



FLÜSSIG-FLÜSSIG-EXTRAKTION

ENGINEERING · APPARATE · KOMPLETTANLAGEN

GERÜHRTE KOLONNEN

MIXER-SETTLER

MEHRKAMMERREAKTOREN

THERMISCHE VERFAHRENSTECHNIK

FLÜSSIG-FLÜSSIG-EXTRAKTION

■ ALLGEMEINES

Die Trennwirkung der Flüssig-Flüssig-Extraktion beruht auf der unterschiedlichen Löslichkeit eines Stoffes in zwei mehr oder weniger unlöslichen Phasen. Häufig ist eine der beiden unlöslichen Phasen Wasser. Es sind jedoch auch Prozesse mit unlöslichen Flüssigkeitspaarungen ohne Wasser bekannt.

Die Flüssig-Flüssig-Extraktion, auch Lösungsmittelextraktion genannt, eignet sich insbesondere zur Verarbeitung großer Mengen.

Durchsätze von 100.000 m³/h und mehr sind problemlos und mit noch kostengünstigen Apparateabmessungen realisierbar. Der Energieaufwand für die eigentliche Extraktion ist normalerweise vernachlässigbar gering, da einerseits meist bei Umgebungstemperatur gearbeitet wird und andererseits die eigentlichen Lösungsvorgänge keinen merklichen Energieaufwand erfordern. Allerdings benötigt praktisch jede Extraktion eine nachfolgende Regenerationsstufe - meist Rektifikation - für die Auftrennung von Extrakt und Extraktionsmittel, wobei letzteres typischerweise in den Prozess zurückgeführt wird.

Zusätzlich muss häufig auch die anfallende Raffinatphase einer Nachbehandlung zugeführt werden, da sie ebenfalls einen gewissen Anteil an gelöstem Extraktionsmittel enthält.

In Sonderfällen kann die Regeneration durch eine Rückextraktion (z.B. Metallextraktion) mit Säuren, Laugen oder einer Reaktionslösung mit entsprechend geringem Energieaufwand realisiert werden.

Die Wahl des geeigneten Extraktionsmittels richtet sich demnach nicht nur nach der Extraktionsselektivität, sondern ebenso nach der einfachsten und energetisch sparsamsten Regenerationsmöglichkeit des Extraktionsmittels.

■ VORTEILE

DER FLÜSSIG-FLÜSSIG-EXTRAKTION

Sehr große Durchsatzmengen

möglich, bei minimalem Energieaufwand
(Beispiel Erdölindustrie Aromaten/Aliphaten-Trennung)

Selektive Trennung

wo andere Verfahren, besonders Rektifikation, versagen oder sehr aufwendig sind (Beispiel Herstellung von wasserfreiem Pyridin)

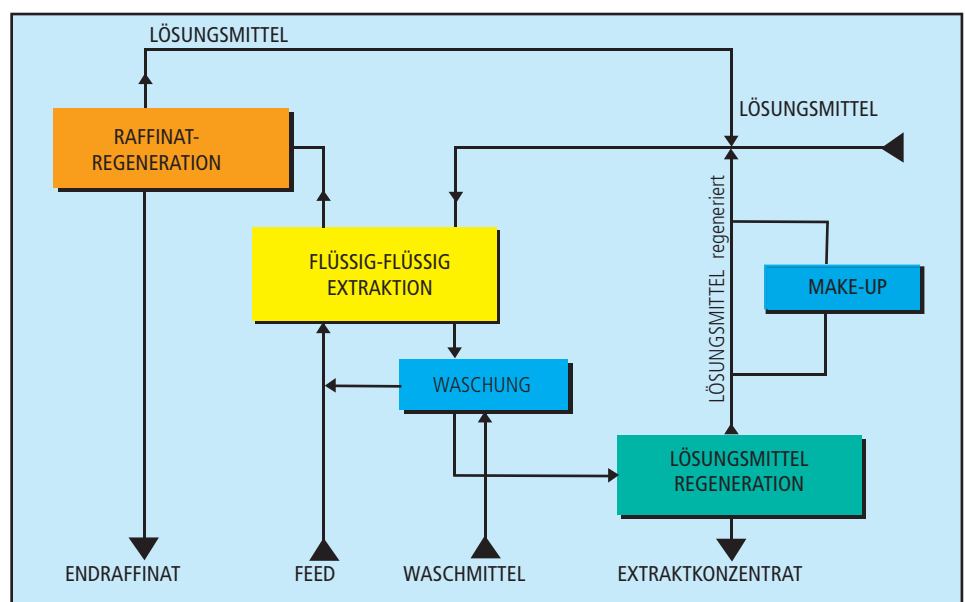
Thermisch schonende

Behandlung wärmeempfindlicher Stoffe, da die Extraktion meist bei Raumtemperatur durchgeführt wird
(Beispiel Vitaminherstellung)

