

Optimierung einer Flockungssedimentationsstufe mit numerischer Simulation (FLUENT)



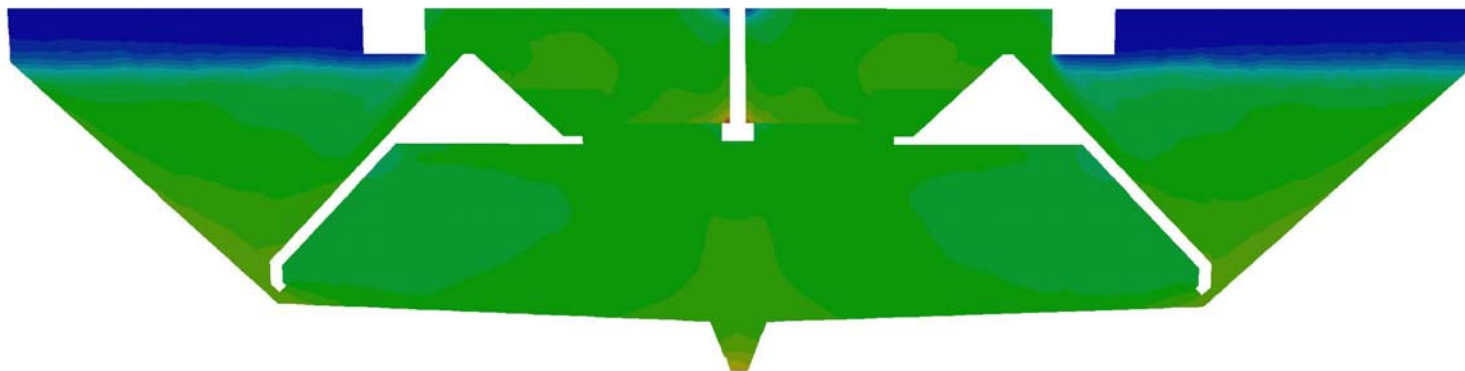
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



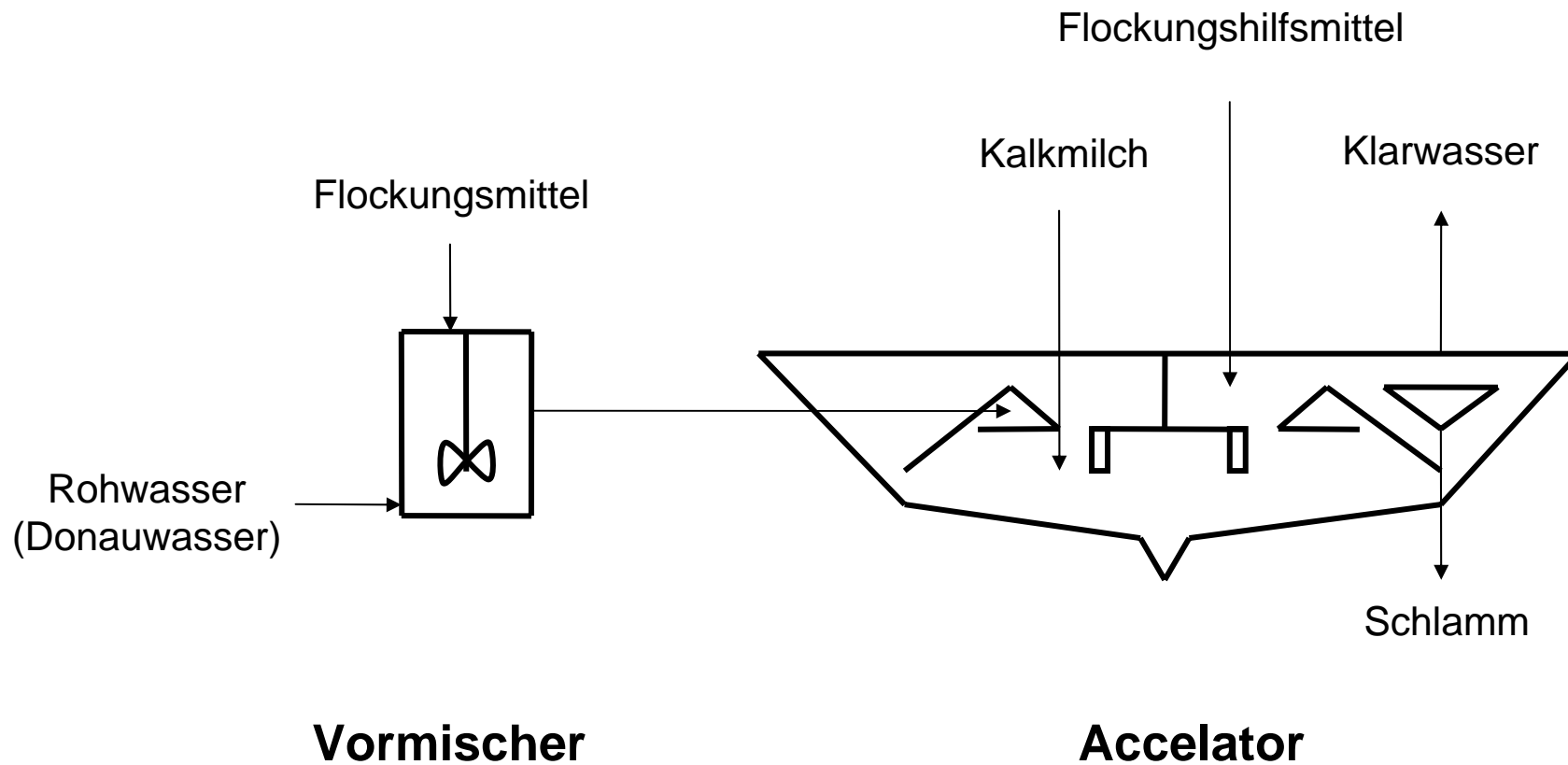
Kessler + Luch
Entwicklungs- und Ingenieurgesellschaft



Zweckverband
Landeswasser-
versorgung



Schema der Flockungssedimentationsstufe



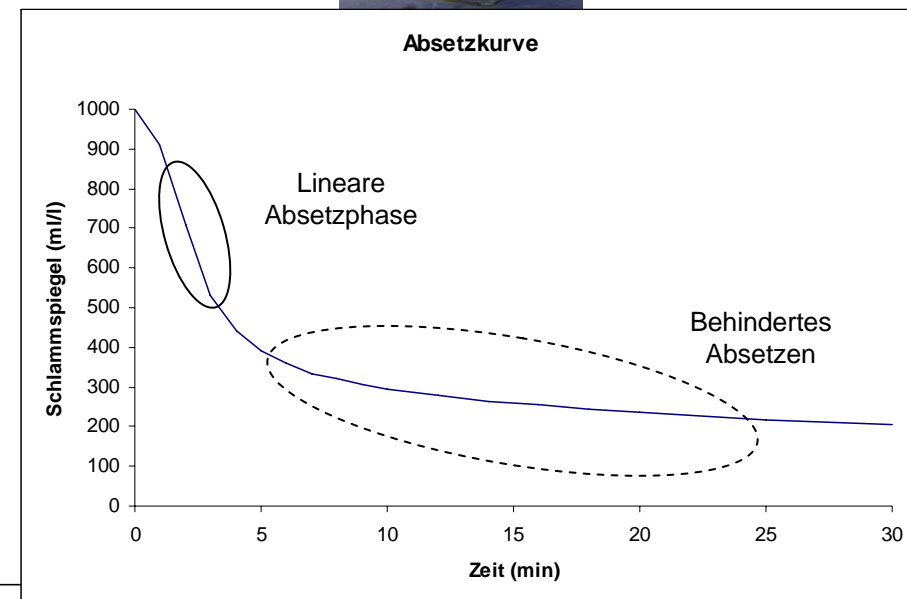
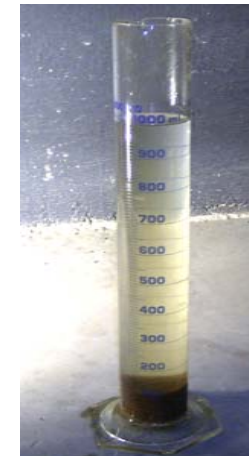
Überblick Anlage

