



# STAHL – WERKSTOFF FÜR DIE INDUSTRIE

## Energieeffiziente Pumpstände zur Stahlgasung

Kaum ein Werkstoff hat die Entwicklung der Weltwirtschaft so geprägt wie der Stahl. Nicht nur in der Industrie, sondern auch in unserem alltäglichen Leben spielt er eine große Rolle: Maschinen, Anlagen, Brücken, Gebäude, Schiffe, Autos oder Haushaltsgeräte werden unter anderem aus Stahl gefertigt. Besonders das Wirtschaftswachstum der Schwellenländer macht ihn zum wichtigsten metallischen Werkstoff des 21. Jahrhunderts.

### **Stahlherstellung unter Vakuum**

Als Stahl bezeichnet man Eisen-Kohlenstoff-Legierungen mit weniger als 2 % Kohlenstoff, die zusätzlich noch andere Legierungselemente enthalten können. Dadurch ergibt sich eine breite Palette verschiedener Varianten wie zum Beispiel Baustähle, Vergütungsstähle, nichtrostende Stähle sowie warmfeste und kaltzähe Stähle.

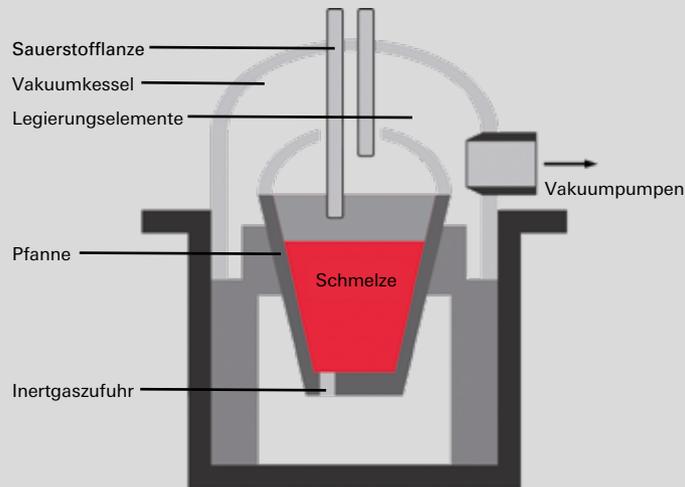


Abb. 1: VOD-Verfahren

Obwohl sie sich in Anwendungen und Eigenschaften unterscheiden, bestehen alle Stähle aus Roheisen und verschiedenen Anteilen anderer Elemente. Die physikalischen Eigenschaften des Stahls werden maßgeblich von diesen Legierungselementen mitbestimmt – insbesondere durch unerwünschte Eisenbegleiter wie:

- Schwefel
- Stickstoff
- Wasserstoff

Grundvoraussetzung für jeden hochwertigen Stahl ist deshalb die Reduzierung dieser Eisenbegleiter, um Werkstoffeigenschaften wie:

- Schlagfestigkeit
  - Alterungsbeständigkeit
  - Kerbschlagzähigkeit
  - Dehnung
  - Schweiß- und Schmiedbarkeit
- positiv zu beeinflussen.

Die Prozesse zur Verbesserung dieser Stahleigenschaften werden unter dem Begriff „Sekundärmetallurgie“ zusammengefasst.

Eine Reduzierung der Eisenbegleiter kann durch verschiedene Verfahren unter Vakuum erfolgen. Der Fokus von Pfeiffer Vacuum liegt auf dem Vacuum Degassing (VD)- und dem Vacuum Oxygen Decarburisation (VOD)-Verfahren.

Bei beiden Verfahren befindet sich eine Pfanne mit flüssigem Stahl in einer Vakuumkammer, die durch ein entsprechendes Vakuumsystem evakuiert wird. Durch geeignete Zuführsysteme hat man die Möglichkeit, weitere Legierungselemente hinzuzufügen und dadurch die gewünschte Stahlqualität zu erhalten.

