



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT



RÜB-BW

DWA-LANDESVBAND Baden-Württemberg
Optimierte Anlagen, Optimaler Nutzen!



Klare Konzepte, Saubere Umwelt.

Landesverband
Baden-Württemberg

RÜB-BW THEMENBERICHT.07

Gesamtsystembetrachtung von Mischwasserbehandlung, Kläranlage und Einleitgewässern

Eine Betrachtung und Ausrichtung der Mischwasserbehandlung im Gesamtsystem hat für den Gewässerschutz eine zentrale Bedeutung und ist Voraussetzung für nachhaltige Investitionsentscheidungen. Planungen für einzelne Abwasseranlagen ohne integrale Betrachtungen im Gesamtsystem sind in vielen Fällen weder zeitgemäß noch zielführend. Dementsprechend müssen die über Jahrzehnte gewachsenen Abwassersysteme in Baden-Württemberg, die überwiegend in leistungsschwache Gewässer entlasten, verantwortungsvoll ausgerichtet und weiterentwickelt werden.

Der vorliegende Themenbericht gibt am Beispiel der Stadt Herbolzheim einen Überblick, weshalb eine qualifizierte Gesamtsystembetrachtung von Mischwasserbehandlung, Kläranlage und Einleitgewässern wichtig ist und wie diese gelingen kann. Diese Vorgehensweise bringt erhebliche interdisziplinäre Synergieeffekte mit sich. Von besonderer Bedeutung sind die Herleitung und Berücksichtigung von gewässerbezogenen Anforderungen, die Ausrichtung der Mischwasserbehandlung im Gesamtsystem sowie eine möglichst realitätsnahe, modelltechnische Abbildung der Mischwasserbehandlung und der Kläranlage.

GESAMTSYSTEMBETRACHTUNG – GRUNDLAGEN:

Ziel der Gesamtsystembetrachtung ist es die Mischwasserbehandlung in einem Kläranlageneinzugsgebiet und die Mischwasserbehandlung auf der Kläranlage bestmöglich auf-

einander auszurichten und dabei die gewässerbezogenen Anforderungen für jede einzelne Einleitung zu berücksichtigen. Der Mischwasserabfluss zur Kläranlage Q_M und der Spreizungsfaktor $f_{s,QM}$ (vgl. DWA-A 198) sind die Stellschrauben zur gemeinsamen Ausrichtung von Kläranlage und Mischwasserbehandlung. Kläranlage und Kanalnetz sind über Q_M bemessungstechnisch verknüpft. Eine Q_M -Erhöhung führt zu einem größeren Mischwasseranteil, der auf der Kläranlage behandelt wird und zu einem größeren Unterschied zwischen Regenwetter- und Trockenwetterbeaufschlagung (d. h. der Spreizungsfaktor $f_{s,QM}$ erhöht sich). Eine Reduzierung der Mischwasserentlastungstätigkeit im Kläranlageneinzugsgebiet kann, in diesem Fall durch eine daran angepasste Erhöhung von Drosselabflüssen, erzielt werden.

Die maximal mögliche Zulaufmenge zu Kläranlagen im Regenwetterfall ist jedoch aus verschiedenen Gründen begrenzt. Insbesondere wird die Kläranlage mit einsetzendem Mischwasserzufluss mit einer höheren Fracht (insbesondere Frachtstoß aus Vorklärbecken) beaufschlagt, die durch die Nitrifikation verarbeitet werden muss. Da das Leistungsvermögen der Nitrifikation bezogen auf Belastungsschwankungen limitiert ist (sog. ›Elastizität‹ der Nitrifikanten), führen zu große Frachtstöße insbesondere zu kurzzeitigen NH_4 -Spitzen im Kläranlagenablauf. Je nach Häufigkeit, Dauer der Einwirkung und weiteren Rahmenbedingungen (Temperatur, pH-Wert, Mischverhältnis) kann dies zu akuten Schädigungen der Fließgewässerfauna führen.

