



► Maßgefertigte Tankmischsysteme



THE EJECTOR COMPANY

Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen
und Tankmischsysteme

Geeignet für unterschiedlichste Mischaufgaben

Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen

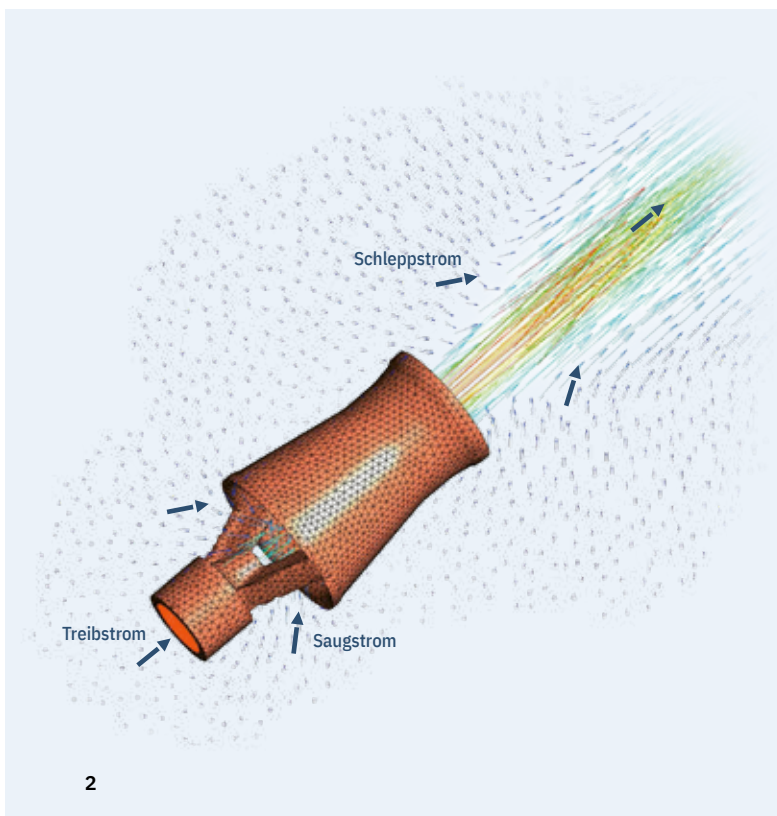
Körting Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen werden zu maßgeschneiderten Tankmischsystemen zusammengefügt, welche sowohl für kontinuierliche als auch für diskontinuierliche Mischaufgaben eingesetzt werden. Diese sind vollwertiger Ersatz für mechanische Rührwerke und übertreffen in den meisten Fällen deren Mischergebnis.

FUNKTION

Ein Flüssigkeitsstrom wird dem Tank entnommen und mittels einer Pumpe als Treibmedium der Mischdüse zugeführt. Innerhalb der Mischdüse wird Druckenergie in kinetische Energie umgewandelt. Am Ausgang der Treibdüse wird ein Unterdruck erzeugt, durch den umgebende Flüssigkeit angesaugt wird.

In der nachfolgenden Mischstrecke wird die Treibflüssigkeit intensiv mit der angesaugten Flüssigkeit vermischt und durch Impulsaustausch beschleunigt. Der Mitrißeffekt des austretenden Flüssigkeitsstromes, welcher die Mischdüse verlässt, verstärkt die Mischwirkung signifikant.

Funktionsweise einer Körting Mischdüse



VORTEILE DER KÖRTING TANKMISCHSYSTEME

- **niedriger Energiebedarf**
- **keine Dichtungsprobleme**
- **geringe Investitionskosten**
- **keine undurchmischten Totzonen**
- **verschleißarme langlebige Düsen**
- **keine Wartung im Tank**
- **vollständige Durchmischung des Tankinhalts**
- **optimiert mit (CFD) Computational Fluid Dynamics**

BETRIEB

Mischdüsen bestehen aus einer Treibdüse und einer Mischstrecke. Das flüssige Treibmedium, welches unter Druck durch den Treibanschluss der Düse zugeführt wird, wird normalerweise dem Tank über eine trocken aufgestellte mechanische Pumpe entnommen. In der Mischdüse wird der statische Druck des Treibmediums in Geschwindigkeit umgesetzt und dadurch ein Unterdruck an den Saugöffnungen der Düse erzeugt. Durch den Unterdruck an den Saugöffnungen wird ein Saugstrom erzeugt.

