

# Hydraulischer Einzelnachweis

## Genehmigungsplanung

Sanierung der Kläranlage Mittelbrunn

Neubau Nachklärbecken

Verbandsgemeindewerke Landstuhl

**Projekt Nr.:** 27052  
**Datum:** 30.08.2024  
**Ort:** Kaiserslautern

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>		Seite
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	3
2	Berechnungsverfahren und Grundlagen HyBeKA	3
3	Bemessungsgrundlagen	5
4	Darstellung und Erläuterung der Eingabedateien	5
4.1	Systemlogik-Datei	5
4.2	Geometrie-Datei	6
4.3	Hydraulische Angaben	7
4.4	Allgemeine Angaben	7
5	Ergebnisse der Einzelnen Lastfälle	9

<b>ANLAGENVERZEICHNIS</b>	
1	Allgemeine Angaben
2	Systemlogik
3	Geometriedaten
4	Einzelverluste
5	Ergebnisdatei
6	Hydraulischer Längsschnitt

## 1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Kontext der Genehmigungsplanung für den Bau eines neuen Nachklärbeckens auf der Kläranlage Mittelbrunn, ist ein hydraulischer Nachweis für das neue Nachklärbecken und alle von der Bauarbeit beeinflussten Bereiche der Kläranlage erforderlich. Bereiche der Kläranlage, die durch die Maßnahme hydraulisch beeinflusst sind, umfassen das bestehende Belebungsbecken, welches nun das alte Nachklärbecken integriert, und der Messschacht. Beide, zusammen mit dem neuen Nachklärbecken, sind Teil des hydraulischen Nachweises vor dem Ablauf der Kläranlage.

## 2 Berechnungsverfahren und Grundlagen HyBeKA

Die hydraulische Berechnung für den Nachweis des Nachklärbeckens auf der Kläranlage Mittelbrunn wurde mit der Berechnungssoftware HyBeKA 7.08 durchgeführt. HyBeKA ermöglicht die Berechnung und Darstellung des gesamten Wasserspiegel-, Druck- und Energielinienverlauf in der Anlage in einem einzigen Rechengang (mit Variation der Anzahl an Iterationsschritten). Dadurch lassen sich unterschiedliche Betriebsfälle und Varianten in kurzer Zeit berechnen.

Um die Hydraulik der Anlage bearbeiten zu können, ist es notwendig, das gesamte System der Anlage in sinnvolle Einzelelemente zu zerlegen. Als Einzelelemente sind solche Abschnitte zu betrachten, in denen sich weder die Geometrie noch die Wassermenge ändert.

Die Darstellung der Anlage in verschiedene Abschnitte bzw. Einzelelemente wird in der ersten von vier benötigten Dateien hinterlegt. Zur Berechnung der Hydraulik werden die erforderlichen Daten in den folgenden vier Dateien eingegeben:

- \*.WEG** Fließ**WEG**/Systemlogik-Datei  
beinhaltet die logische Verknüpfung der Anlagenelemente, sowie die entsprechenden Fließwege von Abwasser bzw. Schlamm
- \*.GEO** **GEO**metrie-Datei  
beinhaltet die Abmessungen der Einzelelemente, z.B. Sohlhöhen, Gerinnequerschnitte, Rohrdurchmesser, Rauigkeitswerte (k-Werte)
- \*.HVE** **Hydraulische VE**rluste  
beinhaltet die Verlust- und Überfallbeiwerte, z.B. für Beckeneinläufe, Rohrausläufe, Krümmer, Einbauten, Überfallschwellen

**\*.ALL**      **ALL**gemeine Angaben

beinhaltet die Variantenkennzeichnung und –beschreibung, Angaben zu Durchflüssen, Zu- und Ableitungen, Vorfluterwasserstand, Mindest- und Maximalgeschwindigkeiten

Zur möglichst vollständigen Abdeckung der gesamten Anlage durch einzelne Abschnitte, gibt es insgesamt 14 Einzelelemente, in denen entsprechende Angaben zur Geometrie und zu den hydraulischen Verlusten hinterlegt werden können:

- **Aufteilung** (Verzweigung in Strömungsäste)
- **Becken**
- **(Druck-)Rohr** (Transportstrecke mit geschlossenem Profil)
- **Gerinne** (Transportstrecke mit offenem Profil)
- **Messstelle** (Venturikanal)
- **Pumpe**
- **$Q_{zu}/Q_{ab}$**  (Einzeleinleitung/-ableitung)
- **Rechen**
- **Sammelrinne** (Durchflusszunahme längs der Fließrichtung)
- **Tauchrohr** (Beckenabzug mit getauchten Rohren)
- **Ueberfall** (Zacken-/Rechteckschwellen)
- **Verteilrinne** (Durchflussabnahme längs der Fließrichtung)
- **Zu-/Ablauf-Wand** (wandartiger Querschnitt mit Öffnungen)
- **Zusammenfluss** (Vereinigung von Strömungsästen)

