

Dr. Oliver Baeder-Bederski

Umgang mit Niederschlagswasserabflüssen aus Sonderflächen

Eine gesicherte Bemessung des Niederschlagsabflusses wie auch der notwendig auftretenden Abschlags- und Speichervolumina ist die Basis einer vergleichbaren Bewertung von Behandlungskonzepten und der Dimensionierung von Speicher- und Behandlungsanlagen.

Als Betriebs- und Sonderflächen im Sinn des Arbeitsblatts DWA-A 102-2 /1/ werden Flächen bezeichnet, auf denen qualitativ andere Schmutzfrachten als auf reinen Verkehrsflächen berücksichtigt werden müssen. Dazu gehören beispielsweise Flughäfen, Hafenumschlags- und Schüttgutplätze, landwirtschaftliche Fahrsilos, Betriebsflächen von Biogasanlagen oder Kompost- und Grünschnittplätze. Eine gesicherte Bemessung sowohl des gesamten Niederschlagsabflusses als auch der notwendig auftretenden Abschlags- und Speichervolumina ist Grundlage einer vergleichbaren Bewertung von Behandlungskonzepten und der daraus folgenden Dimensionierung von Speicher- und Behandlungsanlagen.

Betriebs- und Sonderflächen

Niederschlagsabflüsse aus befestigten Flächen sind nicht nur formal nach Wasserhaushaltsgesetz (WHG) „Abwässer“. Insbesondere auf Betriebs-, Hof und Lagerflächen in Gewerbe-, Industrie- und Landwirtschaftsbetrieben bilden sich trotz diverser Vermeidungsmaßnahmen stark verschmutzte Niederschlagsabflüsse, die nicht nur mit Feinpartikeln (AFS63), sondern vor allem mit reaktiven organischen und anorganischen gelösten Stoffen kontaminiert sein können. Insbesondere eine Kontamination mit sauerstoffzehrenden (Organik), eutrophierenden (Stickstoff, Phosphor) oder anderen gewässerschädigenden Wirkungen erfordert eine Behandlung vor Einleitung und damit eine über die Ableitung hinausgehende Bemessung. Bei der Bewirtschaftung kontaminierter

Niederschlagsabflüsse aus Sonderflächen kommen verschiedene Technologien zur Anwendung:

- a) vollständige Speicherung: Zwischenspeicherung innerhalb eines bestimmten Zeitraums zur späteren Verwertung bzw. Behandlung,
- b) Teilstrombehandlung: Behandlung aus einem Vorhaltevolumen nach Abschlag von Starkniederschlagsabflüssen (Entlastung),
- c) Vollstrombehandlung: Behandlung aus einem Rückhaltebecken mit der Vorgabe eines definierten Wiederkehrintervalls des Speicherüberlaufs.

Bei den oft in Außenbereichen liegenden Standorten von Sonderflächen ohne Anschluss an eine zentrale Kanalisation und ausreichend aufnahmefähige Einleitgewässer kann in der Regel nicht von einer Abschlagsmöglichkeit nach kritischer Regenspende wie bei einer zentralen Gebietsentwässerung im Misch- oder Trennsystem ausgegangen werden (pauschale Entlastung). Zudem muss in Betracht gezogen werden, dass aufgrund der spezifischen und intensiven Nutzung von Betriebs- und Sonderflächen Niederschlagsabflüsse höher als aus öffentlichen Verkehrsflächen kontaminiert sein können.

Für die Bemessung einer vollständigen Speicherung (a), einer Teil- (b) oder Vollstrombehandlung (c) ohne Möglichkeit einer pauschalen Entlastung werden häufig Ansätze auf Grundlage mittlerer jährlicher Niederschlagshöhen angewendet. Aufgrund der Zufallscharakteristik der Niederschlagsereignisse ist eine Bemessung jedoch nicht ausreichend durch Mittelwerte beliebiger Zeitintervalle gegeben. Um Über-

lagerungen von Niederschlagsabflüssen in Speichern, aber auch Einflüsse von Schneeakkumulation bzw. Schneeschmelze zu berücksichtigen, muss die Abflussbildung auf Grundlage von Niederschlagszeitreihen abgebildet werden.

