

AQUA URBANICA 2014

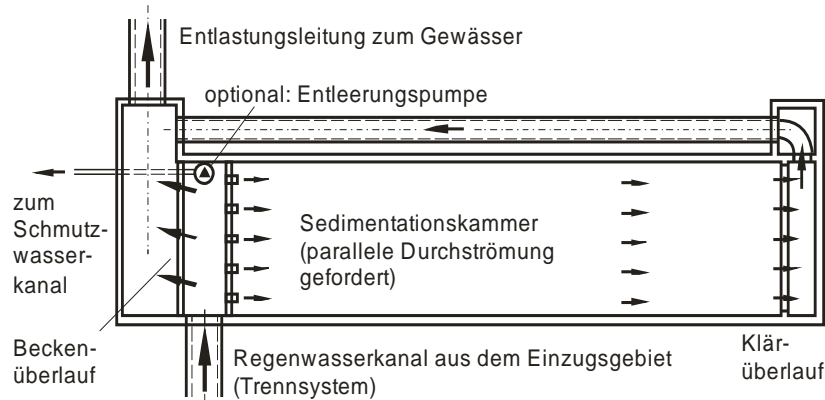
Misch- und Niederschlagswasserbehandlung im urbanen Raum



Ansätze zur Simulation von Sedimentationsanlagen
zur zentralen Regenwasserbehandlung im Trennsystem

Gebhard Weiß

Regenklärbecken im Trennsystem



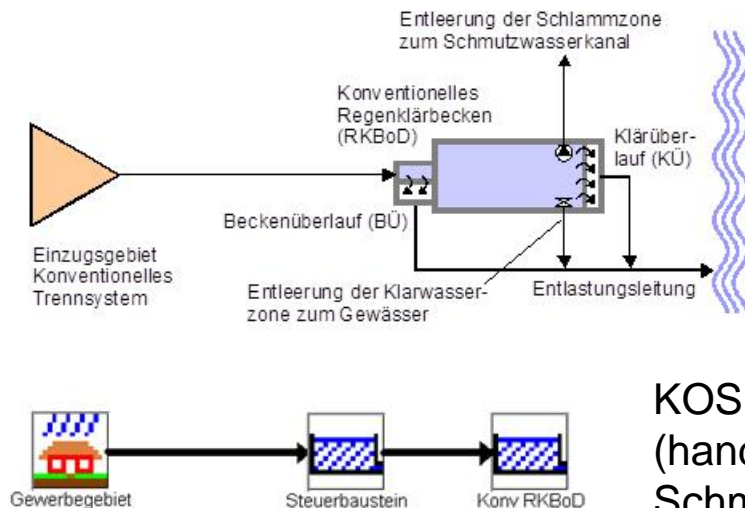
- **Bemessung bislang:**
 - **Hinreichender Grad an Gewässerschutz?** → DWA M 153, Punktesystem, Durchgangswert
 - Ansatz stationärer Durchströmung, **Oberflächenbeschickung < 10 m/h**, Proportionen nach DWA A 166
- **Nicht berücksichtigt:**
 - **Speicherwirkung** bei RKBoD, auch im Regenwasserkanal
 - **Entleerung** (z.B. Klarwasser ins Gewässer, Schlamm zur KA)