Vor der eigentlichen Berechnung werden alle Eingabedateien auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft, sowie die angegebenen Volumenströme bilanziert und der logische Zusammenhang der Einzelelemente kontrolliert. Die hydraulische Berechnung basiert auf allgemein anerkannten Berechnungsverfahren der Hydraulik, sowie weiterführenden Methoden der Sammel-, Verteilrinnen- und Tauchrohrberechnung.

Der Wasserspiegellinienverlauf längs eines Gerinnes wird für beliebige Querschnitts Geometrien abschnittsweise berechnet. Wassermengen werden nach angegebenen Aufteilungsverhältnissen oder iterativ nach den hydraulischen Gegebenheiten aufgeteilt. Beliebige Einzelverluste können pauschal als Verlusthöhe oder detailliert mit Verlustkoeffizienten nach dem allgemeinen Verlustansatz berücksichtigt werden. Verluste an Querschnittseinengungen und -erweiterungen werden automatisch nach Borda-Carnot berechnet. Die durch Überfallschwellen und/oder Pumpwerke vorhandenen hydraulischen Entkopplungen des Fließwegs werden nur so lange berücksichtigt, wie sie hydraulisch wirksam sind (z.B. nur durch vollkommene Überfälle).

### 3 Bemessungsgrundlagen

Der hydraulische Einzelnachweis des Nachklärbeckens (NKB) auf der Kläranlage Mittelbrunn erfolgt für die jeweiligen Becken und die verbindenden Rohrleitungen und Gerinne für den Lastfall maximale Zulaufmenge.

Der Wasserspiegel des neu errichteten NKB (Nachklärbecken) liegt etwa 1,0 m über der Sohlhöhe des Ablaufs des Vorfluters. Bei Hochwasserereignissen dient die Höhe des umgebenden Geländes am Flussgraben als Referenzhöhe. Die verbleibende Höhendifferenz von 0,50 m ist ausreichend, um zu gewährleisten, dass kein Rückstau in das NKB zu erwarten ist.

Folgende Randbedingungen liegen dem hydraulischen Nachweis zugrunde:

#### Wasser- bzw. Rücklaufschlammengen:

Maximaler Zulauf (Regenwetter):  $Q_{\max} = 15 \text{ l/s} + 11,25 \text{ l/s} = 26,25 \text{ l/s}$

Trockenwetterzulauf:  $Q_T = 3,6 \text{ l/s} + 2,7 \text{ l/s} = 6,3 \text{ l/s}$

#### Geodätische Randbedingungen (Bestand):

Maximaler WSP-Belebungsbecken\*: 286,60 m ü. NN

Sohlhöhe der Ablaufleitung (Messschacht): 285,30 m ü. NN

\*Im Bestand beträgt der maximale WSP im Belebungsbecken 286,60 m ü. NN Dieser WSP darf nicht überschritten werden, da ein Überschreiten einen Rückstau zur Folge hätte. Somit ist der maximal zulässige WSP des Nachklärbeckens durch den Bestand vorgegeben.

### 4 Darstellung und Erläuterung der Eingabedateien

#### 4.1 Systemlogik-Datei

In der Systemlogik-Datei sind die logischen Verknüpfungen der Einzelelemente und der Fließweg des Abwassers definiert. Zur Unterscheidung der einzelnen Elemente ist das erste Zeichen eines Elements zur Kennzeichnung des Typs reserviert.

-Siehe Anlage 2-

## 4.2 Geometrie-Datei

In der Geometrie-Datei sind die Abmessungen der Einzelemente, wie Sohlhöhen, Gerinnequerschnitte, Rohrdurchmesser, Rauigkeiten, Höhenlage von Überfällen, usw. definiert. Die einzelnen Spalten haben folgende Bedeutung:

### Längsschnittgeometrie:

- $Z_{\text{oben}}$ : Geodätische Höhe [müNN] des oberwasserseitigen Endes des Elements
- $Z_{\text{unten}}$ : Geodätische Höhe [müNN] des unterwasserseitigen Endes des Elements
- L: Länge des Elements in [m]

### Verluste:

**k**: Äquivalente Sandrauheit / Betriebliche Rauheit (zwischen 0,01 mm und 5,0 mm) des Elements zur Ermittlung des Widerstandsbeiwertes  $\lambda$  (nach Colebrook-White bzw. Reibungsverluste nach Darcy-Weisbach) oder

Manning-Strickler Beiwert  $k_{\text{st}}$  (Zahlenwert zwischen 60 und 100) des Elements.

