

# HESSEN MOBIL STRAßEN- UND VERKEHRSMANAGEMENT

HESSEN



## BAB A66 Tunnel Riederwald

Hydrodynamische Überprüfung der Überflutungssicherheit der geplanten Tunnelentwässerung

### ERLÄUTERUNGSBERICHT

**PROJEKT-NR.: 4883**

**05 / 2019**

4883\_BER

Nachrichtlich Planfestgestellte  
Unterlage Nr. 32

zum

**Planfeststellungsbeschluss**

vom 18.12.2019

Gz. VII-1 – 61-k-04 # 2.054g

Wiesbaden, den 19.12.2019

Hessisches Ministerium

für Wirtschaft, Energie, Verkehr  
und Wohnen

Im Auftrag



*Vincenzi*  
Vincenzi, Baudirektor

## BAB A66 Tunnel Riederwald

### Hydrodynamische Überprüfung der Überflutungssicherheit der geplanten Tunnelentwässerung

Auftraggeber: Hessen Mobil  
Straßen- und Verkehrsmanagement  
Schillerstraße 8  
36043 Fulda

Projektleiter: Frau Will

Aufgestellt durch: Brandt Gerdes Sitzmann Wasserwirtschaft GmbH  
Pfungstädter Straße 20  
64297 Darmstadt

Bearbeitung: Herr Dipl.-Ing. Lars aus dem Bruch  
Tel.: 06151 9453-23  
l.ausdembruch@bgswasser.de

Angebot: 16.01.2019

Auftrag: 06.02.2019

Darmstadt, 22. Mai 2019

  
Dipl.-Ing. Lars aus dem Bruch

  
Dr.-Ing. Thomas Kraus

## INHALT

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>SYSTEMÜBERSICHT / DATEN / MODELLE</b>	<b>7</b>
2.1	REGENDATEN	7
2.1.1	KOSTRA-DWD	7
2.1.2	NIEDERSCHLAGSSCHREIBER SEF ÜBERSICHT	7
2.1.3	NIEDERSCHLAGSSCHREIBER SEF AUSWERTUNG	8
2.2	KANALNETZMODELL INKA	9
<b>3</b>	<b>ENTWÄSSERUNGSSYSTEM</b>	<b>10</b>
3.1	PROJEKTGEBIET RIEDERWALDTUNNEL	10
3.2	FLÄCHEN ENTWÄSSERUNGSABSCHNITTE 2 BIS 4	11
3.3	SCHLITZRINNEN, SCHÄCHTE UND KANÄLE	12
3.4	RRB 2 „WESTPORTAL“	13
3.4.1	BAUWERK	13
3.4.2	VORBEMESSUNG DWA-A 117	13
3.4.3	VOLUMEN BIS ZUR STRAßENOBERKANTE	13
3.5	RRB 3 „TUNNEL“	14
3.5.1	BAUWERK	14
3.5.2	VORBEMESSUNG DWA-A 117	14
3.5.3	VOLUMEN BIS ZUR STRAßENOBERKANTE	14
3.6	RRB 4 „OSTPORTAL“	15
3.6.1	BAUWERK	15
3.6.2	VORBEMESSUNG DWA-A 117	15
3.6.3	VOLUMEN BIS ZUR STRAßENOBERKANTE	15
<b>4</b>	<b>BERECHNUNGEN</b>	<b>17</b>
4.1	ALLGEMEIN	17
4.2	KANÄLE IM ENTWÄSSERUNGSABSCHNITT 2	17
4.3	RRB 2 TROG OST	17
4.3.1	RRB 2 VOLUMEN	17
4.3.2	RRB 2 PUMPEN	18
4.4	FREISPIEGELKANAL ZWISCHEN RRB 5, RRB 4 UND DEM NORDSAMMLER	20
4.5	KANÄLE IM ENTWÄSSERUNGSABSCHNITT 4	22
4.6	RRB 4 (TIEF) TROG OST	24
4.6.1	BERECHNUNGEN DROSSELABGABE	24

4.6.2	QDR = 100 L/S	24
4.6.3	QDR = 150 L/S	24
4.6.4	QDR = 180 L/S	25
4.6.5	QDR = 200 L/S	26
4.6.6	QDR = 210 L/S	26
4.6.7	QDR = 225 L/S	27
4.6.8	QDR = 250 L/S	27
4.6.9	FAZIT RRB 4 (TIEF)	27
4.6.10	RRB 4 PUMPEN	28
4.7	RRB 4 (HOCH)	29
4.8	RRB 3 TUNNEL	31
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>32</b>

## ABBILDUNGEN

ABBILDUNG 1:	PLANAUSSCHNITT REGENSCHREIBERSTANDORTE DER SEF (PLAN DER SEF)	7
ABBILDUNG 2:	VERGLEICH BENACHBARTER REGENSCHREIBER	8
ABBILDUNG 3:	REGENSCHREIBER BEISPIEL EREIGNISAUSWERTUNG	9
ABBILDUNG 4:	ÜBERSICHTSPLAN ENTWÄSSERUNGSABSCHNITTE (PLAN VON HESSEN MOBIL)	10
ABBILDUNG 5:	TROG WEST (LINKS) UND TROG OST (RECHTS, AUS ÜBERFLUG COMPUTERMODELL)	11
ABBILDUNG 6:	AUSSCHNITT EINZUGSFLÄCHENPLAN „TROG WEST“ (PLAN 13.2/1.1 VON HESSEN MOBIL)	11
ABBILDUNG 7:	AUSSCHNITT EINZUGSFLÄCHENPLAN „TROG OST“ (PLAN 13.2/3.1 VON HESSEN MOBIL)	12
ABBILDUNG 8:	AUSSCHNITT ENTWÄSSERUNGSLAGEPLAN „TUNNEL“ (PLAN 13.2/2A VON HESSEN MOBIL)	12
ABBILDUNG 9:	RRB 2 SCHNITT (AUSSCHNITT AUS PLAN VON SCHÜSSLER PLAN / HESSEN MOBIL)	13
ABBILDUNG 10:	RRB 3 SCHNITT (AUSSCHNITT AUS PLAN VON SCHÜSSLER PLAN / HESSEN MOBIL)	14
ABBILDUNG 11:	RRB 4 LAGEPLAN (AUSSCHNITT AUS PLAN VON SCHÜSSLER PLAN / HESSEN MOBIL)	15
ABBILDUNG 12:	RRB 4 SCHNITT (AUSSCHNITT AUS PLAN VON SCHÜSSLER PLAN / HESSEN MOBIL)	16
ABBILDUNG 13:	ANLAGENKENNLINIE (DN250, K = 0,25 MM)	19
ABBILDUNG 14:	SKIZZE VERLAUF RRB 5 UND RRB 4 BIS ZUM NORDSAMMLER (PLAN VON HESSEN MOBIL)	20
ABBILDUNG 15:	AUSSCHNITT KANALPLAN „TROG OST“ (PLAN 13.2/3.3 VON HESSEN MOBIL)	20
ABBILDUNG 16:	AUSSCHNITT LÄNGSSCHNITT RRB 5 BIS NORDSAMMLER (MODELLREGEN T=1A, 3A UND 5A)	21
ABBILDUNG 17:	AUSSCHNITT LÄNGSSCHNITT IM TROG OST (MODELLREGEN T=10A, 20A UND 50A)	22
ABBILDUNG 18:	AUSSCHNITT LÄNGSSCHNITT IM TROG OST (MODELLREGEN T=50A IST UND SOLL)	23
ABBILDUNG 19:	ANLAGENKENNLINIE Q = 170 BIS 220 L/S (DN400, K = 0,25 MM)	29

**TABELLEN**

TABELLE 1:	RRB 2 MODELLREGENSERIE	17
TABELLE 2:	RRB 2 REGENREIHEN 4 UND 15	18
TABELLE 3:	FÖRDERHÖHE IN ABHÄNGIGKEIT DER DIMENSION	19
TABELLE 4:	RRB 4 QDR = 150 L/S MODELLREGENSERIE	24
TABELLE 5:	RRB 4 QDR = 180 L/S MODELLREGENSERIE UND REGENREIHEN 4 UND 15	25
TABELLE 6:	RRB 4 QDR = 180 L/S MODELLREGENSERIE UND REGENREIHEN 4 UND 15	26
TABELLE 7:	RRB 4 FÖRDERLEISTUNG – SICHERHEIT GEGEN ÜBERLAUFEN	27
TABELLE 8:	RRB 4 QP = 180 L/S, FÖRDERHÖHE IN ABHÄNGIGKEIT DER DIMENSION	28
TABELLE 9:	RRB 4 QP = 210 L/S, FÖRDERHÖHE IN ABHÄNGIGKEIT DER DIMENSION	28
TABELLE 10:	RRB 4 FÖRDERLEISTUNG PUMPENSUMPF – VOLUMEN BECKEN (MODELLREGENSERIEN)	29
TABELLE 11:	RRB 4 FÖRDERLEISTUNG PUMPENSUMPF QP 210L/S REGENREIHEN 4 UND 15	30
TABELLE 12:	RRB 3 EINSTAUVOLUMEN IN ABHÄNGIGKEIT DER FÖRDERLEISTUNG DES RRB 4 (MODELLREGENSERIEN)	31

**ANHANG**

ANHANG 1	KOSTRA DWD 2010R	33
ANHANG 2	MODELLREGEN	35
ANHANG 3	REGENREIHEN MONATSWERTE	36
ANHANG 4	RRB 2 BERECHNUNGEN	38
ANHANG 5	LÄNGSSCHNITT RRB 5 BIS NORDSAMMLER	40
ANHANG 6	RRB 4 TIEF BERECHNUNGEN MODELLREGEN	41
ANHANG 7	RRB 4 TIEF QDR = 150 L/S REGENREIHEN	43
ANHANG 8	RRB 4 TIEF QDR = 180 L/S REGENREIHEN	45
ANHANG 9	RRB 4 TIEF QDR = 210 L/S REGENREIHEN	47
ANHANG 10	RRB 4 HOCH MODELLREGENSERIE	49
ANHANG 11	EINSTAUVOLUMINA RRB 3 REGENREIHEN	51

**UNTERLAGEN**

Die Daten (Kanäle, Bauwerke und Flächen), Pläne und bisherigen Berechnungen wurden von Hessen Mobil und Schüssler Plan (digitale Kanaldaten) zur Verfügung gestellt. Die lokalen Regenschreiberdaten hat die Stadtentwässerung Frankfurt (SEF) bereitgestellt.

## 1 VERANLASSUNG

Die für den Riederwaldtunnel vorgesehene Entwässerung baut auf vorausgegangenen entwässerungstechnischen Untersuchungen aus den Jahren 2005 und 2009 auf. Durch Anpassungen der Planung an den räumlich geringfügig reduzierten Umgriff der Gesamtplanung und Trassierungsänderungen in der Höhenplanung wurde der ursprüngliche entwässerungstechnische Entwurf fortgeschrieben. Neben der Neuaufteilung der Entwässerungsabschnitte wurden die genehmigten Einleitmengen neu verteilt und die geplanten Regenrückhaltebecken vom 10-jährlichen Regenereignis auf das 20-jährliche Regenereignis ausgelegt.

Neben weiteren Anpassungen und Aktualisierungen wurde der überarbeitete wassertechnische Entwurf Bestandteil des aktuellen Planänderungsverfahrens. Im Zuge der Offenlage des Baurechtsverfahrens sind zur Tunnelentwässerung Stellungnahmen eingegangen, die eine entsprechende Überprüfung der Leistungsfähigkeit und Überflutungssicherheit erforderlich machen.

Zusätzlich zum Überflutungsnachweis für den Tunnel (Entwässerungsabschnitte 2, 3 und 4), wurden Langzeitsimulationen für die Bemessung der Regenrückhaltebecken durchgeführt sowie Empfehlungen für die Förderleistung der Pumpenanlagen gegeben.

## 2 SYSTEMÜBERSICHT / DATEN / MODELLE

### 2.1 REGENDATEN

#### 2.1.1 KOSTRA-DWD

Aus dem KOSTRA-DWD 2010R Starkregenatlas wurde die Kachel „Frankfurt am Main“ (Spalte 24 Zeile 67) gewählt. Die Daten finden sich im Anhang 1.

Es wurden für unterschiedliche Jährlichkeiten Modellregen (Verteilung nach Euler II) für eine Regendauer von 90 Minuten gewählt. Diese lange Regendauer wurde gewählt, da gerade diese „mittellange“ Regen für die Dimensionierung von Regenrückhaltebecken (RRB) maßgebend sind.

Anhand der KOSTRA-Daten wurden die Jährlichkeiten der Regenereignisse der Niederschlagsschreiber bestimmt.

#### 2.1.2 NIEDERSCHLAGSSCHREIBER SEF ÜBERSICHT

Von der Stadtentwässerung Frankfurt (SEF) wurden freundlicherweise folgende Niederschlagsdaten zur Verfügung gestellt:

- |          |                          |                      |   |
|----------|--------------------------|----------------------|---|
| • Nr. 4  | Im Rosenträger – Lohberg | Stadtteil Bergen     | ab 1961 bis 2018                        |
| • Nr. 7  | Homburger Landstraße     | Stadtteil Eckenheim  | ab 1966 bis 2013 u.<br>ab 2015 bis 2018 |
| • Nr. 14 | Hanauer Landstraße       | Stadtteil Fechenheim | ab 1995 bis 2018                        |
| • Nr. 15 | Volkshaus                | Stadtteil Enkheim    | ab 1995 bis 2018                        |
| • Nr. 17 | Vatterstraße             | Stadtteil Riederwald | ab 1997 bis 2018                        |



ABBILDUNG 1: PLANAUSSCHNITT REGENSCHREIBERSTANDORTE DER SEF (PLAN DER SEF)

Die Daten werden nur für interne Zwecke erhoben. Von Seiten der SEF gibt es keine Garantie auf Richtigkeit und Vollständigkeit.

Die Daten lagen in 5-Minuten Zeitschritten vor. Sie wurden in das REG-Format umgewandelt und auf Plausibilität geprüft. Die Prüfung ergab einige Lücken in den Daten von Regenschreiber Nr. 4, v.a. in den Jahren 1961 bis 1965. Hier konnte kein Abgleich mit benachbarten Regenschreibern durchgeführt werden, da Regenschreiber Nr. 7 „erst“ 1966 in Betrieb genommen wurde. Aufgrund von weiteren größeren Lücken wurde der Regenschreiber Nr. 4 bis 1972 mit Daten vom Regenschreiber Nr. 7 aufgefüllt.

Der Regenschreiber Nr. 7 wurde im Jahr 2014 nur im Januar und Februar betrieben, dann wurde die Lage verändert. Ab 2015 lagen wieder Daten vor. Das Jahr 2014 wurde aus den Regenschreibern Nr. 4 und Nr. 5 (Harheim, weiter im Norden) gemittelt, da hier ein starkes Nord-Süd-Gefälle zu beobachten war (deutlich höhere Niederschläge im Norden).

### 2.1.3 NIEDERSCHLAGSSCHREIBER SEF AUSWERTUNG

Die Extremereignisse finden meist nur sehr lokal statt. Der Vergleich einiger Ereignisse zeigt doch sehr unterschiedliche Niederschlagsmengen und -verteilungen an benachbarten Messstellen.

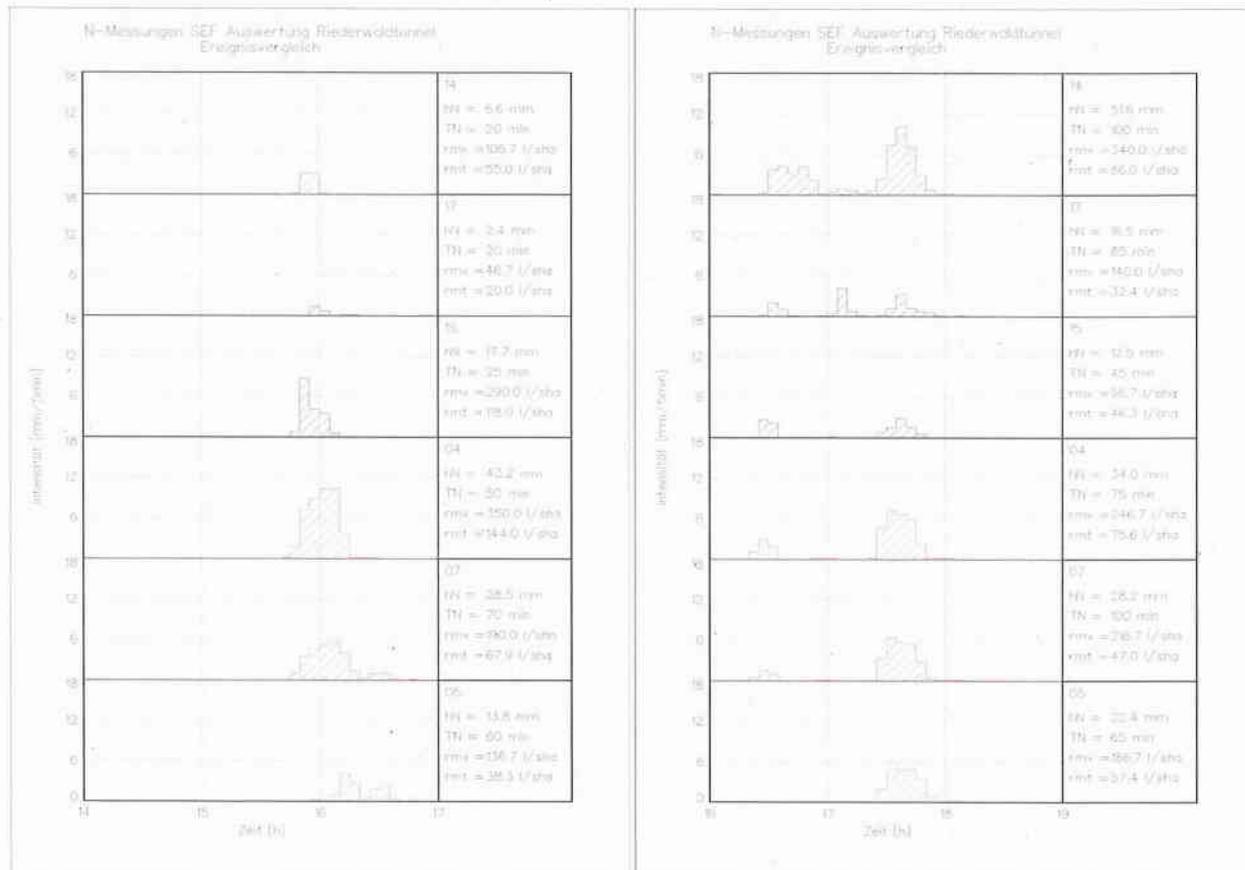


ABBILDUNG 2: VERGLEICH BENACHBARTER REGENSCHREIBER

Zur Analyse und Bewertung einzelner Regenerenignisse erfolgte die Betrachtung der Ereignisse in Zeitschritten. Für die Definition eines Ereignisses wurde eine Mindestregenpause von 60 Minuten und ein Mindestniederschlagsvolumen von 10 mm angesetzt. Die Berechnung lieferte für die einzelnen Ereignisse jeweils für jede Dauerstufe die maximale Niederschlagspende, die maximale Niederschlagshöhe und das maximale Wiederkehrintervall nach KOSTRA-DWD 200R.

Beispielhaft wird nachfolgend das Ereignis vom 28.07.2014, gemessen am Niederschlagsschreiber Nr. 4, dargestellt. Das Niederschlagsereignis hatte eine Dauer von 45 Minuten und lieferte rd. 43 mm Niederschlag, wovon der größte Teil innerhalb von 20 Minuten gefallen ist. Es errechnet sich eine KOSTRA-Wiederkehrzeit von rd. 1-mal in 200 Jahren. Wird die gesamte Ereignisdauer (45 Minuten) betrachtet, beträgt die statistische Wiederkehrzeit nach KOSTRA 1-mal in 50 Jahren.

