

Spezielle hydrodynamische Untersuchung des Hauptsammlers

Redaktion	A. KHELIL
Bearbeitung	A. KHELIL

1. Beschreibung der Kanalisation

Im Hinblick auf eine Verbundsteuerung des gesamten Entwässerungssystems kommt dem Hauptsammler eine wichtige Bedeutung zu. Diese Kanalstrecke entwässert alle Teilgebiete von OBERSTDORF bis unterhalb von IMMENSTADT kurz vor dem Klärwerk. Sie ist **23,818 km** lang und enthält **288 Haltungen** numeriert von 1 - **HHS1** - bis 292 - **HHS292** -.

Haltung	Sohlhöhe im Schacht-oben	Sohlhöhe im Schacht-unten	Länge	Profil
HHS1	779,72 m NN	779,38 m NN	34,10 m	Kreis DN700
HHS292	704,05 m NN	703,95 m NN	90,30 m	Kreis DN1800

Tab. 1: Kenndaten der ersten und letzten Haltung des Hauptsammlers

Größe	Mittelwert	Standard-abweichung
Haltungslänge (m)	82,70	37,88
Haltungsgefälle (%)	0,33	0,37
Haltungsdurchmesser (mm) (*)	1345	957

Tab. 2: Statistische Kenndaten über das Kanalsystem Hauptsammler

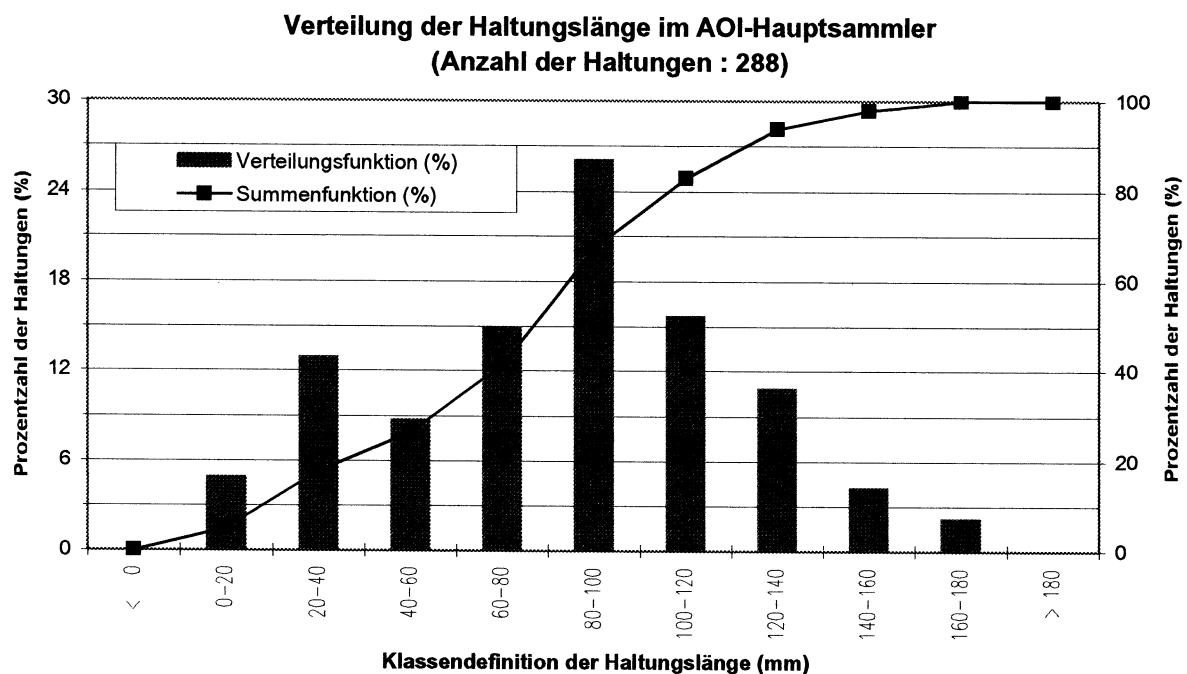


Abb. 1: Verteilung der Haltungslänge im Hauptsammler

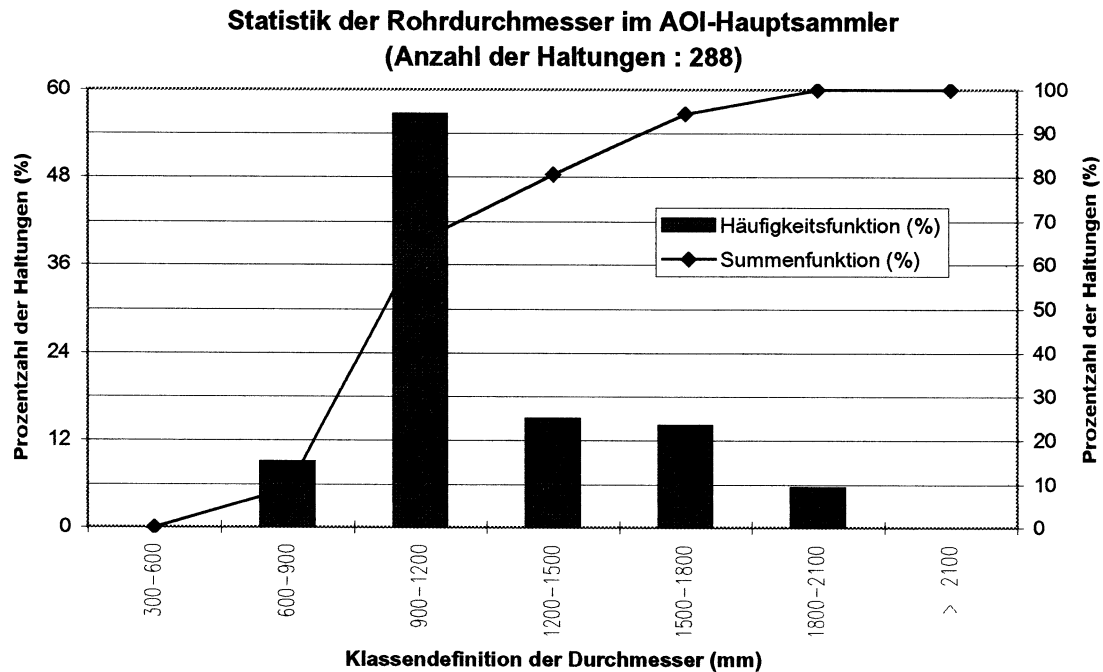


Abb. 2: Verteilung der Leitungsdurchmesser im Hauptsammler - Die Kanalisation im Hauptsammler enthält ausschließlich Kreisprofile. -

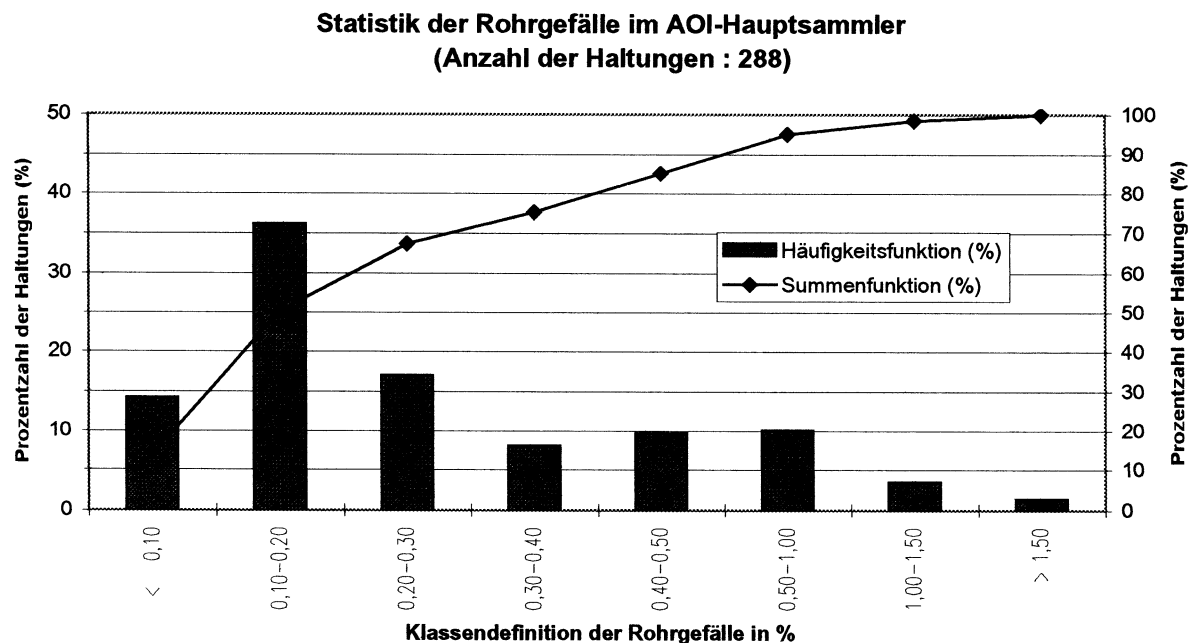


Abb. 3: Verteilung der Rohrgefälle im Hauptsammler

2. Analyse des stationären Zustandes bei Vollfüllung

Um einen Eindruck der Transportleistung des Hauptsammlers zu vermitteln, wurde der stationäre Kanalisationszustand bei Vollfüllung berechnet.

Es ist daraus ersichtlich, daß im Vergleich zum unteren Kanalbereich die obere Kanalstrecke - etwa die Strecke [0-13] km - den Engpaß bildet. Hier liegt die Vollfüllungsleistung zwischen 1 und 2 m³/s. An wenigen Einzelstellen mit niedrigem Gefälle wird ein kleinerer Wert ermittelt. Dies soll jedoch den Fließvorgang nicht erheblich beeinträchtigen.

Im unteren Bereich - ab dem 16. km - liegt die Vollfüllungsleistung deutlich über 2 m³/s, in den letzten 3 km bei ca. 4 m³/s.

Im Bereich [13,2-14,1] km weisen die meisten Haltungen extrem hohe Vollfüllungsleistungen - deutlich über 4 m³/s - auf. Dies wird durch Vergrößerung des Rohrdurchmessers bis auf 2 m verursacht.

Stationärer Zustand bei Vollfüllung im Hauptsammler
- Analyse der Transportleistung -

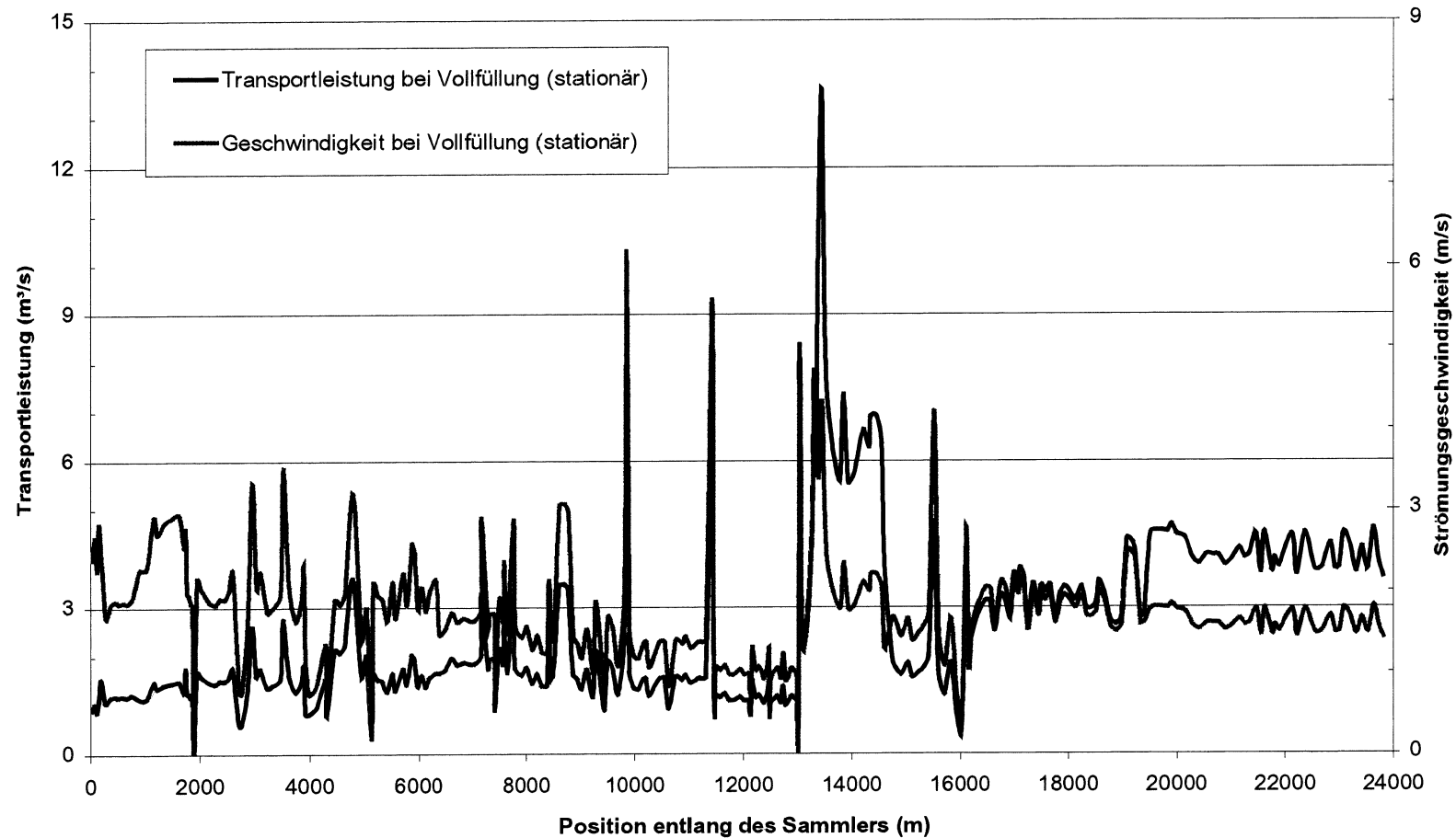


Abb. 4: Untersuchung der hydraulischen Leistung des Hauptsammlers des Abwasserverbands OBERE ILLER

3. Speicherkapazität im Hauptsammler

Die Summe des Speichervolumens aller Rohrleitungen beträgt *rein rechnerisch 35572 m³*. Nur ein kleiner Teil der gesamten Speicherkapazität des Hauptsammlers ist aber aktivierbar, nämlich derjenige Teil, der im unteren Bereich der Kanalisation durch Steuerung des Kläranlagezulaufs eingestaut wird, ohne daß Überstau auftritt.