Analog zu Kläranlageneinleitungen müssen auch Mischwasserentlastungsentlastungen gewässerbezogene Anforderungen erfüllen. Nach dem LUBW-Leitfaden ›Gewässerbezogene Anforderungen an Abwassereinleitungen‹ werden gewässerbezogene Anforderungen an Mischwasserentlastungsanlagen insbesondere über die zulässige Entlastungshäufigkeit $n_{ue,d}$ oder das Erfordernis eines Retentionsbodenfilters festgelegt. Dies erfolgt in der Regel auf Grundlage gewässerökologischer Untersuchungen.

ABWASSERSYSTEM - BEISPIEL HERBOLZHEIM:

Die Kernstadt Herbolzheim mit vier Ortsteilen (11.000 Einwohner) verfügt über ein Mischsystem mit einem Gesamteinzugsgebiet von $A_E = 376$ ha. Es werden sieben Mischwasserentlastungsanlagen mit einem Beckenvolumen von 3.926 m^3 betrieben. Die mechanisch-biologische Kläranlage Herbolzheim (Größenklasse 4) mit Phosphatfällung wird mit anaerober Stabilisierung und vorgeschalteter Denitrifikation betrieben. Alle Nachweise zur Abwasserbehandlung (Kläranlage, Kanalnetz und Sonderbauwerke) mussten im Vorfeld der Wasserrechtsverfahren aktualisiert werden.

In enger Abstimmung mit allen Projektbeteiligten wurde entschieden, die Leistungen für die Aufstellung des Generalentwässerungsplans und der Kläranlagennachweise zeitgleich und als Gesamtsystembetrachtung zu erarbeiten.

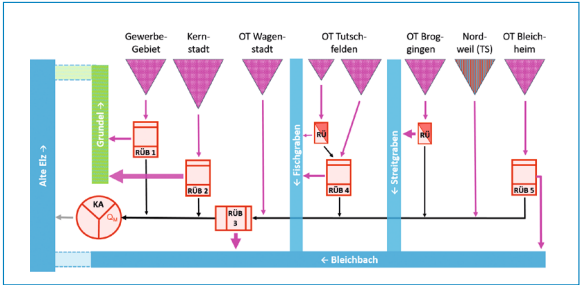


Abb. 1: Systemplan des Mischwassereinzugsgebietes der Kläranlage Herbolzheim (KA) mit Mischwasserentlastungseinleitungen (RÜB, RÜ) und Einleitgewässern (grün: trockenfallendes Gewässer)

GEWÄSSERBEZOGENE ANFORDERUNGEN – DURCHFÜHRUNG

Die gewässerbezogenen Anforderungen an die Abwassereinleitungen wurde nach dem o. g. LUBW-Leitfaden für den Bestand und für die u. g. Ausbauvariante der Kläranlage geprüft. Aus der gewässerökologischen Begutachtung ergab sich, für die im vorliegenden Fall immissionsrelevanten Parameter, folgendes behördliches Anforderungsprofil an die Planung der künftigen Abwassereinleitungen, welches über die Mindestanforderungen der Abwasserverordnung bzw. die Emissionsanforderungen hinausgeht:

Tabelle 1: Gewässerbezogene Anforderungen an die künftigen Mischwasserentlastungseinleitungen (*aus kalibriertem Modell)

Mischwas-sereinleitung	Entlastungs-häufigkeit $n_{ue,d}$ /-volumen V_{ue} ; Bestand*	Gewässeröko-logisch signifi-kante Wirkung	Anforderungs-profil an gewäs-serverträgliche Einleitung
RÜB 1 Birkenwald in Grundel (vor Kläran-lage)	9 d/a 7.392 m^3/a	nein (keine Ge-wässerbio-zonöse); nach trockenfal-lendes einlei-tungsfrei zu hal-tendes Gewässer	Gemeinsame Einleitung mit $n_{ue,d} \leq 10/\text{a}$ (Re-tentionsbodenfil-ter oder zus. Speichervolumen), da nach Leitfaden emp-fohlene Auslei-tung (Grundwas-serschutz) ge-prüft und nicht möglich
RÜB 2 Herbolzheim West in Grundel (vor Kläran-lage)	44 d/a 232.240 m^3/a		
RÜB 3 Wagen-stadt in Bleichbach	83 d/a 71.734 m^3/a	ja	$n_{ue,d} \leq 25/\text{a}$
RÜB 4 / RÜ Tutschfelden in Fischgraben	10 d/a 4.991 m^3/a	eher nein; weiteres Moni-toring notwendig	keine Erhöhung $n_{ue,d}$, Fremdwas-serbeseitigung, Ertüchtigung Bauwerksaus-stattung
RÜB 5 Bleich-heim in Bleich-bach	23 d/a 7.003 m^3/a	nein	keine Erhöhung $n_{ue,d}$
RÜ Broggin-gen in Streitgraben	99 d/a 45.264 m^3/a	ja	Umbau in RÜB mit $n_{ue,d} \leq 25/\text{a}$