- Durchfluss 400 bis 800 l/s
- Durchmesser Accelator: 36 m
- Höhe Accelator: 9,5 m



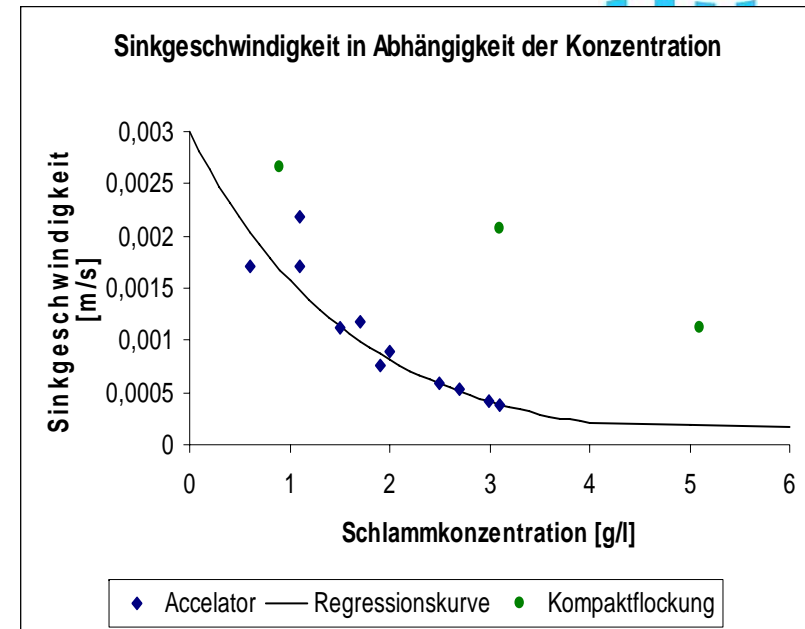
Absetzversuche zur Bestimmung der Sinkgeschwindigkeit

- Während des Absetzversuchs wird die Höhe des Schlammspiegels zu verschiedenen Zeiten gemessen
- In den ersten Minuten bildet sich die lineare Absetzphase aus,
- ...die dann in das behinderte Absetzen („hindered settling“) übergeht
- Die lineare Absetzphase ist maßgebend für die Sinkgeschwindigkeit v_s , da hier Konzentration und Sinkgeschwindigkeit konstant sind
- Die Konzentration entspricht dabei der Ausgangskonzentration zum Zeitpunkt t_0



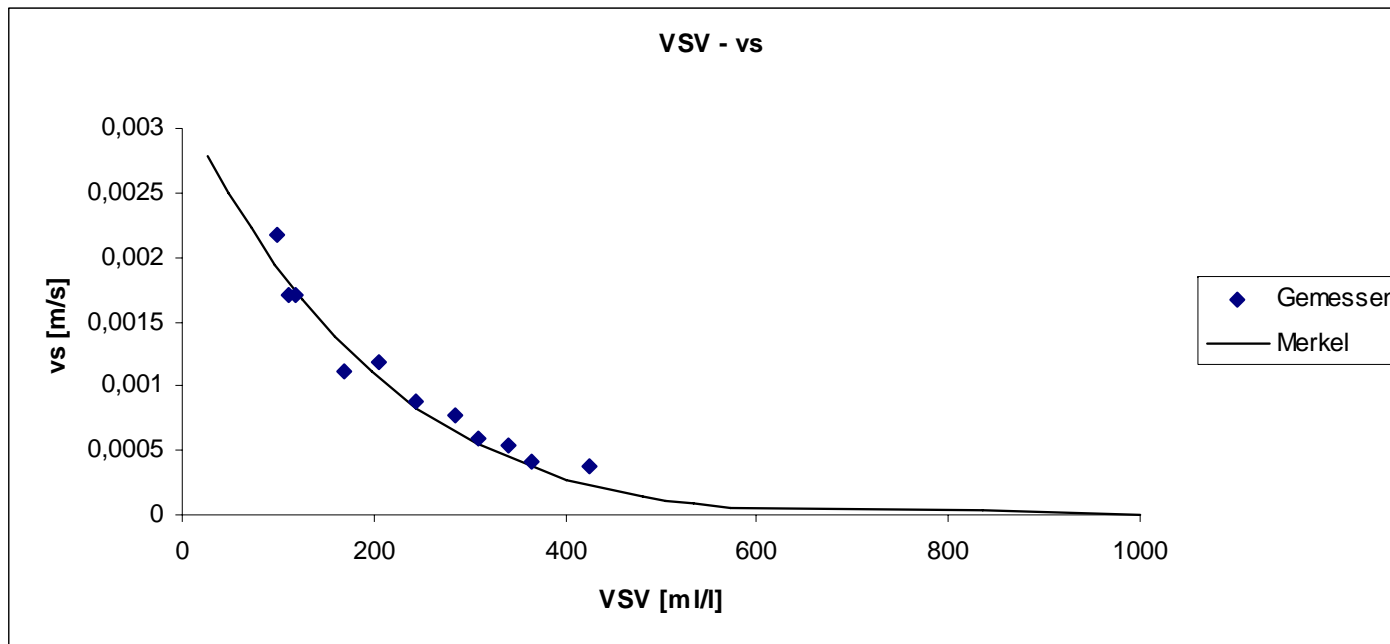
Bestimmung der Sinkgeschwindigkeit

- Die Sinkgeschwindigkeit v_s wird mit Hilfe der Absetzversuche für verschiedene Konzentrationen bestimmt
- Deutlich erkennbarer Unterschied zwischen dem Schlamm aus dem Accelator und dem Schlamm aus der Kompaktflockung
- Zwar werden im Accelator und in der Kompaktflockung dieselben Chemikalien und dasselbe Rohwasser verwendet, aber die Unterschiede lassen darauf schließen, dass die Strömungsbedingungen bei der Einmischung einen Einfluss auf die Flockeneigenschaften haben



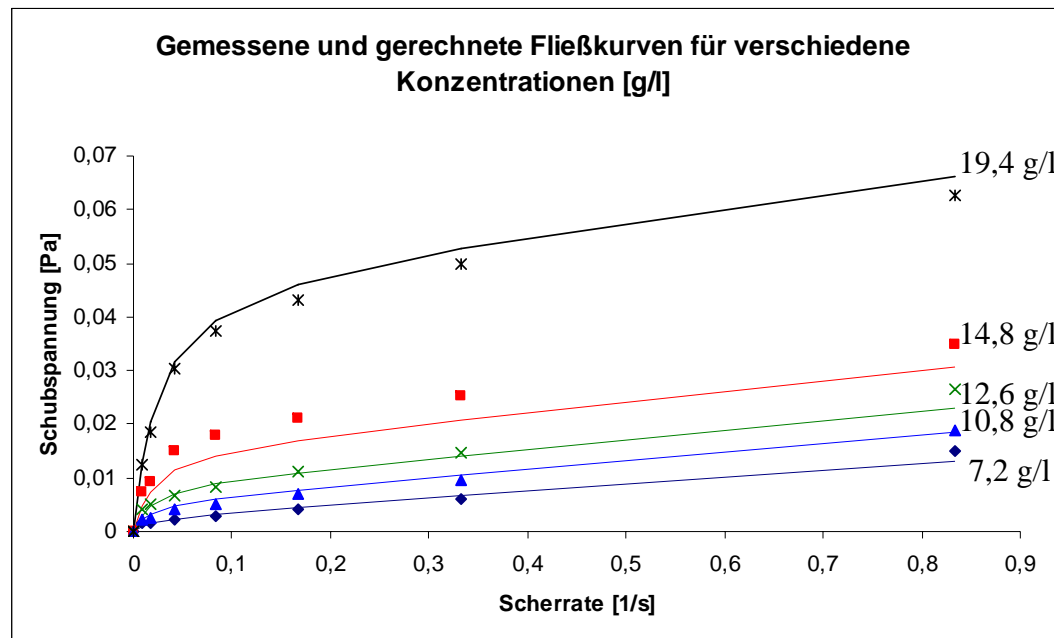
Validierung der Messergebnisse

- Gute Übereinstimmung der Messung des Flockenschlamm aus dem Accelator mit Literaturwerten aus dem Belebungsbecken einer Kläranlage (Merkel 1971)



