

Leistungssteigerung von Vorklärbecken

Miklós Patziger

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik
Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Budapest

Einleitung, Zielsetzung

Die Vorklärung ist eine wichtige Stellschraube zwischen Abwasserreinigung und Energiemanagement auf Kläranlagen.

Eine gut funktionierende Vorklärung ist eine Voraussetzung für eine effiziente Entlastung der biologischen Reinigungsstufe und gleichzeitig für eine hohe Primärschlamm- und Faulgasproduktion, welche zu einer größeren elektrischen Energieerzeugung führt. Dabei ist natürlich unter anderem darauf zu achten, dass das Kohlenstoff-Nährstoff (C/N) Verhältnis nicht zu weit beeinträchtigt und damit die primär für die Denitrifikation nötige minimale leicht abbaubare Kohlenstoffmenge in die biologische Reinigungsstufe weitergeleitet wird (Gujer 2007, Methcalf & Eddy 2003).

Die Bemessung und Optimierung von Vorklärbecken (VKB) muss also anhand von State-of-the-Art Methoden im oben geschilderten Spannungsfeld zwischen Energiemanagement und biologischer Reinigung erfolgen. Hierbei müssen die beckeninternen Prozesse in VKB im Detail erfasst werden.

VKB werden derzeit nach "Black-Box Methoden" bemessen. Die Zielgrößen der Bemessung sind die hydraulische Aufenthaltszeit und die Oberflächenbeschickung. Die Bemessung wird in der Regel nach dem Arbeitsblatt DWA A 131 (2016) durchgeführt. Dabei ist es anzumerken, dass bestehende VKB auch heutzutage noch nach sehr alten Richtlinien und auf die einst bestehende Belastung bemessen wurden.

Im Gegensatz zur Nachklärung haben wir über die genauen beckeninternen Prozesse von VKB wenige Kenntnisse. Dabei muss festgestellt werden, dass die Forschung von Nachklärbecken mit der Entwicklung der Messtechnik und Computational Fluid Dynamics (CFD) in den letzten Jahrzehnten aus diversen Gründen im Vordergrund stand (u.a. Armbruster et al. 2001).

Nachfolgend werden Ergebnisse eines Forschungsprojektes vorgestellt, in dessen Rahmen die beckeninternen Prozesse und darauf aufbauend die Leistungssteigerung von horizontal durchströmten Vorklärbecken untersucht wurden (Patziger & Kiss 2015, Patziger & Kiss 2015, Patziger et al. 2016).

Fragestellungen waren, welche physikalischen Prozesse, wie Strömungsstrukturen, Dichteströmungen, Absetz- und Eindickvorgänge, sich in einem Vorklärbecken abspielen, wie weit diese von der Geometriegestaltung beeinflusst werden und welche Leistungssteigerungsmöglichkeiten aufbauend auf diesen Kenntnissen entdeckt werden können. Ein Eckpunkt von gut funktionierenden Absetzbeckenmodellen ist die richtige Erfassung der Separations- sowie der Absetz- und Eindickeigenschaften des jeweiligen Schlammes. Für Belebtschlämme existieren zahlreiche Messergebnisse und Absetzfunktionen (Takács 1991 etc.). Die quantitative Beschreibung des Primärschlammes in Form einer Absetzfunktion, welche in ein numerisches Modell integriert werden kann, fehlt jedoch bis heute. In numerischen Modellen wird die Feststoffmasse oft über das Stokes'sche Gesetz gerechnet. Dieses eignet sich aber nicht für die Berechnung der Primärschlämme, weil Primärschlamm in seiner Struktur wesentlich von den Annahmen des Stokes'schen Gesetzes abweicht. Dabei sind vor allem die Vielfalt an Partikelgrößen und Partikelformen, die variable Dichte, die Hemmung des Absetzvorgangs, der organische Anteil und die inhomogene turbulente Strömung in VKB zu erwähnen. Von daher wurde bei den Untersuchungen ein besonderer Wert auf die Erfassung der Absetzeigenschaften des Primärschlammes gelegt.

Das Untersuchungsprogramm wurde in folgenden Schritten durchgeführt:

- Erstellung eines numerischen Vorklärbeckenmodells, welches die Strömungs- und Schlammtransportprozesse abbildet,
- Kalibrierung und Verifizierung des Modells anhand von vor-Ort Messungen an einem horizontal durchströmten Vorklärbecken, sowie die
- Untersuchung der beckeninternen Strömungs- und Schlammtransportprozesse im untersuchten Becken und Erarbeitung von Optimierungsmöglichkeiten, wobei folgende Fragen auftauchen:
 - Welche beckeninterne Strömungs- und Absetzprozesse dominieren das Strömungsbild und Konzentrationsverteilung eines Vorklärbeckens?

- Gibt es "Nachklärbecken-ähnliche" Dichteströmungen in Vorklärbecken, aufgrund deren wir die Strömungs- und Absetzprozesse optimieren können?
- Wie unterscheidet sich die Abscheideleistung von Vorklärbecken bei verschiedenen Einlaufgeometriegestaltungen.

Das numerische Vorklärbeckenmodell

Das Strömungsverhalten eines Vorklärbeckens wird von der Zulaufbelastung und der Beckengeometrie bestimmt. Die Strömung wird – wie bei strömungsmechanischen Fragestellungen üblich – durch die Navier-Stokes Gleichungen (Energiegleichungen) berechnet. Trotz der geringen Geschwindigkeiten in einem Absetzbecken, welche im idealen Fall von 0 bis 10 cm/s reichen, herrschen Turbulenzen die einen bestimmenden Einfluss auf die Strömung ausüben. Die Turbulenz wird daher durch ein $k-\epsilon$ Modell im Modell berücksichtigt, welches mit den oben erwähnten Energiegleichungen in enger Kopplung gelöst wird. Die Einlaufkonzentrationen zu einem Vorklärbecken reichen üblicherweise von 200 bis 600 mg/l. Der Transport des Schlammes wird durch eine geeignete Transportgleichung gerechnet. Die Sinkgeschwindigkeit, sowie die Dichte und Rheologie des Schlammes sind als Funktion der lokalen Konzentration betrachtet. Der Aufbau des Schlammabsetzmodells wird im nachfolgenden Kapitel gezeigt.

