechend den überschlägigen Berechnungen eine Dimension DN 2000 erforderlich. Die Seeleitung stellt somit keine technische und wirtschaftliche Alternative zum angedachten Retentionsbodenfilter mit nachgeschalteter Retentionsmulde am RÜB 4 da.

4.3.2 Standort Kleingartenanlage

Nach dem aktuellen Planungsstand wird für den Retentionsbodenfilter eine Fläche von ca. 400 m² und die Retentionsmulde eine Fläche von ca. 1.275 m² mit einem Volumen von ca. 2.000 m³ benötigt. Um einen Filter mit Retentionsmulde in der Kleingartenanlage zu errichten, muss baulich in die Grundstücksflächen eingegriffen werden und ein neuer Kanal für die Entlastungswassermengen des RÜB 4 in der Domänenstraße oder alternativ in der Magnusstraße, verlegt werden. Der über das Gelände der MTU verlaufende Kanal kann aufgrund der vorherrschenden Höhenverhältnisse nicht als Zulaufkanal für einen Bodenfilter in der Kleingartenanlage dienen. Die Umsetzung der Behandlungsanlage innerhalb der nördlich gelegenen Kleingartenanlage ist mit erheblichen Eingriffen in Gehölzbestände verbunden. Entsprechend den faunistischen und floristischen Untersuchungen ergeben

Stadt Friedrichshafen, Stadtbauamt, Abteilung Tiefbau

Neubau eines Retentionsbodenfilters beim RÜB 4 zur Keimelimination

Entwurfs- und Genehmigungsplanung

sich auch hier besonders schützenswerte Baumstrukturen. Auch befindet sich das stark in Richtung Süden abfallende Gelände innerhalb des Landschaftsschutzgebiets.



Abbildung 5: Standortvariante Kleingartenanlage

Im Hinblick auf die ungünstigeren Höhenverhältnisse innerhalb des Kleingartengeländes ist mit größeren Erdbewegungen als beim Standort westlich des MTU-Geländes zu rechnen (s.a. nachfolgende Abbildung 6). Hier wären zusätzliche kostenintensive Böschungssicherungsmaßnahmen an der Nordseite zu ergreifen.

Es ergeben sich bei einer mittleren Steigung von über 8 % Höhenunterschiede von bis zu 4,00 m, um den Bodenfilter mit der nachgeschalteten Retentionsmulde baulich realisieren zu können.

Darüber hinaus muss im Bereich der Domänenstraße, wie bereits angedeutet, vor Erreichen des MTU-Geländes ein neuer Regenwasserkanal DN 1600 auf einer Länge von ca. 300 - 400 m bis zum Filterstandort innerhalb der Kleingartenanlagen verlegt werden.

Eine bauliche Abtrennung des Buchenbachs vom Entlastungskanal des RÜB 4 wird auch bei Umsetzung der Variante in der Kleingartenanlage erforderlich, allerdings auf einer kürzeren Leitungstrasse.



Abbildung 6: Geländeschnitt Kleingartenanlage

Weiterhin ergibt sich ein Konflikt mit dem bestehenden Ufersammler DN 1100, welcher in östliche Richtung durch das Kleingartengelände verläuft (s.a. nachfolgende Abbildung 7), sowie mit dem bestehenden Mischwasserkanal DN 250 aus Asbestzement, der aus nördlicher Richtung von der Magnusstraße aus zum Ufersammler entwässert. Aufgrund des äußerst geringen Gefälles von lediglich 0,5 bis 1,7 Promille, ist eine Trassenverlegung für den Ufersammler nahezu ausgeschlossen. Bei einer etwaigen Umlegung des Asbestzementkanals entstehen vergleichsweise hohe Entsorgungskosten.

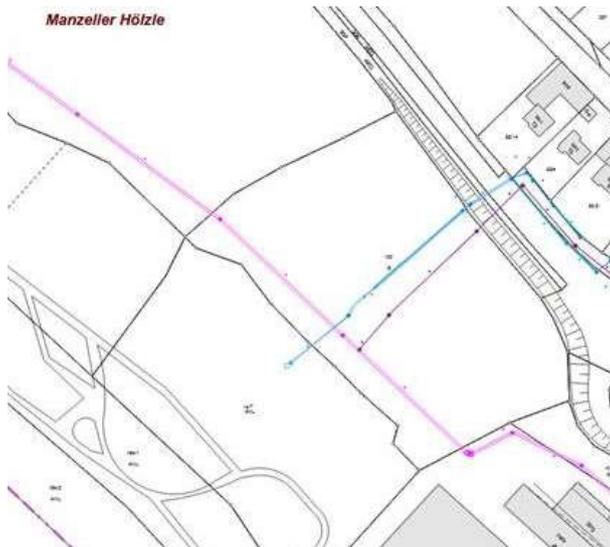


Abbildung 7: Lage Ufersammler

4.3.3 Standort Obere Liegewiese

Alternativ zur nördlich gelegenen Standortvariante in der Kleingartenanlage wurde auch eine Alternative auf der südlich gelegenen Liegewiese, unter technischen Gesichtspunkten, geprüft. Auch dieser Standort befindet sich im Landschaftsschutzgebiet und kennzeichnet sich als naturnahe Liegewiese des Freizeitgeländes mit Bewuchs aus mehreren Einzelbäumen.



Abbildung 8: Standortvariante Obere Liegewiese

Der Flächenbedarf für den Retentionsbodenfilter mit nachgeschalteter Retentionsmulde am RÜB 4 beträgt gemäß der aktuellen Planung ca. 4.650 m².

Auf der südlich gelegenen Liegewiese im Freizeitgelände Manzell ergibt sich zum Erreichen des abgegrenzten Überschwemmungsgebiets am Bodensee eine Flächenverfügbarkeit von ca. 4.730 m². Bei Ausführung der Retentionsmulde in lang gestreckter Form könnte die Fläche für die bauliche Umsetzung des Filters ausreichend groß sein. Der besonders schutzbedürftige Baumbestand nördlich der Fläche könnte erhalten bleiben.

Das Gelände fällt zum Bodenseeufer mit einer mittleren Neigung von 1,45 % ab. Die aktuelle Filteroberkante befindet sich auf Höhenkote 398,25 müNN. Bei Umsetzung der südlich gelegenen Standortvariante müsste zur Vermeidung einer ausgeprägten Bedämmung die Filteroberkante ca. 0,75 m tiefer auf Höhenkote ca. 397,50 müNN angelegt werden, auch um die entsprechenden Freibordhöhen weiterhin gewährleisten zu können.



Abbildung 9: Geländeschnitt Obere Liegewiese

Entsprechend den Wasserstandskennwerten für den Bodensee-Obersee würde die Filteroberkante unter dem Wasserstand eines 20-jährigen Hochwasserereignisses zum Liegen kommen.

Tabelle 2: Wasserspiegellagen Bodensee HQ₂ bis HQ₁₀₀

Jährlichkeit	Wasserstand am Seepegel		
	Konstanz	Bregenz	Romanshorn
[Jahre]	[cm] über Pegelnull	[m.ü. Adria]	[m.ü. M]
2	460	396.74	396.81
10	512	397.26	397.33
20	531	397.45	397.52
50	553	397.67	397.74
100	568	397.82	397.89
verwendete Verteilung: 3-parametrig log. Normalverteilung			

Die Freispiegelentwässerung für den Filterablauf ist insbesondere bei Hochwasserereignissen im Bodensee nicht zu gewährleisten. **In der aktuellen Planung kommt die Sohlhöhe des Ablaufkanals DN 1000 mit 397,52 müNN knapp oberhalb eines 20-jährigen Regenereignisses zum Liegen.** Dadurch bedingt ist am aktuellen Standort auch bei Hochwasserereignissen im Bodensee eine Vorflut gewährleistet. Bei Verlegung des Standorts auf die südlich gelegene Liegewiese besteht die Gefahr einer rückwärtigen Befüllung des Filters und seines Ablaufsystems.

Im Baugrund- und Bodengutachten für den Retentionsbodenfilter am RÜB 4, aufgestellt durch das Büro Kugel Schlegel Wunderer GbR im Mai 2020, wird im Kapitel 3.3 „Altlastenrelevante Bewertung, organoleptischer Befund, Kampfmittel“ angeführt, dass sich die im Rahmen einer rasterhaften Altlastenerkundung angetroffenen Schwermetall- und PAK-Belastungen der beprobten Auffüllungen, insbesondere südlich des geplanten Beckenstandorts, eingrenzen lassen. Bei Verschiebung des Filterstandorts auf die südlich gelegene Liegewiese des Freizeitgeländes ist mit einer Entsorgung von belasteten Aushubmaterialien und entsprechenden Mehrkosten zu rechnen.

4.3.4 Kanalstauraumbewirtschaftung

Seitens der Stadt Friedrichshafen wurde im Rahmen der Schmutzfrachtberechnung beim Ingenieurbüro Pirker + Pfeiffer, Münsingen, eine Machbarkeitsstudie zur Kanalraumbewirtschaftung und Aktivierung von zusätzlichem Retentionsvolumen im Ufersammler in Fischbach in Auftrag gegeben. Hier wurden insbesondere auch die Auswirkungen auf die Entlastungstätigkeit an den Regenüberlaufbecken 2 und 4 untersucht. Dabei wurde der Ufersammler bis zum Schacht 60250020 (östlich MTU-Gelände) in zwei Abschnitte unterteilt, welche jeweils zur Reduzierung der Entlastungsfrachten am RÜB 2 bzw. RÜB 4 gezielt mit Hilfe von sogenannten Kaskadenreglern ein gestaut werden könnten.

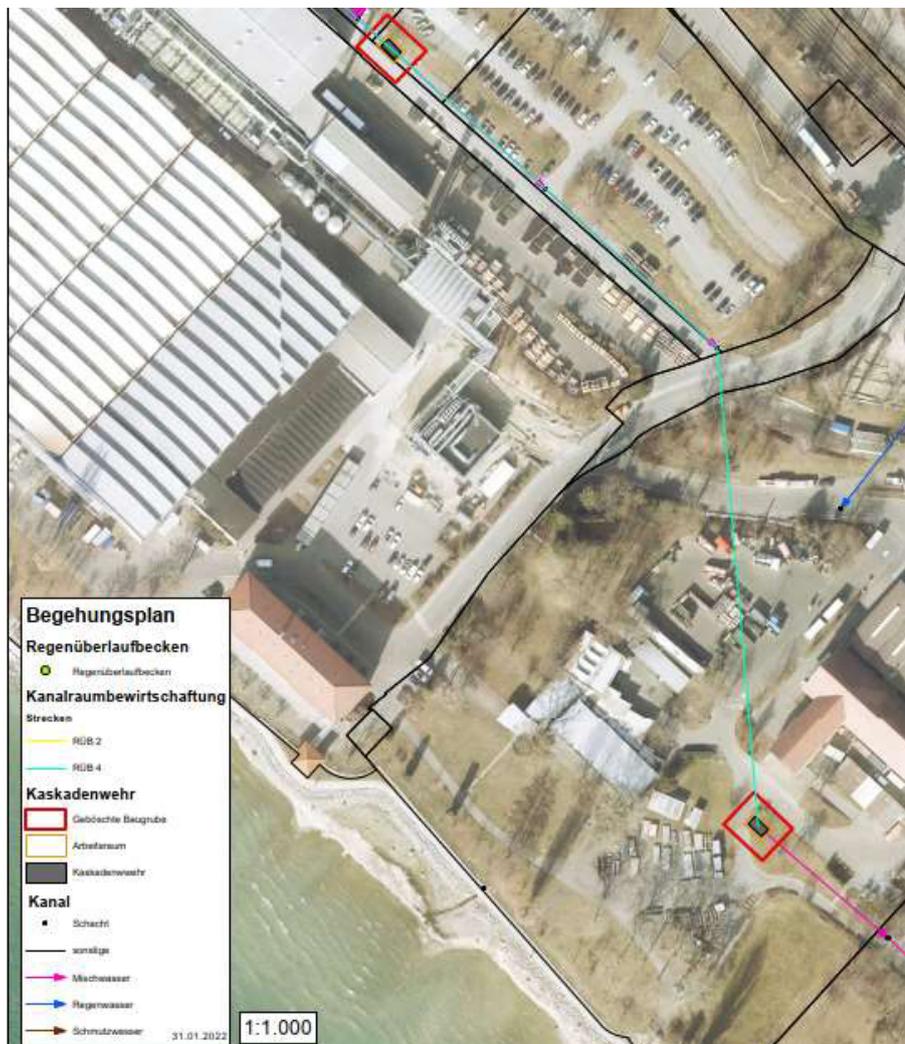


Abbildung 10: Begehungsplan Stauraumbewirtschaftung RÜB 4

Die Strecken für die Kanalraumbewirtschaftung am RÜB 2 und am RÜB 4 wurden jeweils nochmal in zwei gleich lange Teilstrecken untergeteilt, woraus sich insgesamt vier Kaskadenwehre ergeben würden.

Das Büro Pirker + Pfeiffer geht im Rahmen der Machbarkeitsstudie vom Einbau eines UFT-Kaskadenreglers „UFT-FluidCasa“ aus. Diese sind in entsprechend ausgelegten Schachtbauwerken zu installieren. Im Plan dargestellt ist jeweils das Schachtbauwerk mit geböschter Baugrube bei einer Tiefe von ca. 4,5 m. Die Lage der dargestellten Kaskadenwehre stellt die Aufteilung der Sammlerstrecke nach dem RÜB 4 in zwei etwa gleichgroße Teilstrecken dar und zeigt die Bereiche auf, in welchen Bereichen sich der Einbau eines solchen Wehres anbieten würde.

Die Kaskadenregler arbeiten grundsätzlich ohne Fremdenergie. Das Regenüberlaufbecken 4 müsste wasserstandsabhängig gedrosselt werden, weshalb eine Wasserstandsmessung im eingestauten Sammler und eine Anbindung an die Fernwirkzentrale nötig wären. Sollte eine Lösung mit Prozesswächter nicht gewünscht sein, werden zusätzlich Kabelzuleitungen zu den einzelnen Schachtbauwerken erforderlich.

Im Hinblick auf die Kanalstauraumbewirtschaftung sind folgende Einschränkungen anzuführen. Durch den Einstau des Sammlers kann es aufgrund des geringen Gefälles zu Ablagerungen kommen. Hierfür müssen zusätzliche Spülvorrichtungen vorgesehen werden. Je nach Ausführung (Spülaggregat, Spülkammer, Spülsack) werden hierfür zusätzliche Baumaßnahmen am Sammler erforderlich. Um eine Versickerung des Mischwassers in den Untergrund zu vermeiden, muss die Dichtigkeit des Sammlers geprüft werden. Gegebenenfalls werden hier noch zusätzliche Sanierungsarbeiten notwendig.

Für die Unterhaltung des Bauwerks muss ein Spülfahrzeug den Schacht erreichen können und bestenfalls eine Wendemöglichkeit haben. Auch hier können sich zusätzliche Eingriffe im Privatgelände der MTU ergeben.

Die potenzielle Einsparung der Entlastungsfrachten an den beiden Regenüberlaufbecken wurde durch Pirker + Pfeiffer mit Hilfe einer Schmutzfrachtsimulation ermittelt und kann der folgenden Tabelle entnommen werden:

Tabelle 3: Reduzierung Entlastungsfracht durch Stauraumbewirtschaftung

Vorläufige Ergebnisse der Machbarkeitsuntersuchung 05.11.2021						
Bauwerk	Variante	A _u (ha)	CSB-Überlauffracht SF _{ue,128} (kg/a)	Überlaufmenge VQ _{ue} (m ³ /a)	Entlastungsrate %	Anzahl Überlaufereignisse n _{ue} (1/a)
RÜB 2	Bestand (RÜ Q _{u,r130})	29,26	6.851	74.348	34,80	32,0
	Aktive Kanalraumbewirtschaftung Ufersammler	29,26	2.892	33.152	16,04	16,0
			-58%	-55%	-54%	-50%
RÜB 4	Bestand (RÜ Q _{u,r130})	23,82	4.071	45.595	27,47	33,0
	Aktive Kanalraumbewirtschaftung Ufersammler	23,82	2.845	32.383	20,08	22,0
			-30%	-29%	-27%	-33%
Gesamt			-47%	-45%	-42%	-42%

Infolge des gezielten Einstaus im Ufersammler kommt es zu einer Erhöhung des zur Kläranlage weitergeleiteten Mischwassers. Dieses muss im Verlauf des weiteren Entwässerungsnetzes mehrmals in Pumpwerken gehoben werden und verursacht auch auf der Kläranlage zusätzliche Betriebskosten zur Behandlung der zusätzlichen Wassermengen. Die Entlastungswassermengen zum geplanten Bodenfilter würden sich jedoch entsprechend reduzieren.

Basierend auf der gemeinsamen Ortsbegehung vom 01.02.2022 mit der unteren Wasserbehörde im Landratsamt Bodenseekreis, wurden im Hinblick auf die Kanalraumbewirtschaftung am Ufersammler in Fischbach in Bezug auf das RÜB 4 folgende Festlegungen getroffen:

Für die beiden potentiellen Schachtbauwerke des Ufersammlers, die sich auf das RÜB 4 auswirken (innerhalb MTU-Gelände), wird bei der MTU angefragt, ob ein Umbau dieser Schächte im Sinne einer Stauraumbewirtschaftung möglich wäre. Der Einfluss einer Stauraumkanalbewirtschaftung wirkt sich hier allerdings geringer aus, als beim RÜB 2. Die Planung des RBF am RÜB 4 soll nach Abstimmung unter den Beteiligten hier auf Basis der aktuellen Grundlagen (Überlaufhäufigkeit n = 5) weitergeführt werden.

Auch nach baulicher Umsetzung einer Kanalstauraumbewirtschaftung im Ufersammler wird es an den Entlastungsanlagen der beiden Regenüberlaufbecken zu einer Entlastungstätigkeit kommen. Im Hinblick auf die Keimelimination wird nach wie vor ein entsprechend dimensionierter Bodenfilter bzw. eine Retentionsmulde das Mittel der Wahl sein, um etwaige Badeverbote im Bereich des Freizeitgeländes von Manzell zu vermeiden.

5 Örtliche Verhältnisse

5.1 Geographische/Topografische Lage Filterstandort

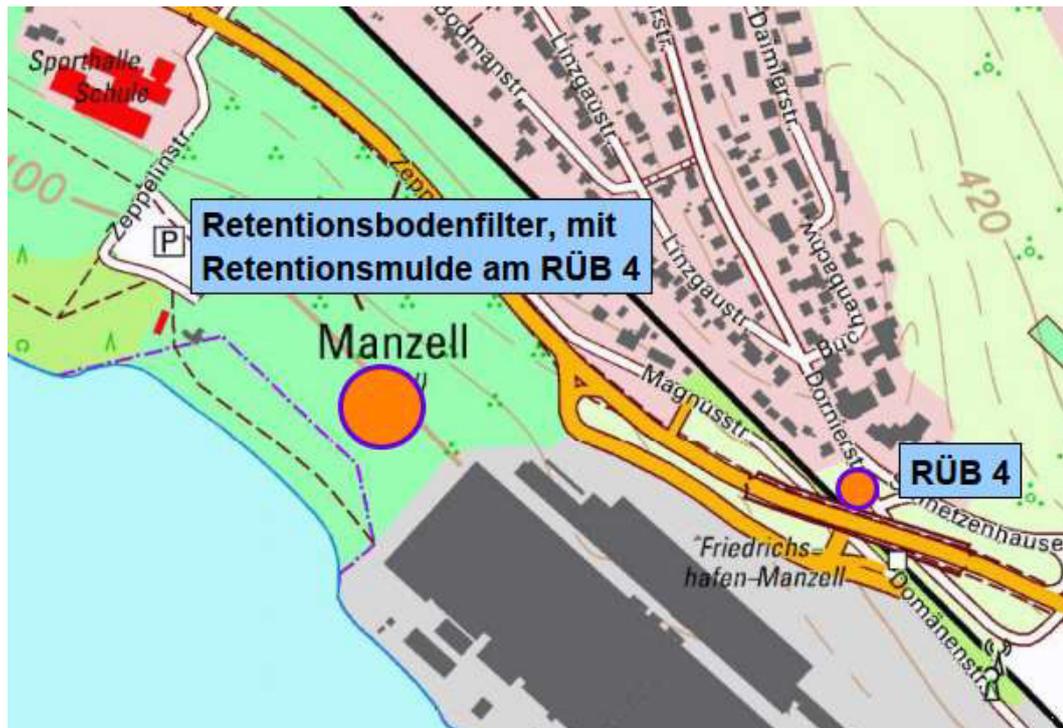
Die Regenüberlaufbecken RÜB 2 und 4 dienen der Mischwasserbehandlung in den Ortslagen Fischbach und Manzell. Die beiden Stadtteile befinden sich westlich der Kernstadt Friedrichshafen.

Auf der Ostseite des geplanten Filterstandorts für den Bodenfilter am RÜB 4 verläuft im Grenzbereich zum MTU-Betriebsgelände der verdolte Buchenbach Richtung Bodensee. Gemeinsam mit dem Buchenbachwasser wird auch die zu behandelnde Entlastungswassermenge des Regenüberlaufbeckens RÜB 4 vom Beckenstandort in der Dornierstraße zum Bodensee abgeleitet.

Nördlich des geplanten Beckenstandorts befindet sich eine Kleingartenkolonie mit einem schützenswerten Baumbestand. In einer Entfernung von ca. 100 m südlich des geplanten Beckenstandorts verläuft die Uferlinie des Bodensees. Dazwischen erstreckt sich das Freizeitgelände Fischbach mit einem für öffentliche Besucher frei zugänglichen Strandabschnitt, welcher in den Sommermonaten stark frequentiert ist. Die Freiflächen westlich des Baufeldes bilden ein Bolzplatz und der öffentliche Parkplatz für Besucher des Freizeitgeländes.

Die Zufahrt zur geplanten Regenwasserbehandlungsanlage erfolgt in südliche Richtung ab der Zeppelinstraße (ehemalige B 31) über die Zufahrt zur Tannenhag-Schule bis zum oben bereits angeführten Parkplatz für das Freizeitgelände Fischbach.

Das Baufeld umfasst eine Gesamtfläche von ca. 5.000 m². Das Gelände fällt zum Bodenseeufer mit einer durchschnittlichen Neigung von ca. 2,6 % hin ab.



Quelle: Geobasisdaten LGL BW

Abbildung 11: Topografie Siedlungsgebiet

5.2 Wasserschutzgebiet und Hochwassergefahrenkarte

Der geplante Filterstandort befindet sich außerhalb festgesetzter Wasserschutzzonen im näheren Umfeld des Bodenseeufers.

Auch von Überschwemmungsgebieten der Hochwassergefahrenkarten wird der geplante Filterstandort nicht tangiert.



Quelle: Daten- und Kartendienst LUBW

Abbildung 12: Hochwassergefahrenkarte

5.3 Schutzgebiete

In nachfolgender Abbildung 3 sind alle durch die LUBW erfassten, auch die aus dem Informationsverbund der kommunalen und staatlichen Umweltschutzstellen des Landes Baden-Württemberg und über den interaktiven Dienst abrufbaren Schutzgebiete, farblich dargestellt.

Der Standort des geplanten Bodenfilters mit nachgeschalteter Retentionsmulde zur Keimelimination befindet sich vollumfänglich im Landschaftsschutzgebiet „Württembergisches Bodenseeufer, Neufassung Teilbereich Friedrichshafen-West“ (Schutzgebietsnummer: 4.35.042). Weiterhin befindet sich südlich des Filterstandorts im Bereich des Bodenseeufer das FFH-Gebiet „Bodenseeufer westlich Friedrichshafen“ (Schutzgebietsnummer: 8322-341). Weiterhin kommen in der näheren Umgebung mit den „Feldgehölzen bei MTU-Immenstaad“ (Nr. 183224351908), der Hecke südlich Manzell (Nr. 18322435109), sowie der Flachwasserzone Seemoser

Horn bis Fischbach-West (Nr. 18322435111) geschützte Biotope nach dem Naturschutzgesetz (NatSchG) zum Liegen.



Quelle: Daten- und Kartendienst LUBW

Abbildung 13: Schutzgebiete

Schutzzweck des unmittelbar von der Baumaßnahme betroffenen Landschaftsschutzgebiets ist, gemäß dem im Kartendienst der LUBW hinterlegten Steckbrief, folgendes:

- die Sicherung der seenahen Freiflächen als Teile der wichtigen Vernetzungslinien zwischen Bodenseeufer und Hinterland sowie als wertvollen Grüngürtel entlang des Bodensees
- die Erhaltung der naturnahen Flächen mit Teilbereichen der Flachwasserzone und den vorhandenen Grünstrukturen, wie den Ufergehölzen des Seehags, den Röhrichtern, den Galeriewäldern entlang der Brunnisach und des Lipbachs, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen

- die Sicherung der unbebauten oder nur untergeordnet bebauten Freiflächen, wie den Villengärten, Parks, Kleingärten, den landwirtschaftlich genutzten Flächen vor einer weiteren baulichen Entwicklung, als wertvolle Grünstrukturen und Grünachsen in einem großteils städtisch geprägtem Umfeld
- die Bewahrung der Vielfalt, Eigenart und Schönheit des Landschaftsbildes mit seinem Wechsel zwischen intensiv genutzten Abschnitten, ruhigen naturnahen Bereichen und dem angrenzenden Bodensee;
- die Erhaltung des besonderen Wertes der stadtnahen und innerstädtischen Freiflächen für die naturverträgliche Erholung
- die Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes auf naturfernen Freiflächen zur langfristigen Beseitigung von Landschaftsschäden und zur Optimierung des Erholungswertes der Landschaft durch Sicherung der dafür erforderlichen und geeigneten Flächen
- die Bewahrung des natürlichen Entwicklungspotentials für zukünftige Generationen
- die Erhaltung des Strandwalls als geologische Besonderheit
- die Sicherung von Pufferflächen zum Naturschutzgebiet "Lipbачmündung"
- die Erhaltung des Gebietes von gemeinschaftlicher Bedeutung "Bodenseeufer von Überlingen bis Friedrichshafen" (Gebietsnummer 8321-301) mit seinen Lebensräumen und Arten als Teil des Europäischen ökologischen Netzes "Natura 2000" im Geltungsbereich dieser Verordnung

Im Landschaftspflegerischen Begleitplan wurden die verschiedenen Schutzgebiete und Biotoptypen durch das Büro 365° freiraum + umwelt, Überlingen, im Bestandsplan wie folgt kartiert.