Die nächste Tabelle listet Ein- bzw. Überstauschächte auf in Abhängigkeit der Stauhöhe im Speicherraum des Hauptsammlers.

Höhe (m NN)	Einstauen Schächte	Überstau- Schächte	Höhe (m NN)	Einstau- Schächte	Überstau- Schächte
705,80	1..HHS293		709,20	25 HHS269	12 HHS280 13 HHS288
706,00	2 HHS291 3 HHS292		709,40	26 HHS268	14 HHS281 15 HHS279 16 HHS278
706,20	4 HHS290		709,60	27 HHS267	17 HHS277
706,40	5 HHS289		709,80	28 HHS266	
706,60	6 HHS288 7 HHS287		710,00	29 HHS265 30 HHS264	18 HHS276
706,80	8 HHS286	1 HHS292	710,20	31 HHS263	19 HHS274
707,00	9 HHS285 10 HHS284		710,40	32 HHS262	20 HHS269 21 HHS275 22 HHS273
707,20	11 HHS283		710,60	33 HHS261	
707,40	12 HHS282	2 HHS290 3 HHS291	710,80	34 HHS260	23 HHS270 24 HHS272
707,60	13 HHS281				
707,90	14 HHS280				
708,00	15..HHS279				
708,20	16 HHS277 17 HHS278	4 HHS293 5 HHS284 6 HHS285 7 HHS286 8 HHS289 9 HHS287			
708,40	18 HHS276				
708,60	19 HHS275	10 HHS283			
708,80	20 HHS273 21 HHS274 22 HHS272	11 HHS282			
709,00	23..HHS270 24 HHS271				

Tab. 3: Ein- bzw. Überstauschächte im Stauraum des Hauptsammlers in Abhängigkeit des Wasserstandes (Untersuchung bis H=710,80 m NN)

Es wurden 3 polynomiale Regressionskurven zur Abschätzung des aktivierbaren Speicherraums in Abhängigkeit der Stauhöhe nach dem Kriterium der Mindestquadratabweichung ermittelt.

Die erste Funktion ist ein Polynom 2. Grades $\text{Vol(H)} = C_0 + C_1 \cdot H + C_2 \cdot H^2$

Die zweite Funktion ist ein Polynom 3. Grades $\text{Vol(H)} = C_0 + C_1 \cdot H + C_2 \cdot H^2 + C_3 \cdot H^3$

Die dritte Funktion ist ein Polynom 4. Grades $\text{Vol(H)} = C_0 + C_1 \cdot H + C_2 \cdot H^2 + C_3 \cdot H^3 + C_4 \cdot H^4$

Vol gespeichertes Volumen

H Wasserstand in m über Sohle am unteren Ende des Staauraums

In den folgenden Tabellen sind die wichtigsten Ergebnisse der Berechnung zusammengefaßt.

Approx	C0	C1	C2	C3	C4
1. Polyn. 2. Grads	-1107,5800	1645,9220	0,3586	0	0
2. Polyn. 3. Grads	-387,4859	642,2533	319,9278	-26,2230	0
3. Polyn. 4. Grads	-200,8971	256,3242	523,3552	-63,7792	2,2197

Tab. 4: Koeffizienten der Polynome zur Approximation der Speicherkurve des Hauptsammlers

	mittlerer Fehler in m ³ Bereich [0,85-2,85] müs	mittlerer Fehler in m ³ Bereich [2,85-3,45] müs
1. Polyn. 2. Grads	171,28 (= 13,82%)	40,55 (=1,06%)
2. Polyn. 3. Grads	80,79 (= 8,67%)	68,56 (=1,72%)
3. Polyn. 4. Grads	63,42 (= 6,18%)	35,40 (=0,93%)

Tab. 5: Mittelwerte der Abweichungen der Regressions- Funktionen für zwei Staubereiche

Die prozentuale Abweichung ist das Verhältnis zwischen berechneter Abweichung in m³ und aktiviertem Speichervolumen in m³, angegeben in Prozent

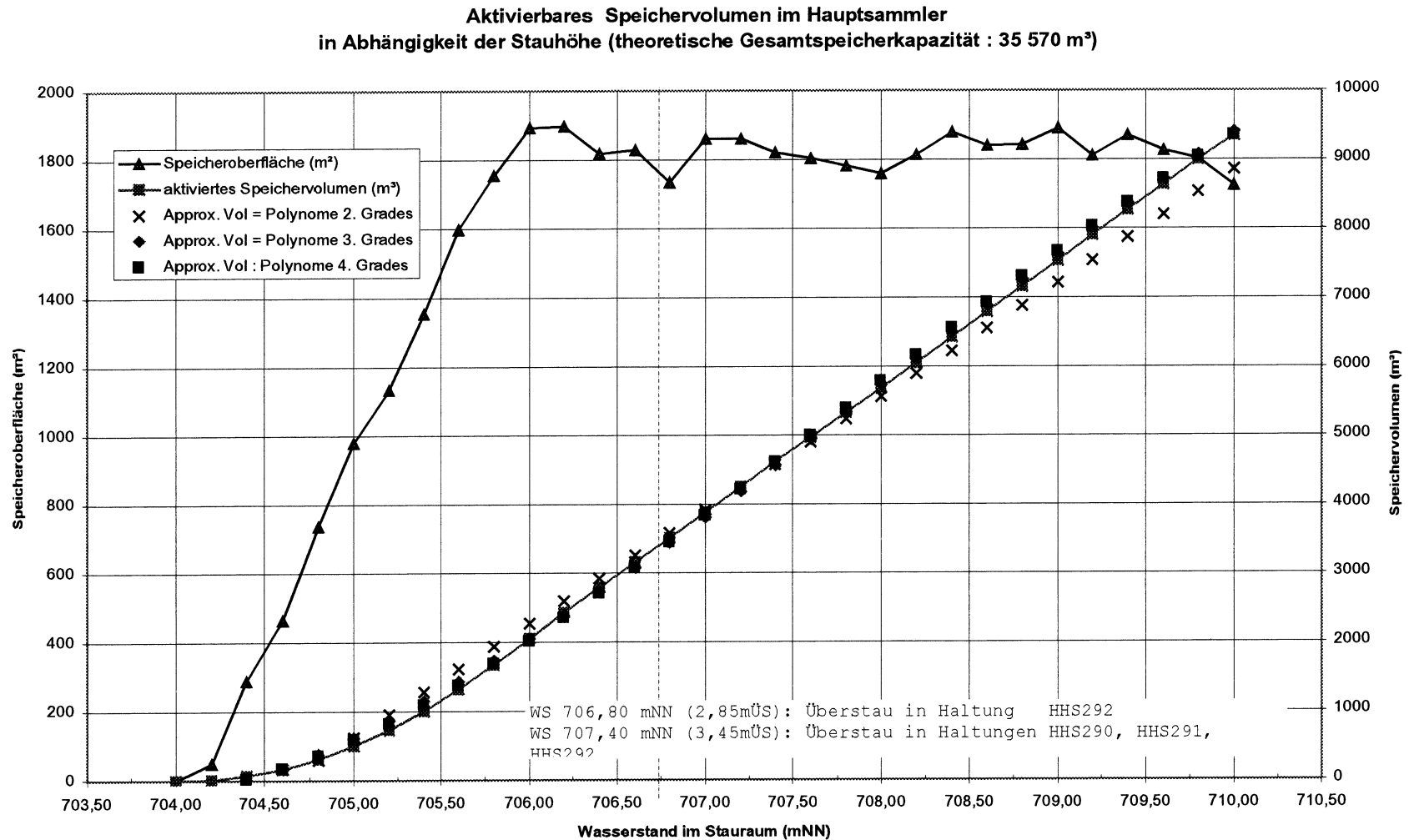


Abb. 5: Aktivierbarer Stauraum im Hauptsammler des Abwasserverbands OBERE ILLER

4. Aufbereitung der Daten für die hydrodynamische Simulation

4.1. Aufbereitung der Kanaldaten

Die Kanalbeschreibung stammt aus der vom AOI aufbereiteten ORACLE-Datenbank, die in das Standardformat der hydrodynamischen Simulation - das HYSTEM-EXTRAN-Format, vgl. ITWH, 1993 - übertragen wurde. Ergebnis der Übertragung ist die Kanaldatei **HAUPT00.NET**.

Aus numerischen Gründen wurden aus diesem Urbestand 2 Haltungen (**HHS5** mit Länge = 1 m und **HHS6** mit Länge = 1,5 m) ersatzlos gestrichen. Die Kanalbeschreibung wurde unter Datei **HAUPT01.NET** gespeichert und ist die Grundlage aller Simulationsläufen zur Charakterisierung des Systemverhaltens.

Allgemeine Vorgehensweise zur Charakterisierung des Systemverhaltens ist, *den Kanal einer temporären Zusatzbelastung zu unterziehen und die Verbreitung und Verformung der Welle durch die Rohrleitung bis zum Kläranlagezulauf zu verfolgen*. Wichtige Randbedingungen bilden dabei :

- der Kanalisationszustand, als die Zusatzbelastung einsetzt - der Anfangszustand -
- der räumliche und zeitliche Verlauf der Zusatzwelle – die Regenwelle -

4.2. Charakterisierung des Anfangszustands

Zur Vorbereitung der Simulationsläufe ist es erforderlich, einen (stationären) Anfangszustand im Kanal zu definieren bzw. zu ermitteln, als die temporäre (Regen-)belastung, deren Verbreitung im Kanal charakterisiert werden soll, einsetzt.

Der Anfangszustand entspricht einem Trockenwetterzustand, die temporäre Zusatzbelastung dem Niederschlagsereignis. Der Trockenwetterzustand ist sowohl aus numerischen als auch aus physikalischen Gründen von entscheidender Bedeutung. Es ist z.B. offensichtlich, daß sich eine Regenwelle schneller durch halb gefüllte Rohrleitungen verbreitet als durch anfangs leere Rohrleitungen.

Um den Umfang der Berechnung zu begrenzen, wurde ein einziger Standard-Trockenwetterzustand wie folgt definiert :

- Gesamter Trockenwetterzufluß im Zulauf der Kläranlage ist 450 l/s
- Der Zufluß wird entlang des Hauptsammlers (HS) auf die Einmündungen der wichtigsten angeschlossenen Teileinzugsgebiete verteilt:

Name des Teileinzugsgebiets	Bezeichnung der Einmündungen	Fließlänge (m) (*)	TW- Zufluß (l/s) (**)
OBERSTDORF	HHS1	34	90 (20%)
FISCHEN	HHS61	4781	22,5 (5%)
ALTSTÄTDEN	HHS108	8380	22,5 (5%)
SONTHOFEN	HHS147	11470	90 (20%)
SONTHOFEN-HINDELANG	HHS179	13044	90 (20%)
BLAICHACH	HHS215	16157	45 (10%)
IMMENSTADT	HHS253	19521	90 (20%)

Tab. 1: Auflistung der an den Hauptsammler angeschlossenen Teilgebiete

Beschreibung der Belastungsfälle	HAUPTSAMMLER
----------------------------------	--------------

- (*) Die Fließlänge entspricht der Distanz zwischen oberstem Schacht des Hauptsammlers (HHS1) und unterem Schacht der untersuchten Haltung. - Die Gesamtlängelänge des Hauptsammlers beträgt **23 818 m.** -
- (**) In Klammern ist der Anteil des jeweiligen TW- Zuflusses bezogen auf den gesamten TW-Zufluß am Zulauf der Kläranlage angegeben.

Ein Abfluß von 450 l/s entspricht in etwa dem Trockenwetter- Spitzenwert ($Q_{s,h}$), der zur Dimensionierung der Kläranlage im Endausbauzustand angenommen wurde - vgl. STEINLE, 1995 -.

Einwohnerzahl	EGW	200 000
Spezifischer Schmutzwasserabfluß	q_s	150 l/E/d
Tagesschmutzwasser- Menge	$Q_{s,d}$	347 l/s
Tagesstunden- Spitze (1/18)	$Q_{s,h}$	463 l/s
Fremdwasser	$Q_{f,h}$	99 l/s

Tab. 2: Annahmen zur Dimensionierung der Kläranlage nach Sanierung

Der Anteil eines Teilgebiets am gesamten Zufluß soll bei den folgenden Berechnungen in erster Näherung der Größe seiner angeschlossenen Flächen entsprechen. Da zur Zeit die Aufnahme aller Gebiets- und Kanaldaten nicht abgeschlossen ist, handelt es sich hier um eine Einschätzung. Diese stimmt jedoch mit den erst für Teilgebiete SONTHOFEN und IMMENSTADT ausgewerteten Meßdaten zur Charakterisierung des Trockenwetters überein.

I.3 Charakterisierung der Zusatzbelastungen bzw. der Regenzufluß- Wellen

Um zuverlässige Aussagen zum Verhalten des Hauptsammlers treffen zu können, ist es erforderlich mehrere Belastungsfälle zu berücksichtigen, deren räumliche und zeitliche Verteilungen unterschiedlich sind. Da diese Studie einen theoretischen Charakter aufweist, sollen andererseits alle Belastungen nach einem möglichst einfachen Muster gestaltet werden. Der zeitliche Verlauf wird folgendermaßen definiert:

- Der Gesamtzufluß der Zusatzwelle in den Hauptsammler (Q_{zu}) ist konstant über die Zeit und die Zufluß-Dauer beträgt in allen Fällen eine Stunde

Zur räumlichen Verteilung der Welle werden 2 Fälle betrachtet:

- Die Zusatzwelle wird in die Haltung **HHS1** - oberhalb des Systems - eingeleitet
- Die Zuflußmenge wird auf die Einmündungen der Teilgebiete - nach dem gleichen Prinzip wie im Trockenwetter - verteilt.

Insgesamt ergeben sich 6 Simulationsläufe, deren Charakteristika in der folgenden Tabelle zusammengefaßt sind.

Beschreibung der Belastungsfälle	HAUPTSAMMLER
---	---------------------

	Netz- Bezeichnung	Dauer (h)	QZU gesamt (m³/s)	Verteilung der Welle
1	HHS1.net	1	0,5	in HHS1
2	HHS1.net	1	1	in HHS1
3	HHS1.net	1	2	in HHS1
4	HS-v7.net	1	0,5	Verteilt
5	HS-v7.net	1	1	Verteilt
6	HS-v7.net	1	2	Verteilt

Tab. 3: Auflistung der Simulationsläufe

An die Haltungen des Hauptsammlers sind in Wirklichkeit keine Einzugsgebietsflächen direkt angeschlossen. Einzig fließt das Mischwasser aus den Teilgebieten ihren jeweiligen Einmündungen hinzu. Modelltechnisch wird jedoch die temporäre Zusatzbelastung in den Hauptsammler nur simuliert, indem man an den Einmündungshaltungen eine „theoretische“ Einzugsgebiets- Fläche angibt. Da 2 Verteilungsfälle betrachtet wurden, mußten demzufolge aus Kanalnetz **HAUPT01.NET** 2 Kanalnetze aufbereitet (**HSS1.NET**, **HS-V7.NET**) werden.