Tabelle 2: Gewässerbezogene Anforderungen an die künftige Kläranlageneinleitung (mit Q_M -Erhöhung auf 220 l/s) für die im vorliegenden Fall immissionsrelevanten Parameter; [Gewässergutachten: BNÖ]

Parameter im Kläranlagenablauf	Gewässerökologische Empfehlung (gewässer-verträglicher Ablaufwert)	Anforderungsprofil GW: Grenzwert KW: Kontrollwert
Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$)	Spitzenwerte zur Vermeidung <u>akuter</u> Wirkung: $\leq 5,0 \text{ mg/l}$ bei $12\text{-}20^\circ\text{C}$ $\leq 4,5 \text{ mg/l}$ bei $> 20^\circ\text{C}$ keine <u>chronische</u> Wirkrelevanz	GW: 5 mg/l bei $\geq 12^\circ\text{C}$ im Belebungsbecken
Phosphor, gesamt (P_{ges})	Mittlerer Ablaufwert, um Erreichung eines guten Gewässerzustandes nicht zu erschweren: $\leq 0,25 \text{ mg/l}$	GW: 0,5 mg/l KW: 0,25 mg/l (Jahresmittelwert aus 24 h-Mischproben)

HANDLUNGSBEDARF MISCHWASSERBEHANDLUNG

Nach der ersten Schmutzfrachtsimulationsberechnung (mit $Q_M = 161 \text{ l/s}$), bei der gewässerverträgliche Entlastungshäufigkeiten (Tab. 1) berücksichtigt wurden, ergab sich ein weit über die Emissionsanforderungen hinausgehender Mehrbedarf an Behandlungsvolumen. Vor dem Hintergrund des erheblichen Handlungsbedarfs mit entsprechender finanzieller Tragweite sollte das System möglichst realitätsnah abgebildet werden. Demensprechend wurde das Schmutzfrachtsimulationsmodell anschließend anhand von örtlich gemessenen Niederschlags- und Abflussdaten hydrologisch kalibriert (vgl. Abb. 2). Betrachtet wurden insbesondere

- ereignisbezogene Abflussmessdaten an zentralen Knoten des Misch- und Trennsystems (u. a. aus Fremdwasserbeseitigungskonzept) und der Kläranlage,
- RÜB-Messdaten: gemessene Drosselkennlinien der Regenüberlaufbecken (Drosselprüfungen nach Eigenkontrollverordnung)
- und Reglements/Kennlinien von Sonderbauwerken.

Zur Kalibrierung der Modelleingangsdaten wurden an verschiedenen Knoten des Mischsystems gemessene mit modellierten Ganglinien verglichen. Zudem erfolgte ein jahresbezogener Vergleich von gemessenen und (mit gemessenen Regendaten) modellierten RÜB-Entlastungskenndaten (Entlastungshäufigkeit $n_{\text{ue,d}}$, Entlastungsdauer T_{ue} und Entlastungsvolumen V_{ue}). Nach der hydrologischen Kalibrierung wiesen die Modellergebnisse sowohl bei den Ganglinien als

auch bei den Entlastungskenndaten eine gute Übereinstimmung mit der gemessenen Realität auf. Damit stand für die Entwicklung von verschiedenen Ausbauszenarien der Mischwasserbehandlung ein belastbares Planungsinstrument zur Verfügung.