Abbildung 14: Bestandsplan LBP

5.4 Vorfluter

Als Vorfluter für das im Bodenfilter behandelte Mischwasser dient der im Grenzbereich zum MTU-Gelände verdolte Buchenbach. Das Einzugsgebiet des Buchenbachs erstreckt sich zwischen dem östlichen Siedlungsrand von Fischbach und Manzell.

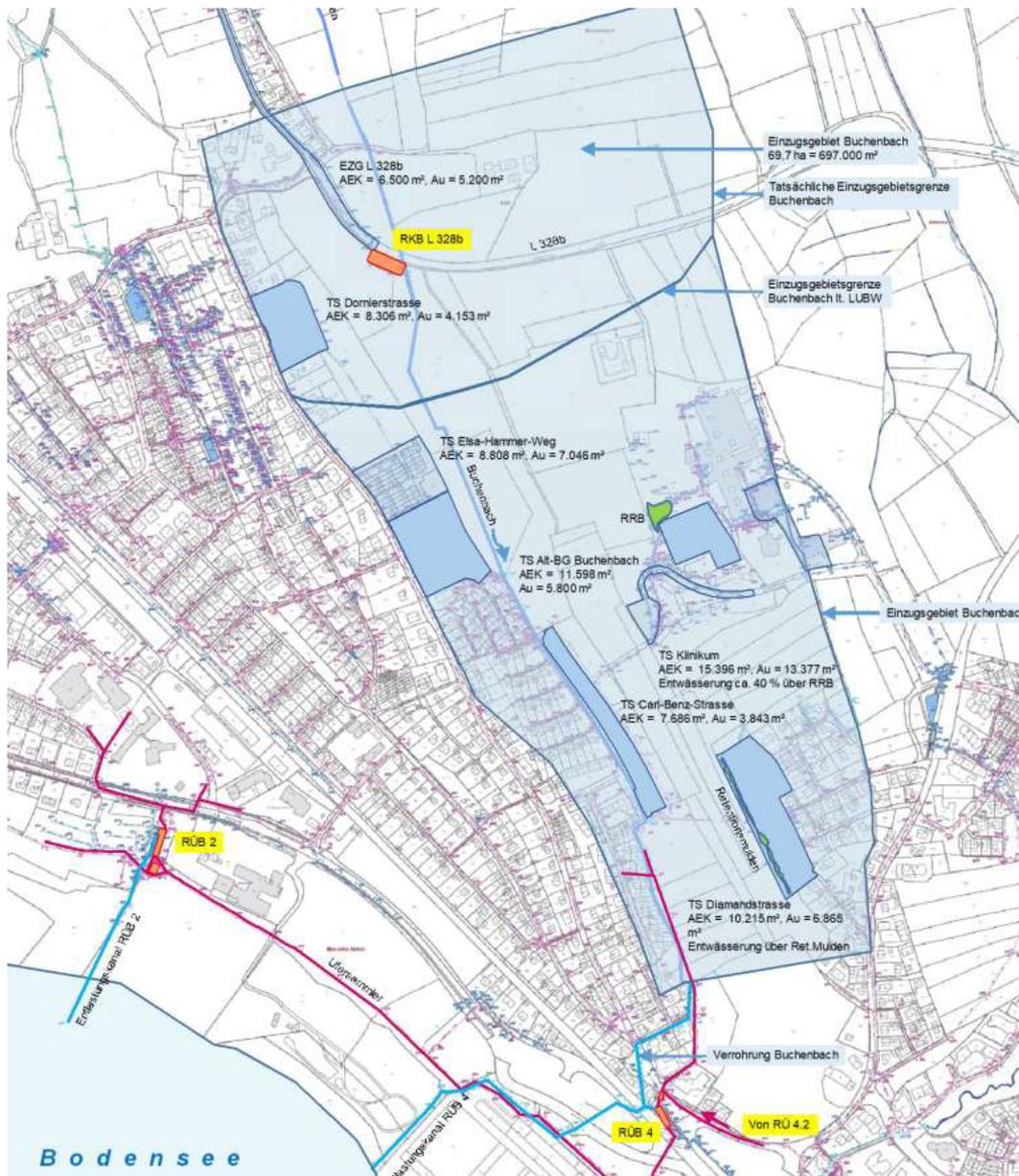


Abbildung 15: Einzugsgebiet Buchenbach

Die Größe des Einzugsgebiets des Buchenbachs beträgt ca. 69,7 ha.

Die Buchenbach-Verrohrung beginnt zunächst mit einer Nennweite von DN 400 und DN 800. Die Verdolungseinläufe in die Buchenbachverrohrung befinden sich ca. 150 m oberhalb der Vereinigung mit dem Entlastungskanal am Schachtbauwerk 60835088 in unmittelbarer Nähe zur Bahnlinie.

Nach Vereinigung mit dem Entlastungskanal DN 1200 des RÜB 4 am Schachtbauwerk 60835088, quert der Buchenbach die Bahnlinie auf einer Länge von

Stadt Friedrichshafen, Stadtbauamt, Abteilung Tiefbau

Neubau eines Retentionsbodenfilters beim RÜB 4 zur Keimelimination

Entwurfs- und Genehmigungsplanung

ca. 12,16 m in einem Rechteckrahmenkanal $b \times h = 1,22 \text{ m} \times 1,43 \text{ m}$. Anschließend fließt der Buchenbach bis zum Auslaufbauwerk in den Bodensee auf einer Gesamtlänge von ca. 465 m in Stahlbetonrohren DN 1500 - DN 1800. Die Kanaltrasse verläuft dabei zwischen den Schachtbauwerken 60250002 bis 60250008 über das Betriebsgelände der MTU.

Mit Hilfe eines im Sohlbereich des Entlastungskanals einzubringenden Reiling-Profiles, soll der Buchenbach entsprechend der wasserrechtlichen Erlaubnis vom 07.03.2022 vor dem Bau des Retentionsbodenfilters vom Entlastungskanal getrennt werden.



Abbildung 16: Auslaufbauwerk Buchenbach in den Bodensee

5.5 Bestehendes Kanalnetz

Nördlich des geplanten Filterstandorts verläuft der Ufersammler DN 1100 innerhalb der Kleingartenanlagen in östliche Fließrichtung über das MTU-Gelände und weiter Richtung Klärwerk Friedrichshafen. Der Ufersammler führt dabei u.a. auch die Drosselwassermenge des Regenüberlaufbeckens 2 ab. Auch der Mischwasserkanal DN 250 aus der Magnusstraße bindet im Bereich der Kleingartenanlage in unmittelbarer Nähe zum Baufeld an den Ufersammler DN 1100 an.

Ein aus nördlicher Richtung von der Magnusstraße kommender Regenwasserkanal DN 200/300, der innerhalb der Kleingartenanlage teilweise im offenen Graben geführt wird, kann bei Bedarf zur weitergehenden Regenwasserbehandlung an die Beschickungsrinne des Filters angeschlossen werden oder verbleibt als offenen Auslauf zur Bewässerung der umliegenden Baumstrukturen.

Die Buchenbachverdolung verläuft, wie bereits beschrieben, östlich des Filterstandorts im Grenzbereich des MTU-Betriebsgeländes in Rohrleitungen DN 1600 in Richtung Bodensee. Das Filtrat des Bodenfilters und der nachgeschalteten Retentionsmulde, sowie die Entlastungswassermenge von Filter und Mulde, werden durch bauliche Maßnahmen wieder an die Buchenbachverdolung angeschlossen.

6 Bemessungsgrundlagen Einzugsgebiet RÜB 4

6.1 Flächenansatz Machbarkeitsstudie

Die Bemessung der RW-Behandlungsanlagen bzw. des Retentionsbodenfilters am RÜB 2 in der Machbarkeitsstudie von 2016 erfolgte auf Basis gemessener Entlastungsereignisse im Regenüberlaufbecken RÜB 2. Die Einzugsgebietsfläche des RÜB 2 wurde lediglich nachrichtlich verwendet. Das Bemessungsergebnis wurde auf die angenommene Einzugsgebietsfläche umgerechnet und flächenproportional auf das Einzugsgebiet des RÜB 4 übertragen, da hier keine entsprechenden Wassermengennmessungen vorlagen.

Die in der Machbarkeitsstudie angenommenen Einzugsgebietsgrößen betragen auf Basis alter Berechnungen des Büro Schlegels beim RÜB 2 20,53 ha und beim RÜB 4 21,26 ha.

6.2 Flächenansatz Entwurfs- und Genehmigungsplanung 2020/22

Im Rahmen einer Niederschlag-/Abfluss-Simulation sind die Einzugsgebietsgrößen eine bestimmende Größe zur Bemessung von Regenwasserbehandlungsanlagen. Es ergibt sich das Erfordernis, die Bemessung des Retentionsbodenfilter in der Entwurfs-/Genehmigungsplanung mit einer Niederschlag-/Abfluss-Simulation durchzuführen, um im Einzugsgebiet des jeweiligen Beckens auch Nachverdichtungen und Prognoseflächen berücksichtigen zu können.

Die Bestimmung der Einzugsgebietsgrößen war nicht Bestandteil der vorliegenden Entwurfs-/Genehmigungsplanung. Diese wurden der aktuell in der Aufstellung befindlichen Schmutzfrachtberechnung 2020/22 der Pirker + Pfeiffer Ingenieure, Münsingen, entnommen. Die Datengrundlage hierfür bildeten u. a. die detaillierten Angaben der Erhebung für die gesplittete Abwassergebühr (GAG).

In den nachfolgenden Tabellen sind die mit Pirker + Pfeiffer Ingenieure abgestimmten Einzugsgebietsdaten zur Bemessung des Bodenfilters für die Nachbehandlung der Entlastungswassermengen am RÜB 4 dargestellt.

Entsprechend dem neu eingeführten DWA-Arbeitsblatt DWA A-102-2/BWK-3-2 vom Dezember 2020 ist die Bezugsgröße für die Berechnung von Abflussgrößen, wie z. B. dem gesamten Regenabflussvolumen V_R , sowie für die Bilanzierung des Stoffaustrages, die an das Entwässerungssystem (Kanalisation, Behandlungsanlage) angeschlossene befestigte Fläche $A_{b,a}$.

Die Schmutzfrachtberechnung des Büros Pirker + Pfeiffer Ingenieure, Münsingen, erfolgte in Absprache mit dem Landratsamt Bodenseekreis noch nach dem ursprünglich geltenden DWA-Arbeitsblatt A 128, welches zwischenzeitlich durch das o. a. Arbeitsblatt DWA A-102-2/BWK-3-2 ersetzt wurde. Hier wurde daher noch mit der undurchlässigen Fläche unter Berücksichtigung des Abflussbeiwerts gerechnet. Dadurch bedingt können die Flächenansätze in den beiden Schmutzfrachtmodellen voneinander abweichen.

Die Bemessung von Retentionsbodenfilteranlagen erfolgt nach Einführung des DWA-Arbeitsblattes A 178 nach der AFS63-Filterflächenbelastung. Um künftig einen unterlastigen Betrieb zu verhindern, sollte dieser Wert zwischen 4 und 7 kg AFS63/(m² x a) betragen.

Für die vollversiegelten Straßenflächen im Einzugsgebiet des RÜB 4 ist hauptsächlich mit einem mäßigen flächenspezifischen Stoffabtrag zu rechnen. Gemäß Tabelle A.1 im DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 werden die Straßen der Flächengruppe V2 mit der Belastungskategorie II zugeordnet. Es handelt sich um Verkehrsflächen mit mäßigem Kfz-Verkehr. Die zu berücksichtigende stoffliche Flächenbelastung beträgt hier 530 kg AFS_{fein}/(ha x a). Die Belastung von Hauptverkehrsstraßen könnte bei einer entsprechend hohen Verkehrsbelastung auch zu einem starken flächenspezifischen Stoffabtrag, auf eine genaue Unterscheidung wurde an dieser Stelle jedoch verzichtet.

Dach- und Hofflächen sind hingegen der Belastungskategorie I mit einer geringen stofflichen Belastung von 280 AFS_{fein}/(ha x a) zu zuordnen.

Tabelle 4: Einzugsgebietsflächen RÜB 4

Lfd. Nr.	Einzugsgebiet	Gesamt-Einzugsgebietsfläche A _E ha	kanalisierte Einzugsgebietsfläche an RÜB 4 A _{E,k} ha	Befestigte angeschlossene Fläche A _{b,a} ha	Nicht befestigte Fläche A _{E,k,nb} ha	nicht an RÜB angeschlossene Einzugsgebietsfläche A _{E,k,b,na} ha	Flächenart	Entwässerungsverfahren	Stoffabtrag
									b _{R,a,AFS63} kg(ha x a)
1	Erweiterung Fischbach 3	0,44	0,00	0,00	0,00	0,44	befestigt / abflusswirksam	Trennsystem	478,00
							nicht abflusswirksam		0,00
2	TS Fischbach an RÜB 4	2,67	0,00	0,00	0,00	2,62	befestigt / abflusswirksam	Trennsystem	478,00
							nicht abflusswirksam		0,00
3	Fischbach an RÜB 4	5,42	4,71	2,06	0,01	0,71	befestigt / abflusswirksam	Mischsystem	280,00
				2,58			befestigt / abflusswirksam		530,00
				0,05			teilbefestigt		210,00
				0,00			unbefestigt		478,00
							unbefestigt		0,00
							nicht abflusswirksam		0,00
4	Klinikum Friedrichshafen	5,61	3,71	2,14	0,01	1,90	befestigt / abflusswirksam	Mischsystem	280,00
				1,49			befestigt / abflusswirksam		530,00
				0,00			teilbefestigt		210,00
				0,07			unbefestigt		478,00
							unbefestigt		0,00
							nicht abflusswirksam		0,00
5	Manzell 1 an RÜ 4.2	10,10	9,10	3,89	0,01	1,00	befestigt / abflusswirksam	Mischsystem	280,00
				5,04			befestigt / abflusswirksam		530,00
				0,04			teilbefestigt		210,00
				0,12			unbefestigt		478,00
							unbefestigt		0,00
							nicht abflusswirksam		0,00
6	Manzell 2 an RÜ 4.2	10,16	9,62	4,11	0,01	0,54	befestigt / abflusswirksam	Mischsystem	280,00
				5,33			befestigt / abflusswirksam		530,00
				0,05			teilbefestigt		210,00
				0,13			unbefestigt		478,00
							unbefestigt		0,00
							nicht abflusswirksam		0,00
11	Summe A _{E,i} [ha]	34,40	27,14	27,11	0,07	7,21			

Die aktuellen Angaben zu den Einzugsgebieten für das RÜB 4 weichen z. T. gravierend von den ursprünglichen Ansätzen in der Machbarkeitsstudie ab. So wurde die Einzugsgebietsgröße des RÜB 4 in der Machbarkeitsstudie von 2015 mit 21,26 ha angenommen, aktuell wurde die Größe der kanalisierten Einzugsgebietsfläche mit 27,14 ha berechnet, dies entspricht einem Zuwachs von 28 %. Naturgemäß hat diese Zunahme einen starken Einfluss auf die Retentionsbedingungen der Retentionsbodenfilter. Konkret führt dies dazu, dass der Ansatz in der Machbarkeitsstudie von einer Entlastung in 2 Jahren beim Retentionsbodenfilter beim RÜB 4, in Bezug auf die zur Verfügung stehenden Flächen, nicht mehr eingehalten werden kann. Auch im Hinblick auf die angeschlossene Einzugsgebietsgröße muss zu Lasten der Keimelimination eine größere Entlastungshäufigkeit in Kauf genommen werden. Statt wie ursprünglich angestrebt eine Entlastung in 2 Jahren, müssen nunmehr 5 Entlastungen pro Jahr in Kauf genommen werden.

7 Hydrologie

7.1 Hydrologische Berechnungen mit KOSIM

Das Niederschlags-/Abflussgeschehen im Planungsgebiet wurde mit dem Hydrologischen Modell KOSIM simuliert. Die Niederschlagsbelastung erfolgte mit der 30-jährigen synthetischen Regenreihe „Friedrichshafen 2020“ der LUBW-Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. Diese wurde der BIOPLAN Ingenieurgesellschaft mbH durch das Büro Pirker + Pfeiffer, Münsingen, überlassen, da mit dieser Regenreihe parallel zur Planung des Filters auch die Schmutzfrachtberechnung im Rahmen des GEP der Stadt erstellt wird.

Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt das hydrologische System für die Bemessung des Bodenfilters mit nachgeschalteter Retentionsmulde unter Berücksichtigung der abflusswirksamen Teilflächen für das Einzugsgebiet des Regenüberlaufbeckens RÜB 4 und der Flächenzusammenstellung in Tabelle 2 auf Seite 22. Das Modell basiert auf dem N-A-Modell der Schmutzfrachtberechnung aufgestellt durch das Büro Pirker + Pfeiffer, Münsingen für den Lastfall Planung.

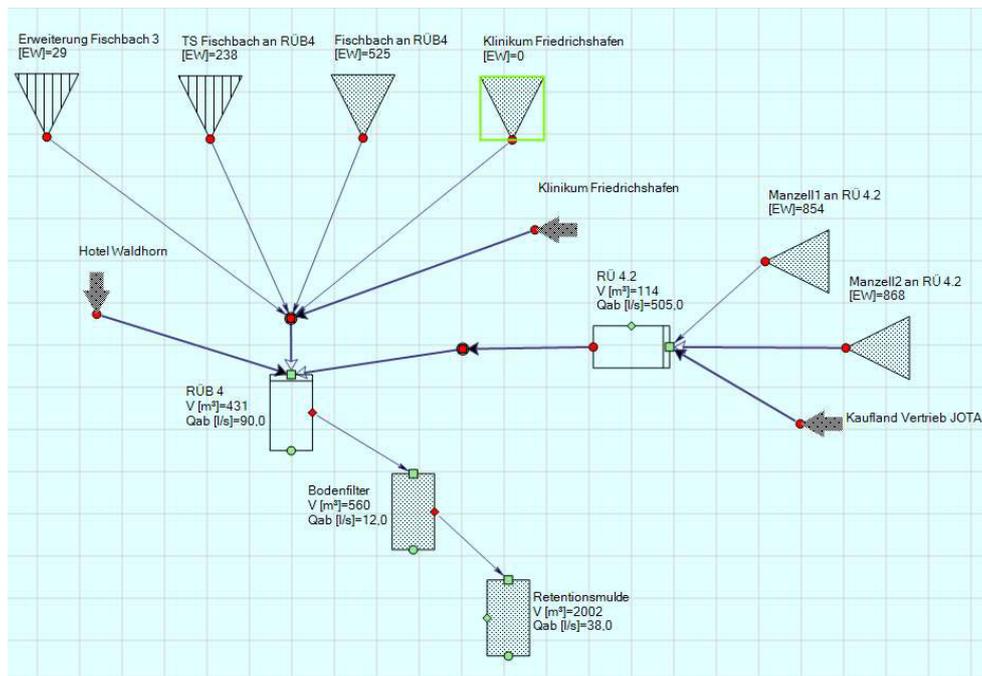


Abbildung 17: Skizze hydrologisches System (N-/A-Modell)

7.2 Hydrologische Bemessungsergebnisse

Die vollständige hydrologische Berechnung mit Belastung durch die 30-jährige synthetische Regenreihe „Friedrichshafen 2020“ der LUBW ist im Anhang B des Erläuterungsberichts dokumentiert.

7.2.1 Hydrologische Auslegung Regenwasserbehandlung/Retention

Gemäß Arbeitsblatt DWA-A 178 [6] wird zur Gewährleistung eines wartungsarmen Betriebs und zur Minimierung des Kolmationsrisikos bei Retentionsbodenfiltern im Trennsystem eine maximal zulässige AFS63-Filterflächenbelastung von $b_{\text{krit}} = 7 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \text{a})$ festgesetzt.

Zur weitergehenden Mischwasserbehandlung für das Regenüberlaufbecken ist der Bau eines Retentionsbodenfilters mit einer Filterfläche von ca. 400 m^2 und einem Drosselabfluss von 12 l/s geplant.

Gemäß den Ergebnissen in Tabelle 5 berechnet sich hierbei die AFS63-Filterflächenbelastung zu:

$$b_{\text{RBF}} = 2,20 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \text{a}) < 7,00 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \text{a})$$

Der einzuhaltende Mindestwert von $4,00 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \text{a})$ kann infolge der Sonderanwendung zur Keimelimination nicht eingehalten werden.

Eine Unterlast des Filters kann somit nicht ausgeschlossen werden. Infolge eines zu geringen Nährstoffangebots ist zu befürchten, dass sich kein üppiger Schilfbestand ausbilden kann und eine Verdrängung durch Konkurrenzbewuchs erfolgt. Der Filter sollte daher gegebenenfalls im Teileinstau betrieben werden. Der Teileinstau erfolgt im Anschluss an die vollständige Filterentleerung mittels Grundwasserentnahme.

Die Filterbelastung in der Retentionsmulde ist mit $1,01 \text{ kg AFS}/(\text{m}^2 \times \text{a})$ noch kleiner als im Retentionsbodenfilter. Hier erfolgt daher keine Schilfbepflanzung, sondern der Besatz mit Trockenheit liebenden Pflanzen.

Tabelle 5: Bemessungsergebnis RBF und RM

Regenwasserbehandlung							
Bodenfilter	Oberhalb DB	ja	Typ Bodenfilter	FFB			
	Vvorh	560 m²	VQzu	60.162 m³/a	ETA, hydr.	34,21 %	
	Einstauhöhe	2,25 m	VQDr	20.554 m³/a	Tein (T=1a)	33,83 h	
	QDr,max	12,00 l/s	VQue	39.579 m³/a	hF,m	51,4 m/a	
	n,ue	20,1 l/a	T,ue	58,7 h/a	hF,max	74,9 m/a	
	CSB	Abbauleistung	70,00 %	Mindestkonz.	0,00 mg/l	Flächenbel.	4,70 kg/m²/a
		Czu	88,7 mg/l	CDr	27,4 mg/l	Cue	87,3 mg/l
		SFzu	5.337 kg/a	SFDr	564 kg/a	SFue	3.456 kg/a
	AFS 63	Abbauleistung	95,00 %	Mindestkonz.	0,00 mg/l	Flächenbel.	2,20 kg/m²/a
		Czu	56,4 mg/l	CDr	2,9 mg/l	Cue	55,9 mg/l
		SFzu	3.391 kg/a	SFDr	59 kg/a	SFue	2.213 kg/a
						SFDr+SFue	2.272 kg/a
	Retentionsmulde	Oberhalb DB	ja	Typ Bodenfilter	FFB		
		Vvorh	2.002 m²	VQzu	40.620 m³/a	ETA, hydr.	75,95 %
Einstauhöhe		2,40 m	VQDr	30.780 m³/a	Tein (T=1a)	28,42 h	
QDr,max		38,00 l/s	VQue	9.768 m³/a	hF,m	24,4 m/a	
n,ue		4,9 l/a	T,ue	11,9 h/a	hF,max	39,3 m/a	
CSB		Abbauleistung	70,00 %	Mindestkonz.	0,00 mg/l	Flächenbel.	2,10 kg/m²/a
		Czu	85,1 mg/l	CDr	25,8 mg/l	Cue	82,9 mg/l
		SFzu	3.456 kg/a	SFDr	793 kg/a	SFue	810 kg/a
AFS 63		Abbauleistung	95,00 %	Mindestkonz.	0,00 mg/l	Flächenbel.	1,01 kg/m²/a
		Czu	54,5 mg/l	CDr	2,7 mg/l	Cue	53,8 mg/l
		SFzu	2.213 kg/a	SFDr	84 kg/a	SFue	526 kg/a
						SFDr+SFue	610 kg/a
Gesamt		Vvorh	2.562 m²	VQue	49.347 m³/a		
		CSB	Czu	87,3 mg/l	CDr	26,4 mg/l	Cue
	SFzu		8.793 kg/a	SFDr	1.357 kg/a	SFue	4.266 kg/a
						SFDr+SFue	5.623 kg/a
	AFS 63	Czu	55,6 mg/l	CDr	2,8 mg/l	Cue	55,5 mg/l
		SFzu	5.604 kg/a	SFDr	143 kg/a	SFue	2.739 kg/a
					SFDr+SFue	2.882 kg/a	

Vor Einführung des neuen Arbeitsblattes DWA-A 178 im Juni 2019, wurde ein Bodenfilter noch nach der Wasserlast bzw. der hydraulischen Filterbelastung bemessen. Es hat sich allerdings immer wieder gezeigt, dass bestehende Filteranlagen unterlastig betrieben wurden und es dadurch bedingt zu betrieblichen Problemen im Hinblick auf die Filtervegetation (fehlendes Nährstoffangebot) und Wühltierbefall gekommen ist. Mit der Einführung der Filterflächenbelastung wird der Filter nunmehr nach der Zulauffracht für AFS_{fein} bemessen. Dies führt zum Resultat, dass ein Filter mit einer wesentlich größeren Wasserlast betrieben werden kann. Die mittlere hydraulische Filterbelastung für den geplanten Bodenfilter beträgt im

vorliegenden Fall $h_{F,m} = 51,4$ m/a und entspricht früheren Bemessungsansätzen, wonach ein Filter im Mischsystem für eine Wasserlast von etwa 40 m/a zu bemessen war.