Saug- und Treibstrom werden sowohl in der turbulenten Zone am Auslass der Treibdüse, als auch in der nachfolgenden Mischpassage intensiv vermischt und daraufhin als Mischstrom in den Tank gefördert. Das Volumenverhältnis von Saug- zu Treibstrom beträgt in etwa 3:1. Der Mischstrom verlässt die Mischdüse mit einer relativ hohen Geschwindigkeit und trifft dabei auf die Flüssigkeit im Tank. Als Folge dieses Zusammentreffens entsteht ein Mitrißeffekt, so dass als Summe von Treib-, Saug- und Mitrißstrom die Flüssigkeit im Tank in Bewegung gesetzt wird.

Das Volumenverhältnis von Mitriß zu Treibstrom beträgt zwischen 12 - 80. Mit 1m³/h Treibstrom können bis zu 80 m³/h bewegt werden.

ANWENDUNGSVORAUSSETZUNGEN UND -GRENZEN

Treibstrom und Saugstrom werden innerhalb der Mischstrecke hinter der Treibdüse vermischt. Dadurch verlässt ein homogen vermisches Fluid als Mischstrahl die Mischstrecke.

Wenn die physikalischen Eigenschaften der zu mischenden Flüssigkeit ähnlich der von Wasser sind, beträgt das Mischungsverhältnis von Treib- zu Saugstrom 1:3. Durch die Austrittsgeschwindigkeit und den dadurch verursachten Mitreißeffekt wird so viel umgebende Flüssigkeit in Bewegung gesetzt, dass der eingesetzte Treibstrom vervielfacht wird. Bei Flüssigkeiten mit hoher Viskosität werden das Mischungsverhältnis und der Mitreißeffekt geringer.

Die Anwendungsgrenze für die Mischdüsen ist dann erreicht, wenn die Viskosität der zu mischenden Flüssigkeit so hoch ist, dass eine Förderung mit Kreiselpumpen nicht mehr möglich ist. Der Treibstromdurchsatz durch die Mischdüsen einer bestimmten Größe wird durch den Treibdruck bestimmt. Wenn der Treibstrom dem zu durchmischenden Tank entnommen wird, müssen für den

notwendigen Treibdruck sowohl die maximale Flüssigkeitshöhe im Tank, als auch die Reibungsverluste im Rohrleitungssystem mit berücksichtigt werden.

Soll der Treibstrom nicht dem zu durchmischenden Tank entnommen werden, muss die maximale Flüssigkeitshöhe über dem Auslass der Mischdüsen bei der Festlegung des notwendigen Treibdruckes berücksichtigt werden.

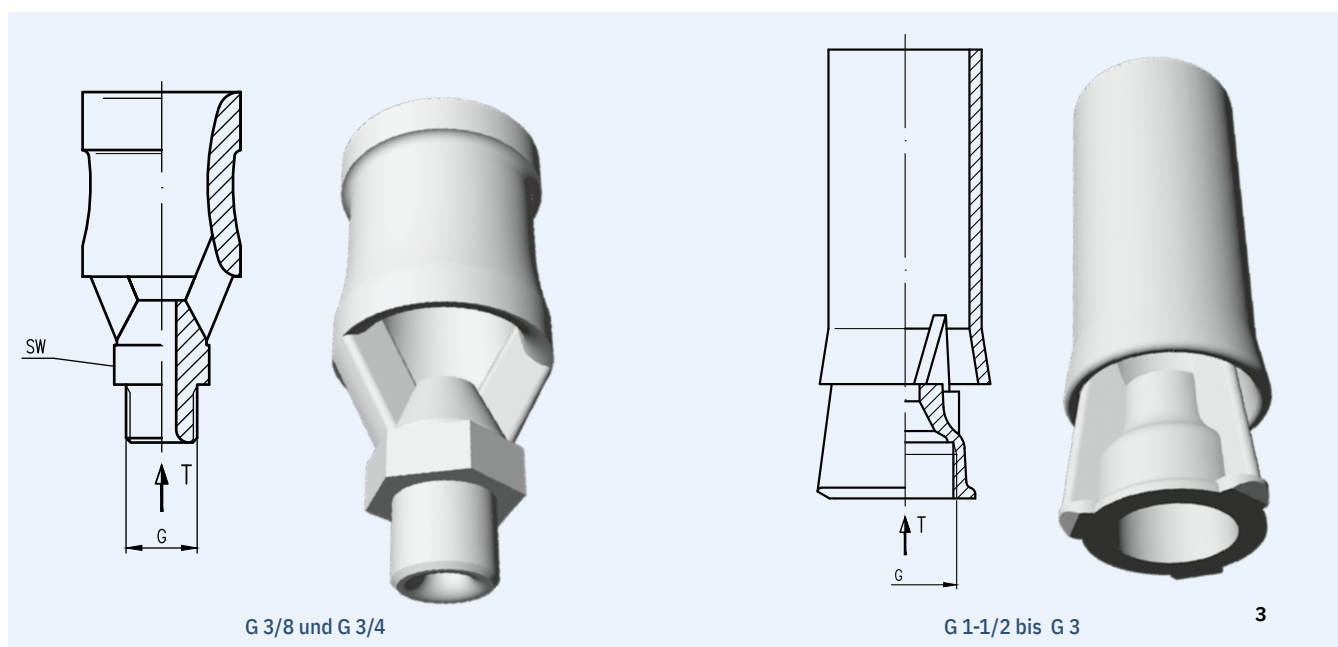
Tanks von 1 m³ bis zu 100 000 m³ können ausgerüstet werden.

Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen eignen sich für alle Arten von Tanks:

- Lagertanks z. B. für Speiseöl, Kraftstoffe, Schmieröl, Abwasser
- Reaktoren
- Neutralisations-Becken
- SBR-Becken
- als Entleerungshilfe

Größe	Metalle		Kunststoffe	
	CrNi-Stahl	GJS	PP	PTFE
G 3/8	•	•	•	•
G 3/4	•	•	•	•
G 1-1/2	•	•	•	
G 2	•	•	•	
G 3	•	•	•	

- verfügbar ab Lager, alle anderen Materialien und Größen auf Anfrage



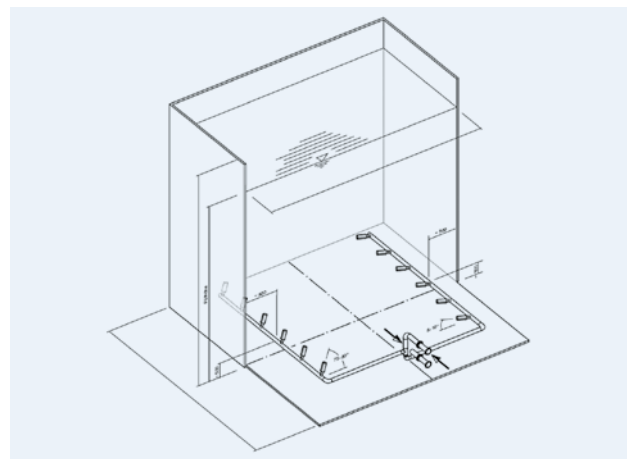
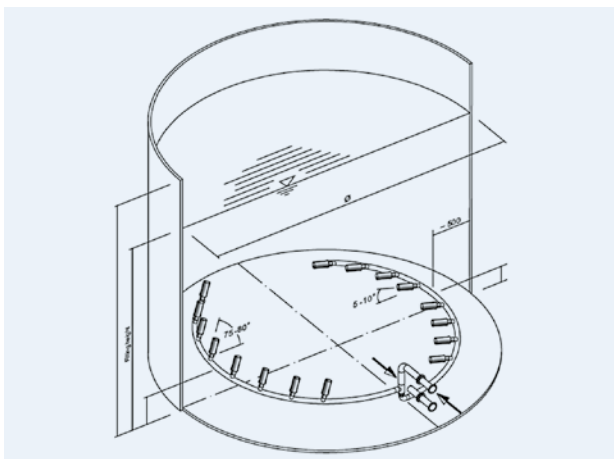
Aufbau und Funktion eines Tankmischsystems

Das Ziel der Körting Hannover GmbH ist es, für jeden einzelnen Tank ein maßgeschneidertes Tankmischsystem auszulegen. Die Aufgabe eines Tankmischsystems ist die Erzeugung einer Flüssigkeitszirkulation des kompletten Flüssigkeitsvolumens, welche eine vollständige Durchmischung bewirkt und Sedimentationsprozesse zuverlässig verhindert. Eine zielgerichtete Strömung wird vom Mischsystem erzeugt. Dadurch werden Strömungsgeschwindigkeiten erreicht, die größer sind als die Sinkgeschwindigkeiten der in der Flüssigkeit enthaltenen Partikel, so dass keine Sedimentationsvorgänge stattfinden können. Das Prinzip kann anhand der beiden Abbildungen unten erläutert werden.