Bemessung im künftigen Arbeitsblatt DWA A 102

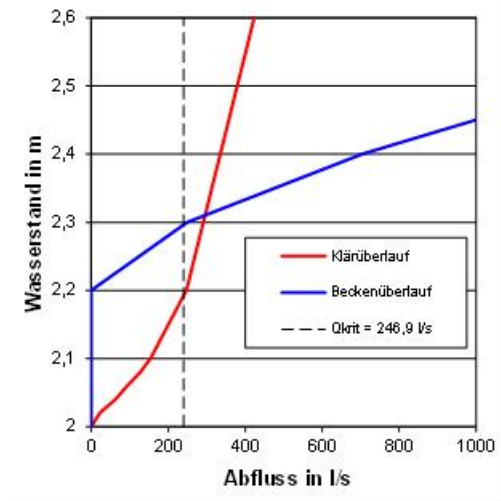
- **Ansatz:** Zulässige entlastete AFS_{Fein} -Fracht nachzuweisen (Ziel: Kompatibilität bei verschiedenen Entwässerungssystemen).
- **Derzeitiger Diskussionsstand:** Pauschale Jahreswirkungsgrade für bestimmte Behandlungsanlagen („Ein RKB mit Dauerstau mit $q_A = 10 \text{ m/h}$ bei $q_{\text{krit}} = 15 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$ holt im Jahresmittel 30 % der AFS_{Fein} raus“). Differenzierung der Wirkungsgrade nach der Auslegung der Anlagen (z.B. $10 \text{ m/h} \rightarrow 30 \%$, $4 \text{ m/h} \rightarrow 50 \%$).
- **Wichtige Effekte:**
 - Abflussaufteilung auf KÜ und BÜ der Bauwerke
 - Speicherwirkung bei RKB ohne Dauerstau
 - Entleerung ins Gewässer / zur Kläranlage
 - Sedimentationswirkung beim Durchströmen des vollen RKB
- **Berücksichtigung dieser Effekte**
→ Nachweisverfahren naheliegend! (ähnlich wie im Mischsystem)

Wie könnte das gehen? Ansätze zur Simulation

- **Modellierung** des Einzugsgebietes, der Kanäle und der Bauwerke und ihrer **detaillierten Hydraulik (BÜ und KÜ)**
- **Ansatz ortstypischer Werte** (z.B. Versiegelungsgrad, Neigungsgruppe, Kanallänge, Fremdwasser...)
- Belastung mit einer **ortsspezifischen Langzeit-Regenreihe**
- Ergebnis des Modells sind **Abflussganglinien** sowie **Entlastungsvolumina** (KÜ, BÜ, zur Kläranlage, ...)

