

Rührwerke im Faul- Stapelraum

Wie bekannt kam es in der Vergangenheit zu Wellenbrüchen an Vertikalrührwerken. Dies ist nicht nur in der Schweiz, sondern überall wo diese Technik eingebaut wurde. Es ist nicht häufig vorgekommen aber trotzdem geschieht es immer wieder.

Aus Eigeninteresse haben wir einzelne Fälle genau untersucht um die Ursachen zu ergründen.

Resultat:

Nie war nur ein einzelner Punkt Grund zum Störfall.

Welche Bereiche waren mitbeteiligt?

- Medium TS Gehalt (Viskosität ist meist nicht bekannt)
- Medium Vorbehandlung
- Montage

Viskosität von Klärschlämmen

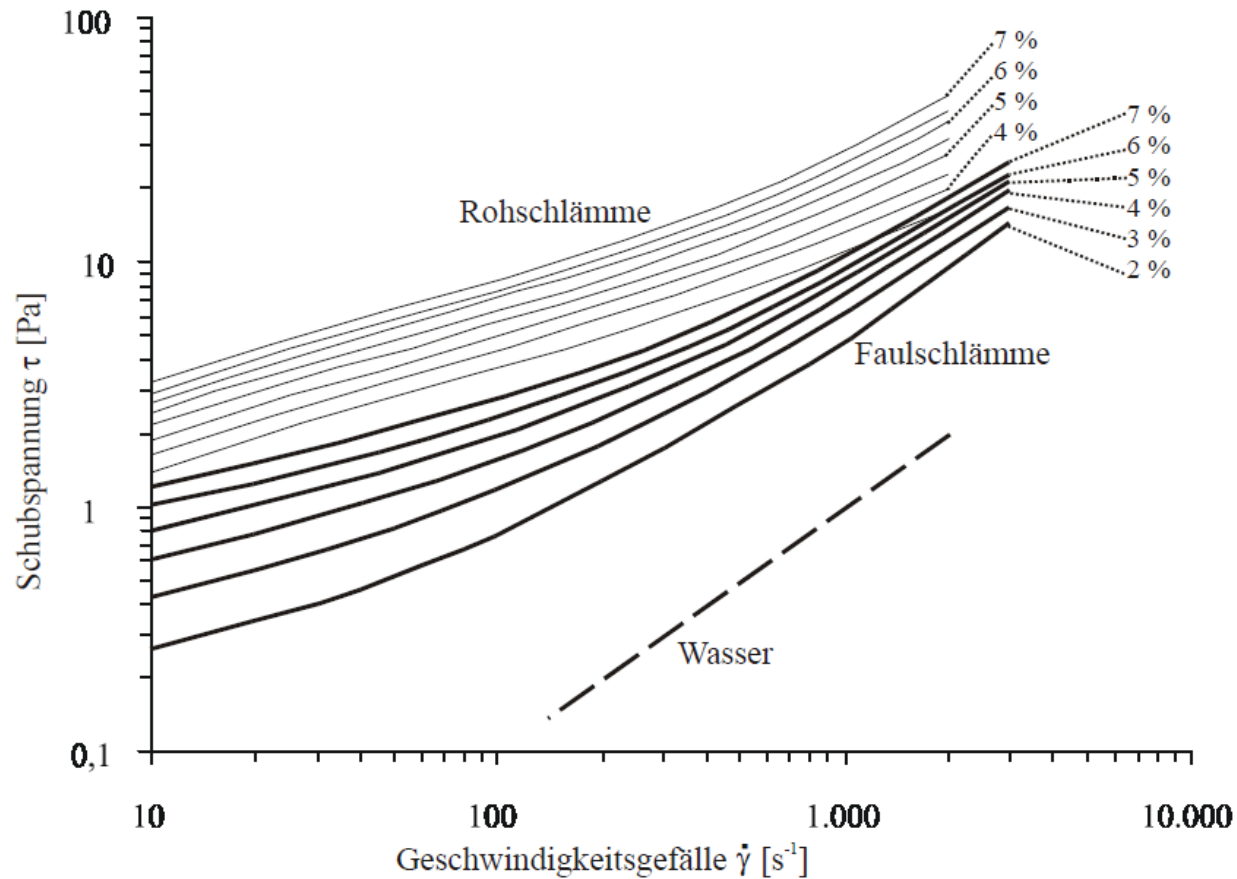


Abb. 3.5: Fließkurven von Roh- und Faulschlämmen bei 20 °C

Aus: U. Moshage, «Rheologie kommunaler Klärschlämme», S. 46

Viskosität von Klärschlämmen

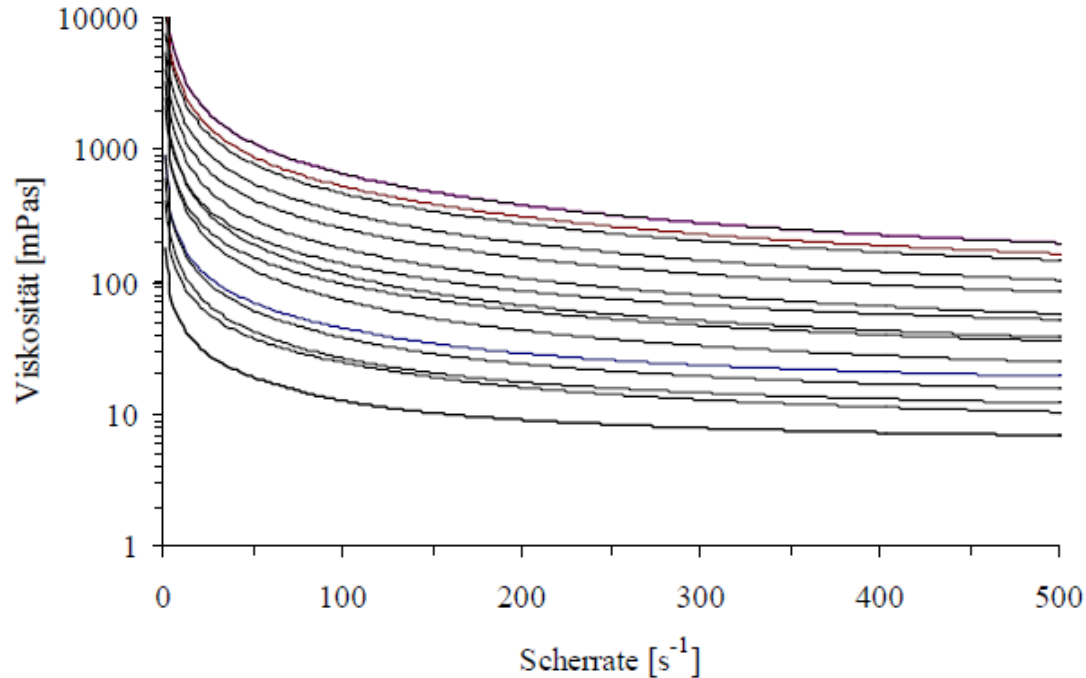
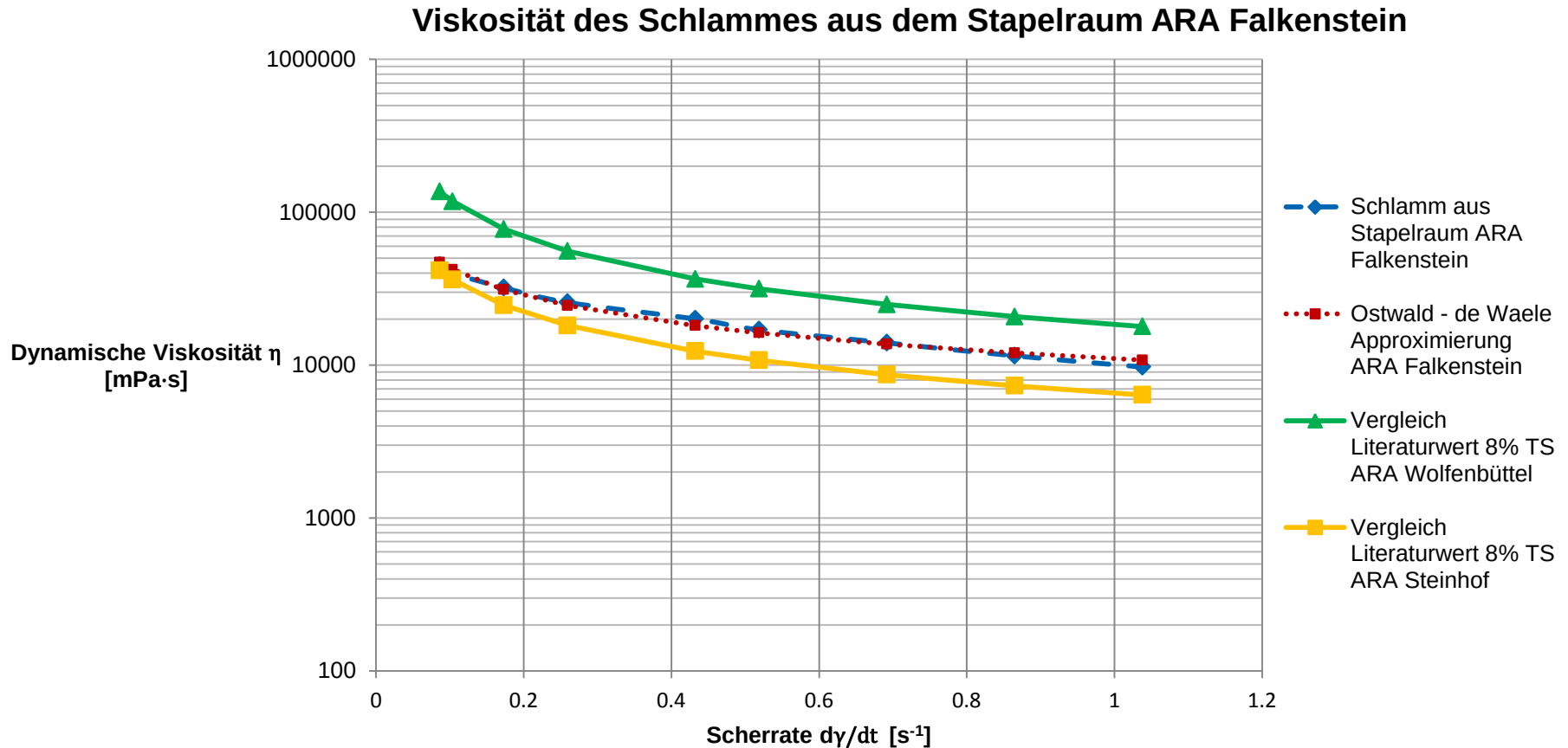


