

Simulationsstudie zur Wirksamkeit des Stoffrückhaltes AFS63 in Regenklärbecken

1 Vorbemerkungen

Bei der Bilanzierung zur Quantifizierung der Wirksamkeit von Regenklärbecken (RKB) sind verschiedene Sachverhalte zu beachten.

- (1) Typischerweise erfolgt eine Begrenzung des durch das RKB geleiteten Zuflusses entsprechend der kritischen Regenspende r_{krit} . Unter Vernachlässigung etwaiger Fremdwasserzuflüsse errechnet sich der Bemessungszufluss zum RKB als

$$Q_{\text{Bem,RKB}} = r_{\text{krit}} \cdot A_{\text{E,k,b,a}} \cdot \Psi_m$$

Bei größeren Zuflüssen wird der $Q_{\text{Bem,RKB}}$ überschreitende Zufluss am Becken vorbei direkt ins Gewässer abgeschlagen. Der damit verbundene Frachtaustrag ist unabgemindert zu bilanzieren.

Für die vereinfachte Bemessung von RKB wird in DWA-A 102 eine kritische Regenspende von 15 l/(s·ha) empfohlen. Verschiedene Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass bei diesem Wert zwischen ca. 90 und 95 % des Jahresniederschlagsabflussvolumens dem RKB zufließen.

- (2) Für RKB, die nach Regenende (zur Kläranlage) entleert werden, ergibt sich die Wirksamkeit des Stoffrückhaltes als **Rückhaltewirkungsgrad** $\eta_{\text{Rück}}$ aus zwei Komponenten:

- Stoffrückhalt durch Speicherwirkung („**Speicherwirkungsgrad** η_{Sp} “) = Beckeninhalt am Ereignisende; Bei Entleerung zur Kläranlage ist der zusätzliche Frachtaustrag mit der Ablaufkonzentration der Kläranlage zu bilanzieren.
- Stoffrückhalt durch Sedimentation („**Sedimentationswirkungsgrad** η_{Sed} “), wirksam für den über den Klärüberlauf zum Gewässer abgeleiteten Volumenanteil; Für diesen Volumenanteil reduziert sich die (momentane) Abflussverschmutzung um die angesetzte Sedimentationswirkung.

Nachfolgend werden Ergebnisse aus vergleichenden Schmutzfrachtsimulationen mit dem Schmutzfrachtmodell KOSMO vorgestellt und für die Ermittlung des Gesamtwirkungsgrades ausgewertet.

2 Grundlagen und Eingangsdaten der vergleichenden Schmutzfrachtsimulation

2.1 Systemkennwerte

Die Schmutzfrachtsimulationen wurden sämtlich für ein fiktives Einzugsgebiet mit einer Flächengröße $A_{\text{b,a}}$ von 10 ha. Für dieses Einzugsgebiet wurde ein RKB angeordnet und mit Bemessungswerten zur maximalen Oberflächenbeschickung $q_{\text{A,max}}$ bzw. $q_{\text{A,Bem}}$ zwischen 2 und 10 m/h ausgelegt. Die Volumenbestimmung erfolgte für eine Mindesttiefe von 2 m.

Zum Vergleich wurde das Beckenvolumen alternativ mit einer Beckentiefe von 1,5 m bestimmt (siehe 3.2.2). Damit resultieren die in Tabelle 1 ausgewiesenen Beckenkennwerte.

Tabelle 1: Bemessungs- und Beckenkennwerte

A_{b,a} (ha)	10
ψ_m (-)	1
r_{krit} (l/s*ha)	15
Q_{Bem} (l/s)	150

a) Mindesttiefe H_{min} = 2 m					
H_{min} (m)	2				
q_{A,Bem} (m/h)	2	4	6	8	10
erf. A (m²)	270	135	90	68	54
erf. V (m³)	540	270	180	135	108

b) Mindesttiefe H_{min} = 1,5 m					
H_{min} (m)	2				
q_{A,Bem} (m/h)	2	4	6	8	10
erf. A (m²)	270	135	90	68	54
erf. V (m³)	405	203	135	101	81

2.2 Kennwerte zum Stoffrückhalt

Für die Schmutzfrachtsimulation wurde für AFS63 ein vom Bemessungswert q_{A,Bem} abhängiger mittlerer Sedimentationswirkungsgrad vorgegeben (Tabelle 2). Diese Zahlenwerte wurden der Auswertung von Dr. Stephan Fuchs entnommen (Bild 1).

Tabelle 2: Mittlere Sedimentationswirkungsgrade in Abhängigkeit der maximalen Oberflächenbeschickung q_{A,Bem}

q_{A,Bem} (m/h)	2	4	6	8	10
η_{Sed} (%)	0,50	0,40	0,30	0,25	0,20

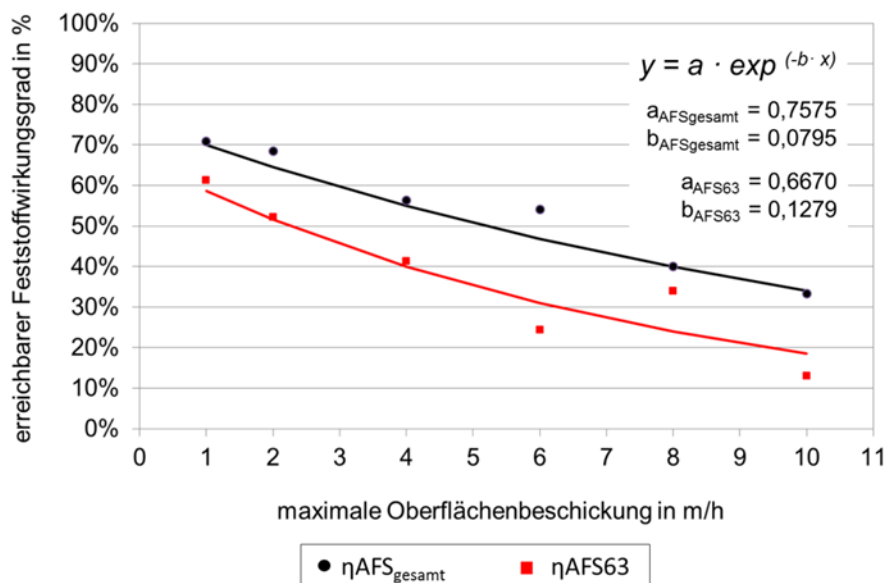


Bild 1: Sedimentationswirkungsgrade von Regenklärbecken (mit/ohne Einbauten) nach Auswertungen von Dr. Stephan Fuchs (siehe DWA-A 102-2, Anhang B)

2.3 Regendaten

Die Schmutzfrachtsimulationen wurden mit langjährigen Regenreihen von drei unterschiedlichen Niederschlagsstationen durchgeführt (Tabelle 3). Neben den Regenreihen der Station Essen-Steele (NS-1) handelt es sich um je eine Station in Norddeutschland (NS-2) und eine Station im Südwesten Deutschlands.

