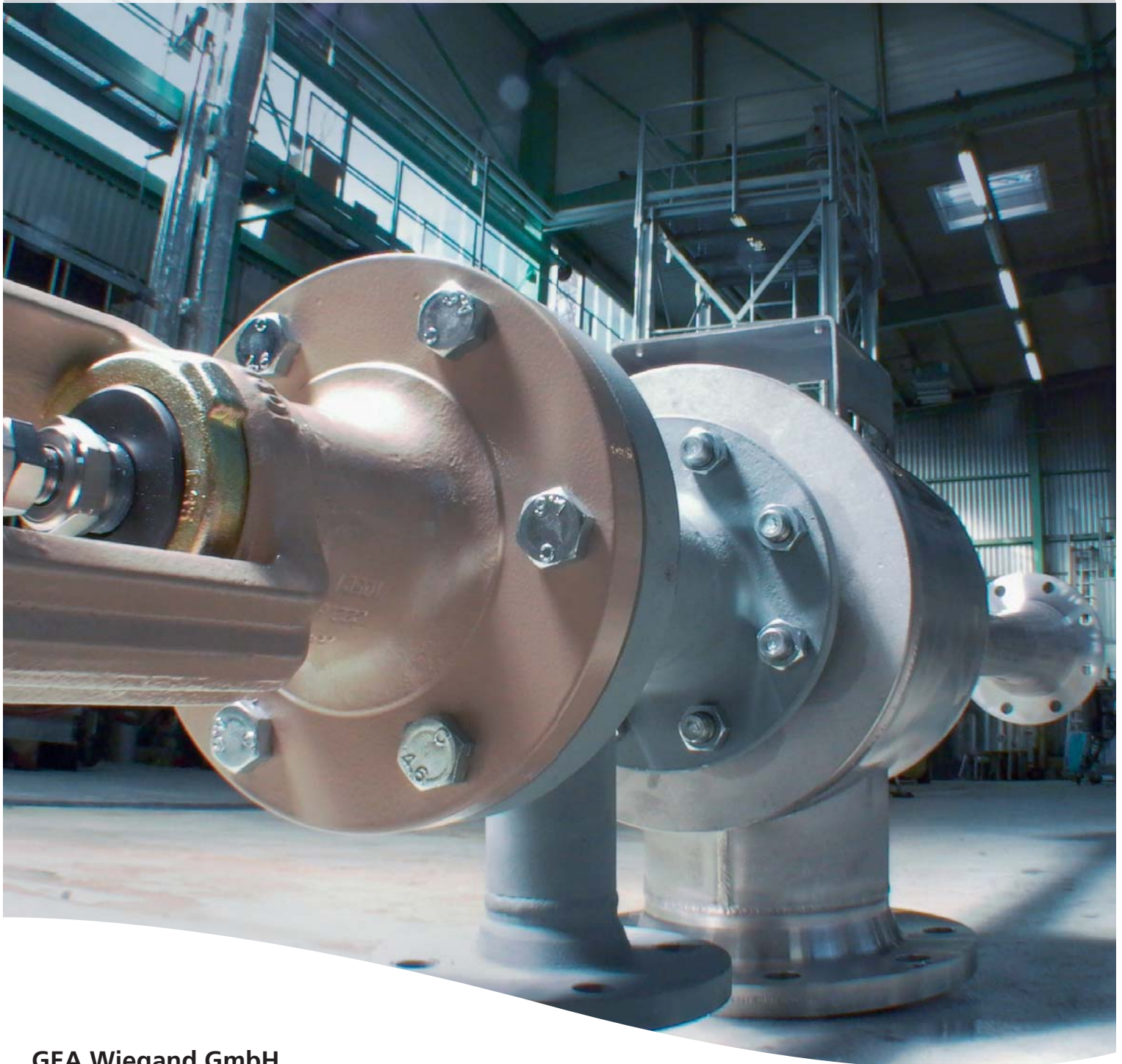


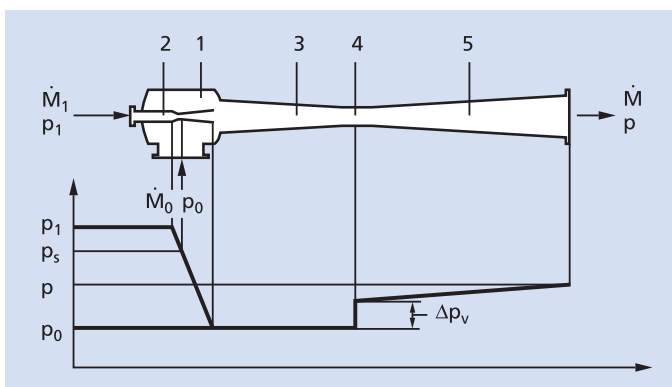
# Strahl-Vakuumsysteme



# Grundsätzliches über Strahl-Vakuumpumpen

Strahl-Vakuumpumpen werden eingesetzt zur Erzeugung und Aufrechterhaltung von Vakuum in Verdampfern, Trocknern, in Anlagen zur Destillation und Rektifikation, bei der Gefrierdrying, Polykondensation, Entgasung und Desodorisierung.

Eine solche Anlage besteht im Wesentlichen aus Strahlpumpen und Kondensatoren oder aus einer Kombination mit anderen Vakuumpumpen wie z. B. Flüssigkeitsring-Vakuumpumpen.



Aufbau einer Strahlpumpe und Druckverlauf über dem Strömungsweg

1 Kopf	} Diffusor; Mischdüse	$p_1$ Treibampfdruck
2 Treibdüse		$p_0$ Saugdruck
3 Einlaufkonus		$p$ Gegendruck
4 Hals		$p_s$ Druck bei Schallgeschwindigkeit
5 Auslaufkonus		$\Delta p_v$ Verdichtungsstoß
		$\dot{M}_1$ Treibampfstrom
		$\dot{M}_0$ Saugstrom
		$\dot{M}$ Mischdampfstrom

## Wie funktioniert eine solche Pumpe?

Strahlpumpen nutzen das Druckgefälle eines Treibmediums zum Saugdruck. In der Treibdüse wird ein Strahl mit hoher Geschwindigkeit erzeugt, der das Saugmedium beim niedrigen Saugdruck mitreißt und dieses beschleunigt. In der Mischdüse und dem Diffusor wird das Gemisch durch Umwandlung der Geschwindigkeitsenergie auf ein höheres Druckniveau gebracht.

Strahlpumpen haben drei Anschlussstutzen:

- für das Treibmedium mit dem höchsten Druck  $p_1$
- für das Saugmedium mit dem niedrigsten Druck  $p_0$
- für das Gemisch aus Treib- und Saugmedium mit einem mittleren Druck  $p$ .

