



Elektronenstrahlschweißen

Optimale Vakuumlösungen für das Elektronenstrahlschweißen

Elektronenstrahlschweißen

Optimale Vakuumlösungen für das Elektronenstrahlschweißen

Der Elektronenstrahl als Wärmequelle bei der thermischen Materialbearbeitung ist aus vielen industriellen Anwendungen wie Bohren, Fräsen, Perforieren, Schmelzen oder Schweißen nicht mehr wegzudenken. Insbesondere das Elektronenstrahlschweißen hat sich in Anwendungen, bei denen hochpräzise, tiefe und verzugsfreie Schweißnähte benötigt werden (siehe Abschnitt „Anwendungsgebiete“), längst etabliert und kommt in vielfältigen Industriezweigen zum Einsatz. Doch worum genau handelt es sich bei diesem Fügeverfahren und warum spielt Vakuum dabei eine wichtige Rolle?

Was ist Elektronenstrahlschweißen?

Beim Elektronenstrahlschweißen wird ein Strahl stark beschleunigter Elektronen über einstellbare Magnetfelder auf ein Werkstück fokussiert. Auf der Oberfläche des Werkstücks geben die Elektronen punktgenau an der Auftreffstelle Energie ab und erwärmen, schmelzen und verdampfen dort Material. Die Strahlerzeugung in der Elektronenkanone und der eigentliche Schweißvorgang in der Schweißkammer erfolgen fast ausschließlich unter Vakuum bei Drücken im Hochvakuumbereich (10^{-3} bis 10^{-6} hPa). Damit soll eine Streuung der Elektronen an Luftmolekülen verhindert und eine störungsfreie und verlustfreie Strahlfokussierung auf das Werkstück ermöglicht werden.



Abbildung 1: Elektronenstrahlschweißanlage mit Schweißkammer und Elektronenstrahlgenerator (Mit freundlicher Genehmigung von Steigerwald Strahltechnik)

Inhalt	Vorteile	Seite 4
	Anwendungsgebiete	Seite 4
	Vakuumtechnische Anforderungen	Seite 4
	Umfangreiches Portfolio für das Elektronenstrahlschweißen	Seite 5
	Auslegung	Seite 6
	Evakuierung Schweißkammer	Seite 6
	Evakuierung Elektronenstrahlgenerator	Seite 8
	Druckmessung	Seite 9
	Produktmessung	Seite 9
	Lecksuche	Seite 10
	Pfeiffer Vacuum Service	Seite 12
	Komponenten, Ventile, kundenspezifische Kammern	Seite 14



Abbildung 2: Flugzeugtriebwerk

Elektronenstrahlschweißen

Grundlagen

Vorteile

Gegenüber traditionellen Schweißverfahren bietet das Elektronenstrahlschweißen etliche Vorteile. So können hohe Schweißgeschwindigkeiten von bis zu 10 mm/s sowie Schweißiefen bis etwa 300 mm erzielt werden. Darüber hinaus gewährleistet die elektrische Anpassung der Strahlparameter eine präzise Echtzeitkontrolle und hohe Reproduzierbarkeit der Schweißergebnisse.

Die hohe lokale Energiedichte beim Elektronenstrahlschweißen ermöglicht das Schweißen vielfältiger Materialkombinationen, die mit herkömmlichen Schweißmethoden gar nicht oder nur äußerst schwer schweißbar sind. Ein geringer Wärmeeintrag in das die Schweißnaht umgebende Material gewährleistet beim Elektronenstrahlschweißen eine minimale Verformung der geschweißten Werkstücke und ermöglicht das Schweißen von Metallen mit hoher thermischer Leitfähigkeit. Zusätzlich verhindert Vakuum ein ungewolltes Oxidieren der geschweißten Werkstücke.

Anwendungsgebiete

Das Elektronenstrahlschweißen kommt in hochtechnisierten Industriezweigen zum Einsatz, in denen höchste Anforderungen an Ausführung und Qualität von Schweißnähten gestellt werden und die Bearbeitungszeit möglichst kurz sein soll. Als wichtige Anwendungsbereiche zu nennen sind sowohl Massenfertigungsprodukte in der Automobilzuliefererindustrie, der Elektro-, Medizin- und Feinwerktechnik als auch anspruchsvolle Sonderkonstruktionen in der Luft- und Raumfahrtbranche sowie der Energie- und Nuklearindustrie.