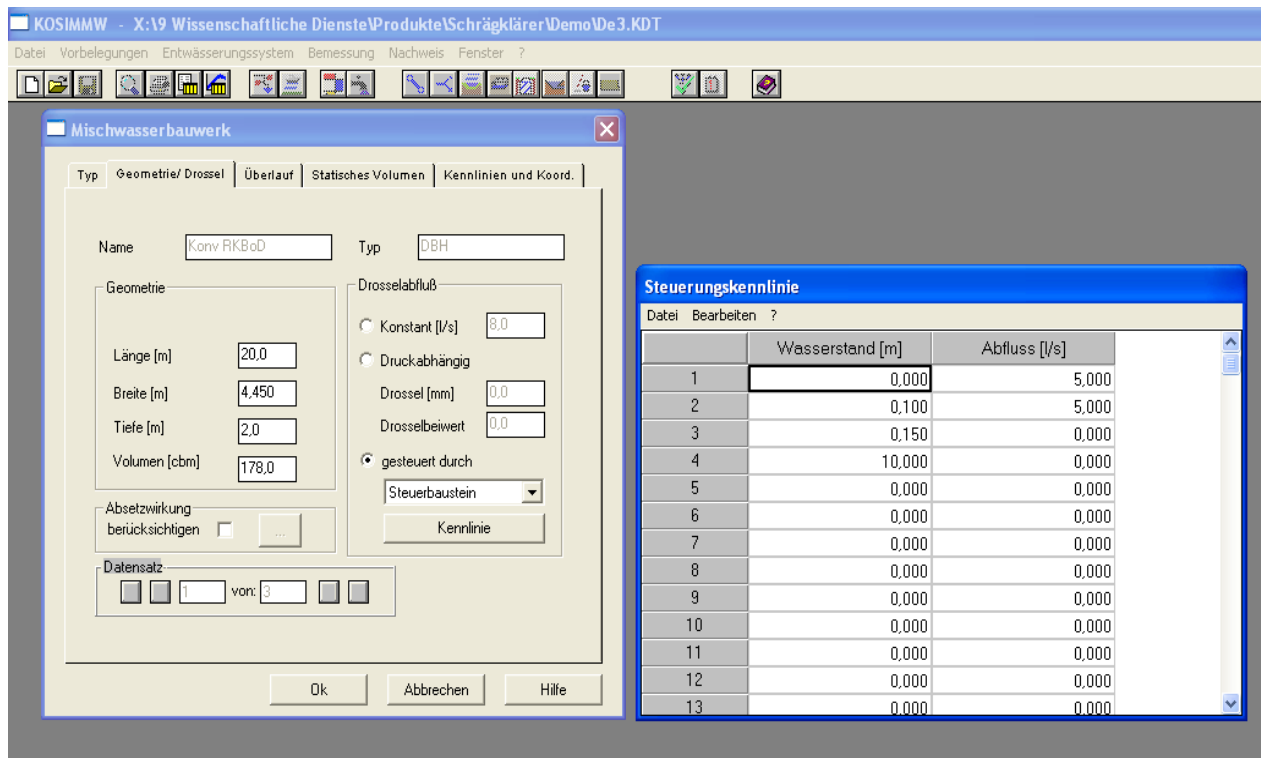


KOSIM 6.0
(handelsübliches
Schmutzfrachtmodell)



Diskontinuierliche Entleerung

- KOSIM (für Mischsysteme) arbeitet normalerweise mit konstantem Drosselabfluss. Hier: **Entleerung des RKB nach Regen simulieren!**

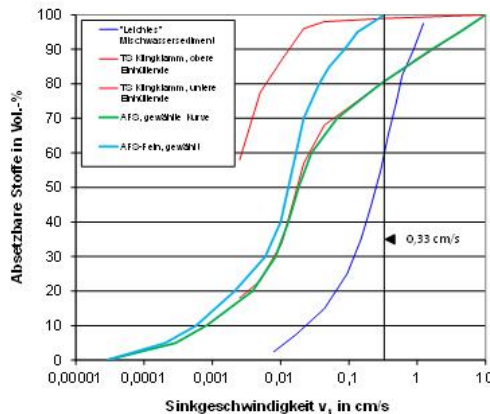


Trick:
Gesteuerte
Entleerung
abhängig vom
„Wasserstand“
in einem zweiten
fiktiven Becken,
rückspringende
Kennlinie

Modellierung der Sedimentationswirkung

- **Ansatz einer Konzentration der Feststoffe** im Oberflächenabfluss (A 102: feste mittlere Referenzkonzentration = f(Flächenkategorie))
- „Rechenkurve“ für die **Sinkgeschwindigkeitsverteilung** des Sediments
- Quasistationärer Durchfluss $Q(t) \rightarrow$ **Oberflächenbeschickung $q_A(t)$**
- **Ansatz über eine Abscheidewirkung** der Sedimentationsanlage
 \rightarrow Fair-Geyer 1954. Nicht zu optimistisch!

$$\eta = 1 - \left(1 + \frac{1}{n} \cdot \frac{v_s}{q_A} \right)^{-n}$$
- Fraktionierte Rechnung, Addition der Fraktionsanteile, **Berechnung einer Gesamt-Entlastungskonzentration und schließlich –fracht.**



Stützstellenwerte der Kurven			Fraktionierung AFS-Fein		
Vol.-%	AFS vs in cm/s	AFS-Fein vs in cm/s	Fraktion	Breite in %	Mittlere Sinkgeschw. vs in cm/s
100	10,00000	0,33000	95-100	5	0,23168
95	4,21697	0,13335	90-95	5	0,10997
90	1,63117	0,08660	80-90	10	0,06156
85	0,68798	0,05158	70-80	10	0,02913
80	0,29007	0,03652	60-70	10	0,01927
70	0,06683	0,02175	50-60	10	0,01487
60	0,02818	0,01679	40-50	10	0,01148
50	0,01830	0,01296	30-40	10	0,00798
40	0,01296	0,01000	20-30	10	0,00404
30	0,00841	0,00596	10-20	10	0,00135
20	0,00387	0,00211	5-10	5	0,00039
10	0,00082	0,00058	0-5	5	0,00012
5	0,00029	0,00021			
0	0,00003	0,00003			