Abb. 6.33: Viskositätskurven von 15 Überschuss- und Faulschlämme bei 5 % TR

Aus: U. Moshage, «Rheologie kommunaler Klärschlämme», S. 114;
TR = Trockenrückstand

Viskosität von Klärschlämmen



-> Klärschlamm $\neq$ Klärschlamm

Viskosität von Klärschlämmen

Mathematische Modellierung mit dem sog. Ostwald-de Waele-Gesetz:

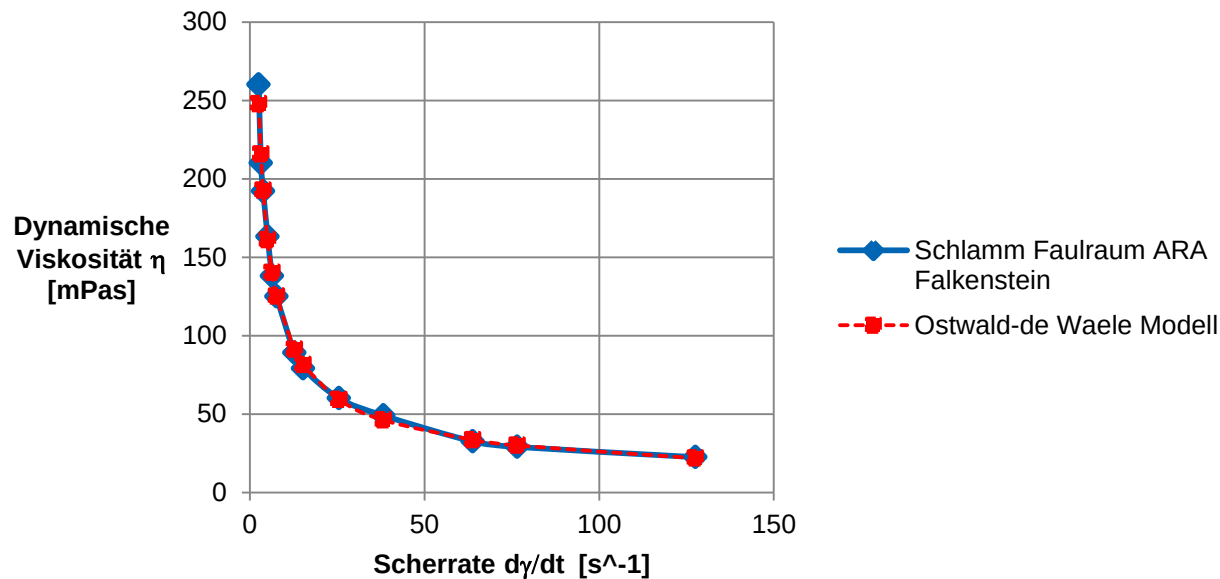
$$\eta = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \quad [\text{Pa} \cdot \text{s}]$$

mit:

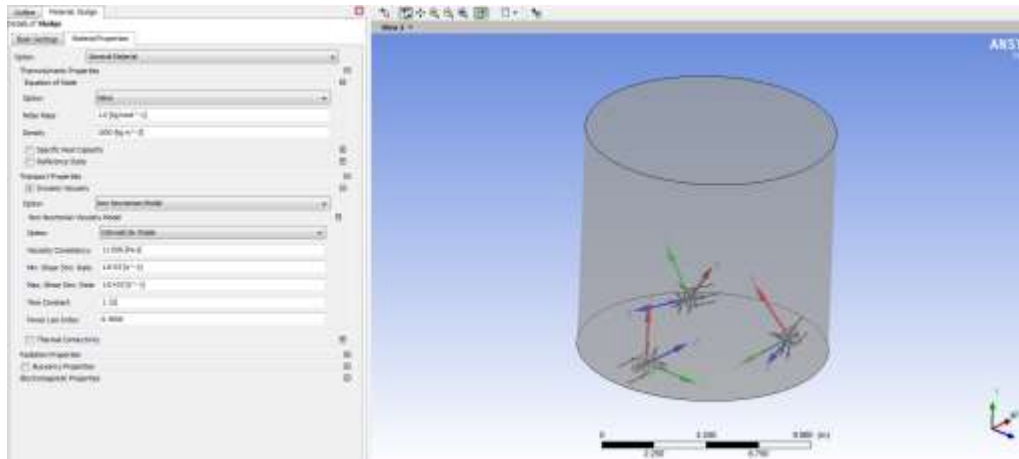
K: Konsistenzfaktor $[\text{Pa} \cdot \text{s}^n]$

n: Fließindex $[-]$

Viskosität des Schlammes aus dem Faulraum ARA Falkenstein



Viskosität von Klärschlämmen



- Ostwald-de Waele-Modell kann direkt im CFD eingesetzt werden
- Mit K und n kann der Druckverlust in einer Rohrleitung berechnet werden

$$\Delta p = h_v \cdot \rho \cdot g = 2K \cdot L \cdot \left[\frac{Q \left(\frac{3n+1}{n} \right)}{\pi} \right]^n \cdot R^{-(3n+1)} \quad [\text{Pa}]$$

mit:

h_v :	Reibungsverlusthöhe	[m]
ρ :	Dichte der Suspension	[kg/m ³]
g :	Erdbeschleunigung	[m·s ⁻²]

Aus: U. Moshage, «Rheologie kommunaler Klärschlämme», S. 154

Einführung Strömungssimulation

CFD = Computer fluid dynamics

Versuch, die Strömung so realitätsnah wie möglich zu simulieren

-> Jede Simulation ist «nur» eine Annäherung an die Realität

Qualität der CFD-Simulation ist abhängig von der Qualität des Gitternetzes, der Definition der Randbedingungen, Turbulenzmodell, Lösungsschema (v.a. bei Schockwellen), etc.

Einführung Strömungssimulation

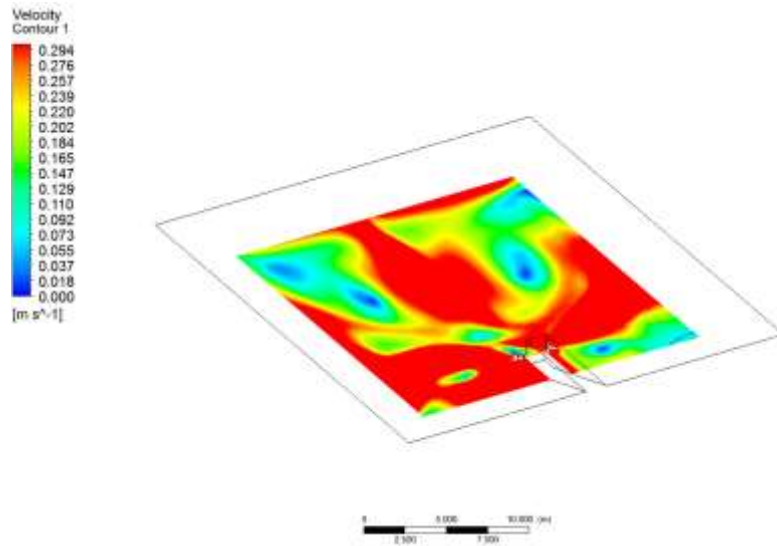
Transiente und stationäre Lösungen + Postprocessing («Sichtbarmachen» der Resultate)

Zwei «Arten» von Resultaten: Stationäre und transiente Lösung

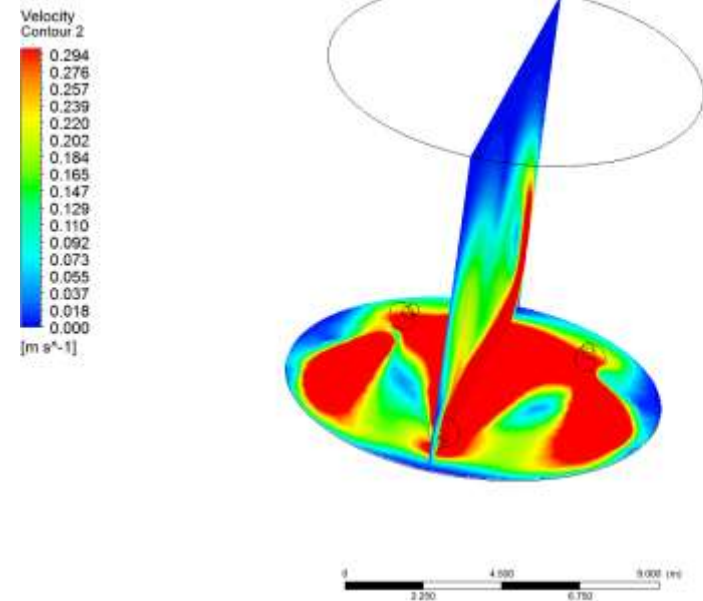
Stationäre Lösung: Stoppt, wenn der Unterschied von einem Iterationsschritt zum Anderen unter eine gewisse Limite fällt; ist der Ausgangspunkt für die transiente Simulation bzw. Lösung

Transiente Lösung: Startet von der stationären Lösung und berechnet die Lösungen für verschiedene Zeitverhältnisse. Wird benötigt, um instationäres Verhalten einer Strömung zu berechnen (z.Bsp. Karmansche Wirbelstrasse)

Stationäre Lösung:



Rechtecktank, 27.5m x 27.5m x 1.8m ,
Wasser
Sehr instationäre Lösung!!