Abtrennung kleiner Gehalte

höhsiedende Stoffe mit relativ kleinen Extraktionsmittelmengen
(Beispiel Phenol aus Abwasser)

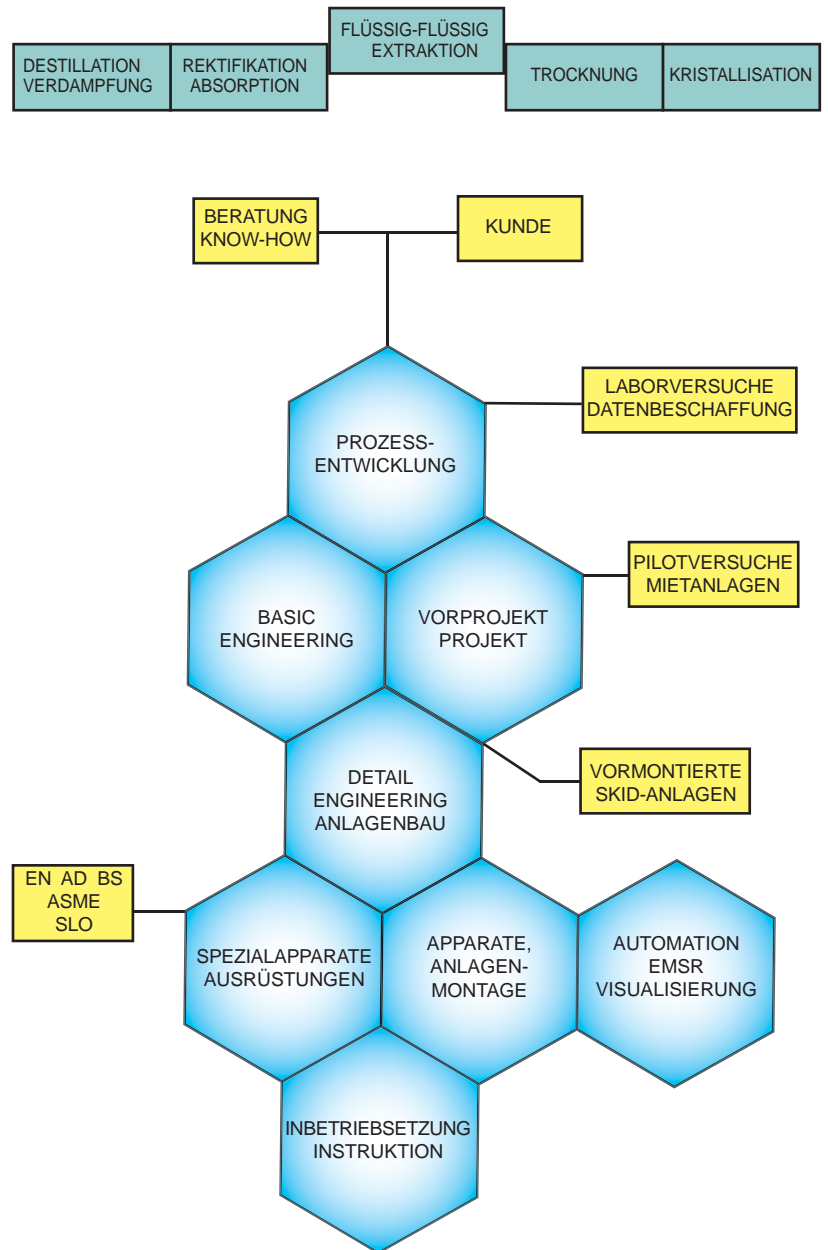
Flussdiagramm: Einsatz der Flüssig-Flüssig-Extraktion



■ LEISTUNGSKATALOG

Schulz+Partner GmbH liefert die gesamte Palette der Leistungen rund um die Flüssig-Flüssig-Extraktion. Wir beraten und unterstützen unsere Kunden bei der Erarbeitung ihrer Prozesse, von der Auswahl des Extraktionsmittels, über die Labor- und Pilotversuche sowie die zugehörige Regeneration, bis zur Lieferung der Apparate, Projektierung und Erstellung der Gesamtanlage.

Unser Know-how basiert auf der Erfahrung einer großen Anzahl bereits realisierter, industrieller Extraktionen. Die Vielzahl und Variation der bei der Flüssig-Flüssig-Extraktion einwirkenden Stoff- und Betriebsparameter hat zur Folge, dass auch im Zeitalter der Computersimulation nur Teilaspekte rechnerisch und mit brauchbarer Genauigkeit erfasst werden können. Versuche und Erfahrung sind unerlässliche Grundlagen für eine sichere Auslegung jedes Extraktionsprozesses.



