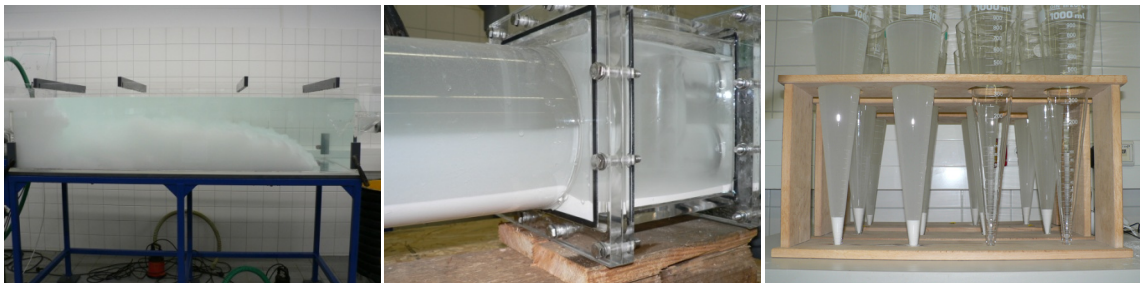


Untersuchungsbericht

Bestimmung der Leistungsfähigkeit einer dezentralen Regenwasserbehandlungsanlage und Einordnung in das Merkblatt DWA-M 153

Anlagentyp: Sedi-pipe
Hersteller: Fränkische Rohrwerke
Gebr. Kirchner GmbH & Co. KG



Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig
IWS - Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft

Prof. Dr.-Ing. Hubertus Milke
M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Daniel Hennig
Dipl.-Ing. (FH) Marko Reinke

Karl-Liebnecht-Straße 132
04277 Leipzig
www.iws.htwk-leipzig.de
info@iws.htwk-leipzig.de

Leipzig, März 2010

Inhaltsverzeichnis:

1. Ziel der Untersuchungen.....	3
2. Untersuchungsmethodik und Versuchsaufbau	3
3. Versuchsdurchführung.....	6
4. Versuchsauswertung	6
4.1 Regenklärbecken	8
4.2 Sedi-pipe	9

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: RKB - Modell	4
Abbildung 2: Modell Sedi-pipe 500/6.....	4
Abbildung 3: Körnungslinie CaCO_3	4
Abbildung 4: Ablaufschema zur Untersuchungsmethodik.....	5
Abbildung 5: Sedimentiertes CaCO_3 im Imhofftrichter	6
Abbildung 6: Beispiel: mittlerer ASS-Rückhalt für die Versuchsreihe Sedi-pipe Modell 500/6 bei $Q_{\text{Modell}} = 0,054 \text{ l/s}$	7
Abbildung 7: ASS-Rückhalt des Regenklärbeckens bei unterschiedlicher hydraulischer Belastung zwischen 10 l/s und 140 l/s (nach den Modellgesetzen umgerechnete Durchflüsse aus den Modellversuchen)	8
Abbildung 8: Beispiel: Leistungskurve an ASS-Rückhalt für die Sedi-pipe 500/6	10
Abbildung 9: Leistungskennlinien Sedi-pipe Anlagen, anschließbare Fläche A_{red} in Abhängigkeit vom erforderlichen Durchgangswert nach Merkblatt DWA- M 153 Typ D24.....	11

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Umrechnungsfaktoren physikalischer Größen nach dem Froude'schen Modellgesetz für den Maßstab 1 : 5	3
Tabelle 2: Beispiel: Mittlerer ASS-Rückhalt für die Versuchsreihe Sedi-pipe Modell 500/6 bei $Q_{\text{Modell}} = 0,054 \text{ l/s}$	7
Tabelle 3: Maximal anschließbare Fläche A_{red} für das untersuchte Regenklärbecken nach Merkblatt DWA-M 153 Anlagentyp D24 in Abhängigkeit der Regenspende	9
Tabelle 4: Untersuchte Sedi-pipe Anlagen.....	9
Tabelle 5: Maximal anschließbare befestigte Flächen A_{red} für alle Sedi-pipe Anlagen in Abhängigkeit von der Regenspende bzw. Durchgangswert.....	10

1. Ziel der Untersuchungen

Für die Fränkischen Rohrwerke sollten die Sedi-pipe Regenwasserreinigungsanlagen hinsichtlich ihrer Reinigungsleistung untersucht und mit traditionellen Regenklärbecken (RKB) verglichen werden.