Kritikpunkte an diesem Ansatz

- Unausgesprochene Annahme: Jede Kornfraktion hat eine eindeutige Sinkgeschwindigkeit v_s (AFS_{Fein}: v_s ist extrem gering!)
 - aber: Spontane Flockung möglich! Mittleres v_s tendenziell größer
- Konstantes Schmutzdargebot von der Oberfläche und konstante Schmutzkonzentration im Regenabfluss
 - aber: Größerer Zufluss → größere Schubspannung im Kanal → mehr und gröberes Sediment wird transportiert!
 - Besserer Wirkungsgrad bei stärkeren Regen!
- Künftige Fortentwicklung solcher Modelle

Ergebnis einer Beispiel- berechnung

Volumen- und
AFS_{Fein}-Fracht-
Bilanz

Regenklärbecken ohne Dauerstau

Rechenlauf

4B

Ergebnisse der Langzeitsimulation

Projektname: Bad Ausgedacht RKB Industriegebiet
 Projektnummer: 14-12345
 Bearbeiter: G. Weiß, UFT
 Datum: 17.01.2014

Eingabedaten Einzugsgebiet

A_{Ez} = 16,46 ha
Regenreihe
 Ort Baden-Baden
 Länge 30 Jahre
 $h_{N,a}$ = 1063,6 mm/a
 $h_{N,a,eff}$ = 775,7 mm/a

Eingabedaten Regenklärbecken

Volumen V = 108,1 m³
 Oberfläche A = 88,884 m²
 q_{krit} = 15,0 l/(s·ha)
 Q_{krit} = 246,9 l/s
 $q_A (Q_{krit})$ = 10,0 m/h
 Q_{leer} = 5 l/s
 T_{leer} = 6,0 h

Schlammzone zum Schmutzwasserkanal

Anteil 33,3% des Beckenvol.
 V = 9045 m³/a
 $SF (AFS_{Fein})$ = 2004 kg/a
 $C (AFS_{Fein})$ = 221,6 mg/l

Zufluss aus dem Einzugsgebiet

V = 127680 m³/a
 $SF (AFS_{Fein})$ = 7835 kg/a
 $C (AFS_{Fein})$ = 61,4 mg/l
 SF_{spez} = 476,0 kg/(ha·a)

Überlauf über den Beckenüberlauf (nicht behandelt)

V = 14533 m³/a
 $SF (AFS_{Fein})$ = 892 kg/a
 $C (AFS_{Fein})$ = 61,4 mg/l

Überlauf über den Klärüberlauf (behandelt)

V = 85985 m³/a
 $SF (AFS_{Fein})$ = 4395 kg/a
 $C (AFS_{Fein})$ = 51,1 mg/l

Klarwasserzone zum Gewässer (behandelt)

66,7% des Beckenvol.
 V = 18117 m³/a
 $SF (AFS_{Fein})$ = 544 kg/a
 $C (AFS_{Fein})$ = 30,0 mg/l

Wirkungsgrade für AFS_{Fein}:

Reiner Sedimentationswirkungsgrad im RKB 16,7%
 Rückhaltewirkungsgrad RKBod 32,5%
 Rückhaltewirkungsgrad Gesamtanlage 25,6%

Gesamtemission ins Gewässer

V = 118635 m³/a
 $SF (AFS_{Fein})$ = 5831 kg/a
 $C (AFS_{Fein})$ = 49,1 mg/l

Spezifische AFS-Entlastungsfracht

SF_{spez} = 354,2 kg/(ha·a)