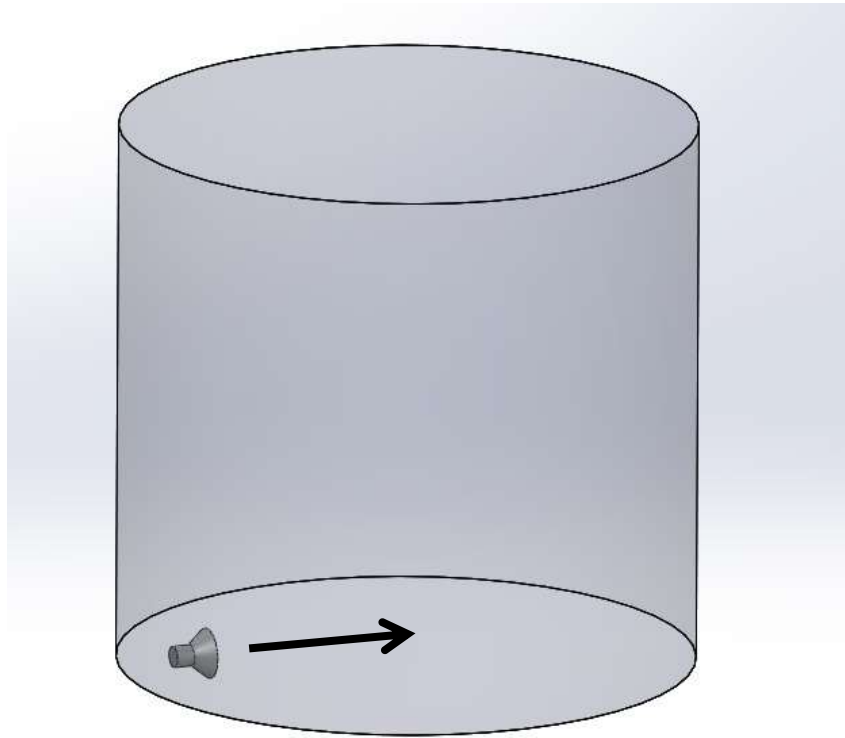


Schlammstapler ARA
Falkenstein
Quasi stationäre Lösung

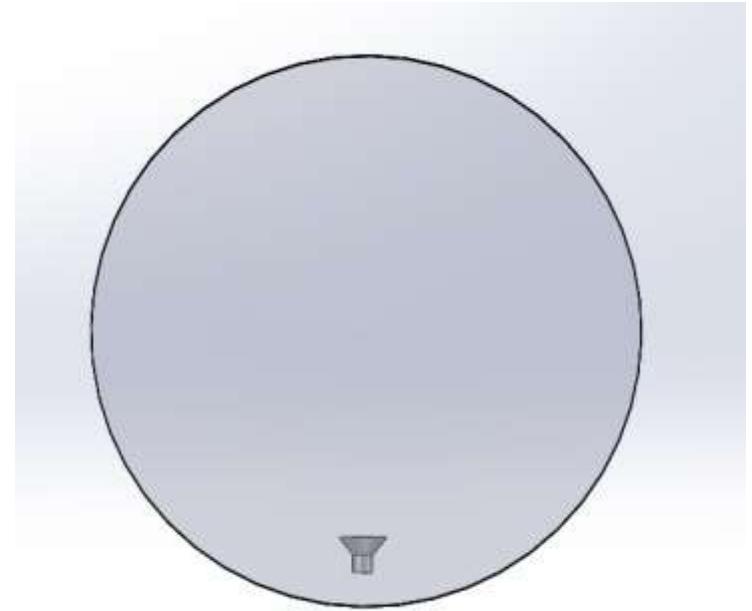
Transiente Lösung: -> siehe Video!

Resultate ARA Falkenstein

Konzept 1: 1x AMG.110

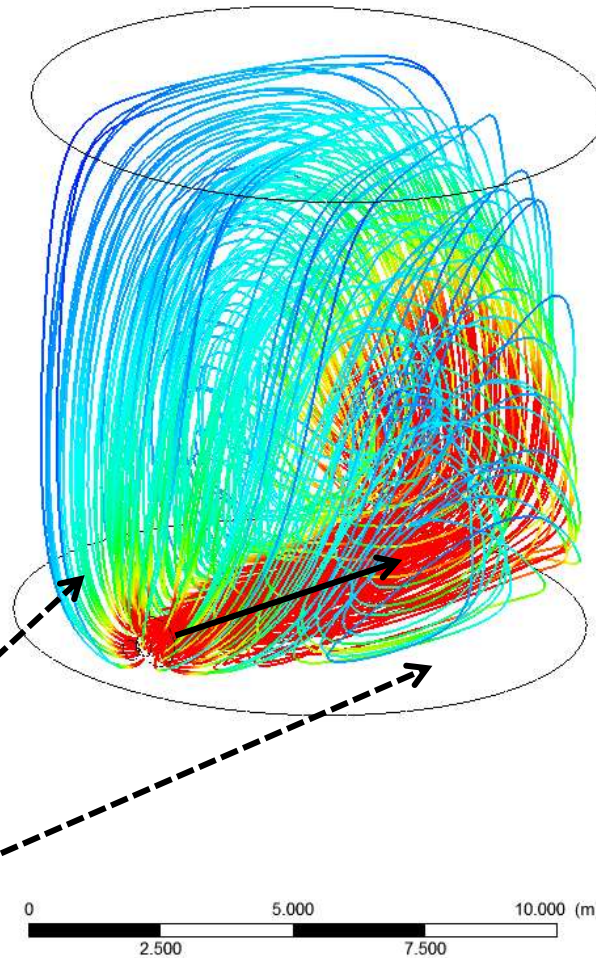
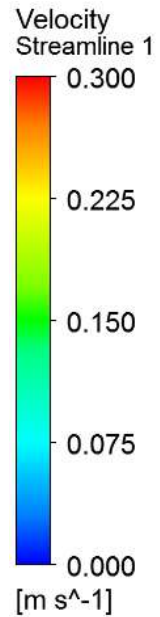


0° Anstellwinkel horizontal, 0° Azimut



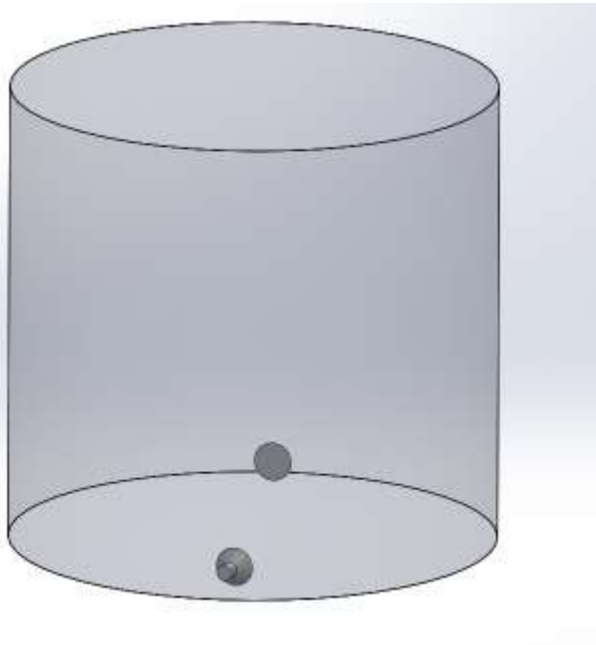
Sicht von oben

Konzept 1: 1x AMG.110

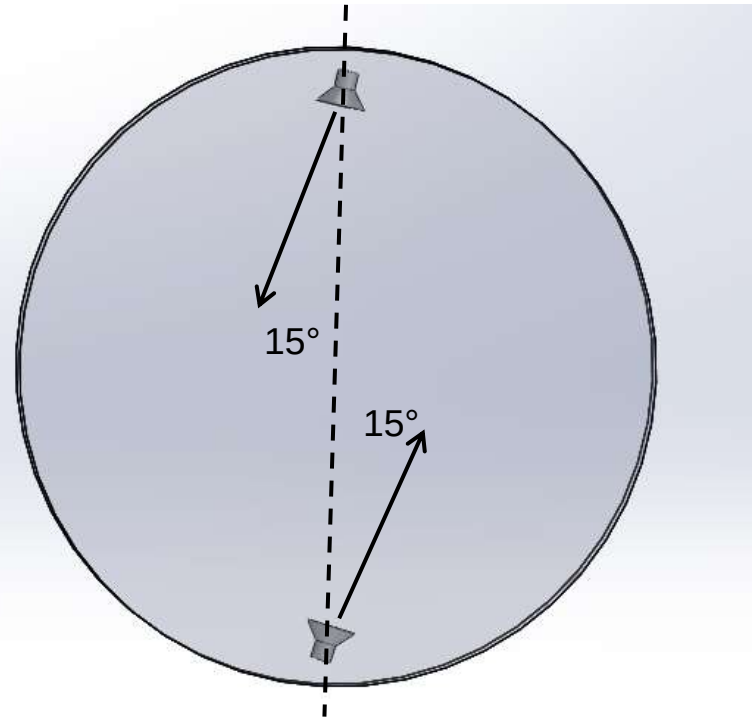


Zonen mit $v=0$ m/s

Konzept 2: 2x AMG.40



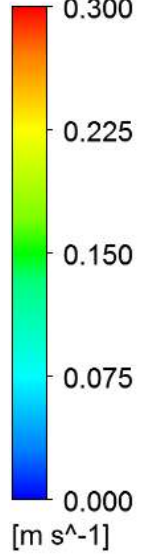
0° horizontal; « klassische Lösung »



