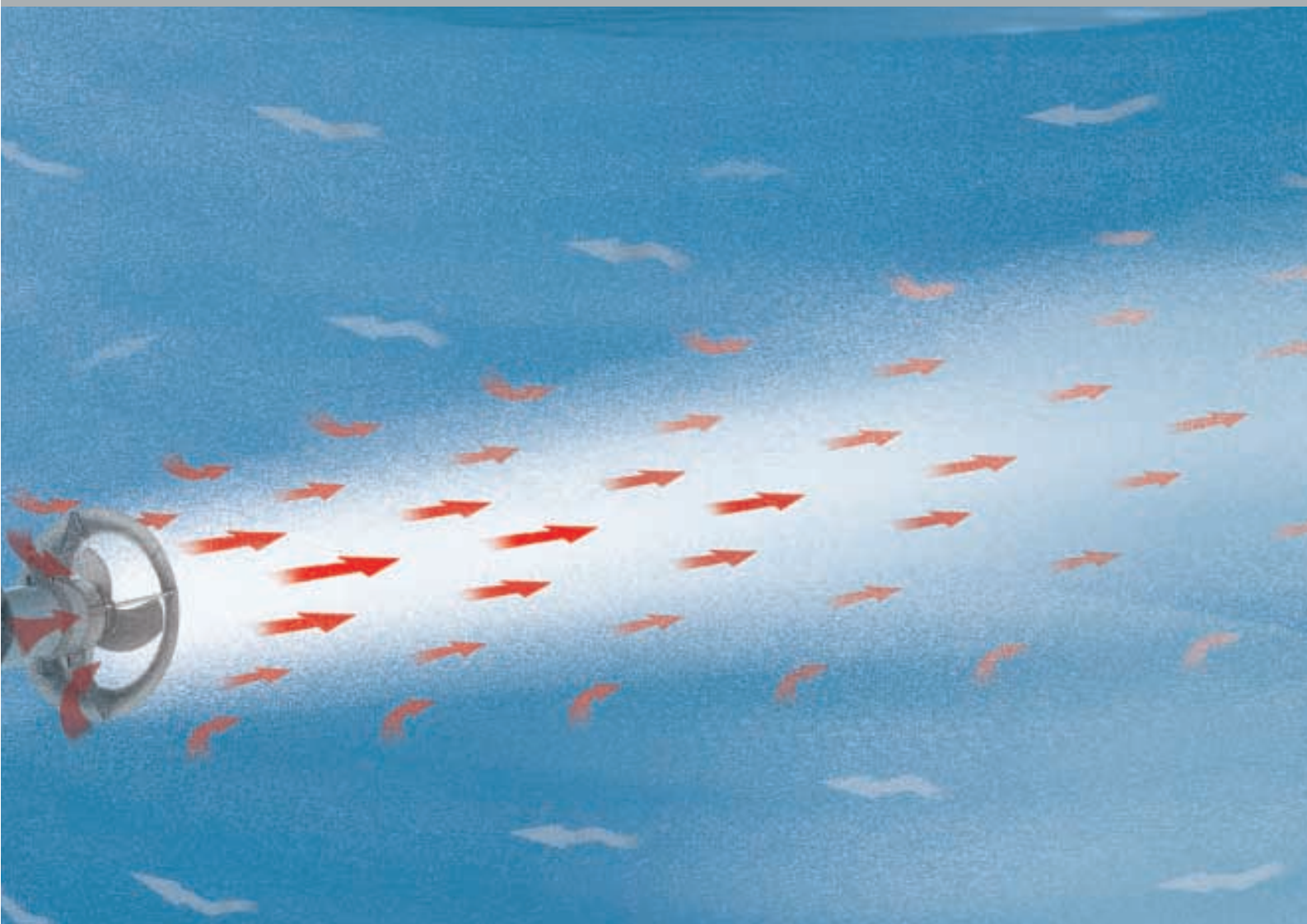


# Succesvol onderwatermengen

Theorie en praktijk



# Een mixer is het laatste dat u nodig heeft

De meeste klanten van Flygt zijn niet op zoek naar een bepaalde mixer. In plaats daarvan willen zij een rendabele mengoplossing voor het uitvoeren of verbeteren van hun proces – van het verbeteren van een biologisch proces tot het eenvoudig vrij van bezinsel houden van een tankbodem. Het bieden van kennis van toepassingen en vloeistofdynamica is daarom net zo belangrijk als het aanbieden van kwaliteitsproducten.