Der Retentionsraum oberhalb des Filterkörpers dient zur Zwischenspeicherung der, durch die Filtration zu behandelnden, Abflüsse. Weiterhin findet hier die Sedimentation bei einem Durchlauffilterbecken statt. Die nutzbare Einstauhöhe für den Retentionsraum wurde mit $h_{RR,RBF} = 1,00$ m bzw. $h_{RR,Rm} = 1,25$ gewählt. Gemäß Arbeitsblatt DWA-A 178 soll dieser Wert zwischen 0,3 m und 2,0 m liegen (s. a. Kapitel 6.1.4.3 im Arbeitsblatt DWA-A 178). Infolge des Einstaus in der Retentionsmulde bildet sich oberhalb des Bodenfilters zusätzlich eine Speicherlamelle von 0,25 m aus.

Der in Tabelle 3 angegebene Wert für die Einstauhöhe von 2,25 m bzw. 2,40 m setzt sich aus der nutzbaren Einstauhöhe für den Retentionsraum und der Filtermächtigkeit von 1,05 m bzw. 1,25 m, bestehend aus Filtersand und der Carbonatdecklage 2/5 mm im Bodenfilter bzw. einzubringende Substratschicht in der Retentionsmulde zusammen. Im Hinblick auf das Erfordernis einer Keimelimination wurde die Filtermächtigkeit auf Vorgaben der BIOPLAN-Landeskulturgesellschaft, Sinsheim-Steinsfurt, mit 1,00 m festgelegt.

Der Retentionsanspruch für die nachgeschaltete Retentionsmulde im Hinblick auf die angestrebte Keimelimination wurde im Rahmen des Abwägungsprozesses im Laufe der einzelnen Planungsschritte von ursprünglich mit $n = 0,5$ auf $n = 5$ reduziert. Zu Gunsten der Flächeninanspruchnahme im Landschaftsschutzgebiet wurde die zu Verfügung stehende Filterfläche für Bodenfilter und Retentionsmulde immer weiter reduziert. Bei einem zur Verfügung stehenden Volumen in der Retentionsmulde von ca. 2.025 m³ und einem gewählten Dränablauf von 38 l/s kommt es statistisch gesehen zu 4,9 Überlaufszenerarien pro Jahr. Das über den Beckenüberlauf der Retentionsmulde entlastete Wasser wird folglich nicht filtriert, wodurch die Möglichkeit besteht, dass auch weiterhin mit Keimen belastetes Wasser in den Bodensee eingetragen wird. Eine vollständige Elimination der Keime ist im Hinblick auf die gewählte Anlagenkonfiguration nicht realisierbar.

7.2.2 Nachweis der Wirksamkeit des Stoffrückhalts

Der Stoffeintrag in den Buchenbach resultiert aus den Drosselwassermengen von Retentionsbodenfilter und nachgeschalteter Retentionsmulde, sowie der Entlastungswassermenge der Retentionsmulde, sowie des Regenüberlaufbeckens RÜB 4. Die Ermittlung der resultierenden Stoffeinträge erfolgt für die befestigten Einzugsgebietsflächen des RÜB 4 ($A_{E,b}$ gemäß Tabelle 2 beträgt 8,34 ha in der Hauptsache bestehend aus den angeschlossenen Dach- und Hofflächen), ohne den Anteil der Flächen für den Regenüberlauf RÜ 4-2 in Manzell.

Der Nachweis zur Wirksamkeit des Stoffrückhalts kann wie folgt geführt werden. Die resultierende Belastung zum Stoffeintrag in den Entwässerungsgraben beträgt $80,2 \text{ kg/ha} \times a < 280 \text{ kg/ha} \times a$.

Tabelle 6: Nachweis Stoffrückhalt nach DWA-A 102-2/BWK-A 3-2

	Bodenfilter	Retentionsmulde	Gesamt
	[kg AFS/a]	[kg AFS/a]	[kg AFS/a]
Zulauf Fracht SF_{Zu}	3.391,0	2.213,0	
Fracht Drossel SF_{Dr}	59,0	84,0	
Fracht Überlauf $SF_{Ü}$		526,0	
Σ Frachtaustrag	59,0	610,0	669,0
	$\Sigma A_{E,b,RÜB4}$		8,34 ha
	Stoffeintrag $B_{R,e}$		80,2 kg AFS/ha x a

8 Hydraulische Nachweisführung RBF/RM

8.1 Vorstufe

Im Zulauf eines Retentionsbodenfilters der im Mischsystem betrieben wird bedarf es gemäß DWA-Arbeitsblatt A 178 „Retentionsbodenfilteranlagen“ einer Vorstufe. Regenbecken, die nach dem Arbeitsblatt A 128 dimensioniert und deren konstruktive Gestaltung den Vorgaben im Arbeitsblatt A 166 entspricht, sind grundsätzlich als Vorstufe für Retentionsbodenfilterbecken geeignet. Das Regenüberlaufbecken 4 dient folglich als Vorstufe für den Retentionsbodenfilter.

Im Beckenüberlauf des RÜB 4 wurde eine Feinsiebrechenanlage nachgerüstet. Die Rechenanlage wurde für eine Durchsatzleitung von 1.740 l/s bemessen. Nur bei Überschreitung des Bemessungswerts ist mit einem geringfügigen Anfall von Grob- und Schwimmstoffen auf dem Bodenfilter zu rechnen. Sand- und Geröllablagerungen setzen sich vor der Beckenüberlaufschwelle ab und verbleiben somit ebenfalls im Regenüberlaufbecken.

Für das Regenüberlaufbecken kann gemäß hydrologischer Berechnung eine Entlastungsrate von $e_0 = 31,84 \%$ angegeben werden. Der im Arbeitsblatt A 178, Kapitel 6.2.1.1, angeführte Höchstwert von 55 % wird nicht überschritten. Weiterhin ist sicherzustellen, dass der Filter nicht mit Unterlast betrieben wird. Im langjährigen Mittel ist zu gewährleisten, dass mehr als 10 Entlastungen pro Jahr über den Beckenüberlauf am RÜB 4 auf den Filter entlasten.

Tabelle 7: Nachberechnung RÜB 4 im N-A-Modell

RÜB 4	Typ	FBN	Q _{Dr,max}	90,0 l/s	te	1,4 h
	t _{f,max,kum}	12,4 min	V _{sp,kum}	20,2 m ³ /ha	Oberfl.besch.	- m/h
	A _{E,b}	8,34 ha	V _{min}	47 m ³	V _{vorh}	431 m ³
	A _{E,b,kum}	26,96 ha	V _{stat}	0 m ³	V _{Becken}	431 m ³
	Länge	22,00 m	n _{ue,d}	37,7 d/a	T _{ue}	99,0 h/a
	Breite	6,00 m	V _{Que}	59.832 m ³ /a	e ₀	31,84 %
	Tiefe	3,27 m	m _{min}	15,0 -	m _{vorh}	50,0 -
	CSB Absetzw.	0,0 %	C _{ue}	89,2 mg/l	SF _{ue,s,kum}	212 kg/ha/a
	AFS 63 Absetzw.	0,0 %	SF _{ue}	5.337 kg/a	SF _{ue,128}	5.337 kg/a
			C _{ue}	56,7 mg/l	SF _{ue,s,kum}	135 kg/ha/a
			SF _{ue}	3.391 kg/a		

$$e_{0,RÜB 4} = 31,84 \% < 55 \%$$

$$n_{ü,d} = 37,7 \text{ d/a} > 10 \text{ d/a}$$

8.2 Drosselwassermenge Retentionsbodenfilter/Retentionsmulde

Die Drosselung des Filterablaufs erfolgt jeweils durch 2 nass aufgestellte Tauchmotorpumpen im Ablauf- und Überlaufbauwerk (s.a. Unterlage 6, Blatt 2). Die beiden Pumpen arbeiten redundant. Im Hinblick auf das Ziel einer umfassenden Keimelimination ist die spezifische Drosselabflussspende auf Vorgaben der BIOPLAN-Landeskulturgesellschaft auf 0,03 l/(s x m² Filterfläche) zu begrenzen. Es sind entsprechend längere Verweilzeiten im Filter anzustreben.

Durch den Einbau einer Durchflussmessung in den Druckleitungen und mit Hilfe von Frequenzumrichtern sollten die Ablaufwassermengen von Filter und Retentionsmulde möglichst konstant gehalten werden. Auch eine nachträgliche Anpassung der Drosselwassermengen über das Bedienpanel der Schaltanlage sollte möglich sein.

Die Drosselwassermenge zur Bemessung des Retentionsbodenfilters wurde gemäß Tabelle 3 auf einen Wert von 12,0 l/s festgelegt.

Für den **Filter** ergibt sich eine spezifische Drosselabflussspende von:

$$\begin{aligned} q_{Dr,RBF} &= Q_{Dr,RBF} / A_{RBF} &= 12,0 \text{ l/s} / 400 \text{ m}^2 \\ & &= \underline{\underline{0,03 \text{ l/(s x m}^2)}} \end{aligned}$$

Die Drosselwassermenge in der nachgeschalteten **Retentionsmulde** wird mit 38,0 l/s gewählt:

$$\begin{aligned} q_{Dr,RM} &= Q_{Dr,RM} / A_{RM} &= 38,0 \text{ l/s} / 1.274 \text{ m}^2 \\ & &= \underline{\underline{0,03 \text{ l/(s x m}^2)}} \end{aligned}$$

Gemäß Kapitel 6.1.4.10 im Arbeitsblatt DWA-A 178 muss sichergestellt werden, dass bei Vollstau im Retentionsraum die spezifische Drosselabflussspende auf $q_{Dr,RBF}$ auf 0,05 l/(s x m²) begrenzt bleibt. Der Nachweis kann mit einer konstanten Drosselwassermenge von 12,0 l/s bzw. 38,0 l/s geführt werden.

Durch die Drosselung mit nass aufgestellten Tauchmotorpumpen wird es möglich sein, dass zunächst eine vollständige Bespannung des Filters

erfolgen kann. Die Pumpen schalten erst ein, wenn das Porenvolumen jeweils vollständig gefüllt ist. Es kommt zu einer Vergleichmäßigung der Filterflächenbelastung und einer besseren Verteilung der Sedimente auf der Filteroberfläche, wodurch sich auch längere Filterstandzeiten bis zum Abräumen der Sedimente auf der Filteroberfläche ergeben. Auch könnten bei Bedarf für verschiedene Stauziele unterschiedliche Drosselwassermengen programmiert bzw. eingestellt werden.

Die Ansteuerung der Entleerungspumpen im Bodenfilter und der Retentionsmulde erfolgt über die Drucksonde in der jeweiligen Filterdrainage. Der Bodenfilter ist im Anschluss an ein Regenereignis vollständig zu entleeren. Wird das Porenvolumen bei kleineren Ereignissen nicht vollständig gefüllt, beginnt durch Tendenzerkennung nach einer frei einstellbaren Absetzzeit das Abwirtschaften des Retentionsbodenfilters.

Die Retentionsmulde wird mit deutlich weniger mit Wasser beaufschlagt als der Bodenfilter. Um eine ausreichende Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen zu erreichen, soll der Filter im Teileinstau betrieben werden. Nach der vollständigen Entleerung der Filterdrainagen wird die Drainschicht aus einer 25 cm mächtigen Filterkies, Körnung 2/8 mm, durch eine Entnahme von Grundwasser wieder gefüllt.

8.3 Dimensionierung Druckleitungen

Gemäß Arbeitsblatt DWA-A 134 sollte die Strömungsgeschwindigkeit in der Förderleitung nicht unter 1,0 m/s betragen. Ablagerungen und damit verbunden Querschnittsverminderungen sind infolge der vollständigen Filtration allerdings nicht zu erwarten. Um zu hohe Reibungsverluste und damit verbunden höhere Betriebskosten zu vermeiden, sollte die Strömungsgeschwindigkeit weiterhin nicht über 2,5 m/s betragen.

Zur Entleerung von Bodenfilter und Retentionsmulde werden im Ein- und Ablaufbauwerk Druckleitungen DN 100 bzw. DN 200 verbaut. Weiterhin ist generell ein freier Kugeldurchgang von DN 100 zu gewährleisten.

$$Q = v \times A$$

Gewählte Druckleitung DN 100 bzw. DN 200 aus Edelstahl VA gefertigt.

$$D_{DL,RBF} = 100 \text{ mm}$$

$$v = Q/A$$

$$= 0,012 \text{ m}^3/\text{s}/(\pi \times 0,10 \text{ m} \times 0,10 \text{ m} / 4)$$

$$= \underline{\underline{1,53 \text{ m/s}}}$$

$$D_{DL,RM} = 150 \text{ mm}$$

$$v = Q/A$$

$$= 0,038 \text{ m}^3/\text{s}/(\pi \times 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} / 4)$$

$$= \underline{\underline{2,15 \text{ m/s}}}$$

8.4 Längsbeschickung Retentionsbodenfilter

Die Beschickungsrinne aus Stahlbeton dient zur Beschickung des Bodenfilters über seine Längsseite und wird mit einem Gefälle von ca. 1,1 Promille aus Stahlbeton hergestellt. Der Retentionsbodenfilter mit nachgeschalteter Retentionsmulde wird im Vollstrom beschickt. Nach Möglichkeit soll der gesamte Volumenstrom im Hinblick auf die weitergehende Mischwasserbehandlung und die Keimelimination in Filter und nachgeschalteter Retentionsmulde behandelt werden. Gemäß nachfolgender Abbildung 12 besitzt die Längsbeschickungsleitung bei Erreichen der Gabionenoberkante von 399,10 müNN eine Leistungsfähigkeit von ca. 2,24 m³/s.

Die Nachweisführung erfolgte mit dem Berechnungsverfahren nach Manning-Strickler als Einzelprofilberechnung mit dem Anwendungsprogramm FLUSS der Fa. Rehm. Der Rauheitsbeiwert für die Betonflächen der Beschickungsrinne wurde mit $k_{St} = 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ und für die seitlich begrenzende Gabione mit $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ gewählt. Der über die lose geschütteten Gabionenkörbe auftretende Wasserverlust wurde bei der Berechnung vernachlässigt.

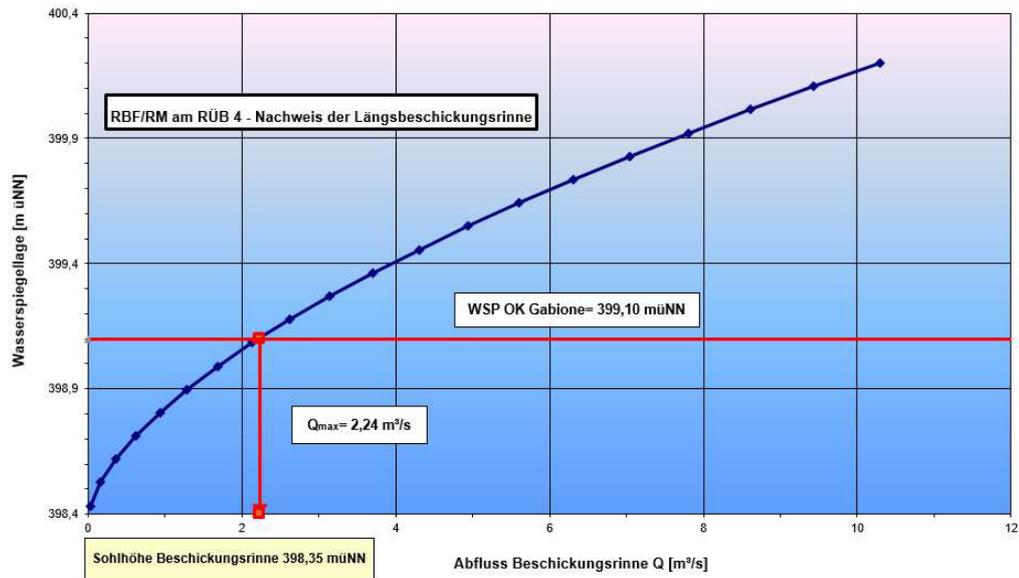


Abbildung 18: Leistungsfähigkeit Längsbeschickungsrinne

Der Beschickungsrinne kann eine ausreichende Leistungsfähigkeit unterstellt werden. Selbst bei außergewöhnlich starken Niederschlagsereignissen kommt es zu keiner Überströmung der Hinterwand (OK Beschickungsrinne 400,20 müNN). Bei Vollfüllung im Zulaufkanal kommt eine Wassermenge von $Q_{\max, DN1000} = 2.905 \text{ l/s}$ zum Abfluss (s. a. Kapitel 8.14 Nachweis Zulaufkanal DN 1000). Hier würde es zu einer geringfügigen Überströmung des Gabionenkorbs kommen. Entsprechend der hydraulischen Nachweisführung würde sich rechnerisch ein Wasserstand von 399,23 müNN einstellen. Die ausführliche Nachweisrechnung für die Längsbeschickungsrinne ist dem Anhang C des Erläuterungsberichts zu entnehmen.

8.5 Nachweis Dränagesystem Retentionsbodenfilter/Retentionsmulde

Dränagesystem RBF:

Filterablaufmenge (Q_{\max} , gedrosselt):	12,0 l/s
Wassereintrittsfläche Dränrohr	50 cm ² /m
Höhe Stauziel	399,25 m + NN
Höhe Filteroberkante	398,25 m + NN
Höhe Filtersohle	397,20 m + NN
Filterfläche	400 m ²
Mittlere Stauhöhe	1,10 m
Dränspende Sickerleitung	0,37 l/(s x m)
Erforderliche Dränrohrlänge	12,0 / 0,37= 32,4 m
Erforderlicher Dränrohrabstand	400 m ² / 32,4 m = 12,3 m
Gewählter Dränrohrabstand	<u>5,00 m</u>

Dränagesystem RM:

Filterablaufmenge (Q_{\max} , gedrosselt):	38,0 l/s
Wassereintrittsfläche Dränrohr	50 cm ² /m
Höhe Stauziel	399,50 m + NN
Höhe Filteroberkante	398,25 m + NN
Höhe Filtersohle	397,20 m + NN
Filterfläche	1.275 m ²
Mittlere Stauhöhe	1,20 m
Dränspende Sickerleitung	0,38 l/(s x m)
Erforderliche Dränrohrlänge	38,0 / 0,38= 100,0 m
Erforderlicher Dränrohrabstand	1.275 m ² / 100,0 m = 12,75 m
Gewählter Dränrohrabstand	<u>10,00 m</u>

8.6 Filterdurchsatzleistung Retentionsbodenfilter/Retentionsmulde

8.6.1 Retentionsbodenfilter

Die Berechnung der Versickerung wird nach folgender Formel durchgeführt (Darcy):

$$Q = k_f \cdot A \cdot \Delta h / d$$

$$VQ = Q \cdot t$$

Eingabeparameter des Filters

Filterfläche	A =	400,0 m ²
Durchlässigkeit des Filters (gesättigt)	k _f =	1,0E-04 m/s
Niveau OK Filterschicht	h _{F,OK} =	398,25 m + NN
Niveau UK Filterschicht	h _{F,UK} =	397,20 m + NN

Eingabeparameter für den Einstau

Niveau oberer WSP (Stauziel)	h _{WSP,o} =	399,25 m + NN
Niveau unterer WSP	h _{WSP,u} =	397,20 m + NN
Rechnerische Einstaudauer	t (für n = 1) =	33,8 h

Ergebnisse

Dicke der Filterschicht	d =	1,05 m
Standrohrspiegel-Gefälle	Δh =	2,05 m
Filtergeschwindigkeit (Darcy-Geschwindigkeit)	v _f =	0,195 mm/s 16,87 m/d
Filterdurchsatz	Q =	78 l/s 6747,4 m ³ /d
Filterdurchsatz-Volumen während Einstaudauer	VQ =	9502,6 m ³

Die Filterdurchsatzleistung beim Retentionsbodenfilter ist mit ca. 78 l/s deutlich größer als die maximale Drosselwassermenge von 12,0 l/s.

8.6.2 Retentionsmulde

Eingabeparameter der Retentionsmulde

Filterfläche	$A =$	1.275,0 m ²
Durchlässigkeit des Filters (gesättigt)	$k_f =$	1,0E-04 m/s
Niveau OK Filterschicht	$h_{F,OK} =$	398,25 m + NN
Niveau UK Filterschicht	$h_{F,UK} =$	397,10 m + NN

Eingabeparameter für den Einstau

Niveau oberer WSP (Stauziel)	$h_{WSP,o} =$	399,50 m + NN
Niveau unterer WSP	$h_{WSP,u} =$	397,10 m + NN
Rechnerische Einstaudauer	$t_{(für n = 1)} =$	28,0 h

Ergebnisse

Dicke der Filterschicht	$d =$	1,15 m
Standrohrspiegel-Gefälle	$\Delta h =$	2,40 m
Filtergeschwindigkeit (Darcy-Geschwindigkeit)	$v_f =$	0,209 mm/s 18,03 m/d
Filterdurchsatz	$Q =$	266 l/s 22989,9 m ³ /d
Filterdurchsatz-Volumen während Einstaudauer	$VQ =$	26821,6 m ³

Auch in der Retentionsmulde ergibt sich mit ca. 266 l/s eine größere Filterdurchsatzleistung als die maximale Drosselwassermenge von 38,0 l/s.

8.7 Nachweis der Auftriebssicherheit Retentionsbodenfilter

Auftriebssicherheit RBF

(bezogen auf qm Sohlfläche)

erf. Sicherheit = 1,10

kritischer GWS = 399,05 m+NN	Bemessungswasserstand gemäß Gutachten Kugel 399,87 müNN
Filter-OK = 398,25 m+NN	
Sohle = 397,05 m+NN	
Dichte Filtermat. = 18,00 kN/m ³	(für Lößlehm Homogenbereich B, Dichte 18 bis 21 kN/m ³)

Auftrieb: $V_{auf} = 2,00 \text{ m}$
 $F_{auf} = 19,62 \text{ kN}$

Abtrieb: $V_{ab} = 1,20 \text{ m}$
 $F_{ab} = 21,60 \text{ kN}$

Sicherheit: $\eta_{vorh} = F_{ab} / F_{auf} = 1,10 > 1,1 = \eta_{erf}$ Auftriebssicherheit gegeben

Der kritische Grundwasserstand für den Retentionsbodenfilter ergibt sich auf Höhenkote 399,05 müNN. Der Bemessungsgrundwasserstand wird im Kapitel 4 des Baugrund- und Bodengutachtens des Büros Kugel Schlegel Wunderer GbR mit 399,87 müNN angegeben, könnte aber demnach im Anschluss an längere Niederschlagsereignisse kurzzeitig auch noch höher liegen. Um ein Aufschwimmen des Filters zu verhindern wird im Gutachten der Einbau einer Sicherheitsdrainage empfohlen.

Auf Höhenkote 399,00 müNN werden Dränstränge DN 100 verlegt und an den Ablaufkanal DN 1000 angeschlossen. Sofern sich ein höherer Grundwasserspiegel einstellt, kommt es zu einer gezielten Ableitung von Grundwasser in den Ablaufkanal und weiter in den Buchenbach.

Darüber hinaus kann zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit in Abhängigkeit der vorherrschenden Grundwasserverhältnisse, welche im Grundwasserentnahmeschacht registriert werden, mit Hilfe der Grundwasserentnahmepumpe die Abdichtung über die Filterdrainage mit Wasser beschwert werden.

8.8 Volumennachweis Retentionsbodenfilter

Bei einer Einstautiefe von 1,00 m ergibt sich bei einer Filterfläche von 400 m² und einer Stauzielfläche von 529 m² ein Retentionsvolumen von 515 m³. Das anrechenbare Porenvolumen ergibt sich zu 63 m³. Die zusätzlich aktivierbare Speicherlamelle bei Erreichen des Volleinstaus in der Retentionsmulde verfügt über ein Volumen von ca. 134 m³.

Tabelle 8: Volumennachweis Retentionsbodenfilter

Volumenermittlung

Lfd. Nr.		m+NN	Einstautiefe m	Fläche m ²	ϕ Fläche m ²	Volumen m ³
	RBF					
1	Sohle RBF	398,25		400		
2	UK BSR	398,31	0,06	400	400	24
3	UK BSR	398,31		400		
4	OK BSR	398,36	0,05	502	451	23
5	OK BSR	398,36		502		
6	UK Überlaufschwelle RM	398,50	0,14	529	515	72
7	UK Überlaufschwelle RM	398,50		529		
8	Stauziel RBF	399,25	0,75	529	529	396
	Speicherlamelle RBF					
9	OK Drainschicht	399,25		529		
10	Sohle RBF	399,50	0,25	529	529	132
	Porenvolumen RBF (15 %)					
11	OK Drainschicht	397,20		400		
12	Sohle RBF	398,25	1,05	400	400	63
	Gesamt Speichervolumen RBF					592

Insgesamt ergibt sich folglich ein Retentionsvolumen von ca. 594 m³ über dem Bodenfilter.