Strahlpumpen erzeugen bei genügend hohem Expansionsverhältnis  $p_1/p_0$  einstufig Kompressionsverhältnisse  $p/p_0$  bis zu 20. Sie benötigen umso weniger Treibmedium, je höher das Expansionsverhältnis und umso mehr Treibmedium, je höher das Kompressionsverhältnis ist.

Mehrstufige Strahl-Vakuumpumpen werden im Allgemeinen für Saugdrücke unter 100 mbar eingesetzt. Zur Optimierung des Energieeinsatzes kondensiert man das Treibmedium und die jeweils kondensierbaren Stoffe zwischen zwei Stufen. Der erstmalige Kondensationsdruck hängt von der Temperatur des Kühlmediums und der Charakteristik des Treibmediums ab. Verwendet man Wasserdampf als Treibmedium und hat Kühlwasser von 25 °C zur Verfügung, so liegt dieser Druck bei etwa 60 mbar.

Als Zwischenkondensatoren werden meistens Oberflächenkondensatoren verwendet, weil hierbei das Kühlwasser nicht mit dem Saugmedium vermischt wird. Dadurch wird kein Kühlwasser verschmutzt.

Zur optimalen Auslegung einer Strahl-Vakuumpumpe werden folgende Angaben benötigt:

### Saugmedium

- Zusammensetzung, Molmasse [kmol/kg]
- Saugstrom  $\dot{M}_0$  in [kg/h] oder [kg/s]
- Saugdruck  $p_0$  (absoluter Druck) [mbar]
- Temperatur  $T_0$  [°C]
- Gegendruck  $p$  (absoluter Druck) [mbar]

### Treibmedium

- Druck  $p_1$  (Überdruck oder absoluter Druck) [bar]
- Temperatur  $T_1$  [°C]

### Kühlmedium

- Temperatur [°C]
- Vordruck [bar]

Diese Daten bestimmen Schaltung, Stufenzahl, Treib- und Kühlmediumverbrauch.