Versuchsanlage im S+P-Technikum



GERÜHRTE KOLONNEN

FUNKTION

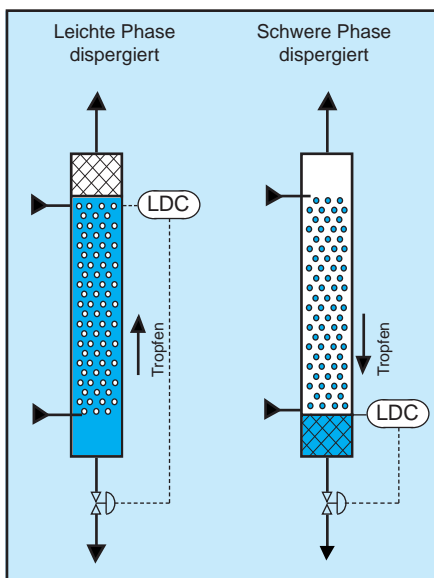
Die gerührte Extraktionskolonne ist wie kein anderer Apparatetyp universell und für praktisch alle Arten von Flüssig-Flüssig-Extraktion einsetzbar. Mit der Einschränkung, dass der Dichtunterschied der beiden Phasen minimal $0,05 \text{ kg/m}^3$ betragen muss und dass die Neigung zur Emulsionsbildung nicht allzu groß sein darf, sodass eine schonende Rührung möglich ist.

Entscheidende Vorteile sind

- Anpassung der Stufen- und Rührergeometrie an die stofflichen und betrieblichen Prozessgegebenheiten
- Optimale Tropfengröße mit variabler Rührerdrehzahl definiert einstellbar
- Unempfindlich gegenüber Feststoffanteil
- Wahlweise kann sowohl die schwere, als auch die leichte Phase dispergiert werden

Der mechanisch einfache Aufbau zusammen mit der extrem kleinen Rührerdrehzahl ermöglicht

- minimale Apparatkosten
- minimale Betriebskosten
- minimaler Energieaufwand



oben: Extraktionskolonne isoliert mit Antrieb
unten: nicht isolierte Extraktionskolonne

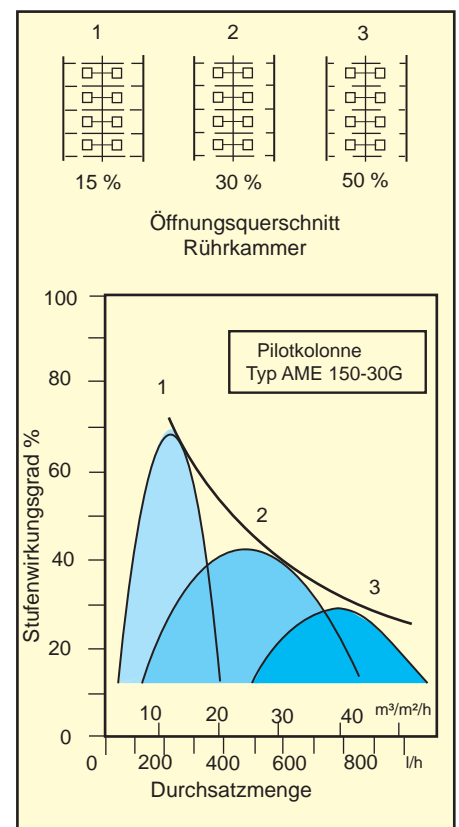
Schema links: Vergleich Dispersion von leichter und schwerer Phase

SICHERER SCALE-UP

Die sichere Übertragung der Ergebnisse vom kleinen Versuchsmaßstab auf große Industriekolonnen ist ein weiterer wichtiger Vorteil der gerührten Kolonne. Die Dispergier- und Fördereigenschaften der Rührer folgen eindeutigen, bekannten Gesetzmäßigkeiten, die sowohl für kleine (ab Kolonnendurchmesser 150 mm) als auch große Abmessungen gültig sind.