Ziel ist es, die Sedi-pipe Anlagen mit Hilfe eines Analogie Modellversuchs zum RKB in das Merkblatt DWA-M 153 einzuordnen. Damit soll für die Sedi-pipe Anlagen eine Planungsgrundlage entsprechend dem Punktbewertungsverfahren des Merkblattes DWA-M 153 geschaffen werden.

Für die vergleichende Einordnung wurde ein Regenklärbecken Typ D24 (Anlagen mit Dauerstau oder ständiger Wasserführung und maximal $10\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ Oberflächenbeschickung bei r_{krit} , z.B. Regenklärbecken und Teiche) nach dem Merkblatt DWA-M 153 Tabelle A.4c ausgewählt.

2. Untersuchungsmethodik und Versuchsaufbau

Die Dimensionen der Anlagen und Wassermengen lassen direkte Versuche im 1:1 Maßstab nicht zu, daher wurde die Methode der Modellversuche im Maßstab 1:5 gewählt. Für die Umrechnung aller physikalischen Größen vom Natur- in den Modellmaßstab fand das Froude'sche Ähnlichkeitsgesetz Anwendung. Nachfolgende Tabelle zeigt zusammengefasst die Maßstabsfaktoren, die sich bei der Umrechnung der physikalischen Eingangsgrößen ergeben.

Physikalische Größen	Einheit	1 : L_r	Maßstabsfaktor
Längen, Breiten, Höhen	m	$(L_r)^1$	5
Flächen	m^2	$(L_r)^2$	25
Volumina	m^3	$(L_r)^3$	125
Zeiten	s	$(L_r)^{1/2}$	2,24
Geschwindigkeiten	m/s	$(L_r)^{1/2}$	2,24
Durchflüsse	m^3/s	$(L_r)^{5/2}$	55,9
Gewichte, Kräfte	N	$(L_r)^3$	125
Arbeit, Energie	Nm	$(L_r)^4$	625

Tabelle 1: Umrechnungsfaktoren physikalischer Größen nach dem Froude'schen Modellgesetz für den Maßstab 1 : 5

Das Regenklärbecken (Original: L x B x H = 10 x 4 x 2 m) und die zu untersuchenden Sedi-
pipe Anlagen wurden im Maßstab 1:5 in Acrylglas nachgebaut und für die Laborversuche
entsprechend ausgerüstet.



Abbildung 1: RKB - Modell

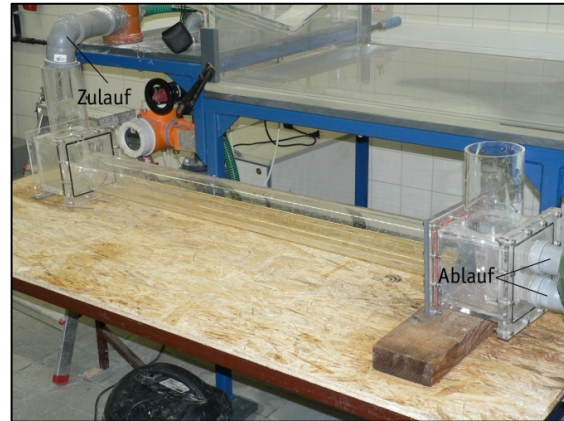


Abbildung 2: Modell Sedi-pipe 500/6

Die Anlagen sollen bei verschiedenen Durchflussmengen auf ihr Rückhaltevermögen an
absetzbaren Stoffen (ASS) getestet werden. Als Prüfmedium wurde Calciumcarbonat
(CaCO_3) gewählt, um Rückschlüsse auf vorangegangene Untersuchungen zu ziehen.