Während große Unternehmen meist eigene, anwendungsspezifische Elektronenstrahlschweißanlagen betreiben, decken Lohnarbeitsbetriebe mit Universalmaschinen ein breites Anwendungs- und Kundenspektrum ab.



Abbildung 3: Energietechnik



Abbildung 4: Windkraftanlage

Vakuumtechnische Anforderungen

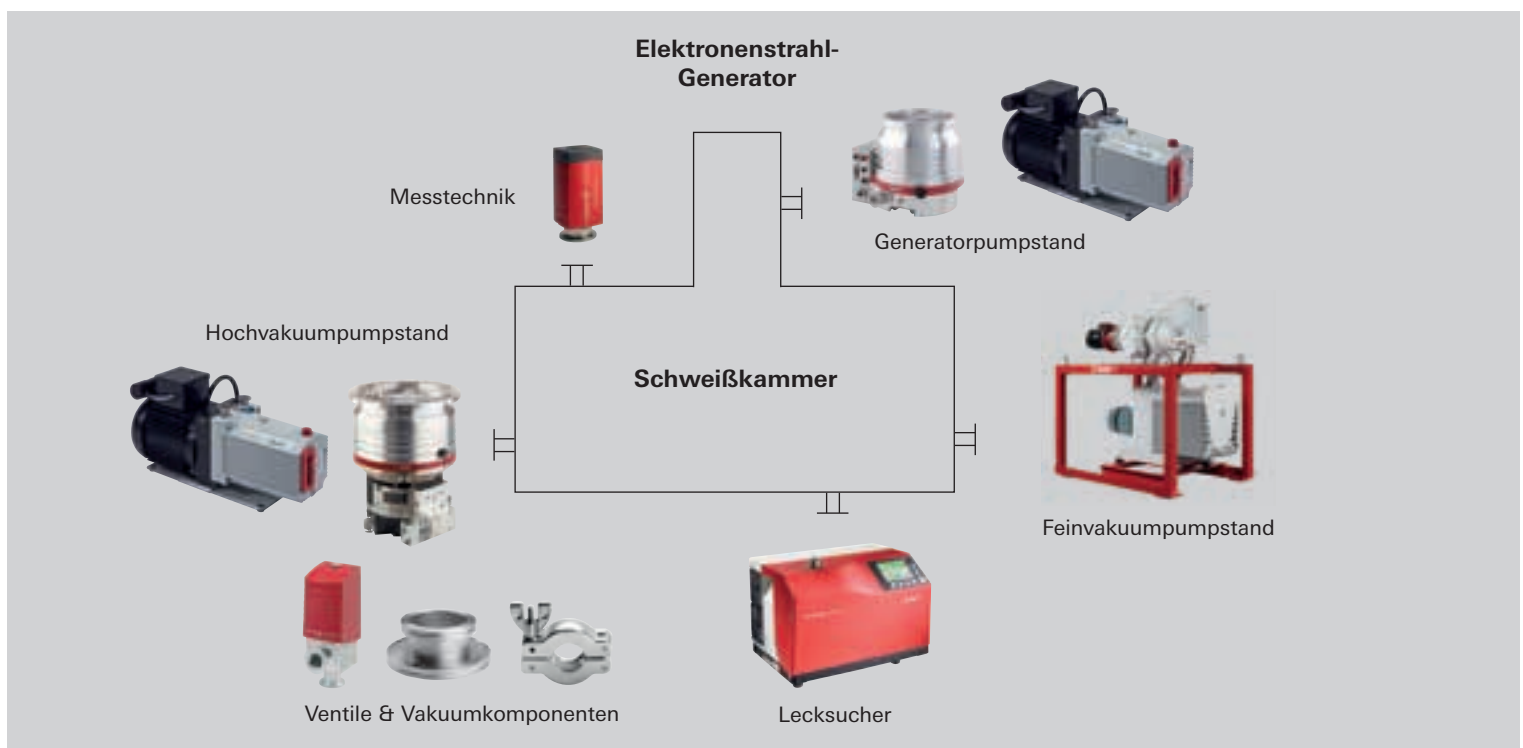
Am Elektronenstrahlgenerator müssen die Vakuumpumpen nach einem initialen, üblicherweise nicht zeitkritischen Auspumpvorgang einen dauerhaften Hintergrunddruck im Hochvakuumbereich aufrechterhalten.