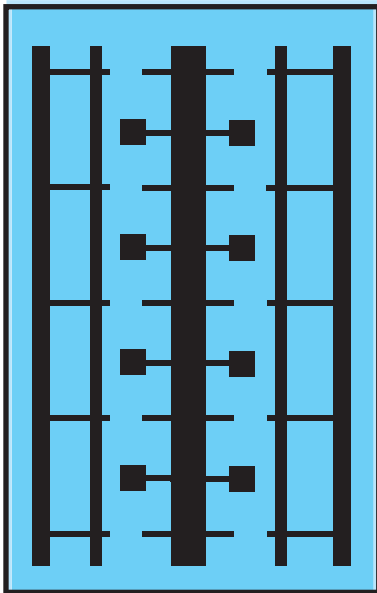
Tropfengröße und Axialvermischung in Abhängigkeit der Rühr-Intensität sowie der Stufegeometrie sind in zahlreichen Messreihen ermittelt worden. Das Ergebnis sind klare mathematische Beziehungen als Grundlage für einen sicheren Scale-Up.

Diagramm: Vergleich unterschiedlicher Öffnungsquerschnitte in der Rührkammer



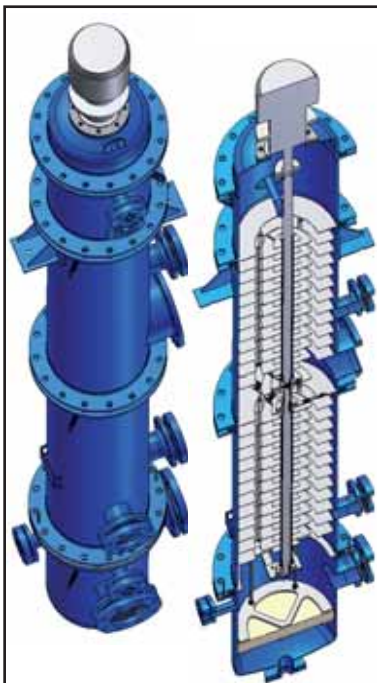
GERÜHRTE KOLONNEN

■ EXTRAKTIONSKOLONNE TYP AME STANDARD AUSFÜHRUNG FÜR UNIVERSELLEN EINSATZ



Typenbezeichnung
AME 500-30 S
500 Kolonnendurchmesser mm
30 Anzahl Rührstufen

F Flanschausführung
S Selbsttragende Kolonne
G Glasmantel



CAD-Modell Typ AMES 400-24

Dieser Apparatetyp zeichnet sich durch Anpassungsmöglichkeiten der Rührstufengeometrie aus. Für die je nach Prozess sehr stark unterschiedlichen Stoff- und Betriebsdaten, kann die entsprechende optimale Stufen-geometrie gewählt werden.

Vorgegebene Stoff- und Betriebsdaten

- Produktzusammensetzung
- Durchsatzmenge
- Dichte
- Viskosität
- Grenzflächenspannung

Anpassbare Geometrie-Parameter

- Stufenhöhe
- Rührerdurchmesser
- Rührerblatthöhe
- Stauscheibenquerschnitt

Anpassbare Betriebsparameter

- Rührerdrehzahl variabel mit Frequenzumwandler
- Betriebstemperatur

Die Rührreinheit (Welle mit Rührern und Stauscheiben) kann ohne Demontage der äußeren Einbaukonstruktion als Ganzes am oberen Ende der Kolonne ein- und ausgebaut werden



Rührwellenabdichtung

Ausführung der Rührwellenabdichtung standardmäßig mit doppelter Gleitringdichtung und zugehöriger Sperrdruckeinheit.