	Dauerstufe														Tn max.
	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min	240 min	360 min	540 min	720 min	
max [l/(s*ha)]	350.0	348.3	332.2	309.2	237.8	159.6	119.7	79.8	59.9	39.9	29.9	20.0	13.3	10.0	
hNmax [mm]	10.5	20.9	29.9	37.1	42.8	43.1	43.1	43.1	43.1	43.1	43.1	43.1	43.1	43.1	
TN [a]	13.5	52.0	122.7	209.0	159.2	51.8	25.5	19.4	16.1	12.3	10.1	7.8	5.9	4.9	209.0

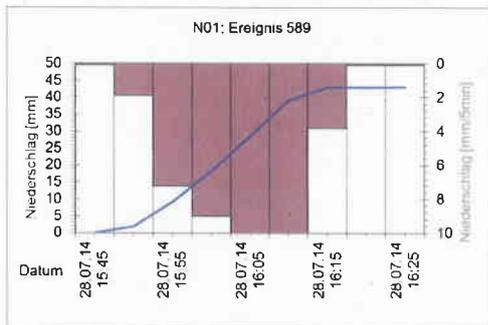


ABBILDUNG 3: REGENSCHREIBER BEISPIEL EREIGNISAUSWERTUNG

Um zur Dimensionierung der RRB ein ausreichendes Spektrum an Niederschlägen mit ihren verschiedenen Charakteristika anzuwenden, wurden nach sorgfältiger Analyse der Messdaten und Auswertung der Jährlichkeiten und Intensitäten die drei Regenreihen der Niederschlagschreiber Nr. 4, 15 und 17 verwendet.

## 2.2 KANALNETZMODELL INKA

Zur Anwendung kam das das BGS-eigene instationäre Kanalnetzprogramm INKA. Es berechnet Abflüsse und Wasserstände in Kanalisationsnetzen auf der Grundlage der Differentialgleichungen von SAINT-VENANT. Zur numerischen Berechnung werden die Differentialgleichungen in Differenzgleichungen überführt und diese mit einem impliziten Verfahren gelöst. Dabei werden für alle Berechnungszeitpunkte für alle Haltungen die gekoppelten Kontinuitäts- und Energiegleichungen erfüllt. Die hydraulisch korrekte Erfassung von Netzverzweigungen, von besonderen Fließzuständen wie Rückstau, Fließumkehr, schießender Abfluss sowie von Sonderbauwerken (Regenüberläufe, Rückhaltebecken, usw.) gehören zum Standard des Programms.

### 3 ENTWÄSSERUNGSSYSTEM

#### 3.1 PROJEKTGEBIET RIEDERWALDTUNNEL

Die Daten (Kanäle, Bauwerke und Flächen) wurden von Hessen Mobil und Schüssler Plan (digitale Kanaldaten) zur Verfügung gestellt. Betrachtet wurden die Entwässerungsabschnitte 2, 3 und 4, die im Regelfall weitestgehend separat voneinander funktionieren:

- Entwässerungsabschnitt 2: Trog West mit RRB 2,
- Entwässerungsabschnitt 3: Tunnel mit RRB 3
- Entwässerungsabschnitt 4: Trog Ost mit RRB 4

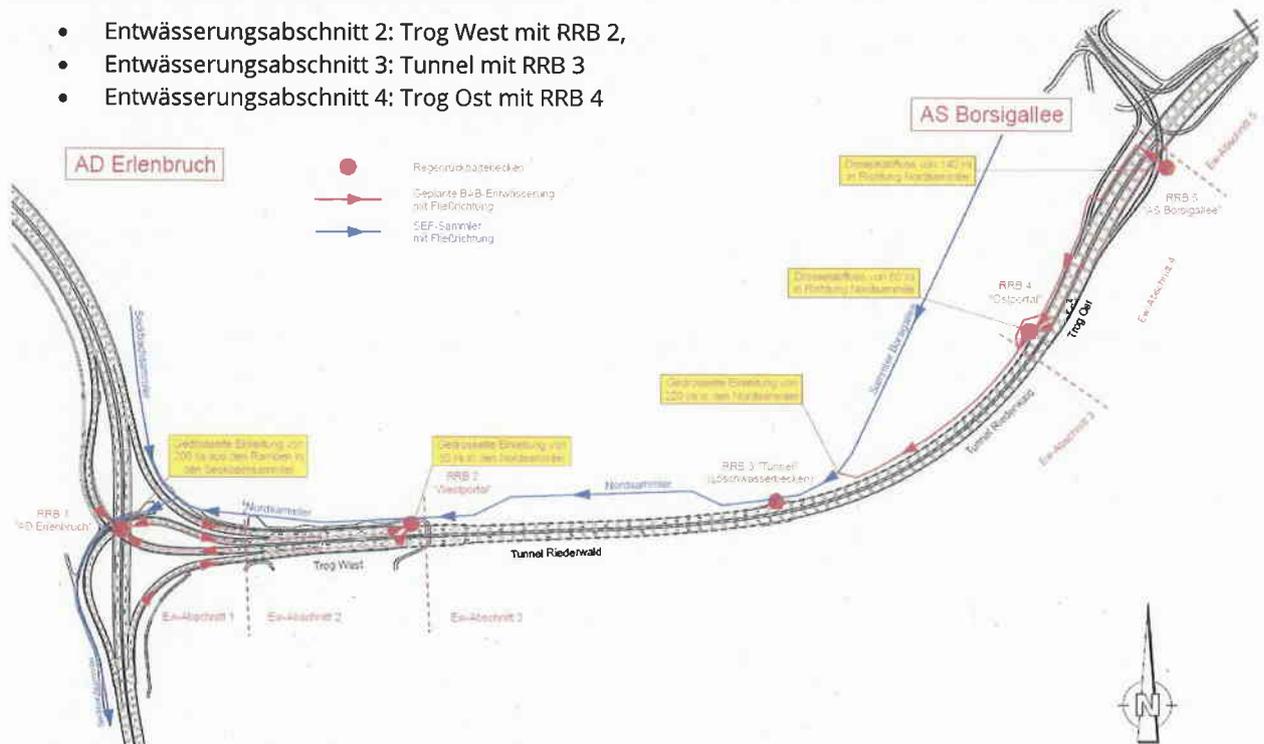


ABBILDUNG 4: ÜBERSICHTSPLAN ENTWÄSSERUNGSABSCHNITTE (PLAN VON HESSEN MOBIL)

Die Abschnitte 1 (AD Erlenbruch) und 5 (AS Borsigallee) waren nicht Gegenstand dieser Bearbeitung.

### 3.2 FLÄCHEN ENTWÄSSERUNGSABSCHNITTE 2 BIS 4

Das Autobahndreieck Erlenbruch ist über den Trog West, der Autobahnanschluss Borsigallee über den Trog Ost mit dem Tunnel verbunden. Die Tröge sind seitlich durch Trogwände, die 0,5 Meter über das benachbarte Gelände herausragen, abgegrenzt. Es gibt keinen Zufluss von angrenzenden Flächen.



ABBILDUNG 5: TROG WEST (LINKS) UND TROG OST (RECHTS, AUS ÜBERFLUG COMPUTERMODELL)

Das Wasser vom Trog West ( $A_E = 0,95$  ha) wird zunächst über Schlitzrinnen und Tauchwandschächten einem Kanalsystem mit Dimensionen zwischen DN 300 und DN 600 zugeleitet und letztlich im RRB 2 zurückgehalten und mit Pumpen zum „Nordsammler“ der SEF gehoben ( $Q_P = 60$  l/s).

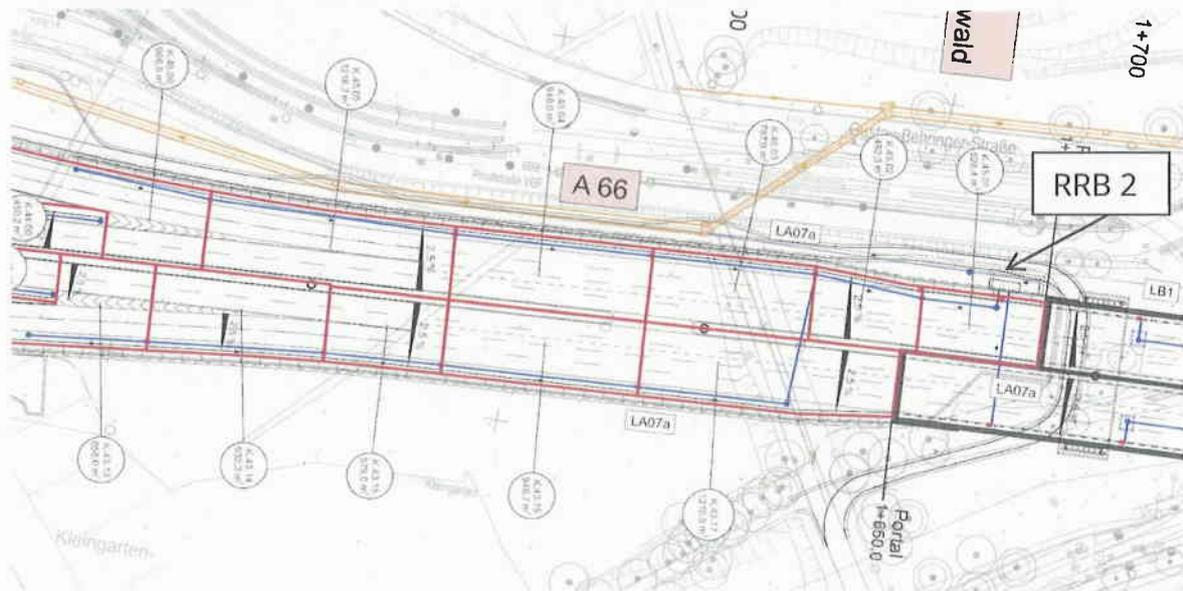


ABBILDUNG 6: AUSSCHNITT EINZUGSFLÄCHENPLAN „TROG WEST“ (PLAN 13.2/1.1 VON HESSEN MOBIL)

Das Wasser vom Trog Ost ( $A_E = 1,49$  ha) wird ebenfalls über Schlitzrinnen und Tauchwandschächten einem Kanalsystem mit Dimensionen zwischen DN 300 und DN 600 zugeleitet und über das tiefliegende „RRB 4 Tief“ mit Pumpen (Pumpenleistung noch zu dimensionieren) in das hochgelegene „RRB 4 Hoch“ gehoben. Von hier fließt das Wasser gedrosselt zusammen mit dem Abfluss aus dem RRB 5 im Freispiegelgefälle zum „Nordsammler“ der SEF.

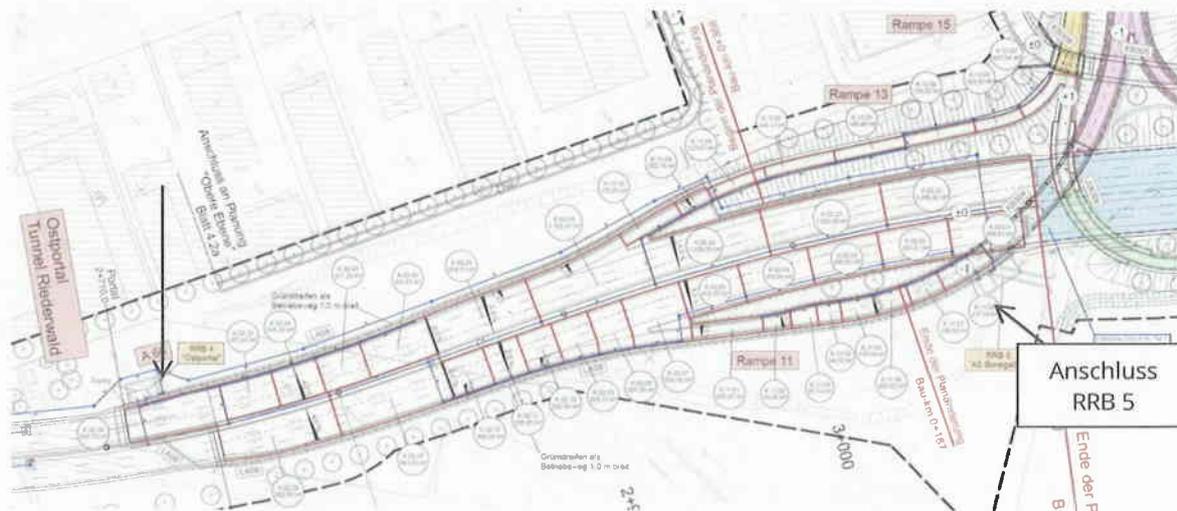


ABBILDUNG 7: AUSSCHNITT EINZUGSFLÄCHENPLAN „TROG OST“ (PLAN 13.2/3.1 VON HESSEN MOBIL)

Im Tunnel sind ebenso Schlitzrinnen zur Aufnahme des Wassers vorgesehen. Diese leiten in das Kanalsystem unter der Fahrbahn mit einem Gefälle von rd. 5-6‰ und der durchgehenden Dimension DN 400 ein. Am Ende des Kanalsystems befindet sich das RRB 3.



ABBILDUNG 8: AUSSCHNITT ENTWÄSSERUNGSLAGEPLAN „TUNNEL“ (PLAN 13.2/2A VON HESSEN MOBIL)

Das Entwässerungssystem des Tunnels wurde aufgrund der Wannenlage und den Vorgaben für Haveriefälle leistungsfähig geplant, um ggfs. Schleppwasser, Lösch- und Reinigungswasser sowie Regenwasser bei einer Überlastung der Trogsysteme bei Extremereignissen ohne Überflutungsgefahr aufnehmen zu können. Verunreinigtes Wasser wird manuell abgepumpt. Das Schlepp- und Regenwasser wird über eine Pumpenanlage, die erst nach Abklingen der Regenabflüsse anspringt, in das Kanalnetz der SEF gehoben.

### 3.3 SCHLITZRINNEN, SCHÄCHTE UND KANÄLE

Die Systeme, um das Wasser von der Straßenoberfläche zu sammeln, Straßeneinläufe (überwiegend Schlitzrinnen DN 300) und Tauchwandschächte, sind überaus leistungsfähig und können das Wasser von Starkregenereignissen ohne weiteres aufnehmen (Annahme: geforderte Leistungsfähigkeit von mind.  $Q = 100 \text{ l/s}$  in der Tunnelentwässerung ist gegeben). Im Abstand von rd. 50 m befinden sich die Tauchwandschächte mit Anbindung an den Kanal. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass kein hydraulischer Engpass zwischen Straßenoberfläche und Kanal besteht.

### 3.4 RRB 2 „WESTPORTAL“

#### 3.4.1 BAUWERK

Das RRB 2 dient dem Rückhalt des Wassers aus dem Trog West. Hier wurde die Übernahmemenge in das Netz der SEF auf maximal 60 l/s festgelegt. Der Drosselabfluss wird mittels Pumpen über eine Druckleitung in einen höher gelegenen Entspannungsschacht gefördert und fließt von dort im letzten Abschnitt im Freispiegelgefälle (DN 300) in das Entwässerungssystem der SEF.

#### 3.4.2 VORBEMESSUNG DWA-A 117

Die Vorbemessung des Beckens wurde nach dem Arbeitsblatt DWA-A 117 durchgeführt. Es wurde eine Regenhäufigkeit von  $n=0,05$  (1-mal in 20 Jahren) gewählt. Mit dem Risikomaß „mittel“ und der Einzugsgebietsfläche  $A_E = 0,95$  ha wurde ein erforderliches Speichervolumen  $V_{\text{erf}} = 186 \text{ m}^3$  ermittelt.

Durch die Wahl der 20-jährigen Niederschlagsbelastung sind die Grenzen des einfachen Bemessungsverfahrens überschritten und eine Langzeitsimulation wird empfohlen. Die Vorbemessung dient dann als Ausgangswert für die Langzeitsimulation.

#### 3.4.3 VOLUMEN BIS ZUR STRAßENoberKANTE

Die Planung weist bis zur Sohlhöhe der Zulaufkanäle (89,60 mÜNN) ein Volumen von rd.  $170 \text{ m}^3$  aus (entspricht in etwa der Vorbemessung; Dauerstau wurde abgezogen). Bis zur niedrigsten Straßenoberkante im Zulauf (91,60 mÜNN) verbleibt mit den angegebenen Abmessungen ein weiteres Volumen von rd.  $105 \text{ m}^3$ . Dieses wird bei Extremregen gefüllt, bevor Wasser in den Tunnel abfließen kann. Trotz des Gefälles im Kanalsystem ist ein Kanalvolumen von rd. 50 Kubikmetern aktivierbar.

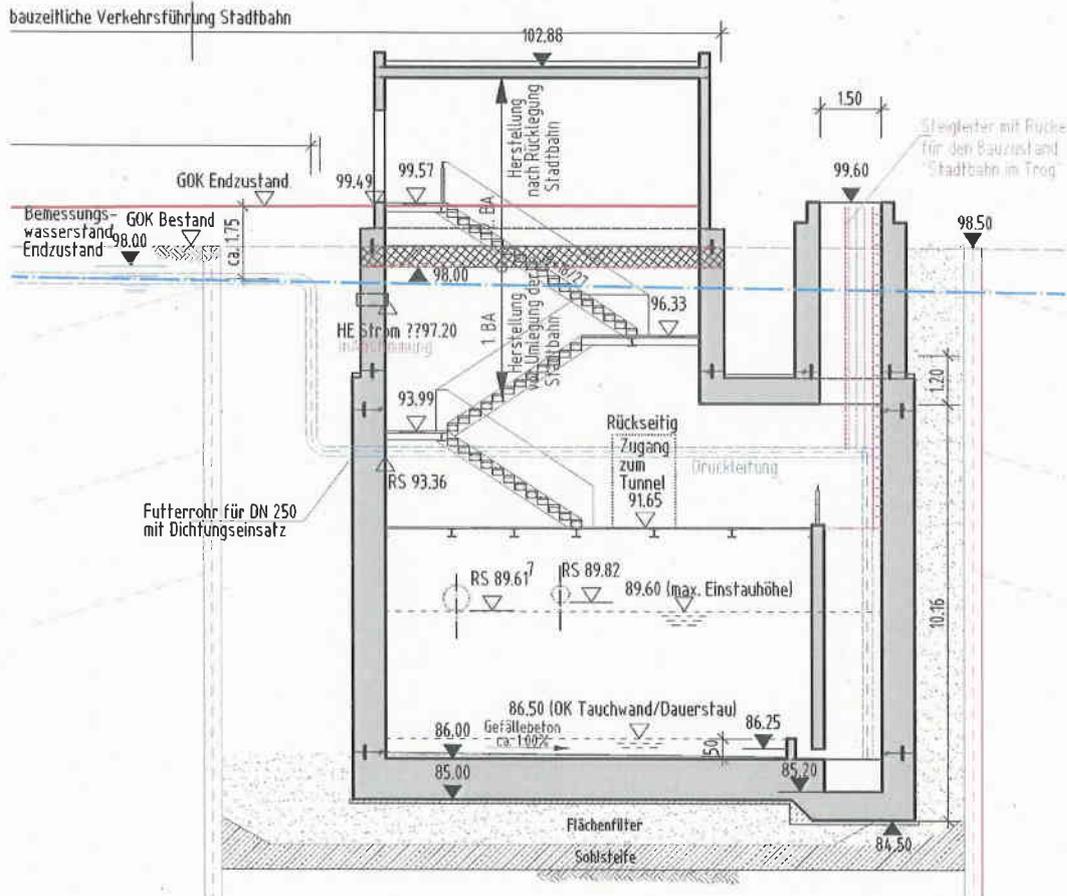


ABBILDUNG 9: RRB 2 SCHNITT (AUSSCHNITT AUS PLAN VON SCHÜSSLER PLAN / HESSEN MOBIL)

### 3.5 RRB 3 „TUNNEL“

#### 3.5.1 BAUWERK

Das RRB 3 im Tunnel dient als Havariebecken (Löschwasser, Gefahrstoffunfall), Becken für Schleppwasser und bei Extremereignissen, die zur Überlastung der Entwässerungssysteme der Rampen führen, als Rückhaltebecken. Verunreinigtes Wasser wird manuell abgepumpt. Das Schlepp- und Regenwasser wird über eine Pumpenanlage, die erst nach Abklingen der Regenabflüsse anspringt, in das Kanalnetz der SEF gehoben.