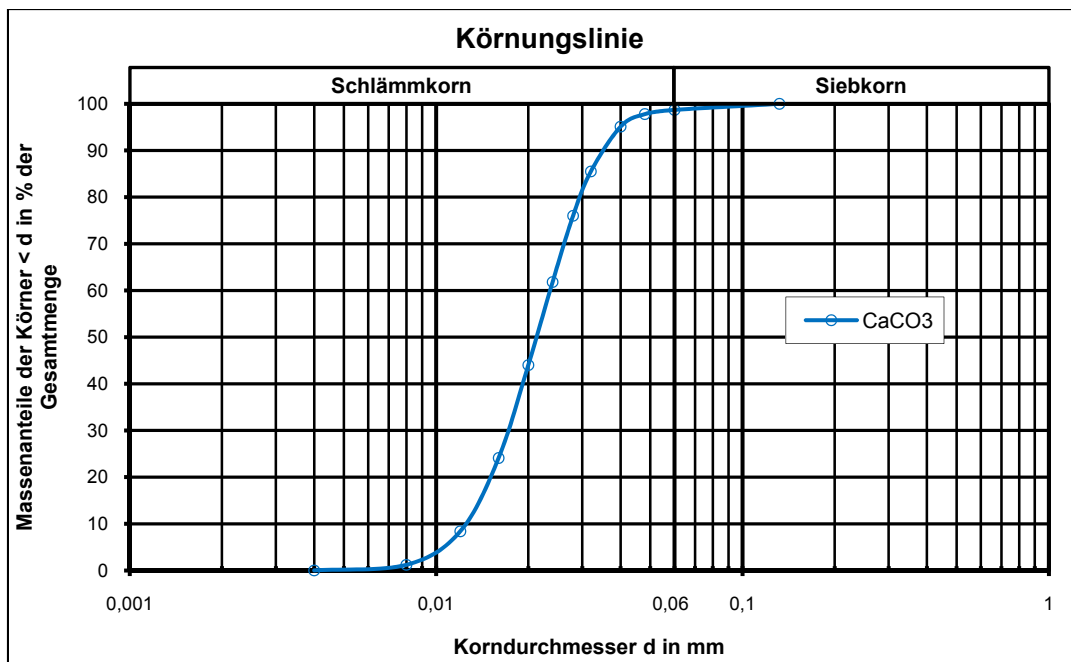


Abbildung 3: Körnungslinie CaCO_3

Das Korngrößenspektrum von CaCO_3 ist gegenüber Millisil W4, welches im DIBt-Zulassungsverfahren für Filterschächte eingesetzt wird, enger gestuft und enthält höhere Anteile feinerer Kornfraktionen.

Folgende Abbildung veranschaulicht schematisch die vorgenommene Untersuchungsmethodik.