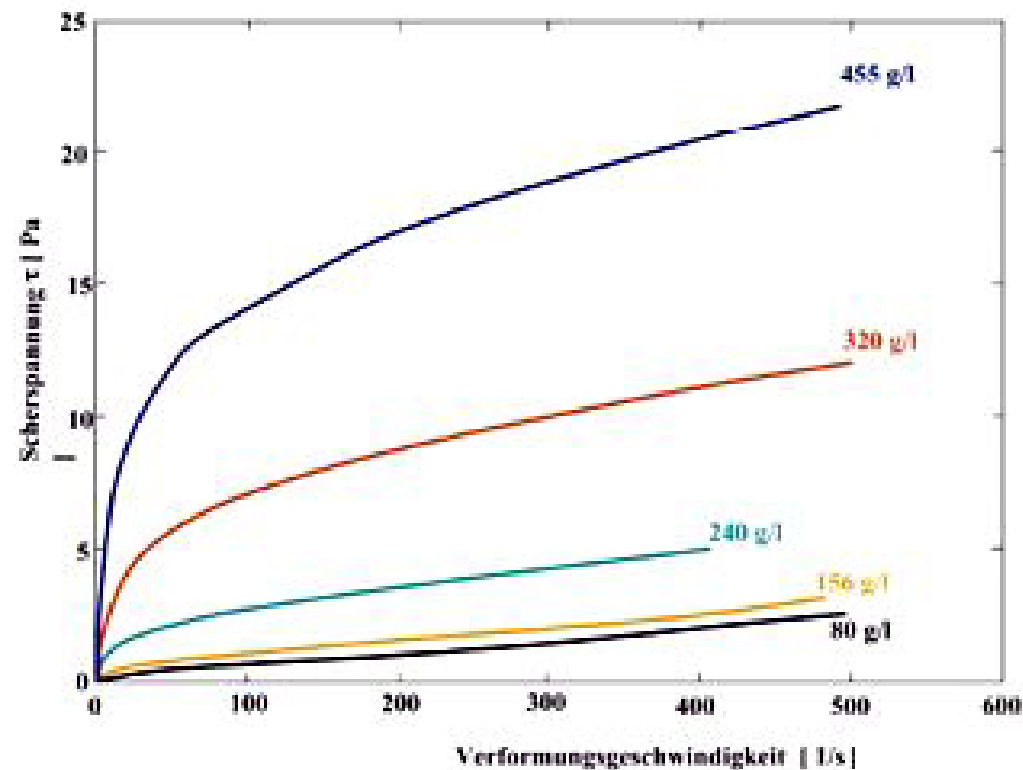
Modellierung der Viskosität

- Die Fließkurven wurden mit einem Roto-Viskosimeter im Labor Langenau gemessen (Schubspannung über die Scherrate)
- Dabei ist der Effekt der Verflüssigung und die Abhängigkeit zur Konzentration gut zu erkennen. Die Fließspannung („yield stress“) wurde zu 0 gesetzt.
- Durch Regression werden die Kurven in die Messwerte eingepasst



Validierung der Messergebnisse

- Ein Vergleich der Viskositätsmessung mit Literaturwerten (Wurpts 2006) zeigt die Plausibilität der Ergebnisse.



Das Schlammmodell



- Der Schlamm wird über einen „user defined scalar“ (uds) modelliert und hat folgende Komponenten:

Konvektion

Sinkgeschwindigkeit

Diffusion

Turbulente Diffusion

Viskosität
(Thixotropie)

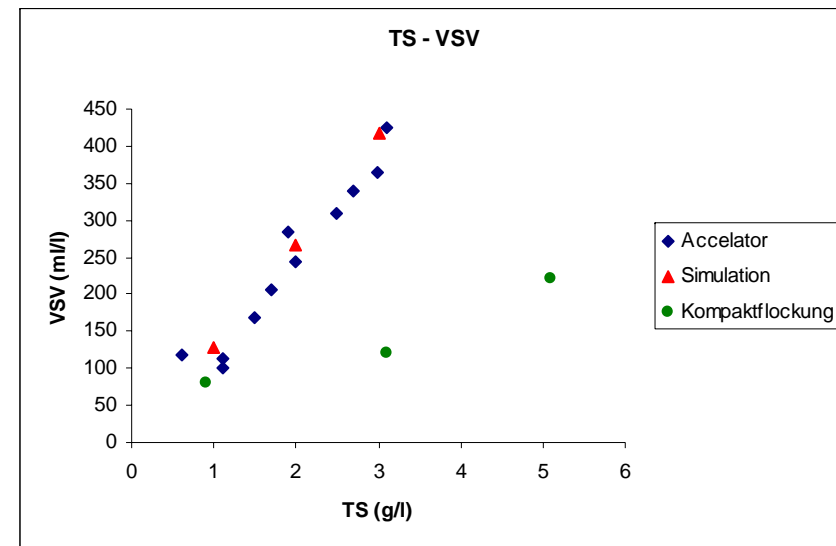
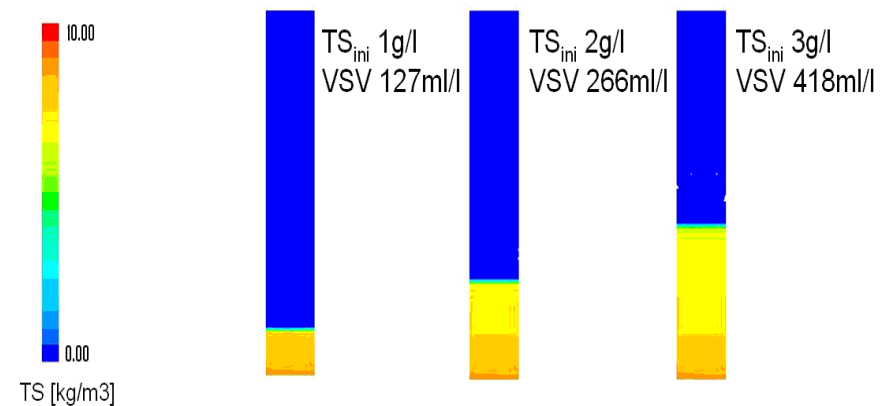
Viskosität abhängig von Schlammkonzentration und Scherrate
Thixotropie: zeitabhängige Viskosität (in Entwicklung)

Dichte

Konzentrationsabhängige Dichte, Schichtungseffekt („full buoyancy effect“)

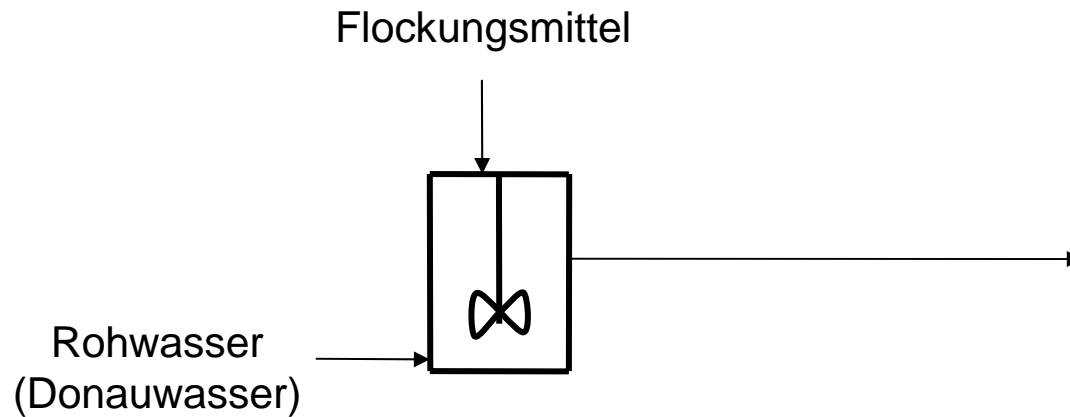
Validierung des Schlammmodells

- Das Schlammmodell wurde in Fluent implementiert
- Dann wurden 3 Absetzversuche mit unterschiedlichen Anfangskonzentrationen simuliert und mit den Messungen verglichen
- Dabei zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Simulation mit der Messung.