Ermittlung des Bemessungsniederschlags für eine vollständige Speicherung

Um einen Bemessungsniederschlag zu ermitteln, mit dem Speichervolumina gleicher Sicherheit bezüglich eines Überlauf- risikos berechnet werden können, muss auf extremwertstatistische Auswertungen zurückgegriffen werden. Als einheitlicher Maßstab wird ein Wiederkehrintervall für Überschreitungen definiert, wobei die vorgesehene Speicherzeit als Dauerstufe interpretiert wird. Eine ausführliche Darstellung extremwertstatistischer Auswertung ist mit dem Arbeitsblatt DWA-A 531 /2/ gegeben. Für zwei typische Beispielstandorte wurden die saisonalen Niederschlagssummen aus einer Niederschlagsreihe über 60 Jahre auf Grundlage einer zweiparametrischen Gumbel-Verteilung ausgewertet (Bild 1). Die aus der extremwertstatistischen Auswertung für ein Wiederkehrintervall von zehn Jahren erhaltenen Bemessungsniederschläge wurden mit den Bemessungsniederschlägen nach Mittelwert-Ansatz aus DWA-A 792 /3/ vergleichend evaluiert (Tab. 1). Dabei wurde deutlich, dass die standort- und saisonal-spezifischen Niederschlagsverteilungen durch Bemessung nach Mittelwertansatz unberücksichtigt bleiben, sodass kein gleichwertiges und ausreichendes Sicherheitsniveau bezüglich auftre-

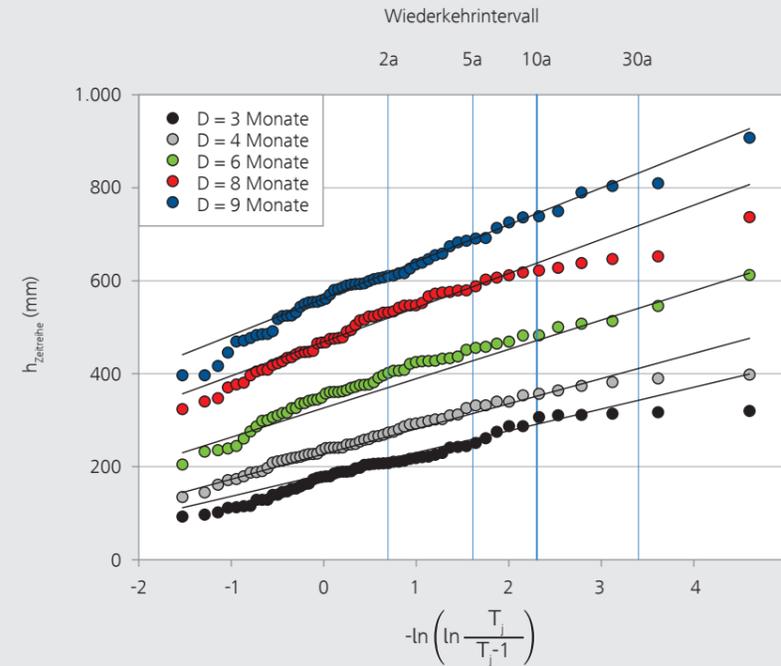


Bild 1 Extremwertstatistische Auswertung der Niederschlagsreihen eines Mittelgebirgsstandorts zur Ermittlung der Bemessungsniederschlagshöhe für gegebene Speicherzeiten D und Wiederkehrintervalle Tj. Quelle: Baeder-Bederski

tender Speicherüberläufe erreicht werden kann.