Die Anforderungen an die Pumpenkonfiguration an der Schweißkammer sind im Vergleich hierzu deutlich höher. Die zu evakuierenden Volumina gebräuchlicher Schweißkammern können zwischen wenigen Litern und mehreren Hundert Kubikmetern variieren. Für alle diese Kammergrößen gilt es, zur Erreichung kurzer Taktzyklen sehr schnelle Auspumpzeiten auf einen definierten Arbeitsdruck zu erzielen, der meist im oberen Hochvakuumbereich angesiedelt ist. Zu den wichtigsten Kriterien für die Auswahl der Vakuumpumpen an der Schweißkammer gehört daher ein sehr hohes Saugvermögen im gesamten relevanten Druckbereich von Atmosphären- bis Arbeitsdruck.

Um Stillstandszeiten zu minimieren, sind bei allen verwendeten Pumpen lange Wartungsintervalle in Verbindung mit einer hohen Verlässlichkeit von höchster Wichtigkeit.

Umfangreiches Portfolio für das Elektronenstrahlschweißen

Pfeiffer Vacuum bietet für das Elektronenstrahlschweißen ein umfassendes Portfolio. Es beinhaltet Hoch- und Feinvakuumpumpen für die Evakuierung der Schweißkammer und des Elektronenstrahlgenerators, Druckmessgeräte für Atmosphären- bis Hochvakuumdruck, Ventile und Flanschbauteile zur Verbindung der Vakuumkomponenten und Lecksucher für die Lokalisierung von Undichtigkeiten.



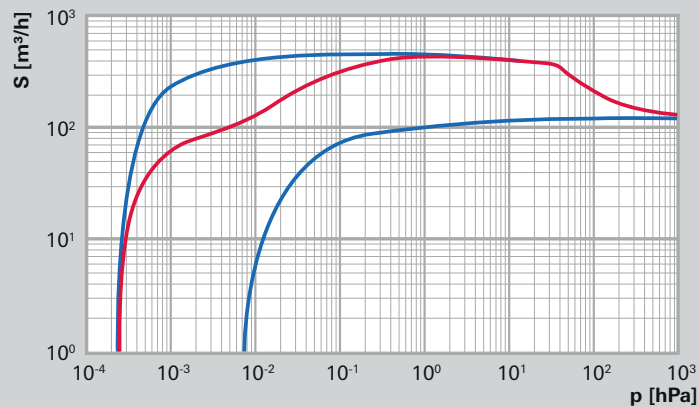
Elektronenstrahlschweißen

Evakuierung

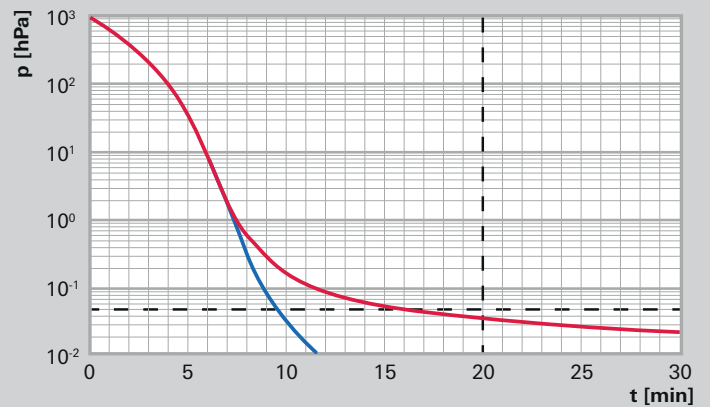
Auslegung

Pfeiffer Vacuum unterstützt Sie bei der Auslegung des kompletten Vakuumsystems einer Elektronenstrahlschweißanlage. Dies beinhaltet die Dimensionierung sämtlicher Fein- und Hochvakuumpumpen inklusive Empfehlungen zu gegebenenfalls zusätzlich benötigten Komponenten wie beispielsweise Meissnerfallen. Bei der Auslegung berücksichtigt werden die individuellen Pumpenkennlinien, Verluste durch Rohrleitungen, Leckagen sowie Desorptionseffekte der inneren Kammeroberflächen. Hierbei kommen moderne und eigens entwickelte Berechnungsprogramme zum Einsatz.