Im Zuge der Analysen wurde die dreidimensionale Geometrie des zu untersuchenden Beckenkonzeptes aufgebaut. Die Modellgeometrie beinhaltet alle Details, welche auf die Strömungsprozesse Einfluss haben. Nach der Eingabe der Geometrie erfolgt die Zuordnung der Randbedingungen: Einlauf, Ablauf, Wasserspiegel und Wand. Am Einlauf wird die zufließende Abwassermenge und Schlammkonzentration gemäß der Belastungsannahmen definiert. An der Wand werden alle zur Wand senkrechten Komponenten der Geschwindigkeiten, Turbulenzen, Beschleunigungen etc. auf Null gestellt. Am Ablaufrand werden die Ablaufgeschwindigkeiten und die Ablaufkonzentrationen vom Modell gerechnet.

Um die oben genannten Differentialgleichungen zu lösen, wird die Beckengeometrie durch ein entsprechendes Rechengitter diskretisiert. Die Größe der Zellen des Rechengitters wird in Abstimmung mit dem Zeitschritt der Berechnung gewählt. Eine zu dichte Anordnung des Rechengitters führt zu enorm hohen Rechenzeiten, während eine eher grobe Auflösung ungenaue Rechenergebnisse liefert. Das Rechengitter wird deshalb an Stellen mit erwartungsgemäß großen Strömungsgradienten entsprechend verdichtet.

Die Berechnung des Strömungsfeldes erfolgt dynamisch. Als Anfangsbedingung wird im Becken ruhendes Klarwasser definiert. Nach der Eingabe der Geometrie werden für alle zu berechnenden Größen, wie die Turbulenzgrößen etc. Anfangswerte zugeordnet. Die für den jeweiligen Simulationslauf gültigen Randbedingungen werden an allen Rändern eingestellt. Alles andere, wie die Strömungsgeschwindigkeiten, Turbulenzgrößen, Schlammkonzentrationsverteilung, Geschwindigkeiten und AFS Konzentrationen am Ablauf werden berechnet. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden konstante Randbedingungen definiert, jedoch ist es generell möglich, dynamische Randbedingungen einzustellen, welche z.B. den Zulaufkurven entsprechen und dadurch eine dynamische Betriebsüberwachung zu führen oder verschiedene Szenarien zu modellieren.

Die Kalibration und die Verifikation des Modells wurde auf der Hauptkläranlage Graz durchgeführt. Die derzeitige Ausbaugröße der Kläranlage betrug 500 000 EW und die täglich zugeführte Abwassermenge betrug 90 000 m³/d.

Die insgesamt vier parallel geschalteten Vorklärbecken werden von den Sandfängen über ein Verteilerbauwerk beschickt. Das Verteilerbauwerk befindet sich an der Stirnseite der Vorklärbecken.

Die Abmessungen der Vorklärbecken sind jeweils die folgenden: Beckenlänge 32.50 m, Beckenbreite: 7.00 m und Beckentiefe: 3.95 m. Die Becken werden, von an der Stirnseite der Becken sich befindenden Verteiler- und Einlaufbauwerk beschickt und das mechanisch gereinigte Abwasser wird über die, sich an der Auslaufseite befindenden Ablaufwehre abgezogen. Die Einlauföffnungen sind hoch und oberflächennah positioniert. Unmittelbar an den Einlauföffnungen auf der sich im Absetzraum befindlichen Seite, wurden Leitschilder angeordnet, bei denen die Originalabsicht die Dissipation der kinetischen Energie des ins Becken strömenden Einlaufstrahls war. Die Beckensohle hat eine leichte Neigung Richtung Schlammtrichter. Der abgesetzte Schlamm wird durch den an der Räumbrücke montierten Schildräumer Richtung Schlammtrichter geräumt.