Mit diesem Wert werden die kontinuierlichen Verluste des Elements berechnet.

**c**: Carnot-Beiwert zur Berechnung der Verlusthöhe bei einer Querschnittsänderung zwischen aufeinander folgenden Elementen

➔ ohne Angabe: automatische Verlustberechnung für scharfkantigen Übergang

### Querschnittsgeometrie:

Der ober- und unterwasserseitige Fließquerschnitt wird getrennt erfasst.

- **K**: Kreisbogenförmige Sohle
- **T**: Trapezquerschnitt (gradlinige Sohle)
- **H, B**: Breite des Querschnitts [m] in der angegebenen Höhe [m].

Bei gegliederten Querschnitten sind mehrzeilige Angaben möglich.

Die angegebene Höhe (Profilhöhe, Bordhöhe) hat keinen direkten Einfluss auf die resultierende Wasserspiegelhöhe, sondern dient lediglich als Maß für die einzuhaltende Wasserspiegelhöhe, um ein Überfüllen zu vermeiden (Höhe des Bauwerks, Geländeoberkante). Die ermittelte Fließtiefe sollte in allen Elementen geringer sein als die angegebene Höhe.

Bei unterschiedlichen Fließquerschnitten wird eine lineare Verziehung berücksichtigt.

Die geometrischen Angaben der Sohlhöhe, der Breite und der Höhe bis zur Geländeoberkante bzw., bei anschließenden Überfallschwellen, bis zur Sohlhöhe der Schwelle werden sowohl für den ober- ( $o'$ ), als auch für den unterwasserseitigen ( $u'$ ) Querschnitt des jeweiligen Elements eingegeben.

Die k-Werte der bereits bestehenden, verbindenden Rohrleitungen (Stahlbeton bzw. Steinzeug) wurden mit 1,5 mm angesetzt.

Die Angaben der Profil- bzw. Bordhöhe beziehen sich entweder bis zur Geländeoberkante oder bei anschließenden Überfallschwellen, bis zur Sohlhöhe der Schwelle.

-Siehe Anlage 3-

### 4.3 Hydraulische Angaben

Die HVE-Datei beinhaltet Informationen zu örtlich begrenzten Einzelverlusten (durch z.B. Krümmen, Armaturen, usw.), sowie besondere Geometriedaten (z.B. zu Rechteck- oder Zackenschwellen).

Die einzelnen Spalten haben folgende Bedeutung:

#### Verluste:

- **hve:** konstante Verlusthöhe (Eingabe nur bei Rechen möglich, zur Erfassung einer Wasserspiegeldifferenzschaltung) in [m]
- **Zeta:** Verlusthöhenbeiwert eines Elements (Ermittlung der Verlusthöhe über die maßgebende Fließgeschwindigkeit)
- **$\mu$ :** Überfallbeiwert

#### Abmessungen / erweiterte Geometriedaten:

- **K:** Kreisbogenförmige Öffnung
- **T:** Trapezförmige Öffnung
- **h, D:** Höhe oder Durchmesser der Öffnung in [m]
- **B<sub>unten</sub>, B<sub>oben</sub>:** Breite der Öffnung in [m]
- **n:** Anzahl der Öffnungen
- **a:** Achsabstand der neben- und/oder übereinanderliegenden Öffnungen / Zacken in [m]

-Siehe Anlage 4-

### 4.4 Allgemeine Angaben

In der ALL-Datei sind die grundlegenden Daten und hydraulischen Randbedingungen für die Berechnung enthalten. In den Grundeinstellungen sind nur obere und untere Grenzwerte für die Berechnung festgelegt. Sie erzeugen lediglich Warnungen in der Ausgabedatei, haben aber keinen Einfluss auf die Berechnung. Lediglich die Eingabe des vorgegebenen Wasserspiegels am Berechnungsende hat einen Einfluss auf die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung.

Die Q-Einstellungen beinhalten die quantitativen Angaben zu Zuflüssen und Entnahmen.