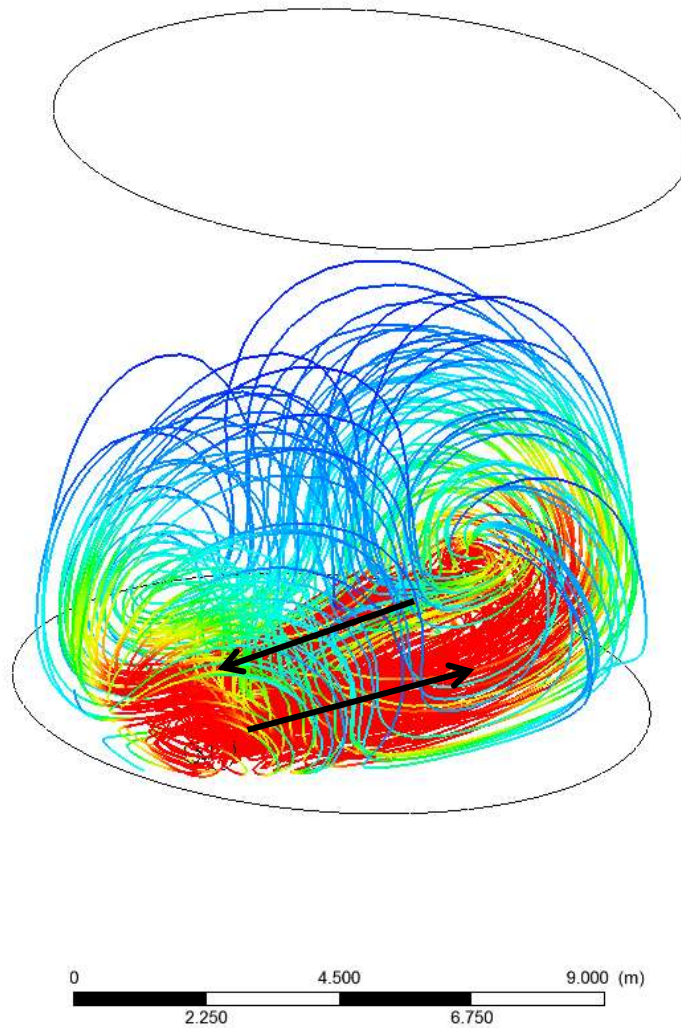
Sicht von oben

Konzept 2: 2x AMG.40

Velocity
Streamline 2

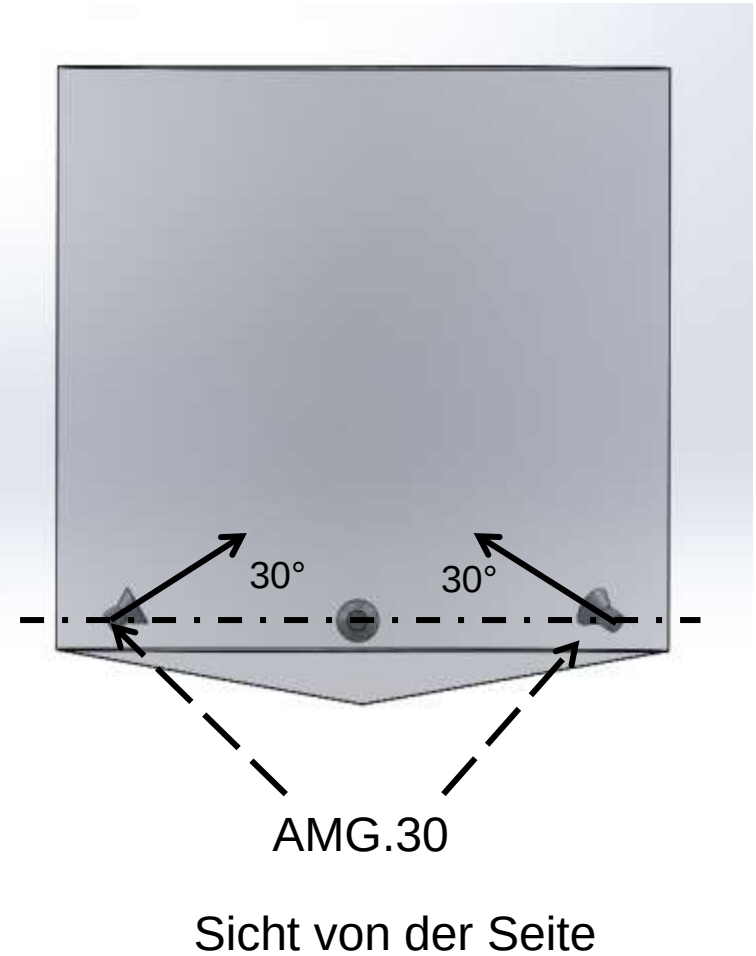
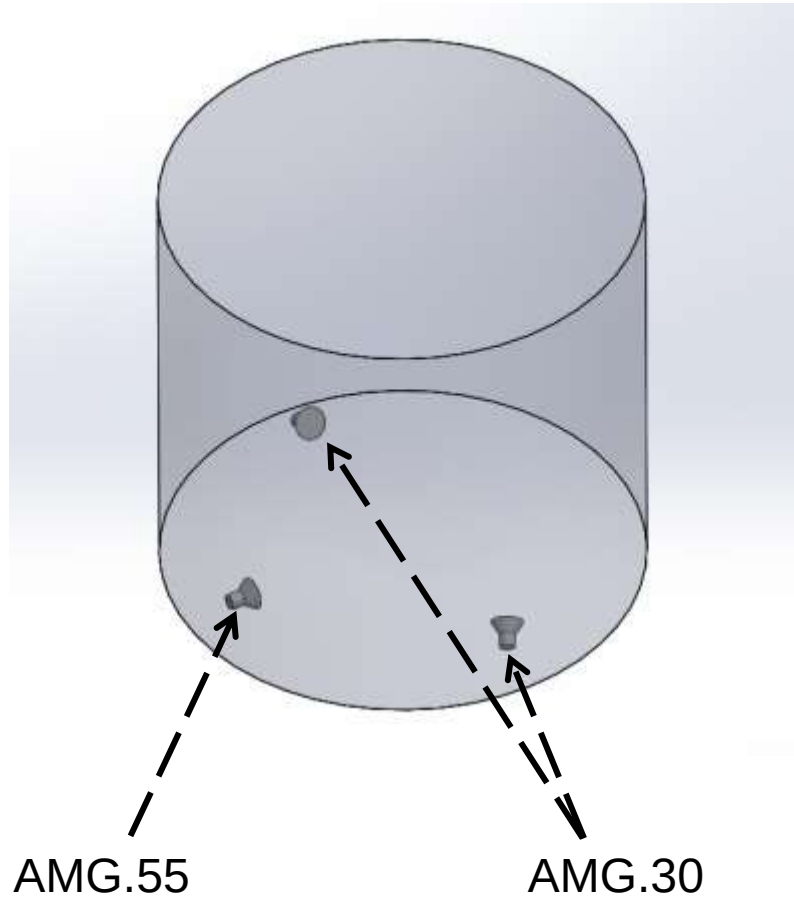


0.300
0.225
0.150
0.075
0.000
[m s⁻¹]