## Start met turbulentie en bulk flow

Alle mengprocessen vragen in verschillende mate zowel om kleinschalige turbulentie als bulk flow. Bij de meeste mengprocessen is er voldoende turbulentie in de tank en is het de kracht van de totale bulk flow die het rendement van het mengproces bepaalt. Dit geldt voor o.a. de volgende mengprocessen:

- Het in suspensie houden van vaste deeltjes
- Mengten
- Bescherming tegen gelaagde stroming
- Vloeistofcirculatie

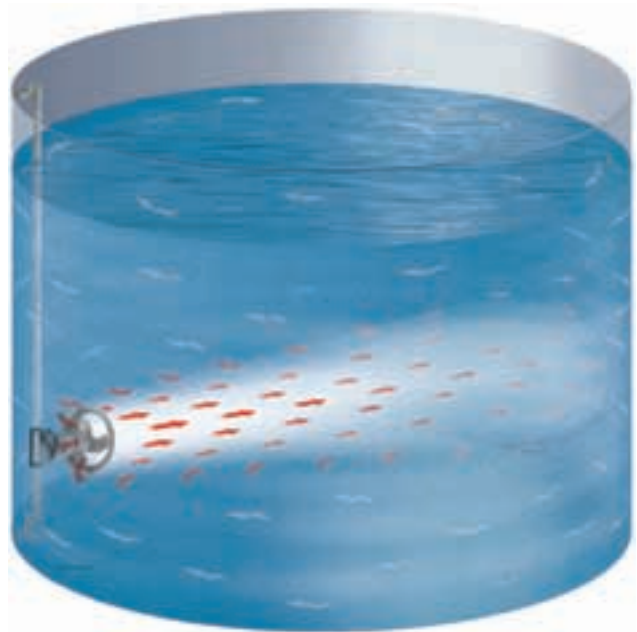
## Het mengresultaat meten

Veel operators en technici geloven dat mengprestaties moeilijk zijn te specificeren en te controleren. In sommige gevallen komt het slechte mengresultaat pas jaren later aan het licht. Wij bieden daarom uiteenlopende methoden voor het verifiëren van de mengresultaten.

## Beproefde methoden

Flygt heeft voor het meten van de totale hoeveelheid in suspensie gehouden vaste deeltjes een snelle, nauwkeurige methode ontwikkeld, gebruikmakend van een troebelheidsmeter.

Een andere beproefde methode is het meten van de vloeistofsnelheid. Alhoewel dit een indirecte meting van de mengresultaten is, zijn de vereiste snelheidswaarden voor diverse toepassingen vastgelegd en geaccepteerd. Een belangrijk voordeel is dat de snelheden zowel duidelijk gespecificeerd als nauwkeurig meetbaar zijn.



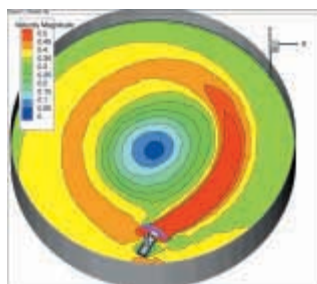
*De praktisch onbeperkte mogelijkheden van plaatsing en richting worden benut voor het verkrijgen van een krachtige bulk flow. Bij het mengen van grote volumes bijvoorbeeld komt dit zeer goed van pas.*



*Het meten van vloeistofsnelheden met behulp van een akoestische doppler-snelheidssensor (ADV) die op een PC is aangesloten.*



*De troebelheidsmeter: een sensor aangesloten op een handcomputer voor het on-line meten van de biovloekconcentratie.*



De verschillende bodemschuifspanningen (aangegeven met diverse kleuren) helpen bij het vermijden van bezinking.