In Vakuumprozessen haben Stoffe die Eigenschaft, abhängig von ihrem Dampfdruck entweder auszugasen oder aus dem flüssigen Stahl abzukochen. Dieser Gasstrom stellt eine zusätzliche Belastung für das Vakuumsystem dar. Während des Evakuierungsprozesses können die folgenden Stoffe oder Dämpfe auftreten, die hohe Anforderungen an die Robustheit der verwendeten Vakuumpumpen stellen:

- Metalle und Metalloxide (als feiner Staub)
- Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) (VOD-Prozess)
- Wasserstoff (H<sub>2</sub>), Nitrogen (N<sub>2</sub>)

Beim VD-Verfahren werden Drücke unter 1 hPa (0,75 Torr) und ein Argon-Gasstrom verwendet, um diese unerwünschten Elemente zu entfernen. Im VOD-Prozess wird über eine Lanze zusätzlich Sauerstoff auf die Schmelze geblasen. Dieses Verfahren beginnt bei einem Druck zwischen 100 und 200 hPa.

Bei der Produktion von hochlegiertem, rostfreiem Stahl stellen die Kosten für die Beschaffung von Rohmaterialien circa 80% der gesamten Produktionskosten dar. Um diese Kosten niedrig zu halten, müssen verstärkt Edelstahl-Schrott und Legierungen mit hohem Kohlenstoffgehalt verwendet werden. Zur Vermeidung von Korrosionen darf der Kohlenstoffgehalt im Endprodukt allerdings nur sehr gering sein. Das VOD-Verfahren kann dazu genutzt werden, Kohlenstoff aus dem flüssigen Stahl zu entfernen.

Im VOD-Prozess finden zwei konkurrierende Reaktionen statt: die Oxidation von Kohlenstoff und von Chrom. Die zweite Reaktion ist nicht erwünscht. Glücklicherweise sind die Produkte dieser beiden Reaktionen jedoch sehr verschieden; Kohlenstoff-Monoxid (CO) ist ein Gas, Chrom-Oxid (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ein pulverförmiger Feststoff.



Abb. 2: SKID-Lösung

Dieser Unterschied ermöglicht es, durch Reduktion des CO-Partialdrucks bevorzugt den Kohlenstoff zu oxidieren. Im VOD-Verfahren wird Vakuum eingesetzt, um den Kohlenstoffgehalt im flüssigen Stahl auf die gewünschten niedrigen Werte zu bringen.

### Energieeffiziente Alternative zu Dampfstrahl-Pumpsystemen

In den vergangenen Jahren haben ein geringer Energieverbrauch und umweltfreundliche Prozesse immer mehr an Stellenwert gewonnen. Dieser Trend lässt sich auch bei den Vakuumsystemen beobachten.

Früher wurden zur Stahlgasung hauptsächlich Dampfstrahlvakuumpumpen verwendet. Diese sind in der Anschaffung relativ günstig, ziehen jedoch hohe Betriebskosten für Dampf und Kühlwasser nach sich. Das Kühlwasser wird zudem mit den entstehenden Stäuben belastet und ist nur sehr schwer zu entsorgen.

Aus diesem Grund werden heute vermehrt mechanische Vakuumpumpen eingesetzt. Diese arbeiten sehr kosteneffektiv und haben eine hohe Pumpkapazität bei niedrigem Druck. Ausgestattet mit einem vorgeschalteten Staubfilter garantieren sie zuverlässige und stabile Leistung unter verschiedensten Betriebsbedingungen.

Mit mechanischen Vakuumsystemen können im Vergleich zu Dampfstrahl-Pumpsystemen signifikante Einsparungen bei Betriebs- und Wartungskosten erzielt werden.



Abb. 3: Stufen-Lösung

**Die energieeffiziente Vakuumlösung von Pfeiffer Vacuum**  
Pfeiffer Vacuum hat zwei Konzepte für komplette Systeme zur Stahlgasung entwickelt, die auf mechanischen Vakuumpumpen basieren und individuell auf die kundenspezifischen Anforderungen abgestimmt werden können. Es sind drei oder mehr Stufen aus anwendungsspezifischen Pumpen integrierbar.

Die Stufen dieser Pumpsysteme bestehen aus Wälzkolbenpumpen (OktaLine), gasumlaufgekühlten Wälzkolbenpumpen (OktaLine G) und Schraubenpumpen (HeptaDry).

Das Kernelement beider Varianten des Systems sind die Pumpen vom Typ OktaLine G, die durch ihr großes Saugvermögen selbst bei hohen Differenzdrücken eine Reduzierung der Anzahl an Schraubenpumpen und ein schnelles Evakuieren ab Atmosphärendruck erlauben.