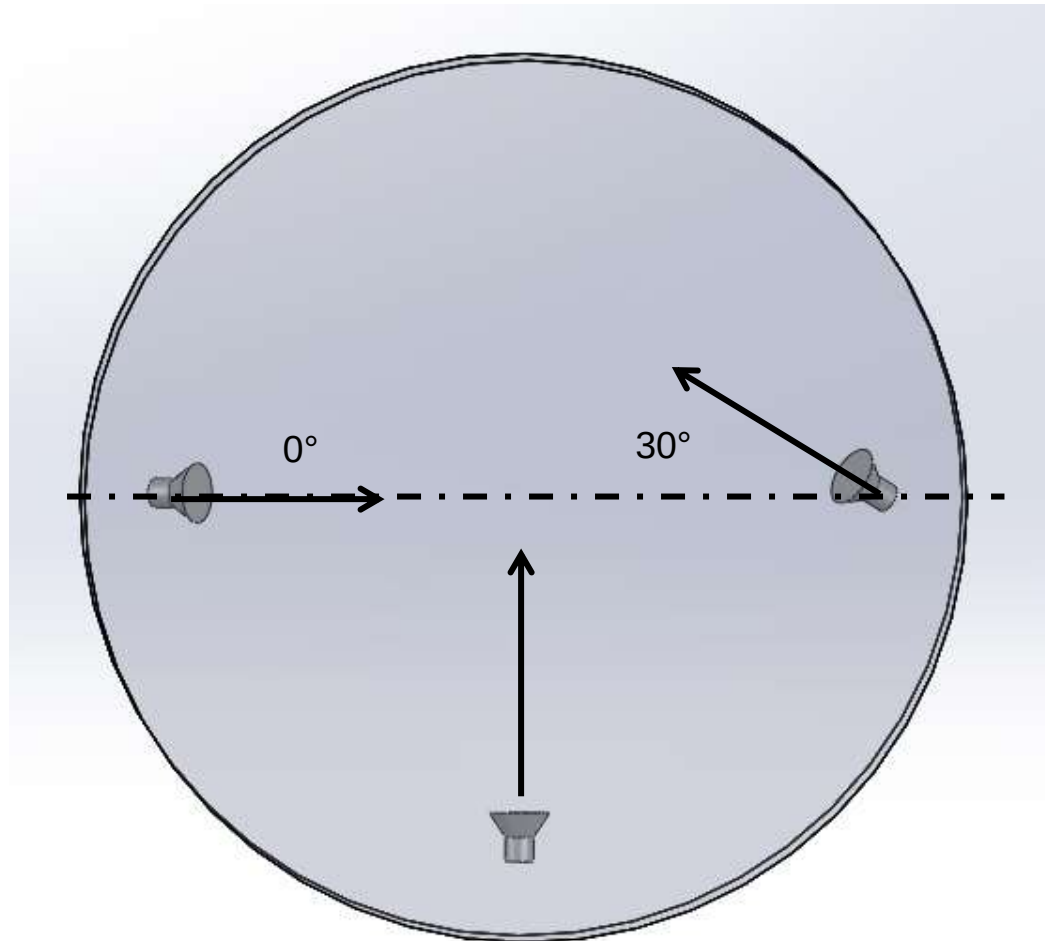


Wiederum Zonen mit $v = 0$ m/s

Konzept 3: 1x AMG.55, 2x AMG.30



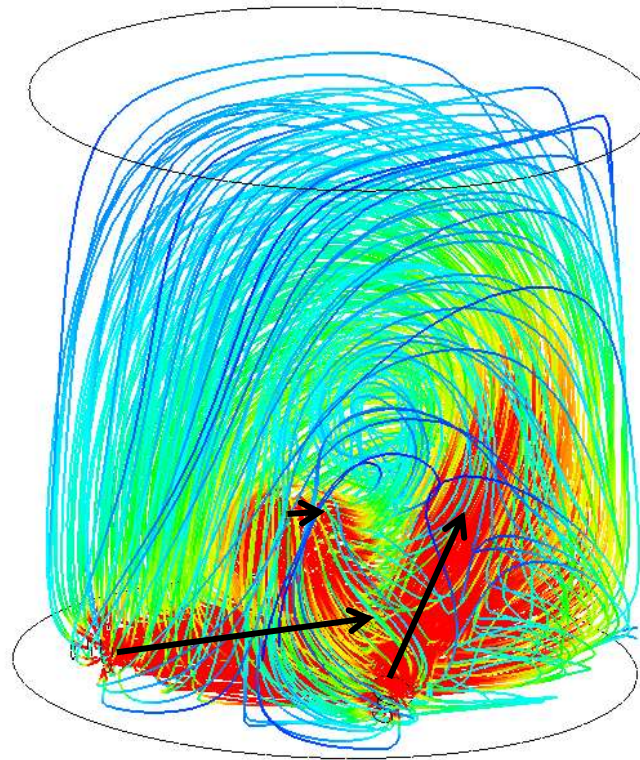
Konzept 3: 1x AMG.55, 2x AMG.30



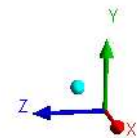
Sicht von oben

Konzept 3: 1x AMG.55, 2x AMG.30

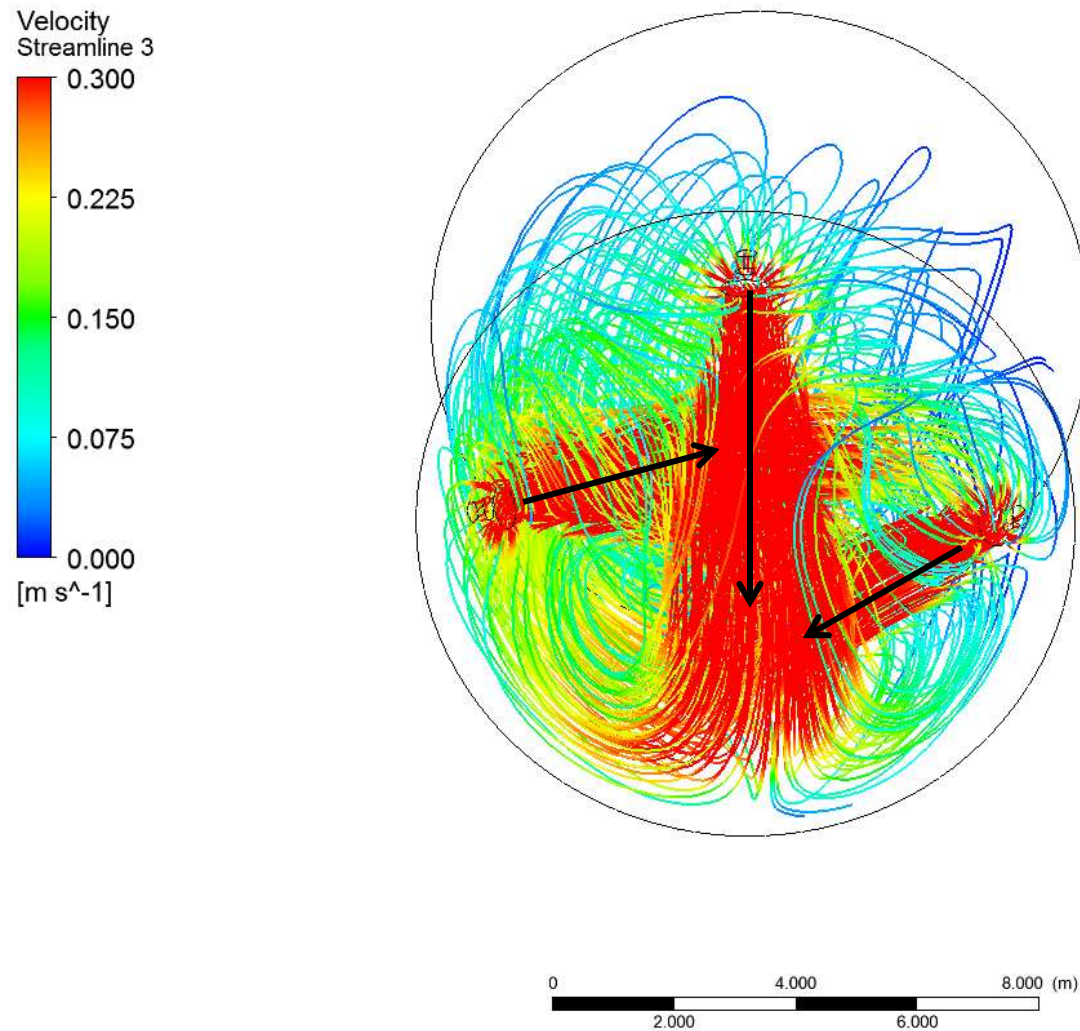
Velocity
Streamline 3
0.300
0.225
0.150
0.075
0.000
[m s⁻¹]



0 4.500 9.000 (m)
2.250 6.750

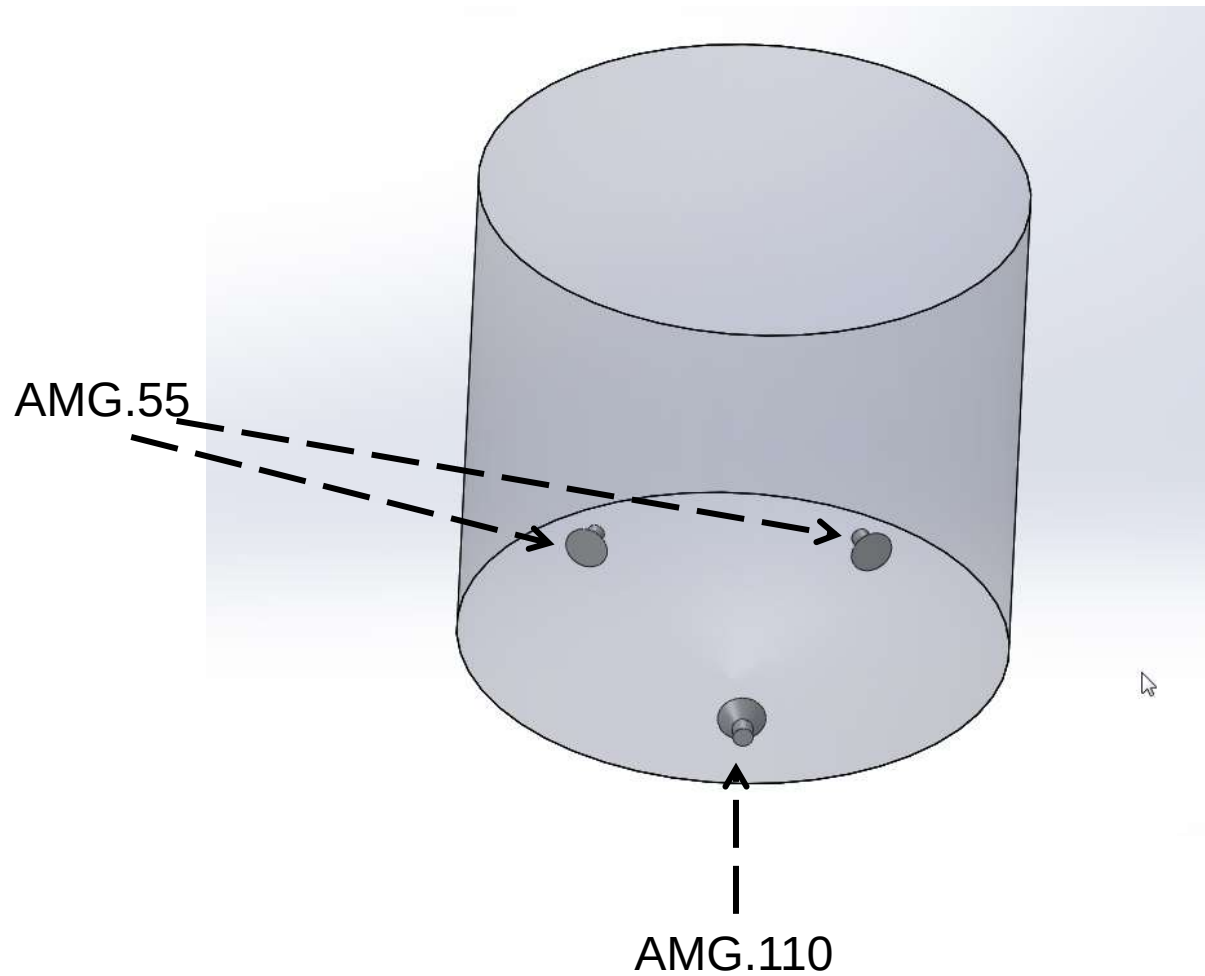


Konzept 3: 1x AMG.55, 2x AMG.30



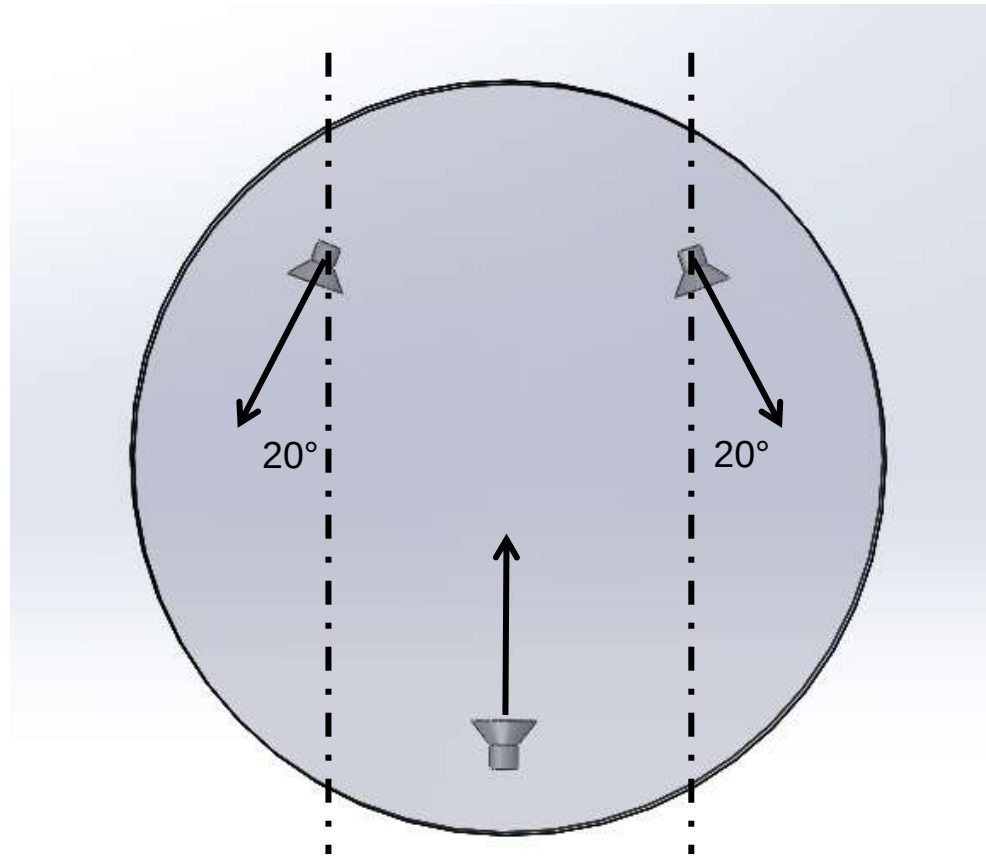
Ansicht von unten

Konzept 4: 1x AMG.110, 2x AMG.55



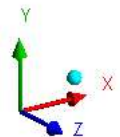
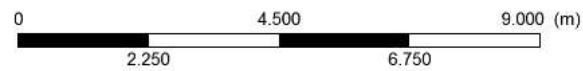
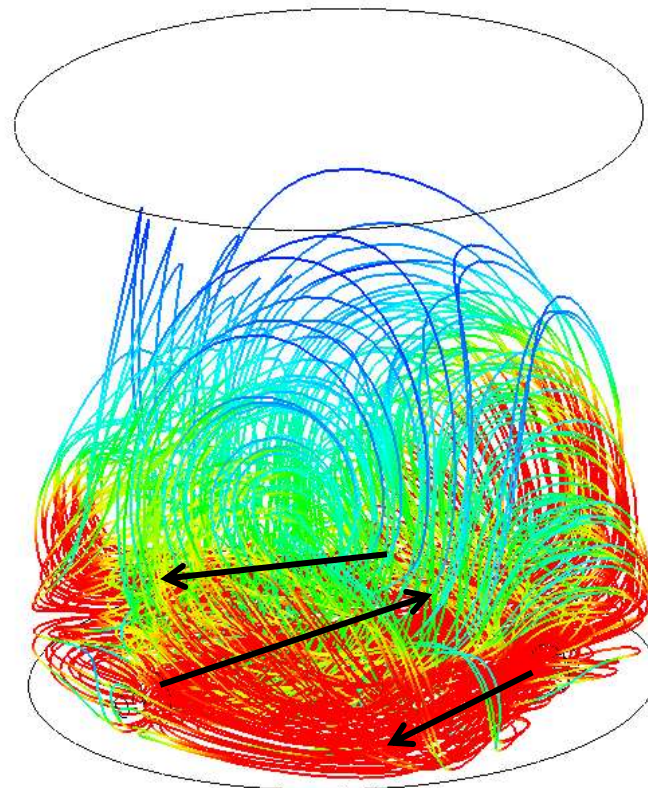
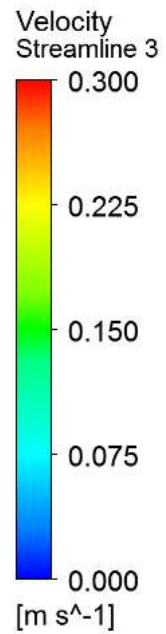
Alle Rührwerke 0° horizontal