Volumenbilanzierte Langzeitsimulationen zur Bemessung von Behandlungsanlagen

Um dem realen Verlauf der Abflussvolumina abweichend von Mittelwertansätzen möglichst nahezukommen, wurden Simulationen der Abflussbildung $V_R(t)$ auf Grundlage langjähriger standörtlicher Nieder-

schlagszeitreihen angewendet. Aufgrund der meist einfacheren Entwässerungssysteme auf Sonderflächen gegenüber komplexen Siedlungsentwässerungen ist eine volumenbasierte Simulation möglich, aufgrund der zu erwartenden höheren Kontamination der Niederschlagsabflüsse aber auch notwendig. Werden keine weiteren Verlust- oder Mehrmengen betrachtet, entspricht die Summe der Zulaufvolumina V_{Zu} in den Speichern der Summe der Ablauf-

volumina V_{ab} aus dem Behandlungsreaktor zuzüglich der im Speicherbecken enthaltenen Restmenge $V_{Speicher}$. Ein allgemeines Schema der Volumenbilanzsimulation einer Behandlungsanlage ist in Bild 2 dargestellt.

Teilstrombehandlung mit fixiertem Drosselabfluss

Bei einer Teilstrombehandlung muss grundsätzlich von der Möglichkeit einer Entlastung bzw. eines Abschlags ausgegangen werden. Eine Teilstrombehandlung wird durch einen hydraulischen Behandlungsgrad X_{Beh} charakterisiert (Gleichung 1), welcher den mittleren Anteil des behandelten Abwasservolumens am gesamten Niederschlagsabfluss ausdrückt. Dabei kann ein Behandlungsgrad bis ca. 80–85 % erreicht werden.

Gleichung 1
$$X_{Beh} = \frac{\sum V_{ab}}{\sum V_R}$$

Eine Teilstrombehandlung ist dann eine praktikable Lösung, wenn das Behandlungsverfahren auf eine möglichst gleich hohe Beaufschlagung mit Niederschlagsabfluss angewiesen ist. Dieser möglichst konstante Drosselabfluss wird als „fixiert“ im Unterschied zu einem variablen Drosselabfluss bezeichnet. Dies trifft auf die meisten biologischen Behandlungsverfahren zu, sobald eine erforderliche Wirksamkeit der Behandlung nicht unterschritten werden darf. In der Simulation wird dies als Betrieb mit „fixiertem“ Drosselabfluss bezeichnet. Beispielhaft wurde auf diesen Bemessungsgrundlagen eine Teilstrombehandlung für eine 1 ha große, undurchlässig befestigte Sonderfläche für einen Standort im Tiefland (629 mm/a) und für einen Standort im Mittelgebirge (842 mm/a) in einer Simulation über einen Zeitraum von 24 Jahren angewendet. Die Anfangsverluste der Abflussbildung wurden auf 0,8 mm eingestellt, sodass sich ein mittlerer Abflussbeiwert zwischen 0,90 und 0,92 ergibt. In der Simulation hat sich herausgestellt, dass sich für eine Teilstrombehandlung nur ein enger Bereich der hydraulischen Anlagenkapazität Q_{Bem} oberhalb des rechnerischen mittleren täglichen Abflusses von $Q_{R,m,d}$ eignet (Bild 3, grüner Bereich). Bei Kapazitäten unterhalb des mittleren Abflusses vergrößert sich das notwendige Vorhaltevolumen exponentiell, sodass in der Prognose bei zu kleinen Anlagen mit

Tab. 1: Evaluation der Bemessungsniederschläge zur vollständigen Speicherung für den Zeitraum 1961–2023

	Mittelwertansatz			Extremwertstatistischer Ansatz		
	Speicherzeit (Monate)					
	Nov – Jan	Okt – Mar	Aug – Apr	Nov – Jan	Okt – Mar	Aug – Apr
	3	6	9	3	6	9
Standort Tiefland (629 mm/a)						
Bemessungsniederschlag h_{Bem} (mm)	156	313	469	222	352	563
Erhöhung h_{Bem} um (%)				42 %	13 %	20 %
Überschreitungshäufigkeit (a^{-1})	0,55	0,35	0,27	0,05	0,15	0,05
Standort Mittelgebirge (852 mm/a)						
Bemessungsniederschlag h_{Bem} (mm)	213	425	638	291	464	753
Erhöhung h_{Bem} um (%)				37 %	9 %	18 %
Überschreitungshäufigkeit (a^{-1})	0,37	0,20	0,30	0,07	0,07	0,03