## Vorteile von Strahl-Vakuumpumpen

- einfacher Aufbau
- betriebssicher
- kaum Verschleiß und wartungsarm
- korrosionsbeständig bei geeigneter Werkstoffauswahl
- aus allen im Apparatebau verwendbaren Werkstoffen lieferbar
- für Saugströme von 10 m<sup>3</sup>/h bis 2.000.000 m<sup>3</sup>/h einsetzbar
- geeignet für Vakua bis zu 0,01 mbar (abs.)
- Antrieb durch Wasserdampf oder **andere Dämpfe**; mit Überdruck- oder mit Vakuumdampf
- Kombinationsmöglichkeit mit mechanischen Vakuumpumpen

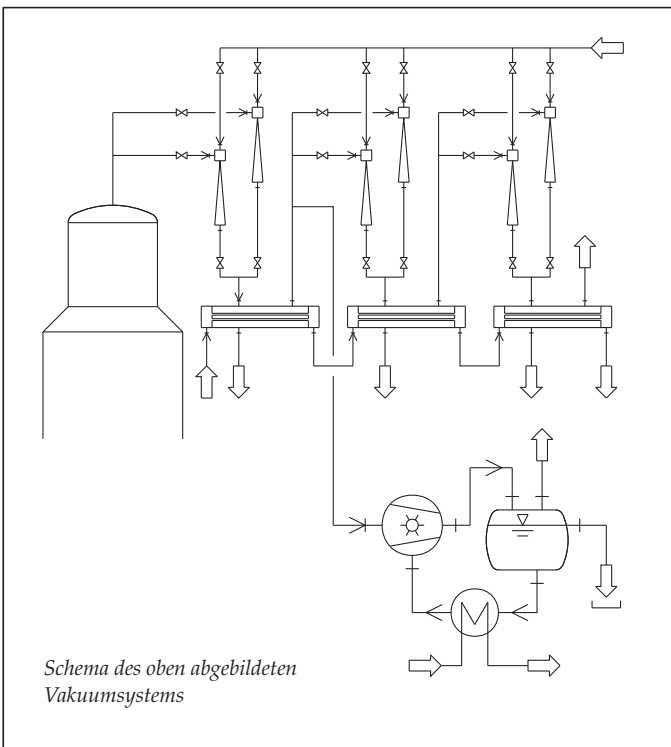
Zur richtigen Auslegung einer Strahl-Vakuumpumpe gehört viel Erfahrung. GEA Wiegand plant und baut seit annähernd 100 Jahren Strahlpumpen. Wenden Sie sich vertrauensvoll an uns. Sie erhalten ein Angebot über eine Strahl-Vakuumpumpe, die bestens für Ihren speziellen Bedarfsfall geeignet ist.

# Strahl-Vakuumpumpen für Vakuum-Destillationskolonnen in Erdölraffinerien



*Dampfstrahl-Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe für die Destillationskolonne einer Raffinerie*

Saugstrom: 6.198 kg/h  
bzw. 689.337 m<sup>3</sup>/h  
Saugdruck abs.: 8 mbar  
Gegendruck abs.: 1.500 mbar



Strahl-Vakuumpumpen werden in Verbindung mit Flüssigkeitsringpumpen zur Vakuumerzeugung in Erdöldestillationskolonnen eingesetzt.

Die Kombination aus beiden Pumpentypen in Verbindung mit einfachen, aber geeigneten Regelsystemen ermöglicht einen niedrigen Verbrauch an Kühlwasser, Strom und Treibmedium.

Zwischen die Strahl-Vakuumpumpen sind Kondensatoren geschaltet. Sie kondensieren, soweit möglich, die abgesaugten Dämpfe und das Treibmedium und verringern so den Förderstrom, den die Flüssigkeitsringpumpe zu bewältigen hat.

Für diesen Anwendungsfall sind GEA Wiegand Strahl-Vakuumpumpen hervorragend geeignet. Sie fördern die anfallenden großen Gasmengen, arbeiten störungsfrei und sind wartungsarm.