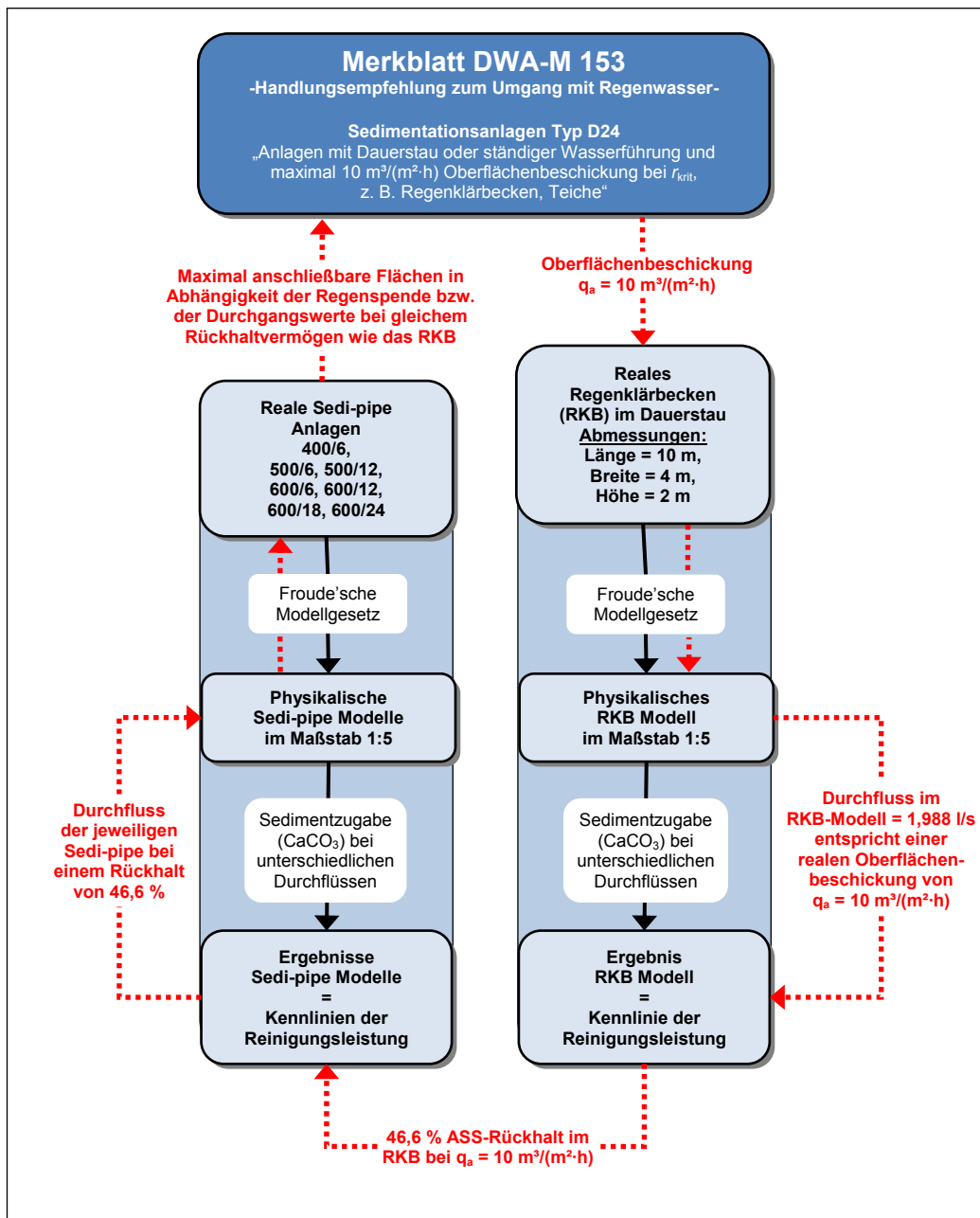


Abbildung 4: Ablaufschema zur Untersuchungsmethodik

3. Versuchsdurchführung

Die Anlagen wurden mit verschiedenen Durchflüssen getestet, dabei wurde der jeweilige Rückhalt an ASS gemessen. Die Durchflussmengen wurden so gewählt, dass ein ASS-Rückhalt von ca. 40 bis 80% erzielt wurde.

Im Zulauf der Versuchsanlagen wurde dem Klarwasser eine gleichbleibende Konzentration an CaCO_3 homogen verteilt zugegeben. Die Zuflusswassermenge wurde mittels Absperrschieber und magnetisch-induktiven Durchflussmesser (MID) reguliert.



Abbildung 5: Sedimentiertes CaCO_3 im Imhofftrichter

Infolge der Sedimentation wurde jeweils ein Anteil des zugesetzten CaCO_3 in den Anlagen zurückgehalten. Die Versuche wurden solange durchgeführt, bis sich eine konstante Ablaufkonzentration eingestellt hatte. Um den sedimentierten Rückhalt zu messen, wurden im Ablauf der Anlagen 1-Liter-Proben entnommen. Zur Bestimmung des ausgetragenen Anteils an CaCO_3 wurden diese mit Hilfe von Imhofftrichtern nach DIN 38409-9 analysiert.

4. Versuchsauswertung

Sämtliche Versuchsreihen wurden mit einer gleichbleibenden Zulaufkonzentration an CaCO_3 je Liter durchgeführt. Die Bestimmung des ASS-Rückhaltes erfolgte über die Differenz aus Zulauf- und Ablaufkonzentration. Anhand Tabelle 2 und Abbildung 6 wird beispielhaft die Bestimmung des ASS-Rückhaltes an der Sedi-pipe 500/6 bei einem Durchfluss von 0,054 l/s Modellmaßstab (entspricht 3 l/s Naturmaßstab) dargestellt. Der mittlere Rückhalt aus den Proben 2-7 ergab hierbei 83,3%.