Saugvermögenskennlinie



Evakuierungszeitkurve



Evakuierung Schweißkammer

Zur Evakuierung der Schweißkammer kommen Kombinationen aus Fein- und Hochvakuumpumpen zum Einsatz. Aufgabe der Feinvakuumpumpen ist es, innerhalb einer gewünschten Zeit einen zum Zuschalten der Hochvakuumpumpen geeigneten Vorvakuumdruck in der Schweißkammer zu erzielen. Dieser liegt üblicherweise, je nach verwendetem Hochvakuum-Pumpentyp, im Bereich von 10^{-1} bis 10^{-2} hPa. Mit passend dimensionierten und aufeinander abgestimmten, mehrstufigen Kombinationen aus Wälzkolben- und Drehschieberpumpen können diese Drücke verlässlich erreicht werden. Mit den Wälzkolbenpumpständen der Reihe CombiLine bietet Pfeiffer Vacuum hierfür eine komplette Standard-Baureihe aus Wälzkolbenpumpständen mit einer großen Bandbreite an erzielbaren Saugvermögen und Enddrücken an. Daneben können auch kundenspezifische Pumpstände zur Erfüllung anspruchsvollster Anforderungen ausgelegt, konstruiert und gefertigt werden. In Fällen, in denen ein komplett kohlenwasserstofffreies Vakuum benötigt wird, können in den Wälzkolbenpumpständen alternativ zu Drehschieberpumpen auch ölfrei („trocken“) verdichtende Schraubenvakuumpumpen eingesetzt werden.

Die an der Schweißkammer eingesetzten Hochvakuum-pumpen sollen den zum Schweißen benötigten Arbeitsdruck, der üblicherweise im Bereich zwischen 10^{-3} und 10^{-6} hPa liegt, erzeugen und aufrecht erhalten.

Turbopumpen von Pfeiffer Vacuum sind im Saugvermögensbereich von 10 bis 2.700 l/s erhältlich. Die Pumpen überzeugen durch hohe Wirtschaftlichkeit und Flexibilität. Bewährte Lager-systeme bieten optimale Zuverlässigkeit, wobei sich die Turbo-pumpen von Pfeiffer Vacuum durch zwei Lagerungstechniken unterscheiden: die Hybridlagerung, eine Kombination aus Keramik-Kugellager auf der Vorvakuumseite und permanent-magnetischem Radiallager auf der Hochvakuumseite sowie die vollständige, aktive Magnetlagerung, mit der der Rotor gänzlich berührungs- und damit verschleißfrei gelagert ist. Dank des ausgereiften Rotordesigns werden sowohl in puncto Saugvermögen, Vorvakuumverträglichkeit und Gasdurchsatz als auch bei der Kompression für leichte Gase sehr hohe Werte erreicht.

Öldiffusions- und Kryopumpen unserer Kooperationspartner können direkt von Pfeiffer Vacuum passend dimensioniert bezogen werden. Somit kann Pfeiffer Vacuum eine für die Elektronenstrahl-Schweißkammer immer perfekt abgestimmte, komplette Vakuumlösung aus einer Hand bieten.

Feinvakuum			Hochvakuum		
CombiLine Wälz-kolbenpumpstände	HiLobe Wälzkolbenpumpen	DuoLine Dreh-schieberpumpen	HiPace Turbo-molekularpumpen	Öldiffusionspumpen	Kryopumpen
					
<ul style="list-style-type: none"> ■ CombiLine steht für eine große Vielfalt an Wälzkolben-pumpständen mit unterschiedlichen Vorpumpen, Abstufungen und Zubehör ■ Modulares Konzept mit DuoLine (WD-Reihe), HeptaLine (WH-Reihe) und HenaLine (WU-Reihe) ■ Neben dem Standardsortiment können auch kundenspezifische Pumpstände für individuelle Anforderungen ausgelegt und konstruiert werden 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Saugvermögensbereich je nach Ausführung von $520 - 2.100 \text{ m}^3/\text{h}$ durch variable Drehzahlregelung ■ Kürzeste Auspendungszeiten durch über-legenes Antriebs-konzept der näch-sten Generation ■ Intelligente Schnitt-stellentechnologie erlaubt Prozessan-passung und Condition Moni-toring (Industrie 4.0) ■ Reduzierte Installa-tionskosten durch flexible Einbaulage 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hohe Betriebssicher-heit durch integrier-tes Hochvakuum-Sicherheitsventil ■ Komplette Baureihe von 1,25 bis $300 \text{ m}^3/\text{h}$ ■ Optional mit verschleißfreier Magnetkupplung erhältlich. Dadurch verlängerte Wartungs-intervalle und keine ungeplanten Ausfälle durch Ölleckagen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hohes Saugvermö- gen für leichte und schwere Gase ■ Hohe Prozessaug-lichkeit, robust gegen Partikelanfall ■ Maximale Betriebs-sicherheit durch Überwachung von Betriebsdaten ■ Umfangreiches Zubehör 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sehr hohes Saug-vermögen für Luft ■ Optional mit integ-riertem Baffle-Cap oder wenn notwen-dig mit vorgeschal-tetem Baffle zur Minimierung von Ölrückströmungen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sehr hohes Saug-vermögen für Luft und Wasserdampf ■ Kohlenwasserstoff-freies Vakuum