#### 3.5.2 VORBEMESSUNG DWA-A 117

Mindestens gefordert wird ein Volumen von rd. 105 m<sup>3</sup>, um mind. 72 m<sup>3</sup> Löschwasser im Brandfall und 30 m<sup>3</sup> Tankinhalt im Havariefall aufnehmen zu können.

Geplant ist der Bau eines Beckens mit rd. 200 m<sup>3</sup> bis zur Decke. Der „Pumpensumpf“ ist vom restlichen Becken mit einer Schwelle abgetrennt, damit bei geringen Zuflüssen (v.a. Schleppwasser) nicht das gesamte Becken eingestaut wird.

#### 3.5.3 VOLUMEN BIS ZUR STRAßENOBERKANTE

Für den Rückhalt ist theoretisch das gesamte Volumen nutzbar, da das Becken im Regelfall leer ist. Bis zum geplanten Stauziel (86,60 müNN) ist ein Volumen von rd. 115 m<sup>3</sup> vorhanden und bis zur niedrigsten Straßenoberkante (81,16 müNN) ein Volumen von rd. 95 m<sup>3</sup>, im Extremfall in Summe somit ein Beckenvolumen von 210 m<sup>3</sup>. Bis zur Geländeoberkante der Straße wird in den zulaufenden Kanälen zusätzlich zum Beckenvolumen noch ein Volumen von rd. 155 m<sup>3</sup> bereitgestellt, bevor das Wasser auf der Straße stehen würde. Das Volumen der Schlitzrinnen wurde hierbei nicht berücksichtigt und stellt eine weitere Sicherheit dar.

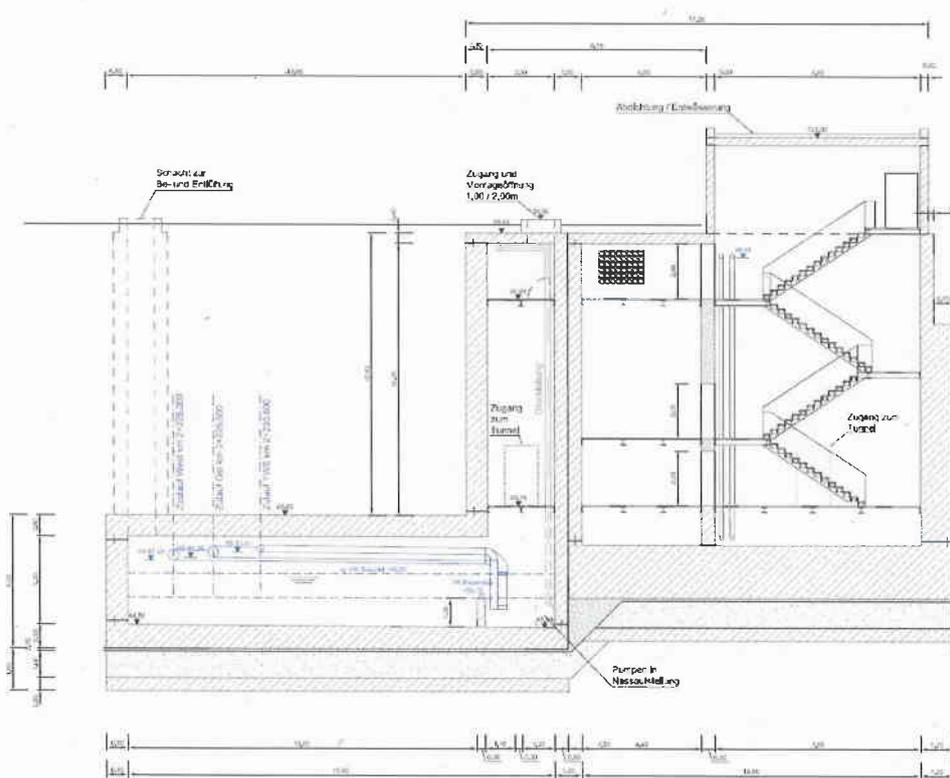


ABBILDUNG 10: RRB 3 SCHNITT (AUSSCHNITT AUS PLAN VON SCHÜSSLER PLAN / HESSEN MOBIL)

In der Abbildung ist fälschlicherweise noch ein Dauerstau eingetragen.

### 3.6 RRB 4 „OSTPORTAL“

#### 3.6.1 BAUWERK

Das RRB 4 dient dem Rückhalt des Wassers aus dem Trog Ost. Hier wurde die Übernahmemenge in das Netz der SEF auf maximal 80 l/s festgelegt.

Aufgrund von Platzmangel ist das tiefliegende RRB 4 im Bereich des Tunnels vom Volumen her begrenzt. Das Wasser wird über ein Pumpwerk in ein größeres, hochliegendes Becken gefördert, von dem es gedrosselt ( $Q_{Dr} = 80 \text{ l/s}$ ) dem Freispiegelkanal zum Nordsammler zugeleitet wird.

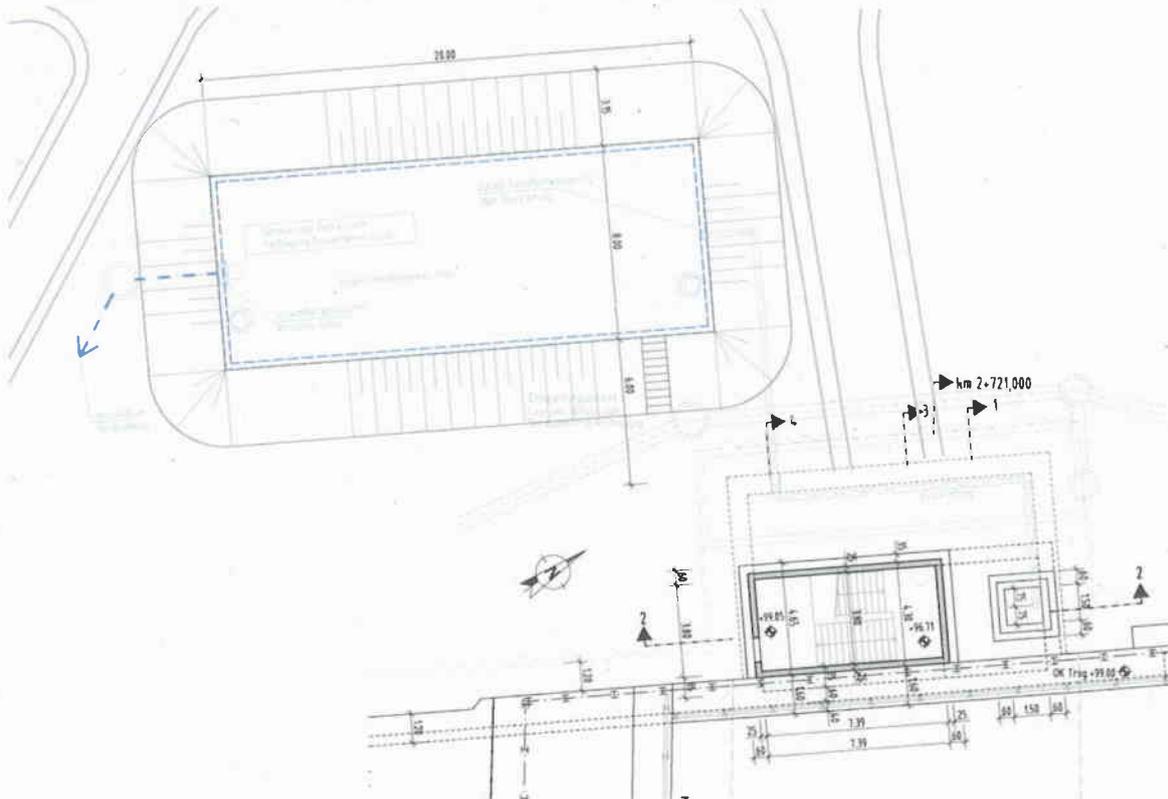


ABBILDUNG 11: RRB 4 LAGEPLAN (AUSSCHNITT AUS PLAN VON SCHÜSSLER PLAN / HESSEN MOBIL)

#### 3.6.2 VORBEMESSUNG DWA-A 117

Die Vorbemessung des Beckens wurde nach dem Arbeitsblatt DWA-A 117 durchgeführt. Es wurde eine Regenhäufigkeit von  $n=0,05$  (1-mal in 20 a) gewählt. Mit dem Risikomaß „mittel“ und der Einzugsgebietsfläche  $A_E = 1,49 \text{ ha}$  wurde ein erforderliches Speichervolumen  $V_{eff} = 318 \text{ m}^3$  ermittelt.

Durch die Wahl der 20-jährigen Niederschlagsbelastung sind die Grenzen des einfachen Bemessungsverfahrens überschritten und eine Langzeitsimulation wird empfohlen. Die Vorbemessung dient dann als Ausgangswert für die Langzeitsimulation.

#### 3.6.3 VOLUMEN BIS ZUR STRAßENOBERKANTE

Im tiefliegenden Becken ist das mit DWA-A 117 ermittelte Volumen von  $318 \text{ m}^3$  nicht unterzubringen. Bis zum geplanten Stauziel (90,24 müNHN) ist ein Volumen von rd.  $88 \text{ m}^3$  vorhanden (Dauerstau wurde abgezogen) und bis zur niedrigsten Straßenoberkante (92,00 müNHN) ein zusätzliches Volumen von rd.  $137 \text{ m}^3$ , in Summe somit rd.  $225 \text{ m}^3$ .

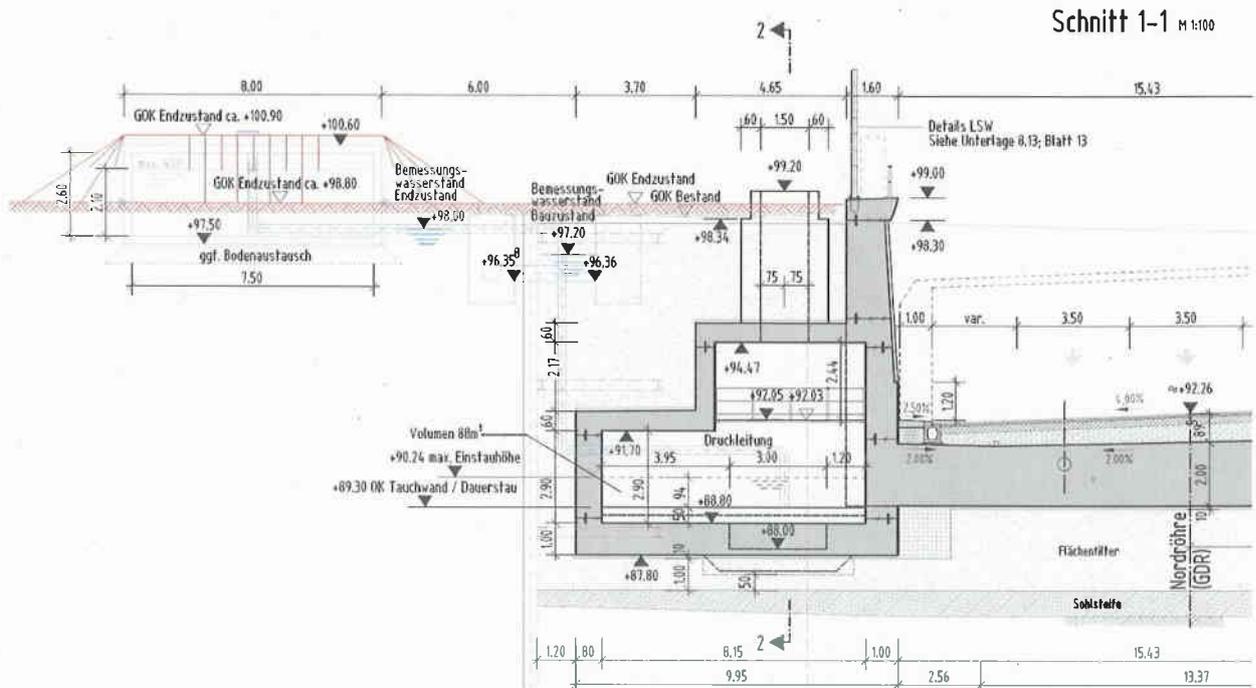


ABBILDUNG 12: RRB 4 SCHNITT (AUSSCHNITT AUS PLAN VON SCHÜSSLER PLAN / HESSEN MOBIL)

Aufgrund des Gefälles im Kanalsystem ist hier nur ein Kanalvolumen von wenigen Kubikmetern aktivierbar.

Durch das nun im Vergleich zur Bemessung deutlich geringere Volumen im tief liegenden Becken würde dieses bei einem Drosselabfluss von 80 l/s häufig überstauen und damit Wasser in den Tunnel fließen bzw. überfluten. Um das zu verhindern, muss ein Pumpwerk mit einer höheren Förderleistung installiert werden, welches das Wasser in ein höher gelegenes Becken pumpt, von wo es mit maximal 80 l/s in den Kanal der SEF eingeleitet wird.

Das tief liegende RRB dient letztlich nur dazu, die Förderleistung begrenzen zu können. Ohne Volumen müsste der maximale Zulauf von ca. 400 l/s bei  $T = 20$  a gepumpt werden. Das nach dem Arbeitsblatt DWA-A 117 ermittelte Volumen muss somit im hoch liegenden RRB zusätzlich komplett bereitgestellt werden.

Das nach DWA-A 117 ermittelte Volumen (gerundet  $315 \text{ m}^3$ ) wurde in der bisherigen Planung des hoch liegenden Bauwerks bis zur Sohlhöhe der zulaufenden Druckleitung (99,60 mÜNN) angesetzt. Daher verbleibt mit den angegebenen Abmessungen bis zur geplanten Beckendecke (92,10 mÜNN) ein weiteres Volumen von rd.  $75 \text{ m}^3$ , welches bei Extremregen zur Verfügung steht, bevor Wasser überläuft.

## 4 BERECHNUNGEN

### 4.1 ALLGEMEIN

Es wurden Berechnungen sowohl mit Modellregen nach Kostra-DWD, als auch mit den lokalen Regenschreibern der SEF durchgeführt. Die gewählte Niederschlagsbelastung wurde jeweils vermerkt.

Das Gesamtsystem Tröge / Tunnel sollte mindestens eine 50-jährliche Belastung ohne Überflutung aushalten. Im Bereich des Tunnels kann ein Überstau mit einer Überflutung gleichgesetzt werden.

Es werden zunächst die Berechnungen der 2 Tröge erläutert, bevor das RRB 3 im Tunnel analysiert wird, da dieses mit Regenwasser überwiegend nur von Überlastungen der Rückhaltebecken 2 und 3 belastet wird.

### 4.2 KANÄLE IM ENTWÄSSERUNGSABSCHNITT 2

Die hydrodynamischen Berechnungen des Kanalsystems haben sowohl bei der Modellregenserie als auch bei der Belastung mit den lokalen Regenreihen keine Überlastungen der Haltungen im Entwässerungsabschnitt 2 ausgewiesen.

### 4.3 RRB 2 TROG OST

#### 4.3.1 RRB 2 VOLUMEN

Das RRB 2 hat nach derzeitigem Planungsstand –nach Abzug des Dauerstaus - ein Volumen von 170 m<sup>3</sup> bis zum Stauziel und weiteren 105 m<sup>3</sup> bis zur Straßenoberkante. In den zulaufenden Kanälen sind maximal 50 m<sup>3</sup> Volumen aktivierbar. Somit stehen aktuell rd. 325 m<sup>3</sup> Volumen zur Verfügung. Der Drosselabfluss beträgt maximal  $Q_p = 60$  l/s.

In den folgenden Berechnungen und Auswertungen wird immer nur das eingestaute Beckenvolumen ausgewiesen, nicht das eingestaute Kanalvolumen (auch wenn es in den Berechnungen natürlich berücksichtigt wird). Daher findet die Auswertung nur mit den Volumina im Becken statt.

Modellregen		9002 RRB2 West ( $Q_{Dr}=60$ l/s, $V_{Becken}=275$ cbm)			
Lfd. Nr.	Tn	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	100a	245	2,5		
2	50a	216	2,2		
3	30a	198	2,1		
4	20a	179	1,9		
5	10a	140	1,7		
6	5a	103	1,4		

TABELLE 1: RRB 2 MODELLREGENSERIE

Die Modellregenberechnungen weisen keine Überlastung des Beckens aus. Ebenso fällt das Ergebnis mit den lokalen Regenreihen aus (s. folgende Seite). Der maximal berechnete Einstau beträgt rd. 250 m<sup>3</sup>. Das Stauziel wird im Schnitt einmal in 10 Jahren überschritten. Die weiteren Berechnungsergebnisse sind in Anhang 4 dokumentiert.

<b>Reihe 4 (53a)</b> Sortiert nach Einstauvolumen		<b>9002 RRB2 West (Q<sub>Dr</sub>=60 l/s, V<sub>Becken</sub>=275 cbm)</b>			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Q <sub>max</sub> [l/s]
1	28.07.2014 16:15	239	2,2		
2	23.07.2004 20:25	215	1,8		
3	25.08.1984 00:35	210	2,3		
4	07.06.2018 15:15	171	1,6		
5	14.07.1994 18:25	171	1,4		
6	10.07.2014 20:15	169	1,8		
<b>Reihe 15 (25a)</b> Sortiert nach Einstauvolumen		<b>9002 RRB2 West (Q<sub>Dr</sub>=60 l/s, V<sub>Becken</sub>=275 cbm)</b>			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Q <sub>max</sub> [l/s]
1	23.07.2004 20:30	249	2,1		
2	12.06.2016 11:05	184	3,7		
3	30.05.2008 20:15	136	1,4		
4	25.07.2013 20:45	120	1,2		
5	06.06.2016 15:05	112	0,8		
6	29.06.2005 21:55	107	1,6		

TABELLE 2: RRB 2 REGENREIHEN 4 UND 15

Die Berechnungen zeigen, dass mit den jetzigen Planungen eine sehr hohe Sicherheit gegen eine Überlastung des RRB 2 gegeben ist. Die Wahrscheinlichkeit einer Überlastung liegt bei weniger als einmal in 100 Jahren.

Für eine 50-jährliche Sicherheit gegen Überstau sollten mindestens 225 m<sup>3</sup> Beckenvolumen zur Verfügung stehen. Hier könnte somit die Sohle des Bauwerkes angehoben werden (maximal rd. 1 Meter).

Durch die Verringerung des Volumens kommt es rechnerisch zu einem Überstau bei dem 100-jährigen Modellregen, aber auch bei Berechnungen mit den lokalen Regenreihen 4 und 15. Diese Wassermenge (bis zu 20 m<sup>3</sup>) kann vom RRB 3 aufgenommen werden.

#### 4.3.2 RRB 2 PUMPEN

Es werden 3 Pumpen mit Sanftanlauf installiert, wobei zwei im Wechsel arbeiten und eine als Ersatzpumpe dient. Jede Pumpe fördert maximal 60 l/s.

Die Druckleitung (DL) hat einen Innendurchmesser DN 250. Bei einem Abfluss von 60 l/s liegt die Geschwindigkeit in der Druckleitung bei 1,22 m/s. Empfohlen werden Geschwindigkeiten zwischen 1 und 2 m/s, aber auch höhere Geschwindigkeiten bis zu 5 m/s sind durchaus möglich. Mindestens sollte jedoch eine Geschwindigkeit von  $v = 0,7$  m/s eingehalten werden.

Die maßgebliche Förderhöhe bzw. Anlagenkennlinie des Pumpwerks bestimmen sich im Detail aus statischen und dynamischen<sup>1</sup> Anteilen:

- geodätische Förderhöhe ( $H_{geo}$ )                      statisch,
- Verluste der Einzelwiderstände ( $H_{V,E}$ )            dynamisch,
- Verluste der Rohrleitungen ( $H_{V,L}$ )                dynamisch.