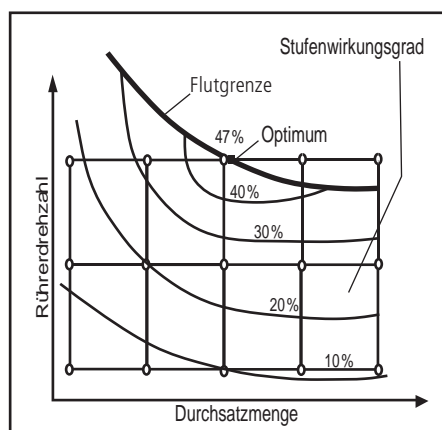
Innere Lagerung

Standardmäßig aus Hartmetall SiC/WoC

Rührreinheit Extraktionskolonne

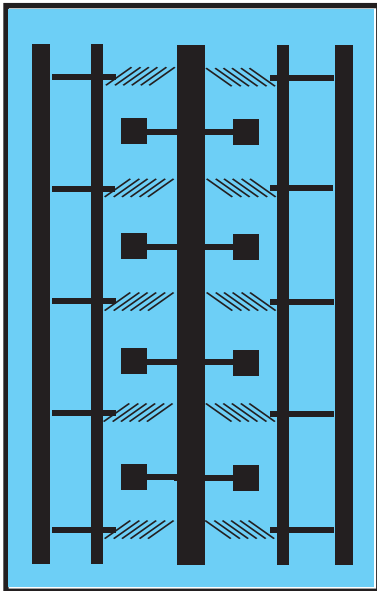


Diagramm: Abhängigkeit zwischen Rührerdrehzahl und Durchsatzmenge



GERÜHRTE KOLONNEN

■ EXTRAKTIONSKOLONNE TYP AMEX STUFENGEOMETRIE WÄHREND DES BETRIEBES VERSTELLBAR



Typenbezeichnung
AMEX 500-30 S

500 Kolonnendurchmesser mm
30 Anzahl Rührstufen

F Flanschsführung
S Selbsttragende Kolonne
G Glasmantel

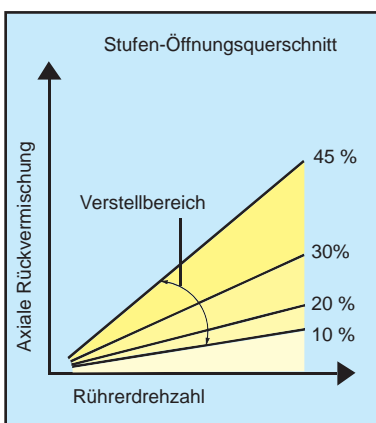
Die Verstellbarkeit der Stufengeometrie während des Betriebs, zusammen mit der Verstellbarkeit der Rührerdrehzahl, erlaubt eine optimale Feinabstimmung der Apparategeometrie an die gegebenen Stoff- und Betriebsdaten.

Vorteile

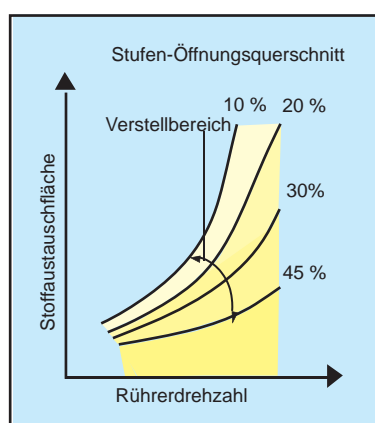
- Maximale Flexibilität bezüglich Durchsatzmengen und Phasenverhältnis
- Optimale Trennleistung über den ganzen Belastungsbereich
- Anpassung an veränderte Prozessbedingungen



Auswirkung des variablen Stauscheibenquerschnitts auf die axiale Rückvermischung



Auswirkung des variablen Stauscheibenquerschnitts auf die Stoffaustauschfläche

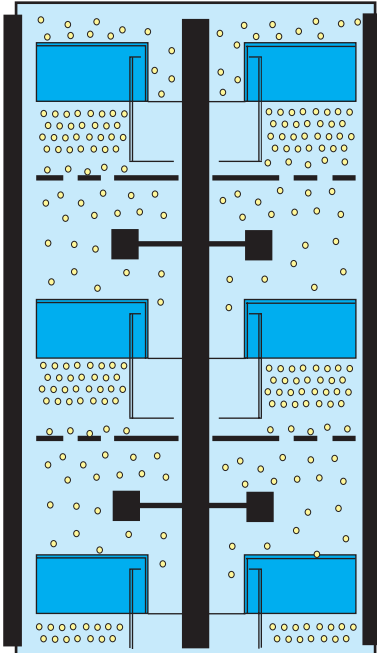


Tropfendispersion in einer Flüssig-Flüssig-Extraktionskolonne



GERÜHRTE KOLONNEN

MIXER-SETTLER-KOLONNE TYP MSCX



Typenbezeichnung

MSCX 500-30 S

500 Kolonnendurchmesser mm

30 Anzahl Rührstufen

F Flanschführung

S Selbsttragende Kolonne

G Glasmantel



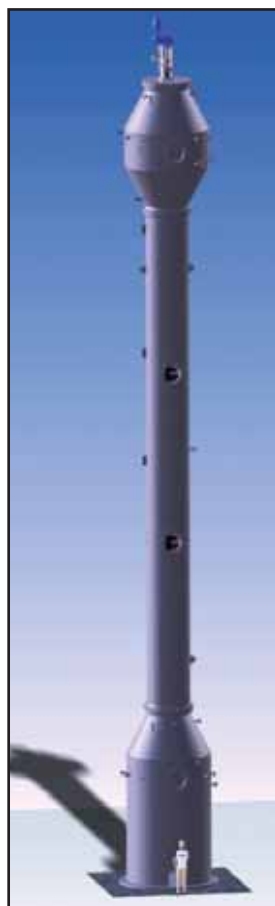
Die Mixer-Settler-Kolonne ist eine vertikal angeordnete Mixer-Settler-Batterie. Im Gegensatz zu einer normalen Mixer-Settler-Kolonne werden alle Rührer über eine gemeinsame zentrale Welle und mit nur einem Getriebemotor angetrieben.