Tabelle 3: Kennwerte der drei verwandten Niederschlagsstationen

Regenstation	Umfang	Zeitraum	h_{Na} (mm/a)
NS-1 (Essen-Steele)	29 a	1953-1981	803
NS-2 (D-Nord)	41 a	1957-1997	568
NS-3 (D-Südwest)	24 a	1963-1986	869

2.4 Modellparameter zur Abflussbildung und Abflussverschmutzung

Die Modellparameter der Abflussbildung wurden so gewählt, dass jeweils ein Jahresabflussbeiwert im langjährigen Mittel von ca. 70 % resultierte. Damit unterschieden sich die Jahresabflussvolumina für die drei Niederschlagsstationen entsprechend der langjährig mittleren Jahresniederschlagshöhe.

Die Berechnung der Verschmutzung des Niederschlagsabflusses erfolgt im Schmutzfrachtmodell KOSMO nach dem Modellansatz „Akkumulation / Abtrag“. Die zugehörigen Modellparameter wurden so gewählt, dass für die drei Niederschlagsstationen jeweils der gleiche jährliche Stoffabtrag AFS63 resultierte.

Diese Festlegung entspricht der in DWA-A 102 getroffenen Vorgabe. Entsprechend unterscheiden sich die resultierenden mittleren Konzentrationen der Abflussverschmutzung für die Stationen NS-2 und NS-3 vom Referenzwert 85 mg/l in DWA-A 102. Die Station NS-1

(Essen-Steele) entspricht mit ihrer mittleren Jahresniederschlagshöhe genau dem Referenzwert 800 mm/a. Die resultierenden Kennwerte zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Kennwerte der Schmutzfrachtsimulation

Regenstation	V_R (m ³ /(ha*a))	$B_{R,AFS63}$ (kg/(ha*a))	$C_{R,AFS63}$ (mg/l)
NS-1	5.639	479	85
NS-2	3.953	479	121
NS-3	6.163	479	78

3 Simulationsergebnisse

3.1 Bilanzwerte Beckenüberlauf

Anhand der durchgeführten Simulationsläufe erfolgte eine Auswertung der Volumenbilanz für den Beckenzulauf und den Volumenanteil, der entsprechend der Begrenzung Q_{Bem} als Beckenüberlauf direkt zum Gewässer geführt wird. Die Volumenaufteilung hängt nur vom Bemessungswert Q_{Bem} und von den Niederschlagsdaten und ist von der Bemessung der RKB über die maximale Oberflächenbeschickung $q_{A,Bem}$ unabhängig. Tabelle 5 zeigt die ermittelten Kennwerte zur Abflussaufteilung für die drei Niederschlagsstationen.

Tabelle 5: Kennwerte zur Bilanzierung der Abflussaufteilung am RKB

Regenstation	h_{Na} (mm/a)	V_R (m ³ /(ha*a))	$V_{BÜ}$ (m ³ /(ha*a))	% $V_{BÜ}$	% $V_{zu,RKB}$
NS-1	803	5.639	576	10,2	89,8
NS-2	568	3.953	459	11,6	88,4
NS-3	869	6.163	466	7,6	92,4

Die Zahlenwerte belegen für die drei unterschiedlichen Niederschlagsstationen die vorstehende Einschätzung, dass für eine gewählte kritische Regenspende von 15 l/s*ha ca. 90 % des Jahresabflussvolumens zum Becken geführt werden. Bei der niedrigeren Jahresniederschlagshöhe der Station NS-2 resultiert ein etwas geringerer Wert, für die Station NS-3 mit der größte der drei Jahresregenhöhen ein deutlich über 90 % liegender Wert des Beckenzulaufes. Damit kann die Einschätzung bestätigt werden.

Tabelle 6 zeigt die entsprechenden Frachtbilanzwerte für AFS63. Die prozentuale Aufteilung liegt in fast identischer Größenordnung wie beim Abflussvolumen, obwohl aus dem Modellansatz mit Akkumulation und Abtrag ereignisspezifisch und im zeitlichen Verlauf der Abflussereignisse unterschiedliche Abflusskonzentrationen resultieren.

Bild 2 veranschaulicht die Größe der jeweils zum RKB geführten Volumen- und Frachtanteile mit etwas geringeren Prozentwerten für die Frachten AFS63.

Tabelle 6: Kennwerte zur Bilanzierung der Frachtaufteilung für AFS63 am RKB

Regenstation	h_{Na} (mm/a)	B_R (kg/(ha*a))	$B_{BÜ}$ (m3/(ha*a))	% $B_{BÜ}$	% $B_{zu,RKB}$
NS-1	803	479	50	10,5	89,5
NS-2	568	479	56	11,7	88,3
NS-3	869	479	42	8,8	91,2

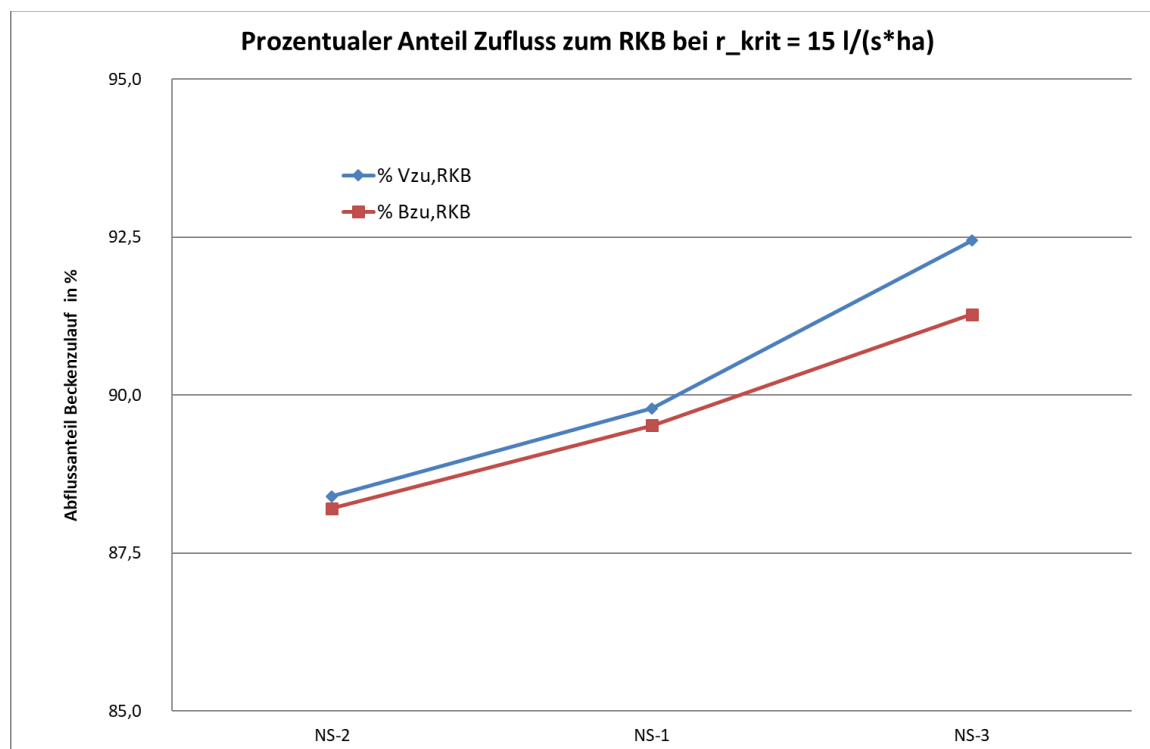


Bild 2: Abfluss- und Frachtaufteilung am Beckenzulauf für drei Niederschlagsstationen