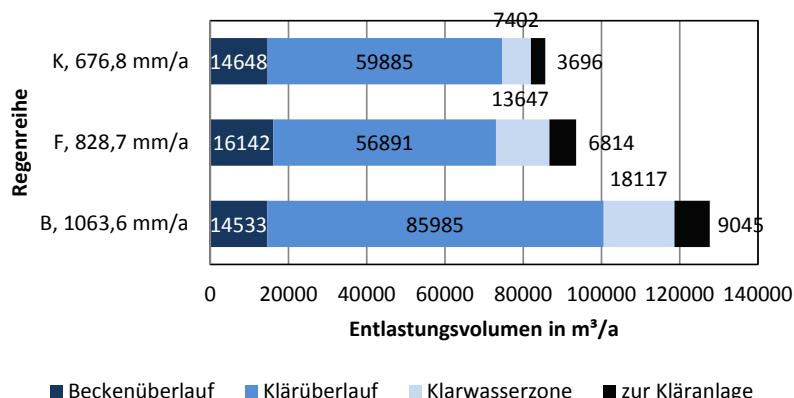
Zulässige AFS-Entlastungsfracht

$SF_{spez, zul}$ = 280,0 kg/(ha·a)
 (nicht eingehalten)

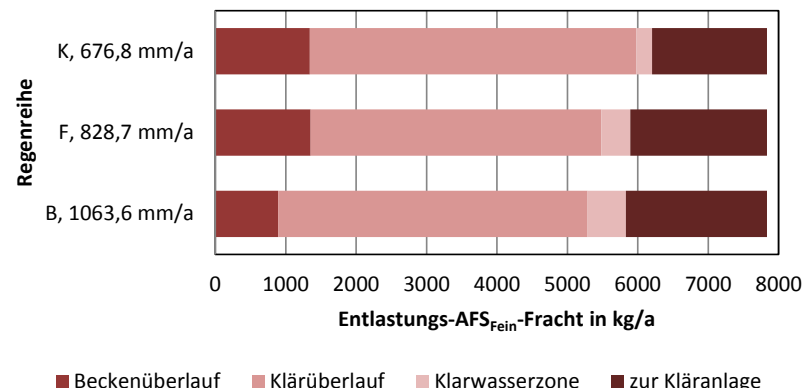
Ergebnisse der Simulation

Rechenlauf	Bemessungs-Oberflächenbeschickung q_A in m/h bei $q_{krit} = 15$ l/(s·ha)	RKB Sedi-mentations-kammer	Vorgeschaltetes Speicher-volumen	Regenreihe, Jahresnieder-schlagshöhe h_N in mm/a	Ins Gewässer gelangtes Volumen in m³/a	Zur Kläranl. geleitetes Volumen in m³/a	Ins Gewässer gelangte AFS _{Fein} -Fracht in kg/a	Zur Kläranl. geleitete AFS _{Fein} -Fracht in kg/a	AFS _{Fein} -Wirkungs-grad der Gesamt-anlage in %	AFS _{Fein} -Sedi-mentations-wirkungsgrad in %
4B	10	108,2 m³	0 m³	B, 1063,6	118635	9045	5831	2004	25,6	16,8
4F	10	108,2 m³	0 m³	F, 828,7	86680	6814	5892	1943	24,8	13,4
4K	10	108,2 m³	0 m³	K, 676,8	81935	3696	6203	1631	20,8	15,3
2B	4	445,0 m³	0 m³	B, 1063,6	112607	15073	4865	2971	37,9	26,2
5B	10	108,2 m³	500 m³	B, 1063,6	111229	16451	5148	2687	34,3	16,1
6B	10	108,2 m³	1000 m³	B, 1063,6	108380	19301	4856	2980	38,0	16,4
7B	10, RKBmD	108,2 m³	0 m³	B, 1063,6	127677	0	6429	0	17,9	20,3

- Wirkungsgrad und AFS_{Fein}-Entlastungsfracht hängen deutlich von der Regenreihe ab!