Elektronenstrahlschweißen

Evakuierung

Evakuierung Elektronenstrahlgenerator

Am Elektronenstrahlgenerator werden für gewöhnlich **Turbomolekularpumpen** zur Erzeugung und Aufrechterhaltung eines Drucks im Hochvakuumbereich eingesetzt. Da der Auspumpvorgang am Elektronenstrahlgenerator normalerweise nicht zeitkritisch ist, werden meist **Turbomolekularpumpen** mittlerer Baugröße (HiPace 300 oder HiPace 700, Ansaugflansch DN 100 oder DN 160) verwendet. Als Vorpumpen kommen einzelne Drehschieberpumpen oder, wenn kohlenwasserstofffreies Vakuum benötigt wird, kleine trockene Vorpumpen wie z. B. mehrstufige Wälzkolbenpumpen oder Scrollpumpen zum Einsatz.



Abbildung 5: HiPace **Turbomolekularpumpe** Turbo am Elektronenstrahlgenerator
Mit freundlicher Genehmigung von Steigerwald Strahltechnik

Elektronenstrahlschweißen

Druckmessung

Druckmessung

Zur Ganzbereich-Druckmessung an der Schweißkammer und am Elektronenstrahlgenerator haben sich robuste und zuverlässige Kombi-Vakuummessröhren vom Typ PKR (Pirani/Kaltkathoden-Transmitter) aus der Pfeiffer Vacuum Baureihe ActiveLine bewährt.

Zur Messung des Vorvakuumdrucks der verwendeten Hochvakuumumpfen kommen üblicherweise kompakte Pirani-Transmitter (Pfeiffer Vacuum TPR, Active Line) zum Einsatz.

Alternativ zu Transmittern aus der ActiveLine-Baureihe können auch DigiLine-Messröhren mit digitaler Signalübertragung für eine störungssichere Kommunikation mit einer SPS verwendet werden.

Produktübersicht

PKR 251 / 261 / 360 / 361	TPR 270 / 271 / 280 / 281
	
<ul style="list-style-type: none">■ FullRange® Messröhren mit zwei Sensoren in einem Gehäuse■ Messbereich 10^{-9} bis 1.000 hPa■ Robust und zuverlässig■ Unempfindlich gegen Lufteinbruch	<ul style="list-style-type: none">■ Pirani-Transmitter■ Messbereich 10^{-4} bis 1.000 hPa■ Kompakt und robust

Elektronenstrahlschweißen

Lecksuche

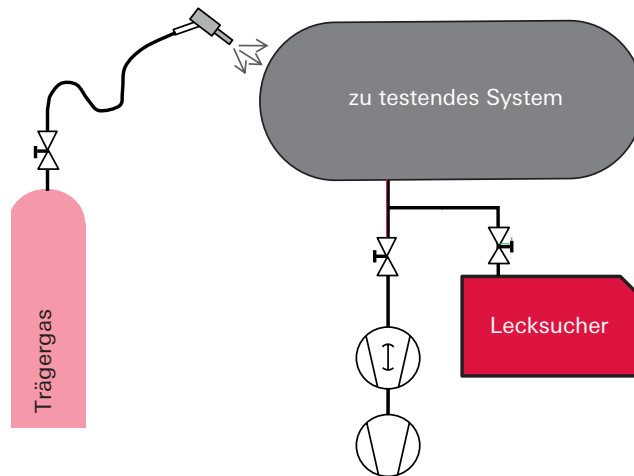
Lecksuche

Eine gute Dichtheit der Elektronenstrahlschweißanlage ist zum Erreichen des notwendigen Arbeitsdrucks unabdingbar. Die integrale Dichtheitsprüfung erfolgt in der Regel nach der Druckanstiegsmethode. Dabei wird das System auf einen definierten Druckwert evakuiert. Anschließend werden alle Ventile geschlossen. Der Druckanstieg als Funktion der Zeit ergibt dann die integrale Leckagerate. Hierbei ist zu beachten, dass auch interne Leckagen und die Desorption von Oberflächen für einen Druckanstieg sorgen und das Ergebnis damit verfälschen können. Eine leere, saubere und trockene Kammer ist somit Voraussetzung für eine genaue Erfassung der integralen Leckagerate.