Konzept 4: 1x AMG.110, 2x AMG.55



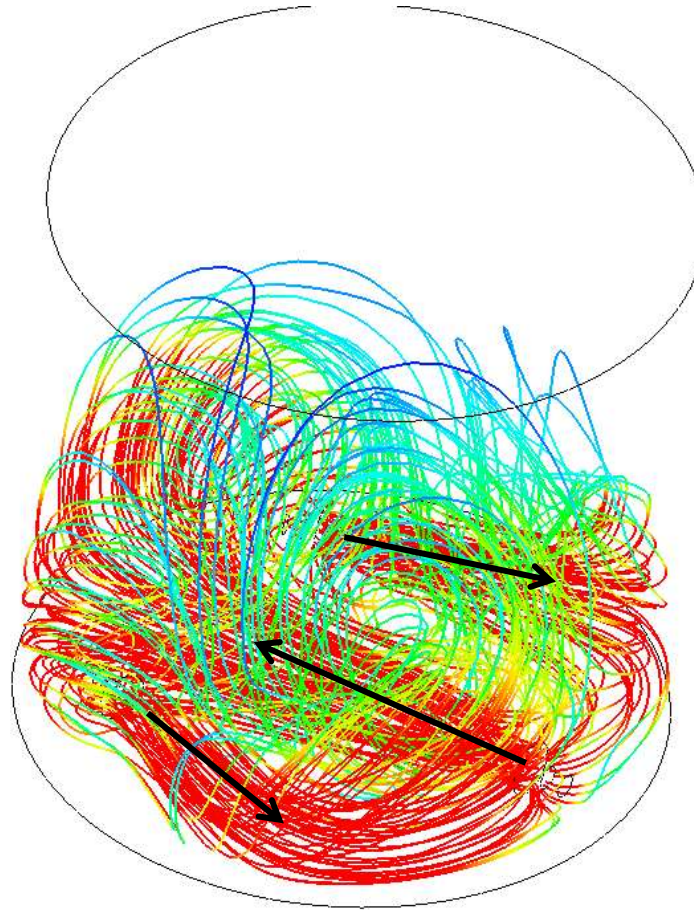
Sicht von oben

Konzept 4: 1x AMG.110, 2x AMG.55

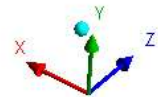


Konzept 4: 1x AMG.110, 2x AMG.55

Velocity
Streamline 3
0.300
0.225
0.150
0.075
0.000
[m s⁻¹]



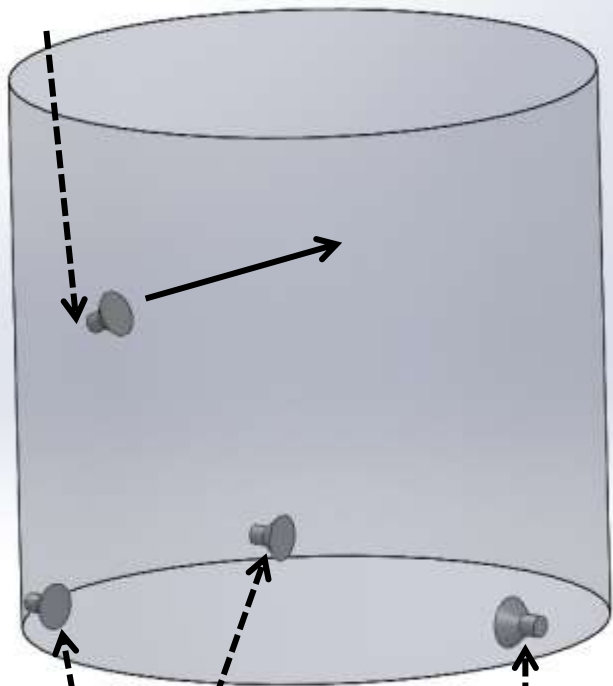
0 2.000 4.000 6.000 8.000 (m)



Konzept 5

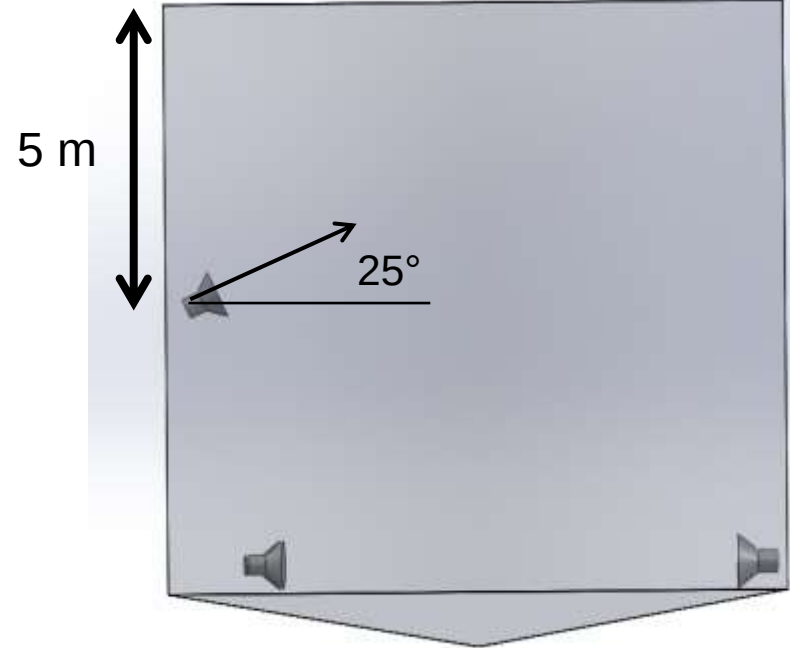
Einsatz eines 4. Rührwerkes für den Stapelraum

AMG.55



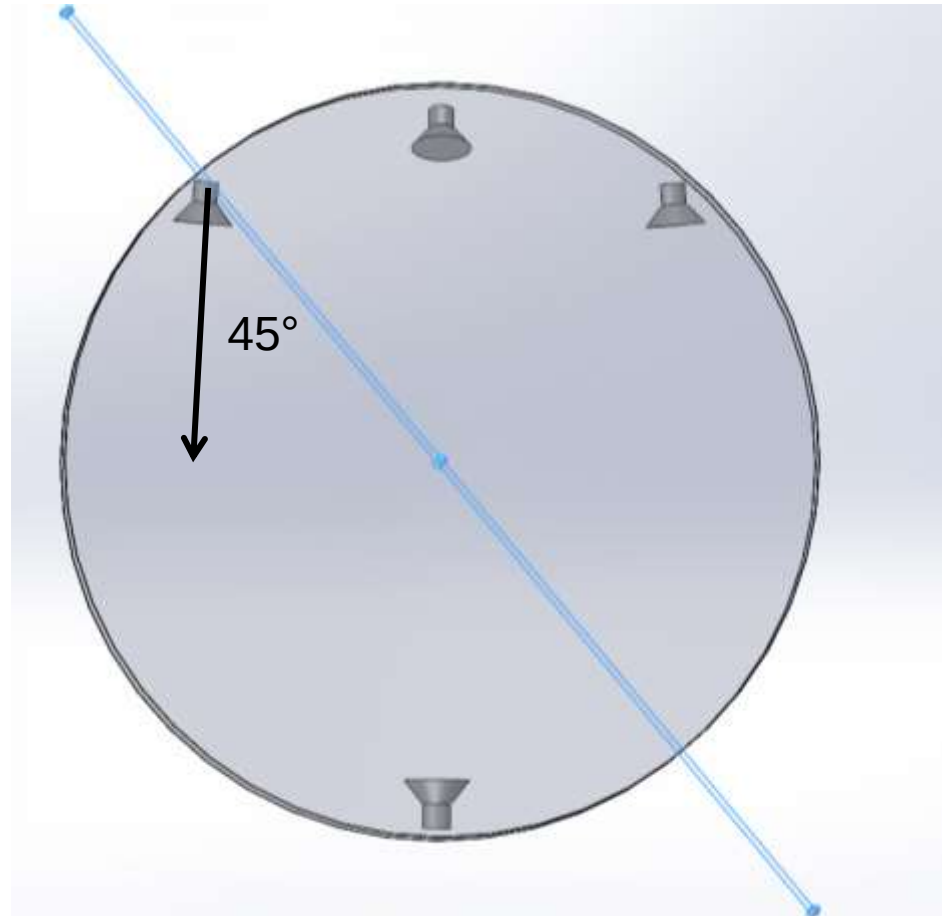
AMG.110

AMG.55

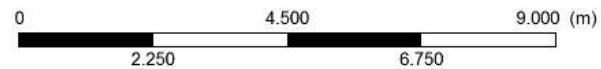
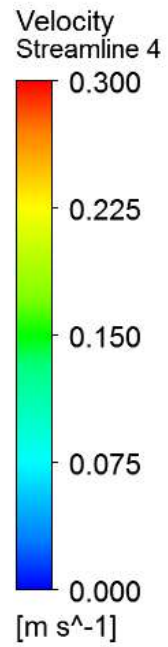