**Hoe kunt u het beste meten**

Kennis van de beste manier voor het verzamelen en beoordelen van gegevens is net zo belangrijk als het selecteren van de meetapparatuur.

De concentratie van een massa stromende vloeistof vertoont altijd schommelingen, zodat de meettijden lang genoeg moeten zijn om de gegevens die van belang zijn te verkrijgen. Hoe frequent en hoe lang moet worden gemeten kan men snel berekenen door het signaal met een PC-programma te analyseren.

Een andere belangrijke factor bij het verkrijgen van resultaten die zowel nauwkeurig als relevant zijn, is de keuze van de meetpunten. Het gebruik van een Gaussiaanse kwadratuurtabel met meetpunten en het op een andere manier wegen van die meetpunten, levert een grotere nauwkeurigheid op dan een traditionele, gelijkmatige verdeling.

**Het gebruik van computers om optimale resultaten te verkrijgen**

Door de ontwikkeling van de verwerkingscapaciteit van computers is het toepassen van CFD (Computational Fluid Dynamics = vloeistofdynamica met computerverwerking) in toenemende mate een krachtig gereedschap geworden in alle disciplines van de vloeistofdynamica. Dit is tevens het geval bij het ontwikkelen van kennis van de mengprocessen.

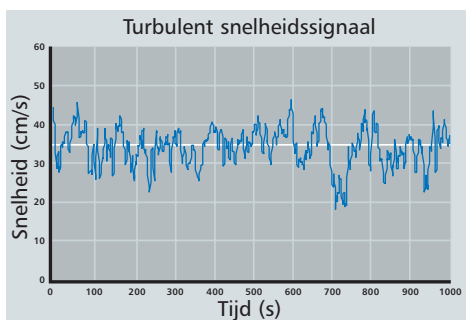
Men kan van het totale stromingspatroon in een tank, dat de straal van een mixer ondergedompeld in een vloeistof opwekt, een zeer nauwkeurig model maken. Parameters zoals de verdeling van de bodemschuifspanning, de gemiddelde snelheid en de snelheidsverdeling verkrijgt en verwerkt men op verschillende manieren. Bij toepassingen zoals het in suspensie houden van vaste deeltjes, waar de bodemschuifspanning aangeeft hoe goed bezinksel op verschillende plaatsen op de tankbodem opnieuw in suspensie wordt gehouden, is dit van onschatbare waarde.

**In het planstadium bewijzen dat uw ontwerp goed is**

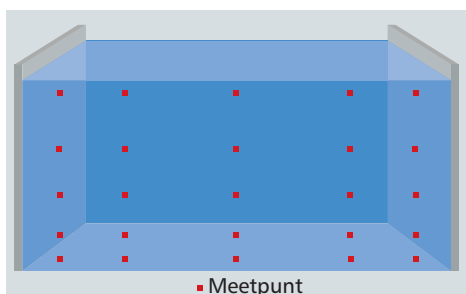
Door het gebruik van CFD kan men reeds in een vroeg stadium van de planning van een mixertoepassing een groot aantal gegevens en samenhangende parameters verkrijgen. Flygt kan u helpen bij het uitvoeren van dergelijke analyses.



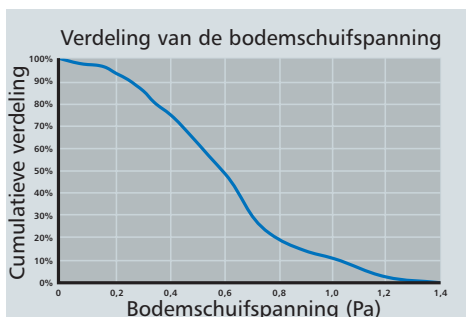
Flygt CFD-rapport.



Het signaal moet over een voldoende lange tijdperiode gemeten worden. Een kenmerkende periode is minimaal 2 minuten.



Een Gaussiaanse kwadratuurtabel met meetpunten verbetert de nauwkeurigheid van de gemiddelde waarden.