Die geodätische Förderhöhe  $H_{geo}$  liegt bei rd. 10,85 m. (Pumpensumpf 85,20 müNHN – Einleitstelle 96,05 müNHN).

Mit den weiteren Daten bzw. Annahmen:                      Betriebsrauigkeit  $k_b = 0,25$  mm,  
Länge = 90 m  
Ansatz Summe Örtliche Verlustbeiwerte  $\zeta = 8$

Es wurden 8 Richtungsänderungen zwischen 45 und 90 Grad angesetzt, sowie Verluste für Einlauf, Auslauf, Rückschlagklappe und Flachschieber. Die Summe der lokalen Verlustbeiwerte betrug rd.  $\zeta = 8$ .

Mit dem Verlustansatz nach Zanke berechnet sich die Förderhöhe für  $Q = 60$  l/s zu 12 Metern.

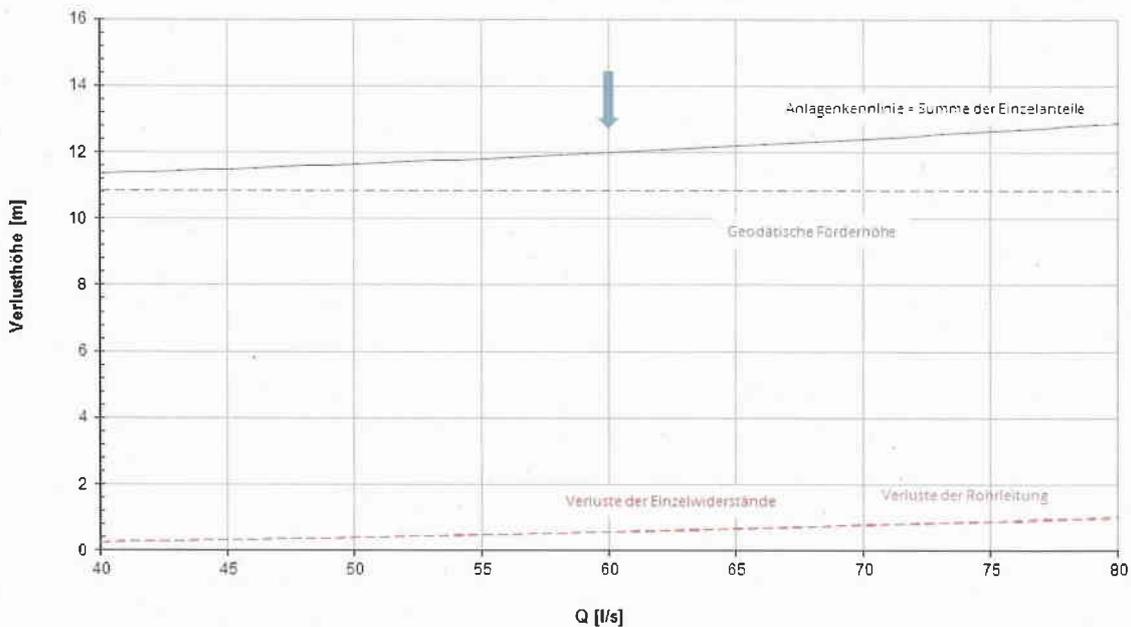


ABBILDUNG 13: ANLAGENKENNLINIE (DN250, K = 0,25 MM)

Als Innendurchmesser wird DN 250 für die Druckleitung empfohlen. Andere Dimensionen sind aber durchaus auch möglich:

	Q	v	Verlusthöhe Einzel	Geod Höhe	Re	Lamda (Zanke)	Verlusthöhe Reibung	Verlusthöhe Gesamt
	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]			[m]	[m]
DN 200	60	1,91	1,41	10,85	381971,86	0,0215	1,80	14,07
DN 225	60	1,51	0,88	10,85	339530,55	0,0211	0,98	12,71
DN 250	60	1,22	0,58	10,85	305577,49	0,0207	0,57	12,00
DN 280	60	0,97	0,37	10,85	272837,05	0,0204	0,32	11,54
DN 300	60	0,85	0,28	10,85	254647,91	0,0202	0,22	11,35

TABELLE 3: FORDERHÖHE IN ABHÄNGIGKEIT DER DIMENSION

<sup>1</sup> Der dynamische Anteil beinhaltet Verlustansätze, die sich mit zunehmendem Förderstrom proportional steigend verhalten.

#### 4.4 FREISPIEGELKANAL ZWISCHEN RRB 5, RRB 4 UND DEM NORDSAMMLER

Es wurde der Freispiegelkanal zwischen dem RRB 5 und dem Nordsammler betrachtet. Der Ablauf des RRB 5 und im weiteren Verlauf der Ablauf des RRB 4 sollen im Freispiegelabfluss bis zum Nordsammler abgeleitet werden.

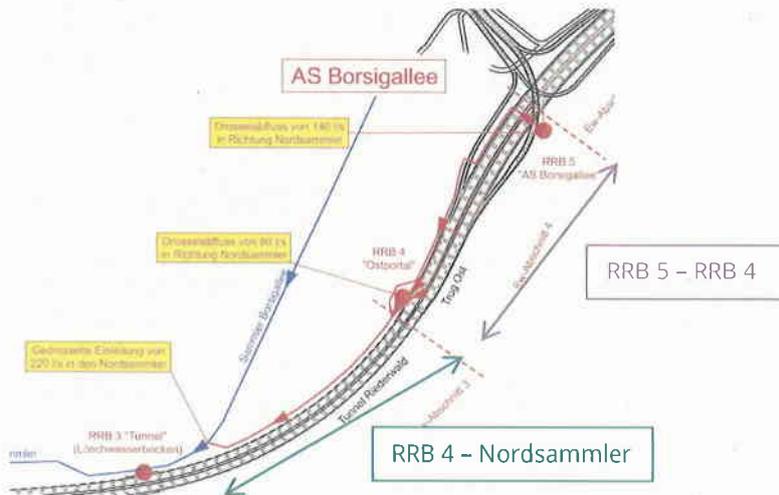


ABBILDUNG 14: SKIZZE VERLAUF RRB 5 UND RRB 4 BIS ZUM NORDSAMMLER (PLAN VON HESSEN MOBIL)

Mit den vorliegenden Kanaldaten kommt es aufgrund von Rückstau aus dem Nordsammler der SEF und niedrigen Deckelhöhen im Bereich zwischen dem RRB 4 und dem RRB 5 bereits bei Regen ab einer Jährlichkeit von  $T = 2a$  zu Überstau an einigen Schächten.

Der Grund ist nicht die Leistungsfähigkeit des Kanals bis zum Nordsammler. Dieser ist ausreichend dimensioniert. Durch hohe Wasserstände im Nordsammler kommt es zu Rückstau / Rückfluss im Ablaufkanal der beiden RRB. Die Schwelle der Entlastung RÜ Borsigallee, die sich im Bereich der Einleitung befindet, liegt bei 97,20 müNHN, der Wasserspiegel bei einem 5-jährlichen Modellregen bei ca. 98,05 müNHN. Dieser Wasserspiegel im Nordsammler ist bereits höher als die zum Untersuchungszeitpunkt bekannten Deckelhöhen der in Abbildung 15 markierten Schächte.

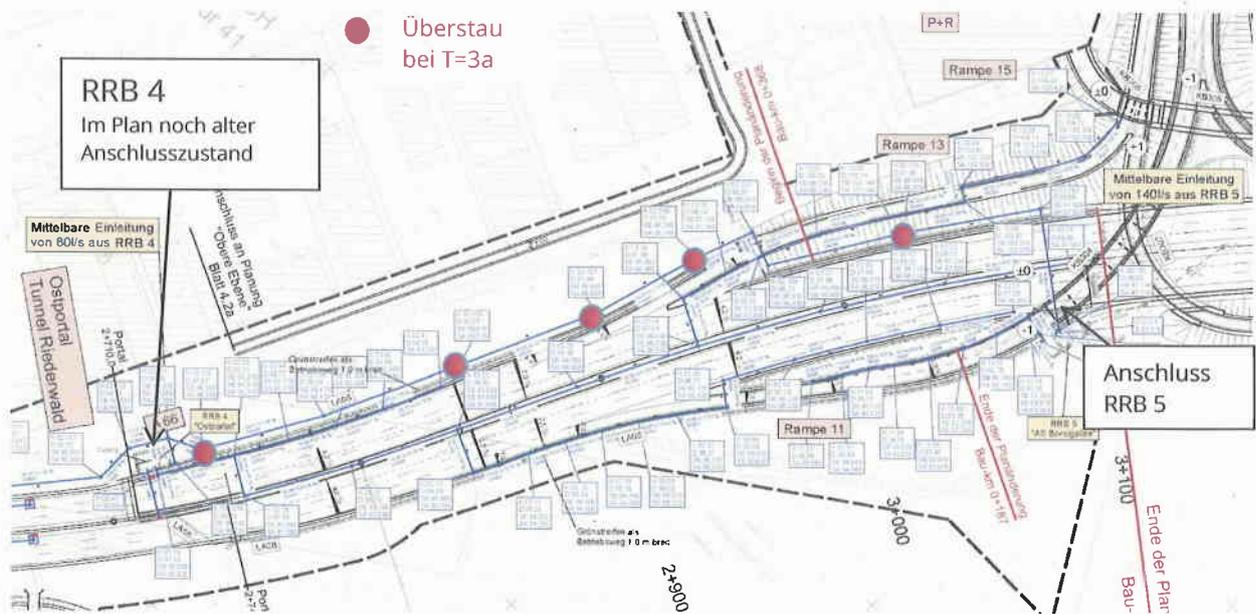


ABBILDUNG 15: AUSSCHNITT KANALPLAN „TROG OST“ (PLAN 13.2/3.3 VON HESSEN MOBIL)

Im Längsschnittausschnitt sind die Wasserstände für die Jährlichkeiten 2a, 3a und 5a eingetragen. Der komplette Längsschnitt bis zum Nordsammler findet sich Anhang 5.

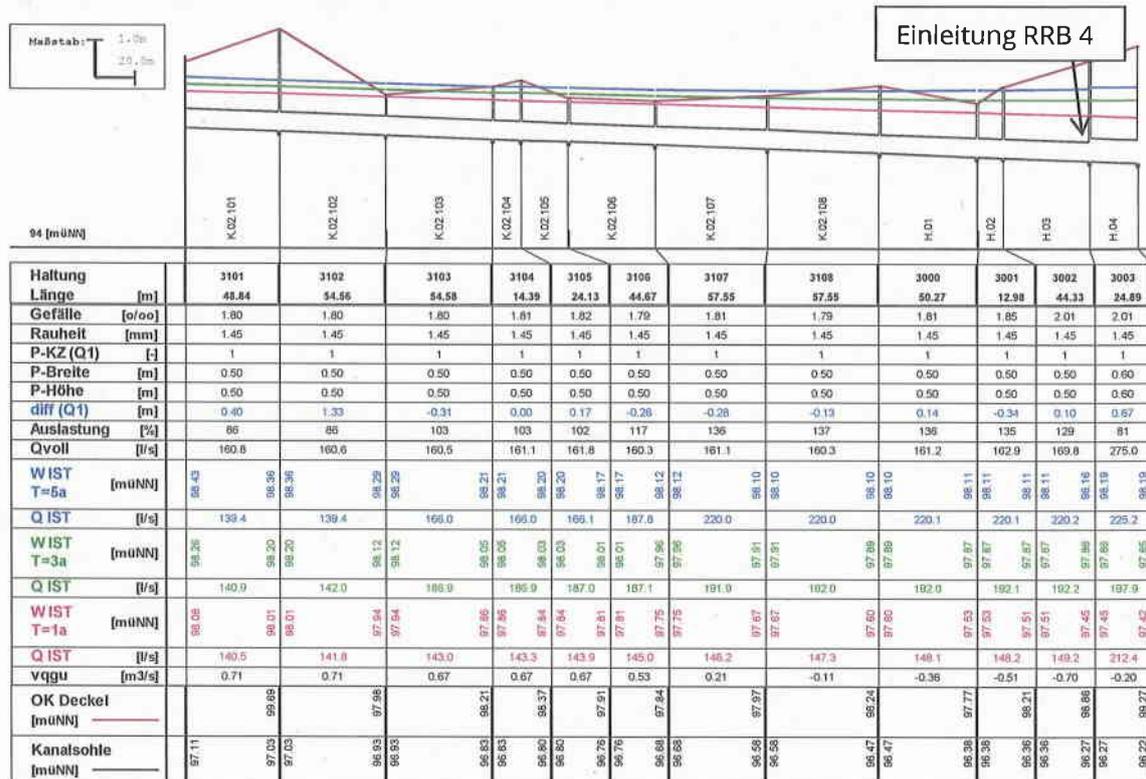


ABBILDUNG 16: AUSSCHNITT LÄNGSSCHNITT RRB 5 BIS NORDSAMMLER (MODELLREGEN T=1A, 3A UND 5A)

Inwieweit die Deckelhöhen in diesem Bereich auch nach Bau des Tunnels Bestand haben, ist ungewiss. Dennoch werden hier verschiedene Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt, die u.U. auch kombiniert werden können:

- Modellierung / Aufhöhung des Geländes
- Einbau druckdichter Deckel
- Druckleitung anstatt einer Freispiegelleitung zwischen RRB 5 und RRB 4
- Trasse in höherem Gelände (z.B. etwas weiter nördlich)

Der restliche Freispiegelkanal (DN 600) zwischen RRB 4 und dem Nordsammler kann, wie geplant, umgesetzt werden, da hier deutlich höhere Geländehöhen vorhanden sind. Die Wahrscheinlichkeit für einen Wasseraustritt liegt bei weniger als 1-mal in 50 Jahren.

### 4.5 KANÄLE IM ENTWÄSSERUNGSABSCHNITT 4

Die hydrodynamischen Berechnungen haben eine Überlastung der Haltung K.02.24 zwischen Schacht K.02.24 und K.02.25 ausgewiesen. Der Überstau in Schacht K02.04 ereignet sich ab einer ca. 20-jährlichen Modellregenbelastung,

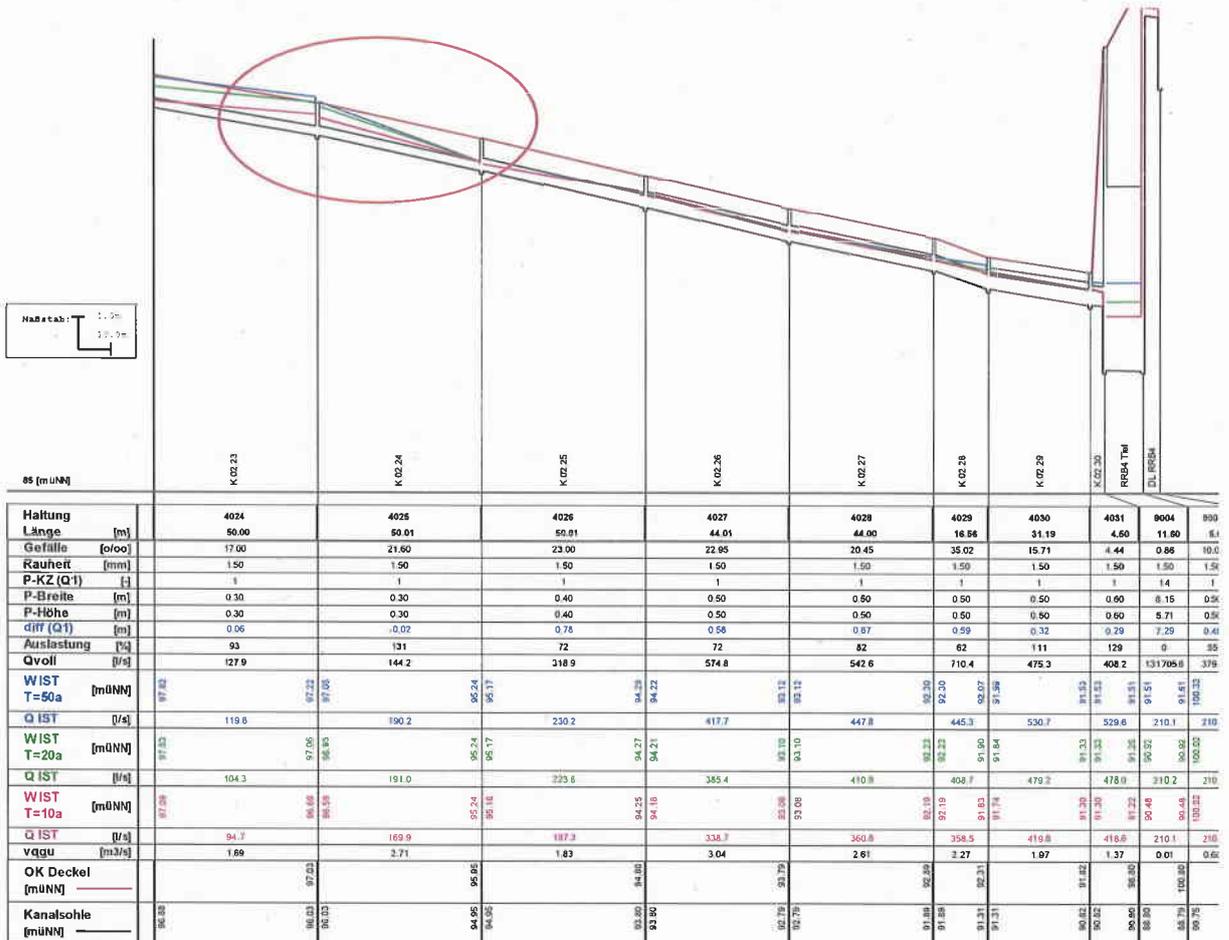


ABBILDUNG 17: AUSSCHNITT LANGSSCHNITT IM TROG OST (MODELLREGEN T=10A, 20A UND 50A)

Da das restliche Kanalsystem leistungsfähiger ist, wird empfohlen den Kanal in der Dimension **DN 400** auszuführen (bisherige Planung: DN 300).

