

# Neue Platten-Phasentrenner zur Öl/Wassertrennung

Eberhard Runge\*)

Die Norddeutsche Filter-Vertriebs-GmbH (NFV), Hamburg, hat einen Platten-Phasentrenner zur Öl/Wasser-Trennung, dessen neueste Version beim europäischen Patentamt angemeldet ist. Nachfolgend eine detaillierte Beschreibung des mit großem Erfolg sowohl im Abwasser- als auch im Produktionsbereich eingesetzten Platten-Phasentrenners, der Herzstück des auf der diesjährigen SMM in Hamburg vorgestellten neuen Bilgenwasserentölers ist.

Seit mehr als 40 Jahren entwickelt und fertigt die NFV Anlagen und Systeme zur Trennung von Flüssig/Flüssig-Dispersionen. Ein Schwerpunkt der Entwicklungen lag bei der Trennung von Kohlenwasserstoffen aus Bilgen- und Ballastwasser.

Die Anforderungen im industriellen Bereich nach immer mehr Umweltschutz und das steigende Umweltbewußtsein sowie die verschärfte Gesetzgebung führen verstärkt zu Bemühungen, neben der herkömmlichen Abwasserreinigung, durch gezielt verbesserte Produktionsprozesse eine Reduzierung der Abwassermenge zu erreichen. In nahezu allen Industriezweigen besteht ein großes Potential, Hilfs- oder Produktionsbegleitstoffe, wie z. B. Kühlwasser, Schmieröle und Lösungsmittel, nicht einmalig oder nur kurzfristig zu verwenden und anschließend unreinigt zu entsorgen, sondern nach geeigneter Aufarbeitung langfristig im Produktions-Kreislauf zu halten. Neben dem Effekt der Umweltentlastung können damit in vielen Fällen auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht bedeutende Einsparungen erzielt werden.

Bei der Wiederaufbereitung von Flüssigkeiten kommt der Trennung von Emulsionen (Flüssig/Flüssig-Dispersionen) eine große Bedeutung zu. Dabei ist es wichtig, ein Verfahren zu wählen, daß eine Trennung bis zum geforderten Reinheitsgrad gewährleistet.

Die nachstehend näher beschriebenen Platten-Phasentrenner zeichnen sich durch einen neuartigen Aufbau und daraus resultierend eine optimierte Funktionsweise aus. Die wesentlichen Vorteile gegenüber herkömmlichen Abscheidesystemen liegen in ihrer Schmutz-Unempfindlichkeit, der drucklosen und kontinuierlichen Betriebsweise und einer hohen spezifischen Leistung mit einer Grenztröpfengröße von  $d < 20 \mu\text{m}$  bei einer Austritts-Restkonzentration von weniger als 15 ppm.

## Verfahrensbeschreibung

In einem Platten-Phasentrenner wird der Koaleszenzeffekt an geeigneten Profilen zur Abscheidung von feinsten Flüssigkeitstropfen ausgenutzt. Die Wirkungsweise kann wie folgt beschrieben werden:

## 1. Gravitation

Entsprechend den allgemein bekannten Gesetzen der Strömungsmechanik erfährt der Einzeltropfen der diskontinuierlichen Phase aufgrund der Dichtedifferenz zur Hauptphase eine nach oben (Auftrieb) bzw. nach unten gerichtete Geschwindigkeits-Komponente, die sich der Hauptströmung im Abscheider überlagert. Die Berechnung der Sink- bzw. Steiggeschwindigkeit erfolgt mit Hilfe des Stoke'schen Gesetzes:

$$V_p = \frac{\Delta \rho \cdot g \cdot d^2 \cdot \rho}{18 \cdot \eta}$$

Oft werden die Randbedingungen für die Gültigkeit dieses Gesetzes jedoch vernachlässigt:

a) Es gilt für Reynolds-Zahlen kleiner 0,1 wobei die Reynolds-Zahl definiert ist mit

$$Re = \frac{k \cdot \rho \cdot dp}{\eta k}$$

Bei Reynolds-Zahlen  $> 0,1$  treten beim Sinkverhalten der Tropfen erhebliche Abweichungen vom Stoke'schen Gesetz auf, weil:

- durch Tropfen-Verformung (keine starre Kugel) höhere Widerstandswerte erzeugt werden;
- der Einfluß der inneren Zirkulation im Tropfen vernachlässigt wird;
- der Viskositätseinfluß der diskontinuierlichen Phase nicht berücksichtigt wird;
- die Grenzflächenspannung nicht erfaßt wird.

b) Bei höheren Konzentrationen der diskontinuierlichen Phase übt das Schwarmverhalten der Tröpfchen einen dominierenden Einfluß aus; errechnet sich z. B. mit Hilfe des Stoke'schen Gesetzes eine Steiggeschwindigkeit von 3 mm/s, so beträgt der korrigierte Wert bei einer Konzentration von 5 % nur noch 2,6 mm/s und bei 25 % reduziert sich die Steiggeschwindigkeit drastisch auf gerade noch 0,85 mm/s.

## 2. Koaleszenz

Sobald sich der Einzeltropfen einer (der) Phasengrenze nähert, wird der Koaleszenzeffekt, wobei im Gegensatz zum gravitativen Effekt nur die Tröpfengröße und nicht die Konzentration der dispersen Phase von Bedeutung ist, da bei richtiger Auslegung

\*)Projekting. der NFV GmbH, Hamburg

und Berechnung der Gesamt-Oberfläche der Koaleszenz-Profile, keine Beeinflussung auftreten kann.

Der Begriff der Koaleszenz beschreibt in der Verfahrenstechnik das Zusammenfließen zweier Tropfen (Tropfen-Tropfen-Koaleszenz) oder das Einfließen eines Tropfens in die Mutterphase (Tropfen-Grenzflächen-Koaleszenz). Der Koaleszenzvorgang läuft in beiden Fällen ähnlich ab und ist für die Tropfen-Grenzflächen-Koaleszenz in Abbildung 1 dargestellt.

Es folgt unmittelbar, daß die Grenzflächen-spannung (Verformungsfähigkeit des Tropfens) und die Dichtedifferenz direkten Einfluß auf diesen Prozeß nehmen:

- große Dichtedifferenz und kleine Grenzflächen-spannung bewirken eine starke Deformation des Tropfens und somit eine Verlangsamung der Filmverdrängung.
- Umgekehrt bedeuten kleine Dichtedifferenz und große Grenzflächen-spannung eine geringe Verformung und günstige Voraussetzungen für Filmverdrängung.

Sehr wesentlich ist die Tatsache, daß der Koaleszenzeffekt durch die Anlagerung von Schmutz und die Adsorption oberflächenaktiver Substanzen, wie sie in praktisch jedem industriellen Prozeß vorkommen, ungünstig beeinflusst wird. Insbesondere der letztgenannte Faktor ist in vielen Anwendungsfällen von Bedeutung: Oberflächenaktive Stoffe reduzieren die Grenzflächen-spannung und verursachen eine Rückströmung in den verbliebenen Respart (Marangoni-Effekt). Um eine Beeinträchtigung des Abscheidungsvermögens zu vermeiden, ist die kontinuierliche Erneuerung der Phasengrenze, wie sie erst durch selbstreinigende Winkelprofile mit durchgehendem Spalt möglich wird, von sehr großer Bedeutung.

Konstruktiv einfachere Lösungen (z. B. Wellplatten, schräge Platten) ermöglichen diese Erneuerung der Phasengrenze nicht, es ist lediglich möglich, die Schichtdicke der abgetrennten Phase an den Wellplatten konstant zu halten.