Modellkalibrierung und -verifizierung

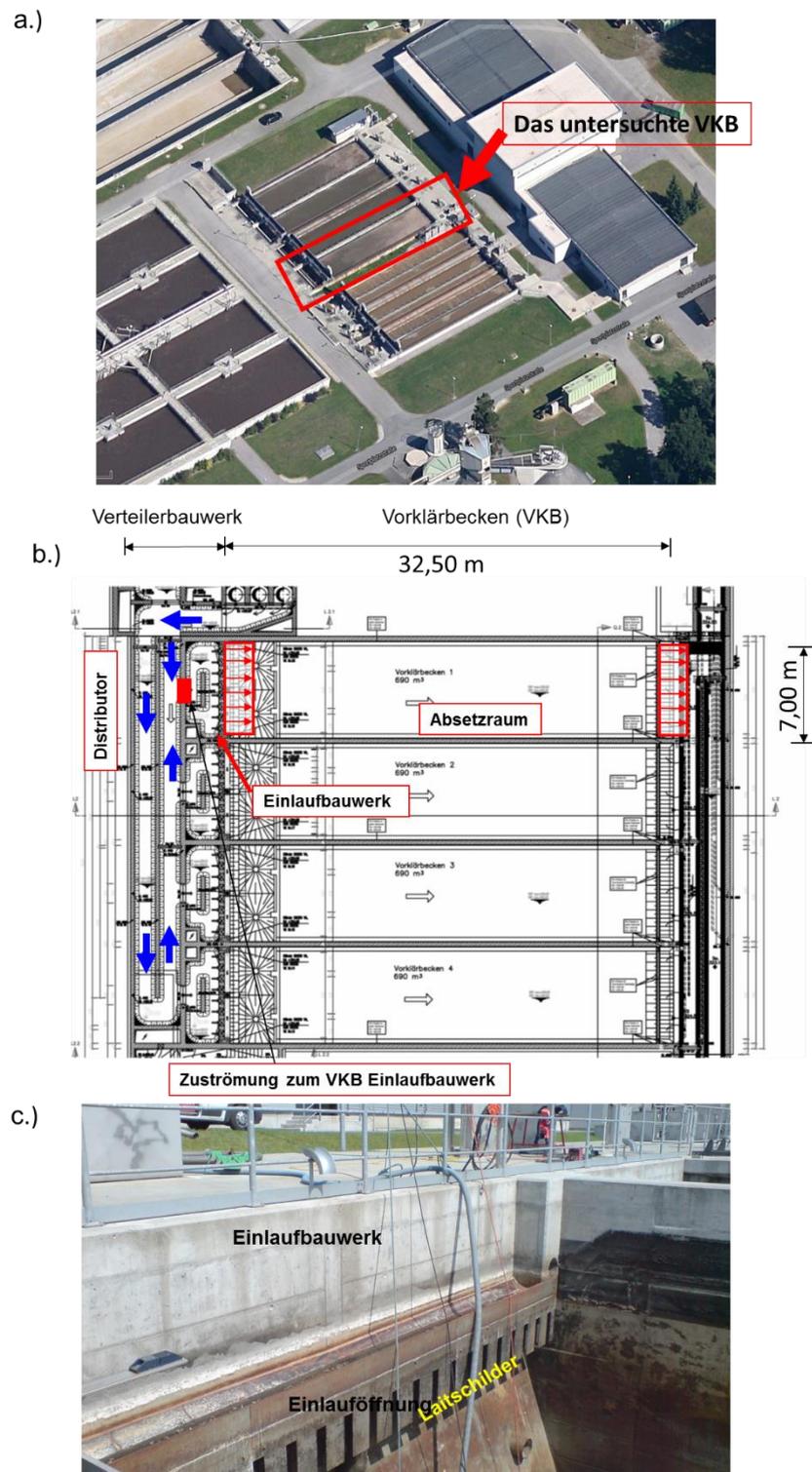


Abbildung 1: Das untersuchte Vorklärbecken
a.) Luftbild,
b.) Strömungsrichtungen im Verteilerbauwerk (blaue Pfeile),
Einlauf und Ablauf (rote Pfeile)
c.) Einlaufgeometrie

Kalibrierung des numerischen Vorklärbeckenmodells - Erstellung einer Absetzfunktion für Primärschlamm

Die Absetzfunktion, welche die Absetzgeschwindigkeit auf die lokale TS Konzentration bezieht, lässt sich für einen bestimmten Schlamm durch Absetzversuche in einem Standzylinder für Konzentrationen $> 1\text{g/l}$ experimentell bestimmen. Daher wurde eine Vielzahl von Absetzversuchen durchgeführt. Das Prinzipschema der Absetzversuche zeigt Abbildung 2. In einem Zylinder, der eine Höhe von 2 m und einen Durchmesser von 0,3 m aufweist, wird Schlamm in bekannter Konzentration homogen verteilt. Um die gewünschte Konzentration im Zylinder einzustellen, wird der entnommene Schlamm mit Vorklärbeckenablauf verdünnt. Um die Anfangskonzentration im Messzylinder für den jeweiligen Versuch genau zu ermitteln, wird aus dem Zylinder eine Probe genommen. Beim Absetzversuch ist darauf zu achten, dass der Schlamm vor dem Beginn des Versuchs in den Zylindern vollständig homogen durchmischt wird. Dies kann zum Beispiel mit einer Belüftungseinrichtung sichergestellt werden. Beim Beginn des Absetzversuchs wird die Durchmischung (z.B. die Belüftung) ausgeschaltet. Nachdem sich das Medium im Zylinder beruhigt, beginnt der Absetzvorgang.

Nach einer deutlich erkennbaren Flockungsphase bildet sich ein Schlamm Spiegel aus, der sich über längere Zeit mit einer konstanten Geschwindigkeit absetzt. Die Sinkgeschwindigkeit des Schlammspiegels verringert sich erst, wenn die Stützkkräfte des eingedickten Schlammes diese Bewegung hemmen. Diese konstante Absetzgeschwindigkeit ist eine Funktion der Anfangskonzentration (X).

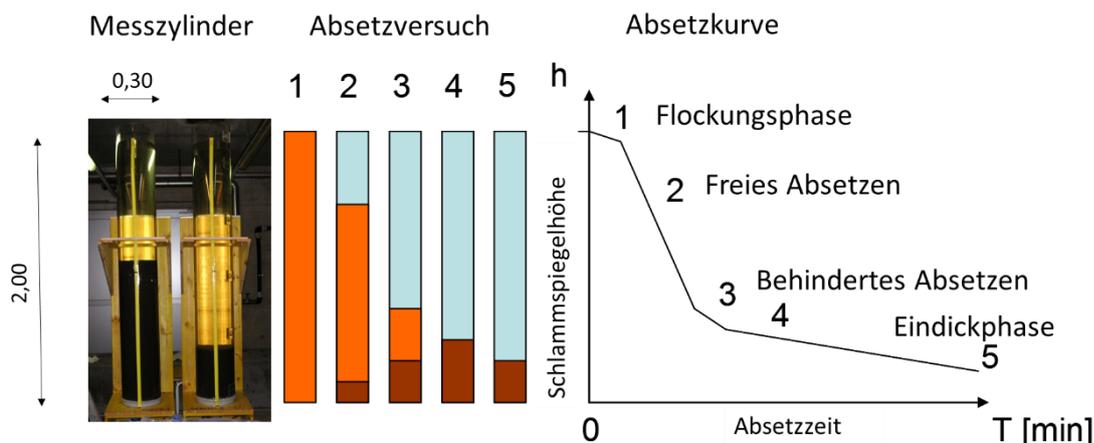


Abbildung 2: Prinzipschema der Absetzversuche

Durch mehrfache Wiederholung des Versuchs mit verschiedenen Anfangskonzentrationen lässt sich die Absetzfunktion $v_s = f(X)$ angeben.