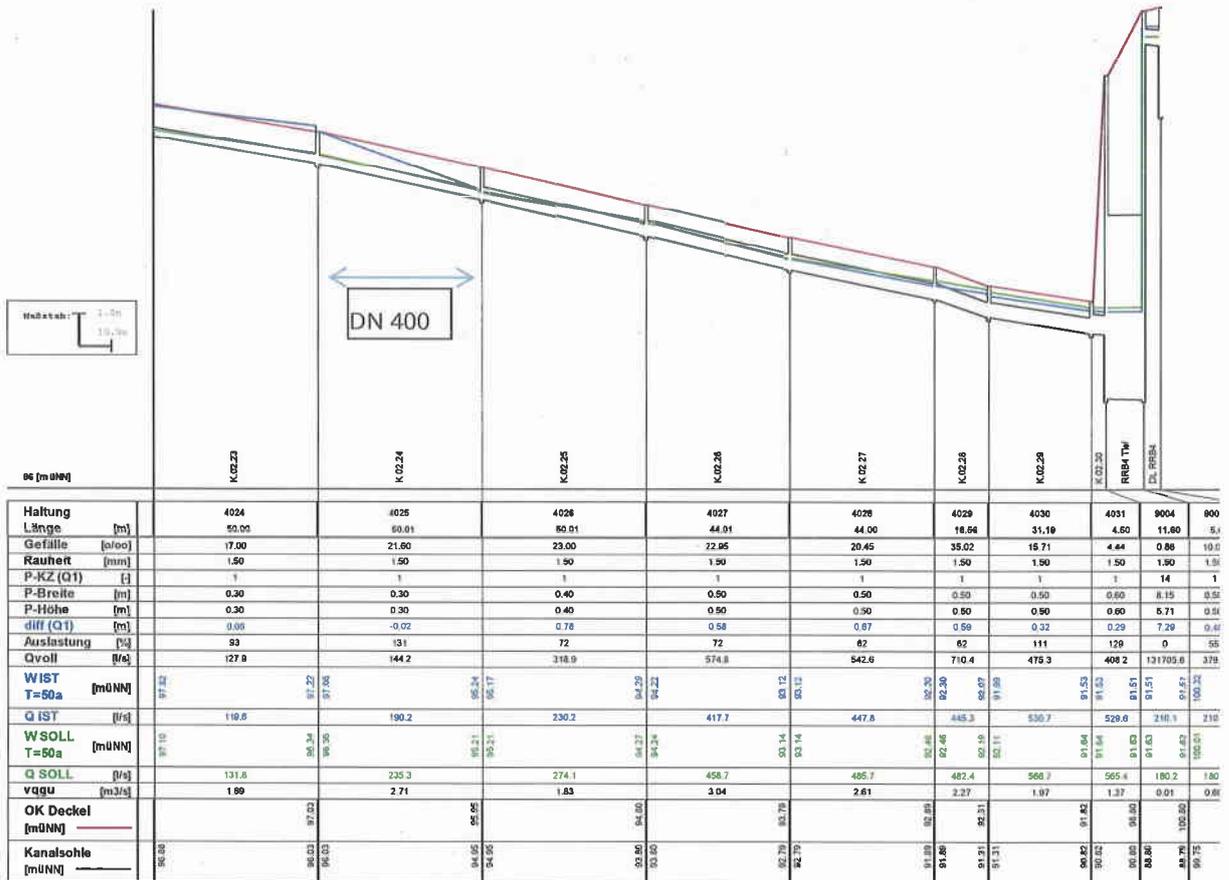


ABBILDUNG 18: AUSSCHNITT LÄNGSSCHNITT IM TROG OST (MODELLREGEN T=50A IST UND SOLL)

## 4.6 RRB 4 (TIEF) TROG OST

### 4.6.1 BERECHNUNGEN DROSSELABGABE

Das RRB 4 (tiefliegend) ist vom Volumen begrenzt. Das Wasser wird über ein Pumpwerk in ein größeres (offenes, hochliegendes) Becken gefördert, von dem es gedrosselt ( $Q_{Dr} = 80 \text{ l/s}$ ) dem Freispiegelkanal zum Nordsammler zugeleitet wird. Von der Förderleistung des tiefliegenden RRB 4 hängt das Volumen des offenen, hochliegenden Beckens ab. Ist die Kapazität des RRB 4 überschritten, fließt das Wasser zum RRB 3, wo ein maximales Volumen von rd.  $360 \text{ m}^3$  zur Verfügung steht. Die Entleerung des RRB 3 geschieht zeitverzögert.

Im RRB 4 können –nach Abzug des Dauerstaus – maximal  $210 \text{ m}^3$  Wasser ( $88 \text{ m}^3$  bis zum Stauziel, weitere  $125 \text{ m}^3$  bis zur Straßenoberkante, Kanalvolumen ist hier vernachlässigbar) gespeichert werden. Je nach Förderleistung der Pumpen füllt sich das Volumen langsamer oder schneller. Es wurden zunächst mit Modellregenbelastungen unterschiedliche Förderleistungen betrachtet, von  $Q_p = 100 \text{ l/s}$  bis  $250 \text{ l/s}$ . Anschließend wurden für ausgewählte Förderleistungen des RRB 4 (tiefliegend) Berechnungen mit den lokalen Regenreihen durchgeführt, die im Folgenden kurz erläutert werden.

Die Ergebnisse für die Modellregenberechnungen mit  $Q_{Dr} = 100 \text{ l/s}$ ,  $200 \text{ l/s}$ ,  $225 \text{ l/s}$  und  $250 \text{ l/s}$  sind in Anhang 6 dokumentiert und werden in den folgenden Kapiteln nur kurz erwähnt.

### 4.6.2 QDR = 100 L/S

Mit einer Förderleistung der Pumpen von  $100 \text{ l/s}$  ist das Becken bereits für Ereignisse größer  $T = 5a$  zu klein und es kommt zum Überstau (siehe Tabelle Modellregen  $Q_{Dr} = 100 \text{ l/s}$  in Anhang 6).

### 4.6.3 QDR = 150 L/S

Mit einer Förderleistung der Pumpen von  $Q_p = 150 \text{ l/s}$  wird eine **10-jährliche Sicherheit** gegen Überstau / Überflutung des tiefliegenden RRB 4 gewährleistet. Das bei stärkeren Regenereignissen ( $>T=10a$ ) überstauende Wasser fließt über die Kanäle im Tunnel dem RRB 3 zu, wo es ohne Schaden zu verursachen gespeichert und (mit zeitlicher Verzögerung zum Regenereignis) weggepumpt werden kann. Im Verbund mit dem RRB 3 (max. Volumen inklusive Kanäle: rd.  $360 \text{ m}^3$ ) besteht somit eine Sicherheit  $> T = 100a$  gegen Überflutung im Tunnel.

Modellregen		9004 RRB4 Tief ( $Q_{Dr}=150 \text{ l/s}$ , $V=210 \text{ cbm}$ )			
Lfd. Nr.	$T_n$	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.- $Q_{max}$ [l/s]
1	100a	232	1,6	134	252
2	50a	228	1,5	69	154
3	30a	219	1,5	31	73
4	20a	210	1,4	3	
5	10a	164	1,2		
6	5a	119	1,1		

TABELLE 4: RRB 4 QDR = 150 L/S MODELLREGENSERIE

Die Berechnungsergebnisse mit lokalen Regenreihen finden sich in Anhang 7.

## 4.6.4 QDR = 180 L/S

Mit einer Förderleistung der Pumpen von  $Q_P = 180 \text{ l/s}$  wird eine **20-25-jährliche Sicherheit** gegen Überstau / Überflutung des tiefliegenden RRB 4 gewährleistet.

Die lokale Regenreihe 4 (Dauer 53 Jahre) führt zu drei Überlastungsereignissen am RRB 4, die etwas weiter weg gelegene Regenreihe 7 (53a) weist keine Überlastung aus. Bei den kürzeren Regenreihen (24 bzw. 25 Jahre) weisen 2 eine Überlastung und eine keine Überlastung aus. Die Ergebnisse der Reihen 4, 15 und 17 sind in Anhang 8 dokumentiert.

Keine der Überlastungen führt zu einer Überschwemmung im Tunnel, da die Wassermengen (hier maximal  $120 \text{ m}^3$  bei Regenreihe 15) vom RRB 3 aufgenommen werden können. Im RRB 3 wird das Wasser gespeichert und (mit zeitlicher Verzögerung zum Regenereignis) weggepumpt. Im Verbund mit dem RRB 3 (max. Volumen inklusive Kanäle: rd.  $360 \text{ m}^3$ ) besteht somit eine Sicherheit  $> T = 100a$  gegen Überflutung im Tunnel.

Modellregen		9004 RRB4 Tief ( $Q_{Dr}=180 \text{ l/s}$ , $V=210 \text{ cbm}$ )			
Lfd. Nr.	Tn	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	100a	228	1,4	79	190
2	50a	220	1,4	30	70
3	30a	215	1,2	19	45
4	20a	179	1,2		
5	10a	137	1,1		
6	5a	94	1,0		
Reihe 4 (53a) Sortiert nach Einstauvolumen		9004 RRB4 Tief ( $Q_{Dr}=180 \text{ l/s}$ , $V=210 \text{ cbm}$ )			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	28.07.2014 16:10	222	1,3	102	176
2	23.07.2004 20:20	214	1,0	40	85
3	25.08.1984 00:30	211	1,4	12	22
4	14.07.1994 18:20	172	1,1		
5	10.07.2014 20:05	164	1,4		
6	07.06.2018 15:10	159	1,0		
Reihe 15 (25a) Sortiert nach Einstauvolumen		9004 RRB4 Tief ( $Q_{Dr}=180 \text{ l/s}$ , $V=210 \text{ cbm}$ )			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	23.07.2004 20:20	222	1,1	120	204
2	30.05.2008 20:00	115	0,9		
3	06.06.2016 15:00	112	0,6		
4	25.07.2013 20:40	103	0,9		
5	20.06.2013 23:20	88	0,8		
6	29.06.2005 21:50	84	1,0		

TABELLE 5: RRB 4 QDR = 180 L/S MODELLREGENSERIE UND REGENREIHEN 4 UND 15

## 4.6.5 QDR = 200 L/S

Mit einer Förderleistung der Pumpen von  $Q_P = 200 \text{ l/s}$  wird eine **30-jährliche Sicherheit** gegen Überstau / Überflutung des tiefliegenden RRB 4 gewährleistet (siehe Tabelle Modellregen  $Q_{Dr} = 200 \text{ l/s}$  in Anhang 6).

## 4.6.6 QDR = 210 L/S

Mit einer Förderleistung der Pumpen von  $Q_P = 210 \text{ l/s}$  wird eine **50-jährliche Sicherheit** gegen Überstau / Überflutung des tiefliegenden RRB 4 gewährleistet.

Die in den Tunnel fließende Wassermenge (hier maximal  $75 \text{ m}^3$  bei Regenreihe 15) können problemlos vom RRB 3 aufgenommen werden. Im RRB 3 wird das Wasser gespeichert und (mit zeitlicher Verzögerung zum Regenereignis) weggepumpt. Im Verbund mit dem RRB 3 (max. Volumen inklusive Kanäle: rd.  $360 \text{ m}^3$ ) besteht somit eine Sicherheit  $> T = 100a$  gegen Überflutung im Tunnel.

Modellregen		9004 RRB4 Tief ( $Q_{Dr}=210 \text{ l/s}$ , $V=210 \text{ cbm}$ )			
Lfd. Nr.	Tn	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	100a	222	1,3	41	98
2	50a	208	1,2	0	
3	30a	199	1,2		
4	20a	153	1,1		
5	10a	111	1		
6	5a	70	0,9		
Reihe 4 (53a) Sortiert nach Einstauvolumen		9004 RRB4 Tief ( $Q_{Dr}=210 \text{ l/s}$ , $V=210 \text{ cbm}$ )			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	28.07.2014 16:10	218	0,8	62	130
2	23.07.2004 20:20	204	0,8		
3	25.08.1984 00:30	171	1,2		
4	14.07.1994 18:20	130	0,8		
5	10.07.2014 20:05	123	0,8		
6	07.06.2018 15:10	120	1,2		
Reihe 15 (25a) Sortiert nach Einstauvolumen		9004 RRB4 Tief ( $Q_{Dr}=210 \text{ l/s}$ , $V=210 \text{ cbm}$ )			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	23.07.2004 20:20	220	0,9	75	160
2	30.05.2008 20:00	93	0,5		
3	06.06.2016 15:00	88	0,8		
4	25.07.2013 20:40	70	0,8		
5	20.06.2013 23:20	59	0,6		
6	29.06.2005 21:50	55	1		

TABELLE 6: RRB 4 QDR = 180 L/S MODELLREGENSERIE UND REGENREIHEN 4 UND 15

Die Ergebnisse der Reihen 4, 15 und 17 sind in Anhang 9 dokumentiert.

## 4.6.7 QDR = 225 L/S

Mit einer Förderleistung der Pumpen von  $Q_p = 225 \text{ l/s}$  wird eine **50-jährliche Sicherheit** gegen Überstau / Überflutung des tiefliegenden RRB 4 gewährleistet. Die Sicherheit hat sich gegenüber  $Q_p = 210 \text{ l/s}$  nicht wesentlich erhöht (siehe Tabelle Modellregen  $Q_{Dr} = 225 \text{ l/s}$  in Anhang 6).

## 4.6.8 QDR = 250 L/S

Mit einer Förderleistung der Pumpen von  $Q_p = 250 \text{ l/s}$  wird kein Überstau mehr für die Modellregenserie (bis  $T_n = 100a$ ) ausgewiesen (siehe Tabelle Modellregen  $Q_{Dr} = 250 \text{ l/s}$  in Anhang 6).

## 4.6.9 FAZIT RRB 4 (TIEF)

Im Verbund mit dem RRB 3 ist bereits bei einer Förderleistung von  $Q_p = 100 \text{ l/s}$  eine sehr hohe Sicherheit ( $T_n = 100a$ ) gegen Überflutung gegeben. Allerdings kann dann häufiger (rechnerisch rd. alle 5 Jahre) Wasser über die Straße in den Tunnel fließen, wo es in Schlitzrinnen aufgenommen wird und dem RRB 3 zugeleitet wird. Da der Abfluss auf der Straße aber bei Extremregen ( $T > 30a$ ) zwischen 200 und 250 l/s betragen kann, wird der Überstau des RRB 4 nicht komplett von der ersten Schlitzrinne aufgenommen, sondern ggfs. erst von der 2. oder 3. Schlitzrinne.

Mit steigender Förderleistung nimmt die Sicherheit gegen Überlastung des RRB 4 zu:

Q <sub>p</sub> [l/s]	Keine Überlastung bei	
	T <sub>n</sub> [a]	
100	5a	
150	10a	
180	20a	
200	30a	
210	50a	
225	50a	
250	100a	

TABELLE 7: RRB 4 FÖRDERLEISTUNG – SICHERHEIT GEGEN ÜBERLAUFEN

Mit einer Pumpleistung von maximal 180 l/s kann eine Sicherheit von  $\geq T = 20a$  am RRB 4 direkt erzielt werden. Um eine Sicherheit von  $\geq T = 50a$  am RRB 4 zu gewährleisten, muss die maximale Förderleistung mindestens 210 l/s betragen. Empfohlen wird eine Pumpleistung von max. 210 l/s.

## 4.6.10 RRB 4 PUMPEN

Es werden 3 Pumpen mit Sanftanlauf installiert, wobei zwei im Wechsel arbeiten und eine als Ersatzpumpe dient. Jede Pumpe fördert maximal 180 oder 210 l/s (s. Kapitel 4.6.9). Alternativ können auch Pumpen mit unterschiedlicher Fördermenge installiert werden, die sich nacheinander einschalten. Dann fehlt allerdings die Redundanz.

Unabhängig von der eigentlichen Dimensionierung kann bereits ohne Kenntnis der Pumpwerksleistungen die spezifische Anlagenkennlinie (Q-H-Kurve) für das System erstellt werden.

$$\sum H = H_{geo} + H_{V,E} + H_{V,L}$$

Die maßgebliche Förderhöhe bzw. Anlagenkennlinie des Pumpwerks bestimmen sich im Detail aus statischen und dynamischen<sup>2</sup> Anteilen:

- geodätische Förderhöhe ( $H_{geo}$ )            statisch,
- Verluste der Einzelwiderstände ( $H_{V,E}$ )    dynamisch,
- Verluste der Rohrleitungen ( $H_{V,L}$ )        dynamisch.

Die geodätische Förderhöhe  $H_{geo}$  liegt bei rd. 10,8 m. (Pumpensumpf 88,80 müNHN – Einleitstelle 99,60 müNHN).

Da der genaue Verlauf der Druckleitung ( $L = 40$  m) mit allen Richtungsänderungen nicht bekannt ist, wurden anhand des Lageplans Krümmungen und Richtungsänderungen vereinfacht angesetzt. Es wurden 8 Richtungsänderungen mit 90 Grad angesetzt, sowie Verluste für Einlauf, Auslauf, Rückschlagklappe und Flachschieber. Die Summe der lokalen Verlustbeiwerte betrug rd.  $\zeta = 10$ .

Die Verluste der Rohrleitungen ( $H_{V,L}$ ) sind abhängig von der Rauheit und der Fließgeschwindigkeit. Die Rauheit wurde mit  $k = 0,25$  mm angesetzt. Für die Berechnung des Beiwertes Lamda wurde der Ansatz nach Zanke gewählt.

Für  $Q_p = 180$  l/s ergaben sich für unterschiedliche Rohrdimensionen folgende Werte:

	Q	v	Verlusthöhe Einzel	Geod Höhe	Re	Lamda (Zanke)	Verlusthöhe Reibung	Verlusthöhe Gesamt
	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]			[m]	[m]
DN 300	180	2,55	3,14	10,8	763943,73	0,0193	0,85	14,79
DN 350	180	1,87	1,69	10,8	654808,91	0,0188	0,38	12,88
DN 400	180	1,43	0,99	10,8	572957,80	0,0184	0,19	11,99
DN 450	180	1,13	0,62	10,8	509295,82	0,0181	0,11	11,53
DN 500	180	0,92	0,41	10,8	458366,24	0,0179	0,06	11,27

TABELLE 8: RRB 4 QP = 180 L/S, FÖRDERHÖHE IN ABHÄNGIGKEIT DER DIMENSION

Für  $Q_p = 210$  l/s ergaben sich für unterschiedliche Rohrdimensionen folgende Werte:

	Q	v	Verlusthöhe Einzel	Geod Höhe	Re	Lamda (Zanke)	Verlusthöhe Reibung	Verlusthöhe Gesamt
	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]			[m]	[m]
DN 300	210	2,97	4,27	10,8	891267,68	0,02	1,16	16,23
DN 350	210	2,18	2,31	10,8	763943,73	0,02	0,52	13,63
DN 400	210	1,67	1,35	10,8	668450,76	0,02	0,26	12,41
DN 450	210	1,32	0,84	10,8	594178,45	0,02	0,14	11,79
DN 500	210	1,07	0,55	10,8	534760,61	0,02	0,08	11,44

TABELLE 9: RRB 4 QP = 210 L/S, FÖRDERHÖHE IN ABHÄNGIGKEIT DER DIMENSION

Für die gewählte Dimension DN 400 ergibt sich folgende Anlagenkennlinie:

<sup>2</sup> Der dynamische Anteil beinhaltet Verlustansätze, die sich mit zunehmendem Förderstrom proportional steigend verhalten.

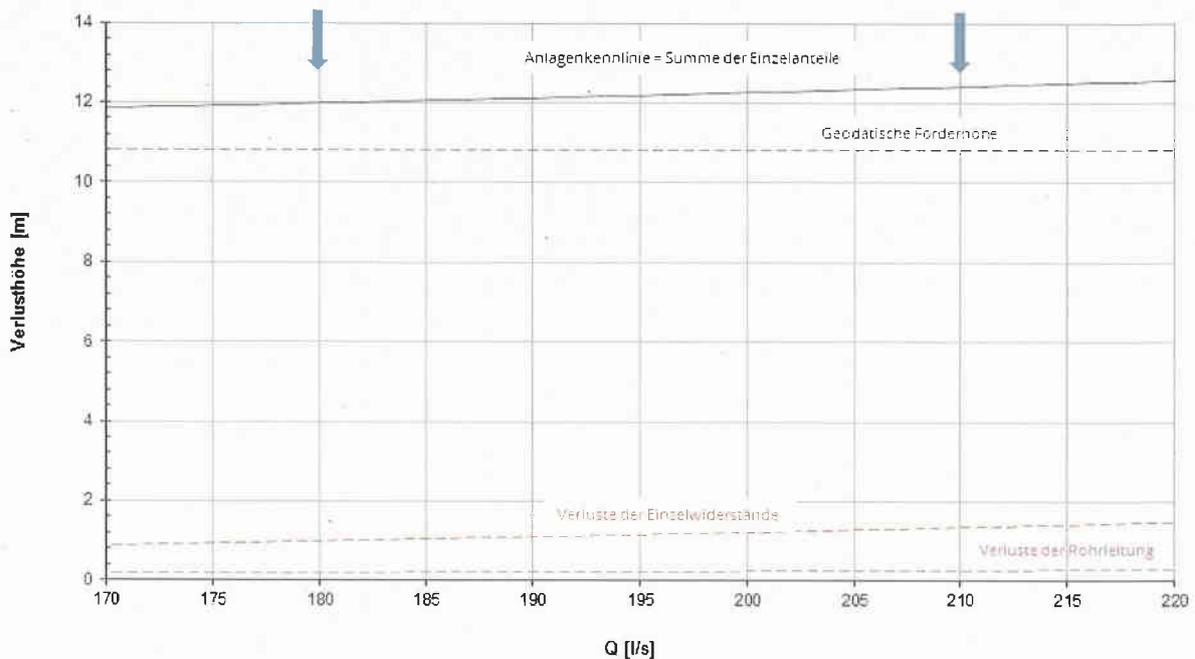


ABBILDUNG 19: ANLAGENKENNLINIE Q = 170 BIS 220 L/S (DN400, K = 0,25 MM)

#### 4.7 RRB 4 (HOCH)

Das RRB 4 HOCH bekommt den Zufluss vom RRB 4 TIEF. Der Drosselabfluss des RRB 4 HOCH ist auf maximal 80 l/s beschränkt. Das bisher geplante Volumen beträgt rd. 315 m<sup>3</sup> bis zum Stauziel. Wird der Bereich bis zur Decke eingestaut, beträgt das Gesamtvolumen 390 m<sup>3</sup>.