ASS-Rückhalt einer Sedi-pipe Modell 500/6 bei $Q_{\text{Modell}}=0,054 \text{ l/s}$						
Proben- nummer	Probenahme [min]	1. Versuch		2. Versuch		Mittelwert Rückhalt [%]
		Rückhalt [%]	Austrag [%]	Rückhalt [%]	Austrag [%]	
1	4	94,8	5,2	95,7	4,3	95,2
2	8	82,2	17,8	80,4	19,6	81,3
3	12	82,6	17,4	83,5	16,5	83,0
4	16	83,9	16,1	83,5	16,5	83,7
5	20	84,3	15,7	83,0	17,0	83,7
6	24	86,5	13,5	83,9	16,1	85,2
7	28	84,3	15,7	81,7	18,3	83,0
Mittlerer Rückhalt aus den Proben 2 – 7:						83,3

Tabelle 2: Beispiel: Mittlerer ASS-Rückhalt für die Versuchsreihe Sedi-pipe Modell 500/6 bei $Q_{\text{Modell}} = 0,054 \text{ l/s}$

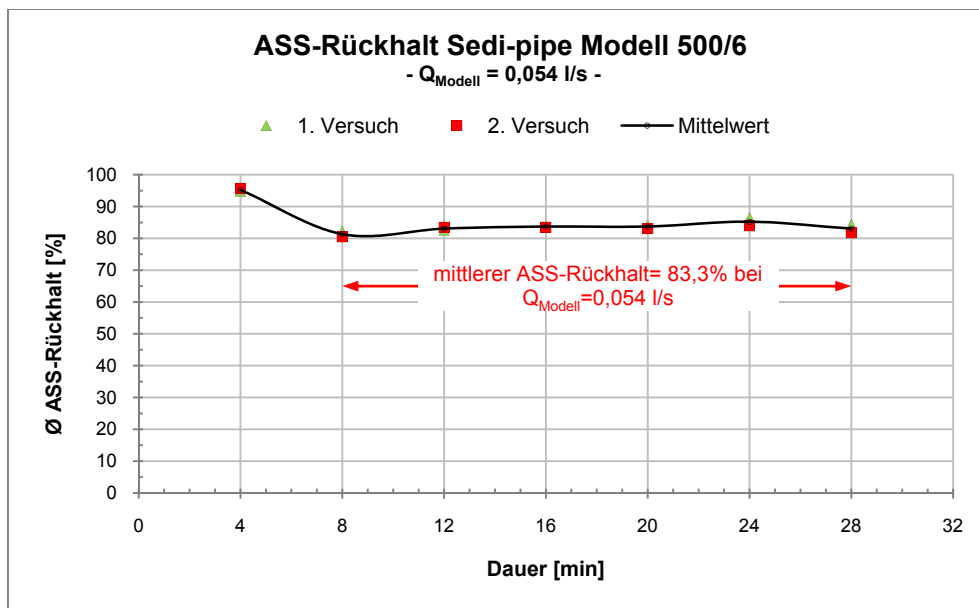


Abbildung 6: Beispiel: mittlerer ASS-Rückhalt für die Versuchsreihe Sedi-pipe Modell 500/6 bei $Q_{\text{Modell}} = 0,054 \text{ l/s}$

Kennzeichnend für das Sedimentationsverhalten der Sedipipe 500/6 ist eine Stabilisierung des ASS-Rückhalts bei 80 - 85%.

4.1 Regenklärbecken

Für die vergleichende Einordnung der Sedi-pipe Anlagen zu einem Regenklärbecken vom Anlagentyp D24 (nach Merkblatt DWA-M153) wurde zunächst das Sedimentationsverhalten bzw. das Rückhaltevermögen dieses Regenklärbeckens bestimmt. Über die einzelnen Messwerte (ASS-Rückhalt über dem Durchfluss) wurde eine Trendlinie gelegt. Kennzeichnend ist eine Abnahme des Sedimentationsverhaltens bei steigenden Durchflüssen.