Durch die vielfältige Werkstoffauswahl ist es möglich, Korrosion sicher zu verhindern.

# Vakuumanlagen für die Meerwasserentsalzung

Weltweit wird das Wasser knapp. Viele Länder verfügen nicht über genügend Wasserreservoirs und sind darauf angewiesen, ihren Wasserbedarf aus dem Meer zu decken. Die drei bedeutendsten Verfahren der Meerwasserentsalzung sind:

**RO** – Reverse Osmosis (Umkehrosmose, Membranverfahren)

**MED** – Multi-effect distillation (mehrstufige Destillation)

**MSF** – Multi-stage flash (mehrstufige Entspannungsverdampfung)

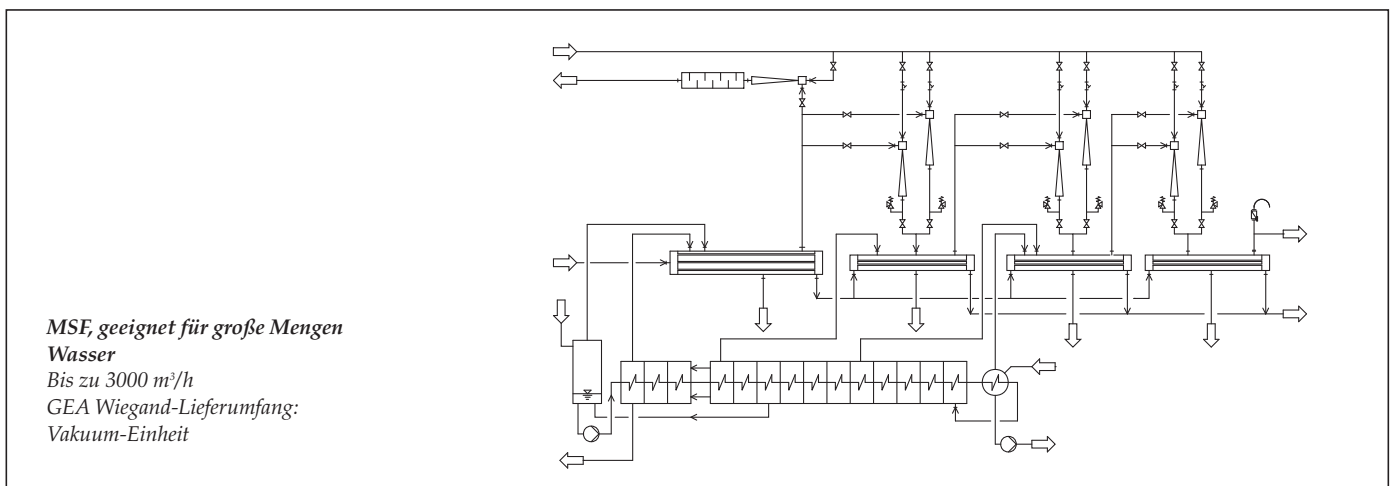
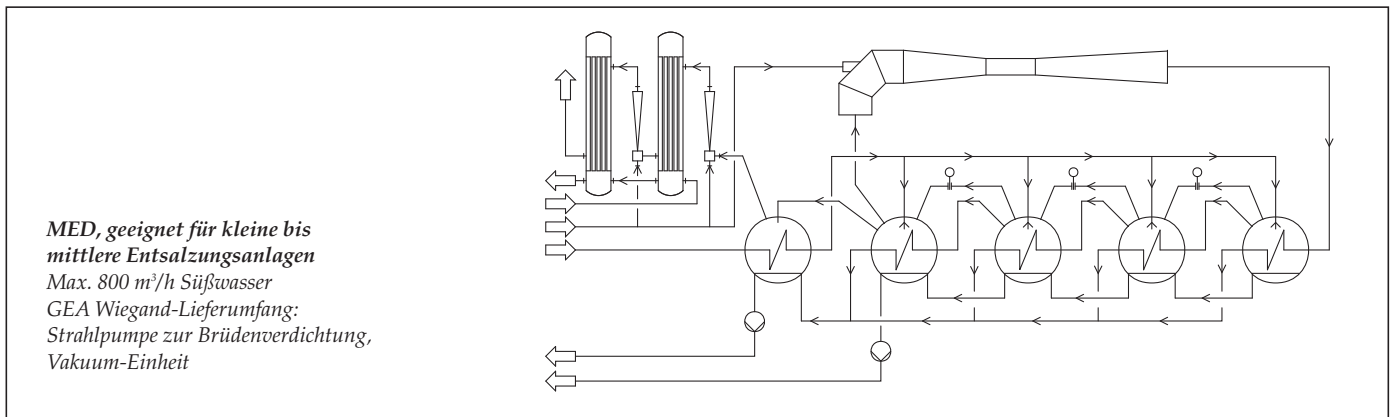