In Abhängigkeit des Zuflusses aus dem tiefliegenden RRB 4 verändert sich das benötigte Volumen des hochliegenden RRB 4 (s. a. Anhang 10).

QP RRB4 TIEF [l/s]	benötigtes Volumen RRB 4 HOCH für Sicherheit Tn>				
	10a	20a	30a	50a	100a
100	120	125	130	135	140
150	225	270	285	300	320
180	250	310	355	370	400
200	255	325	385	405	435
210	260	330	390	415	450
225	265	335	400	425	460
250	270	340	405	435	470

TABELLE 10: RRB 4 FÖRDERLEISTUNG PUMPENSUMPF - VOLUMEN BECKEN (MODELLREGENSERIEN)

Für das hochliegende Becken wird bei einem Zufluss von 180 l/s ein Volumen von rd. 310 m<sup>3</sup> benötigt, um einer 20 jährlichen Sicherheit gegen Überlaufen zu genügen, und ein Volumen von rd. 370 m<sup>3</sup>, um einer 50-jährlichen Sicherheit zu genügen.

Für einem Zufluss von 210 l/s wird ein Volumen von rd. 330 m<sup>3</sup> benötigt, um einer 20 jährlichen Sicherheit gegen Überlaufen zu genügen, und ein Volumen von rd. 390 m<sup>3</sup>, um einer 30-jährlichen Sicherheit zu genügen.

Da eine Überlastung dieses Beckens nicht den Tunnel belastet, kann hier auch eine niedrigere Sicherheit angesetzt werden. Bei einem Zufluss von  $Q=210 \text{ l/s}$  aus dem tiefliegenden Pumpensumpf, führt die jetzige Planung zu einer mindestens 30-jährlichen Sicherheit gegen Überstau. Mit den lokalen Regenreihen wurde nur in Reihe 4 ein Ereignis mit Überlastung des RRB 4 ausgewiesen.

<b>Reihe 4 (53a)</b> Sortiert nach Einstauvolumen		<b>RRB4 TIEF (QP=210 l/s)</b> <b>9004 RRB4 HOCH (QDr=80 l/s, V=390 cbm)</b>			
		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Entl.-Vol.	Entl.-Qmax
Lfd. Nr.	Datum	[cbm]	[h]	[cbm]	[l/s]
1	25.08.1984 01:10	415	3,2	25	
2	23.07.2004 20:50	345	2,4		
3	28.07.2014 16:40	329	2,8		
4	07.06.2018 15:35	293	2,1		
5	12.06.2016 11:00	289	2,4		
6	10.07.2014 20:35	276	4,1		
<b>Reihe 15 (25a)</b> Sortiert nach Einstauvolumen		<b>RRB4 TIEF (QP=210 l/s)</b> <b>9004 RRB4 HOCH (QDr=80 l/s, V=390 cbm)</b>			
		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Entl.-Vol.	Entl.-Qmax
Lfd. Nr.	Datum	[cbm]	[h]	[cbm]	[l/s]
1	12.06.2016 11:15	388	5,8		
2	23.07.2004 20:55	363	2,4		
3	30.05.2008 20:30	247	2		
4	29.06.2005 22:10	208	1,8		
5	25.07.2013 21:00	207	2,3		
6	06.06.2016 15:20	165	1,3		

TABELLE 11: RRB 4 FÖRDERLEISTUNG PUMPENSUMPF QP 210L/S REGENREIHEN 4 UND 15

Das RRB 4 ist nach der jetzigen Planung ausreichend bemessen. Wenn ein Überstau des RRB 4 (in einer Grünfläche gelegen) nicht zu einer Überflutungsgefahr der angrenzenden Bebauung führen kann (z.B. durch Modellierung der angrenzenden Grünfläche als flache Mulde), ist es möglich das RRB 4 auf  $300 - 330 \text{ m}^3$  zu verkleinern.

#### 4.8 RRB 3 TUNNEL

Das RRB 3 im Tunnel dient in erster Linie als Havariebecken (Löschwasser, Gefahrstoffunfall) und Becken für Schleppwasser. Bei Extremereignissen, die zur Überlastung der Entwässerungssysteme der Rampen führen, kann das Becken auch als Rückhaltebecken fungieren. Es gibt keine direkte Entleerung des Beckeninhaltes, sondern bei Füllung wird das Becken zeitverzögert mittels einer Pumpe entleert.

Mindestens gefordert wurde ein Volumen von rd. 105 m<sup>3</sup>, um mind. 72 m<sup>3</sup> Löschwasser im Brandfall und 30 m<sup>3</sup> Tankinhalt im Havariefall aufnehmen zu können.

Planmäßig hat das Becken ein Volumen von rd. 200 m<sup>3</sup>. Für den Rückhalt ist theoretisch das gesamte Volumen nutzbar, da das Becken im Regelfall leer ist. Bis zum geplanten Stauziel (86,60 müNHN) ist ein Volumen von rd. 115 m<sup>3</sup> vorhanden, bis zur niedrigsten Straßenoberkante (81,16 müNHN) in Summe ein Beckenvolumen von 210 m<sup>3</sup>. Bis zur Geländeoberkante der Straße wird in den zulaufenden Kanälen zusätzlich zum Beckenvolumen noch ein Volumen von rd. 155 m<sup>3</sup> bereitgestellt.

Somit stehen ohne Havarievolumen rd. 260 m<sup>3</sup> Volumen zur Verfügung, mit Ansatz des Havarievolumens sogar 360 m<sup>3</sup>.

Die Berechnungen haben gezeigt, dass für alle Varianten das Volumen im RRB 3 ausreichend ist. Der maximale Zufluss vom RRB 4 ist abhängig von der Förderleistung der Pumpen des RRB 4 (Ergebnisse der Berechnungen mit lokalen Regenreihen s. Anhang 11).

Modellregen		9003 RRB3 (QDr=0 l/s, V=360 cbm)	
		QP RRB 4.	Einstau-Vol. RRB 3
Lfd. Nr.	Tn	[l/s]	[cbm]
1	100a	100	250
2	50a	100	172
3	30a	100	119
4	20a	100	79
1	100a	150	134
2	50a	150	69
3	30a	150	31
4	20a	150	3
1	100a	180	79
2	50a	180	30
3	30a	180	19
1	100a	210	41

TABELLE 12: RRB 3 EINSTAUVOLUMEN IN ABHÄNGIGKEIT DER FÖRDERLEISTUNG DES RRB 4 (MODELLREGENSERIEN)

Vom RRB 2 kommt kein nennenswerter Zufluss (maximal rd. 20 m<sup>3</sup> bei verkleinertem Volumen im Vergleich zur aktuellen Planung).

Aufgrund der Havarieanforderungen sollte das Volumen wie geplant ausgeführt werden.

Die Pumpe für das RRB 3 wird für geringe Mengen Schleppwasser und sehr selten für die Entleerung des Regenrückhalterausms. Daher reicht eine geringe Förderleistung von 5 oder 10 l/s aus.

## 5 ZUSAMENFASSUNG

Es wurde die Überflutungsgefahr für den Tunnel untersucht. Mit den bisherigen Planungsgrößen zeigt sich eine sehr hohe Sicherheit ( $T_n=100a$ ) gegen Überflutung des Tunnels. Dies übertrifft die geforderte Sicherheit gegen Überflutung von  $T_n = 50 a$ .

Somit besteht die Möglichkeit an den RRB noch kleinere Änderungen vorzunehmen, ohne die Gefahr einer Überflutung zu riskieren, allerdings sollte von den geplanten RRB-Volumina nicht zu stark abgewichen werden, da letztendlich das benötigte Volumen für eine 50-jährliche Sicherheit nicht deutlich geringer ausfällt, als in der jetzigen Planung vorgesehen. Es sollte auch immer im Bewusstsein bleiben, dass bei einer Überflutung (auch wenn sie statistisch nur weniger als einmal in 100 Jahren vorkommt) in einem Tunnel das Wasser nicht irgendwohin ausweichen kann, sondern auf der Straße aufgestaut wird und dies Gefahren mit sich bringen kann. Hier sollte nicht an der Sicherheit „gespart“ werden.

Das RRB 2 ist ausreichend bemessen. Das Mindestvolumen sollte ca.  $325 m^3$  betragen, die vorhandene Planung weist ein maximales Volumen von  $375 m^3$  aus.

Das RRB 4 im Tunnel (RRB 4 TIEF) kann nicht in der geforderten Größe realisiert werden, daher muss ein höher gelegenes Becken (RRB 4 HOCH) das Volumen bereitstellen. Mit dem vorhandenen Volumen im RRB 4 TIEF müssen die Pumpen rd  $210 l/s$  in das hochgelegene Becken fördern können.

Das Becken RRB 4 HOCH liegt außerhalb des Tunnels. Daher ist hier auch eine geringere Sicherheit gegen Überflutung ausreichend. Das vorhandene Volumen mit maximal  $390 m^3$  führt zu einer 30-jährlichen Sicherheit gegen Überlastung. Um eine Überflutung der angrenzenden Bebauung zu verhindern, sollte die angrenzende Grünfläche als flache Mulde modelliert werden. Dann ist es auch möglich, das Volumen auf  $300$  bis  $330 m^3$  zu verringern.

Das RRB 3 im Tunnel dient in erster Linie als Havariebecken (Löschwasser, Gefahrstoffunfall) und Becken für Schleppwasser. Bei Extremereignissen, die zur Überlastung der Entwässerungssysteme der Rampen führen, kann das Becken auch als Rückhaltebecken fungieren. Es gibt keine direkte Entleerung des Beckeninhaltes, sondern bei Füllung wird das Becken zeitverzögert mittels einer Pumpe entleert. Das Becken sollte wie geplant umgesetzt werden. Die Pumpe für das RRB 3 wird für geringe Mengen Schleppwasser und sehr selten für die Entleerung des Regenrückhalteriums. Daher reicht eine geringe Förderleistung von  $5$  oder  $10 l/s$  aus.

## ANHANG 1 KOSTRA DWD 2010R

Rasterfeld 24 / 67



## KOSTRA-DWD 2010R

Nach den Vorgaben des Deutschen Wetterdienstes - Hydrometeorologie -

Niederschlagshöhen nach  
KOSTRA-DWD 2010R

Rasterfeld : Spalte 24, Zeile 67  
 Ortsname : Frankfurt am Main (HE)  
 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	5,3	7,0	8,1	9,4	11,2	12,9	14,0	15,3	17,1
10 min	8,2	10,7	12,2	14,0	16,5	19,0	20,4	22,2	24,7
15 min	10,1	13,1	14,9	17,1	20,2	23,2	24,9	27,2	30,2
20 min	11,4	14,9	16,9	19,5	23,0	26,4	28,5	31,0	34,5
30 min	13,1	17,3	19,8	22,9	27,2	31,4	33,9	37,0	41,2
45 min	14,6	19,7	22,7	26,5	31,7	36,8	39,9	43,7	48,8
60 min	15,4	21,3	24,8	29,2	35,1	41,0	44,5	48,9	54,8
90 min	16,8	22,9	26,5	31,1	37,2	43,4	47,0	51,5	57,6
2 h	17,8	24,2	27,9	32,5	38,8	45,1	48,8	53,5	59,8
3 h	19,5	26,0	29,8	34,7	41,2	47,7	51,6	56,4	62,9
4 h	20,7	27,4	31,3	36,3	43,0	49,7	53,6	58,6	65,3
6 h	22,6	29,5	33,6	38,7	45,7	52,7	56,7	61,9	68,8
9 h	24,6	31,8	36,0	41,4	48,6	55,8	60,0	65,4	72,6
12 h	26,1	33,6	37,9	43,4	50,8	58,2	62,5	68,0	75,4
18 h	28,5	36,2	40,7	46,3	54,0	61,7	66,2	71,9	79,6
24 h	30,3	38,2	42,8	48,6	56,5	64,4	69,0	74,8	82,7
48 h	36,6	47,0	53,1	60,8	71,3	81,7	87,8	95,5	105,9
72 h	40,9	52,8	59,8	68,6	80,5	92,4	99,4	108,2	120,1

## 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]	10,10	15,40	30,30	40,90
100 a	Faktor [-]	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe
	[mm]	30,20	54,80	82,70	120,10

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 24, Zeile 67  
 Ortsname : Frankfurt am Main (HE)  
 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	175,6	234,7	269,3	312,9	372,1	431,2	465,8	509,4	568,6
10 min	136,9	178,3	202,6	233,1	274,5	315,9	340,1	370,6	412,1
15 min	112,2	145,8	165,5	190,3	223,9	257,5	277,2	301,9	335,6
20 min	95,1	124,1	141,0	162,4	191,4	220,4	237,3	258,7	287,7
30 min	72,8	96,4	110,1	127,5	151,0	174,5	188,3	205,6	229,2
45 min	53,9	73,0	84,2	98,2	117,3	136,4	147,6	161,7	180,8
60 min	42,8	59,3	68,9	81,0	97,5	114,0	123,6	135,7	152,2
90 min	31,1	42,5	49,1	57,5	68,9	80,3	87,0	95,4	106,8
2 h	24,8	33,6	38,7	45,1	53,9	62,7	67,8	74,3	83,0
3 h	18,0	24,1	27,6	32,1	38,1	44,2	47,8	52,2	58,3
4 h	14,4	19,0	21,8	25,2	29,9	34,5	37,3	40,7	45,4
6 h	10,4	13,7	15,6	17,9	21,2	24,4	26,3	28,6	31,9
9 h	7,6	9,8	11,1	12,8	15,0	17,2	18,5	20,2	22,4
12 h	6,1	7,8	8,8	10,0	11,8	13,5	14,5	15,7	17,4
18 h	4,4	5,6	6,3	7,2	8,3	9,5	10,2	11,1	12,3
24 h	3,5	4,4	5,0	5,6	6,5	7,5	8,0	8,7	9,6
48 h	2,1	2,7	3,1	3,5	4,1	4,7	5,1	5,5	6,1
72 h	1,6	2,0	2,3	2,6	3,1	3,6	3,8	4,2	4,6

## 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]	10,10	15,40	30,30	40,90
100 a	Faktor [-]	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe
	[mm]	30,20	54,80	82,70	120,10

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

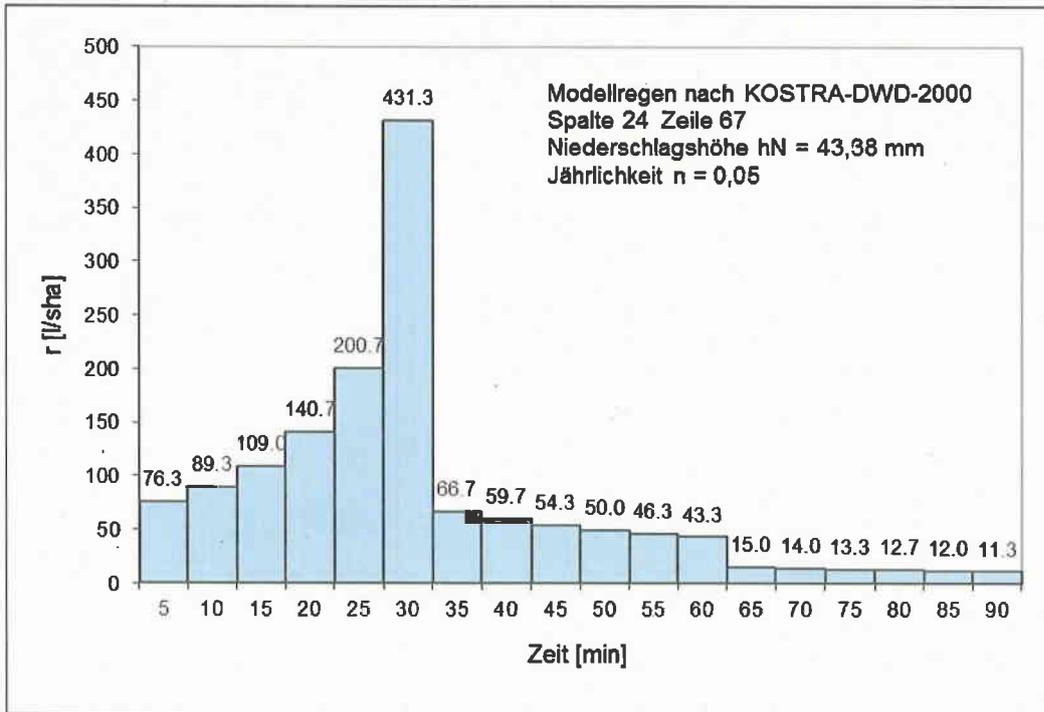
- bei  $1 a \leq T \leq 5 a$  ein Toleranzbetrag von  $\pm 10 \%$ ,
- bei  $5 a < T \leq 50 a$  ein Toleranzbetrag von  $\pm 15 \%$ ,
- bei  $50 a < T \leq 100 a$  ein Toleranzbetrag von  $\pm 20 \%$

Berücksichtigung finden



## ANHANG 2      MODELLREGEN

Hier beispielhaft: Euler Typ II, D = 90 min, T = 20a



## ANHANG 3 REGENREIHEN MONATSWERTE

## Regenreihe 4

1966-2018 einzelne Jahre durch F-EH ersetzt

Niederschlagshöhe in [mm]