Afbeelding van het gedeelte van het bodemoppervlak waar een bepaalde schuifspanning, of hoger, optreedt.

# Wat wilt u mengen?

Informatie over de fysische en chemische eigenschappen van de vloeistofinhoud is bij een nauwgezette keuze van mengapparatuur zeer belangrijk. Het is met name van belang dat u de waarde van de inwendige wrijving van de vloeistof weet. Hoe hoger de inwendige wrijving des te 'dikker' lijkt de vloeistof. De viscositeit en de vloeispanning zijn de twee belangrijkste parameters die men voor het omschrijven van de inwendige wrijving gebruikt.

## Eenvoudige Newtonse vloeistoffen

Men geeft de inwendige wrijving van een vloeistof over het algemeen weer in een reogram. Bij eenvoudige vloeistoffen zoals water is het verband tussen de inwendige wrijving en de afschuifsnellheid tussen de vloeistoflagen lineair. Een dergelijke vloeistof wordt ook wel een Newtonse vloeistof genoemd en de helling van de lijn geeft zijn viscositeit weer.

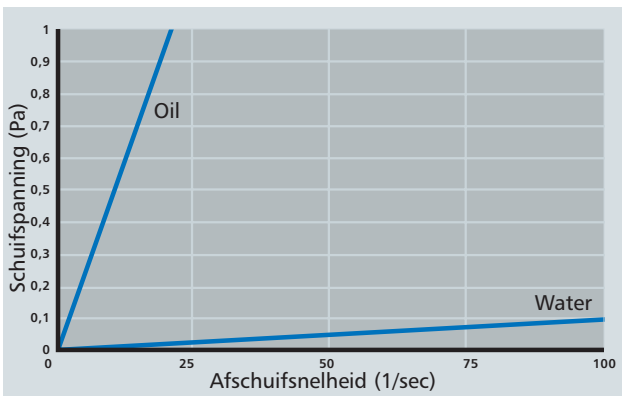


*Flygt kan u assisteren bij het uitvoeren van reologietesten op vloeistoffen met een onbekende viscositeit.*

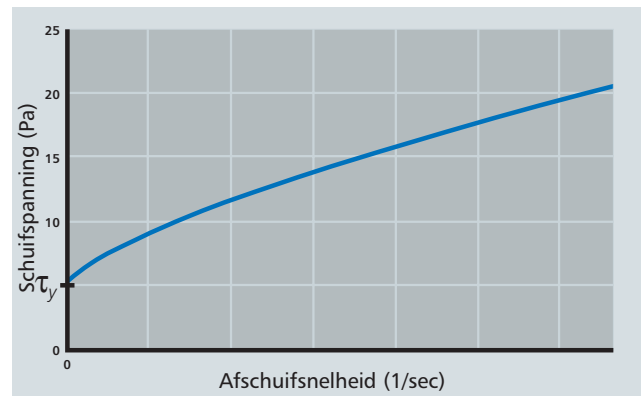
## Complexer vloeistofgedrag

Veel vloeistoffen gedragen zich anders dan Newtonse vloeistoffen en dit geldt voornamelijk voor vloeistoffen met in suspensie gehouden vaste deeltjes, vezels en biovlokken. Bij bepaalde concentraties beginnen de in suspensie gehouden vaste deeltjes daadwerkelijk op elkaar in te werken, waardoor zij de inwendige wrijving van het mengsel vergroten.

Vloeistoffen met in suspensie gehouden vaste deeltjes hebben vaak een inwendige wrijving die vloeispanning veroorzaakt. Dit is een drempelwrijving die eerst overwonnen moet worden voordat de vloeistof in beweging komt. Papierpulp, biologisch slib en yoghurt zijn voorbeelden van vloeistoffen met vloeispanning.