Bevorzugte Anwendung

- Extraktionssysteme mit extrem langsamem Stoffaustausch, häufig mit parallel laufender Reaktion (z.B. Metallextraktion)
Verweilzeit > 2 min pro Stufe

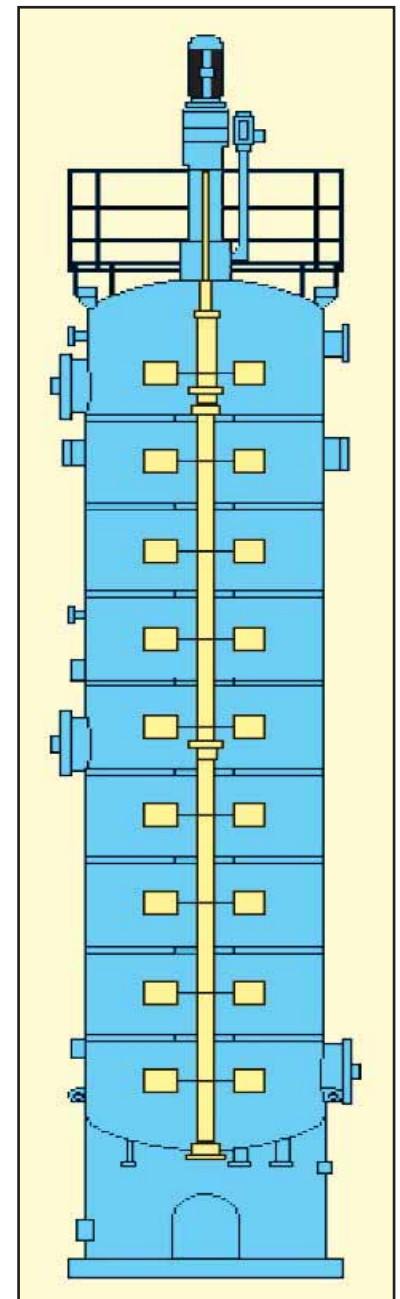
Extreme Phasenverhältnisse

- Analog zur Arbeitsweise der Mixer-Settler-Batterie folgt nach jeder Stufe eine vollständige Dekantation der beiden Phasen.



MEHRKAMMER-REAKTOREN TYP MCR

- Für die kontinuierliche Durchführung von Reaktionen für homogene und heterogene Systeme
- Entspricht funktionell einer vielstufigen Rührkessel-Kaskade



VERSUCHSKOLONNEN

EXTRAKTIONSKOLONNEN MIT GLASMANTEL FÜR LABOR - PILOT - PRODUKTION

Bei Versuchsarbeiten ist die Beobachtung der Extraktionsvorgänge besonders wichtig. Ein Glasmantel ist deshalb unumgänglich.

Die Standard-Ausführung für die Glas-teile/Flansche entspricht der QVF-Norm (Borosilikatglas). Ausführungen nach anderen Normen sind ebenfalls lieferbar.

Werkstoffe der Einbauten:

Rostfreie Stähle, Hastelloy, Titan, Zirkon, Tantal, PTFE/GFK, PVDA, Kunststoffe allgemein, Kunststoffbeschichteter Stahl

Typenbezeichnung

AME 500-30 G

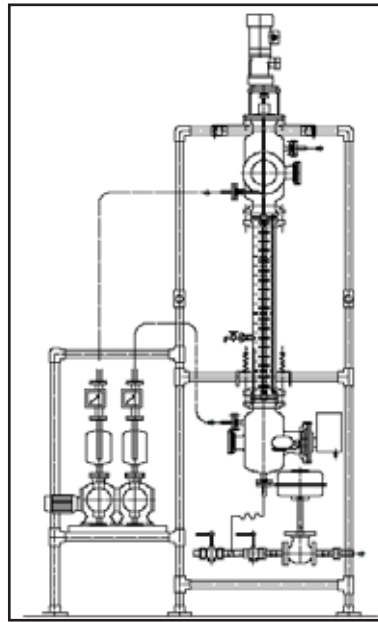
500 Kolonnendurchmesser mm

30 Anzahl Rührstufen

G Glasmantel

Modulare Versuchskolonnen

- Kolonnendurchmesser
Alle üblichen Größen von DN50 bis DN1000



Schema Miet-Extraktionskolonne DN150 mit Glasmantel und Einbauten (1.4435)

- Modularer Aufbau
Test-Kolonnen in DN50, DN80, DN100 und DN150 sind in der Höhe frei wählbar durch Zusammenbau einer beliebigen Anzahl Schüsse, je 10 Rührstufen

Pilotanlage in Miete

Für Versuche zur Ermittlung der Auslegungsdaten für eine größere Industriekolonne stellen wir unseren Kunden eine vollständig ausgerüstete Pilotanlage auf Mietbasis für Versuche vor Ort zur Verfügung.