Feststoffablagerungen in den Tälern von durchgehenden Platten verringern den Strömungsquerschnitt, führen zu einer höheren Strömungsgeschwindigkeit und verschlechtern das gravitative Abscheidungsvermögen. Darüber hinaus wird der Koaleszenz-Effekt



Abb. 1: Koaleszenz an der geneigten Profilfläche

- a) Der Tropfen nähert sich der Phasengrenze, wird verlangsamt, Tropfen und Phasengrenze verformen sich
- b) Der zwischengelagerte dünne Film der kontinuierlichen Phase fließt langsam ab, der Tropfen ruht scheinbar
- c) Der Restfilm reißt und der Tropfen vereinigt sich mit dem benetzenden Flüssigkeitsfilm auf dem Profil

behindert und Tropfen werden unkontrolliert an der Grenzfläche wieder abgelöst. Im äußersten Fall (Verstopfung) ist die Funktion vollständig blockiert.

### Berechnung der Abscheideleistung

Wie bereits vorstehend erläutert, erlaubt der spezielle Aufbau der Platten-Phasentrenner eine exakte Berechnung der Abscheideleistung, und zwar nicht nur für den praxisfernen Idealfall, sondern auch für den betrieblichen Anwendungsfall:

Bei Kenntnis der relevanten Verfahrens- und Stoffparameter wird mit Hilfe des Stokes'schen Gesetzes und unter Berücksichtigung der Randbedingungen zunächst die Zeit ermittelt, die die Tropfen der diskontinuierlichen Phase benötigen, um zur Phasengrenze zu gelangen.

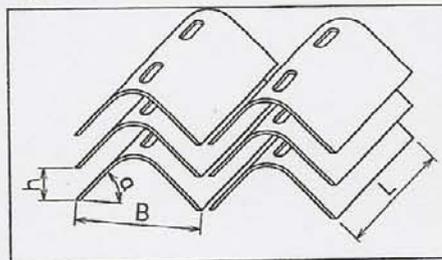


Abb. 2: Aufbau der Winkelprofile

Wesentlich aufwendiger ist die Koaleszenz-Berechnung eines Tropfens an der ansteigenden ebenen Grenzfläche oder Profilfläche: die Koaleszenzzeit  $t_k$  bis zum Einfließen des Tropfens in den Film errechnet sich aus den hydrodynamischen Bedingungen an der Grenzfläche, wobei die Koaleszenzzeit als Ausfließdauer des Grenzflächenfilmes zwischen Tropfen und Phasengrenze von einem Anfangswert 1 bis zur kritischen Grenzflächendicke definiert ist. Die Grundlagen und Randbedingungen für das Gleichungssystem beinhalten alle Verfahrensparameter und die geometrischen Abmessungen der Winkelprofile.

Mit einem speziell entwickelten Berechnungsverfahren, können für praktisch alle Trennprobleme u. a. folgende Parameter errechnet werden:

- Restkonzentration am Austritt
- minimale abscheidbare Grenztröpfengröße
- Hauptabmessungen des Platten-Phasentrenners
- Anzahl und Konfiguration der Koaleszenz-Profile

Eine integrierte Werkstoff- und Beständigkeitsdatei gibt gleichzeitig Hinweise und Informationen zu den möglichen Einsatz-Materialien für Behälter, Einbauten und Dichtungen.

### Zusammenfassung

Platten-Phasentrenner stellen eine unter verfahrenstechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten vorteilhafte Lösung dar, um

Flüssig/Flüssig-Dispersionen zu trennen, wobei das Tropfenabscheidungsvermögen für repräsentative Einsatzfälle bei  $d > 20 \mu m$  liegt. Die quasi differenzdrucklose Betriebsweise sowie die Schmutz-Unempfindlichkeit prädestinieren die Platten-Phasentrenner für die Abscheidung von Ölen, Lösungsmitteln und anderen Kohlenwasserstoffen aus Abwasser.

Aufgrund des variablen und anpassungsfähigen Konstruktionsprinzips und des breiten Werkstoff-Spektrums werden zunehmend Anwendungen bei der Reinigung von Flüssigkeitskreisläufen in Produktionsprozessen der verschiedensten Industriezweige erschlossen.