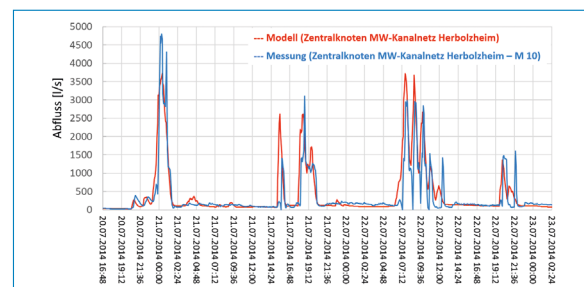


Abb. 2: Vergleich einer der gemessenen und der nach der hydrologischen Kalibrierung des Schmutzfrachtsimulationsmodells modellierten Ganglinien [ZINK Ingenieure]

HANDLUNGSBEDARF KLÄRANLAGE

Zunächst zeigten vertiefende fachplanerische Betrachtungen zur Kläranlage, dass diese trotz ausgeschöpfter Möglichkeiten bei der Anlagenoptimierung an der Belastungsgrenze angekommen ist. U. a. gab es Probleme bei der bisherigen Mischwasserbeaufschlagung ($Q_M = 161 \text{ l/s}$ entspricht hier $f_{s,QM} = 8,5$). Auch bezüglich des bisher einstraßigen Anlagenbetriebs bestand Handlungsbedarf.

Aus dem erheblichen Ausbaubedarf der Mischwasserbehandlung und den gewässerbezogenen Anforderungen an die Kläranlageneinleitung, ergab sich insbesondere die Frage, wie zukünftig die Mischwasserbeaufschlagung Q_M konfiguriert werden soll. Obwohl die Kläranlage im Bestand mit einer großen Spreizung $f_{s,QM}$ betrieben wird, wurde dennoch in Erwägung gezogen, den Ausbaubedarf der Mischwasserbehandlung im Bereich des Kanalnetzes durch eine Q_M -Erhöhung (im Rahmen des ohnehin erforderlichen Kläranlagenausbaus) zu minimieren.

Hierzu wurde ein dynamisches Kläranlagensimulationsmodell (DWA-A 131) aufgebaut, mit dem auch höhere Spreizungen ($f_{s,QM} > 9$), der Regenfrachtstoß aus dem Zulauf und des Vorklärbeckens, sowie die Ablaufwerte für $\text{N}_{\text{H}_4\text{-N}}$ (auch Anforderungen $< 5 \text{ mg/l}$) ereignisbezogen abgebildet werden können. Dieses Modell wurde anhand aktueller Betriebsdaten verifiziert.

MISCHWASSERKONZEPTION IM GESAMTSYSTEM

Die Mischwasserbehandlung ist mit einer derzeit vergleichsweise hohen Spreizung von $f_{s,QM} = 8,5$ und einem spezifischen Speichervolumen V_{sp} von rund $18 \text{ m}^3/\text{ha}_{Au_ist}$ sinnvoll auf die Teilsysteme Kläranlage und Kanalnetz ausgerichtet. Jedoch ist sie zu klein dimensioniert, um die gewässerbezogenen Anforderungen (vgl. Tab. 1) an die Einleitungen einzuhalten. Gleichzeitig ist das Entlastungsverhalten einzelner Mischwasserentlastungsanlagen auffällig hoch, wovon auch empfindliche Gewässer betroffen sind.

Sowohl für die Mischwasserbehandlung im Kläranlageneinzugsgebiet als auch für die Kläranlage wurden deshalb durch die jeweiligen Fachplaner verschiedene Ausbauvarianten und -szenarien entwickelt:

Kläranlage: Interkommunale Anschlusslösung, Ausbau als Membranbiologie und konventioneller Ausbau

Mischwasserbehandlung: Schaffung von zentralen bzw. peripheren Behandlungsvolumina, Anpassung der Drosselabflüsse, Nachbehandlung mittels Retentionsbodenfilter

Für die Kläranlage und die Mischwasserbehandlung wurden verschiedene Varianten der Mischwasserbeaufschlagung Q_M betrachtet, sowie auf Realisierbarkeit und Kosten überprüft. Insbesondere wurden die Grenzen der maximal möglichen Mischwasserbeaufschlagung für den danach vorzugswürdigen konventionellen Ausbau der Kläranlage (auf 18.000 EW) anhand der dynamischen Kläranlagensimulation geprüft.