8.9 Nachweis der Auftriebssicherheit Retentionsmulde

Auftriebssicherheit RM

(bezogen auf qm Sohlfläche)

erf. Sicherheit = 1,10

kritischer GWS = 399,11 m+NN Bemessungswasserstand gemäß Gutachten Kugel
399,87 müNN
 Filter-OK = 398,25 m+NN
 Sohle = 396,95 m+NN
 Dichte Filtermat. = 18,00 kN/m³
 (für Lößlehm Homogenbereich B, Dichte 18 bis 21 kN/m³)

Auftrieb: $V_{auf} = 2,16 \text{ m}$
 $F_{auf} = 21,19 \text{ kN}$

Abtrieb: $V_{ab} = 1,30 \text{ m}$
 $F_{ab} = 23,40 \text{ kN}$

Sicherheit: $n_{Vorh} = F_{ab} / F_{auf} = 1,10 > 1,1 = n_{erf}$ Auftriebssicherheit gegeben

Der kritische Grundwasserstand für die nachgeschaltete Retentionsmulde ergibt sich auf Höhenkote 399,11 müNN.

Die erforderliche Sicherheitsdrainage DN 100 wird hier auf Höhenkote 399,05 müNN verlegt und ebenfalls an den Ablaufkanal DN 1000 angeschlossen. Auch hier kann bei Erreichen eines kritischen Grundwasserstands eine Beschwerung der Retentionsmulde durch Zugabe von Grundwasser über den Entnahmeschacht in die Drainsauger organisiert werden.

8.10 Ermittlung des erforderlichen Rückhaltevolumens

Zur Ermittlung des erforderlichen Rückhaltevolumens wurde gemäß Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 117 eine Niederschlag-Abfluss-Langzeit-Simulation mit dem Programm „KOSIM“ durchgeführt.

Bei diesem Nachweisverfahren ist es möglich, die natürliche Abfolge von Niederschlagsereignissen und die mögliche Überlagerung von Füll- und Entleerungsvorgängen in Rückhalteräumen rechnerisch abzubilden. Bei o. g. Verfahren werden befestigte und nicht befestigte Flächen in ihrem

ereignisabhängigen Abflussverhalten simuliert. Das Volumen ist iterativ zu bestimmen, bis die geforderte Überschreitungshäufigkeit eintritt. Die Ergebnisse der Langzeitsimulation sind dabei nach gängigen empirischen Verfahren aufzutragen und auszuwerten. Zur Ermittlung der Beziehung zwischen Volumen und Häufigkeit sind für jedes Ereignis die Summen von Speicher- und Überlaufvolumen zu bilden und der Größe nach zu ordnen.

Die Bemessung des erforderlichen Rückhaltevolumens erfolgt in Abhängigkeit vom Drosselabfluss, der gewählten Überschreitungshäufigkeit von $n = 5$ (Ziel maximal 5 Überläufe pro Jahr) und der angeschlossenen, abflusswirksamen Fläche.

Mit dem zur Verfügung stehenden Speichervolumen von $V_{\text{erf, RRB}} = 2.025 \text{ m}^3$ ergeben sich unter Belastung der 30-jährigen Regenreihe statistisch gesehen 4,9 Überläufe im Jahr. (s. a. Tabelle 3 im Kapitel 7.2.1).

8.11 Stauziel Retentionsmulde

Die Stauzielhöhe für die Retentionsmulde wird auf 399,50 müNN festgelegt. Die Einstautiefe beträgt hier 1,25 m.

Die maximale Überlaufwassermenge für die Retentionsmulde wird in der hydrologischen Berechnung über den Simulationszeitraum von 30 Jahre mit $Q_{\text{ü,max}} = 2.064,8 \text{ l/s}$ angegeben.

Die Bemessung des Beckenüberlaufs erfolgt, im Hinblick auf die nur im begrenzten Umfang zur Verfügung stehenden Platzverhältnisse, für eine Überlaufwassermenge von:

$$Q_{\text{ü,BÜ}} = 2.064,8 \text{ l/s} - 825,0 \text{ l/s} = 1.239,8 \text{ l/s}$$

Die Differenzwassermenge von 825 l/s kann im Anschluss an die Füllung des Gesamtsystems im Zulaufbauwerk (s. Unterlage 6, Blatt 1) über die 2,75 m lange Federstauklappe FSK 300 als Notüberlauf (OK Schwelle 399,90 müNN) direkt in die Buchenbachverdolung DN 1600 abgeschlagen werden.

Das maximale Stauziel für die Retentionsmulde ergibt sich für diese Wassermenge mit der Wehrformel nach Poleni bei einer gewählten Wehrebreite von 3,50 m zu:

$$\text{Überfallhöhe } h_{\ddot{u}} = \left(\frac{3 \times Q}{2 \times u \times b \times \sqrt{2 \times g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{3 \times 1,240}{2 \times 0,55 \times 3,5 \times \sqrt{2 \times 9,81}} \right)^{2/3} = 0,36 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Max WSP, RM} &= \text{Stauziel} + h_{\ddot{u}, B\ddot{U}} \\ &= 399,50 \text{ m\ddot{u}NN} + 0,36 \text{ m} \\ &= 399,86 \text{ m\ddot{u}NN} \end{aligned}$$

Dies hätte zur Folge, dass unter Berücksichtigung der erforderlichen Freibordhöhe von 50 cm (s. a. Kapitel 8.12 Freibord) das umliegende Gelände von Retentionsmulde und Bodenfilter teilweise um mehr als 50 cm anzuschütten wäre. Daher kommt am Beckenüberlauf des Ein- und Ablaufbauwerks eine Gewichtsstauklappe zum Einbau. Diese ist in der Lage, den Wasserspiegel in der Retentionsmulde konstant auf Höhenkote 399,50 m\ddot{u}NN zu halten. Bei steigendem Wasserdruck öffnet die Stauklappe und es kommt zu einer Entlastung über die 3,50 m lange Überlaufschwelle in den Ablaufkanal DN 1000. Das Volumen der Retentionsmulde bleibt anrechenbar, das Gelände muss nicht angeschüttet werden.

8.12 Freibord

Gemäß DWA-Merkblatt M 176, Kapitel 5.3, soll die Mindestfreibordhöhe für mit Dichtungsbahnen abgedichtete Regenbecken zwischen 0,50 und 0,65 m (s. a. Tabelle 3 „Zusammenstellung der minimalen Freibordhöhen in m von Regenbecken als Erdbecken“ im Merkblatt 176) betragen.

Art der Abdichtung Teilhöhe des Freibords für	Regenbecken ungedichtet			Regenbecken mit mineralischer Abdichtung			Regenbecken mit Dichtungsbahnen als Abdichtung		
	RKB ¹⁾	RBF ¹⁾	RRB	RKB	RBF	RRB	RKB	RBF ²⁾	RRB
die Oberbodenschicht	-	-	0,10						
die Dichtungsschutzschicht	-	-	-	0,30			0,15 ³⁾ 0,30 ⁴⁾	0,15 ³⁾	0,15 ³⁾ 0,30 ⁴⁾
Sicherheitszuschlag	-	-	0,25						
minimale Freibordhöhe aus den Teilhöhen:	-	-	0,35	0,65			0,50 ³⁾ bis 0,65 ⁴⁾	0,50	0,50 ³⁾ bis 0,65 ⁴⁾
ANMERKUNGEN									
1) Art der Abdichtung bei diesen Regenbecken nicht zulässig.									
2) Geosynthetische Tondichtungsbahnen wurden wegen unzureichender Wurzelfestigkeit als nicht zulässig eingestuft.									
3) Höhe bei Kunststoffdichtungsbahnen.									
4) Höhe bei geosynthetischen Tondichtungsbahnen.									

Abbildung 19: Mindestfreibordhöhen von Regenbecken als Erdbecken

Bei Verwendung von Kunststoffdichtungsbahnen beträgt die Freibordhöhe 0,50 m. Die Mindesthöhe der Dammkrone muss folglich 399,50 müNN + 0,50 m = 400,00 müNN betragen.

Es wurde darauf aufbauend für die Retentionsmulde eine Freibordhöhe von 0,50 m gewählt.

$$\begin{aligned}
 OK_{\text{Damm, RRB}} &= H_{\text{max, Stauziel, RRB}} + H_{\text{Freibord}} \\
 &= 399,50 \text{ müNN} + 0,50 \text{ m} = \underline{\underline{400,00 \text{ müNN}}}
 \end{aligned}$$

8.13 Volumennachweis Regenrückhaltebecken

Das zur Verfügung stehende Retentionsvolumen in der Retentionsmulde ergibt sich aus der mittleren Einstautiefe, der Grundfläche des RRB und Oberfläche beim normalen Stauziel und beträgt, einschließlich dem anrechenbaren Porenvolumen des Filtersands von 15 %, ca. 2.025 m³.

Tabelle 9: Volumennachweis Retentionsmulde

Volumenermittlung RM

Lfd. Nr.		m+NN	Einstautiefe m	Fläche m ²	ϕ Fläche m ²	Volumen m ³
	RM					
1	Sohle RM	398,25		1.274		
2	Stauziel RM	399,50	1,25	1.615	1.444	1.805
	Porenvolumen M (15 %)					
3	OK Drainschicht	397,10		1.274		
4	Sohle RM	398,25	1,15	1.274	1.274	220
	Gesamt Speichervolumen RM					2.025

8.14 Nachweis Zulaufkanal DN 1100

Die maximale Beckenüberlaufwassermenge für das RÜB 4 wird in der Genehmigungsplanung zur Trennung des Buchenbachs von der Entlastungswassermenge des RÜB 4 mit $Q_{Bü,max} = 2.600$ l/s angegeben. Der Zulaufkanal DN 1000 verfügt gemäß nachfolgender Abbildung über eine maximale Leistungsfähigkeit von ca. 2.900 l/s. Die Entlastungswassermenge aus dem RÜB 4 kann somit zur weitergehenden Mischwasserbehandlung zum Retentionsbodenfilter abgeleitet werden.

Berechnung Q_{voll}	
Eingabe:	
d =	1100 mm
k =	1 mm
l =	0,83 %
=	0,0083
Zwischen-Ergebnis:	
A =	0,9503 m ²
k/d =	0,00091
Ergebnis:	
vorh Q =	2904,56 l/s

Abbildung 20: Leistungsfähigkeit Zulaufkanal DN 1100

8.15 Nachweis Ablaufkanal DN 1000

Der Ablaufkanal DN 1100 vom Ein- und Ablaufschachtbauwerk (Unterlage 6, Blatt 2) zum Vereinigungsschachtbauwerk (KS 60250010 neu, Unterlage 6, Blatt 3) verfügt bei einer Länge von 17,02 m ein Gefälle von 1,53 % auf. Es ergibt sich nach Tabelle 7 eine maximale Leistungsfähigkeit von ca. 3.070 l/s.

Berechnung Q_{voll}	
Eingabe:	
d =	1000 mm
k =	1 mm
l =	1,53 %
=	0,0153
Zwischen-Ergebnis:	
A =	0,7854 m ²
k/d =	0,00100
Ergebnis:	
vorh Q =	3071,83 l/s

Abbildung 21: Leistungsfähigkeit Ablaufkanal DN 1000

9 Beschreibung Anlagenkomponenten

9.1 Zuleitungsbauwerk zur Buchenbachtrennung

Das neue Zulaufbauwerk zum Retentionsbodenfilter am RÜB 4 dient in der Hauptsache dazu, die Entlastungswassermenge des RÜB 4 in den Zulauf des geplanten Retentionsbodenfilters und das bis zum Schachtbauwerk im Reliningprofil geführte Buchenbachwasser in die sich anschließende Rohrverdolung DN 1600 zum Bodensee abzuführen. Weiterhin besitzt das Schachtbauwerk die Funktion eines Notüberlaufs für den Retentionsbodenfilter und die nachgeschaltete Retentionsmulde.

Das Bauwerk besteht aus 3 Kammern. In der Zulaufkammer kommen die beiden Leitungsstränge aus der Reliningstrecke an. Die Entlastungswassermenge des RÜB 4 wird über die seitlich angelegte Überlaufschwelle ($l = 5,00$ m, Höhenkote 399,40 müNN) in den geplanten Zulaufkanal DN 1100 zum Bodenfilter abgeschlagen. Das Reliningprofil wird zunächst noch geschlossen durch die Zulaufkammer geführt und im Anschluss an die Notüberlaufschwelle für den Bodenfilter ($l = 2,75$ m, Höhenkote 399,90 müNN) in die bestehende Rohrverdolung DN 1600 zum Bodensee abgeleitet.

Um den Wasserstand im Fall einer Notentlastung weiterhin konstant zu halten und keine Überflutung im Bereich des Freizeitgeländes zu erzeugen, erfolgt im Bereich der Notentlastungsschwelle ebenfalls der Einbau einer 2,75 m langen Gewichtsstauklappe.

Aufgrund der überhöhten Ausbildung des Reliningprofils kann eine Restwassermenge des RÜB-Überlaufs nicht im Freispiegel in die Entlastungskammer zum Bodenfilter abfließen und wird mit Hilfe einer Kellerentwässerungspumpe und entsprechend programmierter Nachlaufzeit über das Relingprofil in die Entlastungskammer gehoben. Um im Revisionsfall das GFK-Profil im Zulauf mechanisch nicht zu beanspruchen, werden entsprechende Gitterrostabdeckungen und Geländer zur Abschränkung gegenüber dem GFK-Profil innerhalb der Zulaufkammer installiert.

Sämtliche Bauwerkskammern erhalten Einstiegsmöglichkeiten mit Steigbügel aus Edelstahl (kunststoffummantelt). Zu- und Ablaufkammer der Buchenbachverdolung erhalten eine überfahrbare Gitterrostabdeckung (SLW 30).

Für Wartungsarbeiten am Bodenfilter und der Retentionsmulde, sowie zur Beherrschung des Havariefalls erfolgt am Ablaufkanal DN 1100 zum Bodenfilter der Einbau eines Schiebers DN 1100, welcher bei Bedarf mittels Vierkantschoner Vorort geschlossen werden kann.

Eine Wasserstandsmessung (Radarsensor) überwacht die Überlauftätigkeit im Schachtbauwerk.

9.2 Zu- und Ablaufkanäle

Die Zu- und Ablaufkanalisation zum Bodenfilter mit nach geschalteter Retentionsmulde verfügt über Nennweiten DN 1100 bzw. DN 1000. Die Leitungen werden als Stahlbetonrohrleitungen ausgeführt.

Da es sich um Regenwasserkanäle handelt, wird auf den Einbau von zusätzlichen Schachtbauwerken im Bereich von Richtungsänderungen verzichtet. Stattdessen werden entsprechende Krümmerformstücke verbaut. Die Einbindung der Rohrleitungen in die geplanten Schachtbauwerke erfolgt jeweils als gelenkiger Anschluss.

Der Zulaufkanal DN 1100 zwischen dem Zulaufbauwerk und der Besichtigungsrinne des Bodenfilters verfügt über eine Länge von ca. 47,0 m und ein Leitungsgefälle von 0,87 %. Der Ablaufkanal verbindet das Ein- und Ablaufbauwerk mit einem neu zu erstellenden Vereinigungsschacht (KS 60250010 neu) innerhalb der Leitungstrasse der bestehenden Buchenbachverdolung DN 1600. Der Ablaufkanal verfügt über eine Länge von ca. 17,0 m und ein Leitungsgefälle von 1,53 %. Der Ablaufkanal führt sowohl das Filtrat von Bodenfilter und Retentionsmulde als auch die Entlastungswassermenge der Regenwasserbehandlung bei Überschreitung des Stauziels der Buchenbachverdolung zu. Die Leitungsdeckung, insbesondere des Zulaufkanals, beträgt teilweise nur 50 cm.

Der neue Vereinigungsschacht (KS 60250010 neu) verfügt über eine Sohlentiefe von 2,5 m und wird ebenfalls in Stahlbeton als Rechteckschachtbauwerk hergestellt. Der Schacht ist vorzugsweise als Fertigteilschacht zu liefern.

9.3 Retentionsbodenfilter

Im geplanten Retentionsbodenfilterbecken erfolgt eine Langsandsandfiltration, die einen **nahezu vollständigen Rückhalt von Feststoffen** und **den daran gebundenen Schadstoffen** auf der Bodenfilteroberfläche erlaubt. Begleitend hierzu finden an und in den Biofilmen, der auf der Filteroberfläche abgeschiedenen Sedimenten und der oberen Filterschichten, Sorptions- und Umbauprozesse statt, **die gelöste Abwasserinhaltsstoffe (CSB, NH₄-N) mit hohem Wirkungsgrad zurückhalten bzw. abbauen.**

Mit Hilfe einer speziellen Filtersandrezeptur soll zudem eine möglichst hohe Keimeliminationsrate erzielt werden. Durch die BIOPLAN-Landeskulturgesellschaft werden hierzu, begleitend zur Entwurfs- und Genehmigungsplanung, über einen Zeitraum 6 Monaten Säulenversuche durchgeführt. Es sollen dabei insgesamt 4 Säulen mit Mischwasser beschickt werden. Das Mischwasser wird aus 1 Teil Schmutzwasser und 4 Teilen Leitungswasser hergestellt. Während der halbjährigen Versuchszeit sollen 40 Beschickungen (2 x pro Woche) mit einer hydraulischen Filterbelastung von 0,60 m³/m² vorgenommen werden. Die Filtermächtigkeit der Säulen beträgt 0,75 m. Die 4 Säulenvarianten unterscheiden sich in der Kornzusammensetzung bzw. der hydraulischen Ausgangsleitfähigkeit. Pro Woche werden 5 Wasserproben auf E.coli, Lf, CSB, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N und die hydraulische Filterleistung untersucht, um die für die Sonderanwendung der Keimelimination bestmögliche Filterrezeptur zu ermitteln.

Der Bodenfilter wird vom Zulaufbauwerk aus im Anschluss an den Zulaufkanal DN 1100 über eine Beschickungsrinne von der Längsseite aus beaufschlagt. Bei der Längsbeschickung ergibt sich nach wissenschaftlichen Erkenntnissen eine günstigere, gleichmäßigere Filterbelastung und damit

auch eine längere **Lebensdauer bzw. Standzeit für den Bodenfilter ein, bevor die sich ablagernden Sedimente abgeräumt werden müssen.**

Von der ca. 45 m langen und 1,75 m breiten Beschickungsrinne wird der Regenabfluss über eine Gabione 75 x 75 cm auf den Bodenfilter gleichmäßig verteilt. Wird eine Einstauhöhe von 1,00 m bzw. das Stauziel von 399,25 müNN erreicht, erfolgt die planmäßige Entlastung in die nachgeschaltete Retentionsmulde. Gemäß Tabelle 3 gibt es rechnerisch 20,1 Entlastungen pro Jahr. Der Überlaufbereich zum Regenrückhaltebecken wird ablaufseitig mit einer ca. 40 cm mächtigen Steinschüttung aus Wasserbausteinen LMB 5/40 gesichert, um Erosionen zu vermeiden. Als Überlaufschwelle dient eine Wehrschwelle, die zu- und ablaufseitig mit einem Gabionenkorb 75 x 75 cm verblendet wird.

Der 400 m² große Bodenfilter verfügt über einen Aufbau aus insgesamt drei Schichten. Die obere Filterschicht wird zwecks Strukturierung der Sedimente aus einer 5 cm dicken Kalksplittschicht, Körnung 2/5 mm hergestellt. Darunter liegt die 100 cm dicke Filterschicht, deren Zusammensetzung anhand von Säulenversuchen noch zu bestimmen ist. Zuunterst liegt, über der 2 mm dicken Abdichtung aus PE-HD, die in einer 15 - 20 cm dicken Filterkiesschicht, Körnung 2/8 mm gebettete Dränage DN 150, die das Filtrat aus dem Bodenfilter herausleitet. Die Dränage wird zur Verhinderung des Einwuchses von Schilfwurzeln mittels einem PE-Folienstreifen abgedeckt. Die Dränsauger DN 150 werden vor dem Ablaufschacht mittig des Filterkörpers zusammengefasst und über eine Sammelleitung DN 200 in das Pumpwerk zur Filterentleerung abgeleitet.

Die Dränsauger und -sammler sind auf der Nord- und der Ostseite des Bodenfilters über insgesamt 3 wasserdichte Dränkontrollschächte DN 1000 inspizierbar. Auf der Südseite werden die beiden Dränsauger an der Außenwand des Ein- und Ablaufbauwerks und jeweils 2 Bogenformstücke zur Schachtoberkante geführt und mit Hilfe von zwei Blindflanschen verschlossen. Durch Öffnung der Flanschverbindungen kann auch hier eine Inspektion erfolgen.

Die Kunststoffdichtungsbahn dient der Abdichtung gegen den Untergrund und wird beidseitig gegen mechanische Beschädigung durch ein Geotextilvlies geschützt. Im Bereich der Beschickungsrinne und den umlaufenden Einfassungswänden sowie der Überlaufschwelle erfolgt die Fixierung der Dichtungsbahnen mittels Klemmflanschen.

Zur Sicherung des Bodenfilters gegen Auftrieb wird auf Höhenkote 399,05 müNN eine Sickerdrainage DN 100 verlegt. Kommt es zu einem Grundwasseranstieg auf Höhe des für den abgedichteten Bodenfilter kritischen Grundwasserhorizonts, erfolgt eine gezielte Ableitung von Grundwasser über einen Anschluss an den Ablaufkanal DN 1000 zum Buchenbach. In gleicher Weise erfolgt auch die Auftriebssicherung der Retentionsmulde. Die Sicherungsdrainage wird ablaufseitig auf Höhenkote 399,00 müNN verlegt. Die Sicherungsdrainagen sind über Dränkontrollschächte DN 400 am Ende der jeweiligen Leitungen inspizier- und kontrollierbar.

Im RBF-Ablaufbauwerk wird der Dränablauf auf 12,0 l/s ($0,030 \text{ l}/(\text{s} \times \text{m}^2)$) durch zwei nass aufgestellte Tauchmotorpumpen gedrosselt. Die Pumpen arbeiten redundant zueinander. Um möglichst gleichbleibende Verhältnisse im Hinblick auf die angestrebte Keimelimination zu erhalten, sollte die Drosselwassermenge durch den Einsatz von Frequenzumrichter und einer MID-Ablaufmessung in der Druckleitung möglichst konstant gehalten werden.

Die Entleerungspumpen werden erst nach Erreichen eines Wasserstands in Höhe der Bodenfilteroberfläche aktiviert. Dadurch wird ein möglichst schneller Einstau erreicht, um eine gleichmäßige Filterflächenbelastung zu erzielen. Nach dem Regenereignis ist der Bodenfilter, aufgrund seiner Betriebsweise im Mischsystem, vollständig zu entleeren. Damit für die Pflanzen, insbesondere bei langen Trockenzeiten in den Sommermonaten, ein ausreichend großes Wasserangebot zur Verfügung steht, kann die Dränkiesschicht 2/8 mm durch Nachspeisung mit Grundwasser auch im Teileinstau betrieben werden.

Wie bereits angesprochen, wird ein Retentionsbodenfilter mit Schilf (*Phragmites communis*) bepflanzt. Die Filtervegetation dient dem Kolmattonsschutz und gewährleistet durch den Bestandsabfall den Aufbau einer Sekundärfilterschicht. Es werden 8 Schilfpflanzen je Quadratmeter Filterfläche gepflanzt. Dabei sind vorkultivierte Pflanzen (1 - 2 Jahre) einzusetzen. In der Etablierungsphase (in der Regel erste Vegetationsperiode) muss eine ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung gewährleistet werden. Hier kann über den Grundwasserentnahmebrunnen eine bedarfsgerechte Bewässerung erfolgen. Erst danach kann der Retentionsbodenfilter durch Entfernen einer provisorischen Abmauerung im Zulaufbauwerk in Betrieb genommen werden.

Die Entlastungstätigkeit des Retentionsbodenfilters wird durch eine Wasserstandssonde erfasst. In Verbindung mit der Druckmessung in der Filterdränage (Einbau Ablaufschacht der Dränsammelleitung DN 200) können auch die Betriebsleitfähigkeit des Filterkörpers überprüft und Rückschlüsse auf seine Durchlässigkeit gezogen werden.

9.4 Retentionsmulde

Im Anschluss an das Überlaufwehr des Retentionsbodenfilters wird im Hinblick auf eine möglichst hohe Eliminationsrate für Keime ein weiterer Behandlungsschritt in der Retentionsmulde erforderlich. Auch hier wird das anfallende Wasser einer Langsamsandfiltration unterzogen. Im Zuge des Planungsprozesses wurde der Anspruch einer möglichst vollständigen Behandlung der Überlaufwassermenge aus dem RÜB 4 im Hinblick auf die Reduzierung der Eingriffe in das Landschaftsschutzgebiet auf eine maximal zulässige Überlaufhäufigkeit von 5 Ereignissen pro Jahr reduziert.

