



schulzpartner
verfahrenstechnik GmbH



Thermische Verfahrenstechnik

**ENGINEERING
APPARATE**

KOMPLETTANLAGEN

**Destillation
Eindampfung
Rektifikation
Extraktion
Kristallisation
Trocknung**

Die Firma



Schulz + Partner GmbH

hat sich, seit der Gründung im Oktober 1994, die Behandlung und Regeneration von Prozessflüssigkeiten zur Aufgabe gemacht. Als kompetenter und erfahrener Systemlieferant erarbeiten wir individuelle, maßgeschneiderte Lösungen.

Wir entwerfen, planen, realisieren und warten Kompletanlagen und Prozessstufen, sowie Einzelkomponenten im Bereich der Thermischen Verfahrenstechnik.

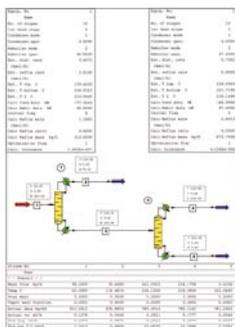
1994 Gründung der Firma

1997 Associated mit Ebner GmbH & Co KG

2003 Fusion mit Künzi ACS AG

Entwicklung und Innovation

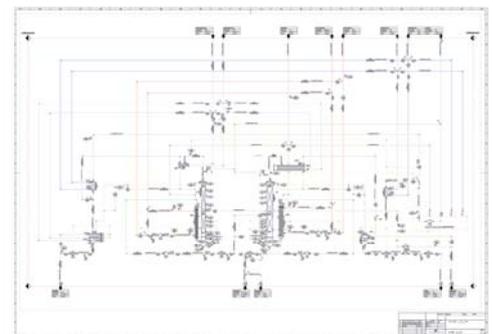
Prozesssimulation, ergänzt durch Laborversuche im hauseigenen Labor und Technikum, bilden die Grundlage für die sichere und optimale Auslegung unserer Anlagen. Ständige Weiterentwicklung und Innovation neuer Technologien sichern auch weiterhin die Erfüllung der hohen Anforderungen unserer Kunden bezüglich Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit unserer Produkte.



Simulation



Technikumsversuche



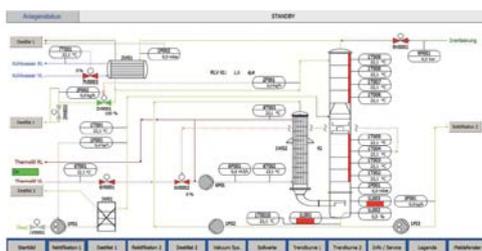
P&ID Fließbild



3D Planung



Montage



Inbetriebnahme

TÄTIGKEITSGEBIETE

Engineering

- Problemlösung, Beratung
- Labor- / Pilotversuche
- Verfahrensauslegung, Prozesssimulation
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen
- Vorprojekte
- Basic- und Detailengineering
- Risikoanalysen
- Installationsplanung 3D
- Mess- und Regeltechnik
- Automation und Visualisierung
- Materialbeschaffung
- Montage, Bauleitung
- Inbetriebsetzung
- Personalinstruktion

Anlagenbau

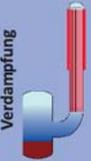
- Schlüsselfertige Anlagen
- Vormontierte Skid-Einheiten
- Prozessstufen
- Spezialapparate
- Einzelkomponenten
- Peripherien

After-Sales-Service

- Wartungsverträge (z.B. für Wärmepumpenanlagen)
- Ersatzteile Express-Lieferung
- Fernwartung
- Anlagen- und Prozessoptimierung

Verdampfung

- Naturumlauf- / Zwangsumlauf-Verdampfer
- Fallfilmverdampfer
- Verdampfer mit Brüdenkompression
- Mehrstufige Verdampfer
- Dünnschichtverdampfer
- Wärmepumpenverdampfer



Verdampfung

Anwendungsbeispiele

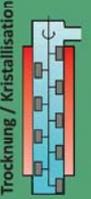
- Säuren / Laugen
- Lösemittel
- Öle / Viskose Medien



Verdampfung

Trocknung / Kristallisation

- Dünnschichttrocknung
- Verdampfungskristallisation



Trocknung / Kristallisation

Anwendungsbeispiele

- Galvanikabwässer
- Deponiesickerwasser
- Zirkonium
- Heilsalz



Trocknung / Kristallisation

Rektifikation - Absorption

- Packungskolonnen
- Füllkörperkolonnen
- Wäscher
- Absorptionskolonnen



Rektifikation / Absorption

Anwendungsbeispiele

- Lösemitteltrennung
- Ammoniakstrippung



Rektifikation / Absorption

Flüssig - Flüssig - Extraktion

- Gerührte Extraktionskolonnen
- Mixer-Settler
- Mehrstufen-Reaktionskolonnen



Flüssig-Flüssig-Extraktion

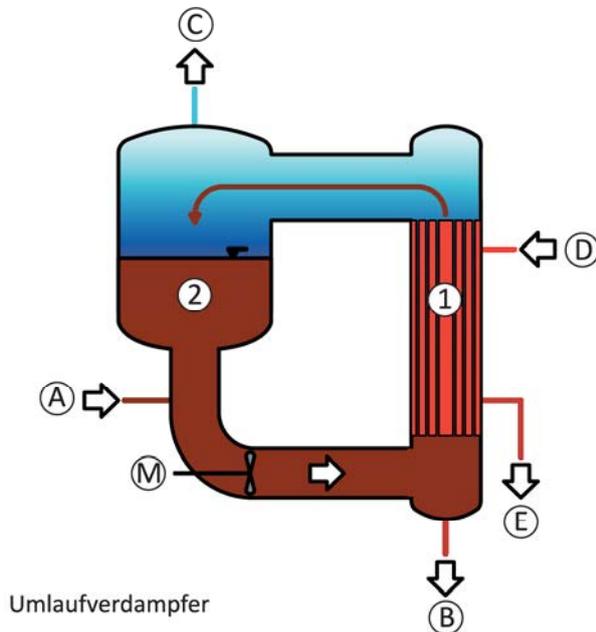
Anwendungsbeispiele

- Ölrecycling
- Div. Lösemittel
- Säuren



Flüssig-Flüssig-Extraktion

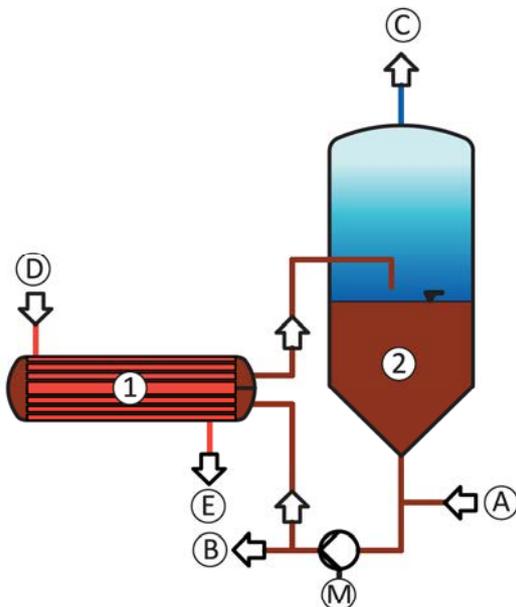
Verdampfung



Umlaufverdampfer

Naturumlaufverdampfer

arbeiten nach Thermosyphonprinzip, im Allgemeinen ohne Umwälzpumpe, und eignen sich für praktisch alle niedrigviskosen und feststofffreien Flüssigkeiten. Bei Flüssigkeiten mit schlechtem Wärmeübergang, etwa wegen leicht erhöhter Viskosität, muss die erforderliche Zirkulationsmenge mit einer Pumpe, z.B. mit einer Rohrbogen-Propellerpumpe (siehe Schema) sichergestellt werden.