Überschreitet die Leckagerate den gewünschten Schwellenwert, gilt es, die Leckagen zu lokalisieren und zu beheben. Durch ihre hohe Nachweisempfindlichkeit, kurze Prüfzeit und leichte Bedienung sind Helium-Lecksucher für die Lokalisierung der Leckagen ideal. Dabei wird die Anlage zunächst evakuiert. Von außen wird lokal über eine Sprühpistole Helium auf Dichtstellen, Schweißnähte und andere potenzielle Leckagestellen gesprüht. Im Fall einer Leckage strömt das Helium in die evakuierte Vakuumkammer und wird vom Lecksucher angesaugt und detektiert. Um kurze Ansprechzeiten zu realisieren, wird der Lecksucher bei großen Anlagen im Teilstrom zum vorhandenen Vakuumsystem eingesetzt.



Abbildung 6: Aluflegen



Pfeiffer Vacuum bietet mit dem ASM 340 ein leistungsstarkes und universell einsetzbares Lecksuchgerät an. Für den mobilen Einsatz, z. B. für Servicetechniker, ist der kompakte und tragbare ASM 310 die erste Wahl.

Produktübersicht

ASM 340	ASM 310
	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Äußerst schnelle Ansprechzeit durch hohes Helium-Saugvermögen ■ Einfache Bedienung, intuitive Menüführung und großer Farb-Touchscreen ■ Schnellste Betriebsbereitschaft in seiner Klasse 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ölfreies Pumpensystem, Vorvakuum-Saugvermögen 1,7 m³/h ■ Ultraleicht, nur 21 kg und mobil ■ Cleveres Design mit ausziehbarem Griff ■ Abnehmbares Bedienfeld ■ SD-Karte als Speichermöglichkeit

Pfeiffer Vacuum Service

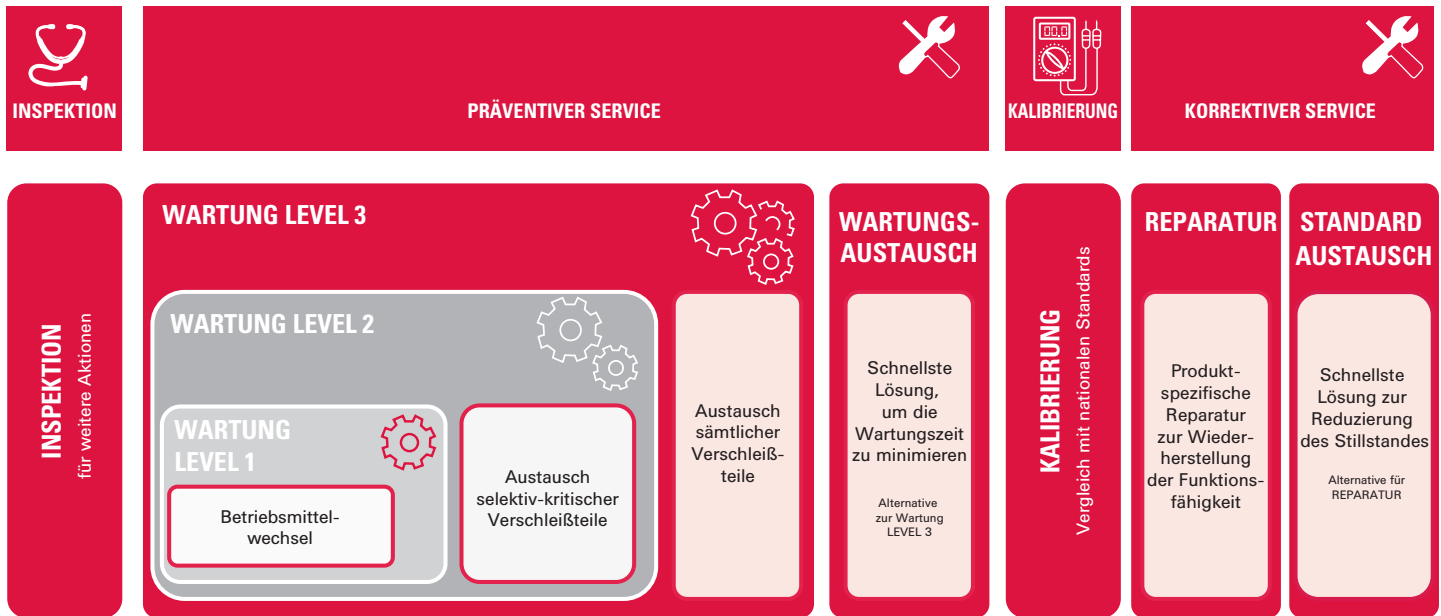
Unsere Serviceleistungen – Ihre Vorteile