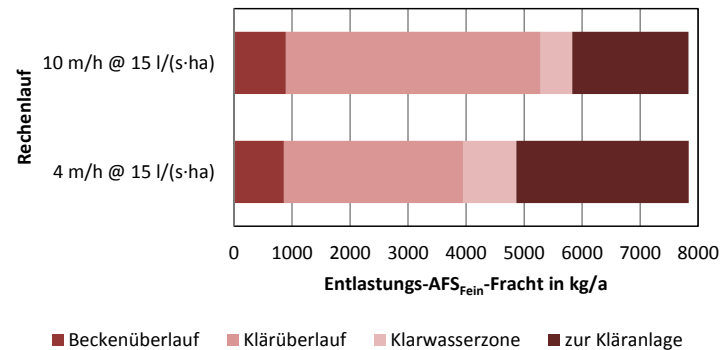
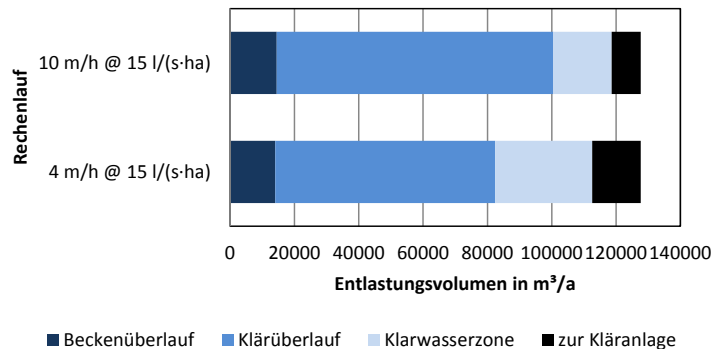


Ansatz: Konstantes Schmutzdargebot



Ergebnisse der Simulation

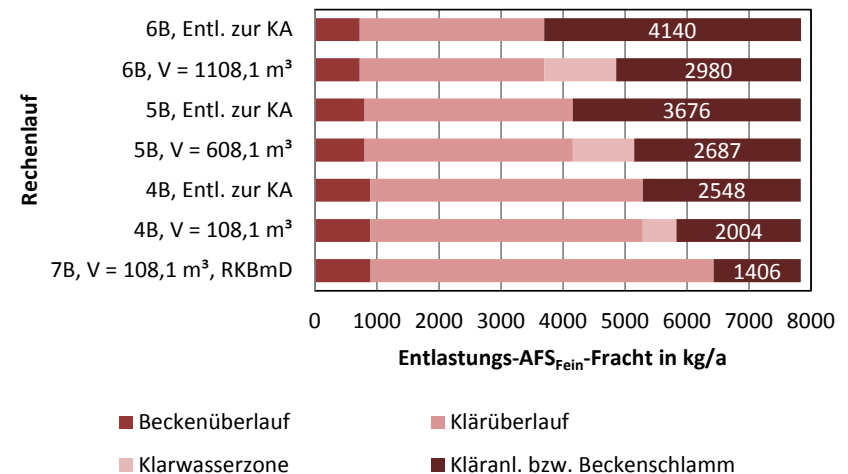
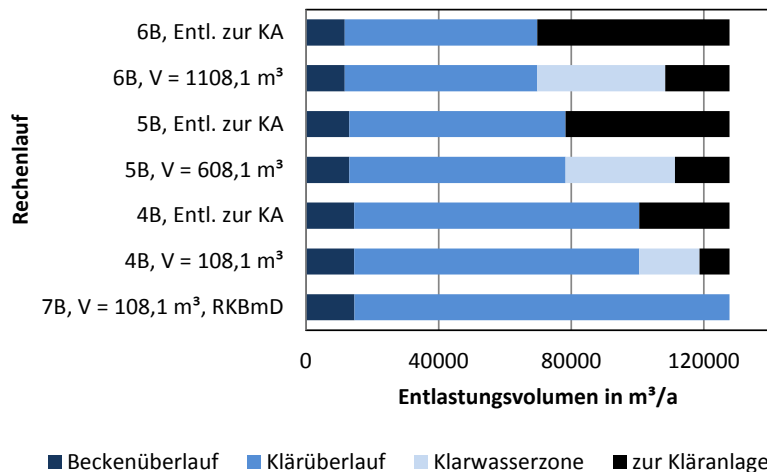
- Abhängigkeit von der Bemessungs-Oberflächenbeschickung des RKB