Bei den MED- und MSF-Verfahren werden Verdampfer eingesetzt, die zur Optimierung des Wirkungsgrades unter Vakuum arbeiten. Das Vakuum wird in allen Fällen mit mehrstufigen Dampfstrahl-Vakuumpumpen erzeugt. Diese Vakuumpumpen sind zusammen mit den zugehörigen Kondensatoren integraler Bestandteil der Verdampferanlage und werden daher mit erhöhter Aufmerksamkeit betrachtet.

Die Besonderheit bei der Auslegung der Anlage liegt in der Optimierung des Energieverbrauchs bei gleichzeitiger Minimierung der Apparatedimensionen, denn die Investitionskosten dieser Anlage werden maßgeblich durch die Verwendung hochwertiger Materialien wie Titan, Nickelbronze und oder Edelstählen beeinflusst.

Die Auswahl von Dampfstrahlpumpen als Vakuumerzeuger gewährleistet eine hohe Zuverlässigkeit der Gesamtanlage bei gleichzeitiger Minimierung der Wartungskosten. Zur Optimierung der Betriebskosten werden die Dampfstrahlpumpen für alle Prozessbedingungen der Anlage ausgelegt.

Vakuum-Einheit für eine MSF-Meerwasserentsalzung



# Produktdampfbetriebene Strahl-Vakuumpumpen

Strahl-Vakuumpumpen werden überwiegend mit Wasserdampf betrieben. Wasserdampf ist in der Industrie leicht verfügbar und hat sich als Treibmedium gut bewährt.

Bei der Kondensation des Treibdampfes entsteht Kondensat, das in einigen Fällen als Abwasser betrachtet werden muss. Dies lässt sich vermeiden, indem man im Prozess anfallende Produktdämpfe als Treibmedium für die Strahlpumpen verwendet. Das Treibdampf-kondensat wird dann entweder in dem Prozess weiterverwendet oder nach erneuter Verdampfung wieder als Treibmedium eingesetzt. Produktdampfbetriebene Strahlpumpen setzt man auch dann ein, wenn das Eindringen von Wasser in den Prozess auf alle Fälle verhindert werden muss.

Produktdampfbetriebene Strahl-Vakuumpumpen unterscheiden sich im Aufbau und in der Funktionsweise nicht von wasserdampfbetriebenen Strahl-Vakuumpumpen und bieten daher im Wesentlichen die gleichen Vorteile. Zusätzlich ist der Energiebedarf durch die niedrigen Verdampfungswärmen organischer Dämpfe zum Teil erheblich

