

3D-Druck

Ihr Partner für Vakuumlösungen bei Additive Manufacturing Verfahren

3D-Druck

Additive Manufacturing revolutioniert die Industrie

Was ist 3D-Druck?

Den klassischen 3D-Druck gibt es schon seit den 1980er Jahren, damals noch unter dem Begriff „Rapid Prototyping“ bekannt. Heute revolutioniert der 3D-Druck (auch „Additive Manufacturing“ genannt) die gesamte Industrie. Ersatzteile zu Hause drucken ist nicht mehr nur Vision, sondern Realität. Damit können zukünftig Lieferwege vermieden werden, wodurch die Technologie auch das Potenzial hat, einen positiven Beitrag zur Umweltentwicklung zu leisten.

Der klassische 3D-Druck wird häufig mit dem schichtweisen Aufbringen von Kunststoff in Verbindung gebracht. Bei diesem sogenannten Extrudieren werden Plastikstränge aufgeschmolzen und anschließend Schicht für Schicht aufeinander aufgetragen. Dies ist jedoch nur eines von vielen Verfahren, die mittlerweile auf dem Markt sind. Insbesondere in der Industrie werden häufig andere Verfahren eingesetzt, die das Additive Manufacturing mit anderen Materialien ermöglichen. Allen ist gemeinsam, dass schichtweise Materialien aufgetragen werden. Dies ermöglicht das Herstellen von komplexen, dreidimensionalen Formen, die mit anderen Maschinen nur schwer oder gar nicht herstellbar sind. Mittlerweile können Bauteile im Additive-Manufacturing-Verfahren auch aus Metallpulvern hergestellt werden. Dies erspart das mühselige Herausfräsen, Drehen, Bohren oder Schneiden von Werkstücken aus Metallblöcken. Die Vorteile sind unübersehbar: Das Verfahren erlaubt die Herstellung komplizierter Teile, zu der die herkömmliche Metallverarbeitung technisch oder auch wirtschaftlich nicht in der Lage ist. Nicht zuletzt ist dies in einer drastisch reduzierten Zeit möglich.

Eine Methode zur Herstellung von 3D-gedruckten Teilen aus Metallpulvern stellt das Electron Beam Melting (EBM) dar, auf Deutsch Elektronenstrahlschmelzen. Hierfür ist Vakuumtechnik unabdingbar.



Abbildung 1: EBM-3D-Drucker Q10
© Mit freundlicher Genehmigung der Arcam AB

3D-Druck

Elektronenstrahlschmelzen

Elektronenstrahlschmelzen (EBM)

Das Elektronenstrahlschmelzen (EBM) ist eine Additive-Manufacturing-Technik, bei der das Bauteil aus Metallpulvern formiert wird. Sie ähnelt dem Selective-Laser-Melting (SLM), auf Deutsch selektives Laserstrahlschmelzen. Der Hauptunterschied zwischen beiden Schmelzverfahren ist die Energiequelle, die in diesem Fall kein Laserstrahl, sondern ein Elektronenstrahl ist. Dies ist mit ein Grund, warum der Prozess nur unter Vakuumkonditionen möglich ist.

Die Abbildung zeigt den schematischen Aufbau eines EBM 3D-Druckers der Firma Arcam. Das EBM-System besteht im Wesentlichen aus einer Elektronenstrahlkanone, einer Elektronenstrahlsäule sowie einer Baukammer, in der das Bauteil formiert wird. Die Elektronenstrahlkanone besteht aus einem Filament, meist ein Wolframdraht. Hier wird der Elektronenstrahl erzeugt. Die Elektronenstrahlsäule besteht aus drei Linen: der Justierlinse, der Fokuslinse sowie der Umlenklinse. Aufgabe der Elektronenstrahlsäule ist die Korrektur der Strahlform und die Einstellung des Strahlfokus. Weiterhin erfüllt sie die Funktion als Ablenkeinheit. Die Baukammer ist aufgrund der geforderten Vakuumkonditionen als Vakuumkammer ausgeführt. In ihr befinden sich die Vorratsbehälter für das Metallpulver, ein Rakel sowie ein Bautisch. Bis auf das Rakelsystem, also die vertikal bewegliche Bauplattform, befinden sich in der Baukammer keine beweglichen Teile.