3.2 Untersuchung der Speicherwirkung des Beckenvolumens

3.2.1 Definition der Speicherwirkungsgrade

Zur Quantifizierung der Speicherwirkung bei unterschiedlichem Beckenvolumen bedarf es einer eindeutigen Definition der nachfolgend ausgewiesenen Speicherwirkungsgrade. Diese berechnen sich – jeweils in Bezug auf die langjährig mittleren Jahreswerte – wie folgt:

$$\eta_{Sp,Volumen} = (V_R - V_{BÜ} - V_{KÜ}) / V_R$$

$\eta_{Sp,Volumen}$ - Speicherwirkungsgrad Volumen

V_R - Jahresabflussvolumen

$V_{BÜ}$ - Volumen Beckenüberlauf

$V_{KÜ}$ - Volumen Klärüberlauf (Abfluss durch das RKB)

$$\eta_{Sp,AFS63} = (B_{R,AFS63} - B_{BÜ,AFS63} - B_{KÜ,AFS63,noSed}) / B_{R,AFS63}$$

$\eta_{Sp,AFS63}$ - Speicherwirkungsgrad AFS63-Fracht

$B_{R,AFS63}$ - Jahresfracht AFS63 im Zulauf des RKB (= Jahresstoffabtrag AFS63)

$B_{BÜ,AFS63}$ - AFS63-Fracht im Beckenüberlauf

$B_{KÜ,AFS63,noSed}$ - AFS63-Fracht im Klärüberlauf ohne Sedimentationswirkung

Zur Berechnung der **Speicherwirkung des Beckenvolumens** in Bezug auf die AFS63-Fracht wurden Simulationsläufe **ohne Sedimentationswirkung im Becken** durchgeführt (vgl. 3.2.3)!

3.2.2 Einfluss des Beckenvolumens über die Vorgabe „Mindesttiefe“

Naturgemäß hat das Beckenvolumen maßgeblichen Einfluss auf die Größe der Speicherwirkung. Im Bemessungsgang für RKB wird das Beckenvolumen über die erforderliche Oberfläche vorbestimmt, abgeleitet über den Bemessungswert $q_{A,Bem}$ („maximale Oberflächenbeschickung“) als zentrale Bemessungsgröße. Aus der erforderlichen (wirksamen) Beckenoberfläche lässt sich mit den Vorgaben in DWA-A 166 zur Relation der Beckenabmessungen L:B:H das Beckenvolumen ableiten. In DWA-A 102 wird – AG-intern durchaus kontrovers bewertet – eine Mindesttiefe von 2 m empfohlen. Damit ergibt sich aus dem Bemessungsergebnis „erforderliche Beckenoberfläche“ unmittelbar auch das Beckenvolumen (als Mindestwert). Zur Untersuchung des Einflusses dieser Festlegung zur Beckentiefe wurde mit den Regendaten der Station Essen-Steele eine Vergleichsrechnung für Beckentiefen von 1,5 m und 2,0 m durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Bild 3 in der Entwicklung der „Speicherwirkungsgrade“ in Bezug auf das langjährig mittlere Jahresabflussvolumen für das Spektrum der betrachteten Oberflächenbeschickungen und die beiden Beckentiefen. Darin zeigt sich der markante Einfluss des Bemessungswertes $q_{A,Bem}$ auf die Speicherwirkung, die bei einer Mindesttiefe von 2 m zwischen knapp 50 % und 15 % liegt. Bei den um 25 % kleineren Beckenvolumina (Beckentiefe 1,5 m) reduziert sich die Speicherwirkung zwischen maximal 8 und minimal ca. 3 Prozentpunkten. Der Einfluss der Festlegung zur Mindesttiefe auf die Speicherwirkung erscheint somit begrenzt.

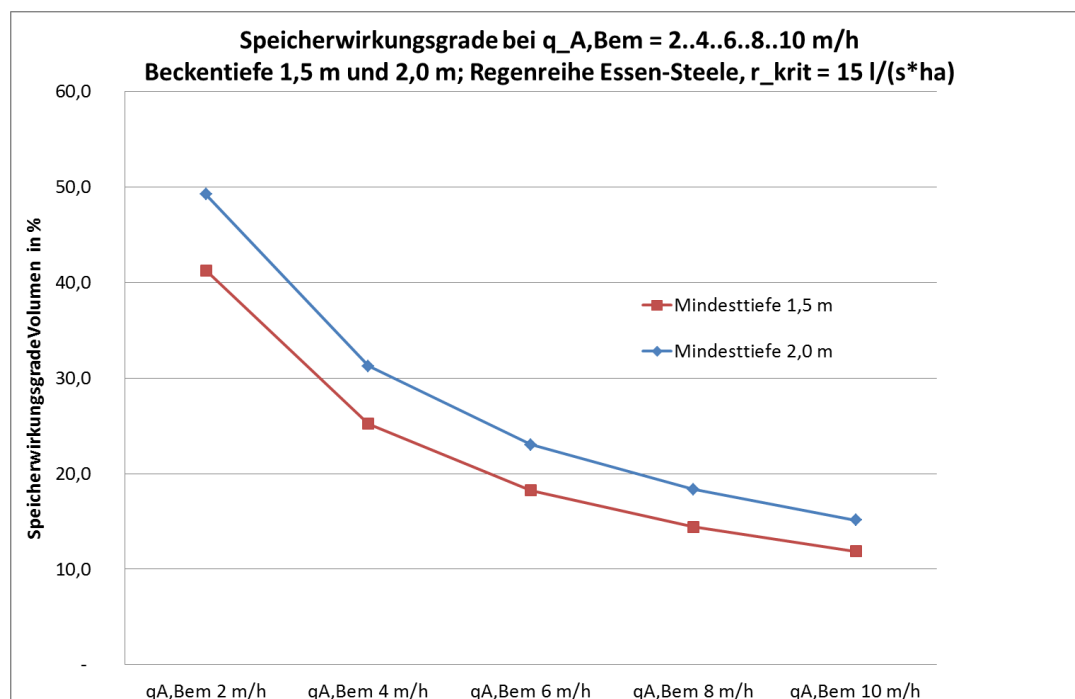


Bild 3: Speicherwirkungsgrade „Abflussvolumen“ in Abhängigkeit der maximalen Oberflächenbeschickung und der Becken-Mindesttiefe

3.2.3 Speicherwirkungsgrade unterschiedlicher Regenreihen

Mit der vergleichenden Betrachtung für die Niederschlagsstationen NS-1 (Essen-Steele), NS-2 und NS-3 soll der Einfluss der Niederschlagsdaten auf die Speicherwirkungsgrade der RKB aufgezeigt werden.

a) Speicherwirkungsgrad Volumen

Bild 4 zeigt die Entwicklung der **Speicherwirkung Volumen** für die untersuchten Bemessungswerte $q_{A,Bem}$ und die drei Stationen **in Bezug auf das Jahresabflussvolumen**. Darin zeigt sich sehr deutlich der Einfluss der Jahresniederschlagshöhe. Mit zunehmendem Jahresniederschlag steigt auch das Jahresabflussvolumen und entsprechend sinkt der darauf bezogene Speicherwirkungsgrad. (Hinweis: Die Jahresniederschlagshöhe findet keinen Eingang in die Bemessung der RKB!)