Zwangsumlaufverdampfer

Zwangsumlaufverdampfer

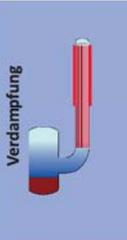
sind erforderlich bei verschmutzten Produkten oder auch bei höherer Viskosität. Im Unterschied zum Naturumlauf erfolgt die Verdampfung nicht im Wärmetauscherrohr, sondern erst beim Eintritt in den nachfolgenden Abscheider (Entspannungsverdampfung).

Der mittels einer Umwälzpumpe erzielte Überdruck im Wärmetauscher bewirkt, dass das Produkt nicht verdampft, sondern nur erwärmt wird. Man vermeidet dadurch Ausfällungen und Verkrustungen im Verdampferrohr.

Dank einfachem Aufbau der Umlaufverdampfer sind diese Anlagen äußerst robust und betriebssicher.

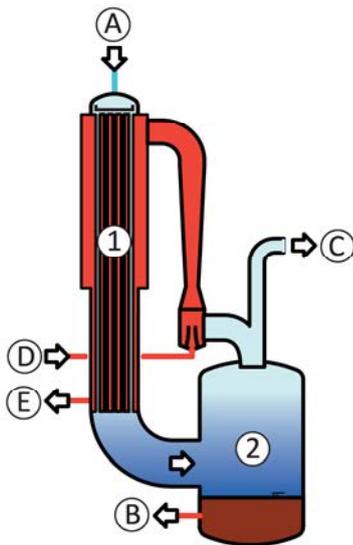
Fallfilm-Verdampfer

Er ist universell für viele Eindampfungsaufgaben einsetzbar. Eine kompakte Bauweise erlaubt die Realisierung von Apparaten mit sehr großen Heizflächen. Dank minimalem Betriebsinhalt und damit kurzer Verweilzeit (die Verdampferrohre sind produktseitig nur mit einem dünnen Film belegt) eignet sich der Apparat besonders für die Eindampfung wärmeempfindlicher Produkte. Ein kleiner Druckabfall und guter Wärmeübergang, gekoppelt mit einer relativ geringen Schmutzempfindlichkeit, prädestinieren den Fallfilmverdampfer für den energiesparenden Betrieb mit thermischer oder mechanischer Brüdenverdichtung.



Verdampfer mit Brüdenkompression

Es gibt verschiedene Möglichkeiten den für die Verdampfung erforderlichen Energiebedarf zu reduzieren. Eine davon ist die Brüdenkompression. Je nach Art der Verdichtung lassen sich **Energieersparnisse bis 95%** erzielen. Das Prinzip der Brüdenverdichtung besteht in der Verdichtung der aus dem Verdampfer austretenden Brüden (oder eines Teils davon) auf einen höheren Druck, worauf diese wiederum als Heizdampf zum Verdampfer zurückgeführt werden.



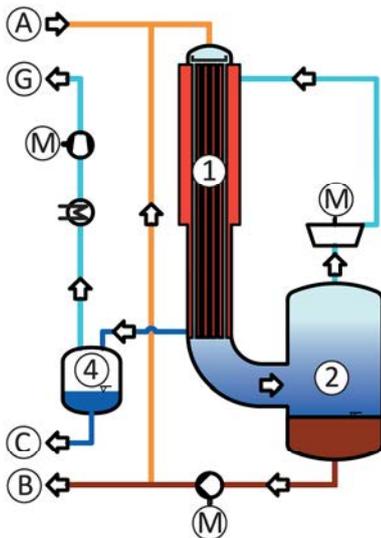
Fallfilmverdampfer mit Dampfstrahl-Brüdenverdichtung

Thermische Brüdenkompression

Die Verdichtung der Brüden auf höheren Druck wird mit Hilfe eines Venturi-Dampfstrahlverdichters, der mit Frischdampf betrieben wird, erreicht. Dank einfacher Bauweise ohne bewegliche Teile ist dieser Verdichtertyp äußerst robust und betriebssicher. Je nach Betriebsverhältnissen ist eine Dampfersparnis von 50% oder mehr möglich. Daraus ergibt sich, dass etwa die Hälfte der austretenden Brüden über den Verdichter als Heizdampf zurückgeführt werden. Der Rest wird einem Kondensator oder eventuell einer nachfolgenden Stufe zugeführt. Ein Nachteil der Dampfstrahlverdichter ist der stark abfallende Wirkungsgrad bei Teillastbetrieb.

Mechanische Brüdenkompression

Bei der mechanischen Brüdenverdichtung werden Verdichter verschiedenster Bauart wie Schrauben, Roots- und Axialkompressoren, sowie sehr häufig Axialventilatoren eingesetzt. Alle Typen benötigen Heizdampf nur zum Anfahren. Im Betrieb wird die Verdampfungsenergie vollständig über den Verdichtermotor als elektrischer Strom zugeführt. Die **Energieersparnis** gegenüber einer 1-stufigen Verdampfung kann **über 90%** liegen. Die Verdichter arbeiten je nach Typ mit hohen oder sogar extrem hohen Drehzahlen und erzeugen dementsprechend einen sehr hohen Lärmpegel, sodass im Regelfall eine Schallisolation erforderlich ist.



Fallfilmverdampfer mit mechanischem Brüdenverdichter

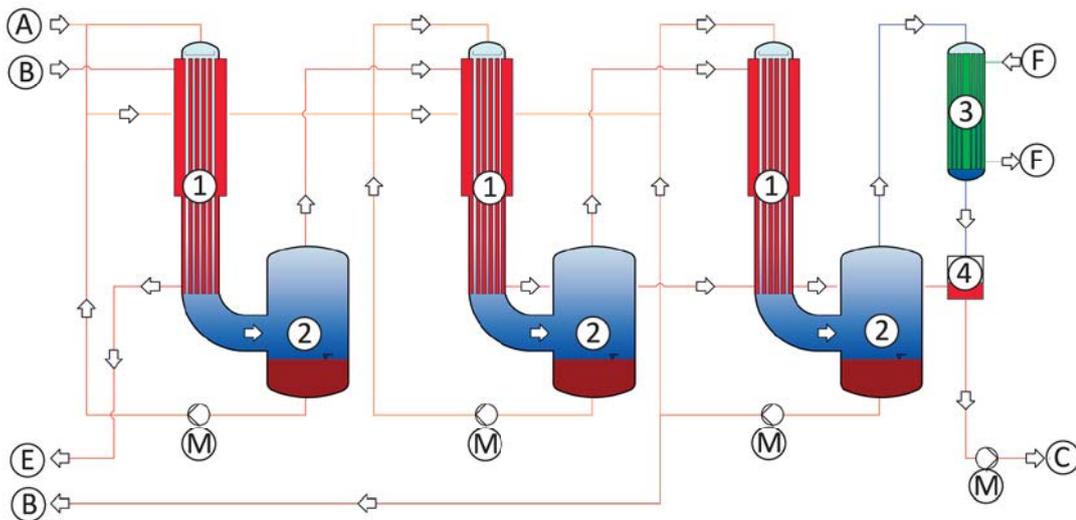
Legende

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1 Wärmetauscher | A Produkteintritt |
| 2 Abscheider | B Rückstand |
| (3) Kondensator | C Destillat |
| 4 Austragungsvorlage | D Heizdampf |
| | E Heizdampfkondensat |
| | (F Kühlwasser) |

Verdampfung

Mehrstufiger Verdampfer

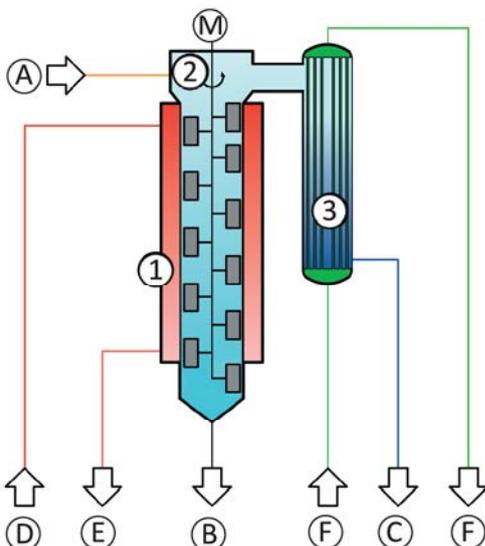
Neben der thermischen oder mechanischen Brüdenverdichtung kann der spezifische Energieaufwand auch mit Hilfe der mehrstufigen Verdampfung reduziert werden. Dabei werden die aus einem Verdampfer austretenden Brüden für die Beheizung des nachfolgenden Verdampfers verwendet. Mit steigender Stufenzahl reduziert sich der Gesamtheizbedarf, allerdings steigen parallel dazu auch die Investitionskosten.