Die Sensitivitätsanalyse der Absetzfunktion für Primärschlamm wurde mit Primärschlämmen von anderen Großkläranlagen (Zentralkläranlage Budapest 1,7 Millionen EW, Kläranlage Budapest – Nord 1 000 000 EW) sowohl für Winterbetrieb (Abwassertemperatur: 12 – 14°C) als auch für Sommerbetrieb (Abwassertemperatur 20 – 24°C) untersucht.

Die Absetzfunktion für Primärschlamm ist in Abbildung 3 ersichtlich.

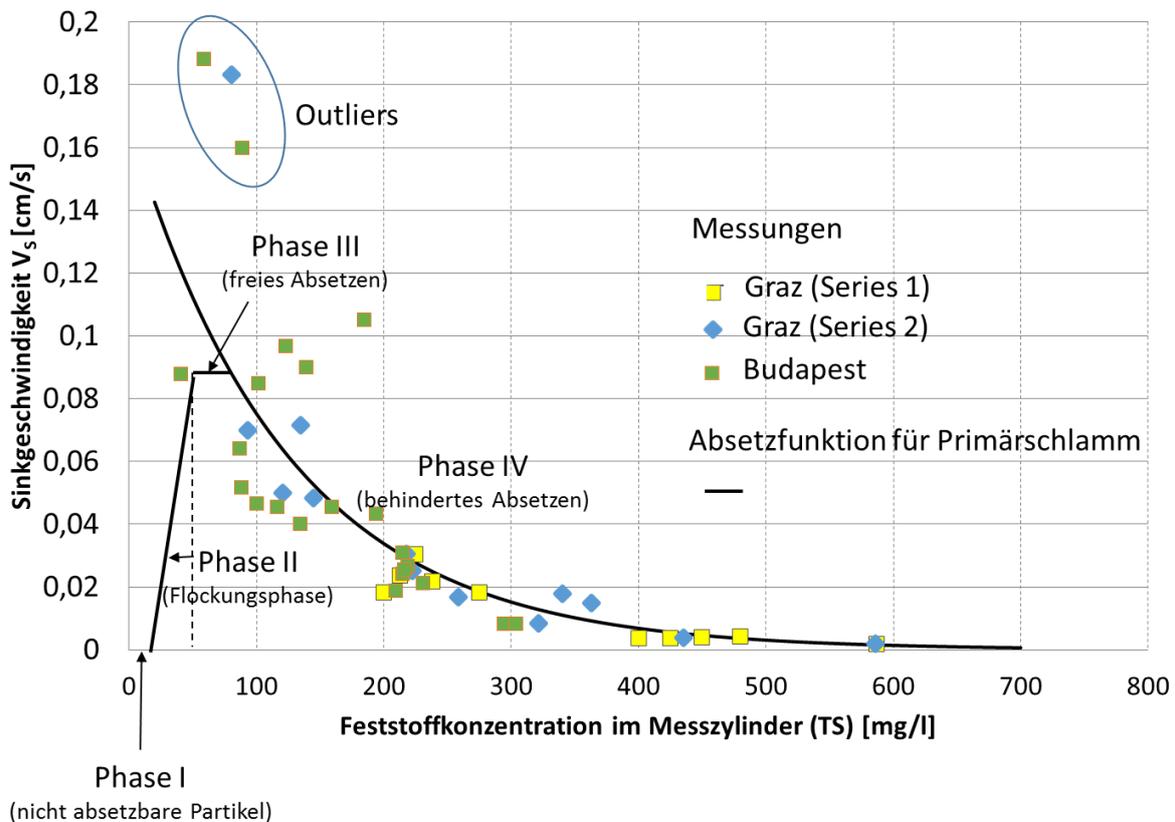


Abbildung 3: Absetzfunktion für Primärschlamm

Im Zuge der Messungen konnte nachgewiesen werden, dass der Vorgang des Absetzens vom Primärschlamm ebenfalls auf folgende Teilprozesse geteilt werden kann: Flockungsphase ($X < 0,05$ g/l) mit zunehmenden Konzentrationen, konstant maximale Sinkgeschwindigkeiten von (0,05 g/l bis 0,08 g/l) und abnehmende Sinkgeschwindigkeiten in den höheren Konzentrationsbereichen wo ein behindertes Absetzen eintritt.

Verifizierung des Vorklärbeckenmodells, beckeninterne Strömungs- und Schlammtransportprozesse

Die vor-Ort Messung der Strömungs- und Schlammkonzentrationsverteilung wurde von der Räumbrücke in den Messquerschnitten A, B, C und D durchgeführt (Abbildung 4). Bei den Messungen wurden auf der Kläranlage für den Messzeitraum (4 bis 6 Stunden lang) konstante Oberflächenbeschickungen eingestellt. Um die Auswirkung von Niederschlagsspitzenzuflüssen auf die Vorklärung zu untersuchen wurden anschließend die Messungen auch bei hohen Oberflächenbeschickungen von 5 bis 13,00 m/h durchgeführt. Zur genauen Einstellung dieser Belastungen wurde einerseits die Speicherkapazität der Regerückhaltebecken, andererseits die Möglichkeit, die anderen Vorklärbecken vorläufig auszuschalten, ausgenutzt. Die Messungen bestanden aus zwei Phasen. In der ersten Phase wurde abgewartet, bis ein, für die jeweilige Oberflächenbeschickung charakteristischer Gleichgewichtszustand entsteht. Unter Gleichgewichtszustand des Beckens verstehen wir den Zustand, bei dem die zuströmenden und abströmenden Feststoffströme einen beinahe konstanten Wert annehmen, welcher sich mit der Zeit nicht mehr ändert und das Strömungs- und Feststoffkonzentrationsverteilung im Becken, abgesehen von Pulsationen usw. ihre Charakteristik für die jeweilige Belastung annimmt.