Haltungsname	Angeschlossene undurchlässige Fläche
HHS1	30 ha statt 0 ha

Tab. 4: Modifikation **HSS1.net** gegenüber **HAUPT01.NET**

Haltungsname	Angeschlossene undurchlässige Fläche
HHS1	6 ha
HHS61	1,5 ha
HHS108	1,5 ha
HHS147	6 ha
HHS179	6 ha
HHS215	3 ha
HHS253	6 ha

Tab. 5: Modifikation **HS-V7.NET** gegenüber **HAUPT01.NET**

Alle anderen Haltungsfläche bleiben null, wie im Netz **HAUPT01.NET**.

Da das Untersuchungsziel, allein das Fließverhalten im Hauptsammler ist, soll der Einfluß aller anderen Prozesse - insbesondere derjenige der Abfluß- Bildung und Konzentration an den Gebietsoberflächen - ausgeschaltet werden: . Alle Modellparameter zur Berechnung der Regenverluste und der Konzentration - T_L oberfläch - wurden auf null gesetzt. Aufgrund der internen Berechnungsweise im Modell **HYSTEM** ist jedoch eine Verzögerung und Verzerrung der Oberflächenwelle (= Regenintensität -m/s- x Fläche -m²-) nicht gänzlich vermeidbar.

Kenndaten der Simulation für Belastungsfall 1

```

KANALNETZDATEI           : HHS1.net
1. WELLENDATEI           : HHS1-05.wel
TROCKENWETTERAUSGABEDATEI : HHS1-450.dry
DATEI FÜR LAUFENDE AUSGABE : HHS1-05.lau
DATEI FÜR TEILNETZAUSGABE  : HHS1-05.tei
AUSGABEDATEI VON EXTRAV    : HHS1.vor
AUSGABEDATEI VON EXTRAN    : HHS1-05.ext

MISCHSYSTEM
ZUFLUSSANTEIL ZUM OBEREN SCHACHT : 50.00 %
      ZUM UNTEREN SCHACHT : 50.00 %

SIMULATIONSANFANG           : 1. 1.1995    0: 0: 0 UHR
SIMULATIONSENDE             : 1. 1.1995    13: 0: 0 UHR
BERECHNUNGSZEITSCHRITT      : .80        SEC

TROCKENWETTERBERECHNUNG
MAX. ITERATIONSANZAHL       : 30000
BENOETIGTE ANZAHL           : 30000

STATISTISCHE ANGABEN ZUM KANALNETZ: HHS1.net
ANZAHL ELEMENTE             : 289        (MAXIMAL: 5000)
ANZAHL HALTUNGEN            : 288        (MAXIMAL: 5000)
ANZAHL FREIE AUSLAESE       : 1         (MAXIMAL: 125)
ANZAHL SCHAECHTE            : 289        (MAXIMAL: 5000)

GESAMTLAENGE DES KANALNETZES : 23817.99 M

EINZUGSGEBIET GESAMT        : 30.000 HA
      UNDURCHLAESSIG        : 30.000 HA
      DURCHLAESSIG          : .000 HA

TROCKENWETTERABFLUSS GESAMT : 450.000 L/S
      KONSTANT               : 450.000 L/S

VOLUMENKONTROLLE AM ENDE DER RECHNUNG
ANFANGSVOLUMEN IM SYSTEM    : 6406.910 M**3
TROCKENWETTERZUFLUSS        : 21059.203 M**3
OBERFLAECHENABFLUSS         : 1798.145 M**3
-----
GESAMTVOLUMEN (ZUFLUSS+ANFANGSVOL.) : 29264.258 M**3
ABFLUSSVOLUMEN AM KNOTEN HHS293 : 22831.027 M**3
-----
GESAMTABFLUSSVOLUMEN AUS DEM SYSTEM : 22831.027 M**3
RESTVOLUMEN IM SYSTEM       : 6426.521 M**3
-----
GESAMTVOLUMEN (ABFLUSS+RESTVOL.) : 29257.549 M**3
VOLUMENFEHLER               : .02 %

```

Kein Einstau während der Simulationsdauer

Kenndaten der Simulation für Belastungsfall 2

KANALNETZDATEI : HHS1.net
 1. WELLENDATEI : HHS1-1.wel
 TROCKENWETTEREINGABEDATEI : HHS1-450.dry
 TROCKENWETTERAUSGABEDATEI : HHS1-450.dry
 DATEI FÜR LAUFENDE AUSGABE : HHS1-1.lau
 DATEI FÜR TEILNETZAUSGABE : HHS1-1.tei
 AUSGABEDATEI VON EXTRAV : HHS1.vor
 AUSGABEDATEI VON EXTRAN : HHS1-1.ext

MISCHSYSTEM

ZUFLUSSANTEIL ZUM OBEREN SCHACHT : 50.00 %
 ZUM UNTEREN SCHACHT : 50.00 %

SIMULATIONSANFANG : 1. 1.1995 0: 0: 0 UHR
 SIMULATIONSENDE : 1. 1.1995 13: 0: 0 UHR
 BERECHNUNGSZEITSCHRITT : .80 SEC

TROCKENWETTERBERECHNUNG

MAX. ITERATIONSANZAHL : 30000
 BENOETIGTE ANZAHL : 9

STATISTISCHE ANGABEN ZUM KANALNETZ: HHS1.NET

ANZAHL ELEMENTE : 289 (MAXIMAL: 5000)
 ANZAHL HALTUNGEN : 288 (MAXIMAL: 5000)
 ANZAHL FREIE AUSLAESE : 1 (MAXIMAL: 125)
 ANZAHL SCHAECHTE : 289 (MAXIMAL: 5000)

GESAMTLAENGE DES KANALNETZES : 23817.99 M

EINZUGSGEBIET GESAMT : 30.000 HA
 UN DURCHLAESSIG : 30.000 HA
 DURCHLAESSIG : .000 HA

TROCKENWETTERABFLUSS GESAMT : 450.000 L/S
 KONSTANT : 450.000 L/S

VOLUMENKONTROLLE AM ENDE DER RECHNUNG

ANFANGSVOLUMEN IM SYSTEM : 6406.982 M**3
 TROCKENWETTERZUFLUSS : 21059.203 M**3
 OBERFLAECHEABFLUSS : 3596.289 M**3

 GESAMTVOLUMEN (ZUFLUSS+ANFANGSVOL.) : 31062.475 M**3
 ABFLUSSVOLUMEN AM KNOTEN HHS293 : 24624.852 M**3

 GESAMTABFLUSSVOLUMEN AUS DEM SYSTEM : 24624.852 M**3
 RESTVOLUMEN IM SYSTEM : 6426.523 M**3

 GESAMTVOLUMEN (ABFLUSS+RESTVOL.) : 31051.375 M**3
 VOLUMENFEHLER : .04 %

7 Schächte sind während der Simulationsdauer eingestaut.

Kenndaten der Simulation für Belastungsfall 3

KANALNETZDATEI : HHS1.net
 1. WELLENDATEI : HHS1-2.wel
 TROCKENWETTEREINGABEDATEI : HHS1-450.dry
 TROCKENWETTERAUSGABEDATEI : HHS1-450.dry
 DATEI FUER LAUFENDE AUSGABE : HHS1-2.lau
 DATEI FUER TEILNETZAUSGABE : HHS1-2.tei
 AUSGABEDATEI VON EXTRAV : HHS1.vor
 AUSGABEDATEI VON EXTRAN : HHS1-2.ext

MISCHSYSTEM

ZUFLUSSANTEIL ZUM OBEREN SCHACHT : 50.00 %
 ZUM UNTEREN SCHACHT : 50.00 %

SIMULATIONSANFANG : 1. 1.1995 0: 0: 0 UHR
 SIMULATIONSENDE : 1. 1.1995 13: 0: 0 UHR
 BERECHNUNGSZEITSCHRITT : .80 SEC

TROCKENWETTERBERECHNUNG

MAX. ITERATIONSANZAHL : 30000
 BENOETIGTE ANZAHL : 19

STATISTISCHE ANGABEN ZUM KANALNETZ: HHS1.net

ANZAHL ELEMENTE : 289 (MAXIMAL: 5000)
 ANZAHL HALTUNGEN : 288 (MAXIMAL: 5000)
 ANZAHL FREIE AUSLAESSE : 1 (MAXIMAL: 125)
 ANZAHL SCHAECHTE : 289 (MAXIMAL: 5000)

GESAMTLAENGE DES KANALNETZES : 23817.99 M
 EINZUGSGEBIET GESAMT : 30.000 HA
 UN DURCHLAESSIG : 30.000 HA
 DURCHLAESSIG : .000 HA

TROCKENWETTERABFLUSS GESAMT : 450.000 L/S
 KONSTANT : 450.000 L/S

VOLUMENKONTROLLE AM ENDE DER RECHNUNG

ANFANGSVOLUMEN IM SYSTEM : 6407.082 M**3
 TROCKENWETTERZUFLUSS : 21059.203 M**3
 OBERFLAECHEABFLUSS : 7192.578 M**3
 ZUFLUSS VON AUSSEN ZUM KNOTEN HHS1 : .000 M**3

 GESAMTVOLUMEN (ZUFLUSS+ANFANGSVOL.) : 34658.863 M**3
 ABFLUSSVOLUMEN AM KNOTEN HHS293 : 28234.551 M**3

 GESAMTABFLUSSVOLUMEN AUS DEM SYSTEM : 28234.551 M**3
 RESTVOLUMEN IM SYSTEM : 6427.032 M**3

 GESAMTVOLUMEN (ABFLUSS+RESTVOL.) : 34661.582 M**3
 VOLUMENFEHLER : -.01 %

24 % aller Schächte im Kanal sind während der Simulationsdauer eingestaut.
 Überstau wurde in Schacht HHS1 registriert.

Untersuchung des Verhaltens des Hauptsammlers
Einstaubereich im Hauptsammler für Belastung Nr. 3

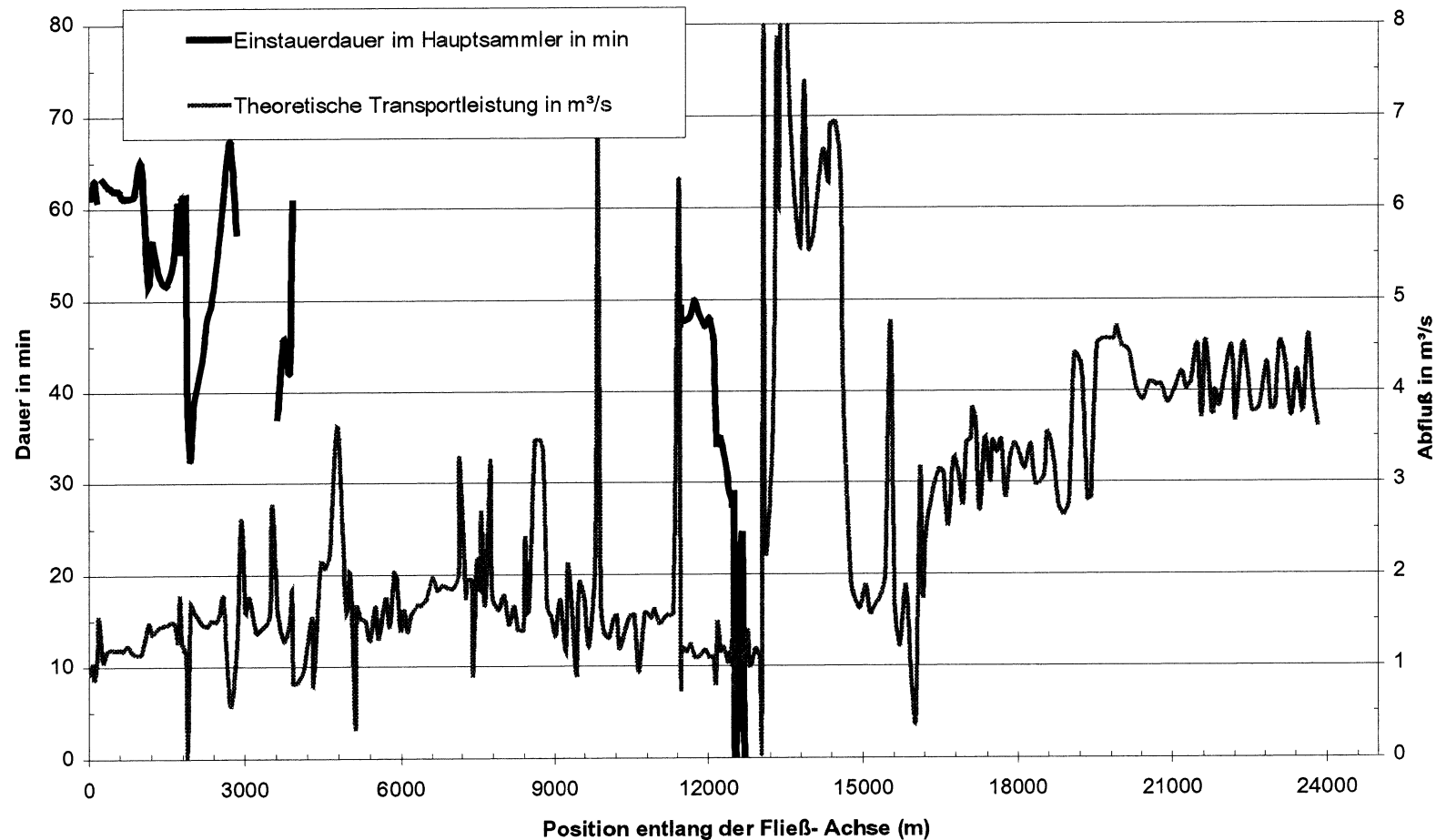


Abb. 1: Hydraulische Engpässe im Hauptsammler für Belastung Nr. 3 (2 m³/s über 1 Stunde am Anfangsschacht HHS1)

Kenndaten der Simulation für Belastungsfall 4

KANALNETZDATEI : HS-V7.net
 1. WELLENDATEI : HS-V7-05.wel
 TROCKENWETTEREINGABEDATEI : HHS1-450.dry
 TROCKENWETTERAUSGABEDATEI : HHS1-450.dry
 DATEI FUER LAUFENDE AUSGABE : HS-V7-05.lau
 DATEI FUER TEILNETZAUSGABE : HS-V7-05.tei
 AUSGABEDATEI VON EXTRAV : HS-V7.vor
 AUSGABEDATEI VON EXTRAN : HS-V7-05.ext