Jahr	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Sunne
1966	39.27	20.98	26.00	30.54	9.30	149.44	96.11	57.84	39.25	75.65	84.52	76.37	706.07
1967	17.02	48.95	33.24	44.36	81.06	29.23	41.80	62.86	88.25	83.17	47.19	77.82	654.94
1968	56.31	53.23	40.83	55.74	48.35	121.59	45.44	173.08	57.70	39.01	19.73	29.70	740.71
1969	29.90	44.27	57.43	48.25	70.66	63.03	43.29	128.07	15.03	4.73	54.58	14.42	573.64
1970	56.86	98.46	43.33	61.22	55.80	108.85	82.43	30.45	71.87	25.30	99.59	51.74	785.90
1971	41.55	10.36	13.66	4.27	38.65	117.94	9.08	53.14	17.98	21.78	79.48	13.42	421.31
1972	18.94	6.80	0.00	3.46	61.92	78.72	54.82	82.05	24.61	0.00	77.77	11.88	420.97
1973	18.74	19.74	4.95	27.30	55.22	8.28	89.46	42.53	30.50	68.92	52.14	52.55	470.33
1974	42.63	43.60	52.39	6.60	77.06	51.37	69.20	59.23	42.45	33.04	35.92	73.57	587.06
1975	57.68	4.47	50.55	54.94	35.55	62.00	51.89	64.39	73.42	22.76	41.98	12.64	532.27
1976	45.67	23.25	14.72	21.85	29.65	14.19	58.15	4.17	28.35	21.98	47.58	30.89	340.45
1977	51.71	107.89	28.23	34.53	23.19	98.18	56.66	116.70	12.44	53.94	75.45	44.69	703.61
1978	23.60	25.46	70.39	22.08	140.16	58.93	60.31	27.86	45.26	4.31	5.93	45.48	529.77
1979	26.79	16.85	52.03	25.46	30.86	78.88	54.54	36.94	18.93	26.19	78.57	125.04	571.08
1980	42.03	58.35	32.13	35.96	50.73	63.33	69.12	34.14	25.57	35.51	37.25	49.05	533.17
1981	62.00	10.49	92.66	45.10	75.35	104.28	51.52	156.76	27.68	91.89	44.83	100.49	863.05
1982	46.01	10.67	42.37	31.55	57.73	36.40	43.44	22.15	15.85	146.80	33.29	55.00	541.26
1983	67.60	46.70	39.30	95.80	135.60	19.20	21.00	20.70	87.30	27.80	49.60	37.60	648.20
1984	65.20	61.60	19.30	35.50	131.60	33.30	43.60	107.00	102.50	45.20	41.10	34.90	720.80
1985	31.62	28.68	38.78	34.43	76.67	94.83	60.27	53.91	40.04	18.32	50.14	21.25	548.93
1986	66.10	7.51	86.03	50.37	45.05	55.79	66.03	24.72	67.99	83.60	34.24	58.78	646.19
1987	23.92	49.84	79.50	8.52	66.00	92.33	84.39	39.28	61.97	56.82	46.84	36.71	646.11
1988	74.40	56.10	89.40	22.20	21.50	36.01	72.60	15.30	42.30	69.50	30.00	66.50	595.81
1989	21.00	41.50	61.90	69.40	8.90	57.10	63.20	38.60	23.30	51.50	49.30	96.60	582.30
1990	38.20	96.00	17.60	58.90	6.50	85.20	27.60	36.00	79.00	30.30	64.60	61.60	601.50
1991	70.20	25.60	37.90	12.40	11.60	86.30	53.70	1.30	27.00	24.90	51.30	61.40	463.60
1992	28.70	23.40	69.10	37.50	26.40	67.20	48.60	0.00	46.70	58.70	74.20	44.70	525.20
1993	50.10	12.40	7.00	70.40	33.50	27.00	94.10	21.20	89.00	33.80	15.10	119.60	573.20
1994	55.70	14.10	45.60	54.40	59.10	57.80	86.80	95.00	70.30	65.70	36.70	74.50	715.70
1995	151.10	80.40	37.60	25.30	62.20	42.60	59.30	30.70	85.60	23.50	29.60	33.00	660.90
1996	1.80	46.10	14.70	10.80	68.50	41.20	69.20	60.20	39.00	71.90	61.10	24.70	516.40
1997	8.90	75.20	19.60	8.70	49.80	68.60	27.70	21.90	14.40	42.50	58.70	50.70	446.70
1998	49.40	11.60	33.40	70.30	42.20	76.40	83.30	28.70	132.20	163.50	71.70	28.10	798.80
1999	64.50	38.70	48.10	46.90	22.10	42.20	105.00	81.00	44.10	35.60	64.20	112.60	705.00
2000	35.30	73.50	67.40	28.80	46.80	47.00	142.70	55.70	76.60	83.20	65.10	70.70	792.00
2001	100.60	69.20	123.70	50.80	37.20	73.60	43.40	44.90	139.30	69.10	110.00	60.70	922.50
2002	43.90	132.50	43.20	36.10	84.80	25.70	114.10	60.90	66.00	125.80	89.30	87.60	909.90
2003	73.70	12.60	17.00	20.30	65.30	60.50	65.40	26.60	29.50	45.70	43.60	39.60	499.80
2004	85.70	24.00	31.00	17.30	91.00	42.80	103.80	84.90	71.30	56.70	46.20	33.20	687.90
2005	42.20	41.60	15.80	79.20	68.00	50.60	57.80	40.80	44.80	39.70	45.30	57.30	583.10
2006	25.10	48.10	73.50	41.50	96.70	21.20	93.30	105.00	27.70	87.40	57.00	37.20	713.70
2007	83.00	66.90	60.60	0.20	92.20	102.30	102.40	84.30	64.70	7.10	41.90	68.90	774.50
2008	37.60	51.10	80.40	83.00	48.20	32.50	45.40	75.90	57.00	69.20	19.40	34.30	634.00
2009	37.30	51.20	53.90	33.30	56.70	76.10	97.40	38.50	41.00	38.70	93.10	78.10	695.30
2010	45.10	47.10	31.60	17.10	126.50	59.60	74.30	102.70	46.30	29.20	63.70	60.40	703.60
2011	49.30	28.80	10.50	17.40	11.10	74.70	76.20	92.00	33.90	29.30	0.40	117.60	541.20
2012	60.50	3.80	10.20	39.90	45.70	104.40	83.20	30.30	36.70	61.80	49.20	69.70	595.40
2013	35.70	30.50	27.40	62.90	95.30	56.70	43.30	45.60	54.90	103.20	58.10	25.00	638.60
2014	55.10	77.00	16.40	36.20	133.20	92.00	312.60	277.60	42.00	99.80	89.80	98.80	1330.50
2015	59.20	20.70	25.40	25.90	12.80	51.80	24.50	57.60	42.20	28.10	58.10	29.10	435.40
2016	61.90	86.00	37.80	73.50	98.60	151.90	62.10	26.80	20.30	49.70	46.20	11.50	726.30
2017	20.80	24.50	56.60	16.60	104.30	33.80	107.40	97.20	68.00	36.50	77.00	84.10	726.80
2018	79.10	11.80	40.20	64.10	32.50	81.10	20.90	10.80	33.30	10.50	32.40	90.70	507.40
Mittel	48.61	41.89	41.95	38.18	59.54	65.40	70.07	60.11	50.63	51.49	53.40	56.27	637.53

## Regenreihe 15

Gemessene Regenreihe  
# Blank lines

Niederschlagshöhe in [mm]													
Jahr	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Summe
1995	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.00	25.60	74.50	16.60	31.10	46.30	241.10
1996	1.90	23.90	16.50	18.80	53.10	57.00	78.40	62.10	27.60	61.10	89.10	19.80	509.30
1997	14.00	71.50	17.10	20.80	56.80	77.70	35.00	23.80	16.80	43.30	57.60	40.60	475.00
1998	42.20	10.70	35.90	84.10	34.70	75.00	63.70	25.10	111.70	153.90	23.50	0.00	660.50
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.50	21.40	25.90	68.90	144.70
2000	19.20	44.40	37.70	19.90	31.20	37.50	90.20	59.30	63.50	68.20	52.80	55.40	579.30
2001	82.40	60.20	98.30	37.20	20.40	54.30	32.30	18.40	75.50	29.40	73.70	40.60	622.70
2002	37.80	94.30	29.80	27.30	58.60	16.70	61.00	47.60	41.00	121.40	91.50	91.50	718.50
2003	73.10	12.00	13.50	19.50	66.20	39.80	61.30	25.10	29.40	48.30	42.60	42.00	472.80
2004	85.80	20.10	26.00	15.30	86.10	35.20	106.10	84.40	65.80	56.90	41.90	29.20	652.80
2005	41.10	37.40	14.80	86.70	70.10	69.20	63.70	57.30	39.60	35.00	38.60	50.10	603.60
2006	24.00	41.90	70.50	39.70	104.80	21.30	82.30	97.70	15.00	83.50	51.30	31.80	663.80
2007	74.70	70.50	58.90	0.00	92.70	106.60	105.80	81.10	68.50	6.30	41.60	64.20	770.90
2008	34.70	49.60	73.00	76.20	48.90	33.10	44.20	75.40	51.10	66.10	16.90	34.30	603.50
2009	37.70	55.10	54.90	19.00	61.30	73.80	100.90	21.60	36.40	40.50	91.40	88.40	681.00
2010	45.80	51.00	30.00	18.20	120.60	58.40	62.70	94.20	47.40	29.40	58.20	64.70	680.60
2011	47.50	28.60	13.50	17.70	12.80	82.50	79.50	102.00	35.40	32.00	0.40	137.20	589.10
2012	66.30	4.20	10.70	45.40	54.70	116.80	107.20	34.70	43.00	70.30	55.20	76.80	685.30
2013	40.90	32.20	34.70	65.20	104.20	54.60	62.90	61.80	56.00	106.20	61.00	28.70	708.40
2014	46.10	42.90	9.40	46.60	73.80	42.90	143.40	152.40	23.60	48.50	44.00	49.40	723.00
2015	66.00	24.30	24.50	23.70	10.70	49.20	27.90	57.30	46.60	26.00	62.60	27.20	446.00
2016	71.40	92.90	42.80	74.70	111.20	193.80	54.60	27.60	21.80	52.90	52.60	13.10	809.40
2017	24.90	23.20	60.80	9.20	84.60	39.20	111.40	83.80	76.10	37.30	82.80	86.50	719.80
2018	77.80	11.40	37.70	61.50	36.70	64.60	0.00	0.00	0.00	0.00	29.00	87.70	406.40
2019	34.80	25.60	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.00
Mittel	43.60	37.12	32.66	33.07	55.77	55.97	64.86	52.73	43.79	50.18	48.61	50.98	569.34

## Regenreihe 17

Gemessene Regenreihe  
# Blank lines

Niederschlagshöhe in [mm]													
Jahr	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Summe
1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.70	4.60	15.70	44.10	53.60	40.10	199.80
1998	44.00	8.90	32.00	66.00	38.00	85.50	55.20	25.30	117.80	159.00	26.60	1.70	660.00
1999	58.50	31.10	48.90	44.60	24.40	45.20	101.00	102.90	39.50	34.20	41.30	103.80	675.40
2000	27.50	64.90	53.20	24.30	29.60	40.30	104.40	56.60	50.70	73.60	58.40	60.50	644.00
2001	88.60	67.10	112.50	47.00	29.30	49.60	30.30	48.10	100.70	39.20	99.20	52.50	764.10
2002	44.90	123.20	38.50	30.80	68.60	21.70	98.10	52.80	51.20	109.20	86.50	82.10	807.60
2003	62.90	9.30	12.90	14.50	59.70	32.40	44.00	15.00	20.60	39.40	36.40	38.50	385.60
2004	73.40	16.20	19.50	11.50	85.90	29.60	53.30	86.80	59.70	51.60	38.30	25.10	550.90
2005	33.90	30.80	13.00	77.80	66.10	62.00	57.30	50.40	34.90	35.30	33.70	42.00	537.20
2006	19.40	36.50	65.70	36.40	99.40	22.40	73.10	84.80	11.80	81.90	44.70	26.80	602.90
2007	63.00	66.50	52.40	0.00	91.40	103.50	93.50	73.10	58.70	5.00	35.50	59.40	702.00
2008	30.00	46.60	59.40	64.10	40.70	34.10	37.10	80.50	52.20	61.10	14.30	37.00	557.10
2009	35.30	50.70	54.30	32.10	57.80	63.10	90.60	26.00	38.00	37.00	83.00	73.20	641.10
2010	37.50	48.50	28.20	15.80	120.80	62.50	61.10	96.90	43.00	27.20	53.10	57.00	651.60
2011	48.20	22.70	13.30	16.60	11.00	75.40	79.40	93.10	32.20	29.80	0.40	131.70	553.80
2012	55.80	3.80	10.70	42.50	51.40	121.60	61.20	1.30	41.50	67.50	36.20	63.90	557.40
2013	37.30	28.20	26.60	62.00	98.10	54.30	52.80	57.40	55.50	79.40	60.60	27.00	639.20
2014	41.60	46.10	9.80	26.60	74.00	43.10	89.90	152.10	20.60	44.70	41.60	44.70	634.80
2015	60.50	22.90	19.00	21.20	10.80	52.10	22.40	64.60	46.30	22.50	59.70	26.60	428.60
2016	66.50	86.30	39.60	67.70	90.60	145.80	52.50	29.40	18.40	31.30	46.70	11.40	686.20
2017	20.80	20.60	58.00	15.70	61.70	42.50	107.20	86.70	78.60	42.10	84.90	88.40	707.20
2018	79.50	10.10	35.30	56.90	38.40	63.70	18.20	9.40	34.00	8.80	28.00	85.70	468.00
2019	29.40	24.40	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.40
Mittel	46.02	37.63	35.06	33.66	54.25	54.37	61.93	56.43	44.42	48.87	46.20	51.27	570.08

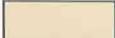
## ANHANG 4 RRB 2 BERECHNUNGEN

Reihe 4 (53a) Sortiert nach Einstauvolumen		9002 RRB2 West (Q <sub>Dr</sub> =60 l/s, V <sub>Becken</sub> =275 cbm)			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Q <sub>max</sub> [l/s]
1	28.07.2014 16:15	239	2,2		
2	23.07.2004 20:25	215	1,8		
3	25.08.1984 00:35	210	2,3		
4	07.06.2018 15:15	171	1,6		
5	14.07.1994 18:25	171	1,4		
6	10.07.2014 20:15	169	1,8		
7	16.06.1970 18:55	145	1,5		
8	29.07.2014 17:50	144	1,5		
9	30.05.2008 20:15	141	1,3		
10	16.06.1966 16:20	138	1,2		
11	14.08.1969 19:05	135	1,8		
12	12.06.2016 10:45	134	2,6		
13	15.06.1968 13:15	126	1,8		
14	18.07.1994 15:25	124	1,2		
15	22.06.1989 18:40	121	1,1		
16	08.08.1999 16:50	108	1,1		
17	28.06.2003 15:35	102	1,0		
18	20.06.2013 23:25	94	1,1		
19	17.06.1966 17:20	89	1,2		
20	22.06.2011 15:00	86	1,1		
21	12.07.2006 03:50	86	1,0		
22	30.09.2006 21:50	77	0,9		
23	13.08.2014 18:15	75	1,6		
24	07.08.1994 05:35	75	1,7		
25	25.07.2013 20:35	74	1,0		
26	08.07.2014 02:55	70	2,1		
27	18.08.1973 18:00	64	0,9		
28	12.04.1993 18:05	62	0,9		
29	24.07.2003 22:20	60	0,7		
30	09.08.1972 16:10	59	0,7		
31	21.10.2014 18:40	59	0,8		
32	12.09.2004 05:50	58	0,8		
33	09.06.2018 20:40	57	1,0		
34	25.06.1970 15:55	57	0,7		
35	30.05.2016 01:00	56	1,7		
36	06.07.1999 21:05	54	1,9		
37	10.06.2014 00:40	53	0,9		
38	21.07.1976 01:15	51	1,2		
39	31.03.1983 12:50	51	0,6		
40	09.07.2007 21:50	49	0,8		

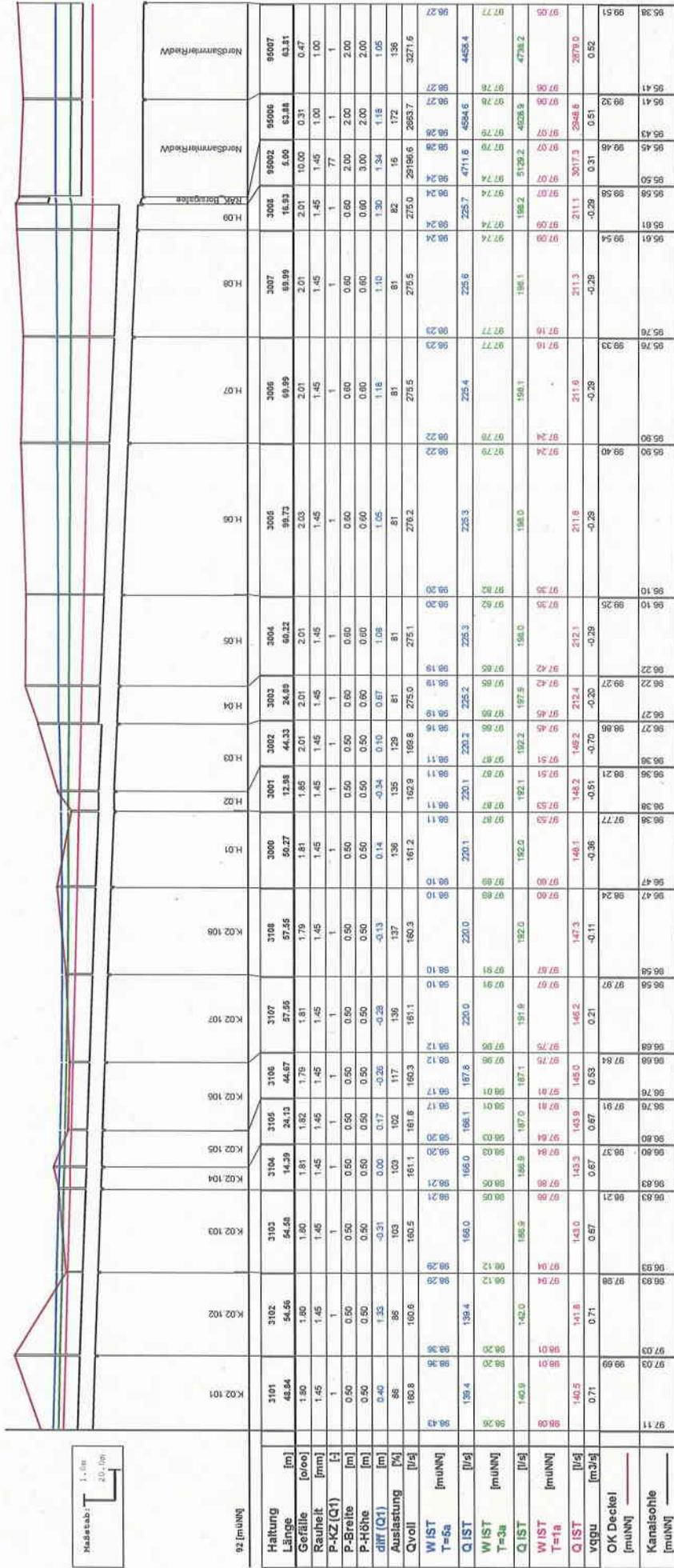
Reihe 15 (25a)		9002 RRB2 West (QDr=60 l/s, V <sub>Becken</sub> =275 cbm)			
Sortiert nach Einstauvolumen		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Entl.-Vol.	Entl.-Qmax
Lfd. Nr.	Datum	[cbm]	[h]	[cbm]	[l/s]
1	23.07.2004 20:30	249	2,1		
2	12.06.2016 11:05	184	3,7		
3	30.05.2008 20:15	136	1,4		
4	25.07.2013 20:45	120	1,2		
5	06.06.2016 15:05	112	0,8		
6	29.06.2005 21:55	107	1,6		

Reihe 17 (25a)		9002 RRB2 West (QDr=60 l/s, V <sub>Becken</sub> =275 cbm)			
Sortiert nach Einstauvolumen		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Entl.-Vol.	Entl.-Qmax
Lfd. Nr.	Datum	[cbm]	[h]	[cbm]	[l/s]
1	07.06.2018 15:15	150	1,2		
2	20.06.2013 23:25	132	1,2		
3	30.05.2008 20:00	98	1,2		
4	08.07.2006 20:20	87	0,9		
5	10.07.2002 14:00	80	0,8		
6	25.07.2013 20:35	79	1		

Modellregen		9002 RRB2 West (QDr=60 l/s, V <sub>Becken</sub> =275 cbm)			
Lfd. Nr.	Tn	Einstau-Vol.	Einstaudauer	Entl.-Vol.	Entl.-Qmax
		[cbm]	[h]	[cbm]	[l/s]
1	100a	245	2,5		
2	50a	216	2,2		
3	30a	198	2,1		
4	20a	179	1,9		
5	10a	140	1,7		
6	5a	103	1,4		

	Überstau / Wasser auf Straße
	Stauziel (Planung) überschritten (hier 170 m <sup>3</sup> )