Die jeweilige spezifische Anzahl an Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen, welche Ergebnis der Auslegung ist, wird auf zwei Rohrleitungen nahe des Tankbodens und der Tankwand aufgeteilt. Anhand der Form der Tankwand wird die Formgebung der Rohrleitungen festgelegt. Für einen runden Tank sind die Zuleitungen zu den Mischdüsen halbkreisförmig, während für einen rechteckigen Tank gerade Zuleitungen Verwendung finden. Über die Zuleitungen werden die Mischdüsen mit dem notwendigen Treibstrom versorgt. Die Treibleitungen werden gegenüberliegend im Tank angeordnet. Durch entsprechende Halterungen werden die Leitungen über dem Tankboden, beziehungsweise an der Tankwand fixiert. Die Dimensionierung der Zuleitungen erfolgt unter Berücksichtigung normaler Fließgeschwindigkeiten, um die Reibungsverluste in den Rohrleitungen gering zu halten. Die Größe der jeweiligen Mischdüsen, deren Ausrichtung, z. B. der Installationswinkel sowie der Abstand von einer Düse zur nächsten sind weitere Ergebnisse der Auslegung.

Eine Düsenreihe zeigt entlang des Tankbodens, um die notwendigen Strömungsgeschwindigkeiten über dem Tankboden zu erzeugen. Die zweite gegenüberliegende Düsenreihe zeigt nach oben und erzeugt dadurch eine Aufwärtsströmung entlang der Tankwand. Durch diese zielgerichteten Strömungen wird eine Bewegung des kompletten Flüssigkeitsvolumens erzeugt. Um bei niedrigen Flüssigkeitsfüllständen Energie zu sparen, kann die nach oben zeigende Düsenreihe abgeschaltet werden. Jede unterschiedliche Düsengröße hat, in Abhängigkeit der Flüssigkeitseigenschaften der zu mischenden Flüssigkeit, eine bestimmte Reichweite des bewegten Flüssigkeitsstromes. Für sehr große Tanks kann es daher notwendig sein, eine dritte Düsenreihe in der Mitte des Tankbodens zu platzieren, um über der ganzen Tankbodenfläche die notwendigen Strömungsgeschwindigkeiten zu erzeugen. Bei sehr hohen Tanks wird die nach oben zeigende Düsenreihe weiter entfernt vom Tankboden platziert, um eine optimale Durchmischung des gesamten Flüssigkeitsvolumens zu erreichen.

Durch die Möglichkeit verschiedene Düsengrößen einzusetzen, die Düsenreihen an jede Tankform anzupassen, die Abstände zwischen den einzelnen Düsen zu verändern, die Installationswinkel zu variieren sowie durch Flexibilität beim Betrieb der unterschiedlichen Düsenreihen, ist die Körting Hannover GmbH in der Lage für jede spezifische Anwendung ein optimales maßgeschneidertes Mischsystem anzubieten. Aufgaben der Mischsysteme sind zum Beispiel eine komplette Homogenisierung, die Verhinderung von Ablagerungen, die Vermeidung von Temperaturschichtungen oder die vollständige Vermischung von verschiedenen Flüssigkeiten.



EIGENSCHAFTEN EINES TANKMISCHSYSTEMS FÜR SPEISEÖL

Die untenstehenden Bilder vermitteln einen guten Eindruck eines kompletten Tankmischsystems in einem Lagertank für Speiseöl. 17 Mischdüsen aus Edelstahl sind nahezu horizontal eingebaut während

gegenüberliegend 17 Mischdüsen nahezu vertikal eingebaut sind. Der Tank hat ein Volumen von 11 000 m³ bei einer Füllhöhe von 25 m und einem Durchmesser von 24 m.



Technische Daten:

- Zylindrischer Lagertank für Speiseöl
- 34 Mischdüsen aus CrNi-Stahl 2“
- Volumen 11 000 m³
- Höhe 25 m
- Durchmesser 24 m

Anordnung des Mischsystems:

Das Ergebnis unserer Auslegung ist eine Skizze als Einbauempfehlung für den Kunden, welche Informationen zum optimalen Einbau des Mischsystems im Tank enthält. Für Sonderfälle oder für ungewöhnliche Anwendungen führen wir hierzu Computersimulationen („CFD-Computational Fluid Dynamics“) durch, um diese Fälle bestmöglich bewerten zu können.