Das Wertespektrum der unterschiedlichen Jahresniederschlagshöhen ist erkennbar größer als beim Vergleich der unterschiedlichen Beckentiefen und -volumina in Bild 3.

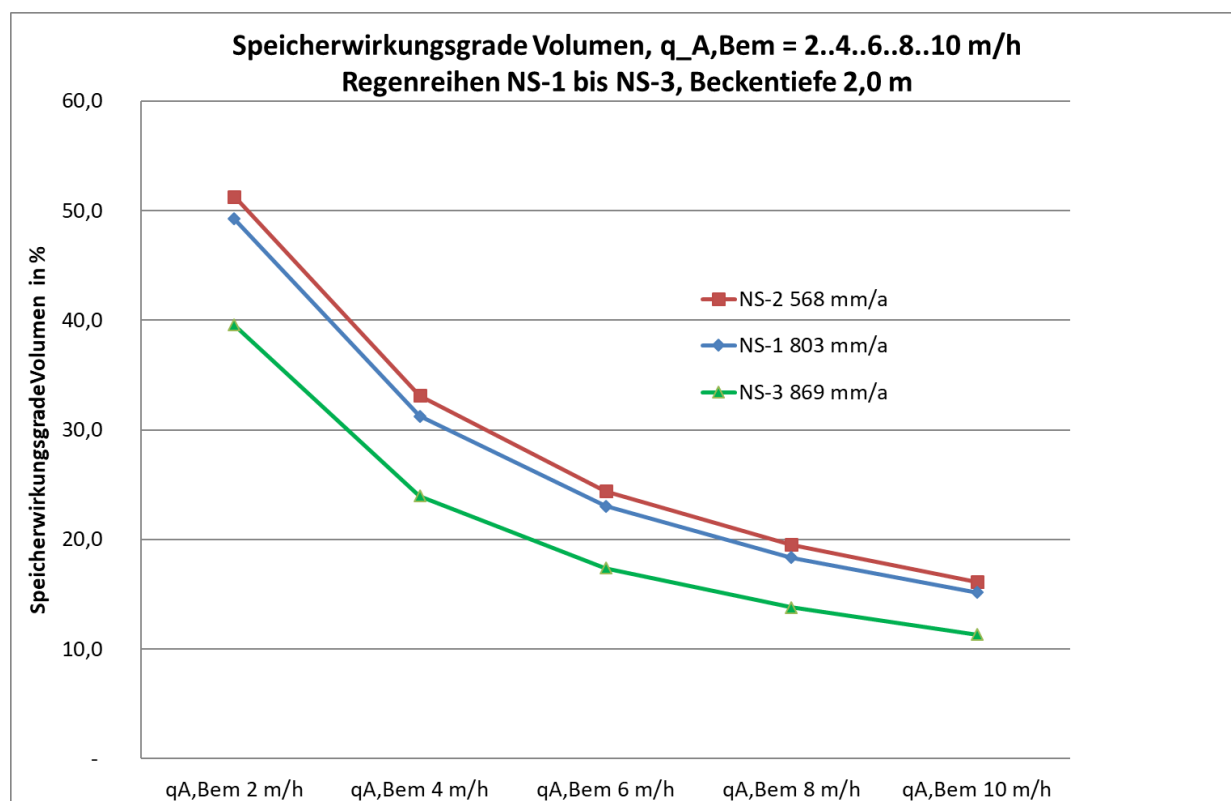


Bild 4: Speicherwirkungsgrade „Abflussvolumen“ in Abhängigkeit des Bemessungswertes $q_{A,Bem}$ für die Stationen NS-1 bis NS-3

b) Speicherwirkungsgrad AFS63-Fracht

Bild 5 zeigt die Entwicklung der **Speicherwirkung AFS63-Fracht** für die untersuchten Bemessungswerte $q_{A,Bem}$ und die drei Stationen **in Bezug auf die den RKB Jahresverlauf zufließende AFS63-Fracht** (Gesamtzulauf einschl. Beckenüberlauf!).

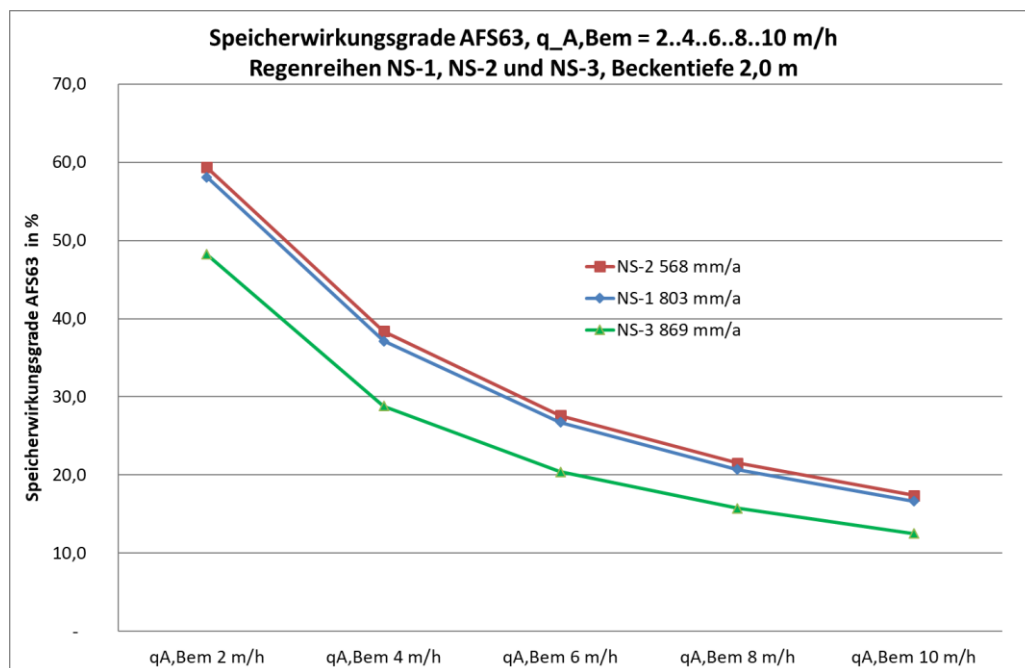


Bild 5: Speicherwirkungsgrade „AFS63-Fracht“ in Abhängigkeit des Bemessungswertes $q_{A,Bem}$ für die Stationen NS-1 bis NS-3

Der qualitative Verlauf der Wertespektren der AFS63-Fracht entspricht den Werten der Speicherwirkung mit Bezug auf das Abflussvolumen. Dabei sind die Speicherwirkungsgrade in Bezug auf die AFS63-Fracht deutlich höher. Bild 6 illustriert die Unterschiede der Speicherwirkungsgrade „Volumen“ und „AFS63-Fracht“ in den Kurvenverläufen für die Station Essen-Steele. Die Unterschiede sind beim Bemessungswert $q_{A,Bem} = 2$ m/h am größten und nehmen mit zunehmender Oberflächenbeschickung ab.