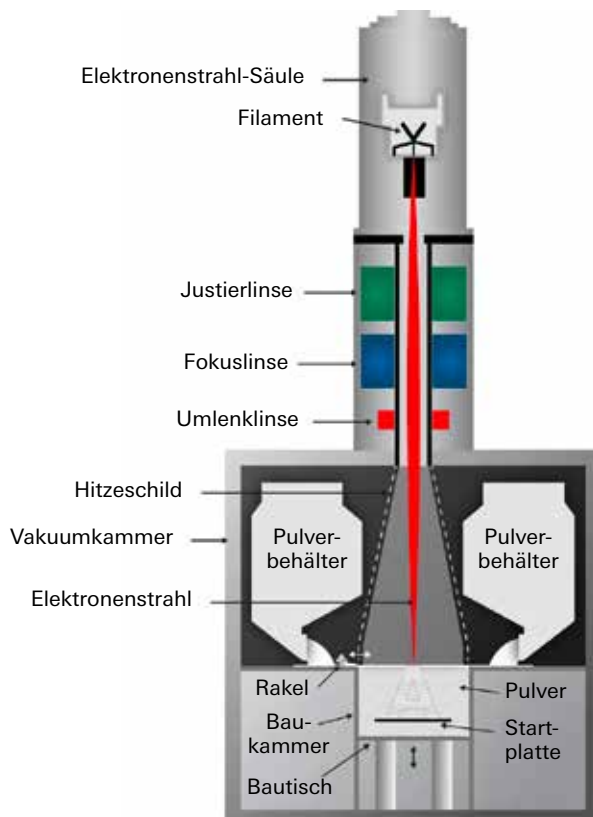


Abbildung 2: Arcam EBM-System, schematische Darstellung
© Mit freundlicher Genehmigung der Arcam AB

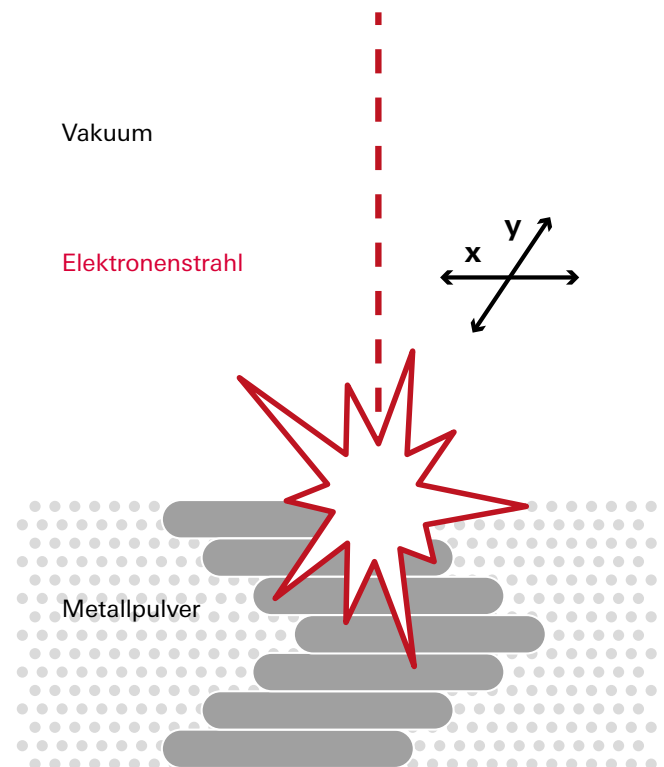


Abbildung 3: Schichtweises Aufschnmelzen des Metallpulvers

Der Prozess läuft wie folgt ab: Durch Erhitzen des Wolframdrahtes auf 2.500 °C im Vakuum werden Elektronen emittiert. Diese werden durch Elektromagnete beschleunigt, gebündelt und mit halber Lichtgeschwindigkeit auf die Pulveroberfläche projiziert. Dies bewirkt die Erwärmung der Pulverteilchen, wodurch eine dünne Schicht aus Metallpulver selektiv aufgeschmolzen wird. Die Bauplattform fährt nach dem Auftragen einer Schicht um eine Schichtdicke nach unten und das Pulverbett wird durch das Metallpulver aus den Pulvertrichtern aufgestockt. Dadurch werden die Teile Schicht um Schicht im Pulverbett aufgebaut. Sobald der Druckvorgang beendet ist, kann das Bauteil aus der Maschine genommen und das überschüssige Pulver entfernt werden. Komplexe Formen und Überhänge erfordern Stützstrukturen, sodass alle Bauteile auf der Bauplattform verankert sind. Dieses Stützmaterial ist nach Abschluss des Druckes zu entfernen. Gegebenenfalls ist danach eine Oberflächenbearbeitung, z. B. durch Polieren, erforderlich. In einigen Fällen ist auch eine Aushärtung im Ofen notwendig, um Spannungen, die während des Druckvorgangs entstanden sind, auszugleichen. Diese Wärmebehandlung findet wiederum teilweise in Vakuumöfen statt, wenn beispielsweise das heiß-isostatische Pressen zum Einsatz kommt.