Laut der hydrologischen Bemessung ist ein Gesamt-Retentionsvolumen in der nachgeschalteten Mulde von ca. 2.025 m³ erforderlich. Dieses wird durch das oberirdische Teilvolumen von 1.805 m³ bis zum Erreichen des Stauziels von 399,50 müNN und dem anrechenbaren Porenvolumen des Filtersandes in Höhe von 220 m³ (nach DWA-A 178 sind 15 % anrechenbar)

bereitgestellt. Das Stauziel der Retentionsmulde liegt 25 cm über der Überlaufschwelle des Bodenfilters, so dass bei einer Vollfüllung in der Retentionsmulde eine zusätzliche Speicherlamelle über dem RBF von 132 m³ aktiviert wird.

Die Retentionsmulde selbst verfügt über eine Grundfläche von ca. 1.274 m², die Oberkante des Filters wird hier ebenfalls auf 398,25 müNN festgelegt, so dass sich eine Einstautiefe von 1,25 m ergibt. Die Böschungsneigungen der Retentionsmulde werden umlaufend mit $n = 1 : 3$ angelegt. Um einen ausreichend großen Abstand zur besonders schützenswerten Baumstruktur im nördlichen Bereich der Retentionsmulde zu erreichen, wird auf einer Länge von ca. 20 m eine dreilagige Gabionenwand, Steingröße 0,75 m x 0,75 m errichtet, um die Böschung abzufangen und den Wurzelbereich schützen zu können (siehe Unterlage 4, Blatt 3).

Der Aufbau der Filterschicht für die Retentionsmulde ist ähnlich dem im Retentionsbodenfilter. Um die Retentionsmulde bewirtschaften zu können, wird die obere Filterschicht hier aus einer 10 cm dicken Kalksplittschicht, Körnung 2/5 mm hergestellt. Darüber kann eine humose Substratschicht von maximal 5 cm Stärke zur Aussaat trockenliebender Pflanzen aufgebracht werden. Der Einbau einer mindestens 15 cm mächtigen Oberbodenschicht zur Etablierung einer Fettwiese wird hingegen nicht möglich sein, da ansonsten die Gefahr des Versinkens bestehen würde. Unter der Decklage liegt auch hier die 100 cm mächtige Filterschicht. Sie verfügt über die gleichen Anforderungen wie im Bodenfilter. Zuunterst liegt wiederum, über der 2 mm dicken Abdichtung aus PE-HD, die in einer 15-20 cm dicken Filterkiesschicht, Körnung 2/8 mm gebettete Dränage DN 150, die das Filtrat aus der Retentionsmulde herausleitet. Der Abstand zwischen den Dränsaugern beträgt 10 m. Zur Verhinderung des Einwuchses von Schilfwurzeln werden die Dränsauger auch hier mittels einem PE-Folienstreifen abgedeckt. Die Dränsauger DN 150 verlaufen in Richtung Überfallwehr zwischen RBF und Retentionsmulde und werden mit der parallel zum Überlaufwehr verlaufenden Sammelleitung DN 200 zusammengeführt und in das Pumpwerk zur Entleerung der Retentionsmulde abgeleitet.

Dränsauger und der Dränsammler DN 200 der Retentionsmulde sind über insgesamt 5 Kontrollschächte inspizierbar.

Zum Schutz der Abdichtung gegen mechanischen Verschleiß erfolgt wiederum beidseitig die Verlegung eines Geotextilvlies. Im Bereich des südlich verlaufenden Bewirtschaftungswegs erfolgt die Verwahrung der Abdichtung in einem Einbindegraben. Entlang der Fundamentplatte des Überlaufwehrs, welches beidseitig mit einem Gabionenkorb verblendet wird, erfolgt ebenfalls eine Fixierung mittels Klemmschiene.

Der Filterablauf in der Retentionsmulde wird auf $Q_d = 38 \text{ l/s}$ (Drosselspende entspricht $0,03 \text{ l/s} \times A_{RM}$) gedrosselt. Der Dränsammler endet im Pumpwerk zur Entleerung der Retentionsmulde. Auch hier werden nass aufgestellte Tauchmotorpumpen mit Frequenzumrichter installiert, um die Drosselung möglichst konstant zu halten.

Die Auftriebssicherung für die Retentionsmulde erfolgt wie bereits erwähnt mit einer Sickerdrainage DN 100 im parallel verlaufenden Bewirtschaftungsweg auf Höhenkote 399,00 müNN.

Zur Förderung einer üppigen Wiesenvegetation soll auch in der Retentionsmulde die Möglichkeit bestehen, einen Dauerstau in den unteren 20 bis 30 cm des Filterkörpers zu erzeugen, um den Pflanzen ein ausreichendes Wasserangebot zu bieten. Dabei ist darauf zu achten, dass filtriertes Mischwasser im Anschluss an eine Beschickung der Mulde durch eine Grundwassernachspeisung verdrängt wird. Mit Hilfe der Grundwassernachspeisung könnte bei Erreichen einer kritischen Grundwasserhöhe auch die Flutung von Retentionsmulde und Bodenfilter über das Dränsystem organisiert werden, um einen etwaigen Auftrieb zu verhindern.

9.5 Ein- und Ablaufbauwerk Retentionsbodenfilter/Retentionsmulde

Das Ein- und Auslaufbauwerk von Bodenfilter und Retentionsmulde ist am südlichen Ende des Retentionsbodenfilters verortet und besteht aus insgesamt vier Kammern in einem gemeinsamen Schachtbauwerk aus Ortbeton.

Im Einlaufbauwerk ($l \times b = 2,2 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$) wird das zu behandelnde Mischwasser aus dem RÜB 4 um 90 Grad in Richtung der Längsbeschickungsrinne des Retentionsbodenfilters umgelenkt. Weiterhin verfügt das Bauwerk über jeweils ein Pumpwerk zur Entleerung von Bodenfilter und Retentionsmulde. Zwischen den beiden Pumpwerken ist die Entlastungskammer für Bodenfilter und der nachgeschalteten Retentionsmulde angesiedelt.

Die Pumpwerke zur Entleerung von Bodenfilter und Retentionsmulde verfügen über lichte Schachtabmessungen von $l \times b = 2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$. Zur Drosselung des jeweiligen Filterablaufs werden nass aufgestellte Tauchmotorpumpen mit Frequenzumrichter installiert. Die Regelung der Pumpen erfolgt über eine MID-Messung in der Druckleitung. Im Zuge der Ausführungsplanung für die Druckleitungen sind entsprechende Beruhigungsstrecken vor und nach dem MID zu berücksichtigen. Das Filtrat wird in beiden Pumpwerken über die maximale Wasserspiegellage der Retentionsmulde gefördert und gelangt über Untersturzleitungen DN 250 in die Entlastungskammer des Bauwerks. Im Hinblick auf erforderliche Revisionsarbeiten an den Pumpen müssen die Pumpen geborgen werden können. Der jeweilige Druckstutzen muss mittels Schieber zu schließen sein. Außerdem ist jeweils eine Rückschlagklappe zu installieren.

Bei Erreichen des Stauziels von 399,50 müNN in der Retentionsmulde kommt es zu einer Entlastung über die Gewichtsstauklappe, welche in der Entlastungskammer montiert wird. Die Gewichtsstauklappe sorgt dafür, dass der Wasserstand in der Retentionsmulde konstant gehalten werden kann und das zur Verfügung stehende Volumen bis auf Höhe des maximalen Stauziels von 399,50 müNN anrechenbar bleibt. In die Entlastungskammer ($l \times b = 5,15 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$) bindet ablaufseitig der Entlastungskanal DN 1000 aus Stahlbeton ein, der Filtrat und Entlastungswasser aus der Behandlungsanlage wieder der Buchenbachverrohrung und im weiteren Verlauf dem Bodensee zuführt.

Wasserstandsmessungen in den beiden Pumpwerken (Drucksonden) überwachen den Wasserstand in den Pumpwerken, eine zusätzliche Radarmessung registriert den Wasserstand im Bodenfilter bzw. der Retentionsmulde.

Auch am Ein- und Ablaufbauwerk erhalten die verschiedenen Bauwerkskammern Einstiegsmöglichkeiten bestehend aus Steigbügeln in Edelstahl (kunststoffummantelt) oder als Einstiegsleitern aus Edelstahl. Zur Abdeckung der Schachtbauwerke und der Beschickungsrinne soll ein Holzsteg angelegt werden. Ein flankierendes Geländer ist im Hinblick auf den Arbeitsschutz als Maßnahme zur Absturzsicherung unverzichtbar. Steg und Geländer sind so zu gestalten, dass die darunter liegenden Schachtbauwerke, als auch die Beschickungsrinne zunächst nicht als technische Bauwerke wahrzunehmen sind. Da das betroffene Landschaftsschutzgebiet in erster Linie der Erholung dient, sind auch aus Sicht der landschaftspflegerischen Begleitplanung gestalterische Elemente aus Holz zur baulichen Umsetzung von Steg und des Geländers im Umfeld des geplanten Retentionsbodenfilters denkbar.



Abbildung 22: Visualisierung Steg mit Absturzsicherung

9.6 Außenanlagen

Die Zufahrt zum Betriebsgelände des Retentionsbodenfilters und der nachgeschalteten Retentionsmulde erfolgt nach Rückbau der provisorischen

Baustellenzufahrt innerhalb des Freizeitgeländes (Bolzplatz) über das bestehende Fuß- und Radwegenetz in östliche Richtung bis zum bestehenden Auslaufbauwerk des Buchenbachs an der Grenze zum MTU-Gelände und von hier aus über einen neuen, ca. 3,00 m breiten Betriebsweg zur Behandlungsanlage. Die Ausführung erfolgt als Rasenschotterweg mit einer Aufbaustärke von ca. 40-50 cm auf einer Gesamtlänge von etwa 60 m. Innerhalb des neuen Betriebsgeländes wird eine Wendemöglichkeit für die Betriebsfahrzeuge eingerichtet. Die Anlage wird vollständig eingezäunt, um ein Betreten Unbefugter zu unterbinden.

Zur Unterhaltung der Retentionsmulde kann diese über eine Zufahrtsrampe (Neigung ca. 1 : 5) bei trockenen Verhältnissen befahren werden. Südlich der Retentionsmulde erfolgt zudem die Anlage eines ca. 3,00 m breiten Betriebsweges, um die Sohlrännagen bedarfsweise inspizieren und spülen zu können. Auch hier erfolgt eine Ausführung als Schotterrasenbefestigung.

Um dem Eindruck der Errichtung einer technischen Anlage entgegen zu wirken, werden die Betriebswege und Abdeckungen entlang der Beschiebungsrinne am Bodenfilter und am Ein- und Auslaufbauwerk wie bereits angesprochen mit einer Holzplankenabdeckung versehen (s. Abbildung 22).

9.7 Technische Ausrüstung

9.7.1 Messungen

In Regenbecken und Entlastungsbauwerken der Regen- und Mischwasserkanalisation haben Messungen vielfältige Aufgaben. Zum einen dienen sie der Erfassung von Wasserständen an Überlaufschwelen zur Ermittlung der Entlastungsaktivität und zum anderen zur Steuerung von Aggregaten und Regelung des Drosselorgans.

Folgende Messungen sind in den einzelnen Bauwerkskomponenten des Retentionsbodenfilters am RÜB 4 vorgesehen.

<u>Zuleitungsbauwerk:</u>	Messung Wasserstand, Ablaufkammer zum Bodenfilter mit Radar für Überlauftätigkeit am Notüberlauf
<u>Filterdrainage:</u>	Messung Wasserstand mit Drucksonde in der Filterdrainage am Einlauf in die Pumpwerke mit Drucksonde zur Messung der Druckhöhe in der Filterdrainage für die Kolmationsprüfung
<u>Retentionsbodenfilter mit RM:</u>	Messung Wasserstand mit Radar- oder Druckmesssonde über der Filteroberfläche zur Ansteuerung der Pumpen und für die Überlauftätigkeit am Beckenüberlauf
<u>Pumpwerk RBF und RM:</u>	Messung Wasserstand mit Druckmesssonde zur Ansteuerung der Pumpen und magnetisch-induktive Durchflussmessung (MID) DN 100 (RBF) bzw. DN 150 (RM) zur Regelung der Drosselwassermenge
<u>GW-Entnahmeschacht:</u>	Messung Grundwasserstand mittels Drucksonde

9.7.2 Schaltanlage

Sämtliche elektrische Steuer-, Regel- und Überwachungsbauteile, Datenerfassungsgeräte, Blitzschutz- und Überspannungsableiter sowie die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) werden in einer Schaltanlage untergebracht.

Insgesamt ist eine zentrale Schaltanlage zu errichten. Die geplante Lage der Schaltanlage befindet sich im näheren Umfeld des Zuleitungsbauwerks und der Einfriedung zum Gelände der MTU. Die Schaltanlage wird in zwei Freiluftschränken und integriertem Innenschrank montiert.

Die Schaltschränke werden mit einer Schrankinnenbeleuchtung, einer Innenschrankheizung und -belüftung ausgestattet. Eine Steckdosenkombination (230 V und 400 V) für zusätzliche Stromabnehmer ist vorgesehen. Für alle Aggregate werden beschriftete Anzeigegeräte vorgesehen und Hand-0-Automatikschalter eingerichtet. Alle Messwerte werden in der Schaltschrankfront angezeigt. Zudem wird jeweils der Einbau eines Touchpanels empfohlen. Die Steuerungs- und Überwachungsfunktion wird durch eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) sichergestellt.

9.7.3 Stromversorgung

Die Zählerplatzeinrichtung bzw. Zählersäule zur Aufnahme des vom Stromversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellten Zählers für die Anlage, kann entweder in die Schaltanlage integriert oder mit zusätzlicher Überflursäule errichtet werden. Des Weiteren gehören Hauptschalter, Steuerspannungsversorgung und Potenzialausgleichsschiene zum Montageumfang.

Die Stromzuführung zu den einzelnen Schaltanlagen ist im Vorfeld der Bauarbeiten mit dem Netzbetreiber abzustimmen.

9.7.4 Fernwirkeinrichtungen

Für die Überwachung der geplanten Regenwasserbehandlungsanlagen ist die Anbindung an die Leitzentrale der Stadt Friedrichshafen zu empfehlen. Die Einbindung an das Leitsystem wird entsprechend vorbereitet. Zu gegebener Zeit kann eine entsprechende Unterstation der Stadt in die Schaltanlage implementiert werden.

So können Kontrollen, von der Zentrale auf der Kläranlage aus, vorgenommen und Störungsmeldungen direkt an das Prozessleitsystem der Kläranlage übertragen werden. Eine Kommunikation des Bodenfilters mit der Schaltanlage des RÜB 4 ist aus Sicht des Verfassers nicht erforderlich. Sofern vom Betreiber jedoch gewünscht, könnte im Rahmen des Relings eine Datenverbindung zwischen den beiden Anlagen geschaffen werden.

10 Untergrundverhältnisse

Das Baugrund- und Bodengutachten für den geplanten Retentionsbodenfilter am RÜB 4 in Friedrichshafen, OT Manzell, wurde durch das Fachbüro Kugel Schlegel Wunderer GbR, Beratende Geologen und Ingenieure, Ravensburg, mit Datum vom 25.05.2020 erstellt und liegt den Antragsunterlagen als Unterlage 9 bei.

Im Baufeld des Retentionsbodenfilters am RÜB 4 wurden insgesamt 4 Baggerschürfen bis in Tiefenlagen von 1,6 bis 1,8 m angelegt. Sämtliche Schürfe reichten bis in die Grundmoräne, so dass im Hinblick auf deren Mächtigkeit keine weitere Vertiefung erforderlich wurde. Im Bereich der Sohle wurden anschließend Versickerungsversuche in Form von Ring-Infiltrationsmessungen durchgeführt. Hier ergaben sich schwach durchlässige bis durchlässige Versickerungswerte von $2,8 \times 10^{-6}$ m/s.

Nach Angaben im Bodengutachten, diente das Planungsumfeld in den Kriegsjahren als Versuchsfläche für die Fa. Dornier. Zahlreiche Bombentrichter aus dem zweiten Weltkrieg wurden zur Nutzung als öffentlicher Zeltplatz in den 50-er und 60-er Jahren des zurückliegenden Jahrhunderts eingeebnet. Im Hinblick auf das Kampfmittelvorkommen wird durch den Gutachter eine umfassende Aushubbegleitung durch den Feuerwerker oder eine flächenhafte Sondierung im Vorfeld der Aushubarbeiten empfohlen.

Die Gründungssohle von Bodenfilter und nachgeschalteter Retentionsmulde (396,85 bis 396,95 müNN) befindet sich vollständig in der mehreren 10 Meter mächtigen Grundmoräne. Darüber kommen abgelagerte Beckensedimente und anschließend Auffüllungen, deren Schichtdicke von den Kriegseinwirkungen bestimmt ist, zum Liegen. Die Mächtigkeit der Auffüllungen beträgt 0,1 bis 1,1 m im Zentrum ehemaliger Bombentrichter. Die Verfüllung erfolgte hier mit Auswurfmaterial aus einer Mischung von Beckensedimenten und Geschiebemergel der Grundmoräne, so dass eine Unterscheidung zwischen Auffüllung und geogenem Boden kaum möglich ist. Abschließend wurde in Baggerschürfen ein geringmächtiger Oberboden von 10 bis 20 cm erkundet. Bodenfremde Stoffe wurden nur in geringfügi-

gen Mengen in Form von vereinzelt Ziegelbruch angetroffen. Resultierend aus einer engmaschigen Altlastenerhebung aus den Jahren 1995/96 sind PAK- und Schwermetallbelastungen in Auffüllungen auf der südlichen Liegewiese zu erwarten. Im Rahmen der Baugrunduntersuchungen wurden in den verschiedenen Baggerschürfen insgesamt 7 Mischproben untersucht. Hier konnten keine Bodenbelastungen festgestellt werden. Das anfallende Aushubmaterial verfügt nach VwV-Boden über einen Zuordnungswert Z0 und kann z. B. zur Rekultivierung von Kiesgruben verwendet werden. Die Böden der Grundmoräne sind, nach Angaben des Gutachters, auch für den Dammbaugeeignet.

Die Böschungen von Leitungsgräben und Baugruben können im Bereich der Beckensedimente und der Auffüllungen ohne rechnerischen Nachweis unter einem Winkel von 45 Grad angelegt werden. Im Bereich der Grundmoräne ist ein Winkel von 60 Grad ausreichend. Bei der Gründung von Bauwerken außerhalb der Grundmoräne empfiehlt der Bodengutachter einen Austausch mit einem Kiesgemisch 16/32 mm. Dieses ist mit Geotextilvlies zu ummanteln. Für die Verfüllung der Leitungszone und die Hauptverfüllung sind die anstehenden Beckensedimente nur dann geeignet, wenn an die Tragfähigkeit keine besonderen Anforderungen gestellt werden. Im Bereich von Verkehrsflächen (z. B. Bewirtschaftungswege) ist Fremdmaterial in Form eines Kies-Sandgemisches 0/16 mm zu verwenden.

Die Baugrundaufschlüsse wurden in Zeiten niedriger Grundwasserstände durchgeführt. Wasserzutritte sind nur in Form von Schichten- und Sickerwasser zu erwarten, die in niederschlagsreichen Phasen allerdings kurzfristig bis wenige Dezimeter unter Geländeoberkante ansteigen können. Ein einheitlicher Grundwasserspiegel ist nicht zu erwarten. Für die Herstellung der Abdichtung wird die Verlegung einer Sicherheitsdrainage empfohlen. Der Bemessungswasserstand wird im Gutachten mit 399,87 müNN angegeben und damit nur knapp unter der Geländeoberkante. Das anfallende Schichten- und Sickerwasser kann im Rahmen der Bauausführung mit Hilfe einer offenen Wasserhaltung abgeleitet werden. Es ist nur ein geringer Wasserandrang zu erwarten.

11 Ver- und Entsorgungsleitungen

Im Zuge der Erstellung der Entwurfsplanung wurde bei den verschiedenen Versorgungsunternehmen im Planungsumfeld der Leitungsbestand abgefragt. Die Abfrage erfolgte bei folgenden Leitungsträgern:

- Stadtwerke am See (Gas, Strom, Wasser, Fernmeldekabel T-Kom)
- Stadt Friedrichshafen (Kanal)
- Dt. Telekom
- Unitymedia

Im Rahmen der baulichen Umsetzung des Retentionsbodenfilters mit nachgeschalteter Retention am RÜB 4 muss im Vorfeld der Buchenbach mittels Relining vom Entlastungskanal des RÜB 4 getrennt werden.

Vereinzelt wird der Bau der Regenwasserbehandlungsanlage durch das Vorhandensein bestehender Versorgungsleitungen tangiert.

Eine das Baufeld in Ost-West-Richtung querende Mittelspannungsleitung der Stadtwerke am See muss im Zuge der Aushubarbeiten für Retentionsmulde und Bodenfilter umgelegt werden. Es ist gemeinsam mit dem Versorgungsunternehmen zu prüfen, ob die Leitung während der gesamten Bauzeit frei geschaltet werden kann, oder ob im Vorfeld der Abdichtungsarbeiten eine vorübergehende Absenkung der Leitung unter das Gründungsniveau von Filter und Retentionsmulde erforderlich wird, um die Leitung bedarfsweise zuschalten zu können.

Der im westlichen Baufeld endende Regenwasserkanal DN 200 der Stadt Friedrichshafen, welcher vermutlich der Oberflächenentwässerung aus Richtung Magnusstraße dient, kann bedarfsweise über einen Regenwasserkanal DN 300 in die Beschickungsrinne des Bodenfilters eingebunden werden.

Der nördlich verlaufende Ufersammler DN 1100 wird von der Baumaßnahme nicht tangiert.

Die Stromzuführung zur Schaltanlage ist im Vorfeld der Ausschreibung mit dem Netzbetreiber abzustimmen. Es bietet sich eine Stromzuführung über die herzustellende Baustraße aus westlicher Richtung an.

12 Bauzeit und Bauablauf Retentionsbodenfilter

Mit Inbetriebnahme der Regenwasserbehandlungsanlage muss der Retentionsbodenfilter und die nachgeschaltete Retentionsmulde funktionsfähig fertiggestellt sein. Über die Dauer der Bauzeit muss die anfallende Entlastungswassermenge weiterhin gemeinsam mit dem Buchenbach direkt zum Bodensee abgeleitet werden. Nach Fertigstellung des Zuleitungsbauwerks und während der Etablierungsphase kann zu diesem Zweck der Ablaufschieber DN 1100 im Zuleitungsbauwerk geschlossen werden. Die Entlastungswassermenge des RÜB 4 wird dann über die Notüberlaufschwelle abgeführt.

Zunächst erfolgt die Errichtung der Schachtbauwerke in Ortbetonbauweise. Als Aufstandsfläche für den Baukran bietet sich die zu rodende Fläche zwischen der geplanten Längsbeschickungsrinne und der Grenze zur MTU an. Es wird ein Schwenkbereich im Radius von mindestens 30 m erforderlich sein. Zur Errichtung der Baugruben am Bodenfilter kann bereits ein erster Vorabtrag für den Filter vorgenommen werden.

Während der Herstellung des Zuleitungsbauwerks müssen entsprechende Maßnahmen zur provisorischen Wasserhaltung für den Buchenbach und die Entlastungswassermengen aus dem RÜB 4 ergriffen werden.

Nach Abschluss der Stahlbetonarbeiten können die Kanalbauarbeiten, sowie die weiteren Aushub- und Abdichtungsarbeiten durchgeführt werden, bevor der Einbau der Drainage und der verschiedenen Substrat- und Filterschichten erfolgt. Die Arbeiten müssen zurückschreitend fertiggestellt werden. Folglich ist zunächst der Retentionsbodenfilter und abschließend die Retentionsmulde zu errichten. Mit Herstellung der Bewirtschaftungswege, der Zuwegungen und der Zaunanlage kann die Baumaßnahme abgeschlossen werden. Auch die technische Ausrüstung der Anlage mit Aufbau der Schaltanlage ist erst gegen Ende der Bauzeit nach Verlegung sämtlicher Leerrohrverbindungen zwischen den Schachtbauwerke und der Schaltanlage vorzunehmen.

Die Zufahrt zum Baufeld der Regenwasserbehandlungsanlage für Baustellenfahrzeuge erfolgt zunächst grundsätzlich aus Westen kommend über eine provisorische Baustraße ab dem Parkplatz des Freizeitgeländes „Alter Campingplatz“. Der Parkplatz kann außerhalb der Badesaison gegebenenfalls auch als zusätzliche Baulagerfläche genutzt werden. Die provisorische Baustraße ist gegenüber dem

Freizeitgelände mit Hilfe eines Schutzzauns über die Dauer der Bauzeit abzuschränken. Die Baustraße wird mit Abschluss der Maßnahme wieder zurückgebaut. Eine dauerhafte Betriebszufahrt wird aus südlicher Richtung über das bestehende Wegenetz im Bereich des Freizeitgeländes realisiert.

Für den Parkplatz am Freizeitgelände und die Zufahrt über die Zeppelinstraße sind entsprechende Verkehrssicherungsmaßnahmen im Hinblick auf die Baustellenzu- und -ausfahrt, sowie zur Sperrung des Parkplatzes zu ergreifen. Seitens des zu beauftragenden Unternehmens ist bei der zuständigen Straßenverkehrsbehörde im Vorfeld der Arbeiten ein Antrag auf verkehrsrechtliche Anordnung zu stellen.

Es ist zu beachten, dass die Sohl- und Böschungflächen von Bodenfilter und Retentionsmulde mit der Inbetriebnahme bereits begrünt sein sollten. Eine Beaufschlagung des Stauraums ohne etablierten Bewuchs, führt zu Erosion und Verlandungen, die anschließend wieder beseitigt werden müssen. Es wird die Durchführung einer Nassansaat empfohlen.