- Geringere Oberflächenbeschickung → größeres Becken
- Bessere Sedimentationswirkung
- Zusätzlich bessere Speicherwirkung
- Mehr Wasser gelangt bei Entleerung ins Gewässer oder zur Kläranlage
- Geringere AFS_{Fein} -Entlastungsfracht

Ergebnisse der Simulation

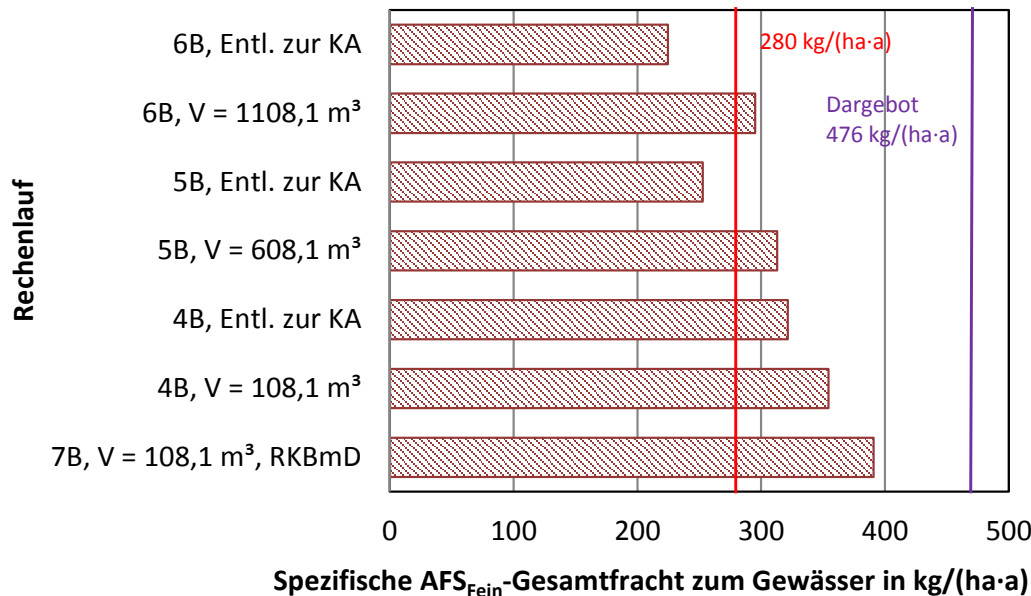
- Abhängigkeit von vorgeschaltetem Speichervolumen und der Entleerung



- Größeres Speichervolumen → weniger Wasser entlastet
- Mehr Wasser gelangt bei Entleerung ins Gewässer oder zur Kläranlage
- Geringere AFS_{Fein} -Entlastungsfracht
- Wichtiger Effekt! Oft vorhandenes Volumen im Regenwasserkanal!