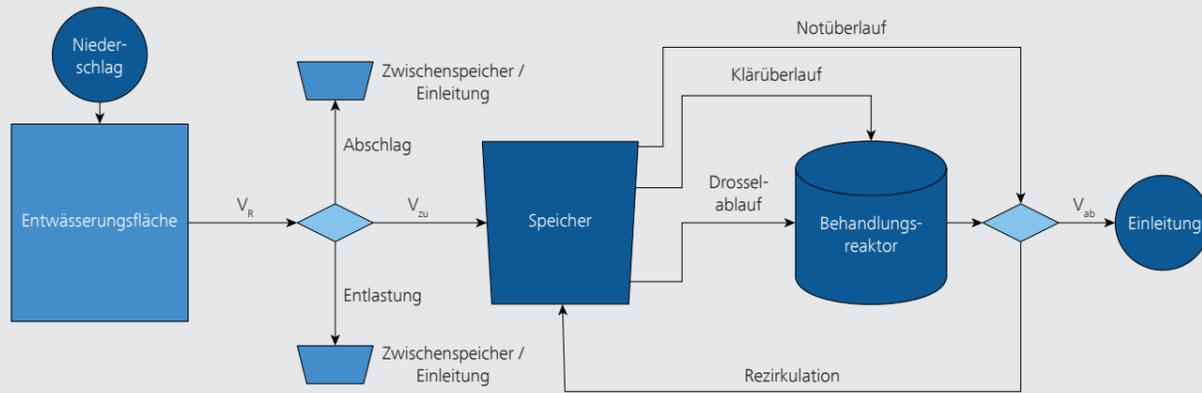


Bild 2 Allgemeines Volumenbilanzschema zur Simulation der Zu- und Abflüsse einer Behandlungsanlage für kontaminierte Niederschlagsabflüsse
Quelle: Baeder-Bederski

Betriebsinstabilitäten zu rechnen ist. Mit wachsender Anlagenkapazität oberhalb des mittleren täglichen Abflusses sinkt zwar das notwendige Vorhaltevolumen V_{RVB} zum Erreichen des gewünschten bzw. erforderlichen Behandlungsgrads, gleichzeitig steigt jedoch die Zahl der Stillstandstage. Über eine Rezirkulation können diese Stillstandzeiten abgesenkt werden (Tab. 2).

Vollstrombehandlung mit variablem Drosselabfluss

Um die Entsorgung nicht behandelter Entlastungsvolumina in das Konzept einer Niederschlagswasserbehandlung zu integrieren (und nicht auszulagern), kann alternativ eine Vollstrombehandlung mit einem Behandlungsgrad von ca. 99 % angestrebt werden. Das Speichervolumen wird dazu in der Simulation (und der späteren Steuerung) zu einem Rückhaltevolumen mit einem bestimmten vorgegebenen Wiederkehrintervall des Beckenüberlaufs neu interpretiert. Zusätzlich ist die Anwendung eines variablen Drosselabflusses $V_{Dr}(t)$ aus dem Rückhaltebecken in den Behandlungsreaktor notwendig, um die Behandlungskapazität vergrößern zu können, ohne dass der Betrieb in Trockenwetterphasen durch Stillstandszeiten infolge geleerter Speicher unterbrochen wird. Durch die Einführung dieser Systemänderungen wirken Rückhaltevolumen und variabler Drosselablauf synergistisch auf die notwendige Dämpfung der Abflussspitzen aus den Entwässerungsflächen. Eine Steuerung des Drosselabflusses ermittelt jeweils den geringst notwendigen Abfluss, um mit möglichst kleinen Behandlungskapazitäten der Anlagen auskommen zu können. Es können verschiedene Lösun-