Fallfilmverdampfer 3-stufig; Dampfeinsparung ca. 50%

Dünnschichtverdampfer

Die Dünnschichttechnik umfasst alle thermischen Verfahren mit mechanisch erzeugtem Dünnschicht. Dünnschichtapparate werden da eingesetzt, wo konventionelle Verdampfer, meist wegen erhöhter Viskosität, nicht mehr arbeiten. Je nach Anwendungszweck wurden spezifische Ausführungsformen entwickelt. Der typische Dünnschichtapparat besteht aus einer rohrförmigen, mechanisch präzise bearbeiteten Heizfläche mit außenliegendem Heizmantel, sowie einem innenliegenden Rotor mit beweglichen oder starren Wischerelementen. Die Drehzahl des Rotors wird an die jeweilige Ausführung und Aufgabenstellung angepasst.

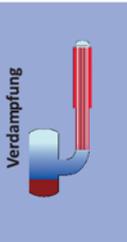


Vorteile:

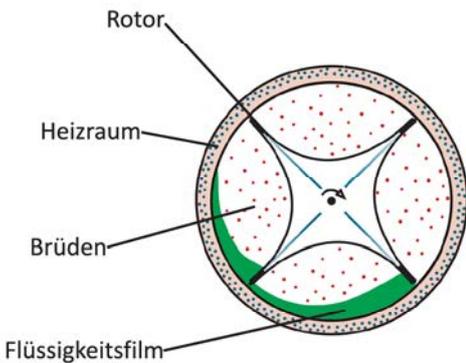
- Guter Wärmeübergang (k -Wert) auch bei höher viskosen und stark verschmutzten Produkten
- Minimale thermische Belastung dank kleinem Betriebsinhalt und damit kurzer Verweilzeit (10-20 s mittlere Verweilzeit)
- Keine Totzonen, dadurch garantiert keine Überhitzung und so eine gleichbleibend hohe Erzeugnisqualität
- Ständige mechanische Reinigung der Heizfläche verhindert Ablagerungen

Legende

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1 Wärmetauscher | A Produkteintritt |
| 2 Abscheider | B Rückstand |
| 3 Kondensator | C Destillat |
| 4 Austragsvorlage | D Heizdampf |
| | E Heizdampfkondensat |
| | F Kühlwasser |



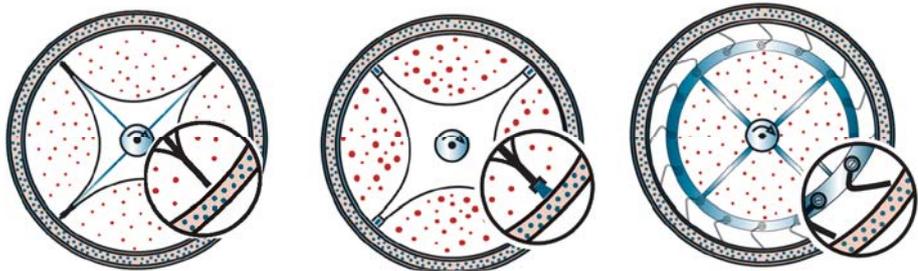
	Betriebsdruck kPa						Produktviskosität mPa s						Eindampfungsrate %					
	10 ²	10 ¹	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	70	75	80	85	90	95
Dünnschichtverdampfer Typ DVS Starrflügelrotor	█	█	█				█	█	█	█			█	█	█	█	█	
Dünnschichtverdampfer Typ DVR Radialwischerrotor	█	█	█				█	█	█	█			█	█	█	█	█	█
Dünnschichtverdampfer Typ DVW Wischerflügelrotor	█	█	█				█	█	█	█			█	█	█	█	█	█
Kurzwegverdampfer Typ DVK				█	█	█	█	█	█				█	█	█	█	█	█
Dünnschichttrockner Typ DT	█	█	█				█	█	█	█			█	█	█	█	█	█
Dünnschichtkombitrockner Typ DTK mit Horizontaltrockner	█	█	█				█	█	█	█			█	█	█	█	█	█



Typische Anwendungen für Dünnschichtapparate sind

- Konzentration höher viskoser oder verschmutzter Flüssigkeiten, Salzlösungen, Öle, Harze etc.
- Sumpferdampfer für Vakuum-Rektifizierkolonnen (minimaler Druckabfall)
- Schlamm-Entwässerung
- Entgasung, Entfernung flüchtiger Restbestandteile (Monomere) aus höher viskosen Produkten, Schmelzen und Pasten

Je nach Aufgabe und Produktbeschaffenheit werden unterschiedliche Rotortypen eingesetzt:



Typ	Starrflügel DVS	Radialwischer DVR	Wischerflügel DVW
Rotordrehzahl	hoch	niedrig	niedrig
Wandberührung	Nein	Ja	Ja
Lagerschmierung	Ja	Nein	Nein
Temperaturbereich	max. 300° C	max. 250° C	max. 400° C
Viskosität	max. 40.000 mPa s	max. 20.000 mPa s	max. 20.000 mPa s
Eindampfgrad	max. 80 Vol. %	max. 98 Vol. %	max. 95 Vol. %
Feststoffanteil	kein	gering	gering
Auskristallisation	keine	keine	geringe

Verdampfung

Wärmepumpenverdampfer

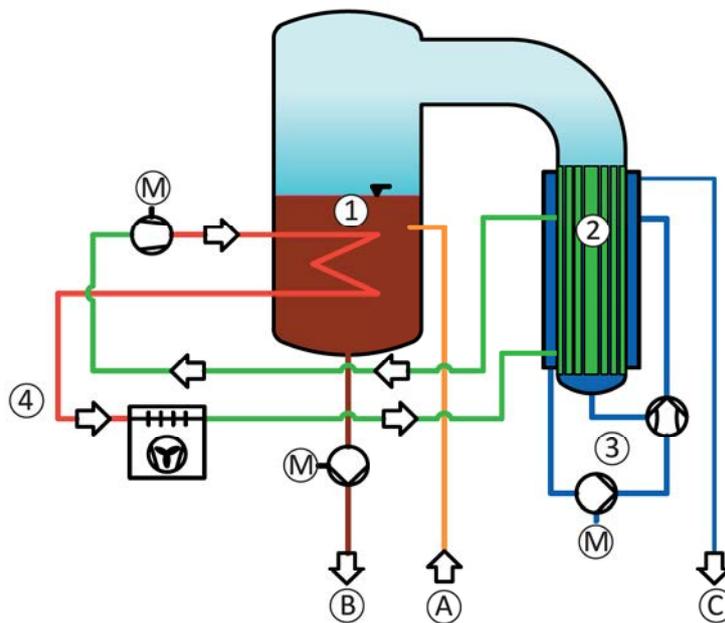
Das Prinzip

Wärmepumpenverdampfer arbeiten mit einem Kompressor-Kältekreislauf. Dabei wird auf der Niederdruckseite Kälte erzeugt, während auf der Hochdruckseite eine gleich große Wärmemenge freigesetzt wird. Bei Kälteanwendungen wird diese meist als Abfall an die Umgebungsluft abgegeben. Beim Wärmepumpenverdampfer hingegen wird die Wärmeleistung zum Verdampfen und gleichzeitig die Kälteleistung zum Kondensieren der Brüden genutzt. So erklärt sich der hohe **Wirkungsgrad** des Wärmepumpenverdampfers von **90%**. Die Anlage benötigt außer der elektrischen Stromversorgung des Kompressors keine weiteren Energiequellen.