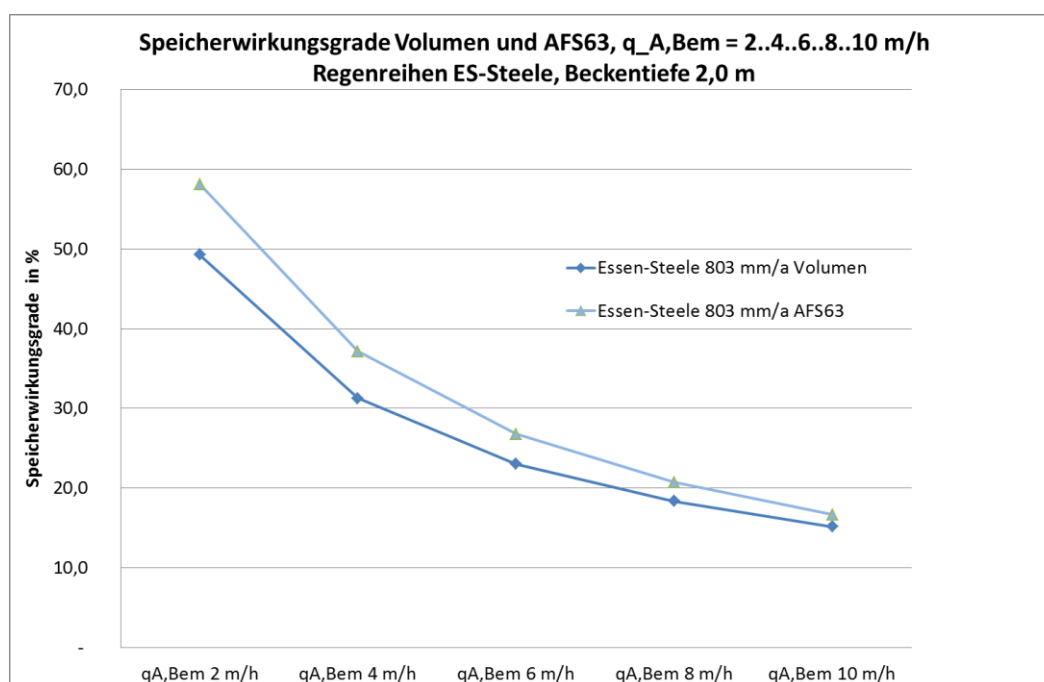


Bild 6: Speicherwirkungsgrade „Volumen“ und „AFS63-Fracht“ in Abhängigkeit des Bemessungswertes $q_{A,Bem}$ für die Station Essen-Steele

3.3 Stoffrückhaltewirkung der RKB

Zur Abgrenzung der Speicherwirkung des Beckenvolumens auf den Stoffrückhalt im Becken und den tatsächlich wirksamen Stoffrückhalt des RKB wurden Simulationsläufe ohne und mit Sedimentationswirkung im Becken durchgeführt (siehe Definition in 3.2.1).

3.3.1 Definition Rückhaltewirkung

Der **Wirkungsgrad des Stoffrückhalts** von Regenklärbecken berechnet sich im Unterschied zur Speicherwirkung wie folgt:

$$\eta_{\text{Rückhalt,AFS63}} = (B_{R,AFS63} - B_{B\ddot{U},AFS63} - B_{K\ddot{U},AFS63, \text{sed}}) / B_{R,AFS63}$$

- $\eta_{\text{Rückhalt,AFS63}}$ - Wirkungsgrad Stoffrückhalt AFS63 im RKB
- $B_{R,AFS63}$ - Jahresfracht AFS63 im Zulauf des RKB (= Jahresstoffabtrag AFS63)
- $B_{B\ddot{U},AFS63}$ - AFS63-Fracht im Beckenüberlauf
- $B_{K\ddot{U},AFS63, \text{sed}}$ - AFS63-Fracht im Klärüberlauf mit Sedimentationswirkung

Dabei ist der zusätzliche Stoffaustrag in Verbindung mit der Beckenentleerung noch nicht berücksichtigt (siehe 3.3.3)!

3.3.2 Gegenüberstellung Speicher- und Rückhaltewirkung

Bild 7 zeigt die nach vorstehender Definition resultierenden Rückhaltewirkungsgrade für die betrachteten Bemessungswerte $q_{A, \text{Bem}}$ und die drei Niederschlagsstationen. Dabei zeigen sich „Wirkungsgrade des Stoffrückhaltes AFS63“ am RKB zwischen fast 75 % ($q_{A, \text{Bem}} = 2 \text{ m/h}$) und minimal ca. 30 % ($q_{A, \text{Bem}} = 10 \text{ m/h}$). Diese Werte liegen aufgrund der angesetzten Sedimentationswirkungsgrade – in Abhängigkeit des Bemessungswertes $q_{A, \text{Bem}}$ – mehr oder weniger deutlich über den in Bild 5 ausgewiesenen Speicherwirkungsgrades AFS63. Dabei tritt der Sondereffekt auf, dass die Rückhaltewirkungsgrade der Stationen NS-1 (Essen-Steele) und NS-2 weitestgehend identisch sind.

Zur Illustration der Unterschiede sind in Bild 8 Speicherwirkungsgrade und Rückhaltewirkungsgrade AFS63 am Beispiel der Station Essen-Steele gegenübergestellt. Danach liegt die wie vorstehend definierte Rückhaltewirkung für AFS63 zwischen ca. 15 und 20 Prozentpunkten über der jeweiligen Speicherwirkung für AFS63. Auffällig ist, dass die Wirkungsgrade beim Bemessungswert $q_{A, \text{Bem}} = 2 \text{ m/h}$ nur um ca. 15 Prozentpunkte auseinander liegen, obwohl hier die angesetzte Sedimentationswirkung 50 % betrug. Der Effekt erklärt sich aus dem Einfluss der über den Beckenüberlauf ausgetragenen Fracht in Höhe von ca. 10 % der Gesamtzulauf Fracht für AFS63. Damit verliert die um ca. 50 % reduzierte AFS63-Fracht im Klärüberlauf an Einfluss in der Bilanzierung der Wirkungsgrade.