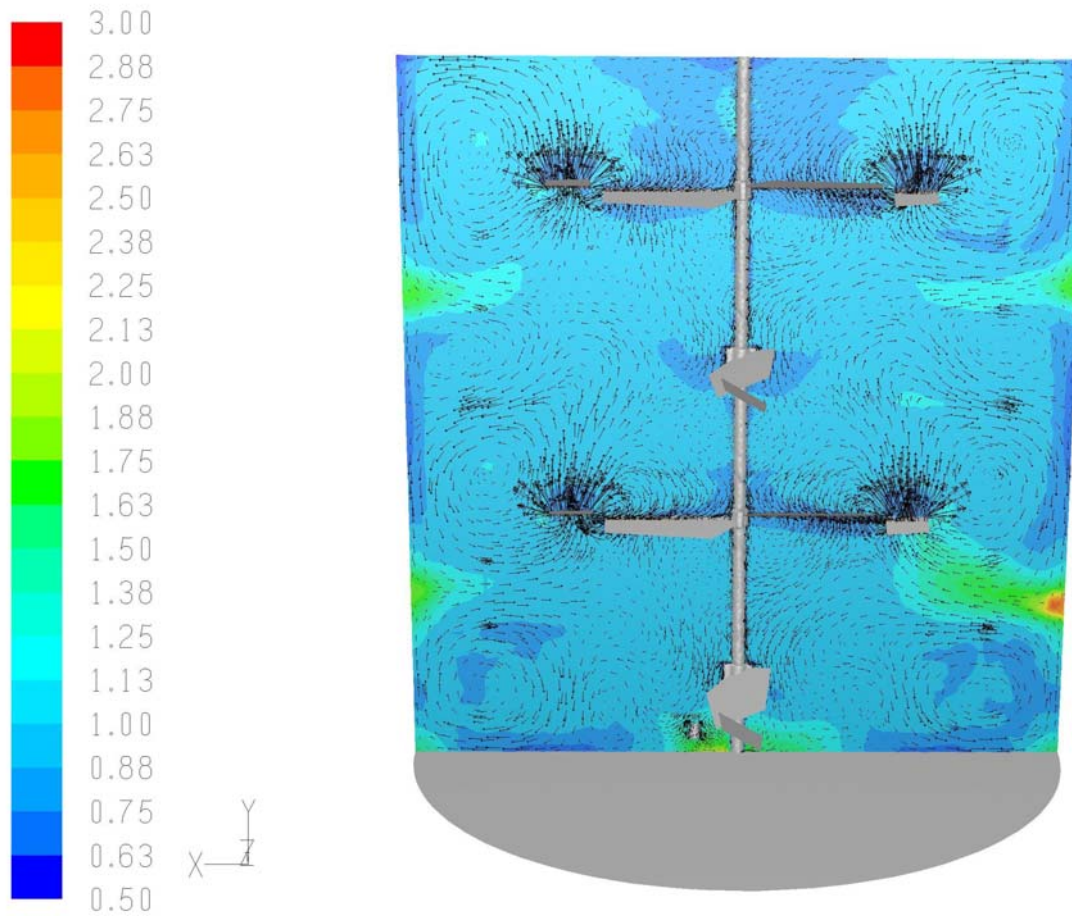
Simulationsergebnisse

Vormischer

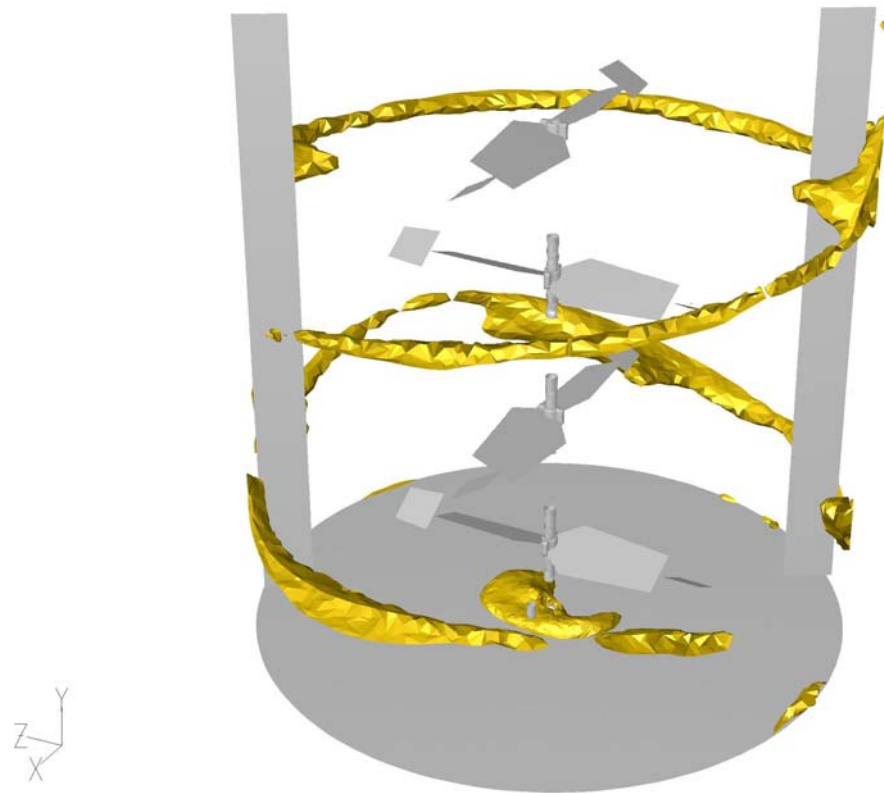


Vormischer

Vektordarstellung des Geschwindigkeitsfeldes (schwarze Pfeile) und Schlammkonzentration (g/l) bei 600 l/s