gen auf Basis lokaler nichtparametrischer Regressionsrechnungen zur Einführung einer Steuerungsfunktion angewendet werden, welche die Bedingungen einer ausgeglichenen Volumenbilanz erfüllen. Da sich die Bemessung der notwendigen Anlagenkapazität Q_{Bem} nicht an den Spitzenwerten des täglichen Drosselabflussvolumens V_{Dr} orientieren kann, wird für die Vollstrombehandlung eine weitere Kenngröße als „hydraulischer Bemessungsgrad“ X_{Bem} in Analogie zum Behandlungsgrad der Teilstrombehandlung eingeführt (Gleichung 2).

Gleichung 2
$$X_{Bem} = \frac{\sum_0^{Q_{Bem}} V_{Dr}}{\sum V_{Dr}}$$

Der Bemessungsgrad X_{Bem} ist der summarische Anteil des behandelten Abwasservolumens mit Durchsätzen bis zum gewählten Bemessungsdurchsatz Q_{Bem} . Er kann in Zusammenhang mit der frachtbezogenen Bemessung und den konkreten Einleitbedingungen als Bemessungskennzahl angewendet werden (Tab. 2).

Fazit

Eine möglichst vollständige Volumenbilanz mit Berücksichtigung statistisch auftretender Starkniederschläge und Trockenwetterphasen sollte Grundlage der Bemessung von Anlagen zur Niederschlagspeiche-

Tab. 2: Vergleich der Bemessungskenngrößen für verschiedene Varianten von Teil- bzw. Vollstrombehandlungen

Kenngröße	Formelzeichen	Einheit	Tiefland			Mittelgebirge		
			Teilstrombeh.	Vollstrombeh.A	Vollstrombeh.B	Teilstrombeh.	Vollstrombeh.A	Vollstrombeh.B
Bemessungsdurchsatz	Q_{Bem}	$m^3/d \text{ ha}$	17	41	55	23	55	80
Q_{Bem} normiert	$Q_{Bem} / Q_{R,m,d}$	–	1,1	2,7	3,6	1,1	2,6	3,9
Notw. Speichervolumen	V_{RVB} / V_{RBB}	m^3/ha	375	510	443	620	795	655
Mittl. Einleitvolumen	$\sum V_{ab}$	$m^3/a \text{ ha}$	4.720	5.521	5.520	6.410	7.380	7.400
Mittl. Entlastungsvolumen	$\sum V_e / \sum V_{KU}$	$m^3/a \text{ ha}$	852	50	51	1.140	146	140
Behandlungsgrad	X_{Beh}	% $\sum V_R$	85 %	99 %	99 %	85 %	98 %	98 %
Bemessungsgrad	X_{Bem}	% $\sum V_{Dr}$	115 %	85 %	96 %	114 %	84 %	96 %
Rezirkulationsgrad	X_{Re}	% $\sum V_{ab}$	15 %	–	–	14 %	–	–
Entlastungshäufigkeit	$n_e \cdot n_{KU}$	1/a	15,0	0,5	0,5	13,2	0,5	0,5
Mittl. Stillstandszeit	t_{Still}	d/a	14	0	11	14	0	0