Zu entscheiden war, ob und inwieweit die Mischwasserbehandlung im Gesamtsystem durch einen großen Anteil der Mischwasserbehandlung auf der Kläranlage (Q_M hoch) oder durch den Neubau von Behandlungsvolumen im Kanalnetz (Q_M niedrig) ertüchtigt werden soll.

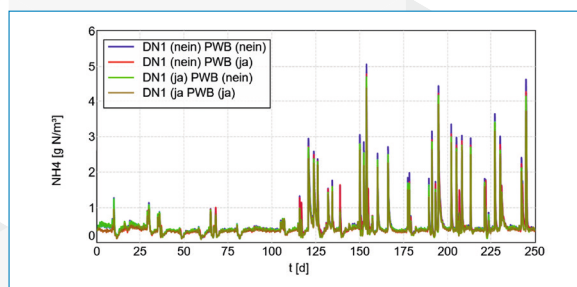


Abb. 3: Nachweis zur Einhaltung der gewässerbezogenen Anforderungen für Ammonium (Ablauf Nachklärung) mittels dynamischer Kläranlagensimulation mit Q_M -Erhöhung auf 220 l/s [Ifak]

Aufgrund der technischen und ökonomischen Vorteile wurde die mittels dynamischer Kläranlagensimulation nachgewiesene Variante mit der maximal möglichen Mischwasserbeaufschlagung von $Q_M = 220 \text{ l/s}$ als Rahmenbedingung für den Ausbau der Kläranlage und den Ausbau der Mischwasserbehandlung im Kläranlageneinzugsgebiet festgelegt. Die Simulation, bei welcher auch der entscheidende Regenwetter-Fruchtstoß aus Kläranlagenzulauf und Vorklärbecken berücksichtigt wurde, zeigte, dass die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anforderungen einhaltbar sind (vgl. Tab. 2 und Abb. 3).

Gegenüber der ursprünglich betrachteten Kläranlagenausbauvariante für $Q_M = 161 \text{ l/s}$ ergibt sich infolge der Erhöhung auf $Q_M = 220 \text{ l/s}$ (entspricht Erhöhung $f_{s,QM}$ von 8,5 auf 11,6) lediglich der Bedarf, am ohnehin sanierungsbedürftigen Zulaufhebwerk, zwei leistungsfähigere Förderschnecken einzubauen.

Für die Mischwasserbehandlung im Kläranlageneinzugsgebiet bietet sich eine zentral ausgerichtete Konzeption an. Diese sieht neben der Q_M -Erhöhung insbesondere vor, die unmittelbar vor der Kläranlage gelegenen RÜB 2 Herbolzheim West und RÜB 1 Birkenwald zu einer gemeinsamen zentralen Mischwasserbehandlungsanlage mit zusätzlichem Speichervolumen und nachgeschalteten Retentionsbodenfilter auszubauen. Der Retentionsbodenfilter (5600 m^3) wurde gemäß der Anforderungen nach Tabelle 1 mit einer Entlastungshäufigkeit von $n_{u-e,d_RBF} < 10/a$ bemessen.

Infolge einer Erhöhung der Mischwasserbeaufschlagung Q_M auf 220 l/s, der hydrologischen Modellkalibrierung, sowie weiterer geplanter Maßnahmen (s. u.) reduziert sich das erforderliche Gesamtvolumen der Mischwasserbehandlung im Bereich des Kanalnetzes um fast die Hälfte.

Durch die hydrologische Kalibrierung des Schmutzfrachts Simulationsmodells und der damit einhergehenden realitätsnahen Abbildung der Mischwasserentlastungstätigkeit konnten der Ausbau von Speichervolumen um insgesamt 11 % und die Filterfläche des zentralen Retentionsbodenfilters um rund 30 % reduziert werden (Baukosteneinsparung mindestens 750.000 €).