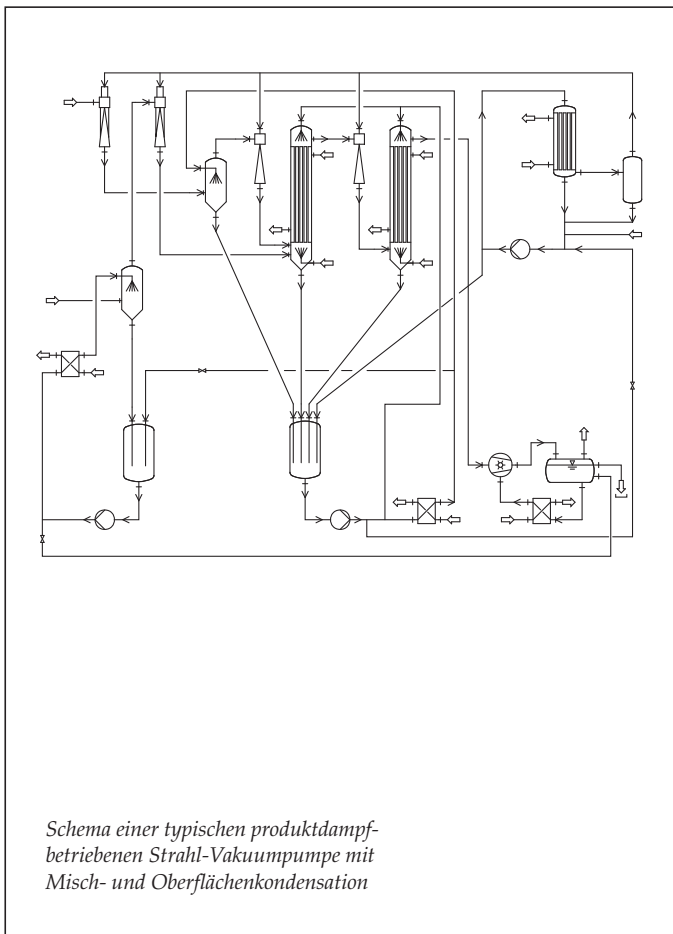
niedriger als bei den wasserdampfbetriebenen Strahl-Vakuumpumpen.

Als Treibmedien für produktdampfbetriebene Strahlpumpen eignen sich organische Dämpfe wie Monochlorbenzol, Trichlorethylen, Toluol, Butandiol, Ethylenglykol, Furan, Phenol, Methylenechlorid usw.



oben: GEA Wiegand Vakuumeinheit in der größten Polyester-Produktionsanlage der Welt

unten: 2-stufige Vakuumpumpe mit Produktdampferzeuger  
Treibmittel: Methylenechlorid  
Saugleistung: 120 kg/h aus 4 mbar,  
entsprechend 7.000 m<sup>3</sup>/h



Schema einer typischen produktdampfbetriebenen Strahl-Vakuumpumpe mit Misch- und Oberflächenkondensation



# Strahl-Vakuumpumpen für die chemische Industrie



Für die chemische Industrie wurden von GEA Wiegand universell einsetzbare Pumpenaggregate entwickelt. Die mehrstufigen Strahl-Vakuumpumpen erreichen Saugdrücke bis 0,01 mbar und können somit nahezu alle Anwendungsgebiete abdecken. Bei der Auslegung der Anlagen wird besonderer Wert auf die in der chemischen Industrie geforderten Standards und Sicherheitsbestimmungen gelegt.

Entsprechend den verfahrenstechnischen Anforderungen können Strahl-Vakuumpumpen aus nahezu allen Werkstoffen – auch Porzellan, Grafit, Glas – gefertigt werden. GEA Wiegand Strahl-Vakuumpumpen sind robust, wartungsarm, langlebig und betriebssicher.

*Zwei 2-stufige Strahl-Vakuumpumpen in Kompaktbauweise mit Plattenkondensatoren*

*links: Saugleistung: 13,3 kg/h aus 7 mbar abs., entsprechend 1.172 m<sup>3</sup>/h  
rechts: Saugleistung: 13,1 kg/h aus 1,5 mbar abs., entsprechend 7.212 m<sup>3</sup>/h*

# Strahl-Vakuumpumpen zur Stahlgasung

Zur Herstellung hochwertiger Stahlqualitäten wird die Rohstahl-Behandlung unter Vakuum durchgeführt. Zum Erzeugen und Aufrechterhalten des Vakuums werden mehrstufige Strahl-Vakuumpumpen verwendet.

Die bei der Stahlgasung eingesetzten Pumpen haben dabei vor allem folgende Aufgaben zu erfüllen:

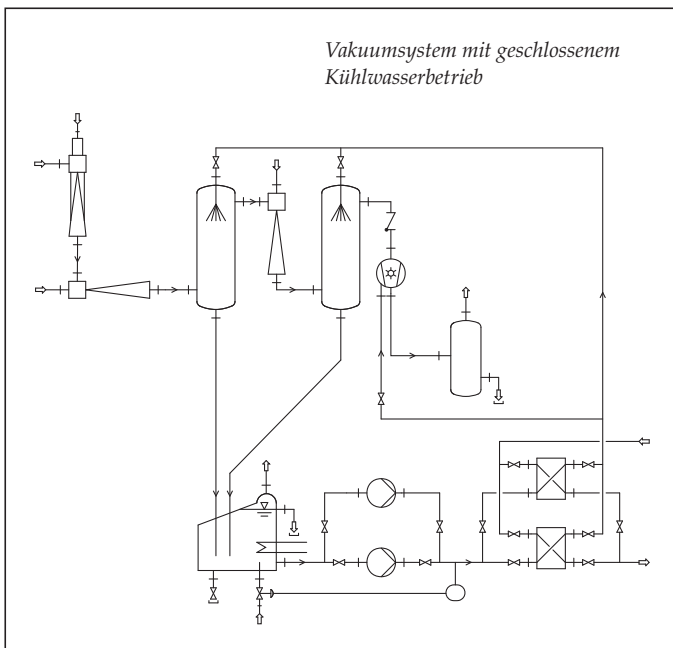
- schnelle Evakuierung des Prozessbehälters auf den erforderlichen Druck. Dies bedeutet, die Saugleistung der Strahl-Vakuumpumpen muss am Anfang sehr hoch sein (i. Allg. mehrere tausend kg/h).
- Aufrechterhalten eines niedrigen Drucks bei gleichzeitigem Absaugen eines großen Inertgasstroms (bis zu 2.000.000 m<sup>3</sup>/h, entsprechend 1.500 kg/h bei einem Vakuum von ca. 0,6 mbar).
- sofort verfügbar
- unempfindlich gegenüber dem anfallenden Staub
- betriebssicher auch unter rauhesten Bedingungen



*Strahlpumpe für eine 4-stufige Strahl-Vakuumpumpe zur Stahlgasung  
Saugstrom: 1.100 kg/h bzw. 1.387.000 m<sup>3</sup>/h, Saugdruck abs.: 0,6 mbar*

Die Kombination mit Flüssigkeitsring-Vakuumpumpen als Vorvakuumpumpen ist möglich und in vielen Fällen aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten vorteilhaft. Durch Einsatz eines Nasswäschers wird die Staubbelastung der Abgasströme aus den Vakuumpumpen auf zulässige Werte gesenkt.

# Speiseöl-Desodorisierung



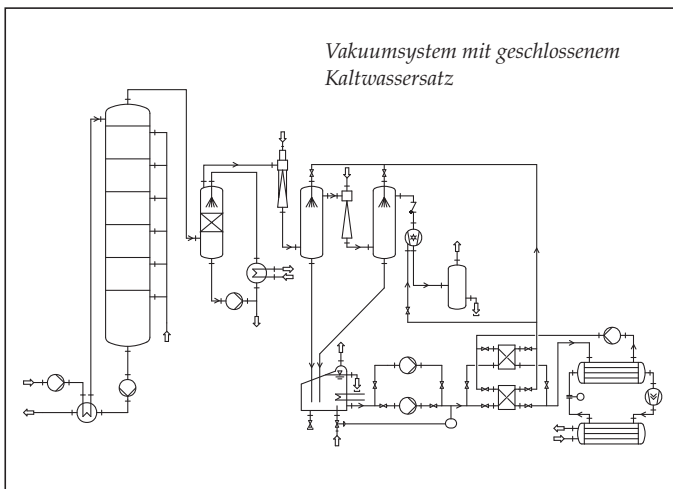
Viele Anwendungen finden mehrstufige Dampfstrahlpumpen in der Speiseölindustrie, wo das Produkt raffiniert und durch Destillation unter Vakuum (1–5 mbar) von unerwünschten Aromen befreit wird.

Das eingesetzte Vakuumsystem muss dabei folgende Anforderungen erfüllen:

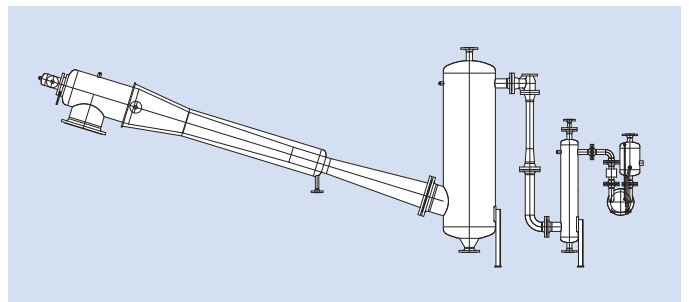
- unempfindlich gegen kondensierende Fettsäuren
- geringer Energieverbrauch
- umweltverträglich
- zuverlässig und wartungsarm.