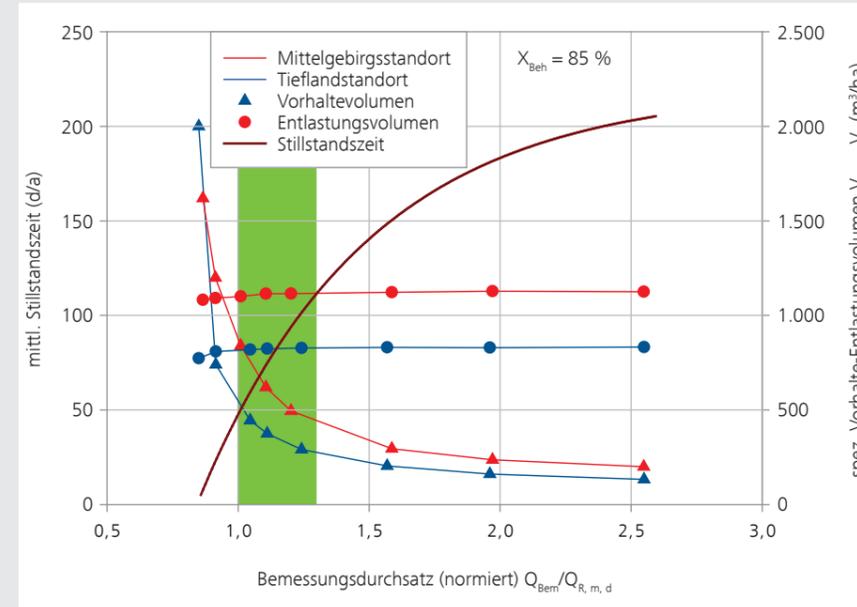


Bild 3 Einfluss des gewählten Bemessungsdurchsatzes bei fixiertem Drosselabfluss auf die Größe des Vorhalte- und Entlastungsvolumens (grün: realisierbarer Bereich)
Quelle: Baeder-Bederski

ung und -behandlung sein. Entsprechende Speicherbauwerke müssen unabhängig vom Standort ein gleiches und vor allem überprüfbares Sicherheitsniveau (Überlauf- und Überlauf-Überlauf) aufweisen können. Insofern sollten Bemessungen nach Mittelwertansatz, wie z. B. im Arbeitsblatt DWA-A 792 /3/ vorgegeben, mit extremwertstatistischen Methoden überprüft werden. Eine extremwertstatistische Auswertung bietet andererseits die Möglichkeit, die bislang angewandten Sicherheitszuschläge der Mittelwert-Bemessung in Form pauschal erweiterter Speicherzeiten auf ein anforderungsgerechtes Niveau einzustellen.

Zur Bemessung von Behandlungsanlagen werden die Kenngrößen „Behandlungsgrad“ und „Bemessungsgrad“ eingeführt. Bei einer Teilstrombehandlung kann ein Behandlungsgrad von ca. 85 % erreicht werden. Bei einer weiteren Steigerung des Behandlungsgrads steigt der Aufwand zur Überbrückung von Stillstandszeiten durch Rezirkulation erheblich. Bei einer Teilstrom-

behandlung müssen für unvermeidliche Entlastungsvolumina Einrichtungen zur Zwischenspeicherung und gegebenenfalls Verarbeitung vorgehalten werden. Eine alternative Vollstrombehandlung bis zu einem Behandlungsgrad von 99 % ist möglich, wenn der Drosselabfluss aus dem Speichervolumen variabel gesteuert wird und das Behandlungsverfahren auch bei variablen Durchsätzen eine stabile Reinigungsleistung erbringen kann.

Dr. Oliver Baeder-Bederski
I.D.E.E. Ecological Engineering
service@idee-bederski.de
www.idee-bederski.de

Literatur:

- /1/ DWA e.V. (2020): DWA-A 102-2 - Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer - Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen
- /2/ DWA e.V. (2012): DWA-A 531 - Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer
- /3/ DWA e.V. (2018): DWA-A 792 - Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) - Jauche-, Gülle- und Silagesickersaftanlagen (JGS-Anlagen)

Nachhaltige Stadtentwicklung mit Begrünungssystemen vom Marktführer

Zunehmender Flächenversiegelung entgegenwirken, Regenwasser regulieren, die Kanalisation entlasten, das Stadtklima verbessern und Aufenthaltsorte zum Wohlfühlen schaffen.

OPTIGRÜN macht's möglich!

Optigrün international AG | optigruen.de