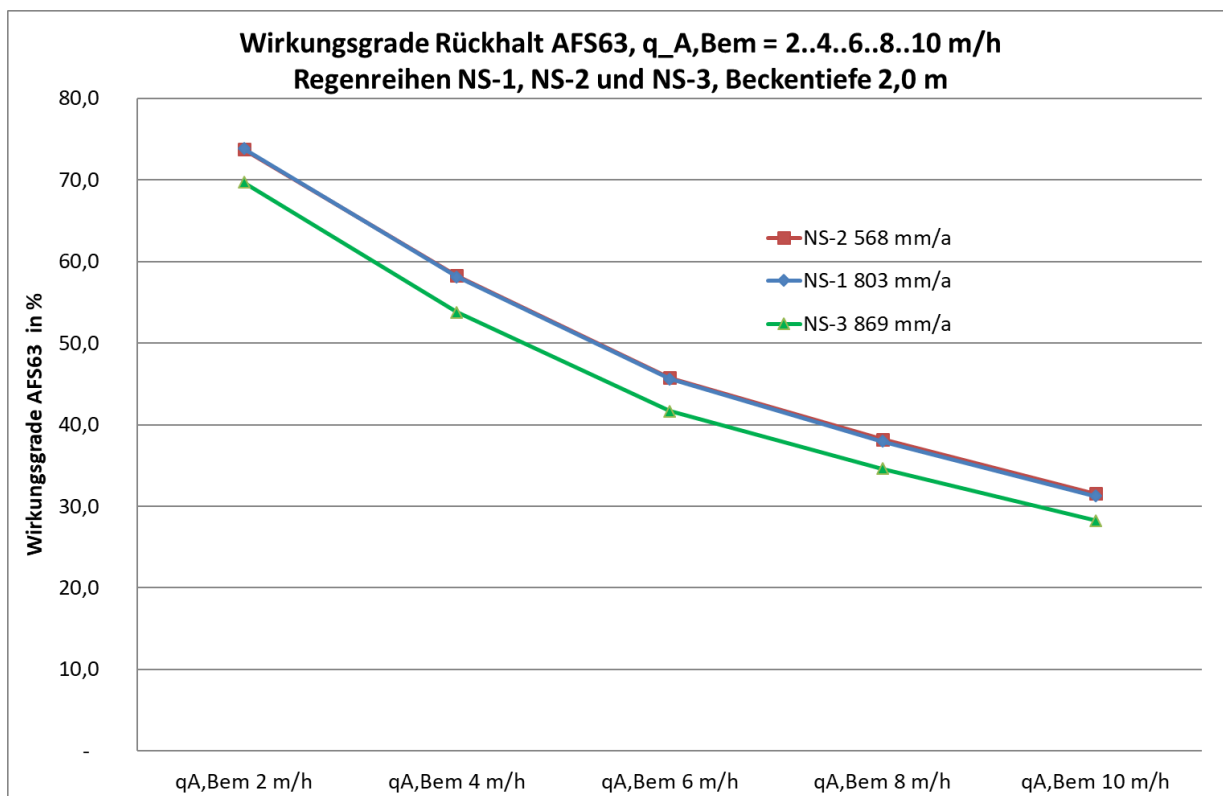


Bild 7: Rückhaltewirkungsgrade „AFS63-Fracht“ in Abhängigkeit des Bemessungswertes $q_{A,Bem}$ für die Stationen NS-1 bis NS-3

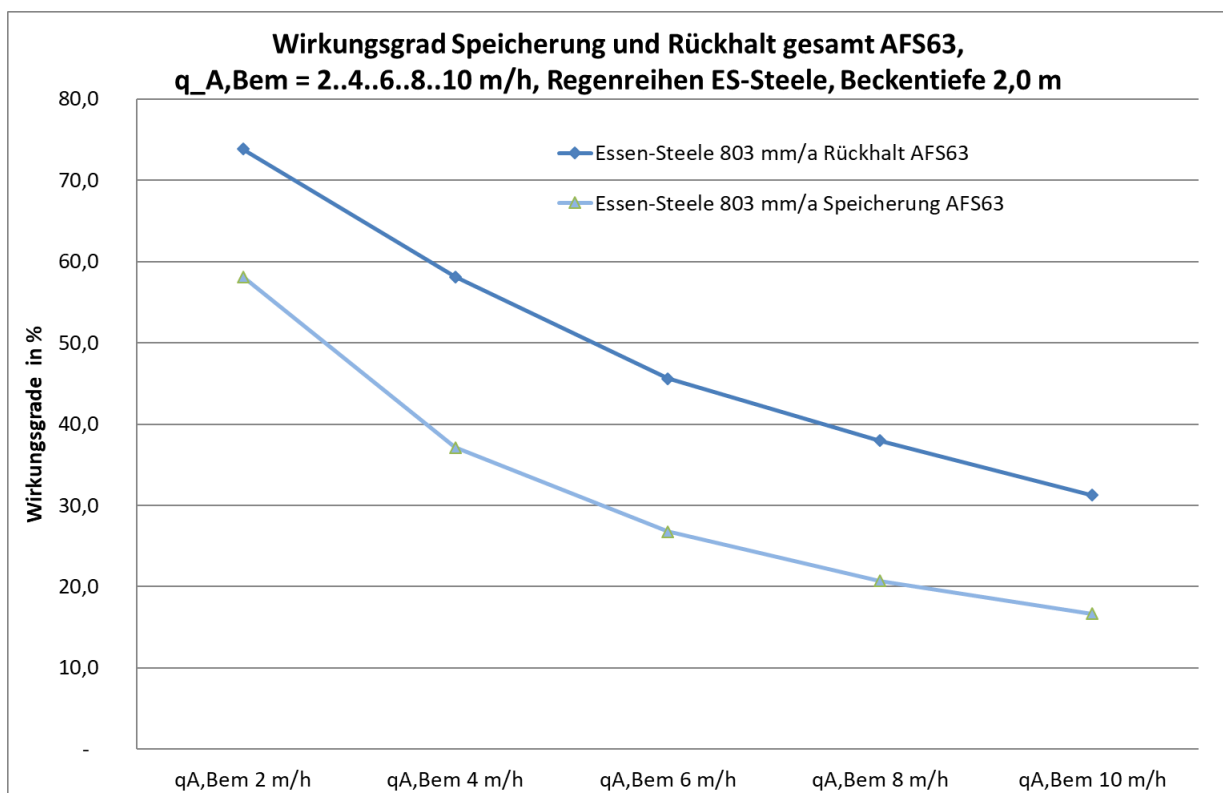


Bild 8: Speicherwirkungsgrade und Rückhaltewirkungsgrade „AFS63-Fracht“ in Abhängigkeit des Bemessungswertes $q_{A,Bem}$ für die Station Essen-Steele

3.3.3 Vergleich Stoffrückhalt RKB und resultierender Stoffaustrag

Bei der Bewertung der Wirksamkeit des Stoffrückhaltes der RKB hinsichtlich des insgesamt resultierenden Stoffaustrages ins Gewässer ist der Einfluss der Beckenentleerung nach Ereignisende zu berücksichtigen. In den vorliegenden Untersuchungen wurde von einer Entleerung zur Kläranlage ausgegangen. Der daraus resultierende „zusätzliche“ Stoffaustrag wurde vereinfacht mit einer konstanten Konzentration im Kläranlagenablauf bilanziert. Für den Stoffparameter AFS63 wurde dazu auf den im vereinfachten Bemessungsgang für die Mischwasserbehandlung in DWA-A 102 vorgesehenen Konzentrationswert $C_{K,AFS63} = 15 \text{ mg/l}$ zurückgegriffen. Der zusätzliche Stoffaustrag berechnet sich damit wie folgt:

$$B_{K,AFS63} = (V_R - V_{BÜ} - V_{KÜ}) \cdot C_{K,AFS63}$$

- $B_{K,AFS63}$ - Frachtaustrag AFS63 über den Kläranlagenablauf (Beckenentleerung)
 V_R - Jahresabflussvolumen
 $V_{BÜ}$ - Volumen Beckenüberlauf
 $V_{KÜ}$ - Volumen Klärüberlauf (Abfluss durch das RKB)
 $C_{K,AFS63}$ - Konzentration AFS63 im Kläranlagenablauf

Den Effekt des zusätzlichen Stoffaustrages infolge Beckenentleerung über die Kläranlage illustriert Bild 9 in der Gegenüberstellung des **Stoffrückhaltes AFS63 am RKB** entsprechend 3.3.2 und des **Gesamtwirkungsgrades der Regenwasserbehandlung** (mit RKB) für die Regendaten der Station Essen-Steele. Die Unterschiede liegen zwischen knapp 3 und maximal ca. 9 Prozentpunkten. Entsprechend des größeren Beckenvolumens ist der Effekt für die geringeren Bemessungswerte $q_{A,Bem}$ am deutlichsten.