Jeder Kunde stellt individuelle Anforderungen an seine Produkte, die auch durch applikationsspezifische Parameter beeinflusst werden können. Unser flexibles Servicekonzept, mit Fokus auf präventiven Serviceleistungen, bietet die für Sie passende Lösung.

Präventiver Service – Anlagenstillstände vermeiden

Mit unserem Konzept zum präventiven Service können wir für jedes Produkt zugeschnittene Serviceintervalle empfehlen. Ziel ist es Ausfälle zu vermeiden und einen geplanten, kalkulierbaren Service durchzuführen.

Wartung-Level 1 beinhaltet den Wechsel des Betriebsmittels und trägt wesentlich zu der Funktionstüchtigkeit des Produktes bei. **Wartung-Level 2** beinhaltet darüber hinaus einen Austausch aller beanspruchten Verschleißteile. Im Rahmen der **Wartung-Level 3** werden alle Verschleißteile des Produktes ausgetauscht und das Produkt generalüberholt. Um Stillstandzeiten so gering wie möglich zu halten bieten wir zu vielen unserer Produkte einen Wartungsaustausch an. Dabei stellen wir ein gleichwertiges **Austauschprodukt** zur Verfügung, dass unsere Kunden sofort einsetzen können.



Leistungen auf einen Blick

- Anwenderschulungen und Produkttraining
- Pfeiffer Vacuum Originalersatzteile und -werkzeuge
- Troubleshooting und Beratung durch unseren Technischen Support
- Umfangreicher Vor-Ort-Service durch unsere Servicetechniker
- Wartung und Reparatur in unseren Servicecentern weltweit
- Individuelle Servicevereinbarungen
- Austauschprodukte
- Kalibrierservice für Messgeräte und Helium-Testlecks

**Ersatzteile – Originalteile
erhöhen Lebenserwartung**

Bereits bei der Produktentwicklung werden die Ersatzteile und Werkzeuge von Pfeiffer Vacuum definiert. Damit werden deren Passgenauigkeit und Qualität sichergestellt.

Jede Verbesserung an unseren Serienprodukten übertragen wir auch auf die Ersatzteile, sodass die Produkte nach einer Wartung Level 3 oder einer Reparatur wieder auf dem neuesten Stand unserer Entwicklung sind.



**Beratung – um Ihnen bei
Fragen zur Seite zu stehen**

Neben unseren individuellen Konzepten und der Qualität unserer Ersatzteile sind es auch die Mitarbeiter und der persönliche Kontakt, die unserem Service seine besondere Note geben.

**Technischer Support –
kompetente Beratung von
Spezialisten**

Da nicht alles an unseren Produkten selbsterklärend ist und sowohl vor als auch nach dem Kauf Fragen auftauchen können, steht unseren Kunden der Technical Support von Pfeiffer Vacuum zur Verfügung.

Jeder Mitarbeiter aus dem Team ist auf einen bestimmten Bereich aus unserem Portfolio spezialisiert, um unseren Kunden bei technischen Fragen rund um unsere Produkte kompetent zur Seite zu stehen. Das Team arbeitet dabei auch eng mit unseren Entwicklern und Applikationsexperten zusammen.

**Fieldservice-Techniker
vor Ort**

Von der Inbetriebnahme neuer Vakuumkomponenten und Systeme über Troubleshooting oder Wartung bis hin zur Reparatur, bieten wir unseren Kunden umfassende Serviceleistungen vor Ort. Unsere Servicestandorte ermöglichen kurze Anfahrtswege und kurzfristige Hilfeleistung in Notfällen.