Isoflächen für eine Schlammkonzentration von 1,6 g/l im Vormischer bei 600 l/s

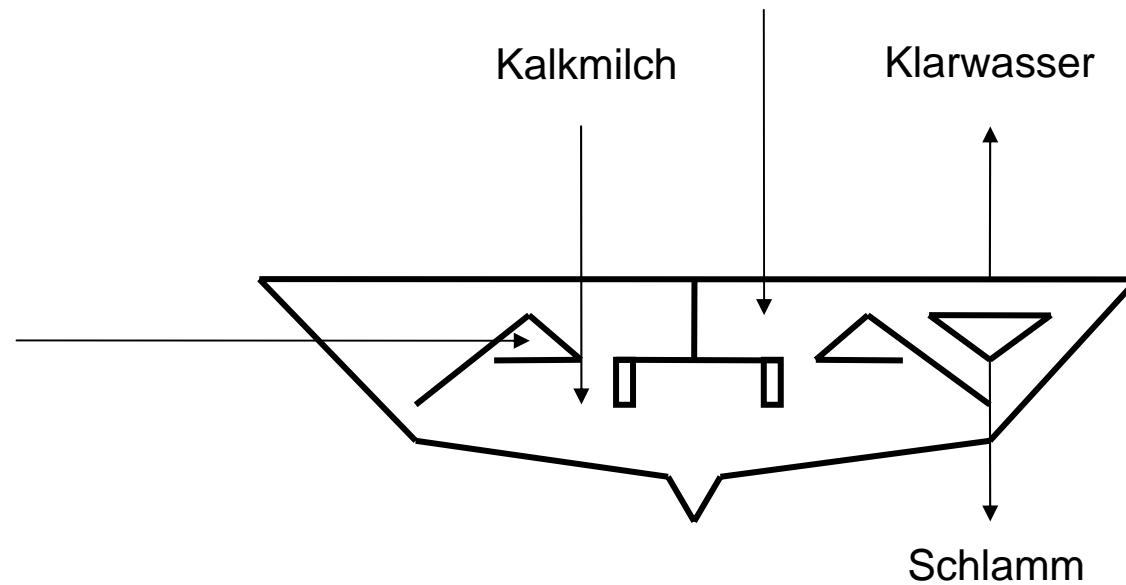


Simulationsergebnisse

Accelerator



Flockungshilfsmittel



Accelerator

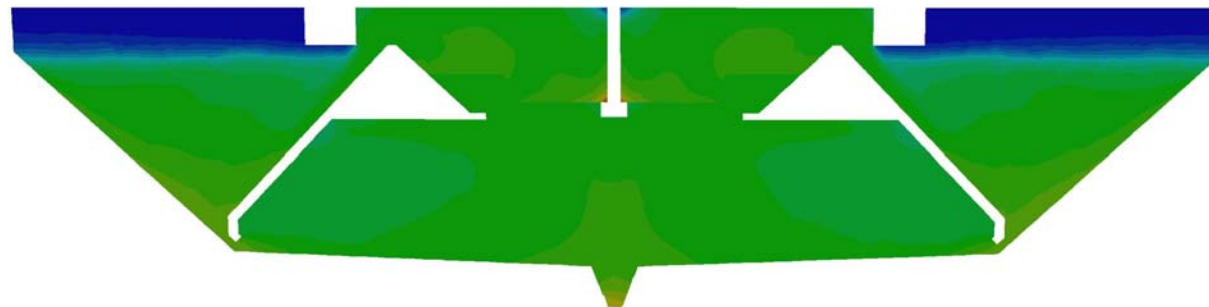
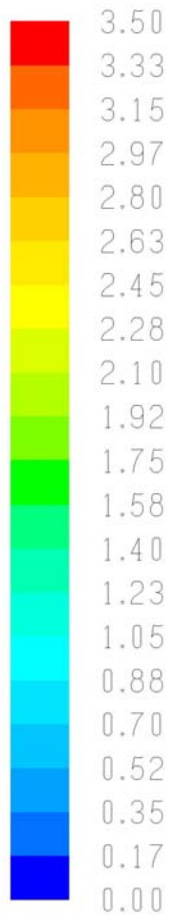
Accelerator im Istzustand

Schlammkonzentration [g/l]

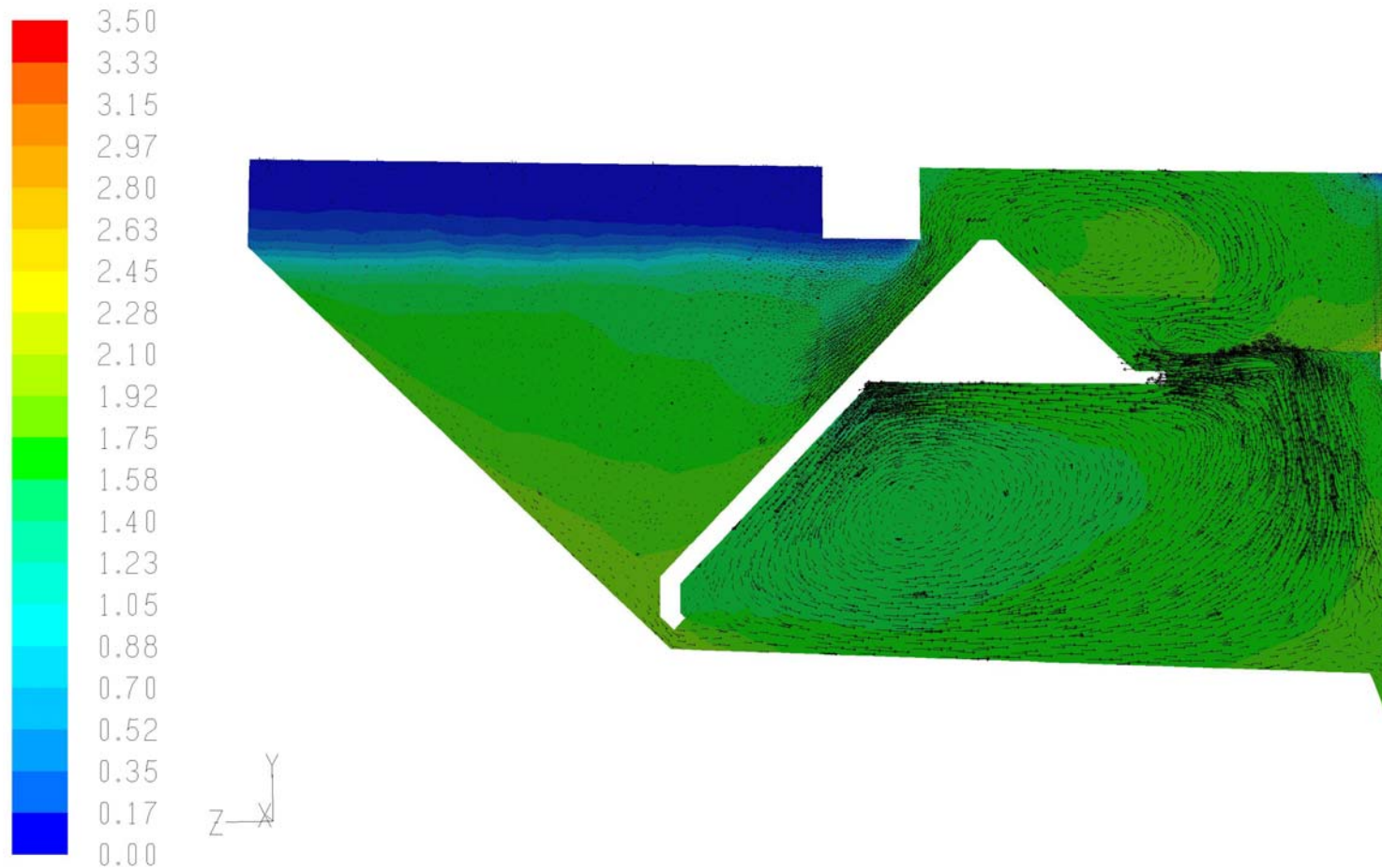
Initialisierte Schlammkonzentration: 1 g/l