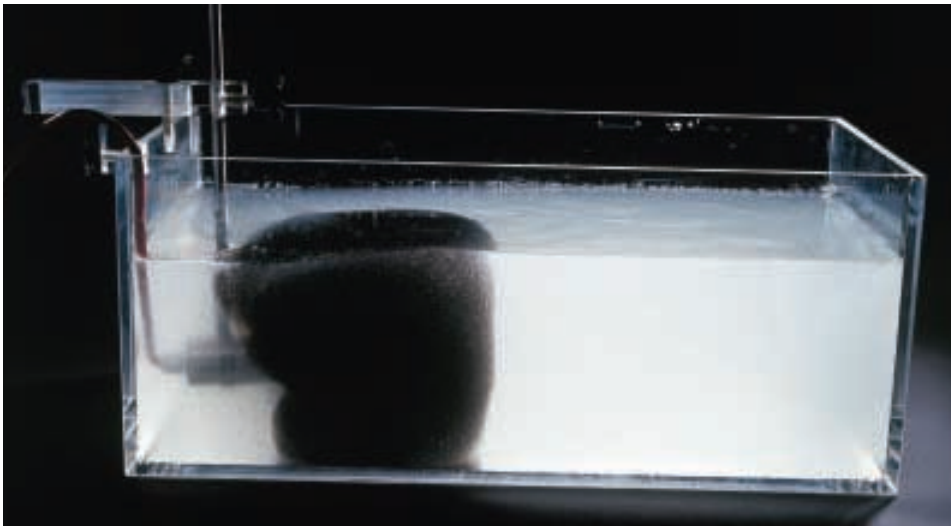
*Een reogram van water en motorolie. Het zijn allebei Newtonse vloeistoffen met echter een zeer verschillende viscositeit (zie tabel).*



*Een reogram van een vloeistof met een kenmerkende vloeispanning ( $\tau_y$ ). Deze drempelwrijving moet eerst overwonnen worden voordat de vloeistof in beweging komt.*

Vloeistof	Temperatuur (°C)	Viscositeit (cP=mPas)
Benzine	16	0,31
Schoon water	55	0,55
Schoon water	16	1,1
Olijfolie	55	22
Olijfolie	38	40
Motorolie	55	48
Motorolie	16	460
Shampoo	20	5000
Stroop	8	8000

*Voorbeelden van typische viscositeitswaarden (let op de sterke invloed van de vloeistoftemperatuur).*



Onvoldoende mengcapaciteit in een vloeistof met vloeispanning heeft tot gevolg dat de beweging van de vloeistof beperkt wordt tot de directe omgeving rondom de propeller (het donkere gebied).

### Waar u rekening mee moet houden bij het dimensioneren van de mixer

#### • Viscositeit

Naarmate de viscositeit stijgt, wordt de totale snelheid van de bulk flow in een tank lager vanwege de grotere wrijving tussen de tankwand en de vloeistof. De kleinschalige wervelingen nemen tegelijkertijd ook af. Bij toepassingen zoals het mengen van vloeistoffen moet daarom een mixer met een grotere capaciteit geïnstalleerd worden om het gewenste resultaat te verkrijgen. Bij toepassingen waar vaste deeltjes in suspensie moeten worden gehouden, biedt een hogere viscositeit soms voordelen, doordat de deeltjes dan langzamer bezinken.

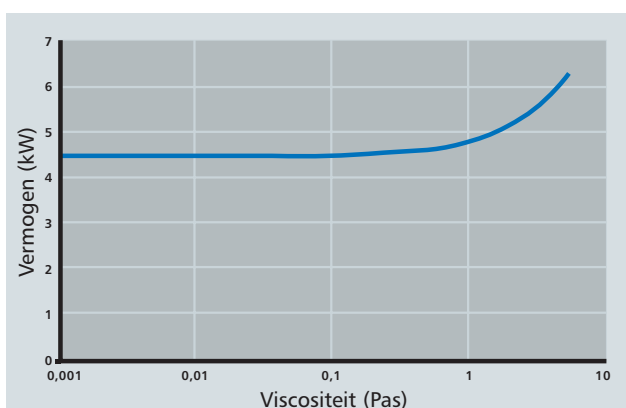
Het energieverbruik van een mixer is constant totdat de viscositeit zo hoog is dat er rondom de propeller nog maar zeer weinig wervelingen optreden.