MISCHSYSTEM

ZUFLUSSANTEIL ZUM OBEREN SCHACHT : 50.00 %
 ZUM UNTEREN SCHACHT : 50.00 %

SIMULATIONSANFANG : 1. 1.1995 0: 0: 0 UHR
 SIMULATIONSENDE : 1. 1.1995 13: 0: 0 UHR
 BERECHNUNGSZEITSCHRITT : .80 SEC

TROCKENWETTERBERECHNUNG

MAX. ITERATIONSANZAHL : 30000
 BENOETIGTE ANZAHL : 9

STATISTISCHE ANGABEN ZUM KANALNETZ: HS-V7.net

ANZAHL ELEMENTE : 289 (MAXIMAL: 5000)
 ANZAHL HALTUNGEN : 288 (MAXIMAL: 5000)
 ANZAHL FREIE AUSLAESE : 1 (MAXIMAL: 125)
 ANZAHL SCHAECHTE : 289 (MAXIMAL: 5000)

GESAMTLAENGE DES KANALNETZES : 23817.99 M

EINZUGSGEBIET GESAMT : 30.000 HA
 UN DURCHLAESSIG : 30.000 HA
 DURCHLAESSIG : .000 HA

TROCKENWETTERABFLUSS GESAMT : 450.000 L/S
 KONSTANT : 450.000 L/S

VOLUMENKONTROLLE AM ENDE DER RECHNUNG

ANFANGSVOLUMEN IM SYSTEM : 6407.151 M**3
 TROCKENWETTERZUFLUSS : 21059.203 M**3
 OBERFLAECHEABFLUSS : 1804.714 M**3

 GESAMTVOLUMEN (ZUFLUSS+ANFANGSVOL.) : 29271.068 M**3

 ABFLUSSVOLUMEN AM KNOTEN HHS293 : 22838.377 M**3

 GESAMTABFLUSSVOLUMEN AUS DEM SYSTEM : 22838.377 M**3
 RESTVOLUMEN IM SYSTEM : 6426.533 M**3

 GESAMTVOLUMEN (ABFLUSS+RESTVOL.) : 29264.910 M**3
 VOLUMENFEHLER : .02 %

Kein Einstau während der Simulationsdauer

Kenndaten für die Simulation von Belastungsfall 5

KANALNETZDATEI : HS-V7.net
 1. WELLENDATEI : HS-V7-1.wel
 TROCKENWETTEREINGABEDATEI : HHS1-450.dry
 TROCKENWETTERAUSGABEDATEI : HHS1-450.dry
 DATEI FUER LAUFENDE AUSGABE : HS-V7-1.lau
 DATEI FUER TEILNETZAUSGABE : HS-V7-1.tei
 AUSGABEDATEI VON EXTRAV : HS-V7.vor
 AUSGABEDATEI VON EXTRAN : HS-V7-1.ext

MISCHSYSTEM

ZUFLUSSANTEIL ZUM OBEREN SCHACHT : 50.00 %
 ZUM UNTEREN SCHACHT : 50.00 %

SIMULATIONSANFANG : 1. 1.1995 0: 0: 0 UHR
 SIMULATIONSENDE : 1. 1.1995 13: 0: 0 UHR
 BERECHNUNGSZEITSCHRITT : .80 SEC

TROCKENWETTERBERECHNUNG

MAX. ITERATIONSANZAHL : 30000
 BENOETIGTE ANZAHL : 21

STATISTISCHE ANGABEN ZUM KANALNETZ: HS-V7.net

ANZAHL ELEMENTE : 289 (MAXIMAL: 5000)
 ANZAHL HALTUNGEN : 288 (MAXIMAL: 5000)
 ANZAHL FREIE AUSLAESSE : 1 (MAXIMAL: 125)
 ANZAHL SCHAECHTE : 289 (MAXIMAL: 5000)

GESAMTLAENGE DES KANALNETZES : 23817.99 M

EINZUGSGEBIET GESAMT : 30.000 HA
 UN DURCHLAESSIG : 30.000 HA
 DURCHLAESSIG : .000 HA

TROCKENWETTERABFLUSS GESAMT : 450.000 L/S
 KONSTANT : 450.000 L/S

VOLUMENKONTROLLE AM ENDE DER RECHNUNG

ANFANGSVOLUMEN IM SYSTEM : 6407.227 M**3
 TROCKENWETTERZUFLUSS : 21059.203 M**3
 OBERFLAECHEABFLUSS : 3609.427 M**3

 GESAMTVOLUMEN (ZUFLUSS+ANFANGSVOL.) : 31075.857 M**3

 ABFLUSSVOLUMEN AM KNOTEN HHS293 : 24638.309 M**3

 GESAMTABFLUSSVOLUMEN AUS DEM SYSTEM : 24638.309 M**3
 RESTVOLUMEN IM SYSTEM : 6426.531 M**3

 GESAMTVOLUMEN (ABFLUSS+RESTVOL.) : 31064.840 M**3
 VOLUMENFEHLER : .04 %

Kein Einstau während der Simulationsdauer

Kenndaten der Simulation von Belastungsfall 6

KANALNETZDATEI : HS-V7.net
 1. WELLENDATEI : HS-V7-2.wel
 TROCKENWETTEREINGABEDATEI : HHS1-450.dry
 TROCKENWETTERAUSGABEDATEI : HHS1-450.dry
 DATEI FUER LAUFENDE AUSGABE : HS-V7-2.lau
 DATEI FUER TEILNETZAUSGABE : HS-V7-2.tei
 AUSGABEDATEI VON EXTRAV : HS-V7.vor
 AUSGABEDATEI VON EXTRAN : HS-V7-2.ext

MISCHSYSTEM

ZUFLUSSANTEIL ZUM OBEREN SCHACHT : 50.00 %
 ZUM UNTEREN SCHACHT : 50.00 %

SIMULATIONSANFANG : 1. 1.1995 0: 0: 0 UHR
 SIMULATIONSENDE : 1. 1.1995 13: 0: 0 UHR
 BERECHNUNGSZEITSCHRITT : .80 SEC

TROCKENWETTERBERECHNUNG

MAX. ITERATIONSANZAHL : 30000
 BENOETIGTE ANZAHL : 23

STATISTISCHE ANGABEN ZUM KANALNETZ: HS-V7.net

ANZAHL ELEMENTE : 289 (MAXIMAL: 5000)
 ANZAHL HALTUNGEN : 288 (MAXIMAL: 5000)
 ANZAHL FREIE AUSLAESSE : 1 (MAXIMAL: 125)
 ANZAHL SCHAECHTE : 289 (MAXIMAL: 5000)

GESAMTLAENGE DES KANALNETZES : 23817.99 M

EINZUGSGEBIET GESAMT : 30.000 HA
 UN DURCHLAESSIG : 30.000 HA
 DURCHLAESSIG : .000 HA

TROCKENWETTERABFLUSS GESAMT : 450.000 L/S
 KONSTANT : 450.000 L/S

VOLUMENKONTROLLE AM ENDE DER RECHNUNG

ANFANGSVOLUMEN IM SYSTEM : 6407.291 M**3
 TROCKENWETTERZUFLUSS : 21059.203 M**3
 OBERFLAECHEABFLUSS : 7218.855 M**3

 GESAMTVOLUMEN (ZUFLUSS+ANFANGSVOL.) : 34685.352 M**3
 ABFLUSSVOLUMEN AM KNOTEN HHS293 : 28242.854 M**3

 GESAMTABFLUSSVOLUMEN AUS DEM SYSTEM : 28242.854 M**3
 RESTVOLUMEN IM SYSTEM : 6426.572 M**3

 GESAMTVOLUMEN (ABFLUSS+RESTVOL.) : 34669.426 M**3
 VOLUMENFEHLER : .05 %

Kein Einstau während der Simulationsdauer

Beschreibung der Belastungsfälle	HAUPTSAMMLER
----------------------------------	--------------

LITERATUR

ITWH, „Mikrocomputer in der Stadtentwässerung, Kanalnetz- Berechnung, Modellbeschreibung“, April 1993

STEINLE Verfahrenstechnik GmbH, „Ausbaukonzeption, Gruppen- Klärwerk, Abwasserverband Obere ILLER“, Januar 1995

1. Verbreitung einer Abflußwelle in dem Hauptsammler

Die Untersuchung des Hauptsammlers beinhaltet 2 Aufgaben.

- Zunächst soll die Verbreitung und Verformung einer Regenwelle entlang des gesamten Kanals charakterisiert werden. Diese Aufgabe soll durch die Auswertung der Ergebnisse der hydrodynamischen Kanalnetzberechnung für Belastungsfälle 1 bis 3 (Einleitung einer Regenwelle in den oberen Schacht HHS1) gelöst werden.
- Zudem soll der Abfluß am Auslaß des Hauptsammlers für einige relevante Niederschlagsbelastungen untersucht werden. Belastung 4 bis 6 entsprechen einer auf dem Einzugsgebiet gleichmäßig verteilten Niederschlagsbelastung. In einem geographisch so ausgedehnten Einzugsgebiet wie der AOI ist es fraglich, ob für steuerungswürdige Ereignisse die Annahme der gleichmäßigen Niederschlagsverteilung zutrifft. Jedoch liefert eine solche Untersuchung und der Vergleich mit den Ergebnissen aus Belastungen 1 bis 3 wichtige Schlußfolgerungen über *die erforderliche Komplexität der mathematischen Formulierung der Systemantwort*.

In den ersten Abbildungen sind die Abflußganglinien entlang des Fließweges im Hauptsammler für Belastungsfälle 1 bis 3 dargestellt. Für jeden Belastungsfall werden sowohl die gesamten Abflußwellen (QTW+QRW(t)) als auch nur der „Regenanteil“ nach Abzug des örtlichen Trockenwetterabflusses (QRW(t)) dargestellt. Letztere Regenabflußkurven bilden die Basis, auf der sich die Untersuchung des Systemverhaltens stützt. - Wie schon bei der Beschreibung der Belastungsfälle erwähnt, dient der stationäre Trockenwetterzustand nur dazu, realistische physikalische Randbedingungen für die hydrodynamische Simulation der Regenbelastung zu schaffen. -

Aus der Auswertung der Simulationsergebnisse werden zudem wichtige Ergebnisse in den folgenden Tabellen zusammengefaßt. Tab. 1 und 2 liefern Hinweise über das Transportverhalten einer Abflußwelle entlang des Hauptsammlers. Tab. 3 und 4 liefern Hinweise über mögliche Verformungs- und Retentionseffekte.

	Fließlänge (m)	T _L (min) Belastung 1	T _L (min) Belastung 2	T _L (min) Belastung 3
HHS1 OBERSTDORF	34,10	1,99	1,99	17,88
HHS61 FISCHEN	4781,37	46,19	42,68	58,88
HHS108 ALTSTÄDTEN	8380,45	85,71	78,88	94,69
HHS148 SONTHOFEN	11479,83	124,17	114,54	130,09
HHS179 HINDELANG	13043,96	146,44	136,92	152,51
HHS215 BLAICHACH	16156,98	180,36	168,31	183,32
HHS253 IMMENSTADT	19520,83	212,94	199,02	213,09
HHS293 AUSLASS	23817,98	261,13	245,61	258,37

Tab. 1: Schwerpunktlaufzeit der Abflußwellen an verschiedenen Beobachtungsstellen des Hauptsammlers für die Belastungsfälle 1 bis 3 (vgl. Abbildungen)

T_L (min) ist die Schwerpunktlaufzeit der Abflußwelle bis zur Beobachtungsstelle. Sie entspricht der mittleren Fließzeit zwischen Einleitungsschacht (HHS1) und Beobachtungspunkt. *Insgesamt braucht eine Welle ca. 4,5 Stunden, um die Strecke zwischen OBERSTDORF und dem Klärwerkzulauf (23,8 km) zurückzulegen.*

Mit der Erhöhung der Zuflußrate erhöht sich zunächst die Fließgeschwindigkeit im Kanal. Für Belastungsfall 2 ($Q_{zu} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$) verkürzt sich die mittlere Fließzeit im Hauptsammler um 15 Minuten (=ca. 6 %) gegenüber dem Belastungsfall 1 ($Q_{zu} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$).

Im Belastungsfall 3 ($Q_{zu} = 2 \text{ m}^3/\text{s}$) wird jedoch die (stationäre) Vollfüllungsleistung der Kanalisation über weite Strecken des oberen Kanalbereichs deutlich überschritten. Mehr als 24% aller Schächte stauen ein. Durch die hydraulische Behinderung wird der Transport verzögert, so daß die Fließzeit im Belastungsfall 3 derjenigen vom Belastungsfall 1 in etwa entspricht.