Der Bodenfilter wird bis zur Etablierung des Schilfs im Teileinstau betrieben. Zur Bewässerung kann Grundwasser in die Filterdrainagen eingespeist werden. Als Bauzeit für die Regenwasserbehandlungsanlage am RÜB 4 werden ca. 9 bis 10 Monate veranschlagt. Die bauliche Umsetzung sollte daher unmittelbar nach Ende der Sommerferien ab September 2023 beginnen, um die Maßnahme bis zum Sommer 2024 abschließen zu können.

Verdichtete Böden im Baufeld sind fachgerecht wiederherzustellen oder zu rekultivieren und mit mindestens 20 bis 25 cm humosem Oberboden anzudecken. Die Bereitstellung von Lagerplätzen für Aushubmaterial sollte innerhalb des Landschaftsschutzgebiets deutlich begrenzt bleiben. Überschüssige Aushubmassen sind nach Möglichkeit direkt von der Baustelle zu entfernen. Entsprechende Flächen für die Zwischenlagerung für eine etwaige Haufwerksbeprobung und Aushubaufbereitung sind dem zu beauftragenden Unternehmen durch die Stadt Friedrichshafen zuzuweisen.

13 Kostenberechnung

13.1 Baukosten

Die Kosten zur Herstellung des Retentionsbodenfilterbeckens am RÜB 4 mit den periferen Schachtbauwerken, der Zu- und Ablaufkanalisation, sowie der nachgeschalteten Retentionsmulde wurden in einer detaillierten Kostenberechnung ermittelt (siehe Unterlage 2).

Sie belaufen sich insgesamt auf ca. 2.711.700,00 € brutto (inkl. 19 % Mehrwertsteuer).

Auf den Retentionsbodenfilter entfallen dabei ca. 837.400,00 €. Für die Schachtbauwerke mit Zu- und Ablaufkanalisation und die nachgeschaltete Retentionsmulde wurden Baukosten in Höhe von ca. 707.000,00 € bzw. 851.800,00 € ermittelt. Die Kosten für die technische Ausrüstung der Anlage betragen laut Einzelkostenberechnung 315.500,00 €.

13.2 Baunebenkosten

Zu den Baukosten kommen Baunebenkosten für Planung, Bauleitung, Vermessung, Baugrunduntersuchungen, Überwachung zum Sicherheits- und Gesundheitsschutz sowie die Aufwendungen für eine etwaige Beweissicherung in Höhe von ca. 678.000,00 € (ca. 25 % der Baukosten) hinzu.

Sinsheim, den 16.09.2022

Dipl.-Ing. Karsten Schmidt

BIOPLAN Ingenieurgesellschaft mbH

14 Quellenverzeichnis

- [1] Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2:
Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer - Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen, Dezember 2020; korrigierte Fassung: Stand Oktober 2021
- [2] Arbeitsblatt DWA-A 117 Bemessung von Regenrückhalteräumen, Dezember 2013
- [3] Arbeitsblatt DWA-A 118 Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, März 2006
- [4] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 134 Planung und Bau von Abwasserpumpenanlagen, Juni 2000
- [5] Arbeitsblatt DWA-A 166 Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung, November 2013
- [6] Arbeitsblatt DWA-A 178 Retentionsbodenfilteranlagen, Juni 2019
- [7] Merkblatt DWA-M 153 Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, August 2007; korrigierte Fassung: Stand Dezember 2020
- [8] Merkblatt DWA-M 158 Bauwerke der Kanalisation – Beispiele, März 2006
- [9] Merkblatt DWA-M 176 Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung, November 2013
- [10] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), Arbeitshilfen für den Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten, Mai 2005
- [11] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), Arbeitshilfen für den Umgang mit Regenwasser - Rückhaltung, Mai 2005
- [12] K.-J. Schneider: Bautabellen, Werner-Ingenieur-Texte Bd. 40, 23. Auflage, 2018

Anhang A

KOSTRA-DWD 2010R

Friedrichshafen Rasterzelle, Spalte 30, Zeile 99



KOSTRA-DWD 2010R

Nach den Vorgaben des Deutschen Wetterdienstes - Hydrometeorologie -

Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2010R

Rasterfeld : Spalte 30, Zeile 99
 Ortsname : Friedrichshafen (BW)
 Bemerkung :
 Zeitspanne : Januar - Dezember

Dauerstufe	Niederschlagshöhen hN [mm] je Wiederkehrintervall T [a]								
	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a
5 min	6,0	7,4	8,3	9,4	10,9	12,3	13,2	14,3	15,8
10 min	9,2	11,4	12,6	14,2	16,4	18,5	19,7	21,3	23,5
15 min	11,3	14,0	15,5	17,5	20,2	22,8	24,4	26,3	29,0
20 min	12,7	15,8	17,7	19,9	23,1	26,2	28,0	30,3	33,4
30 min	14,6	18,4	20,7	23,5	27,4	31,3	33,5	36,4	40,2
45 min	16,1	20,9	23,7	27,3	32,1	36,9	39,7	43,2	48,1
60 min	17,0	22,6	25,9	30,0	35,7	41,3	44,5	48,7	54,3
90 min	19,2	25,1	28,6	33,0	39,0	45,0	48,4	52,8	58,8
2 h	20,9	27,1	30,7	35,3	41,6	47,8	51,4	56,0	62,3
3 h	23,5	30,1	34,0	38,9	45,5	52,2	56,0	60,9	67,5
4 h	25,6	32,5	36,6	41,7	48,6	55,5	59,6	64,7	71,6
6 h	28,9	36,2	40,5	45,9	53,3	60,7	65,0	70,4	77,7
9 h	32,6	40,4	44,9	50,7	58,5	66,3	70,9	76,7	84,5
12 h	35,4	43,6	48,4	54,4	62,6	70,7	75,5	81,5	89,7
18 h	40,0	48,6	53,7	60,1	68,8	77,5	82,5	88,9	97,6
24 h	43,5	52,6	57,9	64,5	73,6	82,7	88,0	94,6	103,7
48 h	55,4	65,1	70,7	77,8	87,4	97,0	102,7	109,7	119,4
72 h	63,9	73,8	79,7	87,0	97,0	106,9	112,7	120,1	130,0

Legende

- T Wiederkehrintervall, Jährlichkeit in [a]: mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet
- D Dauerstufe in [min, h]: definierte Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen
- hN Niederschlagshöhe in [mm]

Für die Berechnung wurden folgende Klassenwerte verwendet:

Wiederkehrintervall	Klassenwerte	Niederschlagshöhen hN [mm] je Dauerstufe			
		15 min	60 min	24 h	72 h
1 a	Faktor [-]	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe
	[mm]	11,30	17,00	43,50	63,90
100 a	Faktor [-]	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe
	[mm]	29,00	54,30	103,70	130,00

Wenn die angegebenen Werte für Planungszwecke herangezogen werden, sollte für rN(D;T) bzw. hN(D;T) in Abhängigkeit vom Wiederkehrintervall

- bei $1 a \leq T \leq 5 a$ ein Toleranzbetrag von $\pm 10 \%$,
- bei $5 a < T \leq 50 a$ ein Toleranzbetrag von $\pm 15 \%$,
- bei $50 a < T \leq 100 a$ ein Toleranzbetrag von $\pm 20 \%$

Berücksichtigung finden.



KOSTRA-DWD 2010R

Nach den Vorgaben des Deutschen Wetterdienstes - Hydrometeorologie -

Niederschlagsspenden nach KOSTRA-DWD 2010R

Rasterfeld : Spalte 30, Zeile 99
 Ortsname : Friedrichshafen (BW)
 Bemerkung :
 Zeitspanne : Januar - Dezember

Dauerstufe	Niederschlagsspenden rN [l/(s·ha)] je Wiederkehrintervall T [a]								
	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a
5 min	198,9	248,1	276,8	313,1	362,3	411,5	440,2	476,5	525,7
10 min	153,9	189,6	210,5	236,8	272,5	308,2	329,1	355,4	391,1
15 min	125,6	155,2	172,5	194,3	223,9	253,5	270,8	292,6	322,2
20 min	106,0	131,9	147,1	166,2	192,1	218,0	233,2	252,3	278,2
30 min	80,9	102,3	114,9	130,7	152,2	173,7	186,3	202,1	223,6
45 min	59,6	77,4	87,9	101,0	118,8	136,6	147,0	160,2	178,0
60 min	47,2	62,8	71,9	83,4	99,0	114,6	123,7	135,2	150,8
90 min	35,5	46,5	53,0	61,2	72,2	83,3	89,7	97,9	108,9
2 h	29,0	37,6	42,7	49,1	57,7	66,4	71,5	77,8	86,5
3 h	21,8	27,9	31,5	36,0	42,2	48,3	51,9	56,4	62,5
4 h	17,8	22,6	25,4	28,9	33,7	38,5	41,4	44,9	49,7
6 h	13,4	16,8	18,8	21,3	24,7	28,1	30,1	32,6	36,0
9 h	10,0	12,5	13,9	15,6	18,1	20,5	21,9	23,7	26,1
12 h	8,2	10,1	11,2	12,6	14,5	16,4	17,5	18,9	20,8
18 h	6,2	7,5	8,3	9,3	10,6	12,0	12,7	13,7	15,1
24 h	5,0	6,1	6,7	7,5	8,5	9,6	10,2	11,0	12,0
48 h	3,2	3,8	4,1	4,5	5,1	5,6	5,9	6,4	6,9
72 h	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,3	4,6	5,0

Legende

- T Wiederkehrintervall, Jährlichkeit in [a]: mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet
- D Dauerstufe in [min, h]: definierte Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen
- rN Niederschlagsspende in [l/(s·ha)]

Für die Berechnung wurden folgende Klassenwerte verwendet:

Wiederkehrintervall	Klassenwerte	Niederschlagshöhen hN [mm] je Dauerstufe			
		15 min	60 min	24 h	72 h
1 a	Faktor [-]	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe
	[mm]	11,30	17,00	43,50	63,90
100 a	Faktor [-]	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe
	[mm]	29,00	54,30	103,70	130,00

Wenn die angegebenen Werte für Planungszwecke herangezogen werden, sollte für rN(D;T) bzw. hN(D;T) in Abhängigkeit vom Wiederkehrintervall

- bei 1 a ≤ T ≤ 5 a ein Toleranzbetrag von ±10 %
- bei 5 a < T ≤ 50 a ein Toleranzbetrag von ±15 %
- bei 50 a < T ≤ 100 a ein Toleranzbetrag von ±20 %

Berücksichtigung finden.

Anhang B

Hydrologische Berechnungen

Inhaltsverzeichnis
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Inhaltsverzeichnis	
Inhaltsverzeichnis	1
Allgemeines	2
Gebiete	3
Parametersätze	6
Regenwetterabflüsse	8
Mischwasserbauwerke	12
Mischwasserbauwerke (A102)	13
Regenwasserbehandlung	14
Regenwasserbehandlung Details	15
Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissender RWBs	17
Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen der MWBs	21

Allgemeines
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Allgemeines	
Projekt	RW-Behandlung Stadtteil Fischbach Neubau Retentions-Bodenfilter beim RÜB 4 zur Keimelimination
Auftraggeber	Stadt Friedrichshafen
Auftragnehmer	BIOPLAN Ingenieurgesellschaft mbH
Straße	Karlsplatz 1
Ort	74889 Sinsheim
Telefon	07261/6591-0
Fax	
E-Mail	info@bioplan.de
Bearbeiter	Sm
Allgemeines	
Rechenlauf	
	RBF-RUB 4_2022-07-08_P+P
Simulationsbeginn	01.01.1983 00:00:00
Simulationsende	31.12.2012 23:55:00
DeltaT [min]	5
Verdunstungsmenge	657 mm/a
Verdunstung bei Ereignis	ja
Verdunstungsart	periodisch
Jahresgang	ja
Tagesgang	ja
Rückstau Hltg.	nein
Dateiname	C:\Users\ks\Documents\KOSIM 7.7\RBF-RUB 4_2022-07-08_P+P.klsb

Gebiete
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Gebiete							
Fischbach an RÜB4	Typ	MS	A _{E,b}	4,6425 ha	Q _{T,d}	1,03 l/s	
	Ab,a (Kat I)	2,0630 ha	Ab,a (Kat II)	2,5760 ha	Ab,a (Kat III)	0,0000 ha	
	EW	525,000 E	Ab,a	4,6390 ha	Q _{T,x}	1,65 l/s	
	wd	102,0 l/E/d	A _{E,nb}	0,0630 ha	Nbrutto	1.037,5 mm/a	
	Qs,d	0,62 l/s	A _{E,nat}	0,0000 ha	VQ _T	32.600 m³/a	
	Q _F	0,41 l/s	A _E	4,7055 ha	VQ _{R,Tr}	0 m³/a	
	Q _{F,Prz}	66,7 %	x,stat	12,0 -	VQ _R	35.033 m³/a	
	Periode F	Konstant -	Periode wd	ATV 10-50 TsdE -	VQ _M	67.633 m³/a	
	CSB	C _T	600,0 mg/l	C _{R,b}	79,9 mg/l	C _R	79,9 mg/l
	AFS 63	C _T	150,0 mg/l	C _{R,b}	55,8 mg/l	C _R	55,8 mg/l
TS Fischbach an RÜB4	Typ	TS	A _{E,b}	0,0000 ha	Q _{T,d}	0,47 l/s	
	Ab,a (Kat I)	0,0000 ha	Ab,a (Kat II)	0,0000 ha	Ab,a (Kat III)	0,0000 ha	
	EW	238,000 E	Ab,a	0,0000 ha	Q _{T,x}	0,75 l/s	
	wd	102,0 l/E/d	A _{E,nb}	0,0000 ha	Nbrutto	1.037,5 mm/a	
	Qs,d	0,28 l/s	A _{E,nat}	0,0000 ha	VQ _T	14.779 m³/a	
	Q _F	0,19 l/s	A _E	0,0000 ha	VQ _{R,Tr}	1.600 m³/a	
	Q _{F,Prz}	66,7 %	x,stat	12,0 -	VQ _R	0 m³/a	
	Periode F	Konstant -	Periode wd	ATV 10-50 TsdE -	VQ _M	16.378 m³/a	
	CSB	C _T	600,0 mg/l	C _{R,b}	0,0 mg/l	C _R	0,0 mg/l
	AFS 63	C _T	150,0 mg/l	C _{R,b}	0,0 mg/l	C _R	0,0 mg/l
Erweiterung Fischbach 3	Typ	TS	A _{E,b}	0,0000 ha	Q _{T,d}	0,06 l/s	
	Ab,a (Kat I)	0,0000 ha	Ab,a (Kat II)	0,0000 ha	Ab,a (Kat III)	0,0000 ha	
	EW	29,000 E	Ab,a	0,0000 ha	Q _{T,x}	0,09 l/s	
	wd	102,0 l/E/d	A _{E,nb}	0,0000 ha	Nbrutto	1.037,5 mm/a	
	Qs,d	0,03 l/s	A _{E,nat}	0,0000 ha	VQ _T	1.801 m³/a	
	Q _F	0,02 l/s	A _E	0,0000 ha	VQ _{R,Tr}	204 m³/a	
	Q _{F,Prz}	66,7 %	x,stat	12,0 -	VQ _R	0 m³/a	
	Periode F	Konstant -	Periode wd	ATV 10-50 TsdE -	VQ _M	2.005 m³/a	
	CSB	C _T	600,0 mg/l	C _{R,b}	0,0 mg/l	C _R	0,0 mg/l
	AFS 63	C _T	150,0 mg/l	C _{R,b}	0,0 mg/l	C _R	0,0 mg/l

Gebiete
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Gebiete							
Manzell1 an RÜ 4.2	Typ	MS	A _{E,b}	9,0480 ha	Q _{T,d}	1,68 l/s	
	A _{b,a} (Kat I)	3,8860 ha	A _{b,a} (Kat II)	5,0430 ha	A _{b,a} (Kat III)	0,0000 ha	
	EW	854,000 E	A _{b,a}	8,9290 ha	Q _{T,x}	2,69 l/s	
	wd	102,0 l/E/d	A _{E,nb}	0,0482 ha	Nbrutto	1.037,5 mm/a	
	Q _{s,d}	1,01 l/s	A _{E,nat}	0,0000 ha	VQ _T	53.029 m³/a	
	Q _F	0,67 l/s	A _E	9,0962 ha	VQ _{R,Tr}	0 m³/a	
	Q _{F,Prz}	66,7 %	x _{stat}	12,0 -	VQ _R	68.026 m³/a	
	Periode F	Konstant -	Periode wd	ATV 10-50 TsdE -	VQ _M	121.055 m³/a	
	CSB	C _T	600,0 mg/l	C _{R,b}	80,0 mg/l	C _R	80,0 mg/l
	AFS 63	C _T	150,0 mg/l	C _{R,b}	56,2 mg/l	C _R	56,3 mg/l
Klinikum Friedrichshafen	Typ	MS	A _{E,b}	3,7010 ha	Q _{T,d}	0,00 l/s	
	A _{b,a} (Kat I)	2,1420 ha	A _{b,a} (Kat II)	1,4860 ha	A _{b,a} (Kat III)	0,0000 ha	
	EW	0,000 E	A _{b,a}	3,6280 ha	Q _{T,x}	0,00 l/s	
	wd	102,0 l/E/d	A _{E,nb}	0,0028 ha	Nbrutto	1.037,5 mm/a	
	Q _{s,d}	0,00 l/s	A _{E,nat}	0,0000 ha	VQ _T	0 m³/a	
	Q _F	0,00 l/s	A _E	3,7038 ha	VQ _{R,Tr}	0 m³/a	
	Q _{F,Prz}	0,0 %	x _{stat}	12,0 -	VQ _R	27.767 m³/a	
	Periode F	Konstant -	Periode wd	ATV 10-50 TsdE -	VQ _M	27.767 m³/a	
	CSB	C _T	0,0 mg/l	C _{R,b}	80,0 mg/l	C _R	80,0 mg/l
	AFS 63	C _T	0,0 mg/l	C _{R,b}	51,2 mg/l	C _R	51,2 mg/l
Manzell2 an RÜ 4.2	Typ	MS	A _{E,b}	9,5680 ha	Q _{T,d}	1,71 l/s	
	A _{b,a} (Kat I)	4,1090 ha	A _{b,a} (Kat II)	5,3330 ha	A _{b,a} (Kat III)	0,0000 ha	
	EW	868,000 E	A _{b,a}	9,4420 ha	Q _{T,x}	2,73 l/s	
	wd	102,0 l/E/d	A _{E,nb}	0,0505 ha	Nbrutto	1.037,5 mm/a	
	Q _{s,d}	1,02 l/s	A _{E,nat}	0,0000 ha	VQ _T	53.899 m³/a	
	Q _F	0,68 l/s	A _E	9,6185 ha	VQ _{R,Tr}	0 m³/a	
	Q _{F,Prz}	66,7 %	x _{stat}	12,0 -	VQ _R	71.934 m³/a	
	Periode F	Konstant -	Periode wd	ATV 10-50 TsdE -	VQ _M	125.833 m³/a	
	CSB	C _T	600,0 mg/l	C _{R,b}	80,0 mg/l	C _R	80,0 mg/l
	AFS 63	C _T	150,0 mg/l	C _{R,b}	56,2 mg/l	C _R	56,3 mg/l

Gebiete
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Gebiete						
Gesamt	Qs,d	2,97 l/s	AE,b	26,9595 ha	QT,d	4,95 l/s
	QF	1,98 l/s	AE,nb	0,1645 ha	QT,x	7,91 l/s
	QF,Prz	66,7 %	AE,nat	0,0000 ha	VQT	156.108 m³/a
			AE	27,1240 ha	VQR,Tr	1.804 m³/a
					VQR	202.760 m³/a
					VQM	360.671 m³/a
	CSB CT	600,0 mg/l	CR,b	80,0 mg/l	CR	80,0 mg/l
	AFS 63 CT	150,0 mg/l	CR,b	55,5 mg/l	CR	55,5 mg/l

Parametersätze
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Befestigte Flächen						
A102 (gering) Frachtaustrag AFS gering belasteter Flächen (A102)	VBen	0,5 mm	VMuld	1,80 mm	Psi,0	0,25 -
			Verdunstung	657,0 mm/a	Psi,e	1,00 -
A102 (mäßig) Frachtaustrag AFS mäßig belasteter Flächen (A102)	VBen	0,5 mm	VMuld	1,80 mm	Psi,0	0,25 -
			Verdunstung	657,0 mm/a	Psi,e	1,00 -
A102 Referenzparameter	VBen	0,5 mm	VMuld	1,80 mm	Psi,0	0,25 -
			Verdunstung	657,0 mm/a	Psi,e	1,00 -
RWB-Flächen	VBen	1,0 mm	VMuld	0,00 mm	Psi,0	1,00 -
			Verdunstung	657,0 mm/a	Psi,e	1,00 -
WB A102 Gründach <10 cm Aufbau Gründach extensiv	VBen	1,0 mm	VMuld	2,00 mm	Psi,0	0,30 -
			Verdunstung	657,0 mm/a	Psi,e	1,00 -

Parametersätze
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Unbefestigte Flächen						
A102 Teildurchl. FA 5 bis 10% Teildurchlässige Flächen mit Fugenanteil 5% bis 10%	VBen	1,0 mm	VMuld	2,0 mm	Psi,0	0,00 -
	Bodentyp	Benutzerdefinie -	Verdunstung	657,0 mm/a	Psi,e	1,00 -
	Kr	72,0 1/d	Kd	0,4 1/d		
	Inf,0	0,2 mm/min	Inf,e	0,0 mm/min		
A102 unbef. flach Gärten, Wiesen und Kulturland, flaches Gefälle	VBen	3,0 mm	VMuld	4,0 mm	Psi,0	0,00 -
	Bodentyp	Löß -	Verdunstung	657,0 mm/a	Psi,e	1,00 -
	Kr	72,0 1/d	Kd	0,4 1/d		
	Inf,0	1,0 mm/min	Inf,e	0,0 mm/min		

Regenwetterabflüsse
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Regenwetterabflüsse						
Fischbach an RÜB4						
Pflaster MS 4 (A)	Fläche	0,0547 ha				Parametersatz: A102 Teildurchl. FA 5 bis 10%
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	325,8 mm/a	VQR	178 m³/a
	CSB CR	80,6 mg/l	SFR,s	263 kg/ha/a	SFR	14 kg/a
	AFS 63 CR	64,5 mg/l	SFR,s	210 kg/ha/a	SFR	11 kg/a
Manzell2 an RÜ 4.2						
Dach MZ2 4-2 (A)	Fläche	4,1090 ha	Ab,a	4,1090 ha		Parametersatz: A102 (gering)
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	750,7 mm/a	VQR	30.848 m³/a
	CSB CR	79,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR	2.465 kg/a
	AFS 63 CR	37,3 mg/l	SFR,s	280 kg/ha/a	SFR	1.151 kg/a
Fischbach an RÜB4						
Dach MS 4 (A)	Fläche	2,0630 ha	Ab,a	2,0630 ha		Parametersatz: A102 (gering)
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	750,7 mm/a	VQR	15.488 m³/a
	CSB CR	79,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR	1.238 kg/a
	AFS 63 CR	37,3 mg/l	SFR,s	280 kg/ha/a	SFR	578 kg/a
Fischbach an RÜB4						
Straße MS 4 (A)	Fläche	2,5760 ha	Ab,a	2,5760 ha		Parametersatz: A102 (mäßig)
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	750,7 mm/a	VQR	19.339 m³/a
	CSB CR	79,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR	1.546 kg/a
	AFS 63 CR	70,6 mg/l	SFR,s	530 kg/ha/a	SFR	1.365 kg/a
Fischbach an RÜB4						
Gründach MS 4 (A)	Fläche	0,0035 ha	Ab,a	0,0035 ha		Parametersatz: WB A102 Gründach <10 cm Aufbau
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	714,7 mm/a	VQR	25 m³/a
	CSB CR	83,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR	2 kg/a
	AFS 63 CR	66,9 mg/l	SFR,s	478 kg/ha/a	SFR	2 kg/a
Fischbach an RÜB4						
Anb MS 4 (A)	Fläche	0,0083 ha				Parametersatz: A102 unbef. flach
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	40,7 mm/a	VQR	3 m³/a
	CSB CR	0,0 mg/l	SFR,s	0 kg/ha/a	SFR	0 kg/a
	AFS 63 CR	0,0 mg/l	SFR,s	0 kg/ha/a	SFR	0 kg/a