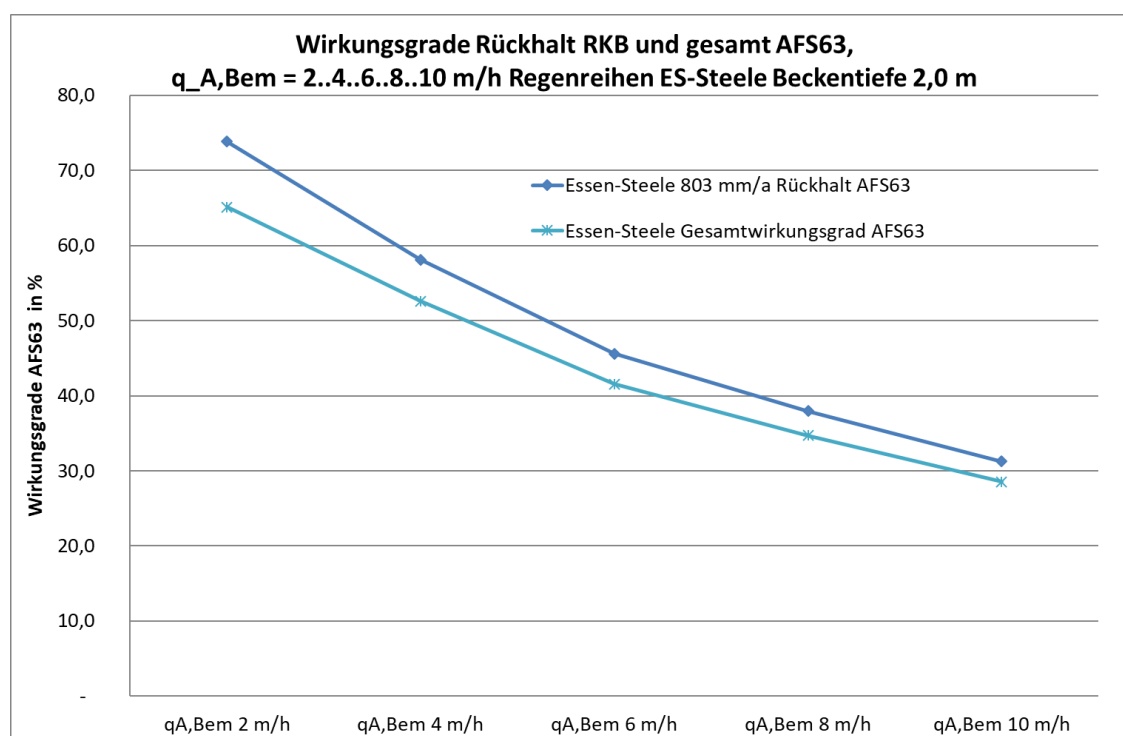


Bild 9: Wirkungsgrade Stoffrückhalt und Gesamtstoffaustrag „AFS63-Fracht“ in Abhängigkeit des Bemessungswertes $q_{A,Bem}$ für die Station Essen-Steele

3.3.4 Gesamtwirkungsgrad von Regenklärbecken

Entsprechend 3.3.3 wurden für die untersuchten Regenklärbecken Gesamtwirkungsgrade unter Einbeziehung des zusätzlichen Stoffaustrages infolge Beckenentleerung über die Kläranlage mit den Regendaten der Stationen NS-1 (Essen-Steele), NS-2 und NS-3 ermittelt. Bild 10 zeigt für die unterschiedlichen Regendaten einen recht engen Wertebereich der resultierenden Werte der Gesamtwirkungsgrade bei gleichzeitig sehr einheitlichem Verlauf für die unterschiedlichen Bemessungswerte $q_{A,Bem}$.

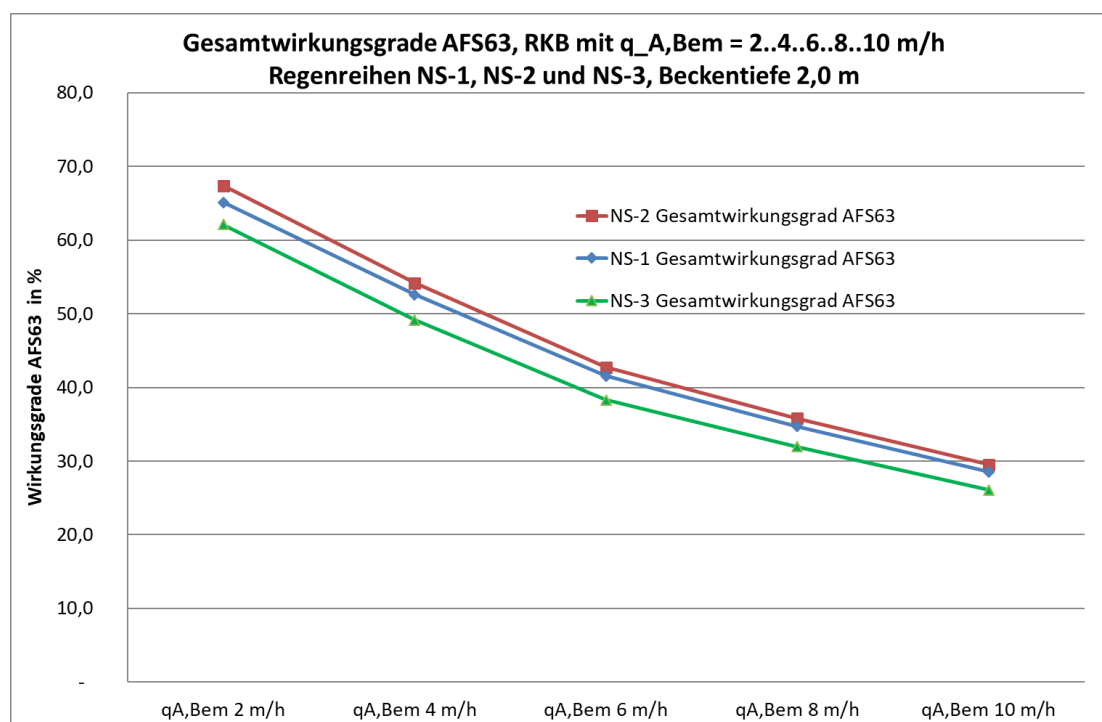


Bild 10: Gesamtwirkungsgrade AFS63 von RKB in Abhängigkeit des Bemessungswertes $q_{A,Bem}$ für die NS-1 (Essen-Steele) bis NS-3

3.4 Bilanzierung des flächenspezifischen Stoffaustrages AFS63

Nach den Vorgaben in DWA-A 102 werden Erfordernis und notwendiger Umfang einer Behandlung des Niederschlagswassers vor Einleitung in ein Oberflächengewässer über Rechenwerte flächenbezogener Stoffausträge für drei unterschiedliche Belastungskategorien festgestellt. Dabei wird als zulässiger flächenspezifischer Stoffaustrag AFS63 ein Wert von $280 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ definiert.