So werden bei der sogenannten „SKID“-Lösung eine Okta 25000, eine Okta 4000 G mit dazugehörigem Gaskühler und eine Hepta 600 auf einen gemeinsamen Rahmen montiert und intern komplett verrohrt. Das benötigte Saugvermögen wird dann durch Parallelschaltung einer entsprechend auf die jeweilige Anwendung abgestimmten Anzahl von baugleichen Modulen (Skids) erreicht (Abb. 2).

Bei der sogenannten „Stufen“-Lösung wird für jede Stufe einzeln die optimale Anzahl an parallel geschalteten Pumpen bestimmt. Die Stufen werden dann über eine Sammelleitung mit der jeweils nächsten verbunden (Abb. 3). Optional kann bei dieser Variante auch zwischen drei- und vierstufigem Betrieb umgeschaltet werden.

Durch Optimierung vorheriger Systeme konnte Pfeiffer Vacuum die Anzahl der benötigten Pumpen reduzieren, sodass der Energieverbrauch und die Kosten für ein System vergleichsweise niedrig sind. Bei einem bereits erfolgreich in Betrieb genommenen Vakuum-Pumpstand zur VD/VOD-Behandlung von 45 Tonnen Stahl wurden lediglich elf Pumpen benötigt. Damit begrenzten sich die drei Stufen auf fünf OktaLine Pumpen, drei OktaLine G Pumpen und drei Pumpen der HeptaDry-Baureihe.

Vorteile des Stahlgasungssystems von Pfeiffer Vacuum:

- Geringe Energiekosten gegenüber Dampfstrahl-Pumpsystemen
- Wenige Pumpen im Einsatz
- Geringe Baugröße des Systems
- Deutliche Kosteneinsparungen

Auf Kundenwunsch kann anstelle der oft nur in geringer Stückzahl gebauten großen Wälzkolbenpumpen eine größere Anzahl kleiner Pumpen verbaut werden, welche durch Serienfertigung jedoch günstiger sind. So können auf Kundenseite signifikante Kosteneinsparungen erzielt werden.

#### Die einzelnen Komponenten des Vakuumsystems im Überblick

##### Schraubenpumpen

Schraubenpumpen transportieren Gas durch sich gegeneinander drehende, abgeschlossene Gewindgänge. Mit Reduzierung der Gewindesteigung wird eine innere Verdichtung erreicht, die durch Reduzierung der Verlustleistung eine Überhitzung der Pumpe verhindert. So wird kein Kühlgas benötigt und Energiekosten können eingespart werden. Dies ermöglicht auch die Förderung thermisch empfindlicher Gase.

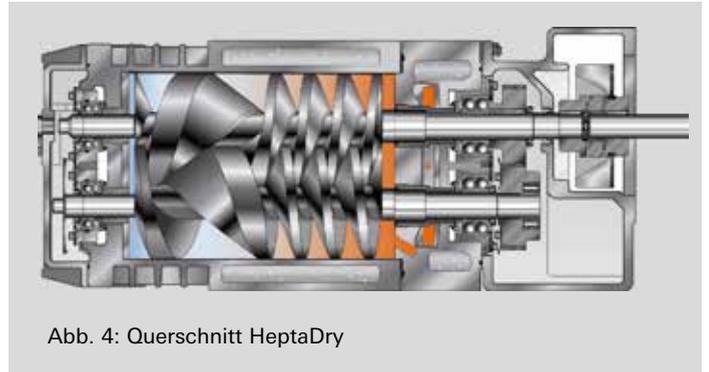


Abb. 4: Querschnitt HeptaDry

Schraubenpumpen eignen sich für Anwendungen im Grob- und Feinvakuum ( $10^3 - 10^{-3}$  hPa) und haben ein Saugvermögen zwischen 100 und 600 m<sup>3</sup>/h. Dank der niedrigen Betriebsdrehzahl werden die Lager und Dichtungen wenig belastet. Dadurch arbeiten sie sehr zuverlässig und sind in Kombination mit Wälzkolbenpumpen ideal einsetzbar.