**Servicevereinbarungen –
individuell zugeschnitten
auf Ihr Projekt**

Damit unsere Kunden Wartungen oder Serviceeinsätze langfristig einplanen können, bieten wir projektspezifische Servicevereinbarungen. Diese können nachträglich oder auch schon während der Projektplanung getroffen werden. Um der Individualität unserer Kunden Rechnung zu tragen, können alle oder nur einzelne Leistungen Gegenstand einer Vereinbarung sein.

Komponenten und Ventile

Die Verbindung in Ihrer Vakuumanlage



Eine Vakuumanlage verfügt über eine Vielzahl an Einzelbauteilen, die zu einer Einheit zusammengefügt werden müssen. Zudem bietet Pfeiffer Vacuum mehr als die Standard-Lösung. Ihrer Aufgabenstellung entsprechend können Komponenten modifiziert oder Bauteile als kundenspezifische Lösung perfekt passend angefertigt werden.

Ihre Vorteile und Nutzen

- Einen direkten Ansprechpartner für Sie und Ihre Projekte
- Pro-aktive Unterstützung und kompetente Beratung
- Steigern Sie Ihren Komfort bei Bestellablauf

- Kurze Lieferzeiten
- Hohe Liefertermintreue
- Hohe Versorgungssicherheit

- Mehr als eine halbe Millionen Teile am Lager
- Hohe Verfügbarkeit
- Kostenersparnis – keine eigene Lagerhaltung notwendig

- Vakuum-Komponenten im Onlineshop verfügbar
- Bequem zu jeder Zeit online bestellen
- Informationen zu Ihren Preisen, Lieferzeiten und Konditionen

www.vacuum-shop.com



Komponenten



Ventile



Durchführungen



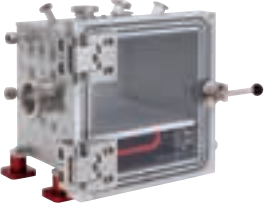



Manipulatoren

Kundenspezifische Vakuumkammern

Individuell gestaltete Kammern für Ihre Vakuumanwendungen

Durch unsere langjährige Erfahrung sind wir mit nahezu allen Aufgabenstellungen vertraut und beraten Sie ausführlich in Bezug auf System-Spezifikation, Design und Engineering.

Unsere Physiker, Konstrukteure, Projektmanager und Fertigungsspezialisten verfügen über weitreichende Erfahrungen mit vielfältigen Anwendungsgebieten aus allen Marktsegmenten. Die Aufgabenstellung richtet sich an Ihrem Bedarf aus: sowohl die Idee in Skizzenform als auch ein kompletter Zeichnungssatz sind unser Startpunkt auf dem Weg zum fertigen Produkt.

Hochvakuumkammern	Vorteil	Nutzen
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vorkonfiguriertes Design 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kosten- und Zeiteinsparung durch geringen Konstruktionsaufwand
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bewährte, robuste Ausführung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zuverlässig und sicher
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Frei wählbare Abgänge 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Individuelle Anpassung an Ihre Anwendung
Feinvakuumkammern	Vorteil	Nutzen
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vorkonfiguriertes Design 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kosten- und Zeiteinsparung durch geringen Konstruktionsaufwand
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bewährte, robuste Ausführung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zuverlässig und sicher
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Frei wählbare Abgänge 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Individuelle Anpassung an Ihre Anwendung
Modularvakuumkammern	Vorteil	Nutzen
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vorkonfiguriertes Design 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kosten- und Zeiteinsparung durch geringen Konstruktionsaufwand
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modular erweiterbar 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maximale Flexibilität zu jedem Zeitpunkt
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Frei wählbare Abgänge 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Individuell an Ihre Anwendung anpassbar
Kundenspezifische Vakuumkammern	Vorteil	Nutzen
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Individuelles Design 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Optimal auf Ihren Prozess anpassbar
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hochwertige Werkstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Beste Qualität und hohe Lebensdauer
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Robuste Ausführung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zuverlässig und sicher
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Projekt-Engineering und Konstruktion durch qualifizierte und erfahrene Projektmanager 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zeitersparnis

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
Germany
T +49 6441 802-0

www.pfeiffer-vacuum.com



Folgen Sie uns auf Social Media
#pfeiffervacuum

PFEIFFER  **VACUUM**