Konzept 5

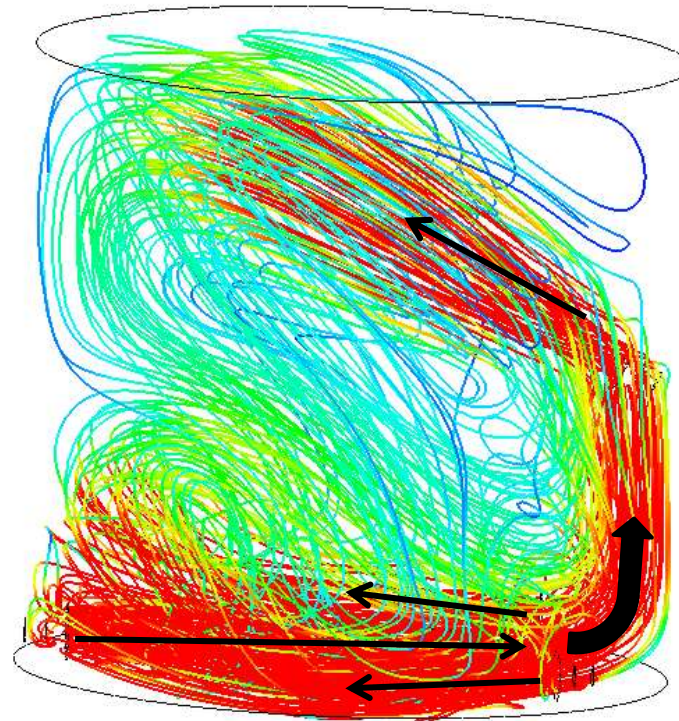
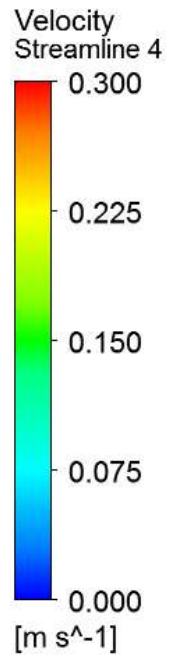
Sicht von oben



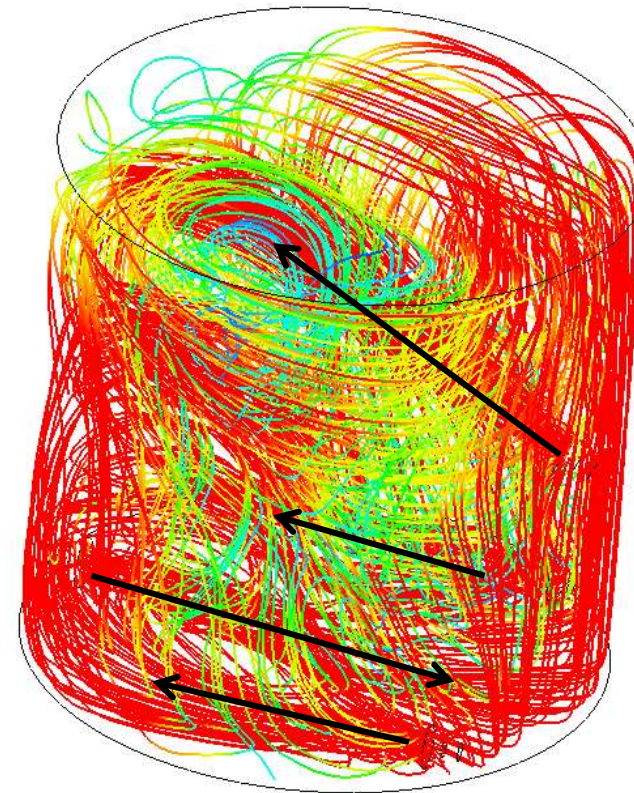
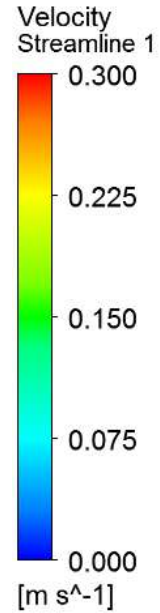
Konzept 5



Konzept 5

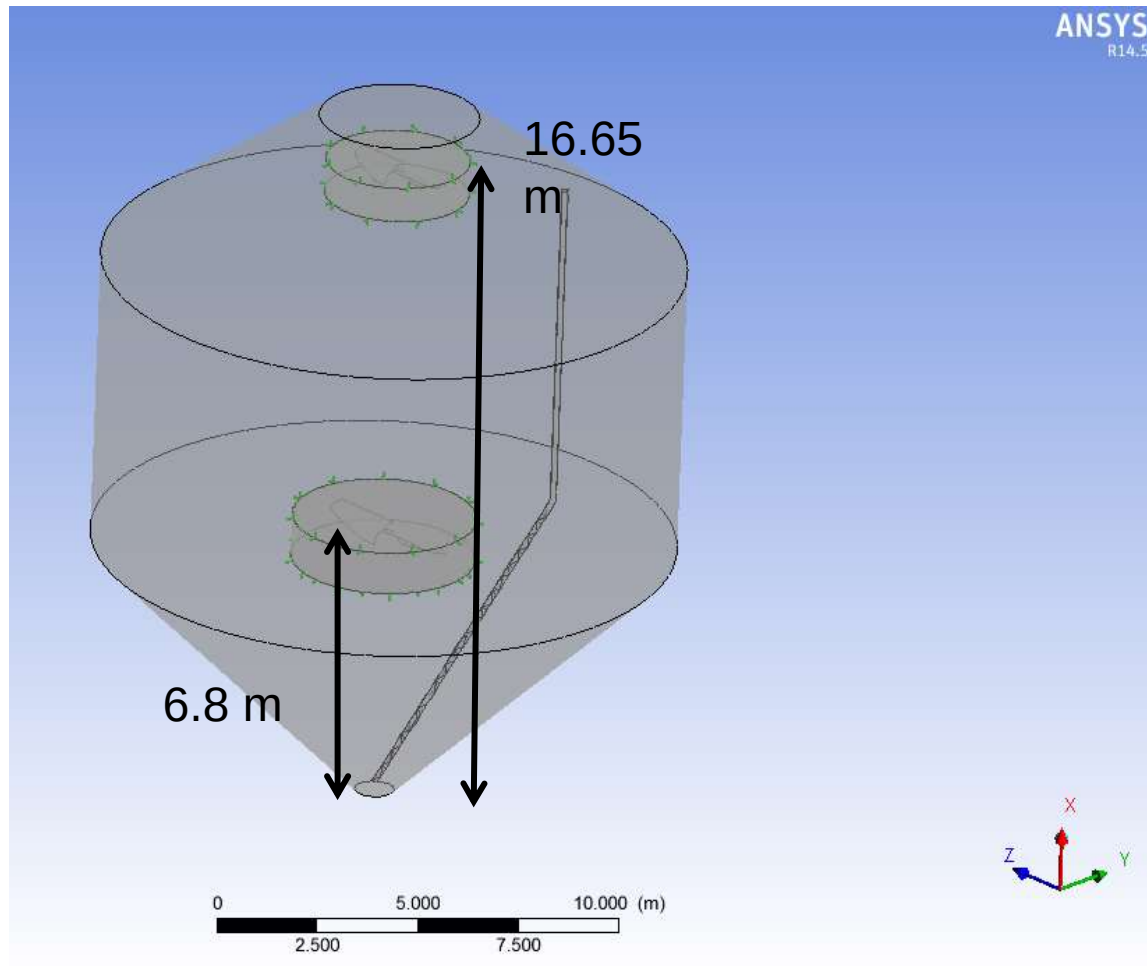


Konzept 5



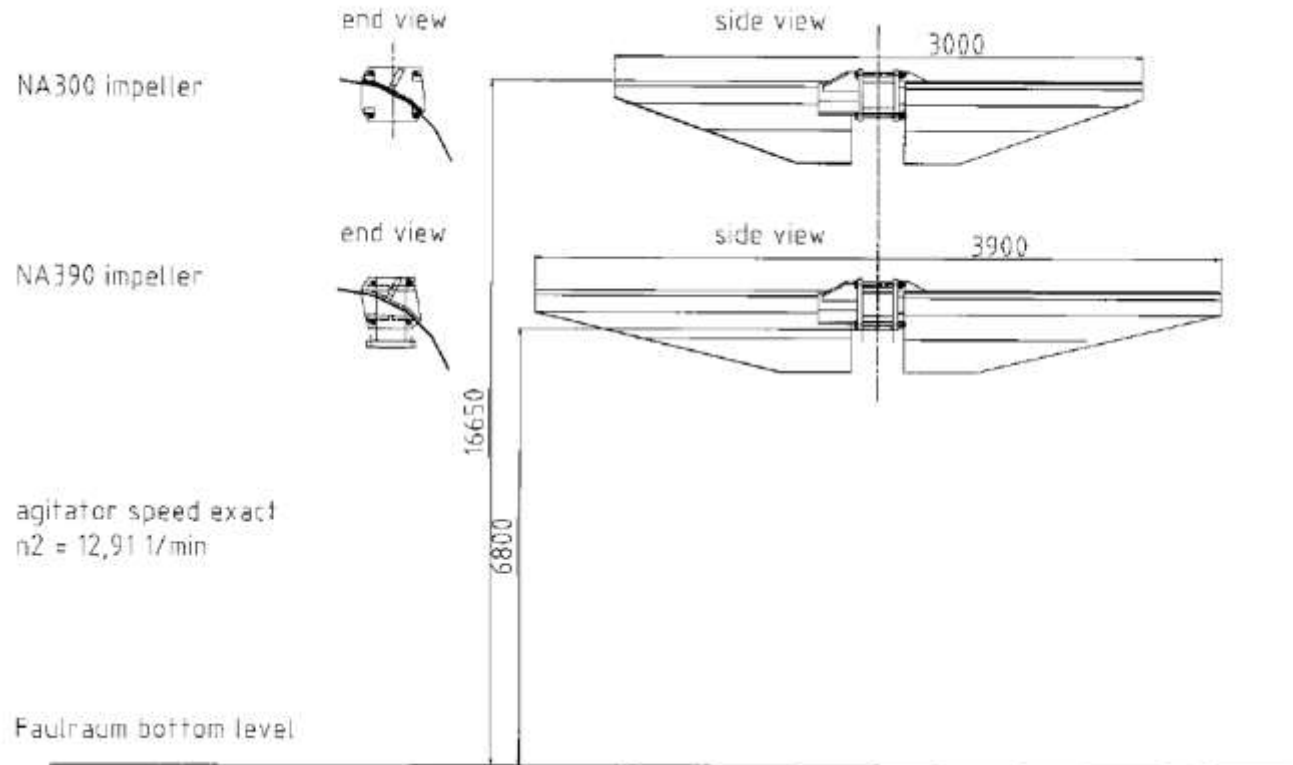
Zum Vergleich: Konzept 5 mit Wasser
simuliert...