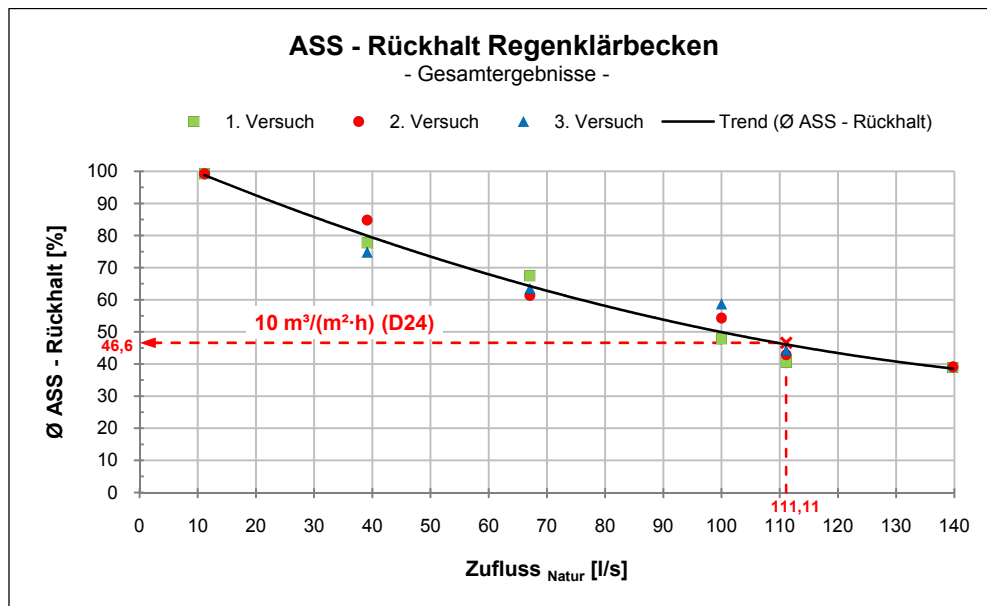


Abbildung 7: ASS-Rückhalt des Regenklärbeckens bei unterschiedlicher hydraulischer Belastung zwischen 10 l/s und 140 l/s (nach den Modellgesetzen umgerechnete Durchflüsse aus den Modellversuchen)

Für das Regenklärbecken ergibt sich bei einem Durchfluss von 111 l/s, entsprechend einer Oberflächenbeschickung von $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, ein Rückhalt von **46,6%**. Dieser Wert dient als Referenzwert und wird nachfolgend allen Sedi-pipe Anlagen gegenübergestellt.

Für die Einordnung des Regenklärbeckens nach Anlagentyp D24 des Merkblatt DWA-M 153 ergeben sich in Abhängigkeit der Durchgangswerte und der kritischen Regenspenden (r_{krit}) die anschließbaren Flächen (A_{red}) nach Tabelle 3.

Regenklärbecken (Natur LxBxH 10x4x2m)						
Einordnung DWA-M 153	ASS - Rückhalt [%]	Durchfluss [l/s]	anschließbare Fläche A_{red} [m ²] bei r_{krit} [l/(s·ha)]			
			15	30	45	100
D24	46,6	111,11	74073	37037	24691	-

Tabelle 3: Maximal anschließbare Fläche A_{red} für das untersuchte Regenklärbecken nach Merkblatt DWA-M 153 Anlagentyp D24 in Abhängigkeit der Regenspende

4.2 Sedi-pipe

Es wurden Sedi-pipe Anlagen folgender Größen untersucht:

Sedi-pipe	Durchmesser [mm]	Länge [m]
400/6	400	6
500/6	500	6
500/12	500	12
600/6	600	6
600/12	600	12
600/18	600	18
600/24	600	24

Tabelle 4: Untersuchte Sedi-pipe Anlagen

Für jede Sedi-pipe Anlage wurden Einzelwerte des ASS-Rückhaltes über den Durchfluss bestimmt, über die wiederum eine Trendlinie im Untersuchungsbereich gelegt wurde. Mit dem Referenzwert des Regenklärbeckens von 46,6 % kann der zugehörige Durchfluss der jeweiligen Sedi-pipe Anlage bestimmt werden. Die Sedi-pipe Anlagen haben hierbei den gleichen Sedimentationsrückhalt wie das Regenklärbecken des Typs D24. Die Abbildung 8 veranschaulicht diese Herangehensweise beispielhaft für die Sedi-pipe 500/6.