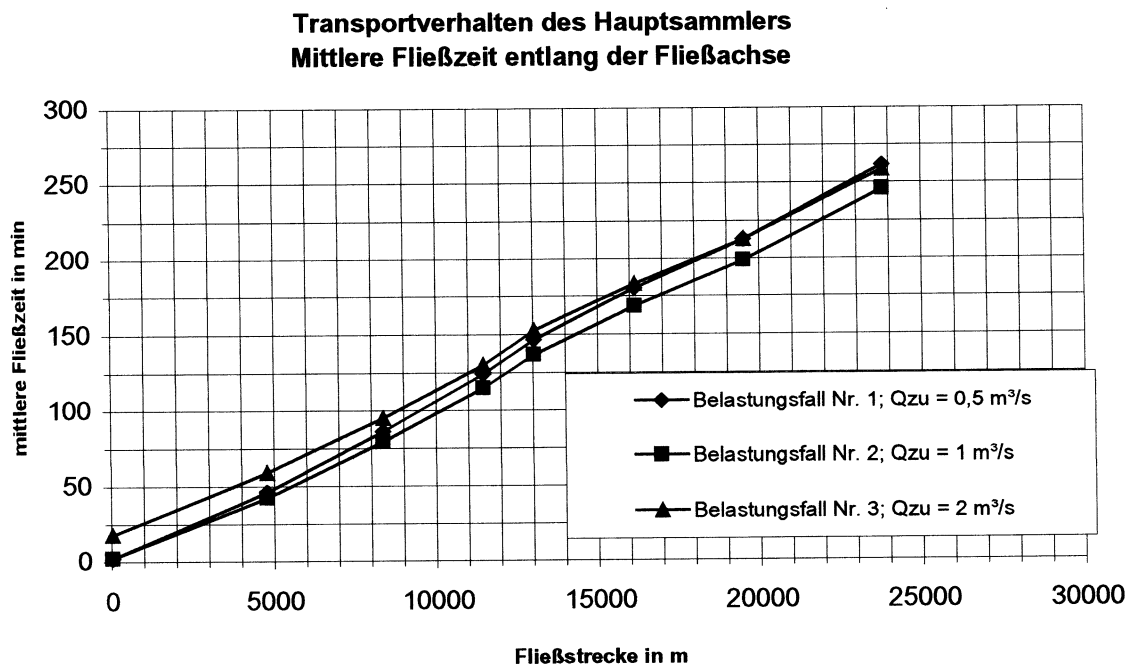


Abb. 1: Mittlere Fließzeit im Hauptsammler unter Belastungen 1 bis 3

	Fließlänge (m)	V_{mit} (m/s) Fall 1	V_{mit} (m/s) Fall 2	V_{mit} (m/s) Fall 3
HHS1 OBERSTDORF	34,10	0,29	0,29	0,03
HHS61 FISCHEN	4781,37	1,73	1,87	1,35
HHS108 ALTSTÄDTEN	8380,45	1,63	1,77	1,48
HHS148 SONTHOFEN	11479,83	1,54	1,67	1,47
HHS179 HINDELANG	13043,96	1,48	1,59	1,43
HHS215 BLAICHACH	16156,98	1,49	1,60	1,47
HHS253 IMMENSTADT	19520,83	1,53	1,63	1,53
HHS293 AUSLASS	23817,98	1,52	1,62	1,54

Tab. 2: Mittlere Fließgeschwindigkeit im Hauptsammler für Belastungsfälle 1 bis 3

In den drei Belastungsfällen liegt die mittlere Fließgeschwindigkeit (V_{mit}) bezogen auf die gesamte Fließstrecke zwischen OBERSDORF und dem Klärwerk zwischen 1,5 und 1,6 m/s und bleibt weitgehend konstant entlang des Fließweges.

- Die Ausreißer für die erste (Kurz)-Strecke in OBERSDORF (34m) lassen sich dadurch erklären, daß die zur Berechnung der Geschwindigkeiten herangezogenen Fließzeitwerte nicht nur die Fließzeit im Kanal, sondern auch die Fließzeit an der Oberfläche berücksichtigt. Der Einfluß der Oberflächenkonzentration wurde durch die Wahl der Modellparameter von **HYSTEM** so niedrig wie möglich gehalten. Jedoch berechnet **HYSTEM** eine Fließzeit an der Oberfläche von 1 bis 2 min, deren Einfluß für die kleine obere Strecke nicht mehr vernachlässigt werden kann. –

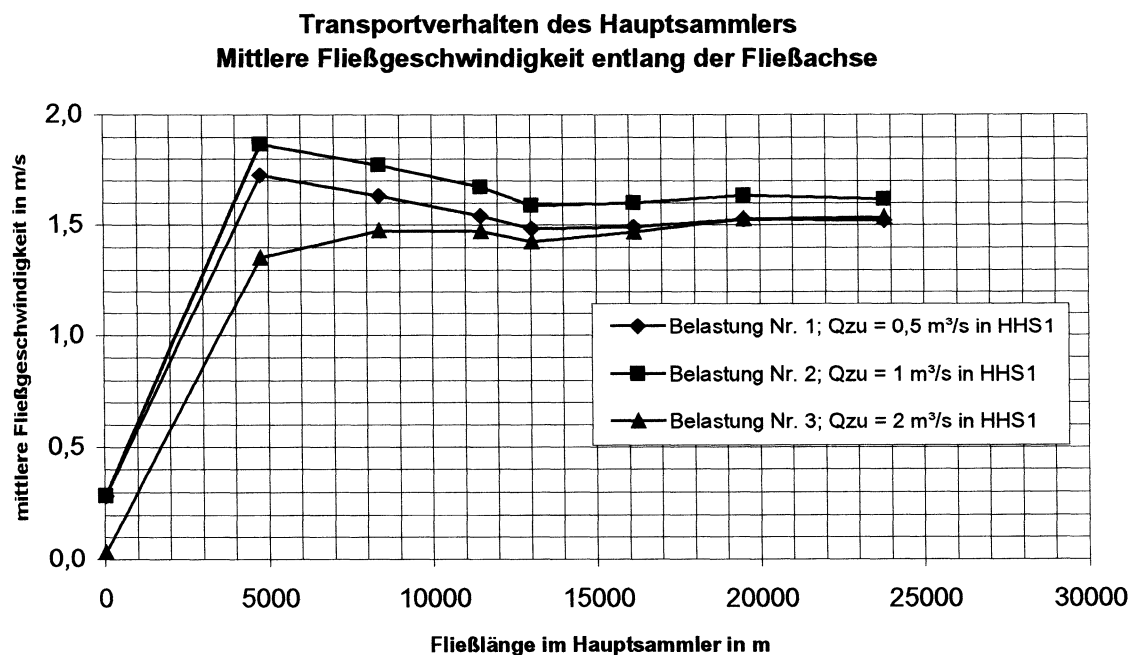


Abb. 2: Mittlere Fließgeschwindigkeiten im Hauptsammler entlang der Fließachse unter Belastungen 1 bis 3

	Fließlänge (m)	$Q_{\max}$ (m³/s) Fall 1	$Q_{\max}$ (m³/s) Fall 2	$Q_{\max}$ (m³/s) Fall 3
HHS1 OBERSTDORF	34,10	0,50	1,00	1,66
HHS61 FISCHEN	4781,37	0,50	1,00	1,35
HHS108 ALTSTÄDTEN	8380,45	0,51	1,00	1,34
HHS148 SONTHOFEN	11479,83	0,50	0,98	1,47
HHS179 HINDELANG	13043,96	0,49	0,90	1,27
HHS215 BLAICHACH	16156,98	0,49	0,89	1,24
HHS253 IMMENSTADT	19520,83	0,49	0,89	1,26
HHS293 AUSLASS	23817,98	0,47	0,87	1,21

Tab. 3: Maximaler Abflußwert ($Q_{\max}$) entlang des Fließweges im Hauptsammler für Belastungsfälle 1 bis 3

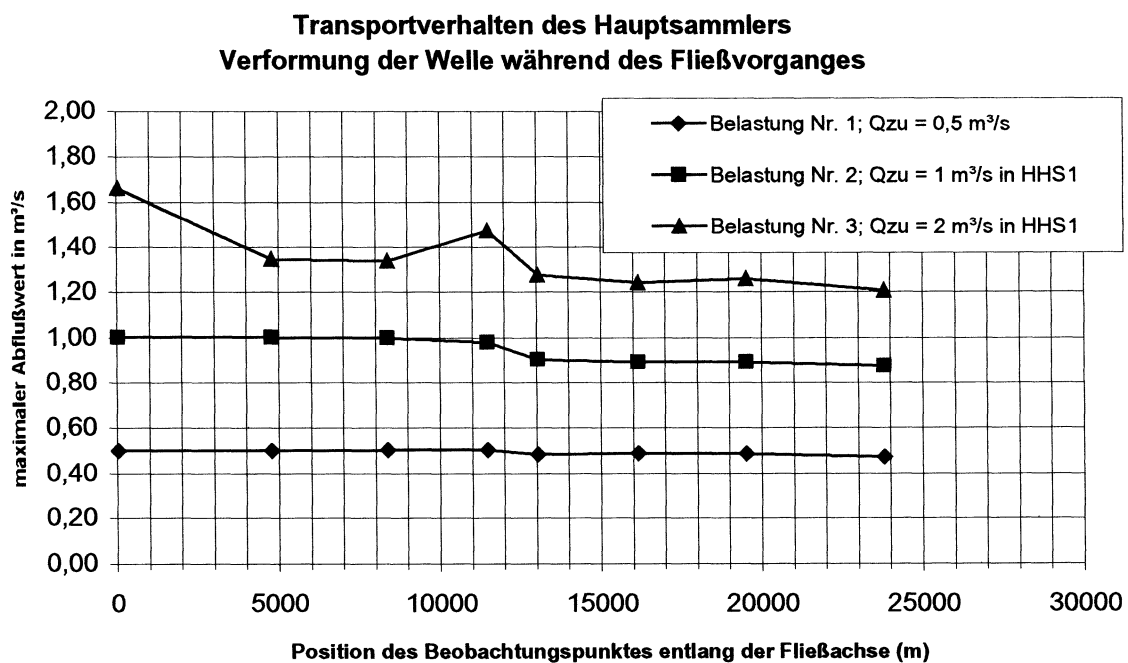


Abb. 3: Maximaler Abfluß im Hauptsammler entlang der Fließachse unter Belastungen 1 bis 3

	Fließlänge (m)	M1 Fall 1	M1 Fall 2	M1 Fall 3
HHS1 OBERSTDORF	34,10	15,03	15,04	26,56
HHS61 FISCHEN	4781,37	15,98	16,04	27,90
HHS108 ALTSTÄDTEN	8380,45	17,28	17,41	29,34
HHS148 SONTHOFEN	11479,83	19,39	19,33	30,91
HHS179 HINDELANG	13043,96	20,08	21,11	33,64
HHS215 BLAICHACH	16156,98	21,74	22,10	34,50
HHS253 IMMENSTADT	19520,83	22,53	23,09	35,58
HHS293 AUSLASS	23817,98	23,26	25,02	37,36

Tab. 4: Zeitliches Moment der Abflußwelle entlang der Fließachse für Belastungsfall 1 bis 3

Zur Abschätzung der Verformung der Abflußwelle während des Transports im Kanal wurden zwei Parameter herangezogen:

- der maximale Abflußwert $Q_{\max}$ am beobachteten Kanalpunkt
- das Moment (erster Ordnung) **M1** der Abflußwelle am beobachteten Kanalpunkt

Der Parameter **M1** ist ein Maß der Ausdehnung einer gegebenen Ganglinie um ihren zeitlichen Schwerpunkt. Er läßt sich durch folgende Formel ermitteln.

$$M1 = \frac{\sum \langle Q(t) \cdot \text{Abs}(t-\theta) \cdot \Delta t \rangle}{\sum_t \langle Q(t) \cdot \Delta t \rangle} \quad (\text{Gl. 1})$$

M1	Moment (min)
Abs(t)	Absoluter Wert von t
Q(t)	Abflußwert zur Zeit t (m³/s)
θ	Zeitlicher Schwerpunkt der Ganglinien (min)
Δt	Berechnungsintervall (min)

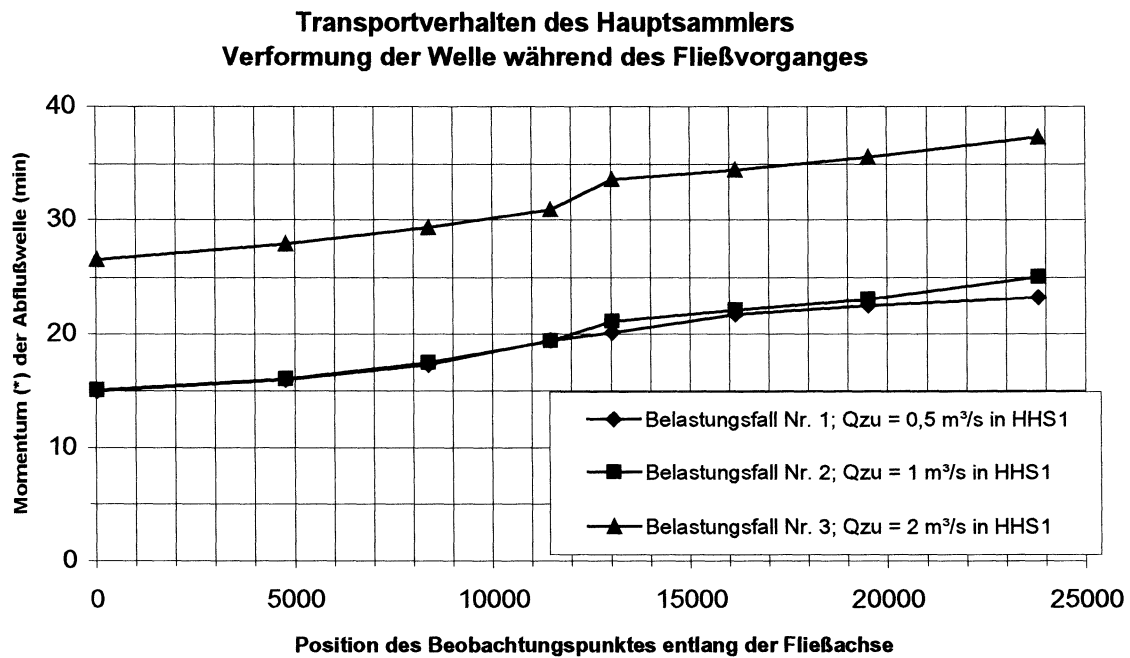


Abb. 4: Zeitliches Moment der Abflußwelle entlang der Fließachse für Belastungsfall 1 bis 3

Für alle sechs Belastungsfälle kann man beweisen, daß das Moment ($M1$) der gesamten Zuflußwelle (Q_{zu} =Konstant, Dauer=60min) 15 Minuten beträgt.

Durch den Retentions- bzw. Speichereffekt in der Kanalisation ist zu erwarten, daß mit zunehmender Fließlänge der maximale Abflußwert abnimmt und das Moment $M1$ steigt.

Im Belastungsfall 1 ($Q_{zu} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$) bleibt Q_{max} entlang des Fließweges weitgehend unverändert. $M1$ erweist sich als der feinere Verformungsindikator. Für Belastung 1 erhöht sich der $M1$ -Wert zwischen OBERSTDORF und dem Auslaß um ca. 8 Minuten auf 23 Minuten (relative Steigerung von 55%).

Durch den Einstau im oberen Kanalbereich – ab Haltung HHS1 - entsteht im Belastungsfall 3 schon am Anfang des Hauptsammlers eine deutliche Wellenverformung. Der Q_{max} -Wert in Haltung HHS1 liegt bei $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ statt $2 \text{ m}^3/\text{s}$ und der entsprechende $M1$ -Wert liegt bei 26,56 Minuten statt 15 Minuten. Aber relativ gesehen verlaufen im Belastungsfall 3 sowohl die Q_{max} -Werte als auch die $M1$ -Werte weitgehend wie im Belastungsfall 1. Der Q_{max} -Wert nimmt (ab FISCHEN) um 10% (statt 6%) ab und der $M1$ -Wert um 41% (statt 55%) zu.

Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung Nr. 1
(konstante Zuflußwelle in Schacht HHS1, $Q_{zu}=0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, Dauer =1 h)

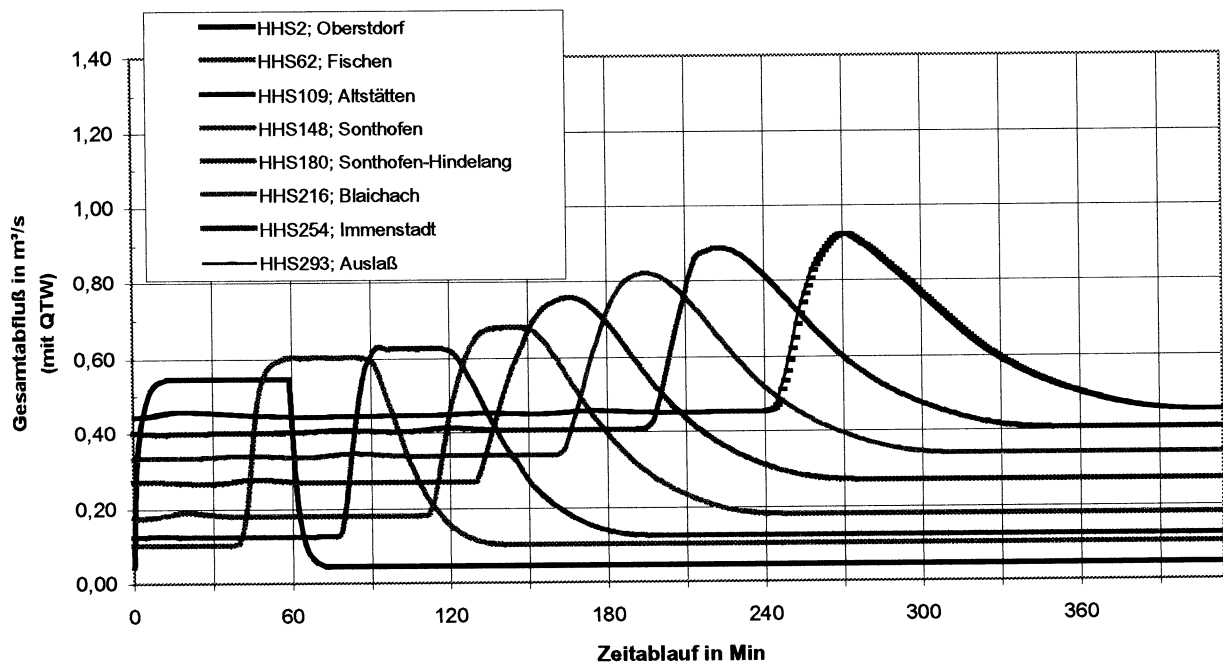


Abb. 5: Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung Nr. 1

Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung Nr.1
(Konstante Zuflußwelle in Schacht HHS1, $Q=0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, Dauer=1h)

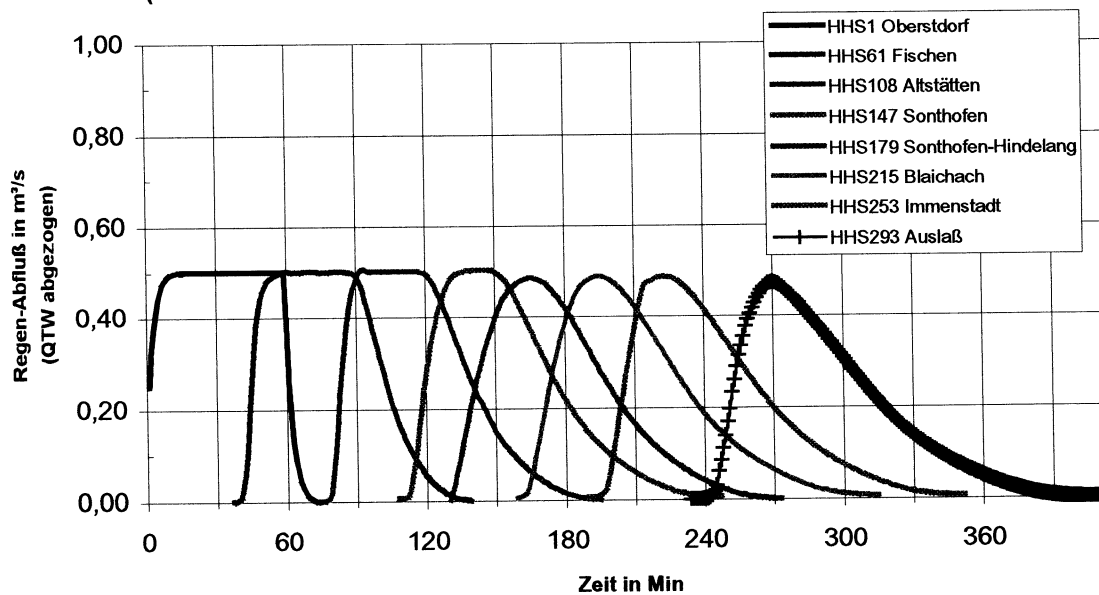


Abb. 6: Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung Nr. 1 (nach Abzug der Trockenwetterbelastung)

Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung Nr. 2
 (konstante Zuflußwelle in Schacht HHS1, $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$, Dauer = 1h)

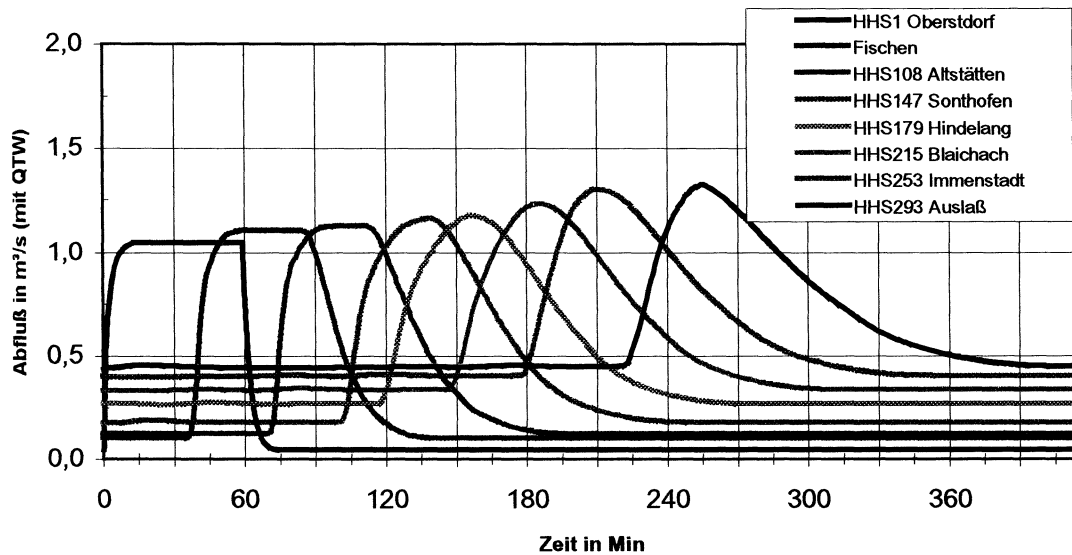


Abb. 7: Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung Nr. 2

Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung Nr.2
 (konstante Zuflußwelle, $Q=1 \text{ m}^3/\text{s}$, Dauer=1h)

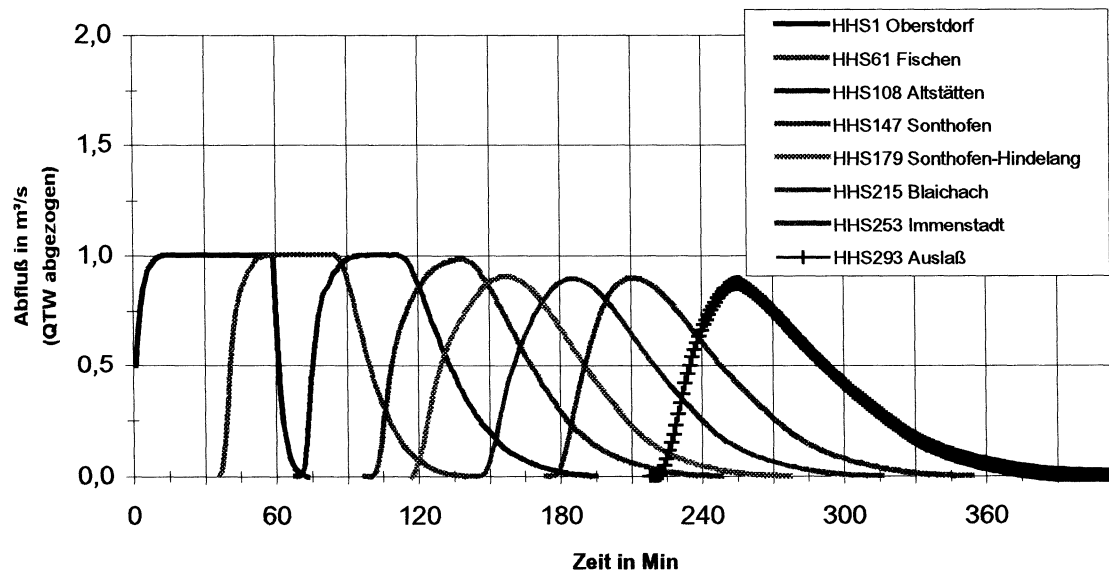


Abb. 8: Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung Nr. 2 (nach Abzug der Trockenwetterbelastung)

Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung 3
Konstante Zuflußwelle in Schacht HHS1 $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$, Dauer = 1h

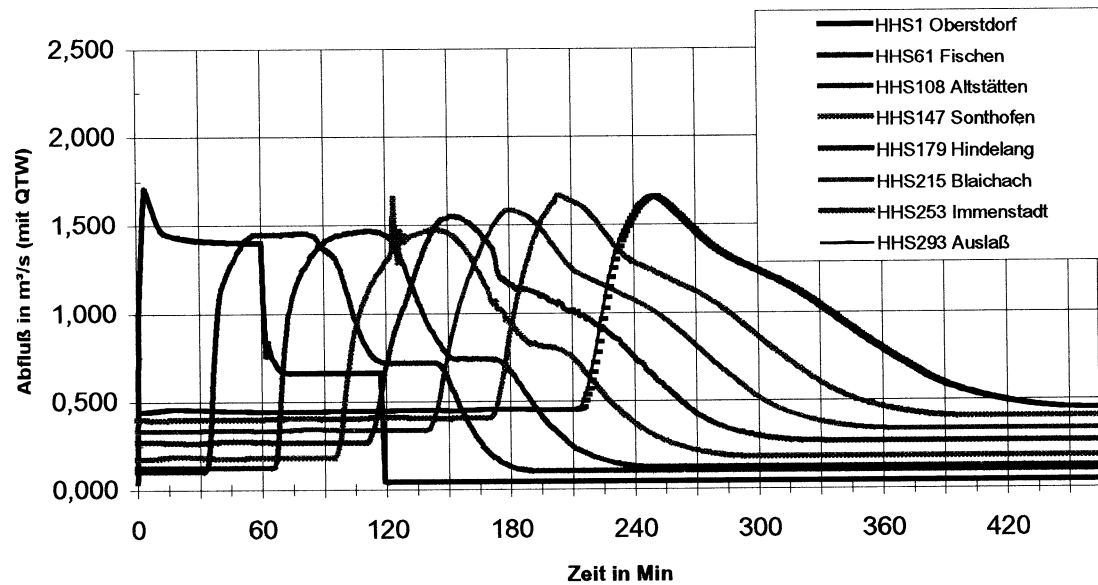


Abb. 9: Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung Nr. 3

Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung 3
Konstante Welle in den Schacht HHS1 $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$, Dauer = 1h

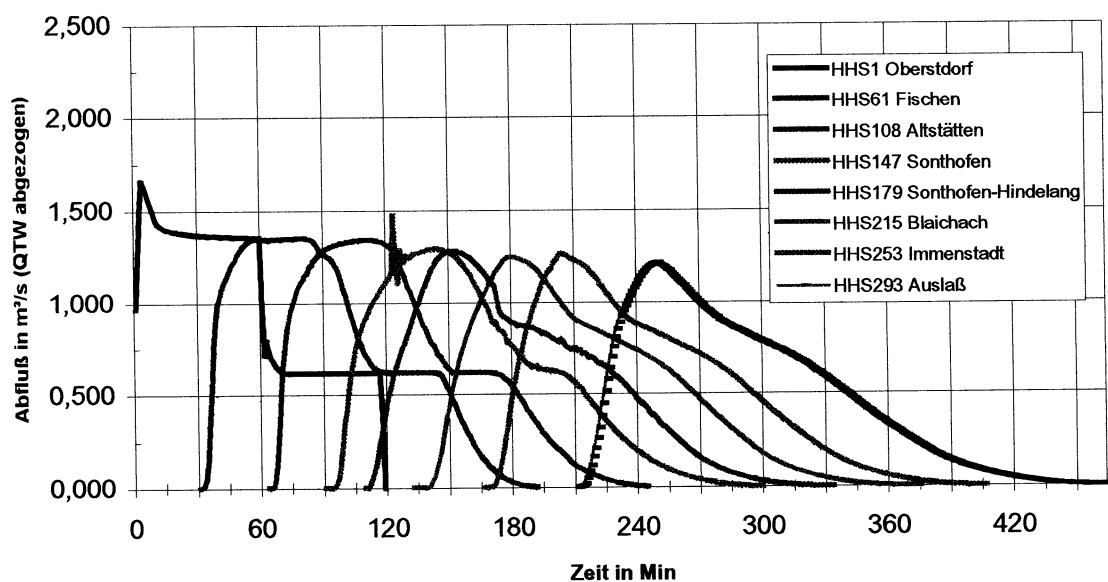


Abb. 10: Transportverhalten des Hauptsammlers unter Belastung Nr. 3 (nach Abzug der Trockenwetterbelastung)

2. Systemantwort des Hauptsammlers

Durch die Simulation der Belastungsfälle 4 bis 6 kann man die Reaktion des Hauptsammlers auf einen gleichmäßig verteilten Regen charakterisieren, wenn die Aufteilung der Zuflußwelle der relativen Teilgebietsgröße - insbesondere bezüglich der undurchlässigen Flächen - entspricht.

Da nur die „Systemantwort“ von Interesse ist, sollen nur die Abflußganglinien am Auslaß des Hauptsammlers dargestellt und charakterisiert werden.

Zum Vergleich werden für eine gegebene Belastungshöhe (definiert durch den Q_{zu}) die Abflußganglinien dargestellt, sowohl wenn die Belastung verteilt ist, als auch wenn sie in den oberen Schacht (HHS1) eingeleitet wird.