Vorteile der Schraubenpumpen von Pfeiffer Vacuum:

- Optimaler Enddruck
- Geringe Energiekosten
- Geringer Geräuschpegel
- Keine Überhitzungsgefahr durch Reduzierung der Gewindesteigung und Wasserkühlung
- Direkte Gasführung minimiert Staubanlagerungen
- Absolut trocken und ölfrei
- Robust und verlässlich



## Wälzkolbenpumpen

In der Wälzkolbenpumpe drehen sich zwei gegenläufig synchron laufende Rotoren berührungslos in einem Gehäuse. Die Rotoren sind achtförmig und durch einen engen Spalt voneinander und vom Gehäuse getrennt. Sie haben keine innere Verdichtung und kein Auslassventil. Ein Überströmventil verhindert eine Überhitzung durch die Begrenzung der Druckdifferenz zwischen Ein- und Auslassseite. Daher können Wälzkolbenpumpen auch nicht gegen Atmosphäre ausstoßen, sondern benötigen eine Vorpumpe (z. B. Schraubenpumpen).

Durch die verschiedenen Abstufungen und Ausführungen können Wälzkolbenpumpen individuell auf kundenspezifische Anforderungen abgestimmt werden. Dabei reicht das Saugvermögen von 250 bis 25.000 m<sup>3</sup>/h im Grob- und Feinvakuum. Ihre senkrechte Förderrichtung macht sie unempfindlich gegen Staub- und Flüssigkeitsanfall.



Neben den herkömmlichen Wälzkolbenpumpen gibt es außerdem gasumlaufgekühlte Pumpen (OktaLine G). Diese Pumpen verfügen anstelle eines Überströmventils über eine Gasumlaufkühlung. Dabei strömt das Gas aus dem Auslassflansch, wird in einem Wärmetauscher abgekühlt und teilweise in den Schöpfraum geleitet. Dadurch kann die Pumpe gegen Atmo-

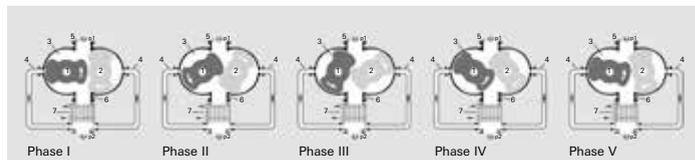


Abb. 5: Funktionsprinzip der gasgekühlten Wälzkolbenpumpe

sphärendruck arbeiten, ohne dass die Gefahr von thermischer Überlastung besteht.

Die Wälzkolbenpumpe ist optimal für Anwendungen mit hohen Druckdifferenzen und maximalen Kompressionsverhältnissen geeignet und kann ohne Vorpumpe betrieben werden.

Vorteile der Wälzkolbenpumpen von Pfeiffer Vacuum:

- Kurze Abspumpzeiten aufgrund des hohen Kompressionsverhältnisses
- Schutz vor thermischer Überbelastung
- Varianten nach RL 94/9/EG (ATEX) erhältlich
- Wartungsfrei und robust
- Geringe Betriebskosten durch Luftkühlung und Magnetkupplung
- Stabil und zuverlässig



## Kompetenter Partner der Stahlindustrie

Die individuellen Lösungen von Pfeiffer Vacuum für die Stahlindustrie sind in langjähriger Zusammenarbeit mit bekannten Herstellern erprobt. Neben kompletten Vakuumsystemen bietet Pfeiffer Vacuum ebenfalls die Erweiterung und Modernisierung von bestehenden Anlagen an. Von der Konzeption bis hin zum Service an Bestandsanlagen steht das Unternehmen für erstklassige Qualität und starke Kundenorientierung.

## **VAKUMLÖSUNGEN AUS EINER HAND**

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuumlösungen, für technologische Perfektion, kompetente Beratung und zuverlässigen Service.

## **KOMPLETTES PRODUKTSORTIMENT**

Vom einzelnen Bauteil bis hin zum komplexen System:

Wir verfügen als einziger Anbieter von Vakuumtechnik über ein komplettes Produktsortiment.

## **KOMPETENZ IN THEORIE UND PRAXIS**

Nutzen Sie unser Know-how und unsere Schulungsangebote!

Wir unterstützen Sie bei der Anlagenplanung und bieten erstklassigen Vor-Ort-Service weltweit.

Sie suchen eine perfekte  
Vakuumlösung?  
Sprechen Sie uns an:

**Pfeiffer Vacuum GmbH**  
Headquarters · Germany  
T +49 6441 802-0

[www.pfeiffer-vacuum.com](http://www.pfeiffer-vacuum.com)