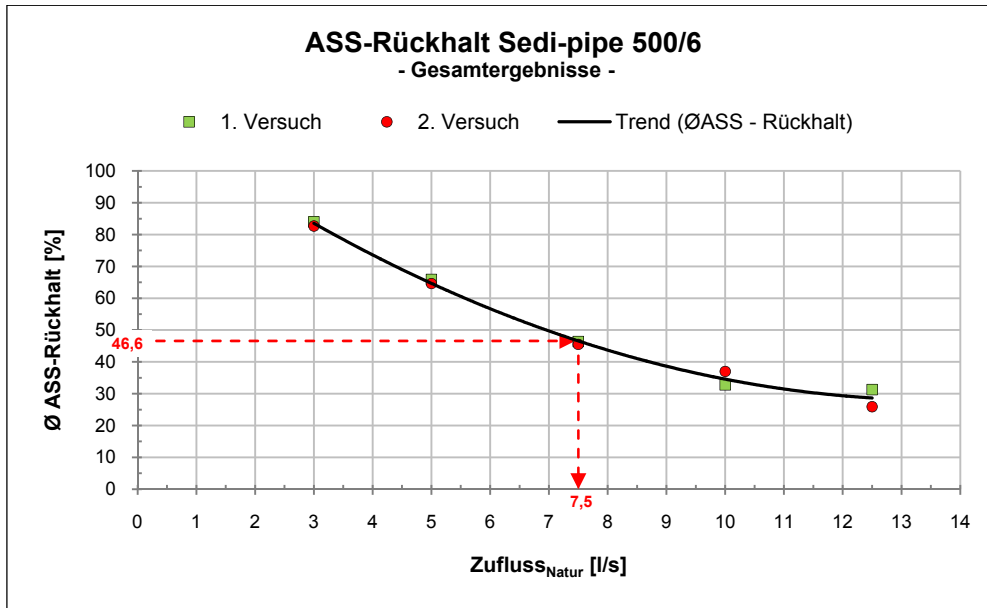


Abbildung 8: Beispiel: Leistungskurve an ASS-Rückhalt für die Sedi-pipe 500/6

In Tabelle 5 sind für alle Sedi-pipe Anlagen in Abhängigkeit von den Durchgangswerten bzw. der kritischen Regenspenden die maximal anschließbaren befestigten Flächen A_{red} zusammengefasst.

Durchgangswerte nach Merkblatt DWA-M 153				
	D24			
Durchgangswert	0,65	0,55	0,50	0,25
Regenspende r_{krit} in [l/(s·ha)]	15,0	30,0	45,0	$r_{(15, 1)}$
Anschließbare Fläche A_{red} [m ²]				
Sedi-pipe Anlagen				
400/6	4017	2008	1339	603*
500/6	4997	2499	1666	750*
500/12	8574	4287	2858	1286*
600/6	6538	3269	2179	981*
600/12	13253	6627	4418	1988*
600/18	16470	8235	5490	2471*
600/24	25107	12553	8369	3766*

* bei $r_{(15,1)} = 100$ l/(s·ha)

Tabelle 5: Maximal anschließbare befestigte Flächen A_{red} für alle Sedi-pipe Anlagen in Abhängigkeit von der Regenspende bzw. Durchgangswert

Regenklärbecken vom Anlagentyp D24 werden üblicherweise nicht für eine kritische Regenspende $r_{(15,1)}$ nach Merkblatt DWA-M 153, Tabelle A.4c, Spalte d bemessen. Grund sind die für diesen Bemessungsfall sehr großen und damit unwirtschaftlichen Anlagengrößen. Sedi-pipe Anlagen können jedoch auch für kleinere Anschlussflächen ausgelegt und damit auch für kritische Regenspenden $r_{(15,1)}$ wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt werden. Grundsätzlich ist das Merkblatt DWA-M 153 als Orientierung für die Einordnung von Anlagen zur Regenwasserbehandlung zu verstehen und nicht im Sinne einer exakten Bemessung. Daher wurde die bestehende Regelungslücke für die Einordnung der Sedi-pipe Anlagen auch für Anlagen des Typs D24 nach Spalte d mit einem Durchgangswert von 0,25 als zielorientierend im Sinne des Merkblatt DWA-M153 vorgenommen.