Eigenschaften des Elektronenstrahlschmelzen

Das EBM-Verfahren bietet gleich mehrere Vorteile. Ein Hauptvorteil ist die Realisierung hochkomplexer Geometrien für Materialien mit höherem Schmelzpunkt sowie hochreaktive Werkstoffe. Daher werden für das EBM meist Legierungen aus Titan und Kobalt-Chrom eingesetzt, aber auch andere Legierungen wie Ti6Al4V, ASTM F75 oder Alloy 718. Dadurch werden identische oder sogar bessere mechanische, dynamische und chemische Eigenschaften als bei Ursprungsmetallen erreicht. Insbesondere das Drucken



Abbildung 4: Metallpulver für den 3D-Druck; häufig werden Legierungen aus Titan und Kobalt-Chrom eingesetzt

© Mit freundlicher Genehmigung der Arcam AB

mit Titan eröffnet neue Einsatzmöglichkeiten für das Additive Manufacturing. Generell ist der Prozess des EBM ein „heißer“ Prozess. Das Pulver wird vor dem Verfahren angewärmt, was die Verformung des Bauteils sowie den Bedarf an Stützstrukturen reduziert.

Zudem wird durch das Drucken des Bauteils unter Vakuum verhindert, dass sich im heißen Metall Luftbläschen bilden. Durch diesen Entgasungseffekt wird eine homogene Metallschichtung des gedruckten Bauteils erreicht. Ein weiterer positiver Effekt des Vakuums und damit Vorteil des EBM ist die Verhinderung von Oxidation am aufgeschmolzenen Metallpulver. Das bedeutet, das Pulver läuft bei Erhitzung nicht an oder rostet nicht, wodurch am Ende des Drucks ein Großteil des nicht geschmolzenen Pulvers direkt wiederverwertbar ist. Daher ist dieses Verfahren vor allem in der Luftfahrtindustrie von großem Interesse.

Ein Vorteil gegenüber dem SLM-Verfahren ist die Druckgeschwindigkeit. Durch das Aufspalten des Elektronenstrahls kann das Pulver an mehreren Stellen gleichzeitig geschmolzen werden, was den Druckvorgang beschleunigt. Dies wird aufgrund sehr hoher Ablenkraten des Elektronenstrahls ($>1.000\text{ m/s}$) möglich. Die realisierbaren Bauteilgrößen fallen mit maximal 250 mm Durchmesser und 380 mm Höhe jedoch kleiner aus. Auch Genauigkeit und Präzision sind im Vergleich zum SLM aufgrund der etwas größeren Breite des Elektronenstrahls im Vergleich zum Laserstrahl geringer. Nicht vergessen werden darf jedoch, dass das EBM das Verarbeiten hochreaktiver Werkstoffe ermöglicht, was mit dem SLM nicht möglich ist.

Die Charakteristika des EBM-Verfahrens sehen wie folgt aus:

- Maximale Bauraumgröße: 350 x 350 x 380 mm
- Kleinste mögliche Strukturgröße: 0,1 mm
- Genauigkeit: $\pm 0,2\text{ mm}$ (kann über Nachbearbeitung verbessert werden)
- Kleinste Schichtdicke: 0,05 mm
- Typische Oberflächengüte: 203–25,4 $\mu\text{m RA}$ (kann über Nachbearbeitung verbessert werden)
- Dichte: bis zu 99,9%