EVA BASIC

Naturumlaufverdampfer

Dieser Anlagentyp wird für kleinere Mengen und bei einfachen Aufgaben eingesetzt. Hier findet die Verdampfung an den Rohrschlangen im Verdampferbehälter statt. Man spricht auch von einem Blasensieder, wobei sich kleine Blasen an der Wärmetauscherfläche ablösen und beim Aufsteigen größer werden. Dadurch entsteht eine hohe Turbulenz in der Flüssigkeit und feststofffreie Flüssigkeiten können so relativ hoch konzentriert werden. Dieser Anlagentyp ist sehr betriebssicher und hat einen geringen Energiebedarf.



Verfahrensbeschreibung

Der Zulauf (A) wird niveaugesteuert in die Konzentrationsstufe (1) gesaugt. Der dafür erforderliche Unterdruck wird von einem Vakuumsystem (3) erzeugt, welches aus einer Wasserstrahlvakuumpumpe und einer Druckpumpe besteht. Auf der Hochdruckseite gibt das überhitzte, gasförmige Kältemittel seine Kondensationsenergie in einem Wärmetauscher in der Konzentrationsstufe (1) an den Zulauf ab. Dabei wird dieser erwärmt und ein Teil des Wassers verdampft.

Das einzudampfende Produkt wird so bis zu einer noch fließfähigen Konsistenz konzentriert.

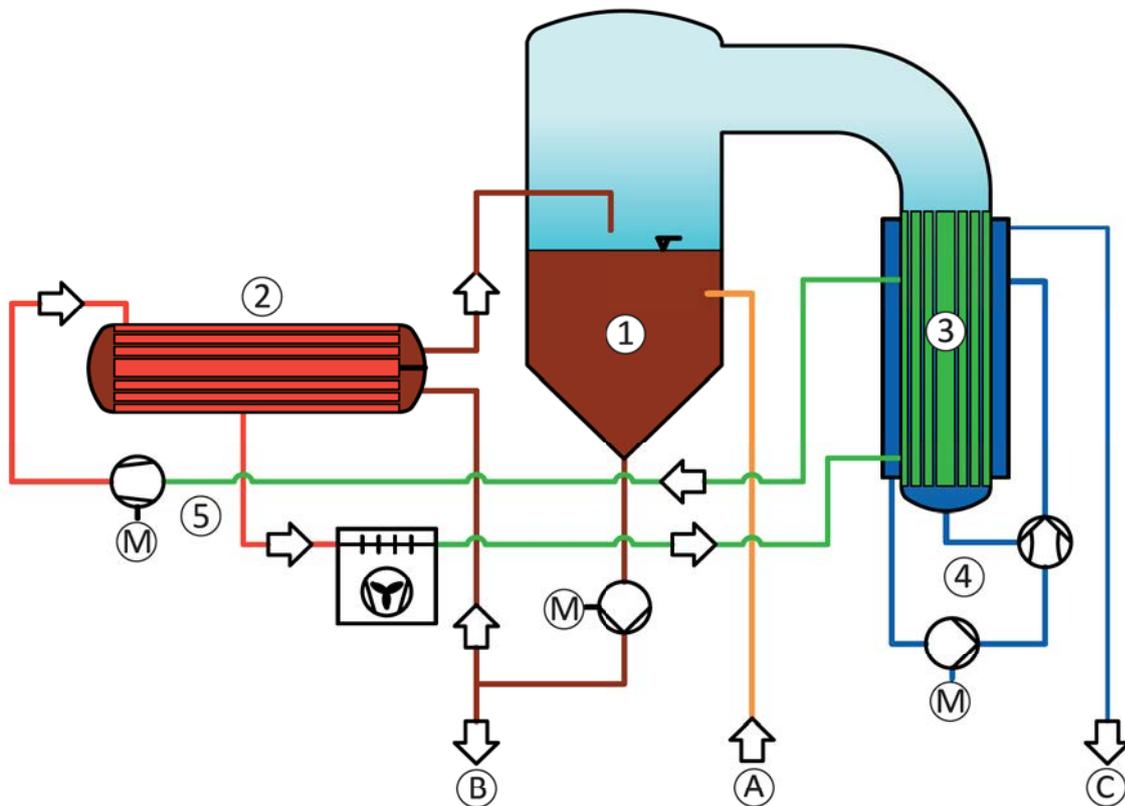
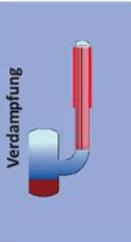
Der Brüden wird im Kondensator (2) verflüssigt, wobei das Kältemittel verdampft. Der Kondensator ist so konzipiert, dass er gleichzeitig das Destillat des Vakuumsystems kühlt (patentierter Wärmetauscher). Das Destillat wird über das Vakuumsystem in eine Vorlage gefördert.

Interessante Lösung für die Chemie

CONfix®

Zwangsumlaufverdampfer

Diesen Verdampfer setzt man ein, wenn Sieden auf den Heizflächen wegen Belagsbildung nicht erwünscht ist. Bei kristallisierenden und belagsbildenden Flüssigkeiten muss das Sieden unterdrückt werden, um Verkrustungen auf der Heizfläche zu verhindern oder zu verzögern. Die Geschwindigkeit im Rohrbündel sollte aus den selben Gründen hoch gewählt sein. Das Medium wird durch eine Umwälzpumpe über einen außenliegenden Wärmetauscher in den Entspanner gefördert. Es findet im Heizkörper nur eine Erwärmung statt, während die Verdampfung im Entspanner erfolgt. Dadurch wird eine Belagsbildung stark reduziert. Auch bei höherer Viskosität oder Siedepunktserhöhung, ist diese Bauform besser geeignet als der Naturumlaufverdampfer Typ EVA.



Highlights dieser Wärmepumpenverdampfer

- 90% Energieeinsparung
- Autarke Systeme
- Niedrige Siedetemperatur <50°C
- Vorgefertigte und geprüfte Anlagen
- Nur Strom als Energieträger erforderlich
- Anpassung an jede Anwendung

Verdampfer

Säuren

Salpetersäure (HNO_3)
Schwefelsäure (H_2SO_4)
Salzsäure (HCl)
Flusssäure (HF)
Phosphorsäure (H_3PO_4)
Chromsäure (CrO_3)
Ameisensäure (HCOOH)

Laugen

Natronlauge (NaOH)
Kalilauge (KOH)
Ammoniak Lösung (NH_3OH)



Wärmepumpenverdampfer $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4$



Zwangsumlaufverdampfer 84% H_3PO_4



Wärmepumpenverdampfer $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Al}$

Verwendete Materialien:

Hochlegierte Edelstähle
Hastelloy
Titan
PVDF
PTFE
Gummierung, Inliner (PTFE)
Beschichtungen
Graphit
Siliziumkarbid

Anwendungsbeispiele



Zwangsumlaufverdampfer HNO_3 + HF



Zwangsumlaufverdampfer H_2SO_4 85% + HF

Verdampfung



Wärmepumpenverdampfer; ATEX H_3PO_4 , H_2O + Ethanol

Verdampfer

Lösemittel

Methanol, Ethanol, Butylglycol, Isopropanol, Testbenzin, Toluol, Xylol, Naphthalin, und Weitere



Fallfilmverdampfer Methanol Biodiesel 1150kW



Dampferzeuger div. Lösemittel 2350kW



Zwangsumlaufverdampfer Testbenzin ATEX, Silikonfrei



Wärmepumpenverdampfer Butylglycol ATEX, Silikonfrei

Anwendungsbeispiele

Öle / Viskose Medien

Das Konzentrieren von Öl zum Entfernen von Wasser und Lösemitteln gestaltet sich häufig schwierig. Zum einen kann es zu starkem Schaumverhalten und zum anderen von starken Viskositätsunterschieden begleitet sein. Um einen sehr geringen Restwassergehalt zu erhalten, sind häufig höhere Temperaturen erforderlich.



Zwangsumlaufverdampfer Entwässerung von Hydrauliköl. Viskosität bis zu 20.000 mPa s.