Mit den vorstehenden Bilanzierungsansätzen und den Regendaten der Stationen NS-1 (Essen-Steele), NS-2 und NS-3 wurde der für die unterschiedlichen Bemessungswerte $q_{A,Bem}$ resultierende flächenspezifische Stoffaustrag ermittelt. Das Ergebnis illustriert Bild 11 in Bezug auf den zulässigen Stoffaustrag von $280 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$. Darin zeigt sich, dass die RKB-Konstellationen mit Bemessungswerten $q_{A,Bem}$ für die maximale Oberflächenbeschickung bis einschließlich 6 m/h den zulässigen Stoffaustrag AFS63 unterschreiten bzw. gerade einhalten würden. Mit Bemessungswerten $q_{A,Bem}$ von 8 bzw. 10 m/h und die damit verbundenen RKB-Abmessungen und RKB-Wirksamkeiten würde der zulässige Wert überschritten.

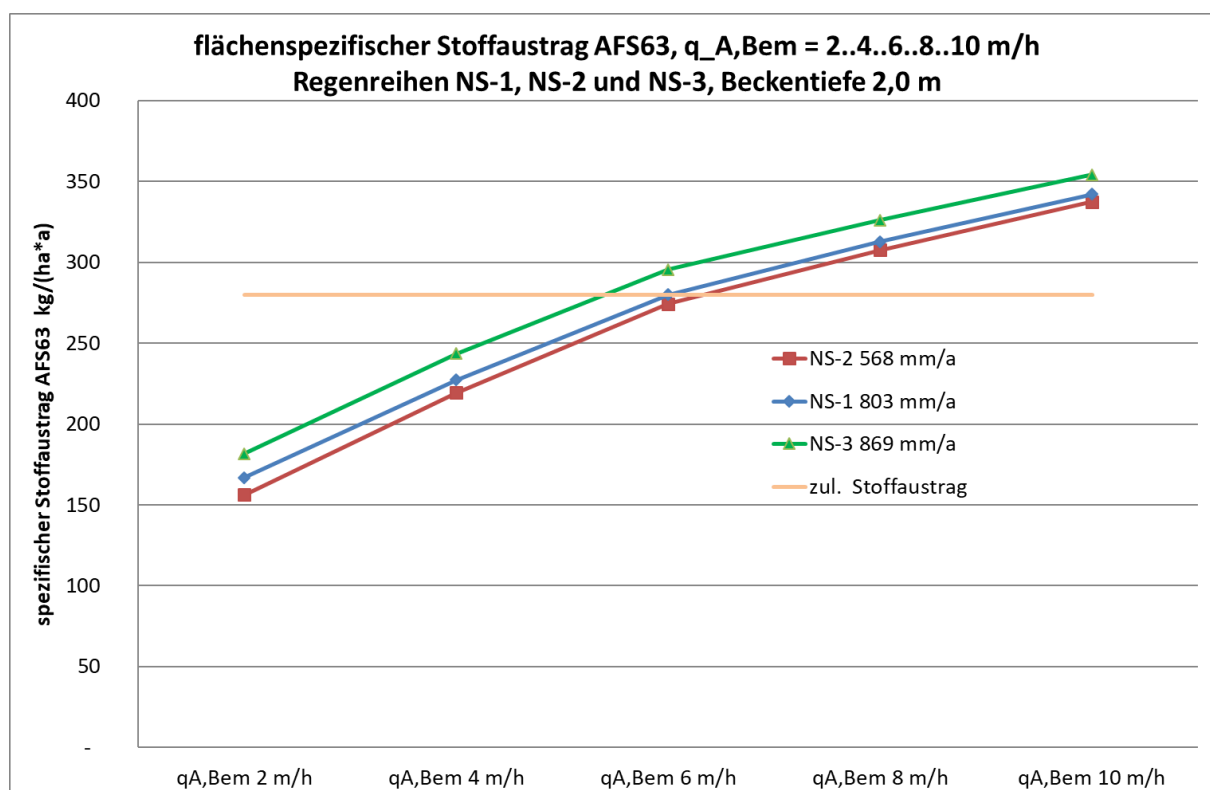


Bild 11: Flächenspezifischer Stoffaustrag AFS63 in Abhängigkeit des Bemessungswertes $q_{A,Bem}$ für die Stationen NS-1 bis NS-3

Diese Bewertung gilt nur in Verbindung mit den hier angesetzten Werten der Abflussverschmutzung für „mittlere Verhältnisse“ entsprechend einem flächenspezifischen Stoffabtrag von ca. 479 kg/(ha*a) bzw. 85 mg/l bei einem spezifischen Abflussvolumen von ca. 5.600 m³/(ha*a)). Weiterhin sind in den Ergebniswerten modellspezifische Einflüsse des angewendeten Schmutzfrachtmodells KOSMO enthalten.

4 Diskussion – Folgerungen für die vereinfachte Bemessung von RKB

Die umfangreichen Vergleichsrechnungen zur Quantifizierung der Einflussgrößen „Speicherwirkung“ und „Sedimentationswirkung“ auf den Gesamtwirkungsgrad des Stoffrückhaltes von Regenklärbecken verdeutlichen

- eine sehr ausgeprägte Abhängigkeit beider Einflussgrößen von der zentralen Bemessungsgröße $q_{A,Bem}$ als maximale Oberflächenbeschickung
- den Einfluss unterschiedlicher Jahresniederschlagshöhen und damit örtlich unterschiedlicher Ausprägungen des Niederschlagsgeschehens auf beide Wirkungsgrößen des Stoffrückhaltes mit deutlicherer Ausprägung beim „Speicherwirkungsgrad“
- einen unterschiedlich großen Anteil des Sedimentationswirkungsgrades am Wirkungsgrad des insgesamt erzielten Stoffrückhaltes für unterschiedliche Bemessungswerte $q_{A,Bem}$; Dieser ist nicht über das gesamte Wertespektrum $q_{A,Bem}$ identisch mit den vorgegebenen mittleren Sedimentationswirkungsgraden!

- die notwendige Unterscheidung zwischen Stoffrückhalt am RKB und dem insgesamt resultierenden Stoffaustrag unter Einbeziehung der Wirkung der Beckenentleerung.

Wie in Bild 10 veranschaulicht liegen die Gesamtwirkungsgrade der drei untersuchten Regenstationen in einem recht engen Wertebereich. Von daher erscheint es „zulässig“, auf der Grundlage dieses aufgezeigten Wertebereiches einen repräsentativen Kurvenverlauf für die Abhängigkeit des Gesamtwirkungsgrades von der Bemessungsgröße $q_{A,Bem}$ entsprechend Bild 8 im Gelbdruck DWA-A 102 (S. 55) anzugeben. Dies könnte der für Essen-Steele resultierende Kurvenverlauf sein oder – zur Berücksichtigung der „Unsicherheiten“ einer vereinfachten Bemessung ohne weiteren Nachweis – ein Kurvenverlauf im Wertebereich der Station NS-3 „auf der sicheren Seite liegend“.

Bei dieser Vorgehensweise müssen die zugrunde liegenden Annahmen deutlich herausgestellt werden. Insbesondere ist zu verdeutlichen, dass sich der Gesamtwirkungsgrad je nach Beckenbewirtschaftung und Art der Beckenentleerung anders darstellen kann. Dazu wäre die zusätzliche Darstellung der Abhängigkeiten bei den Wirkungsgraden des Stoffrückhaltes am RKB entsprechend Bild 7 oder Bild 9 hilfreich.

Kaiserslautern, im September 2018

Prof. Dr.-Ing. T.G. Schmitt