#### • Vloeispanning

Bij toepassing in vloeistoffen met vloeispanning moet de mixercapaciteit zodanig gekozen worden dat de drempelwaarde voor het in beweging brengen van de vloeistof in de hele tankinhoud overwonnen wordt en niet alleen rondom de mixer. In tegenstelling tot in Newtonse vloeistoffen zal een ontoereikende mixercapaciteit in een vloeistof met vloeispanning volledig dode zones tot gevolg hebben, waar totaal geen menging plaatsvindt.

#### • Soortelijk gewicht

Een hoog soortelijk gewicht geeft de mengstraal een grotere kracht. Hierdoor wordt de vloeispanning en de viscositeit gemakkelijker overwonnen en dit is gunstig voor het mengresultaat. Het energieverbruik heeft aan de andere kant echter een lineair verband met het soortelijk gewicht, zodat de motorcapaciteit meestal moet worden verhoogd om overbelasting te voorkomen.



Het energieverbruik van een Flygt 4660-mixer wordt pas beïnvloed door de toename van de viscositeit wanneer rondom de propeller nauwelijks wervelingen optreden.

Vloeistof	Vloeispanning (Pa)
Biologisch slib 4%	3-10
Mest 10%	3-7
Boorsuspensie	10-30
Papierpulp 4% (monster)	30
Yoghurt	3-20
Mosterd 25 °C	5-55
Tomatenketchup 25 °C	5-25
Bentonietslik 3%	8
Bentonietslik 6%	60
Chocolademousse	50-70

Voorbeelden van vloeispanningen. Concentraties en toevoegingsmiddelen hebben vaak een aanzienlijke invloed.

# Hoe kiest u een geschikte mixer voor de taak?

Een beslissende stap bij het definiëren van de juiste mengoplossing is het kiezen van de geschikte mixer. Hiervoor is informatie over de volgende belangrijkste parameters nodig:

## Mengtaken en te verwachten resultaat

Het te verwachten resultaat kan op verschillende manieren worden uitgedrukt. Bijvoorbeeld: in mengtijd, het handhaven van een bepaalde homogeniteit of als een vloeistofcirculatiesnelheid. De ouderwetse specificaties van het vereiste  $W/m^3$  maken zelden gebruik van moderne, doelmatige propellers en de mogelijkheden die het optimaal plaatsen van de mixers bieden.

## Vloeistofeigenschappen

De vloeistofeigenschappen zoals het soortelijk gewicht, de viscositeit en de vloeispanning beïnvloeden allemaal de mixerkeuze. Men kent de vloeistoffen vaak uit voorgaande ervaringen, maar het nemen van een proefmonster is vaak de beste manier om nauwkeurige informatie te verkrijgen voor het maken van de beste mixerkeuze.

## Tankgeometrie

Naast de tankgeometrie moet er tevens rekening worden gehouden met obstakels die de stroming belemmeren, zoals pijpen, kolommen en in- en uitvoeren van de tank.

## Installatiebeperkingen

Onderwatermixers hebben het voordeel dat de vrijheid in het plaatsen en richten zeer groot is, en bij het benutten van de kracht van de mengstraal moet hiervan gebruik worden gemaakt. Het is daarom belangrijk dat eventuele installatiebeperkingen bekend zijn.

De mixerkeuze moet resulteren in een maximale prestatie bij minimale investerings- en bedrijfskosten.

## De benodigde stuwkracht van de mengstraal berekenen

Bij de meeste algemene toepassingen wordt het mengresultaat bepaald door de stuwkracht van de totale bulk flow. In de tank treden over het algemeen zeer veel kleinschalige wervelingen op.



*Een mengstraal kan met minimale hydraulische verliezen een goede menging van grote volumes tot stand brengen.*

In een gemengde tank komt een bulk flow tot stand door het evenwicht tussen de stuwkracht van de mixer en de totale stromingsverliezen. Eenvoudig gezegd is dit de tweede wet van Newton voor bewegingen, toegepast op een vloeistofvolume (bij vloeistoffen wordt deze wet over het algemeen uitgedrukt in de Navier-Stokes-vergelijkingen).