Fallfilmverdampfer
Viskoser pharmazeutischer Wirkstoff



3-stufige Fallfilmverdampfungsanlage
Viskose Produkte 800kW



Dünnschichtverdampfer
Hochviskose Produkte 6,3m²

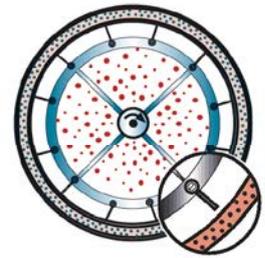
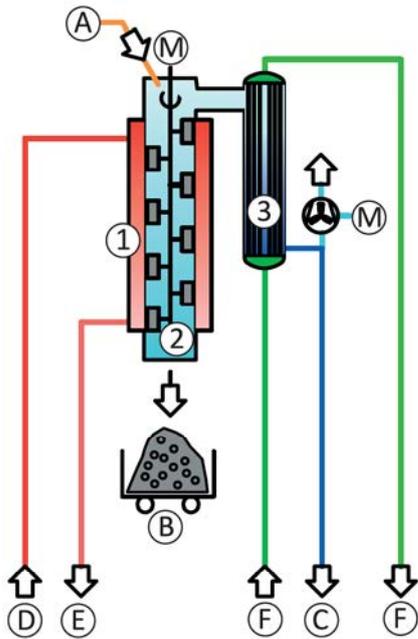
Verdampfung



Trocknung / Kristallisation

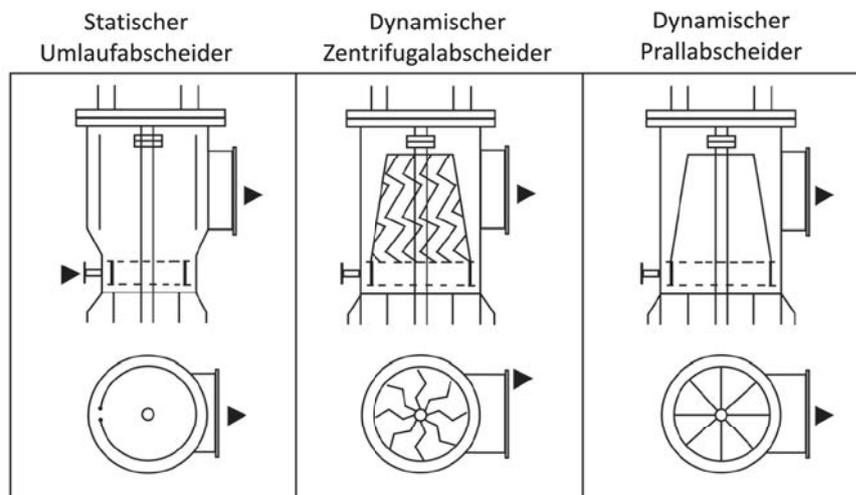
Dünnschichttrockner

Die kontinuierliche Trocknung im Dünnschichttrockner liefert üblicherweise ein pulveriges Produkt, das trocken aussieht, tatsächlich aber eine Restfeuchte von wenigen Prozenten (3-10%) aufweist. Die Pendelwischer des Rotors arbeiten ohne Wandberührung bei einem Spalt von ca. 0,5 mm. Der Betrieb kann bei Umgebungsdruck und unter Vakuum erfolgen. Allerdings ist der Feststoffaustrag über eine Zellenradschleuse kostenintensiv.



- Legende**
- 1 Heizmantel
 - 2 Rotor
 - 3 Kondensator
 - A Produkteintritt
 - B Rückstand
 - C Destillat
 - D Heizedampf
 - E Heizedampfkondensat
 - F Kühlwasser

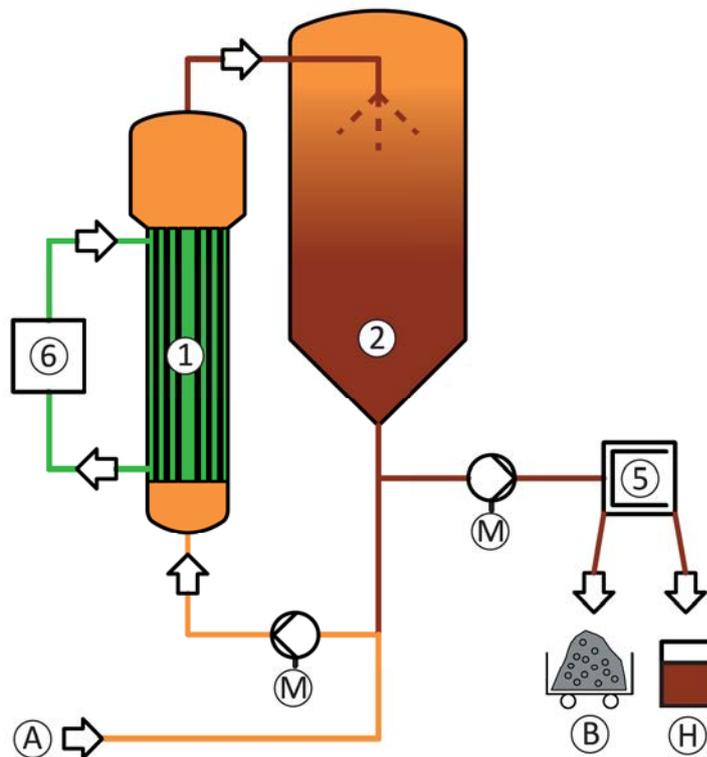
Typ	Pendelflügel DT
Rotordrehzahl	hoch
Wandberührung	Nein
Lagerschmierung erf.	Nein
Temperaturbereich	max. 400° C
Viskosität	max. 15.000 mPa s
Eindampfgrad	max. 95 Vol. %
Feststoffanteil	hoch
Auskristallisation	hoch



Tropfenabscheidungsvarianten

Kristallisation

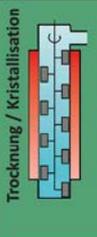
Kristallisation erfolgt beim Überschreiten der temperaturabhängigen Sättigungskonzentration. Dies kann entweder durch Verdampfung (Aufkonzentration) oder durch Kühlung der konzentrierten Lösung bewirkt werden. Der Betrieb ist sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich möglich.



Legende

1 Wärmetauscher
2 Kristallisator
5 Zentrifuge
6 Kühlaggregat
oder Heizung

A Einspeisung
B Kristalle
H Mutterlauge



Verdampfungskristallisatoren

- Für verdünnte Lösungen
- Mit Wärmepumpe, nur elektrischer Strom erforderlich, kein Heizmedium, kein Kühlwasser
- Mit Brüdenverdichtung
- Kristallisator kombiniert mit ein- oder mehrstufiger Verdampfungsvorstufe

Kühlkristallisatoren

- Kühlung durch Flashverdampfung ins Vakuum (Entspannungskristallisation)
Vorteil: Keine Wärmetauscherfläche
- Kühlung mit Wärmetauscher, speziell für diskontinuierlichen Betrieb
- Kühlung mit Wärmetauscher, jedoch mit Selbstreinigung dank Fließbetttechnik