Kolonne DN150

Ausführung: Glas/1.4404 mit Ex-Antrieb (Drehzahl regulierbar), Dosierpumpen, Durchflussmesser, Gestell.

Versuchskolonnen mit Glasmantel		Standardgrößen				
Kolonnendurchmesser	DN	50	80	100	150	
Dekantiergefäße Durchmesser	DN	100	150	200	300	
Anzahl Rührstufen pro Stoßmodul	-	10	10	10	10	
Höhe eines Stoßmodules	mm	400	500	600	600	
Totalhöhe inkl. Antrieb	1 Modul	mm	1600	1900	2100	2800
	2 Module	mm	2000	2400	2700	3400
	3 Module	mm	2400	2900	3300	4000
Antrieb EEx dII T4	400 V	kW	0,18	0,18	0,35	0,55
Drehzahl variabel	max.	1/min	800	530	480	300
Totaldurchsatz etwa*	R=15 %	l/h	4	12	30	60
	R=50 %	l/h	30	120	200	500

*) stark produktabhängig

Versuchskolonne Typ AME 150-40 G

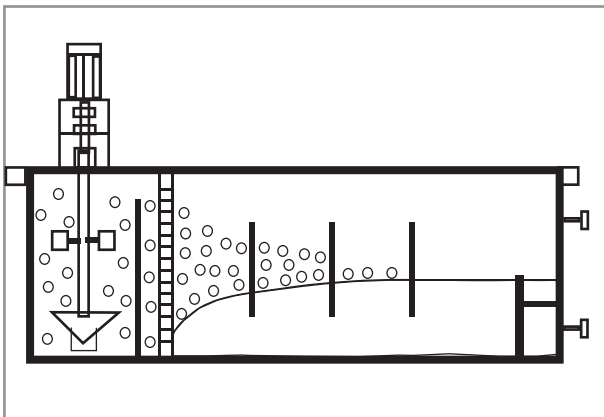


MIXER-SETTLER

■ UNTERSCHIEDLICHE BAUFORMEN

- Kompakte, platzsparende Bauweise
- Einzelstufen oder Batterien

Es sind Mixer mit Pump-mix-Turbine sowie zusätzlichem Dispergierrührer (Blatt-Rührer) erhältlich. Dank niedriger Drehzahl wird die Bildung feinsten Tropfen verhindert und dadurch das erforderliche Settlervolumen reduziert.



Typenbezeichnung
MSB 150 - 3 G

150 Gesamtvolumen 1500 l
3 Stufen (Batterie)

G Glasmantel

Bauformen und Werkstoffe

- | | |
|---------|---|
| Typ MSB | Kastenbauweise:
Einzelstufen oder mehrstufige
Batterien
Werkstoffe: Alle üblichen Metalle,
Kunststoffe, GFK-Außenmantel mit
produktbeständigem Inliner |
| Typ MST | Rohrbauweise:
Speziell für Glas und Stahl-Email
Ausführung für höhere Betriebsdrücke |
| Typ MSV | Kesselbauweise:
Einstufig oder bis zu 4 Stufen für
höhere Betriebsdrücke |



Mixer-Settler Typ MST 300



Pump-Mix-Turbine aus Mixer-Settler Typ MST 300



3-stufiger Mixer-Settler Typ MSV 250-3

EXTRAKT- UND RAFFINAT-AUFBEREITUNG

SCHULZ+PARTNER PLANT, BAUT UND LIEFERT ANLAGEN FÜR DIE EXTRAKT- UND RAFFINAT-AUFBEREITUNG

Zur Rückgewinnung des Lösemittels und Reinigung des Extrakts werden nach der Extraktion weitere Prozessschritte angewendet.