Simulierte Fließzeit: 1 Stunde

Durchfluss: 600 l/s

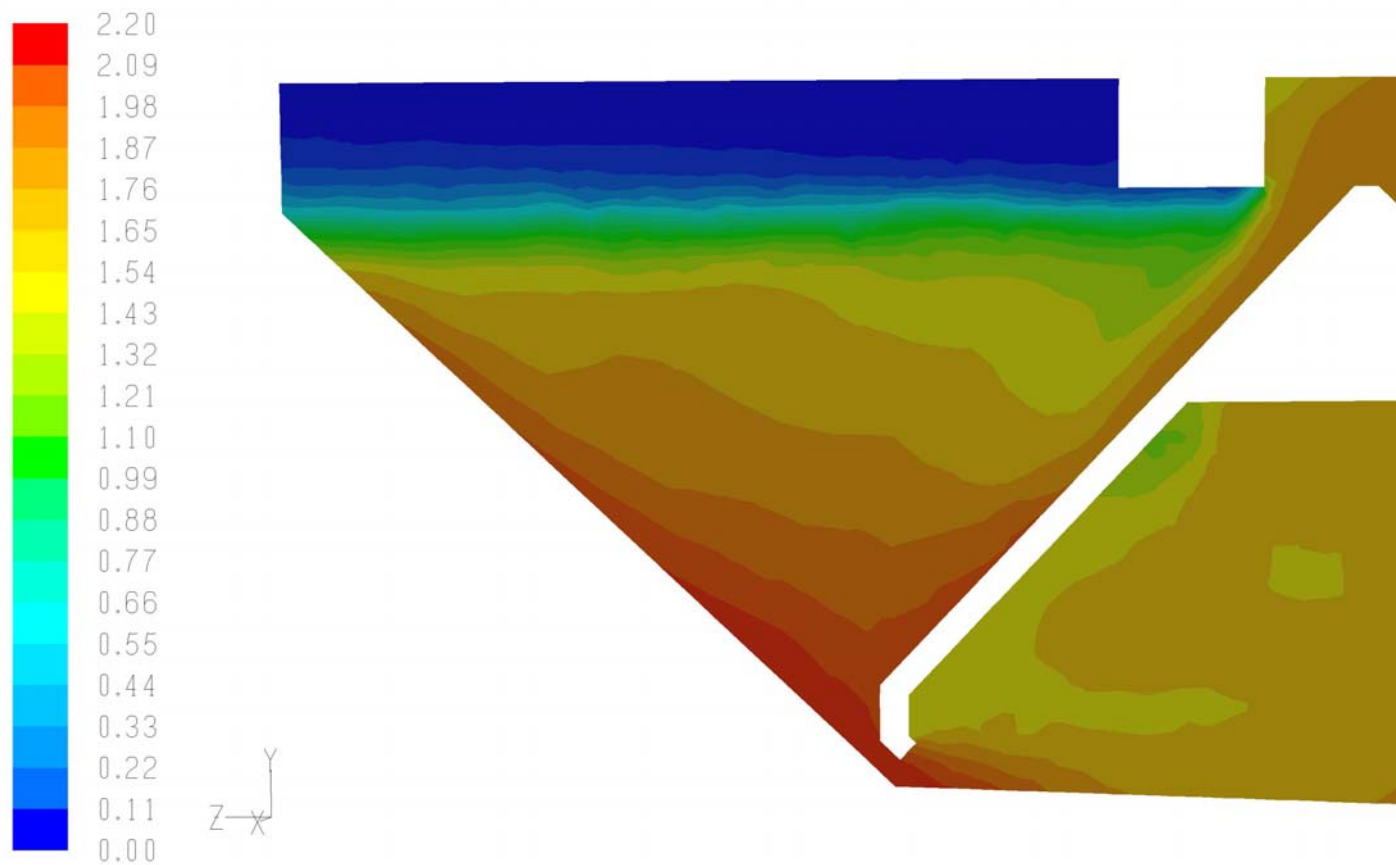


Accelerator im Istzustand Geschwindigkeitsvektoren und Schlammkonzentration



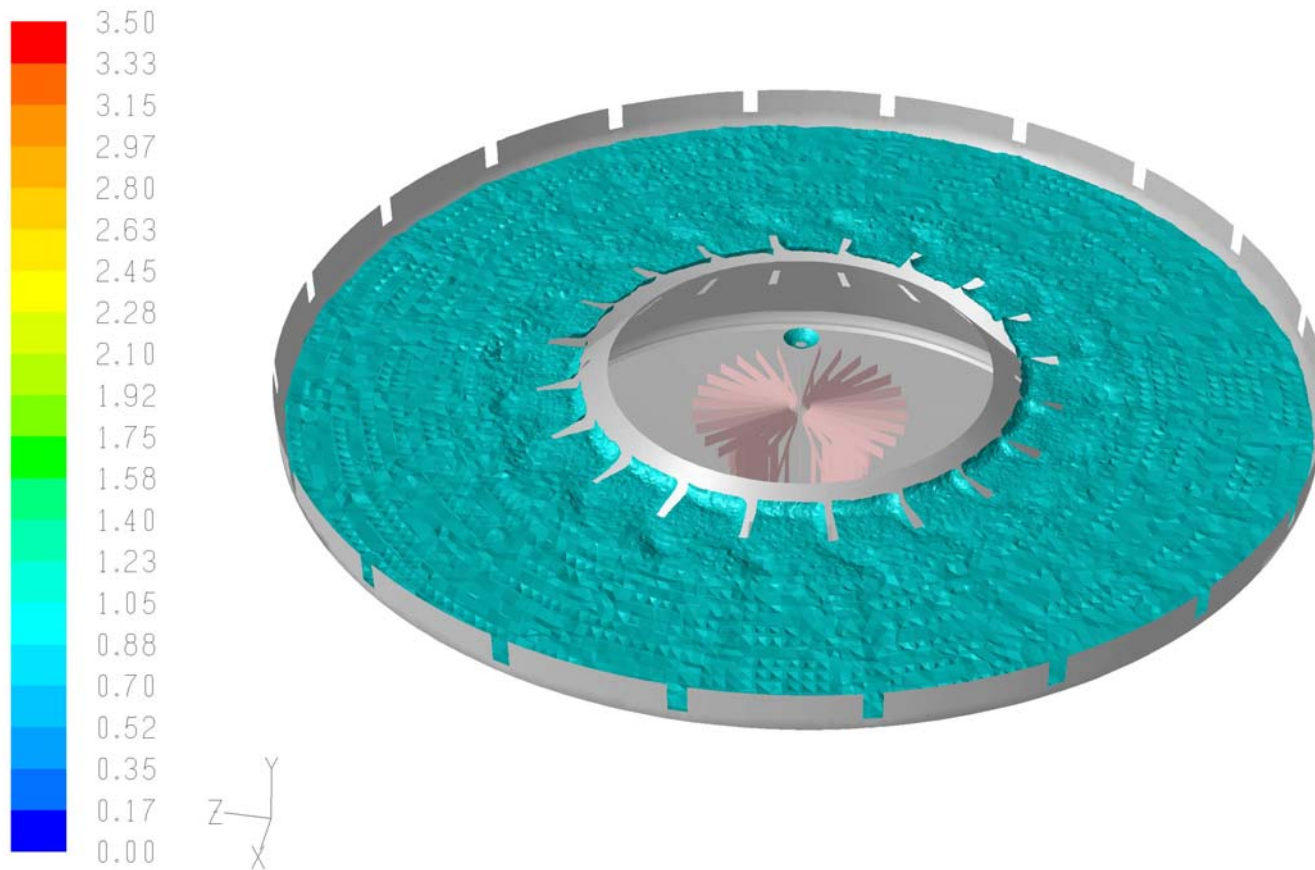
Accelerator im Istzustand

Schlammkonzentration in der Sedimentationszone, andere Skalierung



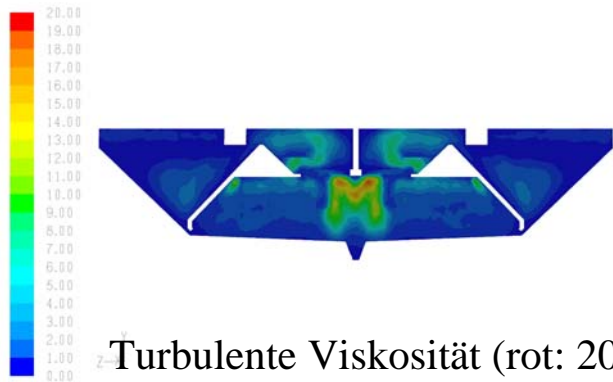
Accelerator im Istzustand

Isofläche bei einer Konzentration von 1 g/l (Schlamm Spiegel)

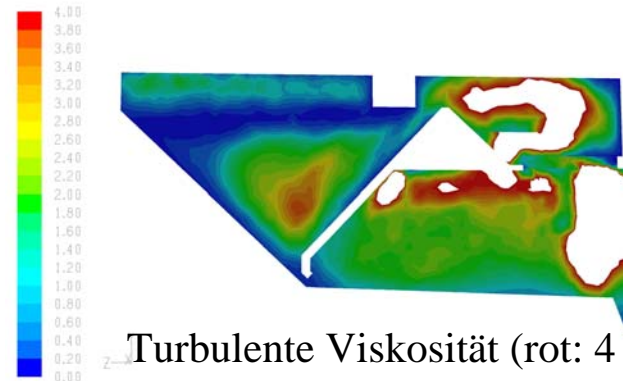


Accelator im Istzustand

Turbulente Viskosität und molekulare Viskosität



Turbulente Viskosität (rot: 20 kg/(ms))



Turbulente Viskosität (rot: 4 kg/(ms))