**De stuwkracht van een mixer** is een onder standaardcondities uitgebreid geteste parameter voor de productprestaties. De stromingscondities in de tank kunnen de werkelijke stuwkracht echter nadelig beïnvloeden en bij het bepalen van de mixerkeuze wordt hiermee rekening gehouden.

**Het totale stromingsverlies** is opgebouwd uit verschillende factoren zoals de wrijving van de wand, bochtverliezen en verliezen door obstakels, bijvoorbeeld kolommen en pijpen. Als er wervelingen optreden nemen deze verliezen toe met het kwadraat van de stromingssnelheid.

*Bij het definiëren van een mengoplossing is de mixer-grootte van cruciaal belang.*



# Geplaatst voor optimaal mengen



*Een ruime mate van vrijheid in plaatsing en richting is één van de belangrijkste kenmerken van onderwatermixers.*

Een ruime mate van vrijheid in plaatsing en richting is één van de belangrijkste kenmerken van onderwatermixers. Hierdoor kan in elke tankvorm een effectief mengproces worden uitgevoerd.

De mengstraal kan zodanig gericht worden dat hij over een grote afstand werkt, aangepast aan de vorm van de tank. Zo kan een optimale bulk flow worden bereikt, met als resultaat effectiever mengen en een lager energieverbruik.

Een juiste plaatsing is eigenlijk een van de meest effectieve manieren voor het verkrijgen van een succesvol en doelmatig mengproces.

## **Bulk flow met straalaandrijving**

De door een onderwatermixer opgewekte straal

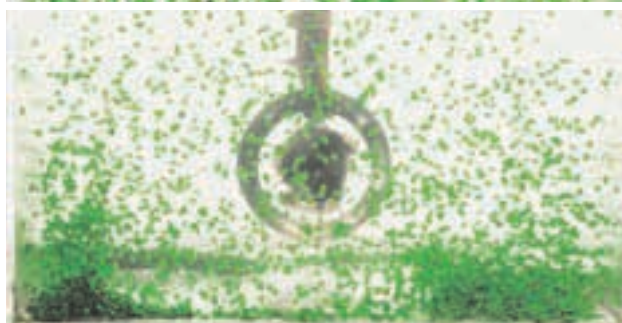
sleept de omringende vloeistof mee terwijl hij zich door de vloeistof verplaatst. Hoe verder de straal zich onbelemmerd kan ontwikkelen, des te groter de totale stromingssnelheid en des te krachtiger de in de tank aanwezige bulk flow. Deze bulk flow ontwikkelt zich zodanig dat hij vele keren groter wordt dan de primaire stroming die de mixerpropeller opwekt.

## **Maximale menging, minimale investering**

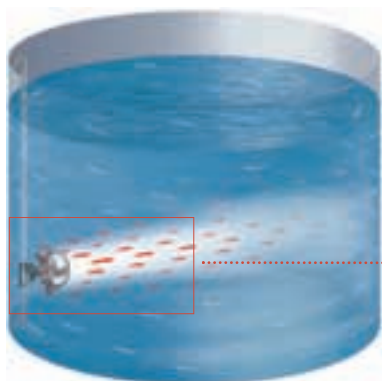
Bij mengtaken die door een bulk flow beheerst worden, zoals het in suspensie houden van vaste deeltjes en mengen, zijn er twee basisprincipes waarmee rekening moet worden gehouden:

- de straal moet zich over een lange afstand kunnen ontwikkelen
- de straal moet soepel tegen de tankbegrenzings afbuigen

Hiermee bereikt men zowel een bulk flow op maximaal niveau als een efficiënt mengproces, terwijl de investering en de bedrijfskosten optimaal zijn.



*Het belang van een goede plaatsing van de mixer: testresultaten met een mixer op een goede plaats (boven) en op een minder geschikte plaats (onder).*



*De primaire stroming van een mengstraal sleept de omringende vloeistof mee al naar gelang hij zich verbreedt. De totale bulk flow is meestal 15 tot 20 keer groter dan de primaire stroming die de mixerpropeller opwekt.*