Simulation Faulraum



Vorschlag für Vertikalrührwerk gemäss Japrotek (Vaahto Group): 1. Propeller 6.8 m über dem Boden, 2. Propeller 16.65 m über dem Boden (siehe techn. Offerte)

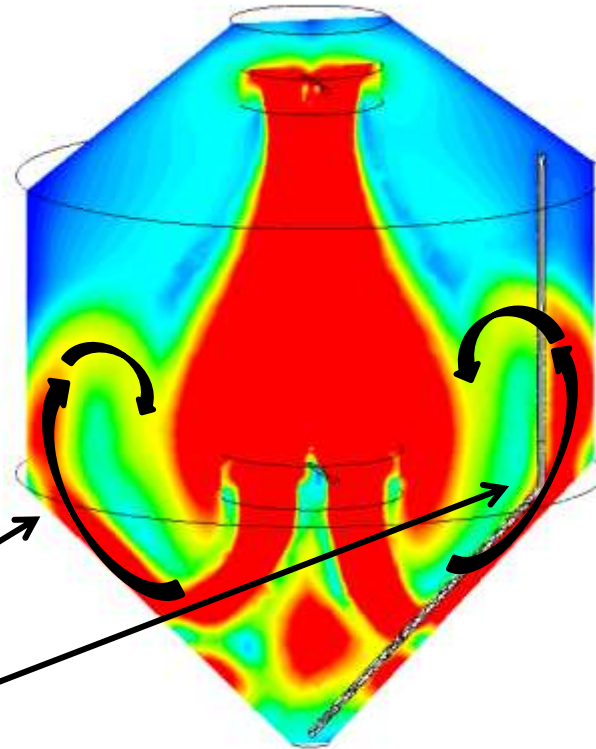
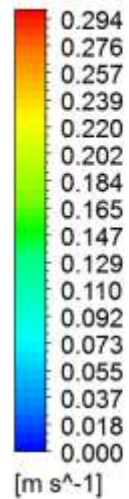
Simulation Faulraum



Leistung: 4kW, 13 RPM

Simulation Faulraum

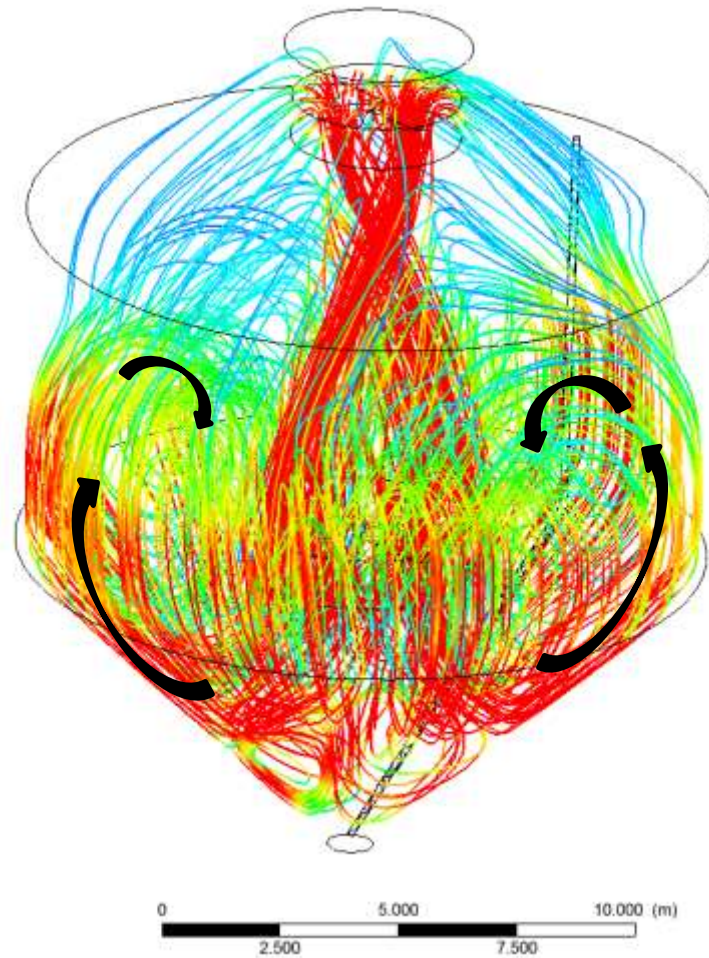
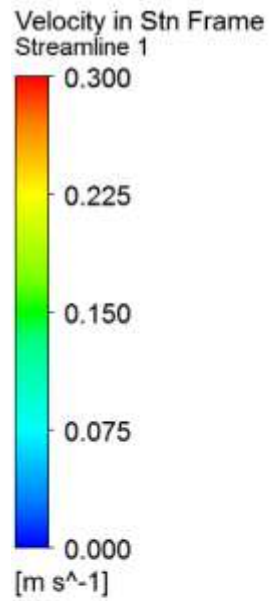
Velocity in Stn Frame
Contour 1



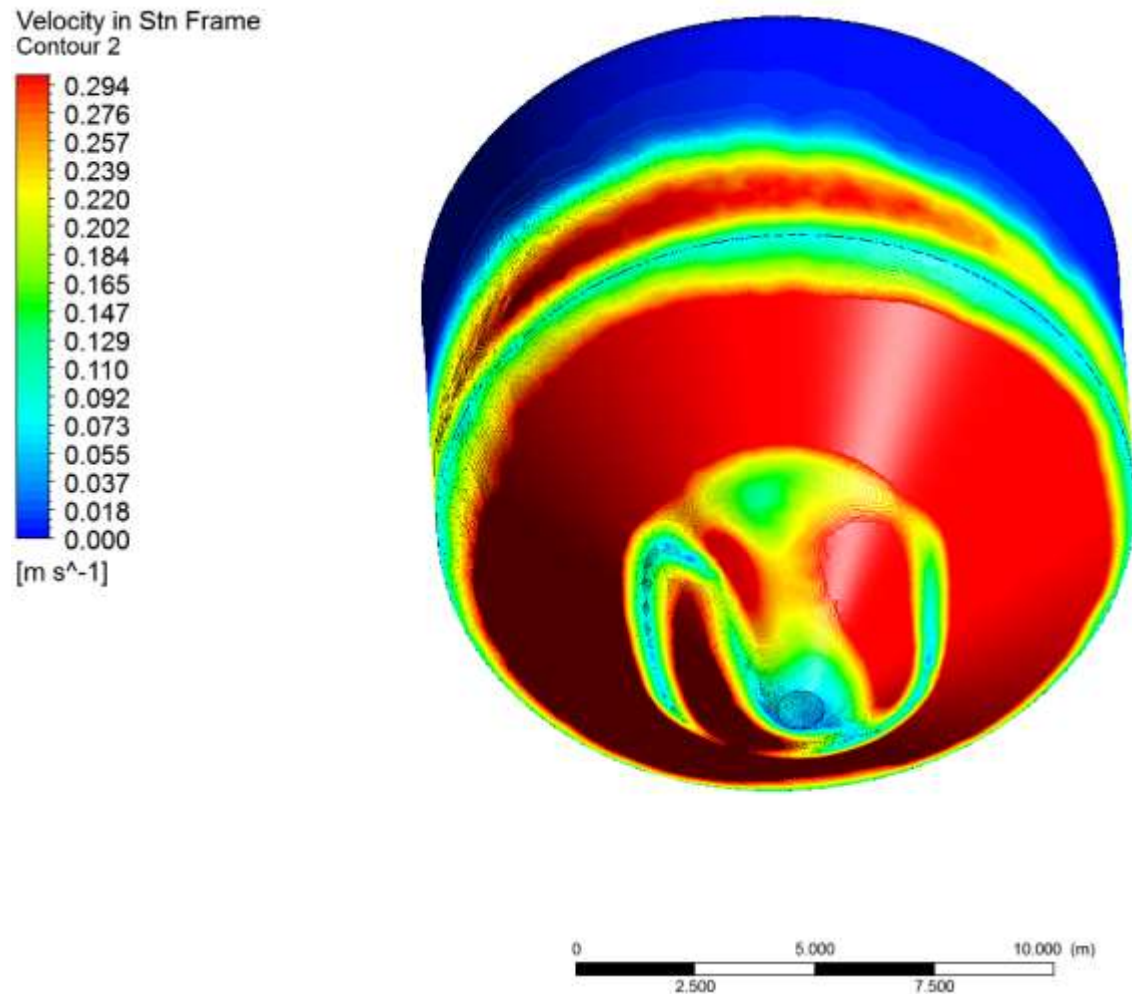
Bildung eines Wirbelrings



Simulation Faulraum



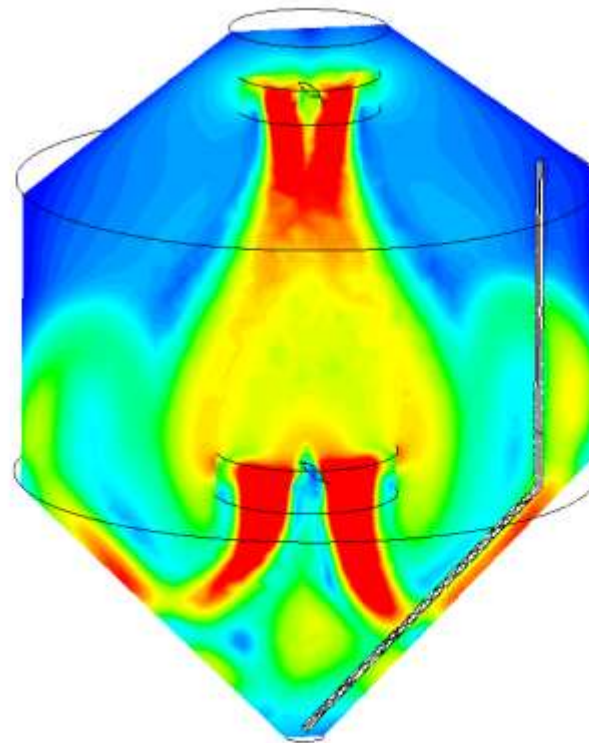
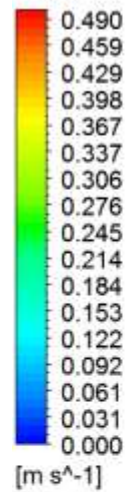
Simulation Faulraum



Strömungsgeschwindigkeit auf der Wand, Ansicht von unten, $v_{\max} = 0.3 \text{ m/s}$

Simulation Faulraum

Velocity in Stn Frame
Contour 1



Transiente Lösung -> Video!

Fragen und Diskussion