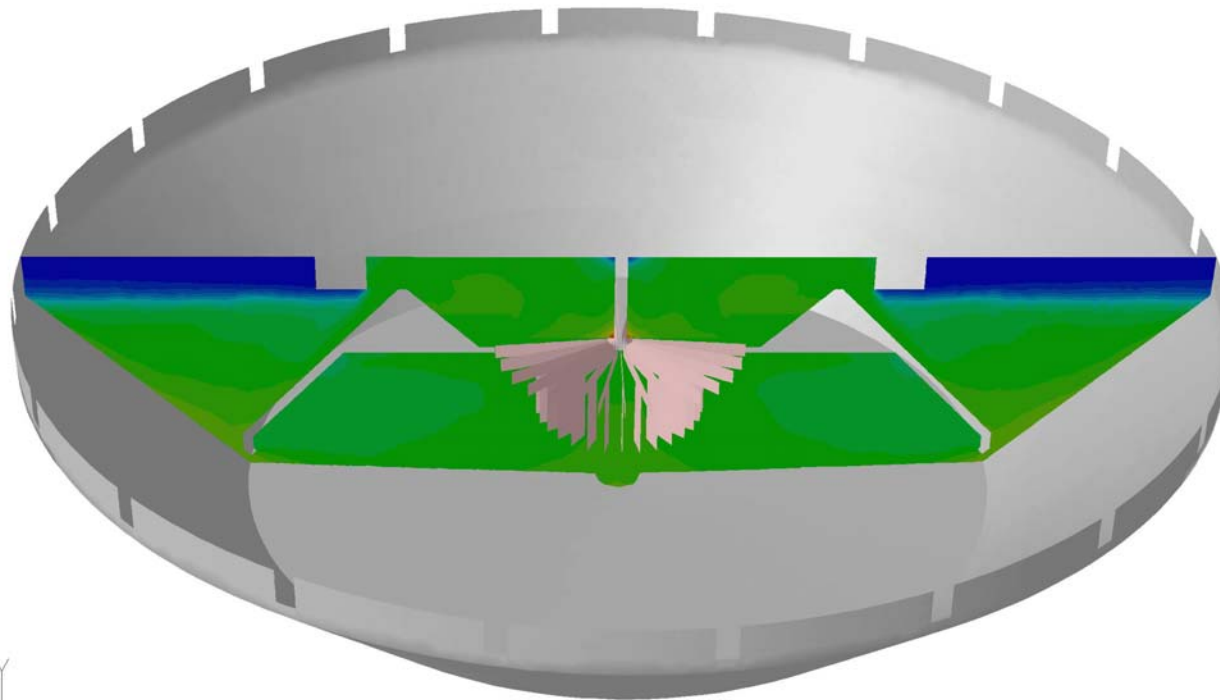
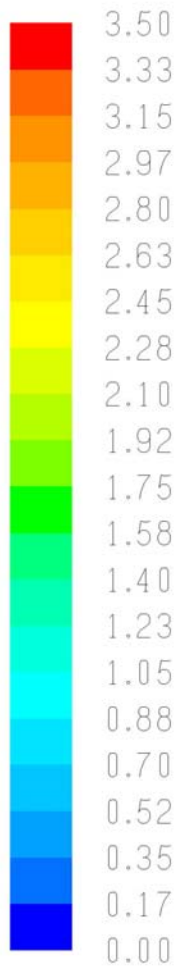
Molekulare Viskosität (rot: 0,02 kg/(ms))



Accelerator im Istzustand

Schlammkonzentration [g/l]

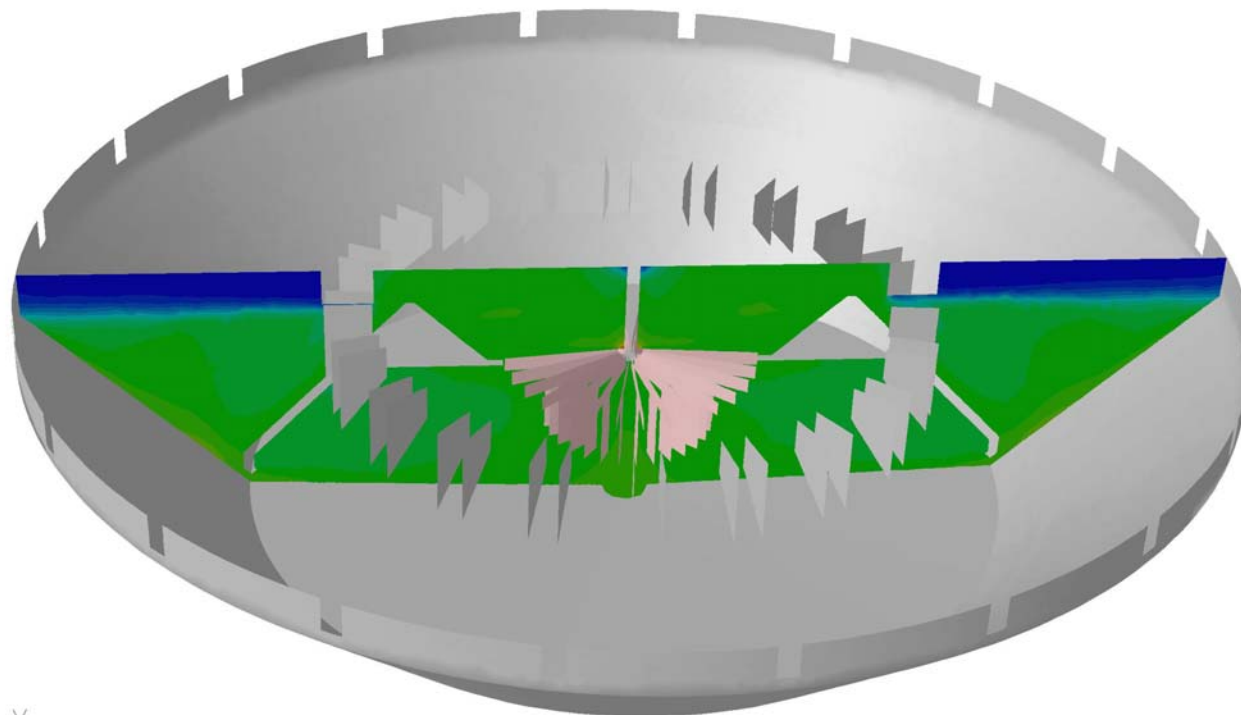
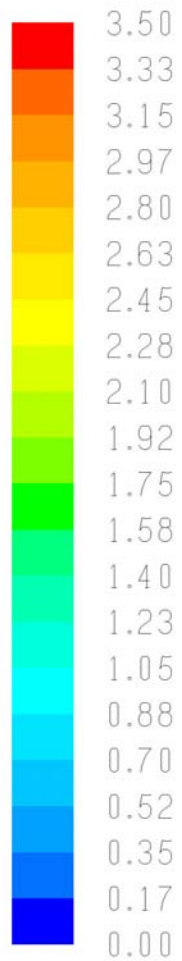
Schlammkonzentration am Auslass: 0,009 g/l
Höhe des Schlammspiegels über der Sohle: 6,3 m



Accelerator mit Leitblechen

Schlammkonzentration [g/l]