Mit Strahlpumpen von GEA Wiegand lassen sich diese Bedingungen leicht realisieren.

Durch neu entwickelte Bauformen von Dampfstrahlpumpen werden günstige Verbrauchswerte erzielt und bei Betrieb mit Kaltwasser reduziert sich der Treibdampfverbrauch nochmals deutlich.



*Typische Aufstellung eines Vakuumsystems mit Kaltwassersatz*



## Weitere Einsatzgebiete für Strahl-Vakuumpumpen

- Entlüftung von Turbinenkondensatoren
- Entfeuchtung von Tabak
- Kunststoffindustrie bei der Folienherstellung
- Harnstoff-Erzeugung
- Extruderentgasung
- Trocknungsprozesse
- Entgasung



# Unser Lieferprogramm im Überblick

## **Eindampfanlagen**

zum Konzentrieren von flüssigen Nahrungsmitteln, organischen und anorganischen Prozesswässern und Industrieabwässern; auch mit Zusatzeinrichtungen zum Erhitzen, Kühlen, Entgasen, Kristallisieren und Rektifizieren.

## **Membranfiltration – GEA Filtration**

zum Konzentrieren und Aufarbeiten von flüssigen Nahrungsmitteln, Prozesswässern und Industrieabwässern, zur Abtrennung von Verunreinigungen zur Qualitätssteigerung und Wertstoffrückgewinnung.

## **Anlagen zur Destillation/Rektifikation**

zur Trennung von Mehrstoffgemischen, zur Rückgewinnung organischer Lösungsmittel, zur Gewinnung, Reinigung und Entwässerung von Bioalkohol verschiedener Qualitäten.

## **Alkohol-Produktionslinien**

zur Herstellung von Trinkalkohol und entwässertem Alkohol in hochreiner Qualität; mit integrierter Schlempeprozesslinie.

## **Kondensationsanlagen**

mit Oberflächen- oder Mischkondensatoren, zum Kondensieren von Dämpfen und Dampf-Gas-Gemischen vorwiegend unter Vakuum.

## **Vakuum/Dampfstrahl-Kühlanlagen**

zum Erzeugen von Kaltwasser, zum Kühlen von Flüssigkeiten und Produktlösungen auch aggressiver und abrasiver Art.

## **Strahlpumpen**

zum Fördern und Mischen von Gasen, Flüssigkeiten und körnigen Feststoffen, zum direkten Aufheizen von Flüssigkeiten; als Wärmepumpen und in Sonderausführung für die verschiedensten Einsatzgebiete.

## **Dampfstrahl-Vakuumpumpen**

auch mit Produktdampf als Treibmedium und in Kombination mit mechanischen Vakuumpumpen (Hybridsysteme); für die verschiedensten Anwendungen in der chemischen, pharmazeutischen und Nahrungsmittelindustrie, für Erdölraffinerien und für die Stahlentgasung.

## **Anlagen zur Wärmerückgewinnung**

für die Nutzung von Restwärme aus Abgas, Dampf- Luft-Gemisch, Abdampf, Kondensat und Produkt.

## **Vakuum-Entgasungsanlagen**

zum Entfernen gelöster Gase aus Wasser und anderen Flüssigkeiten.

## **Heiz- und Kühlanlagen**

mobil und stationär; für den Betrieb von heißwasserbeheizter Reaktoren und Kontakttrockner.

## **Strahlgaswaschanlagen**

zum Reinigen und Entstauben von Abluft, Abscheiden von Aerosolen, Kühlen und Konditionieren von Gasen, Kondensieren von Dämpfen, Aborbieren von gasförmigen Schadstoffen.

## **Projektstudien, Engineering**

für Anlagen aus unserem Lieferprogramm.



GEA Process Engineering

**GEA Wiegand GmbH**

Am Hardtwald 1, D-76275 Ettlingen  
Tel. 07243 705-0, Fax 07243 705-330

E-Mail: [info.gewi.de@geagroup.com](mailto:info.gewi.de@geagroup.com), Website: [www.gea-wiegand.de](http://www.gea-wiegand.de)