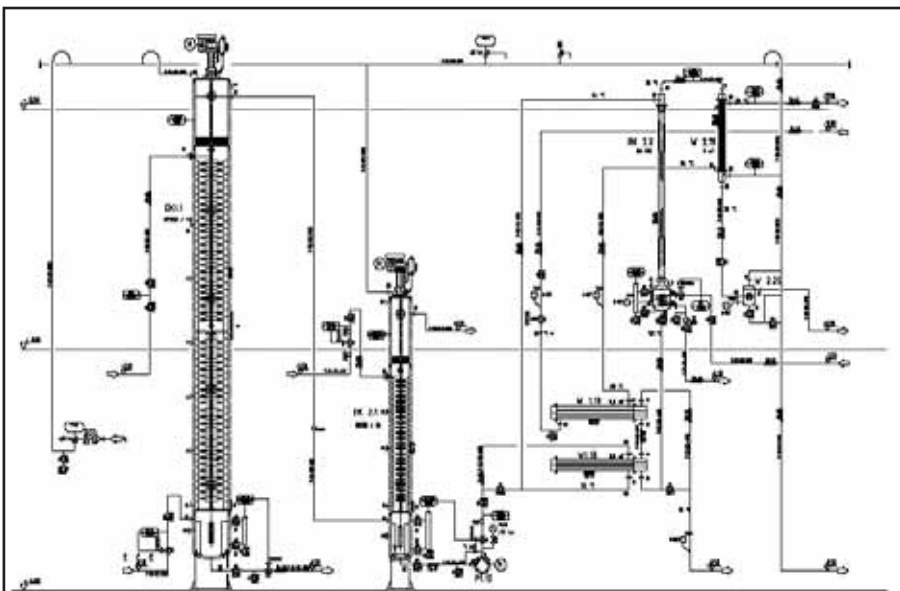
Im Normalfall werden beide austretenden Phasen einer Weiterbehandlung zugeführt. Die Extraktphase durchläuft oft einen Waschprozess, bevor das Extraktionsmittel vom Extrakt getrennt und wieder zur Extraktionskolonne zurückgeführt wird. Die Raffinatphase enthält immer geringe Mengen des Extraktionsmittels, so dass auch hier eine Nachbehandlung erforderlich wird. Da das Extraktionsmittel dauernd im Kreislauf gefahren wird, sammeln sich im Verlauf der Zeit Verunreinigungen an, die unter Umständen den Prozess stören und deshalb entfernt werden müssen. Dazu wird ein kleiner Teilstrom kontinuierlich über eine Reinigungsstufe, z.B. einen Verdampfer, geführt.

In der Regel erfordert der Regenerationsteil einer Extraktionsanlage sowohl energetisch wie auch bezüglich der Investitionskosten mehr als die eigentliche Extraktion. Die Investition in eine unserer Anlagen amortisiert sich jedoch in den meisten Fällen bereits innerhalb weniger Monate.

Rektifizieranlage mit Dünnschichtverdampfung für die Lösungsmittel-Regeneration



R+I Schema einer Extraktionsanlage mit Rück-Extraktion



Rührwerksreaktor



ANLAGENBAU

KOMPLETTANLAGEN PROZESSSTUFEN UND FERTIGMONTIERTE SKID-ANLAGEN

- Berechnung und Auslegung der Gesamtanlage mit Leistungsgarantien
- Basic-Engineering
- Detail-Engineering
- Prozesssimulation mit ChemCad
- Installationsplanung
- Materialbeschaffung
- Elektroplanung
- Montageleitung
- Inbetriebsetzung
- Personalinstruktion
- After-Sales-Service

Rektifikationsanlage



Aufbau einer Rektifizierkolonne



Elektro- und MSR-Schrank



Flüssig-Flüssig Extraktionsanlage mit
Extraktionsmittel-Regeneration



Transport einer vormontierten Skid-Unit



TÄTIGKEITSGEBIETE

ENGINEERING

Problemlösung, Beratung
Labor-/ Pilotversuche
Verfahrensauslegung
Prozesssimulation
Projektentwicklung
Basic- und Detail-Engineering
Installationsplanung 3D
Mess- und Regeltechnik
Automatisierung, Materialbeschaffung
Montage, Bauleitung
Personalinstruktion

ANLAGENBAU

Schlüsselfertige Anlagen
Prozessstufen
Vormontierte Skid-Anlagen
Einzelkomponenten

ANLAGENWARTUNG

Wartungsverträge für alle gelieferten
Anlagen und Fremdanlagen,
speziell für Wärmepumpenverdampfer

VERDAMPFUNG

Wärmepumpenverdampfer
Zwangs-/Naturumlaufverdampfer
Fallfilmverdampfer
Verdampfer mit Brüdenverdichtung
Dünnschichtverdampfer
Kurzwegdestillation

KRISTALLISATION

Verdampfungskristallisatoren
Kühlkristallisatoren

TROCKNUNG

Dünnschichttrockner, Kombitrockner
Wärmepumpentrockner (batch-modus)

REKTIFIKATION - ABSORPTION

Rektifikationskolonnen
Böden, Füllkörper, strukturierte Packungen
Absorptionskolonnen

FLÜSSIG-FLÜSSIG-EXTRAKTION

Gerührte und gepulste Extraktionskolonnen
Mixer-Settler
Mehrstufen-Reaktionskolonnen

- CONCENTRATED ON SOLUTIONS -