Trocknung / Kristallisation



Dünnschichttrockner Deponiesickerwasser



Tropfenabscheider



Rotor



Dünnschichttrockner Galvanikabwässer

Anwendungsbeispiele



Mehrstufige Verdampfungskristallisationsanlage Heilsalz



Kristallisation $\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{ZrF}$



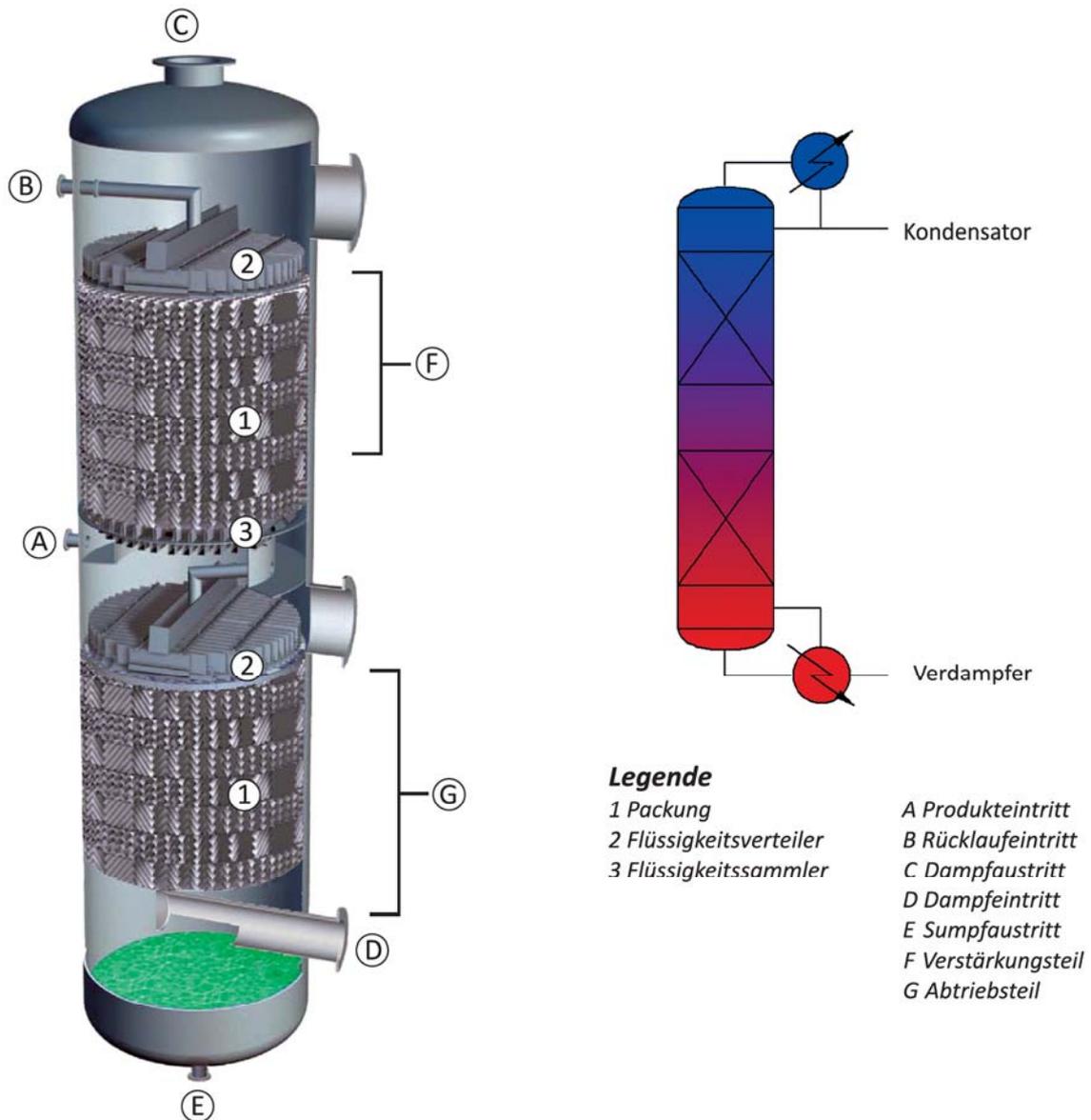
Verdampfungskristallisationsanlage Zirkonium

Trocknung / Kristallisation →

Rektifikation - Absorption

Das Verfahren

Rektifikation ist das am häufigsten angewandte verfahrenstechnische Trennverfahren und stellt eine Erweiterung der herkömmlichen Destillation dar. Der Trenneffekt ist gegenüber der Destillation um ein Vielfaches höher. Die Rektifizierkolonne wird energetisch günstiger, mit geringerem technischen Aufwand und platzsparender betrieben als eine Hintereinanderschaltung mehrerer Einfachdestillationen.



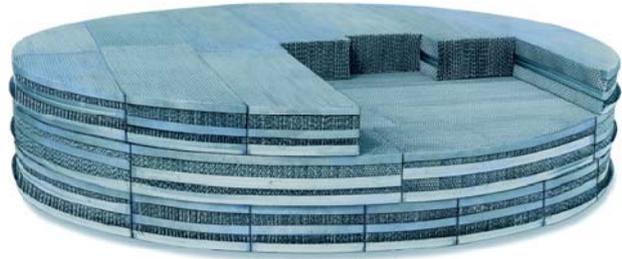
Das Produkt wird zwischen Abtriebs- und Verstärkungsteil in die Kolonne geleitet. Es erfolgt eine mehrstufige Trennung zwischen Schwerer- und Leichtersieder im Gegenstrom. Die Leichtersieder reichern sich dabei im Verstärkungsteil und im Kopf der Kolonne an und werden anschließend in einem Kondensator verflüssigt. Ein Teil dieses Destillats wird zurück in die Kolonne geführt und verbessert dort als Rücklauf die Trennleistung. Die sich im Sumpf anreichernden Schwerversieder werden in einen Verdampfer geleitet. Der dabei entstehende Dampf gelangt zurück in die Kolonne und gibt seine Energie an die kontinuierlich zugeführten Leichtersieder im Feed ab.

Packungskolonnen

- Gewebe- und Strukturblechpackungen – bevorzugt Montz-Pak – inklusive Flüssigkeitsverteiler, Sammler und Roste
- Strukturierte Packungen aus Sondermaterialien wie Keramik, Kohlefaser oder PTFE
- Umrüstung bestehender Kolonnen auf den neuesten Stand der Technik, zeitlich optimiert auf minimale Produktionsunterbrechungen

Vorteile:

- Geringer Druckverlust
- Hohe Trennleistung



Strukturierte Blechpackung

Füllkörperkolonnen

- Mit allen gängigen Füllkörpertypen für einfache Trennaufgaben

Vorteile:

- Geringe Investitionskosten
- Einfache Montage



Füllkörper

Bodenkolonnen

- Glocken- und Tunnelböden
- Ventilböden
- Böden mit Kühl-/ Heizschlangen
- Schlitzböden

Vorteile:

- Rektifizierböden brauchen keine zusätzlichen Verteiler, Einspeisung oder Seitenentnahme ist bei jedem Boden möglich
- Schlitzböden Typ KSB, eine Eigenentwicklung. Mit einem Bodenabstand von 200 mm, einem Bodenwirkungsgrad von 80 % (4 th. Böden/m) und dem Wegfall von Sammler und Verteiler ergibt sich eine geringe Bauhöhe
- Schmutzunempfindlicher als strukturierte Packungen

Absorptionskolonne / Wäscher

- Für Abluft, mit Füllkörpern oder geordneten Packungen



Rektifizierboden, KSB'



Rektifikation - Absorption



Rektifizieranlage mit Dünnschichtverdampfer
(Vakuum 100 Pa)