Ergebnisse der Simulation

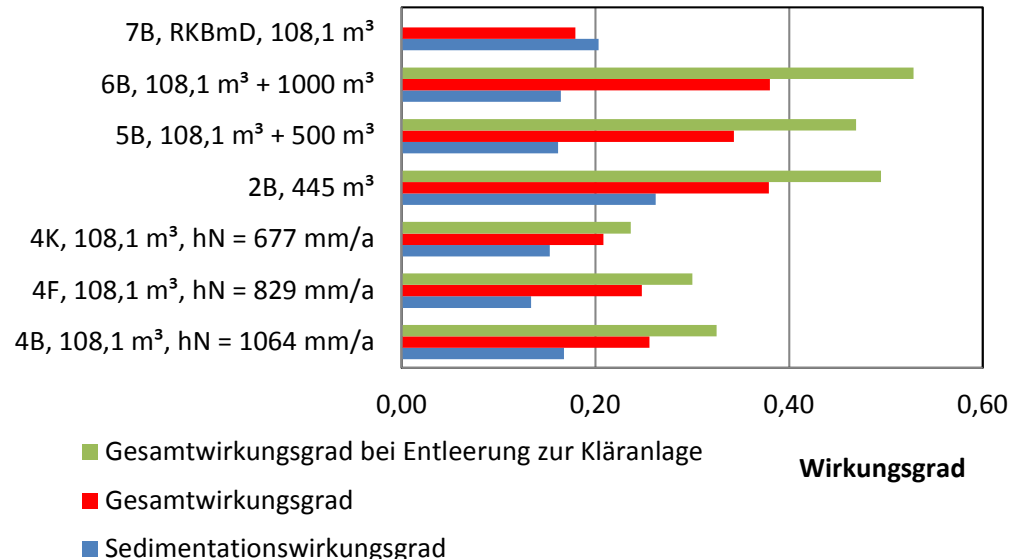
- Spezifische Entlastungsfrachten



- Derzeit diskutierter Grenzwert von 280 kg/(ha·a) wäre so nur mit RKBmD mit großem Speichervolumen einhaltbar, die zur Kläranlage entleert werden
- Behandlung in klassischen RKB ist für AFS_{Fein} relativ wenig wirksam!

Ergebnisse der Simulation

- Sedimentations- und Gesamtwirkungsgrade



- Reiner Sedimentationswirkungsgrad ist recht gering!
- Gesamtwirkungsgrad einschl. Speicherung deutlich größer!
- Entleerung zur Kläranlage steigert Wirkungsgrad nochmals – aber es wird viel gering verschmutztes Regenwasser dorthin geleitet!

Fazit

- Das bisherige Standardverfahren „Regenklärbecken mit oder ohne Dauerstau“ zur Behandlung von Regenabflüssen aus Trennsystemen ist **recht ineffektiv**.
- **Bisherige Bemessungskriterien sind zu grob**, um zu der Zielgröße „AFS_{Fein}-Entlastungsfracht“ im künftigen A 102 zu passen.
- Entlastungsfracht stark abhängig von:
 - Verschmutzung der Oberfläche (im A 102 vorgesehen)
 - Regenreihe
 - Speicherwirkung im RKB und vorgeschalteten Kanälen
 - Betriebsweise und Entleerungsstrategie des Beckens
- **Diese Effekte sollten in einem künftigen Bemessungsverfahren erfasst werden können**. Pauschale Gesamtwirkungsgrade für bestimmte Bauwerkstypen sind zu grob.
- **Zulassen eines Nachweisverfahrens!**

Ausblick

- Bisherige RKB mit 10 m/h @ 15 l/(s·ha) halten die A 102-Zielgrößen **nicht** ein, würden künftig also nicht mehr den Regeln der Technik entsprechen. Es gibt aber sehr viele solche Anlagen. **Soll/darf man solche Becken ins Unrecht setzen?**
- **Wie soll künftig eine zentrale Standard-Behandlungsanlage für das Trennsystem aussehen?** Lamellenklärer? RBF? Technischer Filter?
- Ein Nachweisverfahren könnte auch leicht für solche alternative Komponenten der Regenwasserbehandlung erweitert werden
- **Ketzerische Fragen beantwortbar:** Besser ein RKB mit gering wirksamer Behandlung des gesamten Regenabflusses oder ein kleiner RBF mit effektiver Teilstrombehandlung, aber viel ungeklärtem Wasser über den Filterüberlauf?

A high-contrast, blue-toned image of a water vortex, possibly a drain or a whirlpool. The water spirals inward, creating a series of concentric, wavy lines that lead to a bright, glowing center. The overall effect is one of intense motion and depth. The text 'Vielen Dank!' is overlaid on the left side of the image.

Vielen Dank!