Im Zuge einer Messcampagne wurden Geschwindigkeitsdaten in vier Messquerschnitten in insgesamt 96 Punkten registriert. In jedem Messpunkt wurden die Geschwindigkeitsdaten 90 s lang mit einer Frequenz von 16 Hz (1/s) gesammelt und so standen in jedem Messpunkt 1440 Geschwindigkeitsdaten zur statistischen Auswertung zur Verfügung. Aus der statistischen Auswertung wurden die ermittelten Geschwindigkeiten und die turbulente kinetische Energie mit den Modellergebnissen verglichen.

Der Vergleich der gemessenen und berechneten Geschwindigkeiten ist in der Abbildung 4 dargestellt. Es kann festgestellt werden, dass die gerechneten mit den gemessenen Werten eine gute Übereinstimmung zeigen.

Wie erwartet wird das Strömungsbild im Becken von den Längsgeschwindigkeiten bestimmt. Das Becken wird mehr oder weniger uniform durchströmt. Dichteeffekte – wie im Falle von Nachklärbecken – spielen im untersuchten Vorklärbecken keine wesentliche Rolle. Der Grund dafür sind die wesentlich höheren Strömungsgeschwindigkeiten, welche mit geringeren Konzentrationen verbunden sind als bei Nachklärbecken. Die Geschwindigkeiten in Querrichtung betragen in der Größenordnung 0 bis 4 cm/s, während die Längsgeschwindigkeiten sich zwischen 3 und 20 cm/s bewegen. Die

Maximalgeschwindigkeiten im Einlaufbereich nehmen hohe Werte auf, welche zwischen 30 und 50 cm/s liegen.

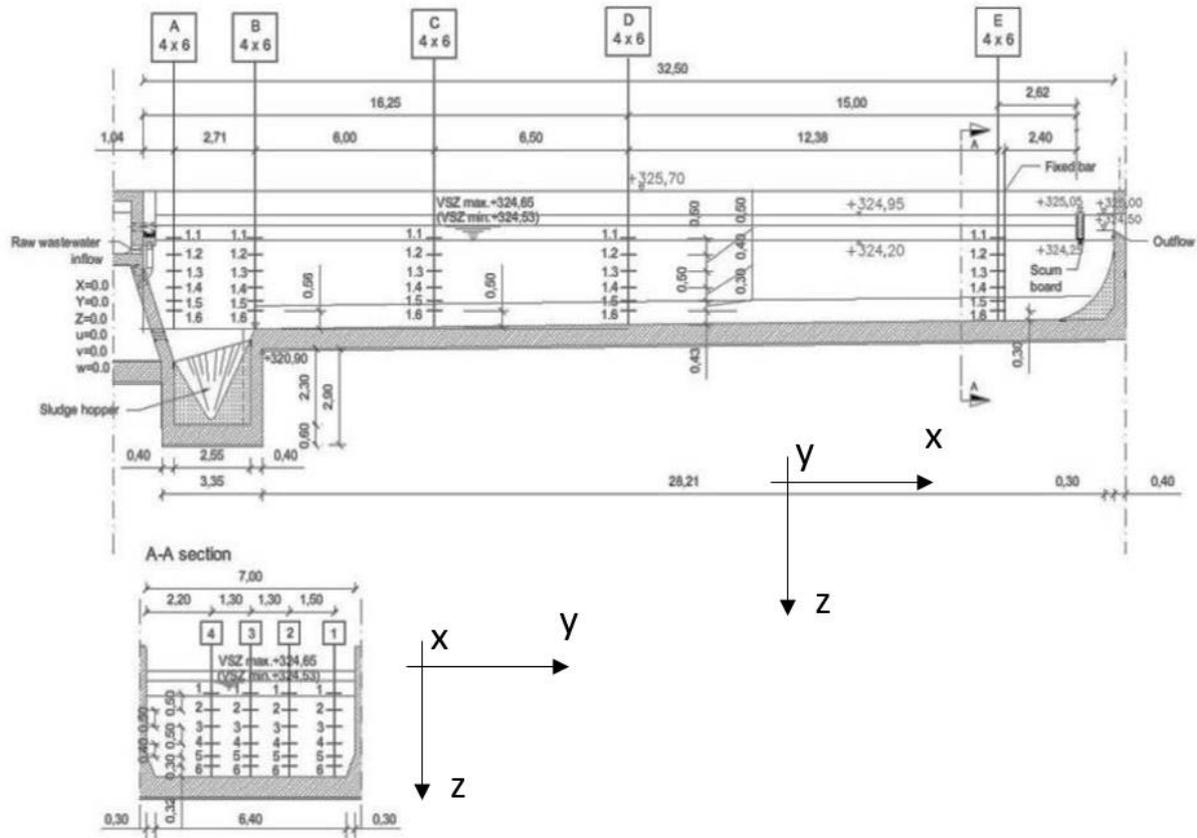


Abbildung 4: Messraster (Messquerschnitte A, B, C und E; Messpunkte 1.1, 1.2, ...)