Lösungsmittel-Regeneration



Ammoniak-Strippung

Anwendungsbeispiele



Amin-Trennung



Isopropanol-Trennung



Packungsmontage



Flüssigkeitssammler



Flüssigkeitsverteiler

Rektifikation / Absorption



Flüssig - Flüssig - Extraktion

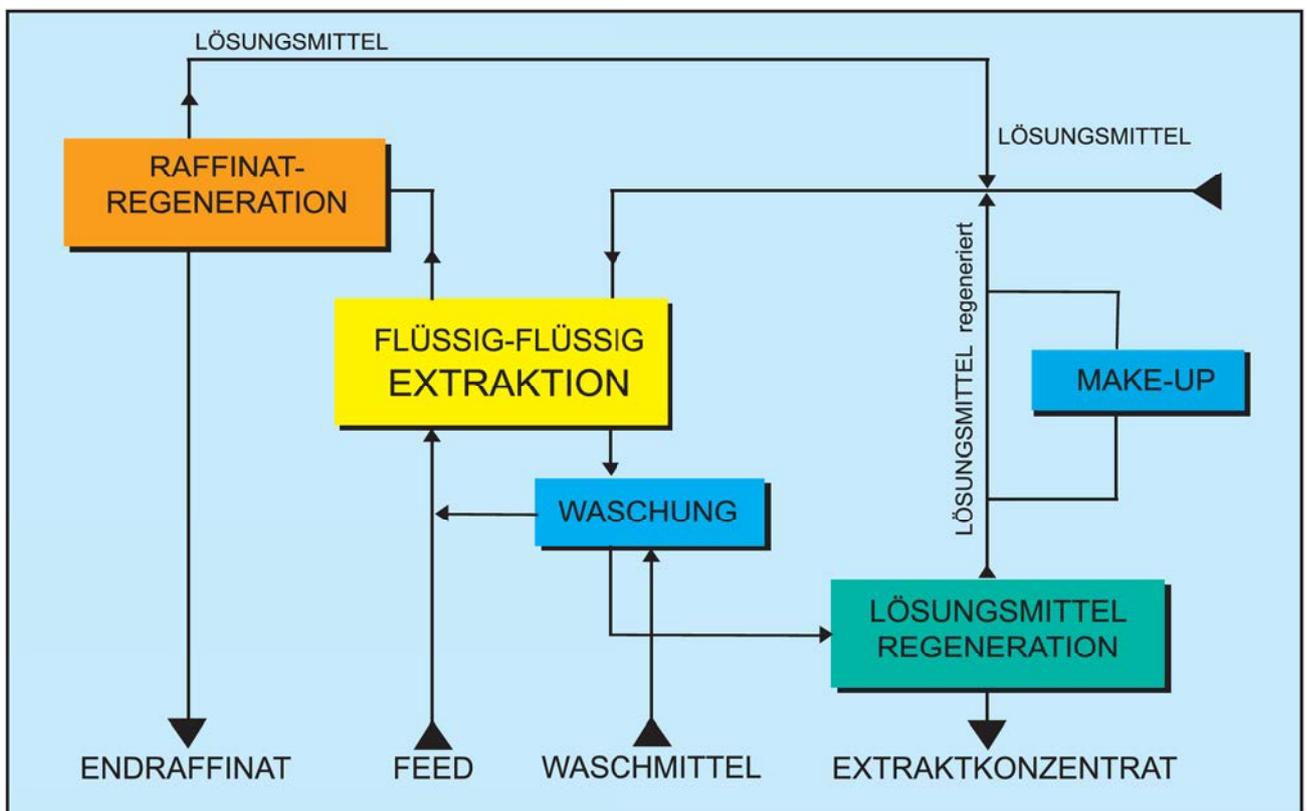
Das Verfahren

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.

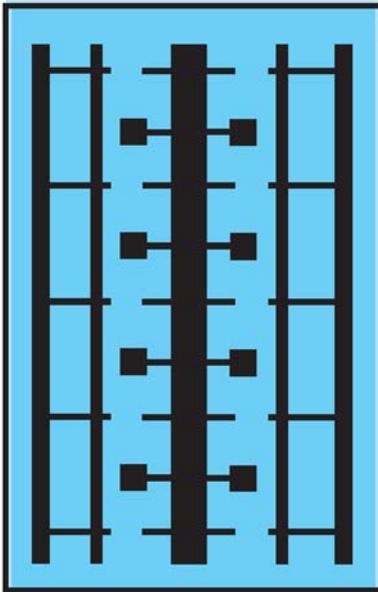
Die Flüssig-Flüssig-Extraktion, auch Lösungsmittelextraktion genannt, eignet sich insbesondere zur Verarbeitung großer Mengen. Durchsätze von 100 m³/h und mehr sind problemlos und mit noch kostengünstigen Apparateabmessungen realisierbar.

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.



Flussdiagramm: Einsatz der Flüssig-Flüssig-Extraktion



Aufbau Gerührte Kolonne

Gerührte Kolonne

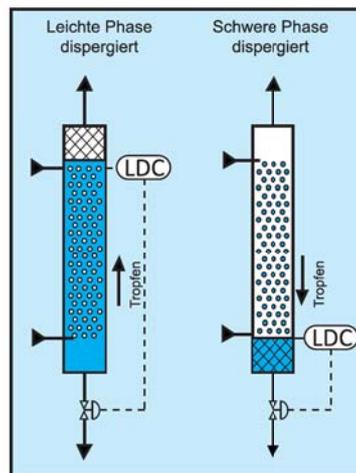
Die gerührte Extraktionskolonne ist wie kein anderer Apparatetyp universell und für praktisch alle Arten von Flüssig-Flüssig-Extraktion einsetzbar. Mit der Einschränkung, dass der Dichtunterschied der beiden Phasen minimal $0,05 \text{ kg/m}^3$ betragen muss und dass die Neigung zur Emulsionsbildung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

Entscheidende Vorteile sind

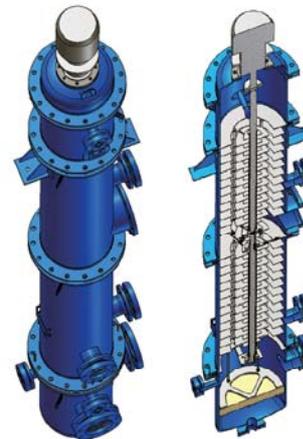
- Anpassung der Stufen- und Rührergeometrie an die stofflichen und betrieblichen Prozessgegebenheiten
- Optimale Tropfengröße mit variabler Rührerdrehzahl definiert einstellbar
- Wahlweise kann sowohl die schwere, als auch die leichte Phase dispergiert werden
- Der mechanisch einfache Aufbau zusammen mit der extrem kleinen Rührerdrehzahl ermöglicht minimale Apparatekosten, minimale Betriebskosten und minimalen Energieaufwand



Technikumskolonne



Mögliche Betriebsweisen



CAD Modell

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 100 mm) als auch für große Abmessungen gültig sind. Tropfengröße und Axialvermischung in Abhängigkeit der Rührintensität sowie der Stufengeometrie sind in zahlreichen Messreihen ermittelt worden. Das Ergebnis sind klare mathematische Beziehungen als Grundlage für einen sicheren Scale-Up.

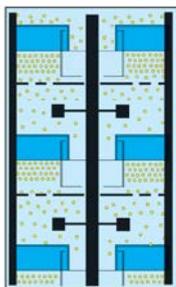
Flüssig - Flüssig - Extraktion



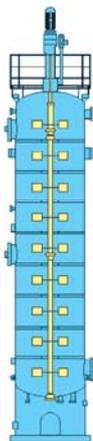
Rührereinheit



Stator im Behälter



Mixer Settler Kolonne



Mehrkammerreaktor

Aufbau Gerührte Kolonne

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

Vorgegebene Stoff- und Betriebsdaten

- Produktzusammensetzung
- Durchsatzmenge
- Dichte
- Viskosität
- Grenzflächenspannung

Anpassbare Geometrie-Parameter

- Stufenhöhe
- Rührerdurchmesser
- Rührerblatthöhe

Anpassbare Betriebsparameter

- Rührerdrehzahl variabel mit Frequenzumwandler
- Betriebstemperatur

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

Sonderbauformen

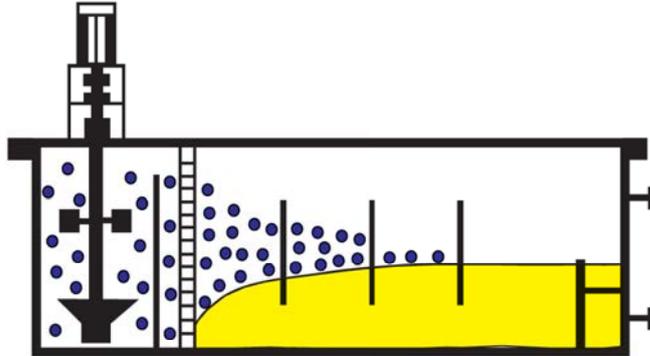
Die **Mixer-Settler-Kolonne** ist eine vertikal angeordnete Mixer-Settler-Batterie. Im Gegensatz zu einer normalen Mixer-Settler-Kaskade werden alle Rührer über eine gemeinsame zentrale Welle und mit nur einem Getriebemotor angetrieben.