Erwartungsgemäß unterscheidet sich die Systemantwort des Hauptsammlers auf eine gleichmäßig verteilte Regenbelastung deutlich vom Fall einer Einzeleinleitung in den obersten Schacht. Die Wellenverformung ist viel ausgeprägter :

- Der Q_{max} -Wert am Auslaß des Hauptsammlers beträgt nur 40% des ursprünglichen Q_{zu} -Wertes
- Die zeitliche Ausdehnung der Ganglinien (charakterisiert durch den Parameter **M1**) ist deutlich größer.

	Systemantwort für Belastung 4	Systemantwort für Belastung 5	Systemantwort für Belastung 6
T_L (min)	155	149	140
ΔT_L (min)	0	-7	-15
M1 (min)	72	69	66
Q_{max} (m ³ /s)	0,21	0,40	0,82

Tab. 5: Charakterisierung der Antwort des Hauptsammlers auf eine gleichmäßig verteilte Niederschlagsbelastung

Dadurch daß die „verteilte Belastung“ nur auf wenige Einleitungsstellen konzentriert ist, ähnelt der Ganglinienverlauf am Auslaß des Hauptsammlers für Belastungsfälle 4 bis 6 keinem Verlaufsmuster aus bekannten hydrologischen Modellen (u.a. Speicherkaskade, Einheitsganglinie von HYSTEM).

Dieses Verlaufsmuster scheint jedoch weitgehend unabhängig von der Höhe der Belastung zu sein, wie eine unverwechselbare „hydrologische Unterschrift“. Demzufolge wird erwartet, daß ein lineares (Transport-) Modell die Zufluß - Abfluß-Transformation im Hauptsammler mit ausreichender Genauigkeit nachbilden kann. Auf diese Frage wird im nächsten Kapitel näher eingegangen.

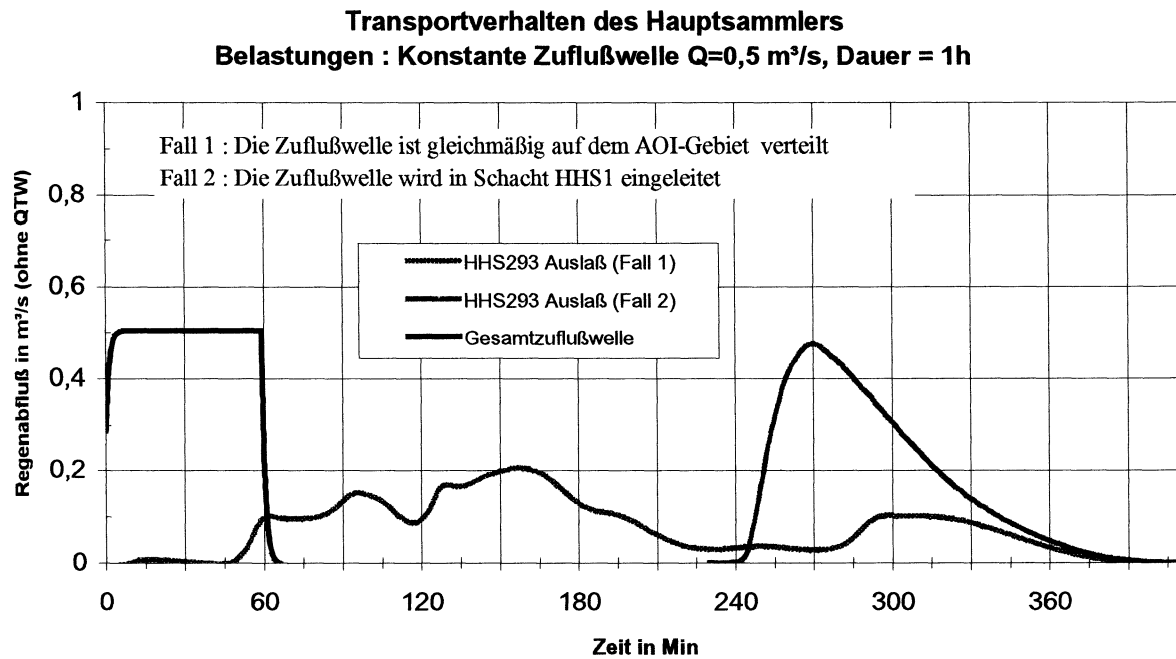


Abb. 11: Antwort des Hauptsammlers auf 2 Belastungen (Nr. 1 und Nr. 4) der Höhe $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ und Dauer 1h

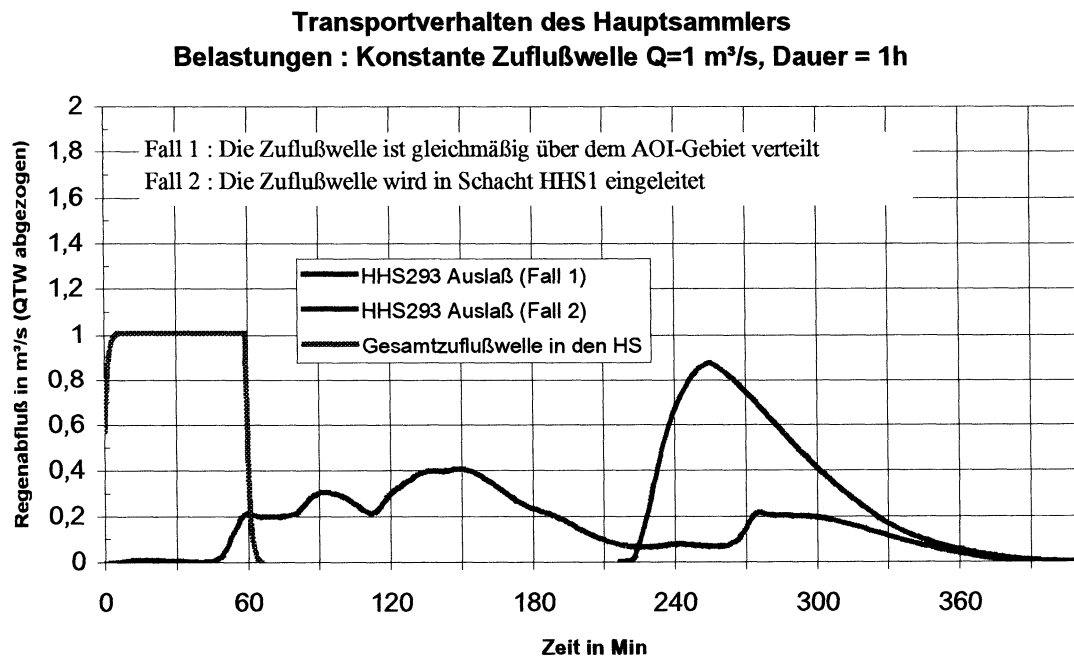


Abb. 12: Antwort des Hauptsammlers auf 2 Belastungen (Nr. 2 und Nr. 5) der Höhe $1 \text{ m}^3/\text{s}$ und Dauer 1h

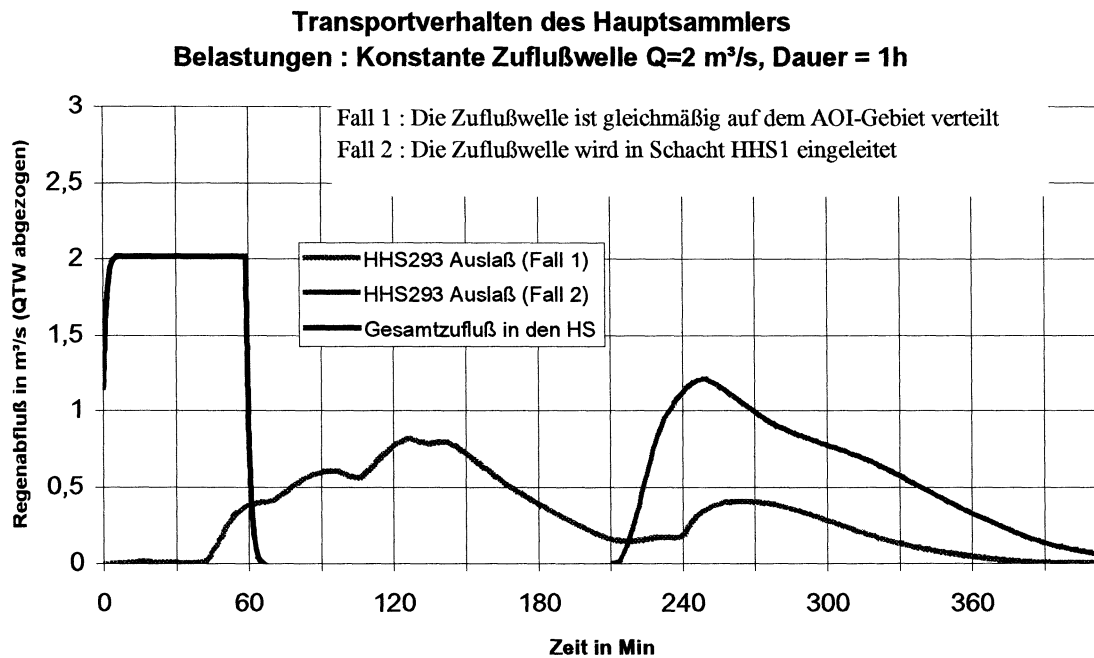


Abb. 13: Antwort des Hauptsammlers auf 2 Belastungen (Nr. 3 und Nr. 6) der Höhe $2 \text{ m}^3/\text{s}$ und Dauer 1h

3. Prüfung der Linearität des hydraulischen Verhaltens vom Hauptsammler

Zur Untersuchung der Linearität werden zwei Kurvengruppen gebildet:

- Gruppe 1 : Belastungsfälle 4-6
- Gruppe 2 : Belastungsfälle 1-3

Für jede Gruppe werden folgende Daten graphisch dargestellt:

- Die Abflußganglinien werden direkt und zeitlich verschoben gegenübergestellt.
- Der Verlauf der Abflußverhältnisse wird aufgezeigt. Als Bezugsfall gilt für Gruppe 1 die Belastung 4 (Es

werden also die Kurven $\frac{Q_{ab5}(t)}{Q_{ab4}(t)}$ und $\frac{Q_{ab6}(t)}{Q_{ab4}(t)}$ aufgezeigt) und für Gruppe 2 die Belastung 1.

Für die gleichmäßig verteilte Regenbelastungen (Gruppe 1) bestätigt sich die Linearitätsannahme weitgehend. Die Untersuchung der empfindlichen Parameter $\frac{Q_{ab5}}{Q_{ab4}}$ und $\frac{Q_{ab6}}{Q_{ab4}}$ zeigt zudem, daß die Linearität

des Verhaltens noch stärker zutage kommt, wenn eine zeitliche Verschiebung der Abflußkurven berücksichtigt wird. - Die Höhe der Verschiebung wurde hier so gewählt, daß alle drei Abflußkurven den gleichen zeitlichen Schwerpunkt aufweisen. -

Zwischen Belastungen 1 und 2 ist die Linearität des Systemverhaltens noch besser dokumentiert, als für die verteilten Belastungen. Bei Belastung 3 dagegen würde die Annahme der Linearität offensichtlich zu großen

Ungenauigkeiten führen. Dies liegt daran, daß bei Belastung 3 der Verzerrungseffekt durch den vielfachen Einstau spürbar wird.

Transportverhalten des Hauptsammlers Vergleich der Systemantwort für Belastungen 1 bis 3

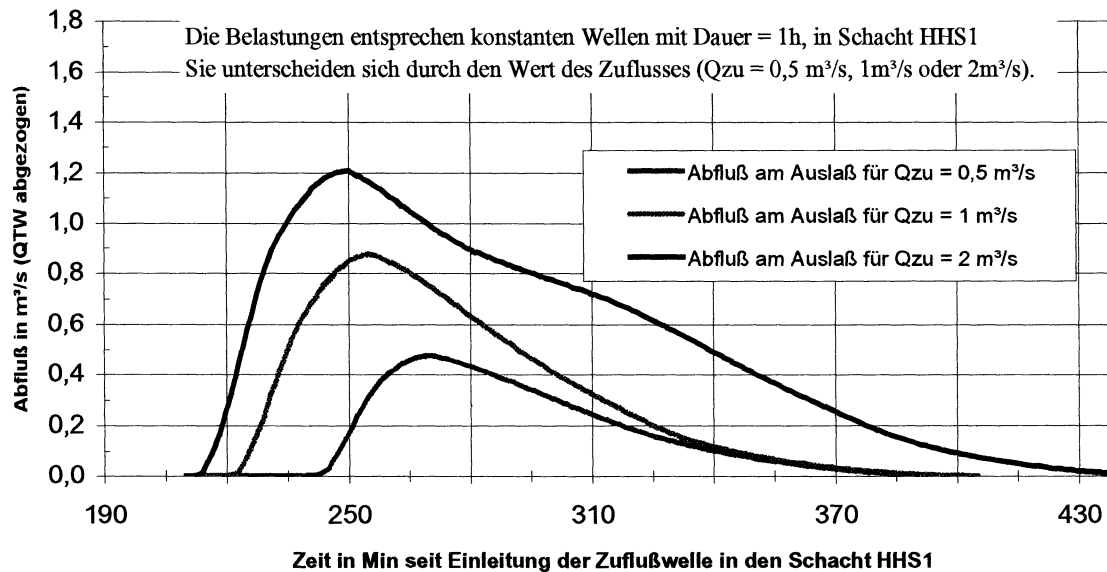


Abb. 14: Vergleich der Systemantworten des Hauptsammlers auf Belastungen 1 bis 3

Transportverhalten des Hauptsammlers Vergleich der Systemantwort für Belastungen 1 bis 3