Versucht man die Intention des Merkblattes DWA-M 153, für die praktische Anwendung der Sedi-pipe Anlagen mit den verschiedenen Kombinationen aus Durchmesser und Länge im Hinblick auf die daraus resultierenden Flächenanschlüsse in Abhängigkeit der Durchgangswerte abzubilden, ist eine vereinfachende Interpolation denkbar. Abbildung 9 veranschaulicht den Sachverhalt grafisch.

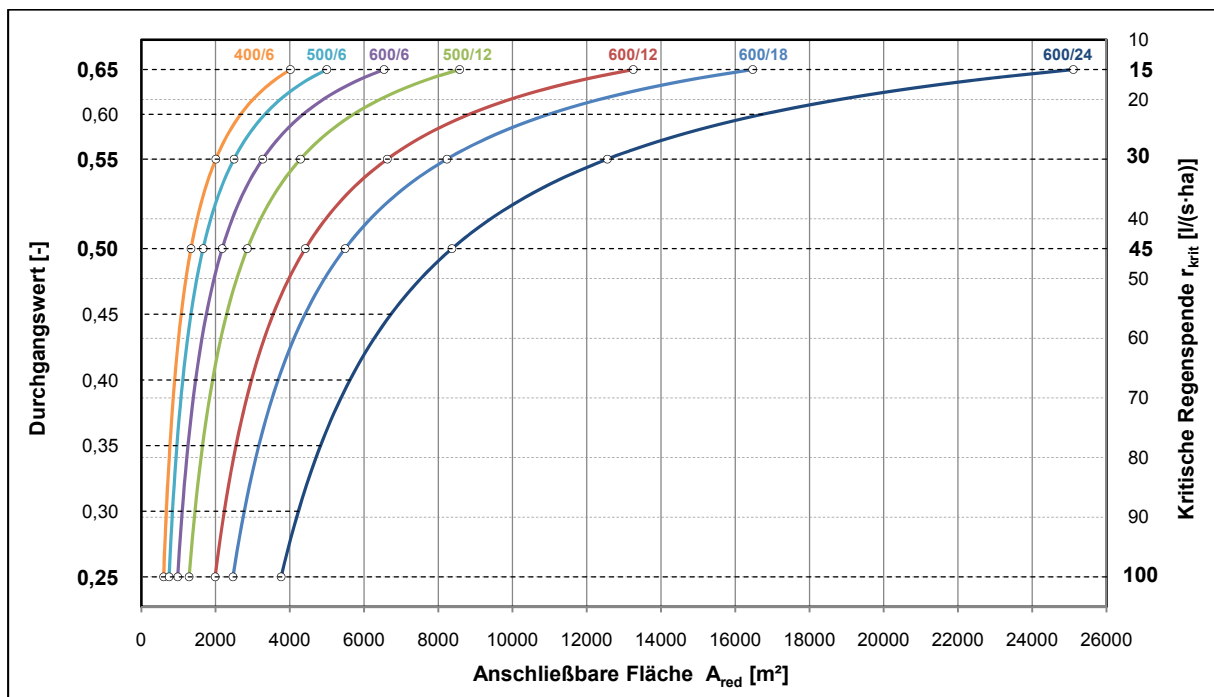
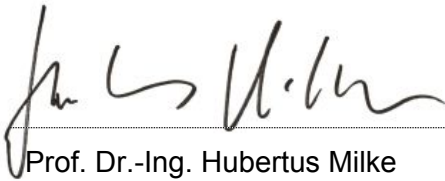


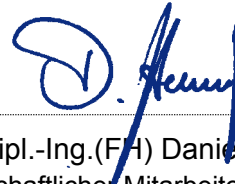
Abbildung 9: Leistungskennlinien Sedi-pipe Anlagen, anschließbare Fläche A_{red} in Abhängigkeit vom erforderlichen Durchgangswert nach Merkblatt DWA-M 153 Typ D24

Die dargestellten Kennlinien ermöglichen eine Interpolation von Zwischenwerten. Diese können bei der Anwendung des Punktbewertungsverfahrens nach Merkblatt DWA-M 153 zur Bemessung von Anlagen verwendet werden und ermöglichen somit eine vereinfachte Anlagendimensionierungen.

Leipzig, März 2010



Prof. Dr.-Ing. Hubertus Milke
Institutsleiter



M.Sc. Dipl.-Ing.(FH) Daniel Hennig
Wissenschaftlicher Mitarbeiter