KOSTENEINSPARUNG

Nachfolgend eine Beispielrechnung des Energieeinsparpotenzials beim Einsatz von Körting Mischsystemen:

Tankabmessungen

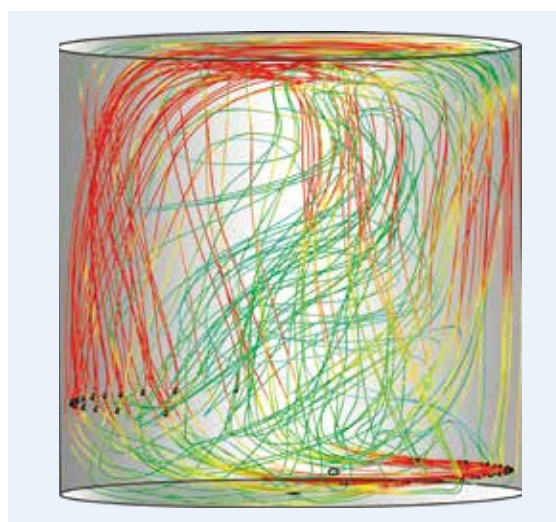
Durchmesser	27,6 m
Füllhöhe	10 m
Füllvolumen	5 983 m ³

Mischenergieeintrag

herkömmliches Umwälzsystem	10 W/m ³
Körting Tankmischsystem	4 W/m ³
Energieeinsparpotenzial	6 W/m ³

Rechnung

6 W/m ³ * 5 983 m ³	35,9 kW (35 898 W)
35,9 kW * 8 760 h/a	314 484 kWh/a
314 484 kWh/a * 8,6 Ct/kWh	27 046 €/a



Optimierung der Strömungsverhältnisse in einem zylindrischen Lagertank für Speiseöl durch dreidimensionale Computersimulation Vertikalschnitt; räumliche Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit als Farbrasterdarstellung

Die potentielle Energiekosteneinsparung in diesem Beispiel beträgt ca. 27 000 pro Jahr.

* 8,6 Ct/kWh = Elektrizitätskosten für Industriekunden in Deutschland, Wert für 2013

CFD-Grundlagen

Bei der Nutzung von numerischen Strömungssimulationsmodellen für Mischsysteme werden einige nützliche Vereinfachungen getroffen:

- stationäres Modell (nicht transient)
- turbulente Strömung, modelliert durch zwei Erhaltungsgleichungen
- numerisches Gitter mit tetraedrischen Zellen
- glatte Flüssigkeitsoberfläche
- Modellierung von Rohrleitungen und Rohrleitungshalterungen, wenn notwendig

NUMERISCHE STRÖMUNGSSIMULATION

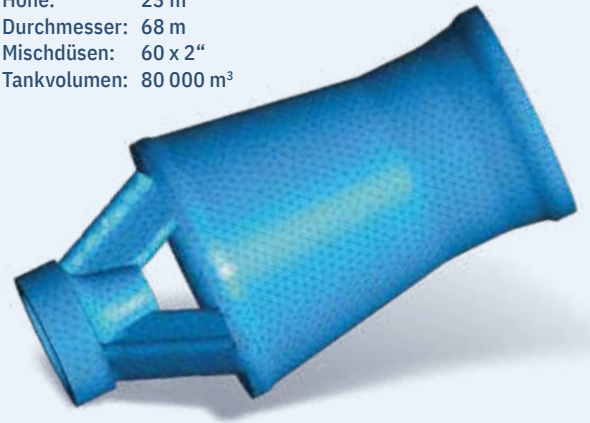
Ziel der durchgeführten numerischen Strömungssimulation ist eine, hinsichtlich der bereits genannten Auslegungsstrategie, optimale Anordnung der Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen im Tank. Als Basis der Untersuchungen wird ein mit Flüssigkeit gefüllter Tank gewählt.

Für kundenspezifische Untersuchungen können, mittels CFD, durch Wahl entsprechender physikalischer Stoffeigenschaften des Strömungsmediums bzw. spezieller Geometrievorlagen, die unterschiedlichsten Kombinationen aus Strömungsmedium und Tankgeometrie optimiert werden. Die zu untersuchende Tankgeometrie wird mit einem CAD-Programm nachgebildet. Die Geometrieinformation der einzelnen Flüssigkeitsstrahl-Mischdüse wird direkt aus CAD-Systemen, die im Produktionsprozess eingesetzt werden, in digitalisierter Form importiert. Anzahl, Lage und Ausrichtung der simulierten Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen im Tank werden festgelegt, so dass die komplette Tankkonfiguration digital nachgebildet wird.