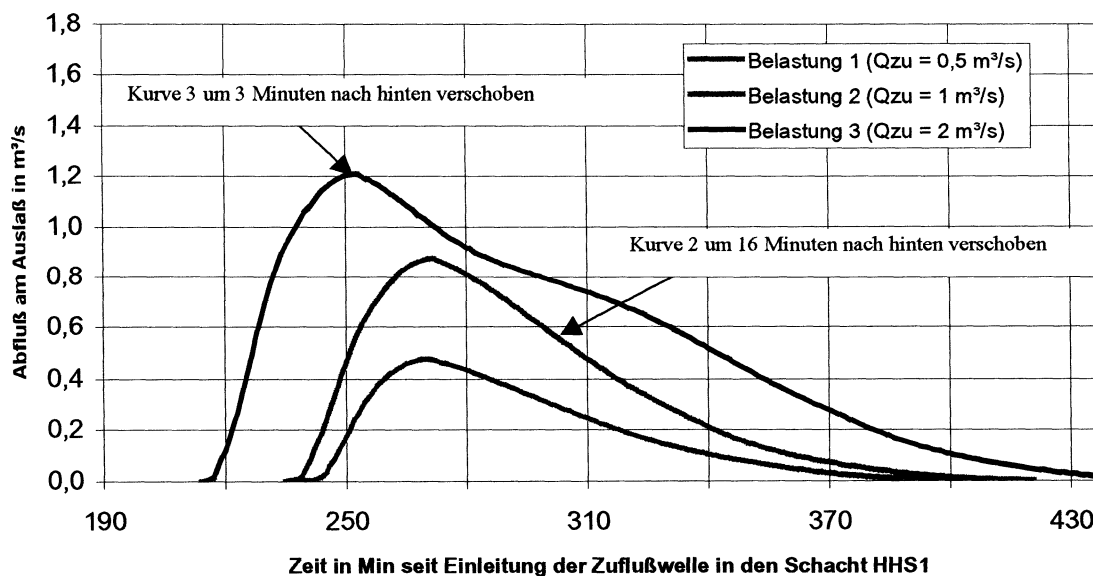


Abb. 15: Vergleich der Systemantworten des Hauptsammlers auf Belastungen 1 bis 3 (nach Verschiebung, damit alle 3 Schwerpunktlaufzeiten gleich sind)

**Transportverhalten des Hauptsammlers
Vergleich der Systemantworten für Belastungen 4 bis 6**

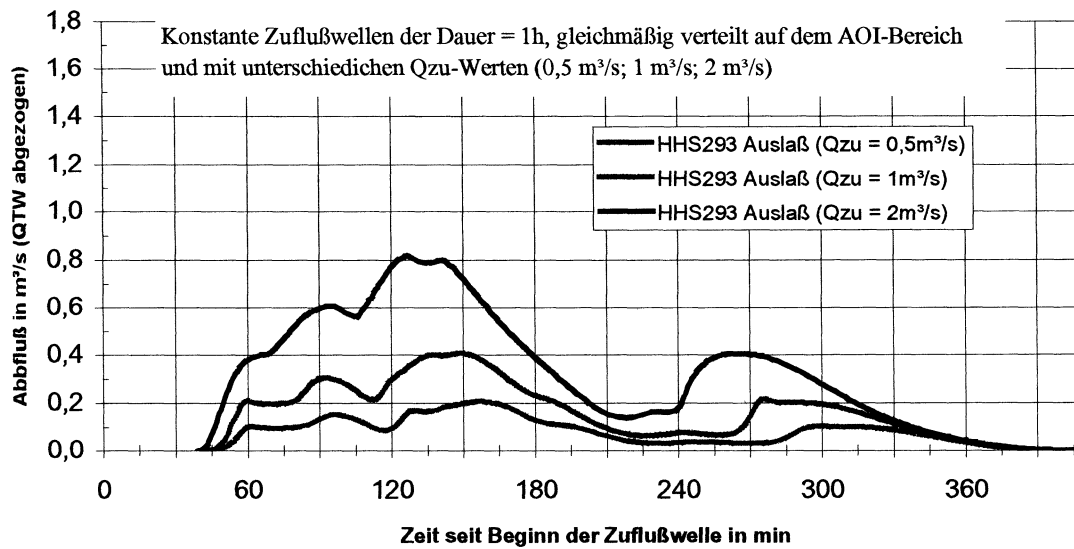


Abb. 16: Vergleich der Systemantworten des Hauptsammlers auf Belastungen 4 bis 6

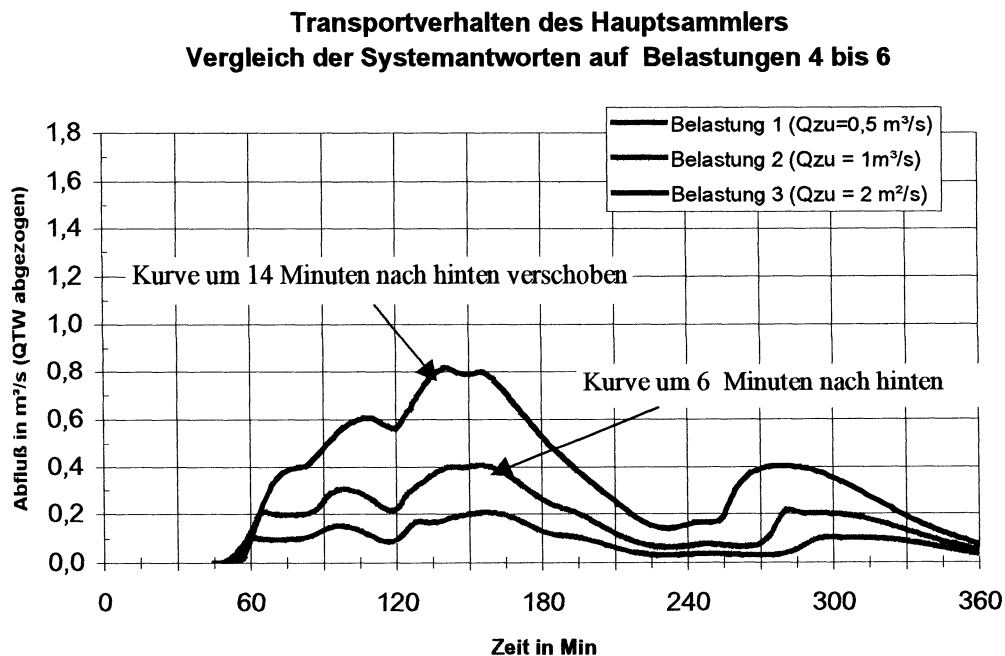


Abb. 17: Vergleich der Systemantworten des Hauptsammlers auf Belastungen 4 bis 6 (nach zeitlicher Verschiebung, damit alle 3 Schwerpunktlaufzeiten gleich sind)

Transportverhalten des Hauptsammlers

Linearität der Systemantwort für Belastungsfälle 1 bis 3 (Punktueller Belastung am oberen Ende)

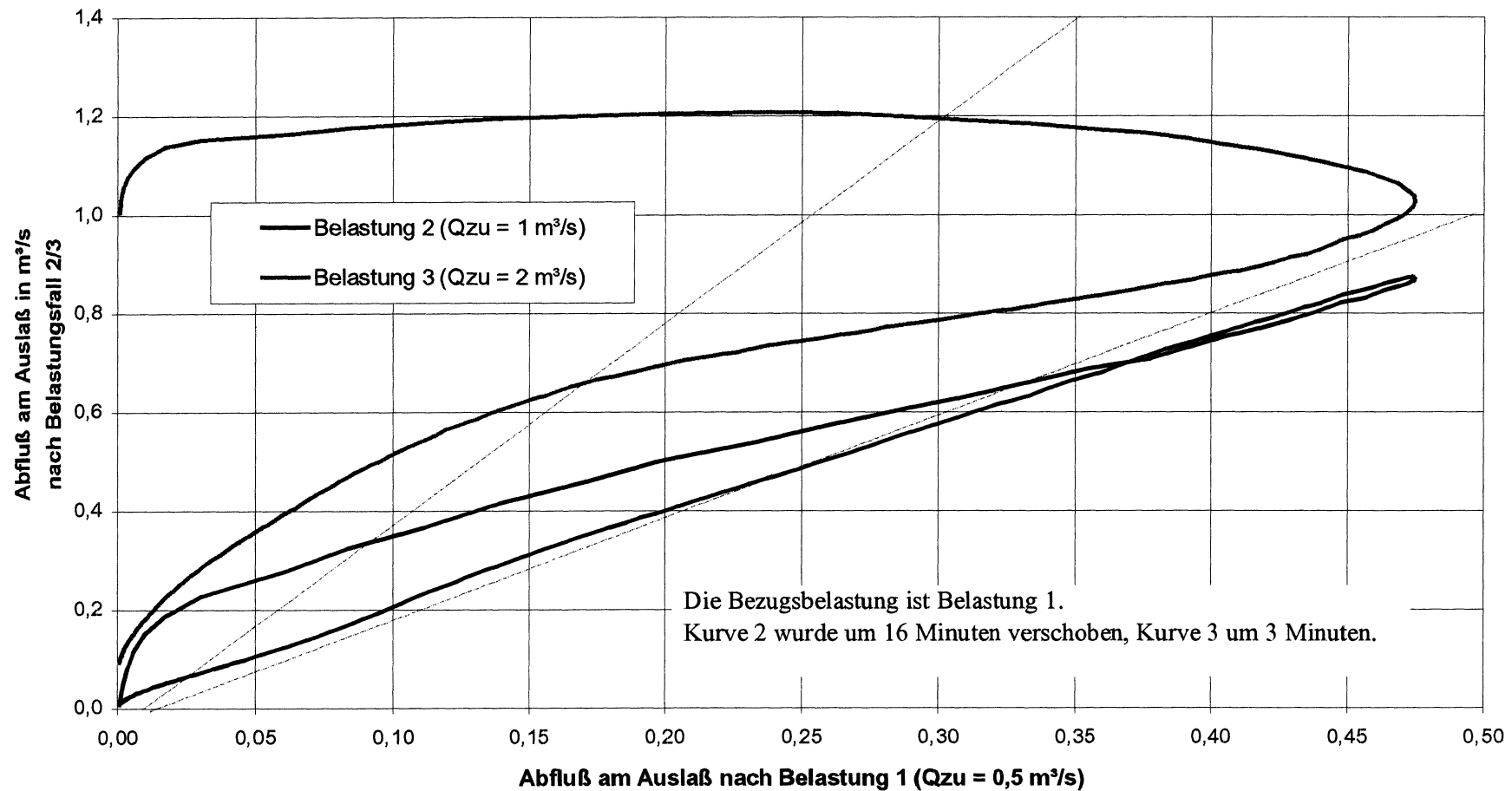


Abb. 18: Untersuchung der Linearität der Systemantwort des Hauptsammlers für die punktuellen Belastungen 1 bis 3

Transportverhalten des Hauptsammlers
Linearität der Systemantwort für Belastungsfälle 4 bis 6

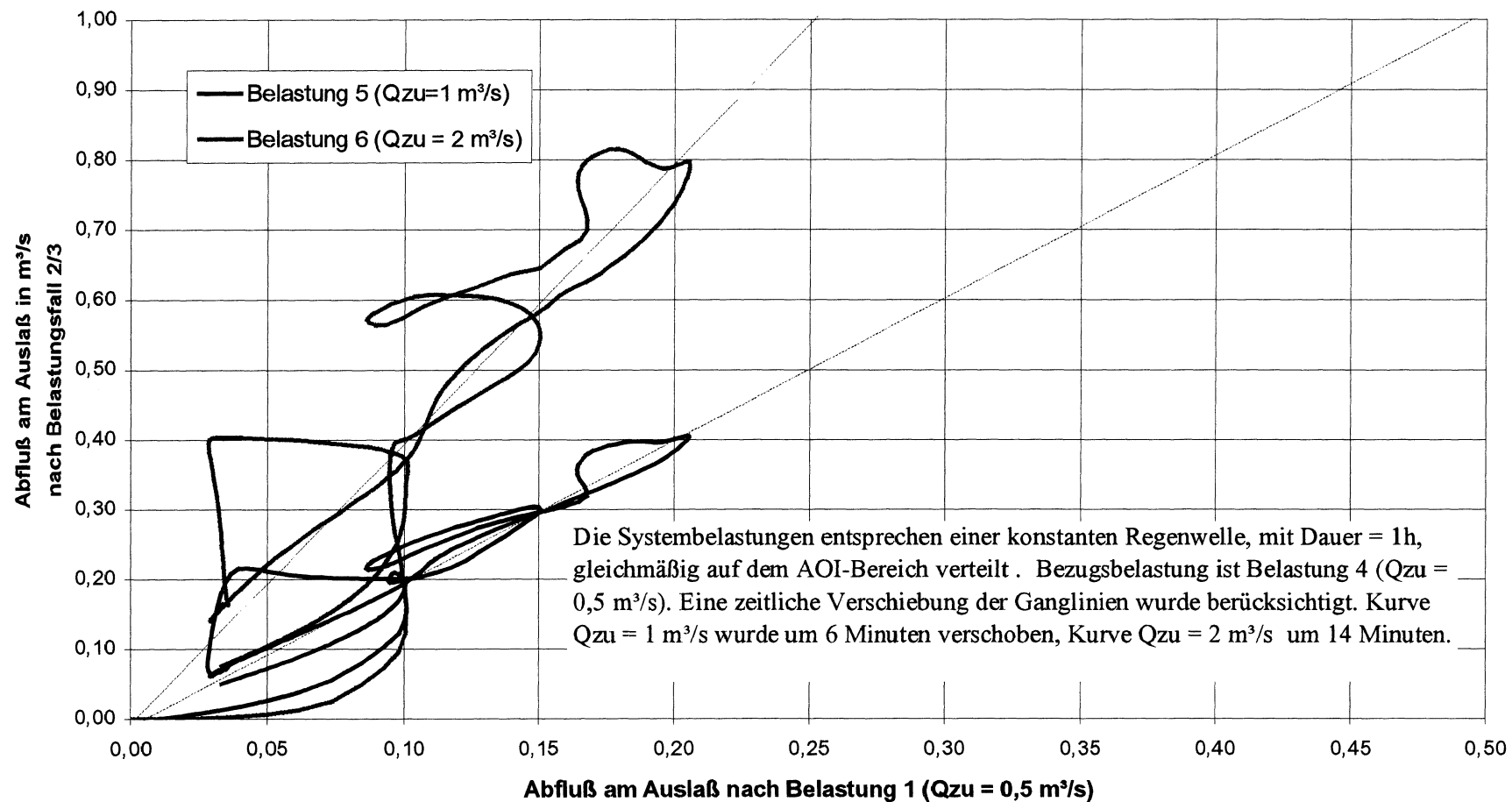


Abb. 19: Untersuchung der Linearität der Systemantwort des Hauptsammlers für die verteilten Belastungen 4 bis 6

Für die Modellierung des Hauptsammlers gehen aus diesen Fakten folgende Schlußfolgerungen hervor:

- Solange keine Überlastung im Kanal eintritt, sollte der Fließvorgang im Hauptsammler durch ein lineares Modell mit ausreichender Genauigkeit nachgebildet werden.
- Durch Berücksichtigung der Tatsache, daß die mittlere Fließgeschwindigkeit im Kanal mit der Belastungshöhe zunimmt (automatische zeitliche Verschiebung der Kurven), kann eine Verbesserung der Modellierung erreicht werden.
- Die Modellierung sollte möglichst das Transportverhalten in den Teilstrecken zwischen den Einmündungen separat betrachten.