Das Strömungsbild lässt sich in Längsrichtung auf zwei Teile aufteilen. Der erste Bereich ist der einlaufnahe Bereich, wo das Strömungsbild besonders bei hohen Oberflächenbeschickungen ($q_A > 5$ m/h) durch hohe Vertikalgeschwindigkeiten gekennzeichnet wird, welche dadurch entstehen, dass der Einlaufstrahl durch die vor den Einlauföffnungen positionierten Platten nach unten gelenkt wird. Der mit hohen Vertikalkomponenten in die Richtung der Beckensohle strömende Einlaufstrahl schießt durch die im Einlaufbereich positionierten Schlammtrichter, wo der abgesetzte Schlamm stark aufgewirbelt und verdünnt wird. Dieser kontinuierliche Rühreffekt beeinträchtigt das Strömungsbild auch im Absetzraum und im Endeffekt die Absetzleistung der Vorklärbecken. Der Schlamm wird im Absetzraum zurückgestaut und mit einer hohen Aufenthaltszeit gespeichert. Der Räumprozess Richtung Schlammtrichter ist somit nicht effektiv. Im Ablauf zeigen sich erhöhte Feststoffkonzentrationswerte.

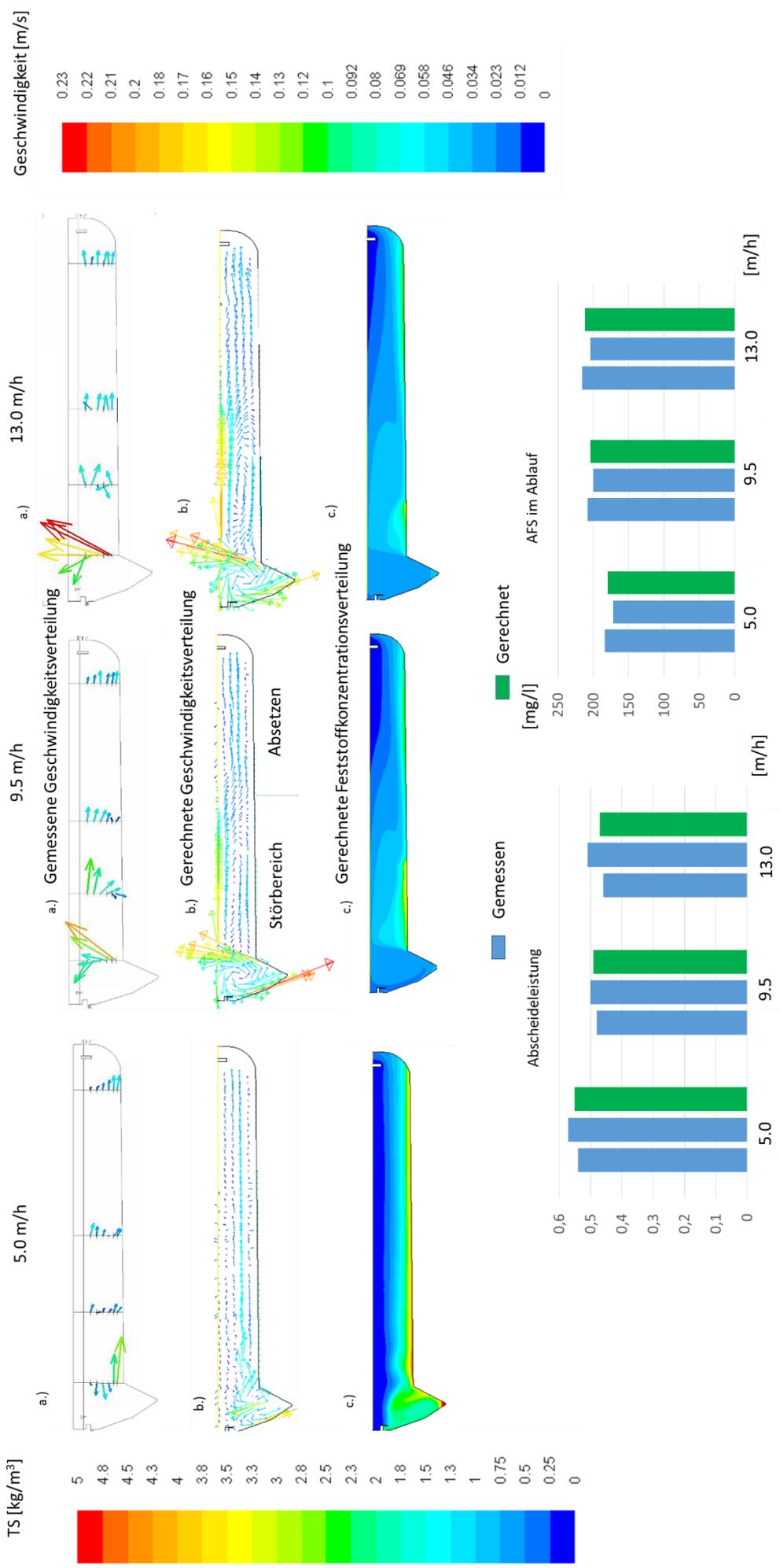


Abbildung 5: Vergleich der gerechneten und gemessenen Geschwindigkeitsverteilungen und Feststoffkonzentrationen, sowie die Strömungsstrukturen im untersuchten VKB bei den untersuchten Oberflächenbeschickungen von 5; 9,5; und 13 m/h

Leistungssteigerung - Einfluss der Einlaufgeometrie auf die Abscheideleistung

Um den Einfluss der Einlaufgeometrie auf die Abscheideleistung zu untersuchen, wurden drei Einlaufkonzepte untersucht (Tabelle 1).

- Konzept 1: hoher Einlauf mit den Leitschildern (original)
- Konzept 2: hoher Einlauf mit optimierter Einlauföffnung und Energiedissipationskammer
- Konzept 3: tiefer Einlauf mit Energiedissipationskammer (wie bei Nachklärbecken)

Es ist ersichtlich, dass bei geringen Oberflächenbeschickungen, zum Beispiel im Trockenwetterfall, die Einlaufgeometrie in VKB keine wesentliche Rolle spielt. Ein ausgeprägtes und gut eingedicktes Schlammbett entsteht bei allen drei Einlaufgeometriekonzepten.

Mit höher werdender Belastung steigt die Bedeutung der Einlaufgeometrie. Bei einer Spitzenbelastung von 8 und 13 m/h zeigen die beiden Einlaufvarianten erhebliche Unterschiede.