Die gesamte simulierte Geometrie, bestehend aus allen Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen und dem Tank mit Pumpenstutzen, wird mit dem so genannten Gittergene-

NUMERISCHES SET-UP FÜR EINEN LAGERTANK

Höhe: 23 m
Durchmesser: 68 m
Mischdüsen: 60 x 2"
Tankvolumen: 80 000 m³

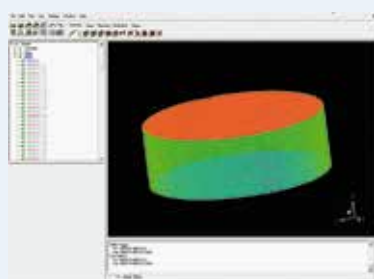


- Erstellung einer CAD-Datei
- Erzeugung eines numerischen Gitters
- Lösung der Erhaltungsgleichungen
- Ergebnisse der Berechnung

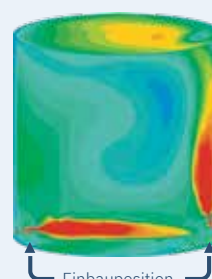
rator in ein Rechengitter umgewandelt, das die Basis für die numerische Strömungssimulation darstellt. Für jede der im Gitter erzeugten Zellen werden die strömungsmechanischen Grundgleichungen gelöst.

Das sind im Wesentlichen die Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie. Zur Berücksichtigung der Turbulenz werden zusätzlich zwei Erhaltungsgleichungen gelöst. Alle Erhaltungsgleichungen werden mit dem so genannten Gleichungslöser gelöst. Für die Berechnungen wird vereinfachend von stationären Strömungsverhältnissen ausgegangen. Der gesamte Simulationsprozess von der Gittergenerierung bis hin zur Ergebnisdarstellung erfolgt weitestgehend automatisiert.

Die geometrischen Randbedingungen für die Simulation sind zum einen die Abmessungen des Tanks (Füllhöhe, Durchmesser, Länge, Breite) sowie die Lage und Größe des Pumpenstutzens und zum anderen die Anzahl, Lage und Ausrichtung der Flüssigkeitsstrahl-Mischdüsen. Die betrieblichen Randbedingungen werden durch den Treibdruck an der Flüssigkeitsstrahl-Mischdüse und die physikalischen Stoffeigenschaften des Treibstromes festgelegt.



Geometrisches Set-Up eines Mischsystems

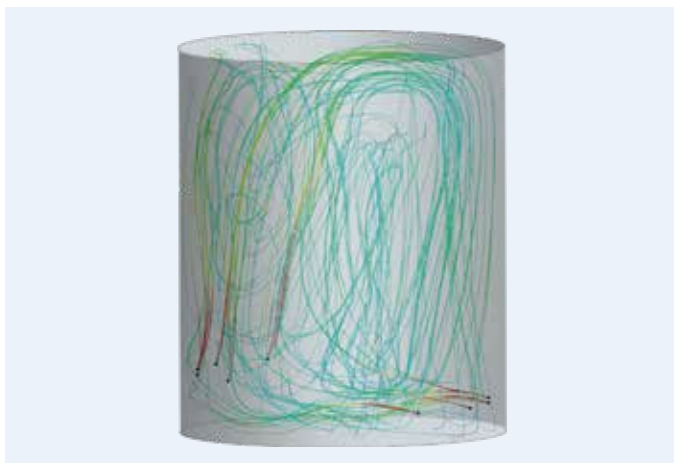


Optimierung des Flüssigkeitsstroms



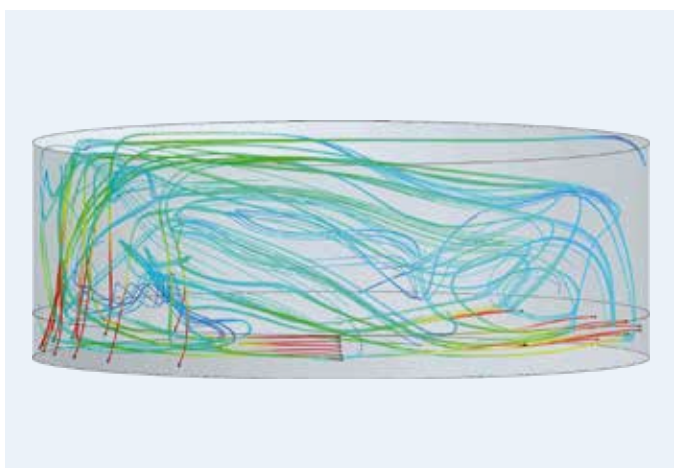
Geschwindigkeit [m s⁻¹]