MASSNAHMENÜBERSICHT

Aus der Gesamtsystembetrachtung mit umfangreichen Variantenbetrachtungen ergab sich folgendes gesamtkonzeptionelles Maßnahmenpaket, welches im Wesentlichen einen zentralen Ausbau der Mischwasserbehandlung berücksichtigt und das Anforderungsprofil nach Tabelle 1 und 2 einhält:

- Konventioneller Ausbau und Modernisierung der Kläranlage (mit zweiter Behandlungsstraße) und Erhöhung von $Q_M = 161 \text{ l/s}$ auf 220 l/s
- Ausbau der RÜB 2 Herbolzheim West und RÜB 1 Birkenwald zu einer gemeinsamen zentralen Mischwasserbehandlungsanlage mit Retentionsbodenfilter
- Anpassung weiterer RÜB/RÜ mit untergeordneter Schaffung von peripherem Speichervolumen, Anpassung von Drosselabflüssen, Optimierung der Bauwerksausstattung
- Abkoppelung angeschlossener Außengebiete

ALLGEMEINGÜLTIGE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Gesamtsystembetrachtung am Beispiel der Stadt Herbolzheim hat gezeigt, dass

- reine emissionsbezogene Optimierungen der Mischwasserbehandlung mit dem Ziel einer niedrigen Gesamtschmutzfracht bzw. einer gleichmäßigen Verteilung des Entlastungsverhaltens lokalen gewässerbezogenen Anforderungen entgegenstehen kann (z. B. periphere Mischwassereinleitungen an leistungsschwachen Gewässern),
- Defizite bei der Mischwasserbehandlung und das erforderliche Behandlungsvolumen im Bereich des Kanalnetzes durch eine Erhöhung von Q_M mit einhergehenden Drosselabflusserhöhungen an RÜB erheblich reduziert werden können. Auch aus monetären Gründen sollte die Kläranlage als wichtige Option zur Ertüchtigung Mischwasserbehandlung unbedingt betrachtet werden (auch bei Überschreitung des $f_{s,QM}$ -Toleranzband nach DWA-A 198);

AUTOR DIESER AUSGABE:

Julian Schab

Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz

Landratsamt Emmendingen

Bahnhofstraße 2 – 4 · 79312 Emmendingen

- ein hydrologisch kalibriertes Schmutzfrachtsimulationsmodell das Mischwasserentlastungsverhalten realitätsnah abbilden kann und ein geeignetes Planungswerkzeug für eine anforderungsscharfe Mischwasserbehandlungskonzeption darstellt,
- und mit der dynamischen Kläranlagensimulation ein geeignetes Nachweis- und Planungswerkzeug für den Nachweis hoher Mischwasserbeaufschlagungen und für Optimierungszwecke zur Verfügung steht.

QUELLEN

- ATV-DVWK (2003): Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198 – Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen, korrigierte Fassung Dezember 2004, S. 20ff.
- LUBW (2015): Leitfaden – Gewässerbezogene Anforderungen an Abwassereinleitungen, www.lubw.baden-wuerttemberg.de.
- Julian Schab, Ulrike Fuchs, Stefan Krämer (2020): Gewässerbezogene Anforderungen an Mischwasserentlastungseinleitungen nach dem Leitfaden ›Gewässerbezogene Anforderungen an Abwassereinleitungen‹, Wasser und Abfall, 2020, Heft 11, S. 35ff.
- RP Freiburg (2018): Merkblatt Schmutzfrachtsimulation mit Vorgaben zur hydrologischen Kalibrierung, <http://kommunal-abwasser.xobor.de/>
- DWA (2020): Merkblatt DWA-M 165-1 (Gelbdruck) – Niederschlag-Abfluss- und Schmutzfrachtmodelle in der Siedlungsentwässerung - Teil 1: Anforderungen, S. 54ff.
- DWA, BWK (2020): 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; S. 84ff.

HERAUSGEBER:

DWA-Landesverband Baden-Württemberg

Rennstraße 8 · 70499 Stuttgart

Telefon: 0711 896631-0 · Fax: 0711 896631-111

E-Mail: info@dwa-bw.de

www.rueb-bw.de

Stand: Juli 2021