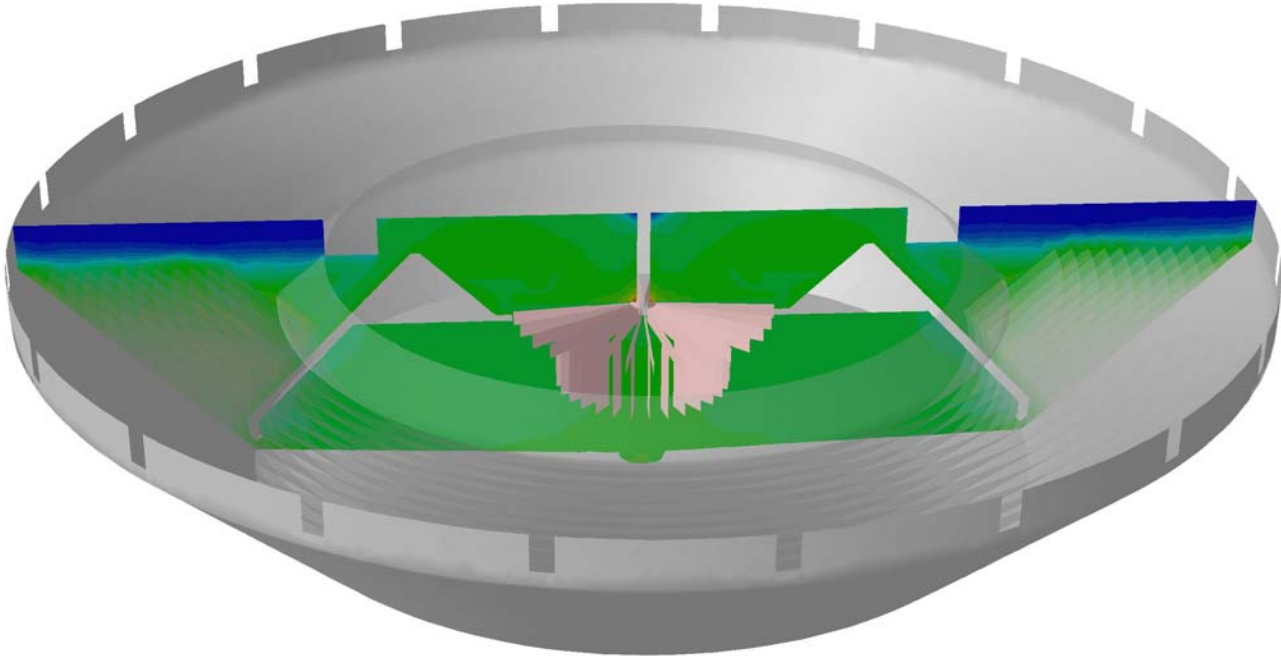
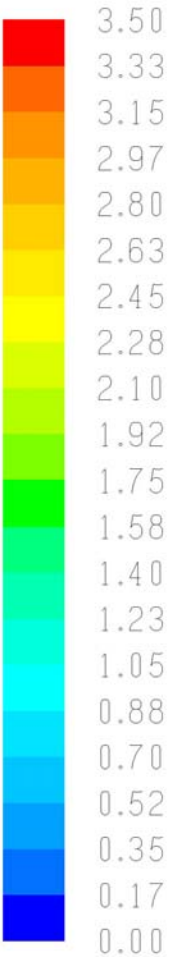
Schlammkonzentration am Auslass: 0,011 g/l
Höhe des Schlammspiegels über der Sohle: 6,5 m



Accelerator mit eingetauchten Lamellen

Schlammkonzentration [g/l]

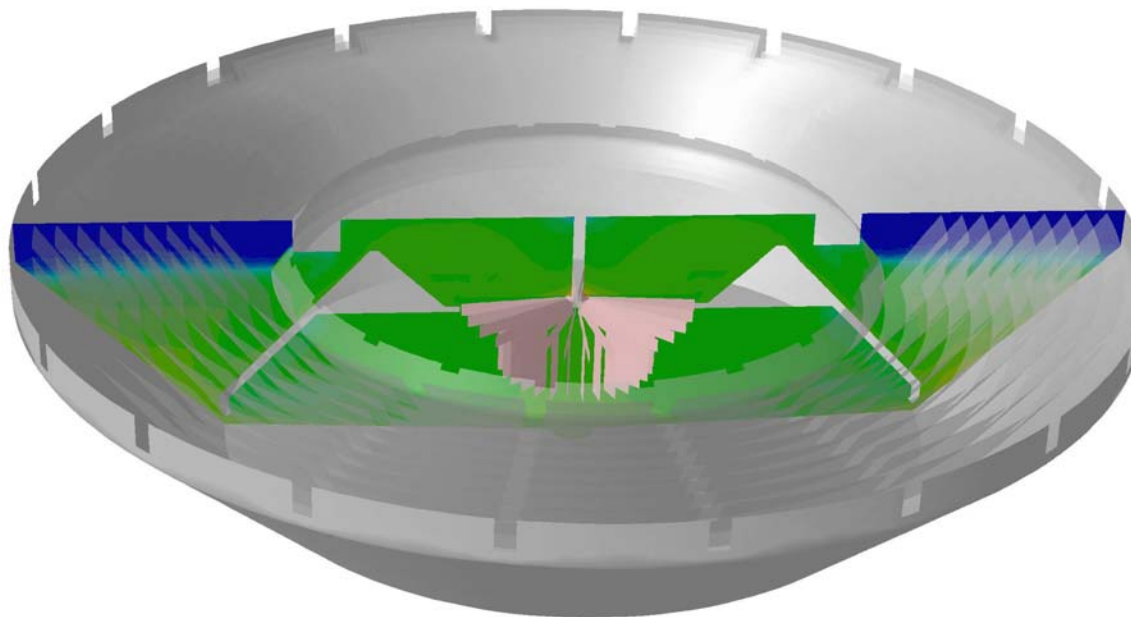
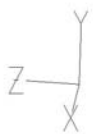
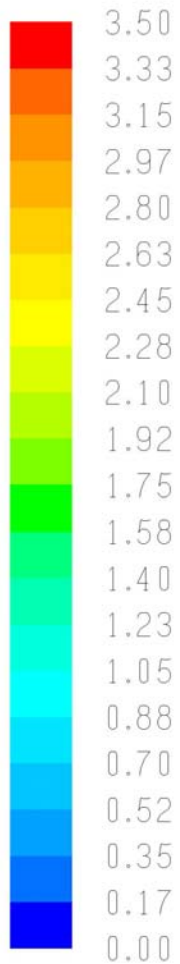
Schlammkonzentration am Auslass: 0,016 g/l
Höhe des Schlammspiegels über der Sohle: 6,8 m



Accelator mit aufgetauchten Lamellen

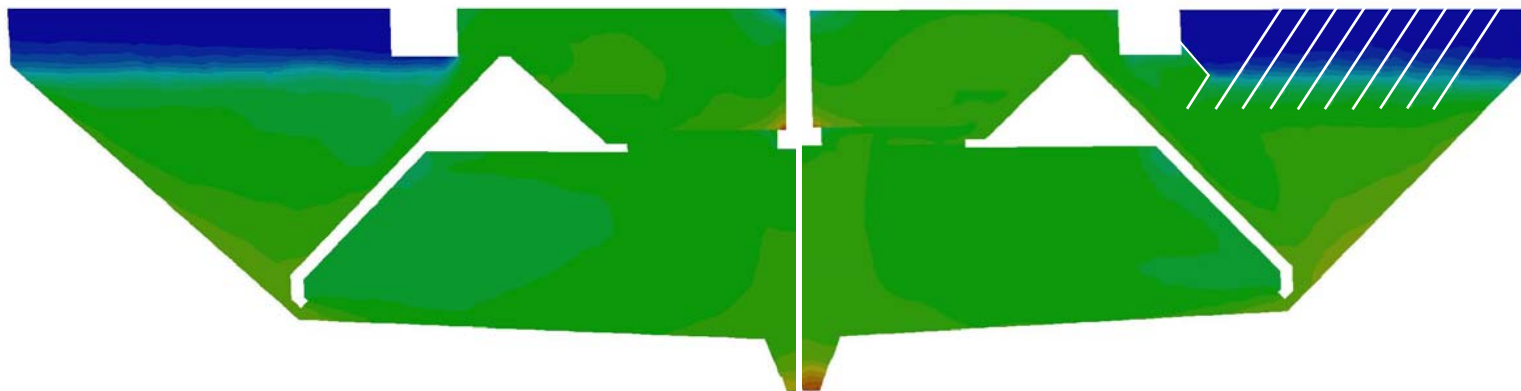
Schlammkonzentration [g/l]

Schlammkonzentration am Auslass: 0,004 g/l
Höhe des Schlammspiegels über der Sohle: 6,1 m



Fazit für den Accelator

- Die Simulationen zeigen, dass aufgetauchte Lamellen das Sedimentationsverhalten des Accelators verbessern.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Kessler + Luch
Entwicklungs- und Ingenieurgesellschaft



Zweckverband
Landeswasser-
versorgung