Bei Konzept 1, bei dem bestehenden Einlaufbauwerk wurden die Effekte auf das Strömungsbild und Beckenfunktion schon in den vorigen Kapiteln diskutiert. Um die Leistung des untersuchten VKBs zu steigern wird eine größere Energiedissipation vor dem Beckeneintritt angestrebt und auf die Leitschilder verzichtet.

Konzept 2 stellt ein wesentlich verbessertes Konzept dar.

Es ist ersichtlich, dass das entsprechend groß gewählte Volumen des Mittelbauwerkes die Energie des Einlaufstrahls vom Verteilerbauwerk weitgehend dissipiert und dass dabei die Verringerung der Einlaufgeschwindigkeiten weitgehend erfolgt. Dabei wird durch den Einlaufstrahl eine geringere Energie ins Becken übertragen. Auch die Sohlgeschwindigkeiten nehmen viel geringere Werte auf.

Tabelle 1: Auswirkung von verschiedenen Einlaufgeometrie Konzepten auf das Strömungsbild und Feststoffkonzentrationsverteilung in VKB bei hohen Oberflächenbeschickungen

	$q_A = 5 \text{ m}^3/\text{h}$	$q_A = 9,5 \text{ m}^3/\text{h}$	$q_A = 13 \text{ m}^3/\text{h}$
	<p style="text-align: center;"> </p>		
Konzept "l." Original			
v [m/s]			
TS [kg/m ³]			

Konzept „II.“ Hoher Einlauf				
	<p>v [m/s]</p>			
	<p>TS [kg/m³]</p>			
Konzept „III.“ Tiefer Einlauf				
	<p>v [m/s]</p>			
	<p>TS [kg/m³]</p>			

Im Falle eines über der mittleren Beckentiefe angeordneten Einlaufes wird der abgesetzte Schlamm an der Beckensohle wesentlich besser eingedickt, wo ein ausgeprägtes Schlammbett entsteht. Dieses bietet für eine effektive Räumung gute Voraussetzungen.

Bei dieser Einlaufvariante konnte auch bei sehr hohen Belastungen ein sehr gutes Absetz- und Eindickverhalten beobachtet werden. Dies ist im Mischwasserfall enorm wichtig, wenn mit dem hydraulischen Stoß erhöhte Feststofffrachten auf der Kläranlage ankommen. Dadurch kann auch die Biologie effizient entlastet werden und die vermehrte Primärschlammmasse für Faulgasproduktion und Energieerzeugung genutzt werden.

Die Konzentrationsverteilung im Beckenquerschnitt und die Eindickung des Schlammes sind bei einem mittig-hoch angeordnetem Einlauf (Konzept 2) eindeutig günstiger als bei einer tiefen Einlaufposition (Konzept 3). Tiefe Einläufe in VKB führen besonders bei hohen Belastungen zu erhöhten Sohlgeschwindigkeiten und geringer Absetzleistung.

Abbildung 6 zeigt die durchschnittlichen Werte der Strömungsgeschwindigkeiten, der turbulenten kinetischen Energie, sowie die Feststoffkonzentration im Ablauf und die daraus ermittelte Abscheideleistung. Es ist auch hier zu entnehmen, dass die verschiedenen Einlaufgeometrie-konzepte bei höheren Oberflächenbeschickungen - wie enorme Unterschiede im Strömungsverhalten und in der Abscheideleistung verursachen. Je höher die VKB Belastung ist, desto größer ist das Leistungssteigerungspotential eines VKBs.

Im Falle von Spitzenbelastungen ($q_A = 8$ und 13 m/h) konnten mit einer verbesserter Einlaufgestaltung die im Absetzraum entstehende durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit um 40 - 43% gesenkt, die durchschnittliche turbulente kinetische Energie um 50% reduziert, und die Abscheideleistung um 20 - 26% gesteigert werden.

Dieses Beispiel zeigt, dass ein Leistungsnachweis von Vorklärbecken auch für hohe Oberflächenbeschickungen erfolgen muss.

Wichtig ist es auch, die Auswirkung von Chemikalien auf die Prozesse im VKB und das sich daraus ergebende Leistungssteigerungspotential zu untersuchen. Somit kann im Falle von Chemikaliendosierung ein VKB auf komplexe Weise weitgehend optimiert werden. Mit dem in diesem Beitrag präsentierten CFD Modell ist es möglich, die Auswirkungen von diversen Chemikalien auf das Absetzverhalten zu untersuchen, was über die Anpassung der Absetzfunktion geschieht. Dabei muss die Absetzfunktion für den, mit Chemikalien behandeltem Schlamm nachgemessen werden.