BEISPIELE FÜR DIE ERGEBNISSE VON CFD-BERECHNUNGEN



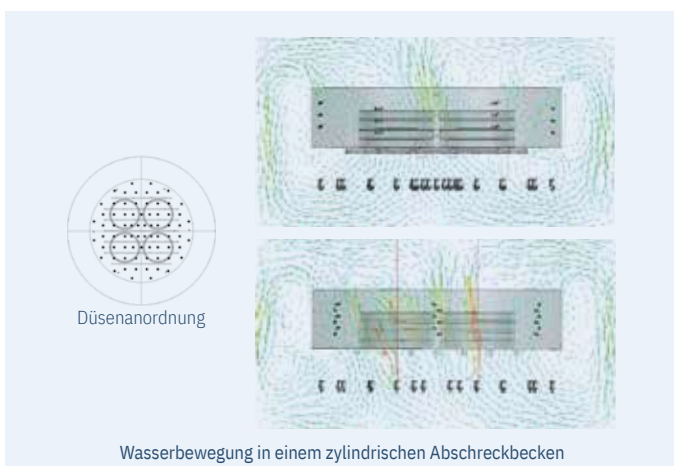
Speiseöltank

Höhe	30 m
Durchmesser	19 m
Mischdüsen	32 x 2"
Tankvolumen	8 500 m ³
Treibstrom	790 m ³ /h
Flüssigkeitsdichte	910 kg/m ³
Viskosität der Flüssigkeit	35 mPas
Mischleistung	5,2 W/m ³
durchschnittliche mittlere Strömungsgeschwindigkeit	0,17 m/s



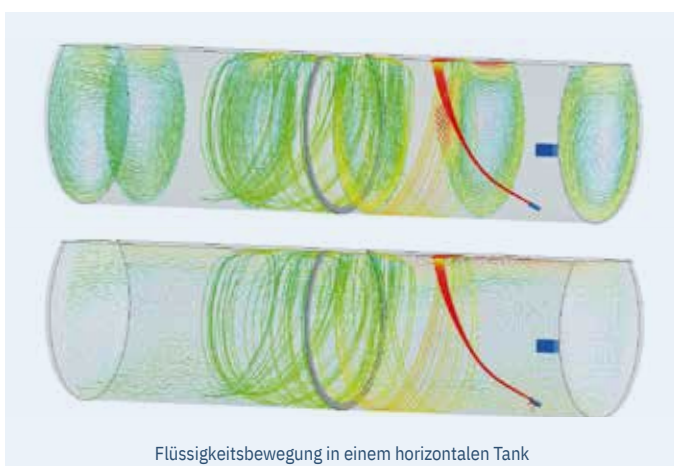
Speiseöltank

Höhe	14,6 m
Durchmesser	42 m
Mischdüsen	25 x 2"
Tankvolumen	20 200 m ³
Treibstrom	770 m ³ /h
Flüssigkeitsdichte	900 kg/m ³
Viskosität der Flüssigkeit	50 cpoise
Mischleistung	4,2 W/m ³
durchschnittliche mittlere Strömungsgeschwindigkeit	0,09 m/s



Abschreckbecken

Höhe	5 m
Durchmesser	9,2 m
Mischdüsen	18 x 3/4" + 74 x 2"
Tankvolumen	330 m ³
Treibstrom	1 900 m ³ /h
Mischleistung	320 W/m ³
durchschnittliche mittlere Strömungsgeschwindigkeit	0,8 m/s



Treibstofftank

Länge	16 m
Durchmesser	2,9 m
Füllhöhe	2,6 m
Tankvolumen	60 m ³
Treibstrom	12,8 m ³ /h
durchschnittliche mittlere Strömungsgeschwindigkeit	0,24 m/s



Körting Hannover GmbH

Badenstedter Str. 56

30453 Hannover

+49 511 2129-221

sales@koerting.de

KOERTING.DE