ANHANG 5 LANGSSCHNITT RRB 5 BIS NORDSAMMLER



92 [muNW]	K02 101	K02 102	K02 103	K02 104	K02 105	K02 106	K02 107	K02 108	H 01	H 02	H 03	H 04	H 05	H 06	H 07	H 08	H 09	NordsammlerRdW	NordsammlerRdW	95007
Haltung	3101	3102	3103	3104	3105	3106	3107	3108	3000	3001	3002	3003	3004	3005	3006	3007	3008	95006	95006	95007
Länge [m]	48,84	54,56	54,50	14,39	24,13	44,67	57,55	57,55	50,27	12,98	44,33	24,89	40,22	68,99	68,99	89,89	16,93	4,00	63,88	83,81
Gefälle [‰]	1,80	1,80	1,80	1,81	1,82	1,79	1,81	1,79	1,81	1,85	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	10,00	0,31	0,47
Rauhheit [mm]	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,00	1,00
P-KZ (Q1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P-Breite [m]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60	0,60	2,00	2,00	2,00
P-Höhe [m]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60	0,60	3,00	2,00	2,00
difff (Q1)	0,40	1,35	-0,31	0,00	0,17	-0,26	-0,28	-0,13	0,14	-0,34	0,10	0,87	1,08	1,18	1,18	1,10	1,30	1,34	1,18	1,05
Auslastung [%]	88	86	103	103	102	117	136	137	136	135	129	81	81	81	81	81	82	16	172	138
Qvoll [l/s]	180,8	160,6	160,5	161,1	161,6	160,3	161,1	160,3	161,2	162,9	169,8	275,0	275,1	275,1	275,5	275,5	275,0	29196,6	2683,7	3271,6
WIST T=5a [muNW]	98,43	98,29	98,21	98,21	98,20	98,12	98,10	98,10	98,10	98,11	98,11	98,19	98,19	98,22	98,22	98,23	98,24	98,24	98,27	98,27
Q IST T=3a [l/s]	139,4	139,4	166,0	165,0	167,6	167,6	220,0	220,0	220,1	220,1	220,2	225,2	225,3	225,3	225,4	225,6	225,7	4711,6	4584,6	4454,4
WIST T=3a [muNW]	98,20	98,20	98,05	98,05	98,01	98,01	97,99	97,91	97,88	97,87	97,87	97,88	97,85	97,79	97,78	97,77	97,74	97,74	97,78	97,78
Q IST [l/s]	140,9	142,0	186,9	185,9	187,0	187,1	191,9	192,0	192,0	192,1	192,2	197,9	198,0	198,1	198,1	198,1	199,2	5129,2	4939,9	4794,2
WIST T=1a [muNW]	98,01	98,01	97,86	97,86	97,84	97,79	97,75	97,67	97,60	97,53	97,51	97,46	97,42	97,34	97,24	97,16	97,00	97,07	97,07	97,06
Q IST T=1a [l/s]	140,5	141,8	143,0	143,3	143,9	145,0	146,2	147,3	148,1	148,2	149,2	212,4	212,1	211,8	211,6	211,3	211,1	30017,3	2848,6	2679,0
OK Deckel [m³/s]	0,71	0,71	0,87	0,87	0,83	0,21	0,21	-0,11	-0,36	-0,51	-0,70	-0,20	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	0,31	0,51	0,52
Kanalsohle [muNW]	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,37	97,64	97,97	97,97	98,47	98,38	98,21	98,66	98,27	98,22	98,90	98,76	98,61	98,58	98,41	95,41
	97,03	97,03	97,98	98,21	98,3															

## ANHANG 6 RRB 4 TIEF BERECHNUNGEN MODELLREGEN

Modellregen		9004 RRB4 Tief (QDr=100 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Ta	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	100a	243	1,9	250	228
2	50a	235	1,8	172	243
3	30a	229	1,8	119	191
4	20a	227	1,8	79	147
5	10a	214	1,8		
6	5a	173	1,5		

Modellregen		9004 RRB4 Tief (QDr=150 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Ta	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	100a	232	1,6	134	252
2	50a	228	1,5	69	154
3	30a	219	1,5	31	73
4	20a	210	1,4	3	
5	10a	164	1,2		
6	5a	119	1,1		

Modellregen		9004 RRB4 Tief (QDr=180 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Ta	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	100a	228	1,4	79	190
2	50a	220	1,4	30	70
3	30a	215	1,2	19	45
4	20a	179	1,2		
5	10a	137	1,1		
6	5a	94	1,0		

Modellregen		9004 RRB4 Tief (QDr=200 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Ta	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	100a	225	1,3	52	125
2	50a	213	1,2	7	22
3	30a	200	1,2		
4	20a	162	1,1		
5	10a	120	1		
6	5a	78	0,9		

Modellregen		9004 RRB4 Tief (QDr=210 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Ta	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	100a	222	1,3	41	98
2	50a	208	1,2	0	
3	30a	199	1,2		
4	20a	153	1,1		
5	10a	111	1		
6	5a	70	0,9		

Modellregen		9004 RRB4 Tief (QDr=225 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Ta	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	100a	217	1,2	24	61,1
2	50a	193	1,1		
3	30a	187	1,1		
4	20a	140	1		
5	10a	99	1		
6	5a	61	0,9		

Modellregen		9004 RRB4 Tief (QDr=250 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Ta	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	100a	209	1,1		
2	50a	172	1,1		
3	30a	167	1		
4	20a	120	1		
5	10a	80	0,9		
6	5a	51	0,8		



Überstau / Wasser auf Straße

Stauziel (Planung) überschritten (hier 88 m<sup>3</sup>)

## ANHANG 7 RRB 4 TIEF QDR = 150 L/S REGENREIHEN

Reihe 4 (53a) Sortiert nach Einstauvolumen		9004 RRB4 Tief (QDr=150 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	28.07.2014 16:10	223	1,3	134	245
2	23.07.2004 20:20	220	1,1	74	150
3	25.08.1984 00:30	215	1,6	52	108
4	14.07.1994 18:20	196	1,1		
5	10.07.2014 20:05	195	1,1		
6	07.06.2018 15:10	192	1,5		
7	14.08.1969 19:00	169	1,3		
8	30.05.2008 20:05	167	1,6		
9	29.07.2014 17:50	165	1		
10	15.06.1968 13:10	160	1		
11	16.06.1970 18:50	157	0,9		
12	16.06.1966 16:20	152	1,5		
13	22.06.1989 18:30	142	0,8		
14	18.07.1994 15:20	135	0,8		
15	08.08.1999 16:50	124	0,9		
16	28.06.2003 15:35	109	0,8		
17	17.06.1966 17:20	104	0,9		
18	22.06.2011 14:55	98	2,2		
19	20.06.2013 23:20	94	0,8		
20	12.07.2006 03:45	93	0,8		
21	12.06.2016 10:35	88	0,8		
22	30.09.2006 21:45	80	0,7		
23	13.08.2014 18:05	69	1,2		
24	25.07.2013 20:30	65	0,7		
25	08.07.2014 02:50	65	1,7		
26	12.09.2004 05:45	64	1,9		
27	07.08.1994 05:30	63	0,7		
28	24.07.2003 22:20	62	0,5		
29	09.08.1972 16:10	60	0,5		
30	21.10.2014 18:35	59	0,8		
31	25.06.1970 15:55	59	0,8		
32	18.08.1973 17:55	58	0,7		
33	12.04.1993 18:05	58	0,6		
34	30.05.2016 01:00	53	1,4		
35	10.06.2014 00:40	52	0,8		
36	31.03.1983 12:50	52	0,4		
37	09.06.2018 20:35	51	0,8		
38	08.06.2003 18:25	50	0,4		
39	02.07.2000 22:15	50	0,8		
40	06.07.1999 21:00	50	1,7		

Reihe 15 (25a) Sortiert nach Einstauvolumen		9004 RRB4 Tief (QDr=150 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	23.07.2004 20:20	226	1.1	120	204
2	30.05.2008 20:00	135	0.9		
3	06.06.2016 15:00	129	0.7		
4	25.07.2013 20:40	129	0.9		
5	20.06.2013 23:20	116	2.8		
6	29.06.2005 21:50	103	1.2		

Reihe 17 (25a) Sortiert nach Einstauvolumen		9004 RRB4 Tief (QDr=150 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	07.06.2018 15:10	150	1,2		
2	20.06.2013 23:20	132	1,2		
3	30.05.2008 19:55	98	1,2		
4	08.07.2006 20:15	87	0,9		
5	10.07.2002 13:55	80	0,8		
6	08.08.1999 16:50	79	1,0		



Überstau / Wasser auf Straße

Stauziel (Planung) überschritten (hier 88 m<sup>3</sup>)

## ANHANG 8 RRB 4 TIEF QDR = 180 L/S REGENREIHEN

Reihe 4 (53a) Sortiert nach Einstauvolumen		9004 RRB4 Tief (QDr=180 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	28.07.2014 16:10	222	1,3	102	176
2	23.07.2004 20:20	214	1,0	40	85
3	25.08.1984 00:30	211	1,4	12	22
4	14.07.1994 18:20	172	1,1		
5	10.07.2014 20:05	164	1,4		
6	07.06.2018 15:10	159	1,0		
7	14.08.1969 19:00	145	1,6		
8	30.05.2008 20:05	142	1		
9	29.07.2014 17:50	141	1,2		
10	15.06.1968 13:10	133	1,4		
11	16.06.1970 18:50	133	1		
12	16.06.1966 16:20	127	0,9		
13	22.06.1989 18:30	121	0,8		
14	18.07.1994 15:20	113	0,8		
15	08.08.1999 16:50	106	0,8		
16	28.06.2003 15:35	91	0,8		
17	17.06.1966 17:20	88	0,9		
18	22.06.2011 14:55	82	0,8		
19	20.06.2013 23:20	81	0,8		
20	12.07.2006 03:45	79	0,8		
21	12.06.2016 10:35	77	2,2		
22	30.09.2006 21:45	74	0,7		
23	13.08.2014 18:05	64	1,2		
24	25.07.2013 20:30	62	0,7		
25	08.07.2014 02:50	61	1,9		
26	12.09.2004 05:45	61	0,7		
27	07.08.1994 05:30	60	1,7		
28	24.07.2003 22:20	59	0,5		
29	09.08.1972 16:10	58	0,5		
30	21.10.2014 18:35	56	0,6		
31	25.06.1970 15:55	56	0,7		
32	18.08.1973 17:55	56	0,7		
33	12.04.1993 18:05	56	0,8		
34	30.05.2016 01:00	52	1,4		
35	10.06.2014 00:40	51	0,8		
36	31.03.1983 12:50	51	0,4		
37	09.06.2018 20:35	50	0,8		
38	08.06.2003 18:25	50	0,4		
39	02.07.2000 22:15	50	0,8		
40	06.07.1999 21:00	50	1,6		

Reihe 15 (25a) Sortiert nach Einstauvolumen		9004 RRB4 Tief (QDr=180 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	23.07.2004 20:20	222	1,1	120	204
2	30.05.2008 20:00	115	0,9		
3	06.06.2016 15:00	112	0,6		
4	25.07.2013 20:40	103	0,9		
5	20.06.2013 23:20	88	0,8		
6	29.06.2005 21:50	84	1,0		

Reihe 17 (25a) Sortiert nach Einstauvolumen		9004 RRB4 Tief (QDr=180 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	07.06.2018 15:10	137	0,8		
2	20.06.2013 23:20	135	0,8		
3	30.05.2008 19:55	98	0,9		
4	08.07.2006 20:15	84	0,6		
5	10.07.2002 13:55	76	0,6		
6	08.08.1999 16:50	74	0,7		



Überstau / Wasser auf Straße

Stauziel (Planung) überschritten (hier 88 m<sup>3</sup>)

## ANHANG 9

## RRB 4 TIEF QDR = 210 L/S REGENREIHEN

Reihe 4 (53a)		9004 RRB4 Tief (QDr=210 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	28.07.2014 16:10	218	0,8	62	130
2	23.07.2004 20:20	204	0,8		
3	25.08.1984 00:30	171	1,2		
4	14.07.1994 18:20	130	0,8		
5	10.07.2014 20:05	123	0,8		
6	07.06.2018 15:10	120	1,2		
7	14.08.1969 19:00	120	0,8		
8	30.05.2008 20:05	109	0,8		
9	29.07.2014 17:50	108	1,2		
10	15.06.1968 13:10	106	1,0		
11	16.06.1970 18:50	97	0,7		
12	16.06.1966 16:20	92	0,8		
13	22.06.1989 18:30	89	0,8		
14	18.07.1994 15:20	81	0,7		
15	08.08.1999 16:50	74	0,8		
16	28.06.2003 15:35	64	0,7		
17	17.06.1966 17:20	63	0,8		
18	22.06.2011 14:55	56	0,5		
19	20.06.2013 23:20	54	0,5		
20	12.07.2006 03:45	53	0,6		
21	12.06.2016 10:35	51	0,7		
22	30.09.2006 21:45	43	0,5		
23	13.08.2014 18:05	43	1,6		
24	25.07.2013 20:30	41	1,1		
25	08.07.2014 02:50	41	0,4		
26	12.09.2004 05:45	40	1,2		
27	07.08.1994 05:30	40	0,5		
28	24.07.2003 22:20	40	0,7		
29	09.08.1972 16:10	40	0,5		
30	21.10.2014 18:35	39	1,8		
31	25.06.1970 15:55	39	0,5		
32	18.08.1973 17:55	38	0,7		
33	12.04.1993 18:05	37	0,6		
34	30.05.2016 01:00	36	0,4		
35	10.06.2014 00:40	36	0,3		
36	31.03.1983 12:50	35	1,0		
37	09.06.2018 20:35	35	0,5		
38	08.06.2003 18:25	34	0,8		
39	02.07.2000 22:15	34	0,8		
40	06.07.1999 21:00	33	0,7		

Reihe 15 (25a)		9004 RRB4 Tief (QDr=210 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	23.07.2004 20:20	220	0,9	75	160
2	30.05.2008 20:00	93	0,5		
3	06.06.2016 15:00	88	0,8		
4	25.07.2013 20:40	70	0,8		
5	20.06.2013 23:20	59	0,6		
6	29.06.2005 21:50	55	1		

Reihe 17 (25a)		9004 RRB4 Tief (QDr=210 l/s, V=210 cbm)			
Lfd. Nr.	Datum	Einstau-Vol. [cbm]	Einstaudauer [h]	Entl.-Vol. [cbm]	Entl.-Qmax [l/s]
1	07.06.2018 15:10	99	0,7		
2	20.06.2013 23:20	99	0,8		
3	30.05.2008 19:55	76	0,8		
4	08.07.2006 20:15	58	0,6		
5	10.07.2002 13:55	51	0,5		
6	08.08.1999 16:50	50	0,5		

	Überstau / Wasser auf Straße
	Stauziel (Planung) überschritten (hier 88 m <sup>3</sup> )

## ANHANG 10 RRB 4 HOCH MODELLREGENSERIE

Modellregen		9004 RRB4 Tief		9006 RRB4 Hoch	
		Qdr=100 l/s	V=210 cbm (88)	Qdr=80 l/s	V=390 cbm (315)
		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Einstau-Vol.	Einstaudauer
Lfd. Nr.	Ta	[cbm]	[h]	[cbm]	[h]
1	100a	243	1,9	136	2,5
2	50a	235	1,8	130	2,5
3	30a	229	1,8	128	2,3
4	20a	227	1,8	124	2,3
5	10a	214	1,8	117	2,2
6	5a	173	1,5	98	2

Modellregen		9004 RRB4 Tief		9006 RRB4 Hoch	
		Qdr=150 l/s	V=210 cbm (88)	Qdr=80 l/s	V=390 cbm (315)
		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Einstau-Vol.	Einstaudauer
Lfd. Nr.	Ta	[cbm]	[h]	[cbm]	[h]
1	100a	232	1,6	317	2,8
2	50a	228	1,5	300	2,8
3	30a	219	1,5	284	2,7
4	20a	210	1,4	269	2,6
5	10a	164	1,2	223	2,2
6	5a	119	1,1	168	1,9

Modellregen		9004 RRB4 Tief		9006 RRB4 Hoch	
		Qdr=180 l/s	V=210 cbm (88)	Qdr=80 l/s	V=390 cbm (315)
		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Einstau-Vol.	Einstaudauer
Lfd. Nr.	Ta	[cbm]	[h]	[cbm]	[h]
1	100a	228	1,4	394	3,1
2	50a	220	1,4	366	2,9
3	30a	215	1,2	352	2,8
4	20a	179	1,2	308	2,6
5	10a	137	1,1	244	2,3
6	5a	94	1	184	1,9

Modellregen		9004 RRB4 Tief		9006 RRB4 Hoch	
		Qdr=200 l/s	V=210 cbm (88)	Qdr=80 l/s	V=390 cbm (315)
		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Einstau-Vol.	Einstaudauer
Lfd. Nr.	Ta	[cbm]	[h]	[cbm]	[h]
1	100a	225	1,3	434	3,2
2	50a	213	1,2	401	3
3	30a	200	1,2	383	2,9
4	20a	162	1,1	322	2,6
5	10a	120	1	254	2,3
6	5a	78	0,9	190	1,9

Modellregen		9004 RRB4 Tief		9006 RRB4 Hoch	
		<b>Qdr=210 l/s</b>	V=210 cbm (88)	Qdr=80 l/s	V=390 cbm (315)
		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Einstau-Vol.	Einstaudauer
Lfd. Nr.	Ta	[cbm]	[h]	[cbm]	[h]
1	100a	222	1,3	449	3,2
2	50a	208	1,2	415	3
3	30a	199	1,2	390	2,9
4	20a	153	1,1	324	2,6
5	10a	111	1	256	2,3
6	5a	70	0,9	193	1,9

Modellregen		9004 RRB4 Tief		9006 RRB4 Hoch	
		<b>Qdr=225 l/s</b>	V=210 cbm (88)	Qdr=80 l/s	V=390 cbm (315)
		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Einstau-Vol.	Einstaudauer
Lfd. Nr.	Ta	[cbm]	[h]	[cbm]	[h]
1	100a	217	1,2	457	3,2
2	50a	193	1,1	422	3
3	30a	187	1,1	399	2,9
4	20a	140	1	331	2,6
5	10a	99	1	260	2,3
6	5a	61	0,9	194	1,9

Modellregen		9004 RRB4 Tief		9006 RRB4 Hoch	
		<b>Qdr=250 l/s</b>	V=210 cbm (88)	Qdr=80 l/s	V=390 cbm (315)
		Einstau-Vol.	Einstaudauer	Einstau-Vol.	Einstaudauer
Lfd. Nr.	Ta	[cbm]	[h]	[cbm]	[h]
1	100a	209	1,1	465	3,1
2	50a	172	1,1	432	3
3	30a	167	1	405	2,9
4	20a	120	1	334	2,6
5	10a	80	0,9	264	2,3
6	5a	51	0,8	197	1,9

	Überstau / Wasser auf Straße
	Stauziel (Planung) überschritten

Das Einstauvolumen über 390 m<sup>3</sup> entspricht in etwa der entlasteten Wassermenge

## ANHANG 11 EINSTAUVOLUMINA RRB 3 REGENREIHEN

<b>Reihe 4 (53a)</b> Sortiert nach Einstauvolumen		<b>9003 RRB3 (QDr=0 l/s, V=360 cbm)</b>	
	Datum	QP RRB 4.	Einstau-Vol. RRB 3
Lfd. Nr.		[l/s]	[cbm]
1	28.07.2014 16:10	150	134
2	23.07.2004 20:20	150	74
3	25.08.1984 00:30	150	52
1	28.07.2014 16:10	180	102
2	23.07.2004 20:20	180	40
3	25.08.1984 00:30	180	12
1	28.07.2014 16:10	210	62
<b>Reihe 15 (25a)</b> Sortiert nach Einstauvolumen		<b>9003 RRB3 (QDr=0 l/s, V=360 cbm)</b>	
	Datum	QP RRB 4.	Einstau-Vol. RRB 3
Lfd. Nr.		[l/s]	[cbm]
1	23.07.2004 20:30	150	158
1	23.07.2004 20:40	180	102
1	23.07.2004 20:20	210	75

In der Berechnung mit Reihe 17 wurde der RRB 3 nicht belastet.

<b>Modellregen</b>		<b>9003 RRB3 (QDr=0 l/s, V=360 cbm)</b>	
		QP RRB 4.	Einstau-Vol. RRB 3
Lfd. Nr.	Tn	[l/s]	[cbm]
1	100a	100	250
2	50a	100	172
3	30a	100	119
4	20a	100	79
1	100a	150	134
2	50a	150	69
3	30a	150	31
4	20a	150	3
1	100a	180	79
2	50a	180	30
3	30a	180	19
1	100a	210	41