Leistungssteigerung von Vorklärbecken

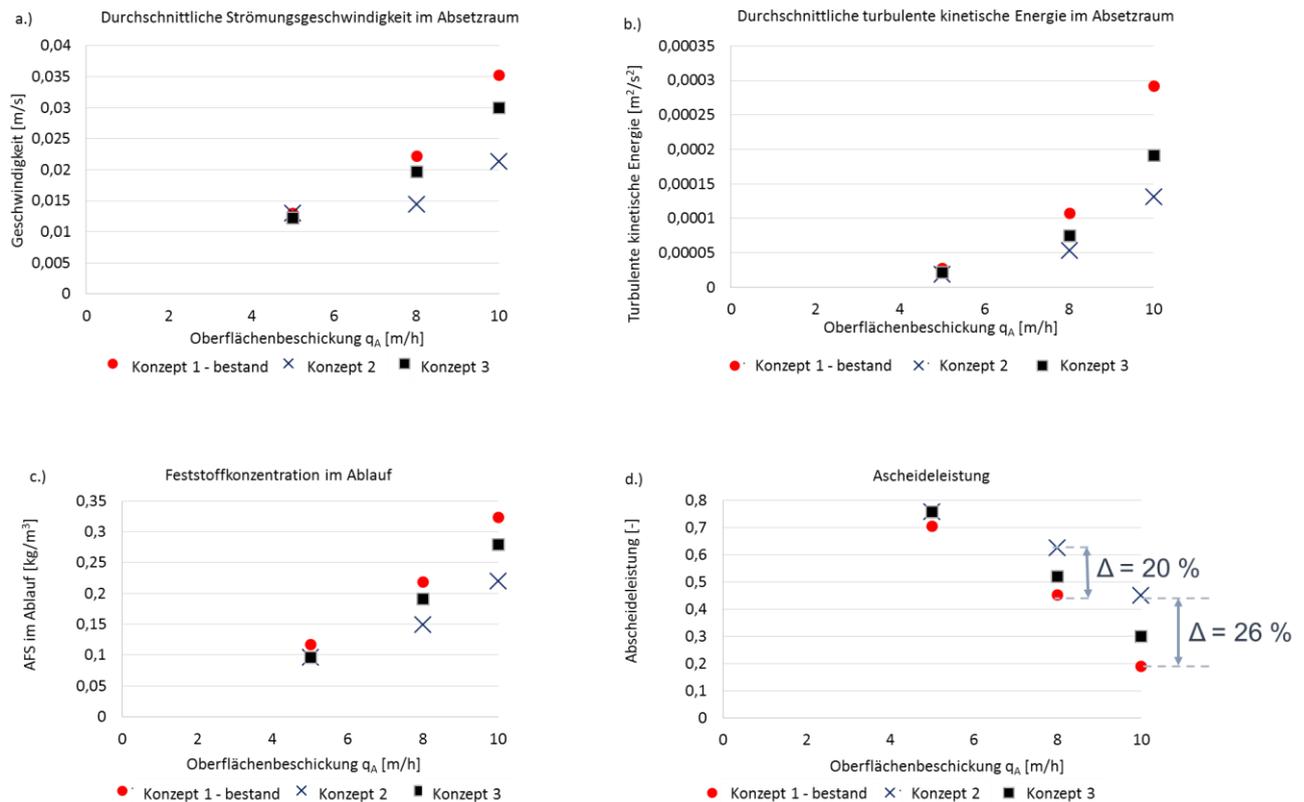


Abbildung 6: a.) Die durchschnittlichen Werte der Strömungsgeschwindigkeiten, b.) der turbulenten kinetischen Energie, c.) sowie die Feststoffkonzentration im Ablauf und d.) die daraus ermittelte Abscheideleistung

Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Studie wurde ein numerisches Vorklärbeckenmodell präsentiert, welches die Vorgänge in Vorklärbecken (VKB) weitgehend erfasst und der Realität entsprechend modelliert. Nach der Modellkalibrierung und Verifizierung für mehrere Lastfälle, mit teilweise auch radikal hohen Belastungen wurde nachgegangen, welche Strömungs- und Feststofftransportprozesse in einem VKB ablaufen und ob VKB aufgrund der Kenntnis ihrer internen Prozesse im Hinblick auf ihre Abscheideleistung verbessert werden können.

Anhand des Modells konnte am Beispiel eines rechteckigen horizontal durchströmten VKB gezeigt werden, dass auch VKB ein wesentliches Leistungssteigerungspotential durch die Verbesserung ihrer Einlaufgestaltung aufweisen. Es wird daher empfohlen bestehende und auch geplante VKB mittels CFD auf Ihre Funktion zu überprüfen. Dabei soll auch ein Leistungsnachweis für hohe Belastungen (Spitzenzuflüsse) erfolgen.

Die Leistungssteigerung von VKB kann durch das präsentierte CFD Modell auf einer komplexen Weise durchgeführt werden, wenn auch die Auswirkung von diversen Chemikalien (Vorfällung, Flockungsmittel etc.) parallel mit der Geometriegestaltung untersucht wird. Die Mitberücksichtigung von Chemikalien im präsentierten CFD Modell ist durch die Nachmessung und Anpassung der Absetzfunktion für verschiedene Chemikalien und Dosierungen möglich.

In Anbetracht der sehr hohen Oberflächenbeschickungen auf welche das Modell überprüft wurde, kann der Anwendungsbereich auch auf andere Beckentypen der Kanalisation und mechanischen Abwasserreinigung ausgedehnt werden, wie zum Beispiel Regenbecken oder Sandfänge.

Literatur

- Armbruster, M., Krebs, P. and Rodi, W. (2001). Numerical modelling of dynamic sludge blanket behaviour in secondary clarifiers. *Water Science and Technology*, Vol. 43, No. 11, pp. 173-180.
- ATV-DVWK (2003) Vorklärbecken in modernen Kläranlagen, *Korrespondenz Abwasser* 8/2003
- DWA (2016) DWA Arbeitsblatt A 131 Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen - Juni 2016, DWA Hennef
- Gujer, W. (2007) *Siedlungswasserwirtschaft* (Vol. 3.). Berlin: Springer. 3th Edition p. 431.
- Metcalf & Eddy, I. (2003) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. New York: McGrawHill, Inc. 4th Edition p. 1819.
- Patziger M and Kiss K. (2015) Analysis Suspended Solids Transport Processes in Primary Settling Tanks. *Water Science and Technology*.
- Patziger M, Günthert F W, Jardin N, Kainz H, Londong J (2016) On the design and operation of primary settling tanks in state of the art wastewater treatment and water resources recovery *Water Science and Technology Paper wst2016/349*. 9 p.
- Takács, I.; Patry, G.G. and Nolasco, D (1991): A dynamic model of the clarification-thickening process; *Water Research*, 25, 1263 - 1271.

Korrespondenz an:

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Miklós Patziger

Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Budapest
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik
Müegyetemrpk. H 1111 Budapest

Tel.: +36 1 463 4224

Mail: patziger.miklos@epito.bme.hu