Grundeinstellungen:

- Fließgeschwindigkeiten in [m/s]
- Gerinnebreite in [m]
- Gerinnehöhe in [m]
- maximale Elementlänge in [m]
- maximale Sohlhöhdifferenz in [m]
- Anzahl der Zeilen in der Ergebnis-Datei
- Wasserstand am Berechnungsende in [müNN]

Q-Einstellungen:

- Zu- oder Ablauf
- Elementkennzeichnung mit Beschreibung
- Zu- bzw. Abfluss in [l/s] oder [m<sup>3</sup>/h]

-Siehe Anlage 1 -

## 5 Ergebnisse der Einzelnen Lastfälle

In der Ergebnisdatei sind die Ergebnisse der jeweiligen Berechnungsfälle dargestellt.

Die einzelnen Spalten haben folgende Bedeutung:

- 1) Kennzeichnung der Einzelemente
- 2) Ordnung des Fließstrangs (bei verschiedenen Abflusssträngen durch Aufteilungen)
- 3) Durchfluss / Abfluss im Querschnitt in [m<sup>3</sup>/h]
- 4) Länge des Elements in [m]
- 5) Gesamtlänge im Längsschnitt in [m]
- 6) Breite des Elements in [m]
- 7) Sohlhöhe in [müNN]
- 8) Höhe des Elements (Profilhöhe, Bordhöhe) in [m]
- 9) Fließtiefe in [m]
- 10) Wasserspiegelhöhe in [müNN]
- 11) Durchflossene Querschnittsfläche in [m<sup>2</sup>]
- 12) Fließgeschwindigkeit in [m/s]
- 13) Energiehöhe in [müNN]
- 14) Sohlschubspannung [N/m<sup>2</sup>]
- 15) Angabe zum Querschnitt: **offen** / **geschlossen**
- 16) Kontinuierliche Verluste (mittels Widerstandsbeiwert  $\lambda$ ) in [m]
- 17) Einzelverluste (abhängig von Fließgeschwindigkeit und Beiwert Zeta) in [m]
- 18) Übergangsverluste (Borda-Carnot) in [m]
- 19) Bemerkungen:
  - **ü**: Gerinne läuft über:  
Der Wasserstand in einem offenen Gerinne überschreitet den ausgewiesenen Wert der Profilhöhe bzw. der Unterwasserstand liegt über der Schwellenhöhe bei vollkommenem Überfall.
  - **u**: Der Wasserstand an dieser Stelle einer Verteilrinne mit seitlichem Überfall liegt unterhalb der Schwelle.
  - **d**: Druckabfluss:  
Die Druckhöhe in einem geschlossenen Gerinne überschreitet den ausgewiesenen Wert der Profilhöhe.
  - **gr**: **Grenztiefe** / schießender Abfluss:  
In diesem Querschnitt existiert keine Lösung für den strömenden Fließzustand. Es wurde die Grenztiefe gesetzt.

- **dE: Energiehöhendifferenz bei vorgegebener Aufteilung:**

Es wurde kein Energiehöhenabgleich vorgenommen, da entweder in der Systemlogik eine feste Abflussaufteilung vereinbart wurde oder die hydraulischen Randbedingungen der Aufteilungsstränge (Geometrie, Mindestabflüsse) diesen Abgleich unter den vorgegebenen Berechnungsannahmen nicht zulassen.

- **v/V: Mindest-/Maximalgeschwindigkeiten unter-/überschritten:**

Unter- bzw. Überschreitungen der bei den allgemeinen Angaben vorgegebenen Werte werden vermerkt.

- **uv: unvollkommener Überfall / Venturikanal:**

Die Funktion des Elements wird durch Rückstau beeinträchtigt.

- **he: Differenzhöhe der Wasserspiegeldifferenzschaltung reicht nicht aus:**

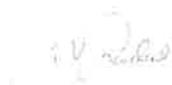
Die mittels Verlustbeiwert berechnete Verlusthöhe überschreitet die bei den **HVE**-Daten eingetragene Spiegeldifferenzhöhe.

- **FS: Freispiegelabfluss in der Zu-/Ablaufwand oder bei geschlossenen Profilen:**

Die normalerweise eingetauchten Öffnungen der wandartigen Einbauten ragen über den Wasserspiegel hinaus (z.B. bei Schlitzwänden). Bei geschlossenen Profilen liegt eine Teilfüllung vor.

Die einzelnen Ergebnisse der jeweiligen Berechnungen sind den Anlagen 5 und 6 zu entnehmen.

gesehen:



i. V. Dipl.-Ing. Wolfgang Griebel

Tel.: +49 631 41552-230

aufgestellt:



Digital signiert von  
Fuchs Christian  
Datum: 03.09.2024

i. A. M.Sc. Fuchs Christian

Tel.: +49 631 41552-232

für den Auftraggeber:



(Verbandsgemeindewerke Landstuhl)