Regenwetterabflüsse
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Regenwetterabflüsse					
Manzell2 an RÜ 4.2					
Straße MZ2 4-2 (A)	Fläche	5,3330 ha	Ab,a	5,3330 ha	Parametersatz: A102 (mäßig)
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	750,7 mm/a	VQR 40.037 m³/a
CSB	CR	79,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR 3.200 kg/a
	AFS 63	CR	70,6 mg/l	SFR,s	530 kg/ha/a
Manzell2 an RÜ 4.2					
Pflaster MZ2 4-2 (A)	Fläche	0,0450 ha			Parametersatz: A102 Teildurchl. FA 5 bis 10%
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	325,8 mm/a	VQR 147 m³/a
CSB	CR	80,6 mg/l	SFR,s	263 kg/ha/a	SFR 12 kg/a
	AFS 63	CR	64,5 mg/l	SFR,s	210 kg/ha/a
Manzell2 an RÜ 4.2					
Gründach MZ2 4-2 (A)	Fläche	0,1260 ha	Ab,a	0,1260 ha	Parametersatz: WB A102 Gründach <10 cm Aufbau
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	714,7 mm/a	VQR 901 m³/a
CSB	CR	83,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR 76 kg/a
	AFS 63	CR	66,9 mg/l	SFR,s	478 kg/ha/a
Manzell1 an RÜ 4.2					
Dach MZ1 4-2 (A)	Fläche	3,8860 ha	Ab,a	3,8860 ha	Parametersatz: A102 (gering)
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	750,7 mm/a	VQR 29.174 m³/a
CSB	CR	79,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR 2.332 kg/a
	AFS 63	CR	37,3 mg/l	SFR,s	280 kg/ha/a
Manzell1 an RÜ 4.2					
Straße MZ1 4-2 (A)	Fläche	5,0430 ha	Ab,a	5,0430 ha	Parametersatz: A102 (mäßig)
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	750,7 mm/a	VQR 37.860 m³/a
CSB	CR	79,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR 3.026 kg/a
	AFS 63	CR	70,6 mg/l	SFR,s	530 kg/ha/a
Manzell1 an RÜ 4.2					
Pflaster MZ1 4-2 (A)	Fläche	0,0430 ha			Parametersatz: A102 Teildurchl. FA 5 bis 10%
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	325,8 mm/a	VQR 140 m³/a
CSB	CR	80,6 mg/l	SFR,s	263 kg/ha/a	SFR 11 kg/a
	AFS 63	CR	64,5 mg/l	SFR,s	210 kg/ha/a

Regenwetterabflüsse
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Regenwetterabflüsse						
Manzell1 an RÜ 4.2						
Gründach MZ1 4-2 (A)	Fläche	0,1190 ha	Ab,a	0,1190 ha	Parametersatz: WB A102	
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	714,7 mm/a	Gründach <10 cm Aufbau VQR 851 m³/a	
CSB	CR	83,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR	71 kg/a
	AFS 63	CR	66,9 mg/l	SFR,s	478 kg/ha/a	SFR
Manzell1 an RÜ 4.2						
Anb MZ1 4-2 (A)	Fläche	0,0052 ha			Parametersatz: A102 unbef. flach	
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	40,7 mm/a	VQR	2 m³/a
CSB	CR	0,0 mg/l	SFR,s	0 kg/ha/a	SFR	0 kg/a
	AFS 63	CR	0,0 mg/l	SFR,s	0 kg/ha/a	SFR
Manzell2 an RÜ 4.2						
Anb MZ2 4-2 (A)	Fläche	0,0055 ha			Parametersatz: A102 unbef. flach	
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	40,7 mm/a	VQR	2 m³/a
CSB	CR	0,0 mg/l	SFR,s	0 kg/ha/a	SFR	0 kg/a
	AFS 63	CR	0,0 mg/l	SFR,s	0 kg/ha/a	SFR
Klinikum Friedrichshafen						
Dach Klinik (A)	Fläche	2,1420 ha	Ab,a	2,1420 ha	Parametersatz: A102 (gering)	
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	750,7 mm/a	VQR	16.081 m³/a
CSB	CR	79,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR	1.285 kg/a
	AFS 63	CR	37,3 mg/l	SFR,s	280 kg/ha/a	SFR
Klinikum Friedrichshafen						
Straße Klinik (A)	Fläche	1,4860 ha	Ab,a	1,4860 ha	Parametersatz: A102 (mäßig)	
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	750,7 mm/a	VQR	11.156 m³/a
CSB	CR	79,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR	892 kg/a
	AFS 63	CR	70,6 mg/l	SFR,s	530 kg/ha/a	SFR
Klinikum Friedrichshafen						
Pflaster Klinik (A)	Fläche	0,0028 ha			Parametersatz: A102 Teildurchl. FA 5 bis 10%	
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	325,8 mm/a	VQR	9 m³/a
CSB	CR	80,6 mg/l	SFR,s	263 kg/ha/a	SFR	1 kg/a
	AFS 63	CR	64,5 mg/l	SFR,s	210 kg/ha/a	SFR

Regenwetterabflüsse
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Regenwetterabflüsse							
Klinikum Friedrichshafen							
Gründach Klinik (A)	Fläche	0,0730 ha	Ab,a	0,0730 ha	Parametersatz: WB A102 Gründach <10 cm Aufbau VQR 522 m³/a		
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	714,7 mm/a			
	CSB	CR	83,9 mg/l	SFR,s	600 kg/ha/a	SFR	44 kg/a
	AFS 63	CR	66,9 mg/l	SFR,s	478 kg/ha/a	SFR	35 kg/a
Retentionsmulde (A)	Fläche	0,1263 ha	Ab,a	0,0000 ha	Parametersatz: RWB-Flächen VQR 1.041 m³/a		
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	824,4 mm/a			
	CSB	CR	0,0 mg/l	SFR,s	0 kg/ha/a	SFR	0 kg/a
	AFS 63	CR	0,0 mg/l	SFR,s	0 kg/ha/a	SFR	0 kg/a
Bodenfilter (A)	Fläche	0,0400 ha	Ab,a	0,0000 ha	Parametersatz: RWB-Flächen VQR 330 m³/a		
	Nbrutto	1.037,5 mm/a	Nnetto	824,4 mm/a			
	CSB	CR	0,0 mg/l	SFR,s	0 kg/ha/a	SFR	0 kg/a
	AFS 63	CR	0,0 mg/l	SFR,s	0 kg/ha/a	SFR	0 kg/a
Gesamt	AE,b	27,1258 ha			AE,nb	0,1645 ha	
	AE,nat	0,0000 ha			AE	27,2903 ha	
	VQR,b	203.649 m³/a			VQR,nb	482 m³/a	
	VQR,nat	0 m³/a			VQR	204.131 m³/a	
	CSB	CR,b	79,4 mg/l				
		CR,nat	0,0 mg/l	CR,nb	79,3 mg/l	CR	79,4 mg/l
		SFR,b,s	596 kg/ha/a				
		SFR,nat,s	0 kg/ha/a	SFR,nb,s	232 kg/ha/a	SFR,s	594 kg/ha/a
		SFR,b	16.176 kg/a				
		SFR,nat	0 kg/a	SFR,nb	38 kg/a	SFR	16.214 kg/a
	AFS 63	CR,b	55,1 mg/l				
		CR,nat	0,0 mg/l	CR,nb	63,4 mg/l	CR	55,1 mg/l
		SFR,b,s	414 kg/ha/a				
		SFR,nat,s	0 kg/ha/a	SFR,nb,s	186 kg/ha/a	SFR,s	412 kg/ha/a
		SFR,b	11.222 kg/a				
	SFR,nat	0 kg/a	SFR,nb	31 kg/a	SFR	11.252 kg/a	

Mischwasserbauwerke
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Mischwasserbauwerke							
RÜ 4.2	Typ	FBH	Q _{Dr,max}	505,0 l/s	te	0,1 h	
	tf,max,kum	7,4 min	V _{sp,kum}	6,1 m ³ /ha	Oberfl.besch.	- m/h	
	A _{E,b}	18,62 ha	V _{min}	0 m ³	V _{vorh}	114 m ³	
	A _{E,b,kum}	18,62 ha	V _{stat}	0 m ³	V _{Becken}	114 m ³	
	Länge	114,00 m	n,ue,d	3,6 d/a	T,ue	2,5 h/a	
	Breite	1,00 m	V _{Que}	4.719 m ³ /a	e ₀	3,37 %	
	Tiefe	1,00 m	m,min	15,0 -	m,vorh	400,8 -	
	CSB	Absetzw.	0,0 %	C _{ue}	79,1 mg/l	SF _{ue,s,kum}	20 kg/ha/a
				SF _{ue}	373 kg/a	SF _{ue,128}	373 kg/a
	AFS 63	Absetzw.	0,0 %	C _{ue}	55,0 mg/l	SF _{ue,s,kum}	14 kg/ha/a
				SF _{ue}	260 kg/a		
	RÜB 4	Typ	FBN	Q _{Dr,max}	90,0 l/s	te	1,4 h
		tf,max,kum	12,4 min	V _{sp,kum}	20,2 m ³ /ha	Oberfl.besch.	- m/h
		A _{E,b}	8,34 ha	V _{min}	0 m ³	V _{vorh}	431 m ³
A _{E,b,kum}		26,96 ha	V _{stat}	0 m ³	V _{Becken}	431 m ³	
Länge		22,00 m	n,ue,d	0,0 d/a	T,ue	0,0 h/a	
Breite		6,00 m	V _{Que}	0 m ³ /a	e ₀	2,33 %	
Tiefe		3,27 m	m,min	15,0 -	m,vorh	0,0 -	
CSB		Absetzw.	0,0 %	C _{ue}	0,0 mg/l	SF _{ue,s,kum}	14 kg/ha/a
				SF _{ue}	0 kg/a	SF _{ue,128}	0 kg/a
AFS 63		Absetzw.	0,0 %	C _{ue}	0,0 mg/l	SF _{ue,s,kum}	10 kg/ha/a
				SF _{ue}	0 kg/a		
Gesamt		A _{E,b}	26,96 ha	V _{stat}	0 m ³	V _{vorh}	545 m ³
				V _{Que}	4.719 m ³ /a	e ₀	2,31 %
		CSB		C _{ue}	79,1 mg/l	SF _{ue,s,kum}	14 kg/ha/a
			SF _{ue}	373 kg/a	SF _{ue,128}	373 kg/a	
					SF _{ueFZB}	- kg/a	
	AFS 63		C _{ue}	55,0 mg/l	SF _{ue,s,kum}	10 kg/ha/a	
			SF _{ue}	260 kg/a			

Mischwasserbauwerke (A102)
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Mischwasserbauwerke (A102)							
RÜ 4.2	Typ	FBH	Q _{Dr,max}	505,0 l/s	te	0,1 h	
	t _{fmax,kum}	7,4 min	V _{sp,kum}	6,2 m³/ha	Oberfl.besch.	- m/h	
	A _{b,a}	18,37 ha	V _{stat}	0 m³	V _{vorh}	114 m³	
	A _{b,a,kum}	18,37 ha	n _{ue,d}	3,6 d/a	V _{Becken}	114 m³	
	Länge	114,00 m	V _{Q_{ue}}	4.719 m³/a	T _{ue}	2,5 h/a	
	Breite	1,00 m	m _{min}	15,0 -	e ₀	3,37 %	
	Tiefe	1,00 m			m _{vorh}	400,8 -	
	CSB	Absetzw.	0,0 %	C _{ue}	79,1 mg/l	SF _{ue,s,kum}	20 kg/ha/a
				SF _{ue}	373 kg/a	SF _{ue,128}	373 kg/a
	AFS 63	Absetzw.	0,0 %	C _{ue}	55,0 mg/l	SF _{ue,s,kum}	14 kg/ha/a
						SF _{ue}	260 kg/a
	RÜB 4	Typ	FBN	Q _{Dr,max}	90,0 l/s	te	1,4 h
		t _{fmax,kum}	12,4 min	V _{sp,kum}	20,5 m³/ha	Oberfl.besch.	- m/h
A _{b,a}		8,27 ha	V _{stat}	0 m³	V _{vorh}	431 m³	
A _{b,a,kum}		26,64 ha	n _{ue,d}	0,0 d/a	V _{Becken}	431 m³	
Länge		22,00 m	V _{Q_{ue}}	0 m³/a	T _{ue}	0,0 h/a	
Breite		6,00 m	m _{min}	15,0 -	e ₀	2,33 %	
Tiefe		3,27 m			m _{vorh}	0,0 -	
CSB		Absetzw.	0,0 %	C _{ue}	0,0 mg/l	SF _{ue,s,kum}	14 kg/ha/a
				SF _{ue}	0 kg/a	SF _{ue,128}	0 kg/a
AFS 63		Absetzw.	0,0 %	C _{ue}	0,0 mg/l	SF _{ue,s,kum}	10 kg/ha/a
						SF _{ue}	0 kg/a
Gesamt		A _{b,a}	26,64 ha	V _{stat}	0 m³	V _{vorh}	545 m³
				V _{Q_{ue}}	4.719 m³/a	e ₀	2,31 %
	CSB		C _{ue}	79,1 mg/l	SF _{ue,s,kum}	14 kg/ha/a	
			SF _{ue}	373 kg/a	SF _{ue,128}	373 kg/a	
	AFS 63		C _{ue}	55,0 mg/l	SF _{ue,s,kum}	10 kg/ha/a	
		SF _{KA}	-3.015 kg/a	SF _{ue}	260 kg/a	SF _{Ges}	-2.756 kg/a
						SF _{Ref,102}	0 kg/a

Regenwasserbehandlung
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Regenwasserbehandlung							
Bodenfilter	Oberhalb DB	ja	Typ Bodenfilter	FFB			
	Vvorh	560 m³	VQzu	60.162 m³/a	ETA, hydr.	34,21 %	
	Einstauhöhe	2,25 m	VQDr	20.554 m³/a	Tein (T=1a)	33,83 h	
	QDr,max	12,00 l/s	VQue	39.579 m³/a	hF,m	51,4 m/a	
	n,ue	20,1 1/a	T,ue	58,7 h/a	hF,max	74,9 m/a	
	CSB	Abbauleistung	70,00 %	Mindestkonz.	0,00 mg/l	Flächenbel.	4,70 kg/m²/a
		Czu	88,7 mg/l	CDr	27,4 mg/l	Cue	87,3 mg/l
		SFzu	5.337 kg/a	SFDr	564 kg/a	SFue	3.456 kg/a
						SFDr+SFue	4.020 kg/a
	AFS 63	Abbauleistung	95,00 %	Mindestkonz.	0,00 mg/l	Flächenbel.	2,20 kg/m²/a
		Czu	56,4 mg/l	CDr	2,9 mg/l	Cue	55,9 mg/l
		SFzu	3.391 kg/a	SFDr	59 kg/a	SFue	2.213 kg/a
						SFDr+SFue	2.272 kg/a
	Retentionsmulde	Oberhalb DB	ja	Typ Bodenfilter	FFB		
Vvorh		2.002 m³	VQzu	40.620 m³/a	ETA, hydr.	75,95 %	
Einstauhöhe		2,40 m	VQDr	30.780 m³/a	Tein (T=1a)	28,42 h	
QDr,max		38,00 l/s	VQue	9.768 m³/a	hF,m	24,4 m/a	
n,ue		4,9 1/a	T,ue	11,9 h/a	hF,max	39,3 m/a	
CSB		Abbauleistung	70,00 %	Mindestkonz.	0,00 mg/l	Flächenbel.	2,10 kg/m²/a
		Czu	85,1 mg/l	CDr	25,8 mg/l	Cue	82,9 mg/l
		SFzu	3.456 kg/a	SFDr	793 kg/a	SFue	810 kg/a
						SFDr+SFue	1.603 kg/a
AFS 63		Abbauleistung	95,00 %	Mindestkonz.	0,00 mg/l	Flächenbel.	1,01 kg/m²/a
		Czu	54,5 mg/l	CDr	2,7 mg/l	Cue	53,8 mg/l
		SFzu	2.213 kg/a	SFDr	84 kg/a	SFue	526 kg/a
						SFDr+SFue	610 kg/a
Gesamt		Vvorh	2.562 m³	VQue	49.347 m³/a		
	CSB	Czu	87,3 mg/l	CDr	26,4 mg/l	Cue	86,4 mg/l
		SFzu	8.793 kg/a	SFDr	1.357 kg/a	SFue	4.266 kg/a
						SFDr+SFue	5.623 kg/a
	AFS 63	Czu	55,6 mg/l	CDr	2,8 mg/l	Cue	55,5 mg/l
		SFzu	5.604 kg/a	SFDr	143 kg/a	SFue	2.739 kg/a
						SFDr+SFue	2.882 kg/a

Regenwasserbehandlung Details
RW-Behandlung Stadtteil Fischbach
Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Bodenfilter				
Kenndaten	Oberhalb DB/RKB		ja	
	Typ Bodenfilter	Fangfilterbecken		
	Länge	L	20,00 m	
	Breite	B	20,00 m	
	Höhe Retentionsraum	HRR	1,25 m	
	Höhe Filterkörper	HFK	1,00 m	
	Böschungsnegung	1 :	0,00 -	
	Anteil Porenvolumen	Vp	0,15 -	
	Filterfläche	AFilter	400,00 m ²	
	Vorhandenes Volumen	Vvorh	560 m ³	
	Drosselleistung	QDr	12 l/s	
	Drosselspende	qDr	0,03 l/(s *m ²)	
	rechnerische Entleerungsdauer	te	13,0 h	
	Abbauleistung (CSB)	Abb	70,00 %	
	Mindestkonzentration (CSB)	Cmin	0,00 mg/l	
	Abbauleistung (AFS)	Abb	95,00 %	
	Mindestkonzentration (AFS)	Cmin	0,00 mg/l	
	Prozessdaten - Menge	Zulaufmenge	VQzu	60.162 m ³ /a
Ablaufmenge		VQDr	20.554 m ³ /a	
Überlaufmenge		VQue	39.579 m ³ /a	
Maximaler Überlauf		Que,max	2.420,41 l/s	
Überlaufdauer		T,ue	58,7 h/a	
Einstaudauer für T = 1 a		Tein (T=1a)	33,8 h	
Anzahl Überlaufereignisse		n,ue	20,1 1/a	
Kalendertage mit Überlauf		n,ue,d	23,6 d/a	
Hydraulischer Wirkungsgrad		ETA, hydr.	34,21 %	
mittl. Flächenbelastung		hF,m	51,4 m/a	
max. Flächenbelastung		hF,max	74,9 m/a	
Prozessdaten - CSB		Zulauffracht	SFzu	5.337 kg/a
		Zulaufkonzentration	Czu	88,7 mg/l
	Stoffl. Flächenbelastung	bF	4,7 kg/m ² /a	
	Ablauffracht	SFDr	564 kg/a	
	Ablaufkonzentration	CDr	27,4 mg/l	
	Überlauffracht	SFue	3.456 kg/a	
	Überlaufkonzentration	Cue	87,3 mg/l	
	Einleitungsfracht	SFDr+SFue	4.020 kg/a	
Prozessdaten - AFS 63	Zulauffracht	SFzu	3.391 kg/a	
	Zulaufkonzentration	Czu	56,4 mg/l	
	Stoffl. Flächenbelastung	bF	2,2 kg/m ² /a	
	Ablauffracht	SFDr	59 kg/a	
	Ablaufkonzentration	CDr	2,9 mg/l	
	Überlauffracht	SFue	2.213 kg/a	
	Überlaufkonzentration	Cue	55,9 mg/l	
	Einleitungsfracht	SFDr+SFue	2.272 kg/a	

Regenwasserbehandlung Details

RW-Behandlung Stadtteil Fischbach

Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Retentionsmulde				
Kenndaten	Oberhalb DB/RKB		ja	
	Typ Bodenfilter	Fangfilterbecken		
	Länge	L	40,54 m	
	Breite	B	40,54 m	
	Höhe Retentionsraum	HRR	1,25 m	
	Höhe Filterkörper	HFK	1,15 m	
	Böschungsnegung	1 :	2,00 -	
	Anteil Porenvolumen	Vp	0,15 -	
	Filterfläche	AFilter	1.263,00 m ²	
	Vorhandenes Volumen	Vvorh	2.002 m ³	
	Drosselleistung	QDr	38 l/s	
	Drosselspende	qDr	0,03 l/(s *m ²)	
	rechnerische Entleerungsdauer	te	14,6 h	
	Abbauleistung (CSB)	Abb	70,00 %	
	Mindestkonzentration (CSB)	Cmin	0,00 mg/l	
	Abbauleistung (AFS)	Abb	95,00 %	
	Mindestkonzentration (AFS)	Cmin	0,00 mg/l	
	Prozessdaten - Menge	Zulaufmenge	VQzu	40.620 m ³ /a
Ablaufmenge		VQDr	30.780 m ³ /a	
Überlaufmenge		VQue	9.768 m ³ /a	
Maximaler Überlauf		Que,max	2.309,59 l/s	
Überlaufdauer		T,ue	11,9 h/a	
Einstaudauer für T = 1 a		Tein (T=1a)	28,4 h	
Anzahl Überlaufereignisse		n,ue	4,9 1/a	
Kalendertage mit Überlauf		n,ue,d	5,8 d/a	
Hydraulischer Wirkungsgrad		ETA, hydr.	75,95 %	
mittl. Flächenbelastung		hF,m	24,4 m/a	
max. Flächenbelastung		hF,max	39,3 m/a	
Prozessdaten - CSB		Zulauffracht	SFzu	3.456 kg/a
		Zulaufkonzentration	Czu	85,1 mg/l
	Stoffl. Flächenbelastung	bF	2,1 kg/m ² /a	
	Ablauffracht	SFDr	793 kg/a	
	Ablaufkonzentration	CDr	25,8 mg/l	
	Überlauffracht	SFue	810 kg/a	
	Überlaufkonzentration	Cue	82,9 mg/l	
	Einleitungsfracht	SFDr+SFue	1.603 kg/a	
Prozessdaten - AFS 63	Zulauffracht	SFzu	2.213 kg/a	
	Zulaufkonzentration	Czu	54,5 mg/l	
	Stoffl. Flächenbelastung	bF	1,0 kg/m ² /a	
	Ablauffracht	SFDr	84 kg/a	
	Ablaufkonzentration	CDr	2,7 mg/l	
	Überlauffracht	SFue	526 kg/a	
	Überlaufkonzentration	Cue	53,8 mg/l	
Einleitungsfracht	SFDr+SFue	610 kg/a		

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissender RWBs RW-Behandlung Stadtteil Fischbach

Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Bodenfilter										
Rang	Beginn	Tein[h]	max h[m]	Que,max[l/s]	VQzu[m³]	VQein[m³]	VQue[m³]	VQein+VQue[m³]	n[1/a]	T[a]
1	11.11.1992 13:25:00	53,50	2,25	776,4	15.079,1	560,3	12.765,7	13.326,0	0,03	30,39
2	20.11.1990 20:40:00	49,25	2,25	733,2	7.932,4	560,3	5.800,9	6.361,2	0,07	15,19
3	05.12.2010 20:05:00	48,50	2,25	408,4	9.341,7	560,2	7.245,2	7.805,4	0,10	10,13
4	30.04.1985 18:10:00	45,50	2,25	841,8	7.904,5	560,3	5.934,2	6.494,6	0,13	7,60
5	11.05.1999 13:05:00	45,42	2,25	547,4	6.259,8	560,2	4.295,2	4.855,4	0,16	6,08
6	20.09.2000 01:15:00	44,33	2,25	681,6	10.370,9	560,3	8.451,3	9.011,6	0,20	5,06
7	18.02.1996 04:20:00	40,67	2,25	318,2	5.352,9	560,1	3.593,5	4.153,6	0,23	4,34
8	27.07.2007 06:20:00	40,67	2,25	600,0	4.942,7	560,2	3.182,3	3.742,6	0,26	3,80
9	09.06.1991 05:50:00	40,50	2,25	648,5	7.239,1	560,3	5.485,9	6.046,2	0,30	3,38
10	12.02.2007 08:25:00	40,50	2,25	427,7	6.036,2	560,2	4.284,8	4.845,0	0,33	3,04
11	04.06.1986 22:30:00	40,42	2,25	607,5	3.483,9	560,2	1.734,6	2.294,8	0,36	2,76
12	29.05.2007 01:20:00	40,00	2,25	646,1	7.008,9	560,3	5.277,0	5.837,3	0,39	2,53
13	03.11.2002 09:45:00	39,33	2,25	325,6	7.878,2	560,1	6.176,1	6.736,3	0,43	2,34
14	13.07.1991 11:00:00	38,92	2,25	1.428,3	6.756,6	560,6	5.070,9	5.631,4	0,46	2,17
15	15.12.2011 17:25:00	38,92	2,25	491,9	9.212,0	560,2	7.529,3	8.089,5	0,49	2,03
16	25.10.2004 06:45:00	38,25	2,25	553,5	8.479,1	560,2	6.824,9	7.385,1	0,53	1,90
17	21.12.1995 10:30:00	37,50	2,25	108,4	2.101,0	560,0	479,8	1.039,8	0,56	1,79
18	02.09.2007 23:35:00	37,33	2,25	518,7	6.630,4	560,2	5.013,0	5.573,2	0,59	1,69
19	10.07.1989 00:45:00	37,17	2,25	514,0	3.015,2	560,2	1.407,2	1.967,4	0,63	1,60
20	28.04.1986 23:50:00	37,08	2,25	777,8	6.936,5	560,3	5.330,4	5.890,7	0,66	1,52
21	01.05.2002 12:55:00	37,08	2,25	368,7	2.482,3	560,1	876,8	1.436,9	0,69	1,45
22	14.06.2003 00:15:00	36,83	2,25	1.083,1	10.034,1	560,4	8.439,6	9.000,0	0,72	1,38
23	22.04.1989 04:25:00	36,67	2,25	1.159,3	12.527,3	560,5	10.940,1	11.500,6	0,76	1,32
24	10.10.1997 10:35:00	36,42	2,25	1.261,9	12.752,7	560,5	11.175,7	11.736,2	0,79	1,27
25	13.06.1995 11:50:00	36,08	2,25	870,8	15.038,6	560,3	13.475,7	14.036,0	0,82	1,22
26	28.05.1986 01:50:00	35,17	2,25	602,6	5.769,7	560,2	4.247,3	4.807,6	0,86	1,17
27	30.11.1995 10:15:00	34,83	2,25	430,9	9.966,2	560,2	8.458,9	9.019,0	0,89	1,13
28	19.07.1994 02:15:00	34,75	2,25	563,4	5.512,8	560,2	4.008,4	4.568,6	0,92	1,09
29	31.03.1988 05:35:00	34,33	2,25	120,5	2.097,4	560,0	610,7	1.170,7	0,95	1,05
30	22.09.2001 21:15:00	33,83	2,25	972,9	9.029,5	560,4	7.566,3	8.126,6	0,99	1,01
31	27.06.2001 03:20:00	33,67	2,25	616,6	5.594,5	560,2	4.135,4	4.695,7	1,02	0,98
32	17.05.1987 07:05:00	32,92	2,25	1.158,6	8.753,6	560,5	7.326,9	7.887,4	1,05	0,95
33	23.03.2006 23:10:00	32,92	2,25	585,6	8.056,1	560,2	6.630,4	7.190,6	1,09	0,92
34	04.08.2012 15:25:00	32,83	2,25	643,7	6.456,7	560,3	5.033,9	5.594,1	1,12	0,89
35	24.03.2001 17:30:00	32,50	2,25	301,0	7.267,9	560,1	5.860,3	6.420,4	1,15	0,87
36	19.05.1999 07:15:00	32,42	2,25	678,5	10.117,6	560,3	8.712,6	9.272,9	1,18	0,84
37	06.05.2004 12:40:00	32,33	2,25	351,6	2.601,7	560,1	1.201,4	1.761,5	1,22	0,82
38	31.10.2000 18:15:00	32,25	2,25	188,6	3.306,6	560,1	1.911,1	2.471,2	1,25	0,80
39	20.03.2005 22:50:00	32,17	2,25	585,1	6.811,9	560,2	5.419,1	5.979,3	1,28	0,78
40	11.09.2012 04:20:00	31,75	2,25	548,0	6.870,0	560,2	5.495,2	6.055,4	1,32	0,76
41	30.07.1993 05:25:00	31,25	2,25	565,6	6.063,5	560,2	4.709,9	5.270,1	1,35	0,74
42	17.08.2008 11:55:00	31,17	2,25	1.404,0	8.662,1	560,6	7.312,8	7.873,4	1,38	0,72
43	05.07.1999 03:15:00	30,83	2,25	704,1	9.673,2	560,3	8.337,5	8.897,8	1,41	0,71
44	14.11.2009 15:20:00	30,83	2,25	759,5	12.711,7	560,3	11.378,9	11.939,2	1,45	0,69
45	18.05.1996 07:15:00	30,75	2,25	1.047,8	8.161,8	560,4	6.829,4	7.389,8	1,48	0,68
46	20.06.1993 06:10:00	30,67	2,25	547,2	3.550,6	560,2	2.223,5	2.783,7	1,51	0,66
47	30.05.2000 05:25:00	30,58	2,25	746,6	7.432,0	560,3	6.106,0	6.666,3	1,55	0,65
48	25.09.2006 03:50:00	30,58	2,25	306,9	3.808,7	560,1	2.485,6	3.045,7	1,58	0,63
49	07.12.2009 00:25:00	30,00	2,25	576,3	6.381,8	560,2	5.083,3	5.643,5	1,61	0,62
50	31.05.1983 04:15:00	29,75	2,25	595,6	5.355,9	560,2	4.067,6	4.627,9	1,65	0,61
51	17.12.1984 20:45:00	29,42	2,25	426,2	10.532,6	560,2	9.258,8	9.819,0	1,68	0,60
52	13.07.2000 23:35:00	29,17	2,25	707,9	5.703,9	560,3	4.441,0	5.001,3	1,71	0,58
53	11.11.1996 12:20:00	28,67	2,25	191,1	1.539,4	560,1	298,7	858,8	1,74	0,57
54	16.06.1991 23:15:00	28,58	2,25	778,0	5.715,2	560,3	4.476,5	5.036,8	1,78	0,56
55	18.12.1999 00:25:00	28,50	2,25	449,7	11.401,1	560,2	10.166,4	10.726,6	1,81	0,55
56	02.08.2010 01:40:00	28,33	2,25	1.169,9	5.950,7	560,5	4.724,7	5.285,1	1,84	0,54
57	15.12.1989 13:10:00	28,08	2,25	666,4	3.630,3	560,3	2.416,7	2.976,9	1,88	0,53
58	10.09.1998 19:10:00	28,08	2,25	427,4	3.291,1	560,2	2.076,8	2.636,9	1,91	0,52
59	28.11.2012 04:10:00	27,92	2,25	538,1	8.060,6	560,2	6.854,1	7.414,4	1,94	0,52
60	22.10.2002 22:20:00	27,58	2,25	579,5	2.957,3	560,2	1.763,8	2.324,0	1,97	0,51
61	17.06.2011 03:35:00	27,58	2,25	561,2	2.136,4	560,2	942,7	1.502,9	2,01	0,50
62	29.03.2000 21:30:00	27,42	2,25	335,2	6.110,4	560,1	4.923,7	5.483,9	2,04	0,49
63	30.07.1989 03:40:00	27,33	2,25	602,6	2.874,0	560,2	1.688,8	2.249,1	2,07	0,48

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissender RWBs RW-Behandlung Stadtteil Fischbach

Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Bodenfilter											
Rang	Beginn	Tein[h]	max h[m]	Que,max[l/s]	VQzu[m³]	VQein[m³]	VQue[m³]	VQein+VQue[m³]	n[1/a]	T[a]	
64	03.07.1992 03:15:00	26,67	2,25	490,9	3.457,6	560,2	2.302,4	2.862,6	2,11	0,47	
65	15.09.1983 04:35:00	26,42	2,25	761,0	4.747,2	560,3	3.602,3	4.162,6	2,14	0,47	
66	25.07.1987 13:25:00	26,25	2,25	409,8	2.483,3	560,2	1.347,3	1.907,4	2,17	0,46	
67	20.08.1983 02:15:00	26,17	2,25	609,9	4.938,5	560,2	3.803,5	4.363,7	2,20	0,45	
68	10.11.1998 02:45:00	26,00	2,25	121,5	1.785,5	560,0	658,9	1.219,0	2,24	0,45	
69	30.06.1986 03:10:00	25,92	2,25	652,9	7.222,4	560,3	6.101,4	6.661,7	2,27	0,44	
70	03.06.1992 11:15:00	25,92	2,25	397,2	2.978,3	560,2	1.856,9	2.417,1	2,30	0,43	
71	17.09.1993 02:15:00	25,92	2,25	640,0	4.179,5	560,3	3.057,2	3.617,4	2,34	0,43	
72	28.10.1998 01:25:00	25,92	2,25	734,0	9.275,1	560,3	8.153,5	8.713,8	2,37	0,42	
73	03.10.1992 03:15:00	25,83	2,25	1.383,4	10.117,1	560,5	8.998,0	9.558,6	2,40	0,42	
74	09.11.1999 03:50:00	25,83	2,25	657,4	11.637,5	560,3	10.518,5	11.078,8	2,44	0,41	
75	13.01.2004 08:05:00	25,83	2,25	190,6	2.926,7	560,1	1.807,3	2.367,4	2,47	0,41	
76	12.09.2010 00:10:00	25,83	2,25	574,5	3.879,4	560,2	2.760,5	3.320,7	2,50	0,40	
77	31.03.1994 20:20:00	25,75	2,25	393,1	5.580,2	560,2	4.465,4	5.025,6	2,53	0,39	
78	19.08.2007 22:10:00	25,42	2,25	773,7	5.898,5	560,3	4.797,9	5.358,3	2,57	0,39	
79	07.09.1987 08:40:00	25,33	2,25	908,6	7.518,4	560,4	6.419,6	6.979,9	2,60	0,38	
80	01.01.1986 17:25:00	25,00	2,25	461,4	7.664,5	560,2	6.583,1	7.143,3	2,63	0,38	
81	05.02.1984 22:50:00	24,92	2,10	0,0	1.077,8	500,3	0,0	500,3	2,67	0,38	

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissender RWBs RW-Behandlung Stadtteil Fischbach

Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Retentionsmulde										
Rang	Beginn	Tein[h]	max h[m]	Que,max[l/s]	VQzu[m³]	VQein[m³]	VQue[m³]	VQein+VQue[m³]	n[1/a]	T[a]
1	11.11.1992 21:20:00	46,83	2,40	739,8	12.100,5	2.003,3	5.683,3	7.686,6	0,03	30,39
2	03.11.2002 10:55:00	39,67	2,40	237,8	6.258,3	2.002,5	825,4	2.827,9	0,07	15,19
3	05.12.2010 20:35:00	39,00	2,40	372,7	7.333,3	2.002,7	1.992,2	3.994,9	0,10	10,13
4	14.06.2003 00:35:00	38,17	2,40	660,6	8.512,0	2.003,2	3.278,3	5.281,5	0,13	7,60
5	22.04.1989 05:00:00	37,75	2,40	792,7	11.039,2	2.003,4	5.863,4	7.866,8	0,16	6,08
6	09.06.1991 06:45:00	37,75	2,40	315,3	5.546,2	2.002,6	362,4	2.365,0	0,20	5,06
7	10.10.1997 12:00:00	36,67	2,40	1.223,3	11.279,5	2.004,1	6.250,4	8.254,5	0,23	4,34
8	29.05.2007 02:20:00	35,92	2,40	260,9	5.342,0	2.002,6	419,2	2.421,7	0,26	3,80
9	30.11.1995 11:05:00	35,17	2,40	395,2	8.533,5	2.002,8	3.713,8	5.716,6	0,30	3,38
10	13.06.1995 14:30:00	35,08	2,40	842,2	13.528,6	2.003,5	8.716,1	10.719,6	0,33	3,04
11	20.09.2000 05:35:00	34,33	2,40	647,9	8.535,7	2.003,2	3.825,1	5.828,2	0,36	2,76
12	22.09.2001 22:10:00	34,25	2,40	940,6	7.642,6	2.003,6	2.947,4	4.951,1	0,39	2,53
13	20.03.2005 23:30:00	33,17	2,40	550,3	5.466,0	2.003,0	921,3	2.924,3	0,43	2,34
14	24.03.2001 18:25:00	32,42	2,40	185,0	5.925,2	2.002,5	1.480,8	3.483,2	0,46	2,17
15	11.09.2012 05:20:00	32,25	2,40	262,5	5.545,7	2.002,6	1.124,6	3.127,2	0,49	2,03
16	18.05.1996 07:35:00	32,08	2,40	665,9	6.888,5	2.003,2	2.485,3	4.488,5	0,53	1,90
17	19.05.1999 08:15:00	32,08	2,40	641,3	8.792,3	2.003,2	4.394,6	6.397,8	0,56	1,79
18	24.03.2006 00:25:00	31,83	2,40	550,8	6.689,9	2.003,0	2.331,7	4.334,7	0,59	1,69
19	01.05.1985 06:00:00	31,75	2,40	630,0	5.886,9	2.003,2	1.529,8	3.533,0	0,63	1,60
20	25.10.2004 09:05:00	31,75	2,40	518,2	6.798,0	2.003,0	2.441,6	4.444,5	0,66	1,52
21	05.07.1999 04:10:00	31,50	2,40	636,1	8.400,3	2.003,1	4.075,3	6.078,5	0,69	1,45
22	17.08.2008 13:10:00	31,50	2,40	929,8	7.387,4	2.003,6	3.067,4	5.071,0	0,72	1,38
23	27.06.2001 04:10:00	30,58	2,25	0,0	4.192,4	1.767,3	0,0	1.767,3	0,76	1,32
24	17.12.1984 21:20:00	30,42	2,40	358,5	9.328,8	2.002,7	5.162,0	7.164,7	0,79	1,27
25	30.05.2000 06:35:00	30,42	2,40	691,0	6.157,2	2.003,2	1.982,8	3.986,1	0,82	1,22
26	11.05.1999 14:15:00	29,75	2,40	346,7	4.364,9	2.002,7	285,4	2.288,1	0,86	1,17
27	18.12.1999 01:05:00	29,17	2,40	390,1	10.241,7	2.002,8	6.241,7	8.244,5	0,89	1,13
28	28.05.1986 07:05:00	29,08	2,40	515,4	4.294,6	2.003,0	302,6	2.305,5	0,92	1,09
29	07.12.2009 01:05:00	28,58	2,40	283,8	5.138,5	2.002,6	1.222,3	3.224,9	0,95	1,05
30	14.11.2009 19:15:00	28,42	2,40	635,0	11.417,5	2.003,2	7.517,4	9.520,6	0,99	1,01
31	13.07.1991 23:25:00	28,17	2,40	579,8	4.610,5	2.003,0	744,8	2.747,9	1,02	0,98
32	29.04.1986 00:10:00	27,83	2,40	654,1	5.391,6	2.003,2	1.576,7	3.579,9	1,05	0,95
33	29.03.2000 22:50:00	27,67	2,40	171,9	4.968,3	2.002,4	1.174,7	3.177,1	1,09	0,92
34	17.06.1991 00:45:00	27,42	2,40	395,3	4.525,3	2.002,8	765,0	2.767,8	1,12	0,89
35	21.11.1990 02:25:00	27,33	2,40	700,1	5.796,9	2.003,3	2.047,6	4.050,8	1,15	0,87
36	30.06.1986 03:30:00	27,25	2,40	587,9	6.155,9	2.003,1	2.421,8	4.424,8	1,18	0,84
37	03.10.1992 03:35:00	27,08	2,40	1.346,1	9.072,8	2.004,3	5.353,5	7.357,8	1,22	0,82
38	28.10.1998 01:50:00	26,83	2,40	696,0	8.219,0	2.003,3	4.537,0	6.540,3	1,25	0,80
39	31.03.1994 21:05:00	26,58	2,40	352,6	4.499,0	2.002,7	859,0	2.861,7	1,28	0,78
40	28.11.2012 07:10:00	26,50	2,40	503,0	6.127,2	2.003,0	3.283,1	5.286,0	1,32	0,76
41	03.09.2007 12:10:00	26,33	2,40	420,2	4.490,9	2.002,8	872,5	2.875,3	1,35	0,74
42	19.07.1994 12:25:00	26,25	2,40	216,6	3.719,0	2.002,5	118,6	2.121,1	1,38	0,72
43	17.05.1987 07:30:00	26,00	2,40	1.119,7	7.400,9	2.003,9	3.837,0	5.840,9	1,41	0,71
44	10.11.1993 23:00:00	25,75	2,40	903,1	9.050,2	2.003,6	5.520,8	7.524,4	1,45	0,69
45	09.11.1999 05:05:00	25,50	2,40	623,3	10.585,2	2.003,1	7.092,7	9.095,8	1,48	0,68
46	15.06.1991 16:40:00	24,50	2,40	600,3	6.584,8	2.003,1	3.217,2	5.220,3	1,51	0,66
47	28.07.2000 02:45:00	24,50	2,40	544,2	5.539,6	2.003,0	2.171,7	4.174,7	1,55	0,65
48	17.10.1990 11:20:00	24,42	2,40	794,3	6.739,3	2.003,4	3.396,3	5.399,7	1,58	0,63
49	06.05.1994 14:05:00	24,25	2,40	551,9	6.465,4	2.003,0	3.137,9	5.140,9	1,61	0,62
50	30.07.1993 14:05:00	24,17	2,40	530,3	3.836,1	2.003,0	517,3	2.520,3	1,65	0,61
51	21.03.1986 19:45:00	23,92	2,40	282,6	5.623,4	2.002,6	2.341,8	4.344,4	1,68	0,60
52	14.07.2000 05:00:00	23,50	2,40	403,9	4.169,6	2.002,8	939,7	2.942,4	1,71	0,58
53	07.09.1987 11:30:00	23,42	2,40	878,8	6.477,7	2.003,5	3.260,5	5.264,0	1,74	0,57
54	03.06.1988 15:30:00	23,25	2,40	129,1	3.343,9	2.002,4	154,9	2.157,2	1,78	0,56
55	02.01.2003 06:05:00	23,17	2,19	0,0	3.174,8	1.668,1	0,0	1.668,1	1,81	0,55
56	31.05.1983 04:40:00	23,00	2,40	389,9	4.106,0	2.002,8	951,5	2.954,3	1,84	0,54
57	07.08.2001 08:50:00	23,00	2,40	1.990,8	9.251,1	2.005,3	6.097,8	8.103,1	1,88	0,53
58	06.04.1997 15:35:00	22,92	2,40	90,1	3.371,3	2.002,3	225,8	2.228,1	1,91	0,52
59	12.03.1998 20:50:00	22,83	2,40	125,8	3.559,3	2.002,4	433,6	2.435,9	1,94	0,52
60	12.09.1994 13:50:00	22,75	2,40	376,1	3.867,1	2.002,7	740,8	2.743,6	1,97	0,51
61	08.10.2012 01:35:00	22,42	2,35	0,0	3.075,5	1.920,2	0,0	1.920,2	2,01	0,50
62	17.09.1993 02:30:00	22,33	2,40	67,4	3.093,4	2.002,3	29,1	2.031,3	2,04	0,49
63	13.05.2001 22:20:00	22,33	2,40	645,4	5.118,5	2.003,2	2.052,2	4.055,4	2,07	0,48

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissender RWBs RW-Behandlung Stadtteil Fischbach

Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

Retentionsmulde											
Rang	Beginn	Tein[h]	max h[m]	Que,max[l/s]	VQzu[m³]	VQein[m³]	VQue[m³]	VQein+VQue[m³]	n[1/a]	T[a]	
64	18.02.1996 05:10:00	22,17	2,36	0,0	3.038,0	1.943,2	0,0	1.943,2	2,11	0,47	
65	01.01.1986 18:45:00	22,00	2,40	426,0	6.641,0	2.002,8	3.620,2	5.623,1	2,14	0,47	
66	15.06.2001 03:20:00	22,00	2,40	451,0	4.506,8	2.002,9	1.488,9	3.491,7	2,17	0,46	
67	16.12.2011 10:00:00	21,75	2,40	456,5	5.523,4	2.002,9	2.541,2	4.544,1	2,20	0,45	
68	11.03.2010 17:00:00	21,50	2,40	247,8	3.166,4	2.002,6	213,8	2.216,4	2,24	0,45	
69	21.05.1993 07:15:00	21,42	2,10	0,0	2.937,2	1.536,2	0,0	1.536,2	2,27	0,44	
70	20.02.1999 14:55:00	21,42	2,40	368,6	4.834,9	2.002,7	1.894,0	3.896,8	2,30	0,43	
71	23.08.2012 18:10:00	21,42	2,40	1.065,2	6.265,4	2.003,8	3.324,2	5.328,0	2,34	0,43	
72	12.04.1994 05:25:00	21,25	2,40	146,9	3.516,5	2.002,4	595,1	2.597,5	2,37	0,42	
73	25.09.1988 10:10:00	21,17	2,40	863,4	7.061,2	2.003,5	4.161,8	6.165,3	2,40	0,42	
74	29.07.2010 22:25:00	21,17	2,40	538,0	5.767,5	2.003,0	2.859,1	4.862,1	2,44	0,41	
75	08.12.1988 06:10:00	21,08	2,40	532,0	3.474,0	2.003,0	582,2	2.585,2	2,47	0,41	
76	04.08.2012 15:55:00	20,83	2,40	570,3	5.079,3	2.003,1	2.220,6	4.223,6	2,50	0,40	
77	09.04.1999 20:40:00	20,75	2,40	724,7	6.784,8	2.003,3	3.941,1	5.944,4	2,53	0,39	
78	16.11.2003 18:05:00	20,58	2,40	717,5	4.794,0	2.003,3	1.973,4	3.976,7	2,57	0,39	
79	02.10.1993 18:10:00	20,50	2,40	1.131,5	6.625,1	2.003,9	3.812,9	5.816,8	2,60	0,38	
80	14.03.2001 11:10:00	20,50	2,40	467,7	3.868,8	2.002,9	1.053,8	3.056,7	2,63	0,38	
81	19.03.1997 11:25:00	20,25	2,40	169,5	3.100,3	2.002,4	326,5	2.328,9	2,67	0,38	

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen der MWBs RW-Behandlung Stadtteil Fischbach

Modus: Nachweis

Stand: Dienstag, 12. Juli 2022

RÜ 4.2										
Rang	Beginn	Tein[h]	max h[m]	Vmax[m³]	VQzu[m³]	VQue[m³]	Tue[h]	Que,max[l/s]	SFue[kg]	
1	29.06.1994 16:40:00	0,08	1,21	137,9	1.612,5	1.448,1	0,1	4.826,9	104,62	
2	31.08.1999 12:10:00	0,08	1,24	141,7	1.996,4	1.828,5	0,1	6.095,0	104,09	

Anhang C

Nachweisrechnung Längsbeschickungsrinne

Projekt : Stadt Friedrichshafen - RBF/RM am RÜB 4
Nachweis Längsbeschickungsrinne

Projektnummer: 1

Datum: 05.07.2022

Einzelprofil-Nr.	:	1		
Profil-km	:	+ 0 km + 0,00 m		
Berechnungsverfahren	:	Manning-Strickler		
			links	Mitte
				rechts
Wassermenge Q	(m3/s)	:		2,905
Sohlgefälle	(o/oo)	:		1,088
Rauheitsklasse	:	34	34	12
Rauheitsbeiwert kst	:	65,0	65,0	35,0
Bewuchsparameter	:	0,000	0,000	0,000
Hydraulische Grenze	(m)	:	-0,88	0,00
Vorlandgrenze	(m)	:	-0,87	0,87
Aufnahmeachse	(m)	:		0,00
Wasserspiegellage	(m+NN)	:		399,233
Wassertiefe	(m)	:		0,883
Benetzte Fläche	(m2)	:	0,002	1,497
Benetzter Umfang	(m)	:	0,833	1,741
Fließgeschwindigkeit	(m/s)	:	0,038	1,940
Abflussleistung	(m3/s)	:	0,000	2,905
Froude-Zahl	:			0,668 - strömend
Grenztiefe	(m)	:		0,681
Grenzgeschwindigkeit	(m/s)	:		2,536
Grenzgefälle	(o/oo)	:		2,661

PROGRAMM REHM/FLUSS 15.1 (1D)

BIOPLAN Ingenieurgesellschaft mbH * Karlsplatz 1 * 74889 Sinsheim

Projekt : Stadt Friedrichshafen - RBF/RM am RÜB 4
Nachweis Längsbeschickungsrinne

Projektnummer: 1

Datum: 05.07.2022

Einzelprofil-Nr. : 1

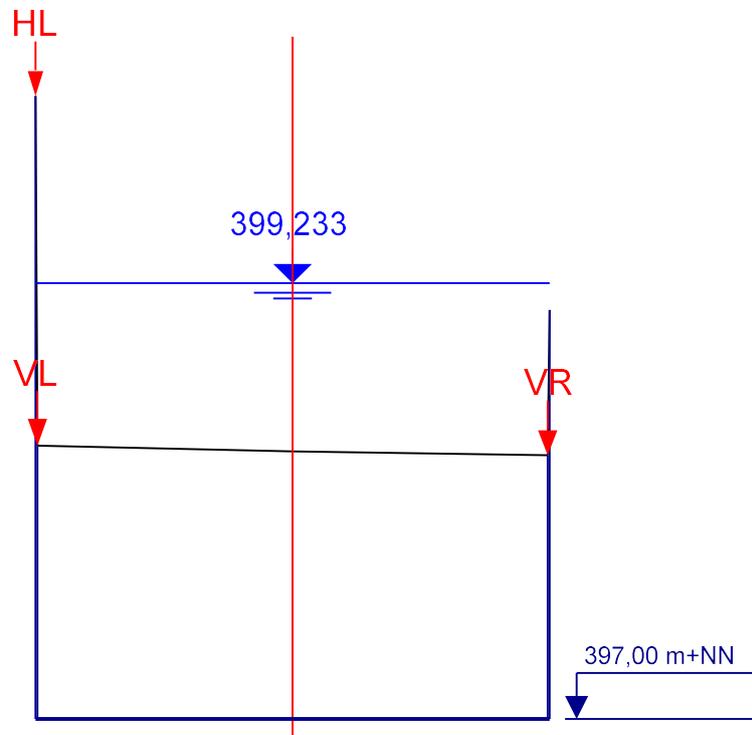
Profil-km : + 0 km + 0,00 m

Profil - Koordinaten :

Länge (m)		Höhe (m+NN)	Länge (m)		Höhe (m+NN)	Länge (m)		Höhe (m+NN)
-0,88	HL	400,20						
-0,87	VL	398,40						
0,00	AA	398,37						
0,87	VR	398,35						
0,88		399,10						

Einzelprofil-Nr. : 1

Profil-km : + 0 km + 0,00 m



unmaßstäbliche Darstellung!

Einzelprofil-Nr. : 1

Profil-km : + 0 km + 0,00 m

Schlüsselkurve des berechneten Einzelprofils :

Wsp. (m+NN)	Q (m ³ /s)
398,433	0,036
398,526	0,165
398,619	0,362
398,712	0,617
398,805	0,923
398,898	1,277
398,991	1,675
399,084	2,115
399,177	2,596
399,270	3,115
399,363	3,673
399,456	4,264
399,549	4,890
399,642	5,551
399,735	6,246
399,828	6,975
399,921	7,730
400,014	8,521
400,107	9,337
400,200	10,193