Bevorzugte Anwendung

- Extraktionssysteme mit extrem langsamem Stoffaustausch, häufig mit parallel laufender Reaktion (z.B. Metallextraktion)
Verweilzeit > 2 min pro Stufe oder extreme Phasenverhältnisse.
- Analog zur Arbeitsweise der Mixer-Settler-Batterie folgt nach jeder Stufe eine vollständige Dekantation der beiden Phasen.

Der **Mehrkammerreaktor** wird zur kontinuierlichen Durchführung von Reaktionen bei homogenen und heterogenen Systemen eingesetzt. Er entspricht funktionell einer vielstufigen Rührkessel-Kaskade.

Mixer-Settler



- Bevorzugt einsetzbar bei kleiner erforderlicher Stufenzahl (1 - 4)
- Hoher Stufenwirkungsgrad 80 bis 100 %
- Jede Stufe ist mit einem unabhängig regelbaren Rührwerk ausgerüstet.
Dies erlaubt eine stufenweise Einstellung der Dispersionsintensität und damit eine Optimierung des benötigten Dekantiervolumens.
- Der Betrieb kann jederzeit unterbrochen werden und später ohne Anfahrzeit wieder fortgesetzt werden.
- Es sind Mixer mit Pumpmix-Turbine sowie zusätzlichem Dispergierrührer (Blattrührer) erhältlich.
Dank niedriger Drehzahl wird die Bildung feinsten Tropfen verhindert und dadurch das erforderliche Settlervolumen reduziert.

Je nach Werkstoff und Betriebsanforderungen sind entsprechend angepasste Ausführungsformen lieferbar:



Type MSB

Schachtelförmig, mit rechteckigem Grundriss, als Einzelstufe oder Batterie-Anordnung mehrerer Stufen nebeneinander.

Werkstoffe: Alle üblichen Metalle, Kunststoffe, GFK- Außenmantel mit produktbeständigen Inliner.



Type MST

Rohrförmig, als Einzelstufe oder Batterie-Anordnung mehrerer Stufen nebeneinander. Ausführung für höhere Betriebsdrücke.



Type MSV

Rührkessel-Form mit zentralem Mixer und außen herum angeordnetem Settler. Einzelstufe oder max. 3 Stufen. Ausführung für höhere Betriebsdrücke. Kompakte Bauweise.

Flüssig - Flüssig - Extraktion



Gerührte Kolonne und Lösemittelrückgewinnung



Ölrecycling / Durchmesser Dekanter 3m / Höhe 26m



3-stufiger Mixer-Settler Typ MSV



Stator / Rotor

Anwendungsbeispiele



Diisopropylether / Isopropanol ...



Emaillierte Stahlkolonnen mit Hastelloy C4 + C22 / PVDF Einbauten für korrosive Medien z.B. Salzsäure



3-stufiger Mixer-Settler Batterie Typ MST

© Schulz + Partner GmbH

Jegliche Vervielfältigung (auch Auszugsweise),
erfordert eine schriftliche Genehmigung der
Schulz + Partner GmbH



Technikum

Wir beraten und unterstützen unsere Kunden bei der Entwicklung Ihrer Prozesse, von der Auswahl der Betriebsstoffe, über die Labor- und Pilotversuche, bis hin zur Projektierung der Gesamtanlage.

In unseren Versuchsanlagen können zahlreiche thermische Prozesse getestet und aussagekräftige Proben hergestellt werden. Die Versuchsanlage wird auf Ihre individuellen Anforderungen angepasst. Hierdurch sind wir in der Lage, Gewährleistungen für die Auslegung der Prozesse und die damit verbundenen Produktqualitäten zu übernehmen.

Zur Verfügung stehen:

- Rotationsverdampfer
- Fallfilmverdampfer
- Naturumlaufverdampfer
- Zwangsumlaufverdampfer
- Wärmepumpenverdampfer
- Dünnschichtverdampfer / Trockner
- Rektifizierkolonnen
- Extraktionskolonnen
- Mixer-Settler

Hier Bitte aufklappen!



Wärmepumpenverdampfer



Fallfilmverdampfer, Rektifizierkolonne und Extraktionskolonne

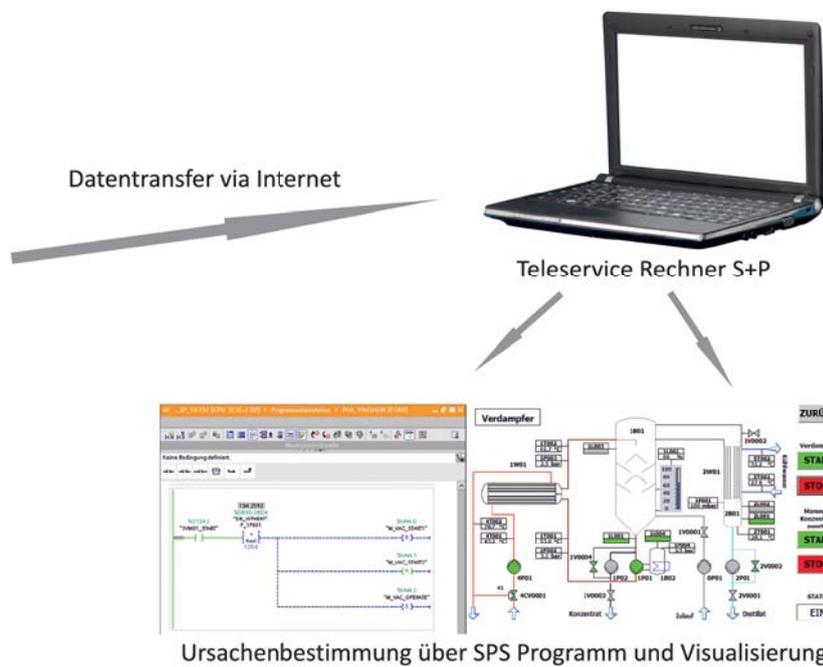
After Sales Service

Nach Lieferung unterstützen wir Sie gerne bei der Ersatzteilbeschaffung und bei der Durchführung von Wartungsarbeiten. Über Wartungsverträge können Sie sicherstellen, dass vorgeschriebene Prüfungen in den vorgesehenen Intervallen zuverlässig erfolgen.

Über eine **Fernwartung** sind wir in der Lage, innerhalb kürzester Zeit Fehlerquellen zu erkennen und die Behebung vorzubereiten. Hierdurch können wir Ihre Produktionsausfälle minimieren und eine hohe Anlagenverfügbarkeit sicherstellen.



Störung an der Anlage



Störungsbeseitigung



TÄTIGKEITSGEBIETE

ENGINEERING

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

ANLAGENBAU

Schlüsselfertige Anlagen
Prozessstufen
Vormontierte Skid - Anlagen
Einzelkomponenten

AFTER - SALES - PROJEKTE

Wartungsverträge für alle gelieferten
Anlagen und Fremdanlagen
Ersatzteilbeschaffung

VERDAMPFUNG

Zwangs- / Naturumlaufverdampfer
Fallfilmverdampfer
Mehrstufige Verdampfer
Dünnschichtverdampfer
Verdampfer mit Brüdenverdichtung
Verdampfer mit Wärmepumpe

KRISTALLISATION / TROCKNUNG

Verdampfungskristallisatoren
Dünnschichttrockner

REKTIFIKATION / ABSORPTION

Packungskolonnen
Füllkörperkolonnen
Wäscher
Absorptionskolonnen

FLÜSSIG - FLÜSSIG - EXTRAKTION

Gerührte Extraktionskolonnen
Mixer - Settler
Mehrstufen - Reaktionskolonnen

CONCENTRATED ON SOLUTIONS



SCHULZ + PARTNER GMBH
VERFAHRENSTECHNIK
CARL - ZEISS - STR. 11
D - 79331 TENINGEN
TEL +49(0)7641 95 95 700
Fax +49(0)7641 95 95 701
INFO@SCHULZPARTNER.COM
WWW.SCHULZPARTNER.COM