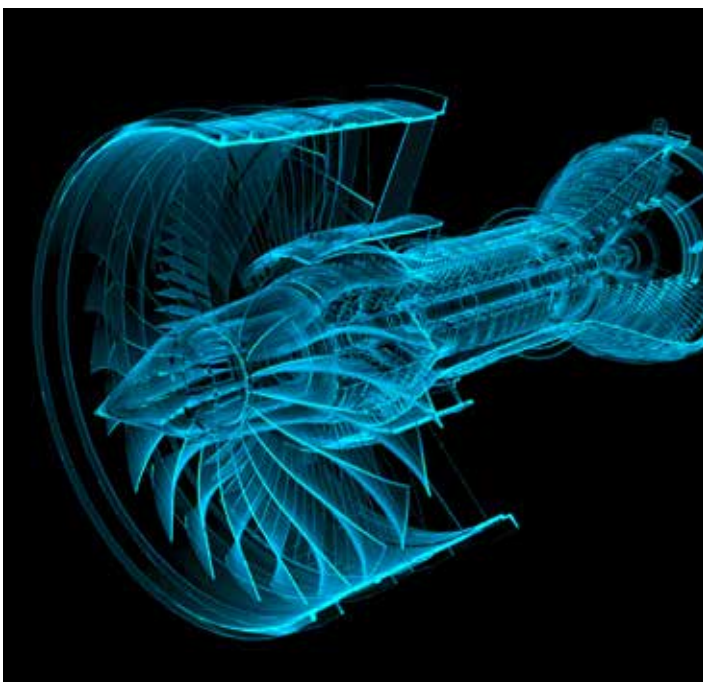


Abbildung 5: Grafik einer 3D-gedruckten Flugzeugturbinenkomponente aus Metallpulver



Abbildung 6: Beispiel für ein mittels EBM gedrucktes Implantat

Vakuumtechnische Anforderungen

Das Vakuum im EBM-Prozess erfüllt mehrere Zwecke. Zum einen schützt es vor Oxidation und verhindert Luftbläschen. Zum anderen ist es notwendig für die Erzeugung des Elektronenstrahls in der Elektronenstrahlkanone und für einen zielgerichteten Schmelzvorgang. Durch das Vakuum wird die Kollision des Elektronenstrahls mit Gasteilchen verhindert, die zu einer Ablenkung des Strahls führen würde. Entscheidend hierfür ist eine hohe mittlere freie Weglänge, die sich proportional zum sinkenden Druck verhält. Es wird also ein niedriger Enddruck benötigt, um eine hohe mittlere freie Weglänge zu erreichen. Für den EBM-Prozess wird daher ein Hochvakuum von kleiner $5 \cdot 10^{-5}$ mbar benötigt. Eine möglichst schnelle Auspumpzeit ist gefordert, um die Rüstzeiten beim Wechsel eines Bauteils zu verkürzen. Während des Druckprozesses wird teilweise ein Partialdruck von $4 \cdot 10^{-3}$ mbar Helium eingeleitet, der dazu dient, ein sauberes und kontrolliertes Umfeld zu gewährleisten. Dies ist wichtig, um die chemischen Anforderungen an das Baumaterial zu erfüllen. Allgemein sollte das Vakuumequipment unempfindlich gegenüber Stäuben und Partikeln sein sowie eine gute Hitzebeständigkeit aufweisen.

Anwendungsgebiete des EBM

Das EBM-Verfahren ist insbesondere für das Drucken mit hochreaktiven Materialien von Bedeutung, die zudem in eine komplexe Geometrie gebracht werden sollen. Eine dieser Metalllegierungen ist Ti6Al4V, die aufgrund des dichten Festigkeitsverhältnisses und der guten Korrosionsbeständigkeit immens an Wert in der Luftfahrttechnik gewonnen hat. Aufgrund der guten Biokompatibilität wird sie auch zunehmend in der Medizintechnik in Form von Prothesen und Implantaten eingesetzt. Neben anderen Titanlegierungen wie TiAl wird auch CoCr insbesondere in der Medizintechnik für Implantate und als Zahnersatz eingesetzt. CoCr zeichnet sich durch hohe Steifigkeit und Verschleißfestigkeit aus und ist zudem biokompatibel. Mittels 3D-Druck können die Implantate beziehungsweise Prothesen genau an die individuellen Anforderungen des Patienten angepasst werden.



Abbildung 7: Acetabular Cup, Teil eines künstlichen Hüftgelenks
© Mit freundlicher Genehmigung der Arcam AB

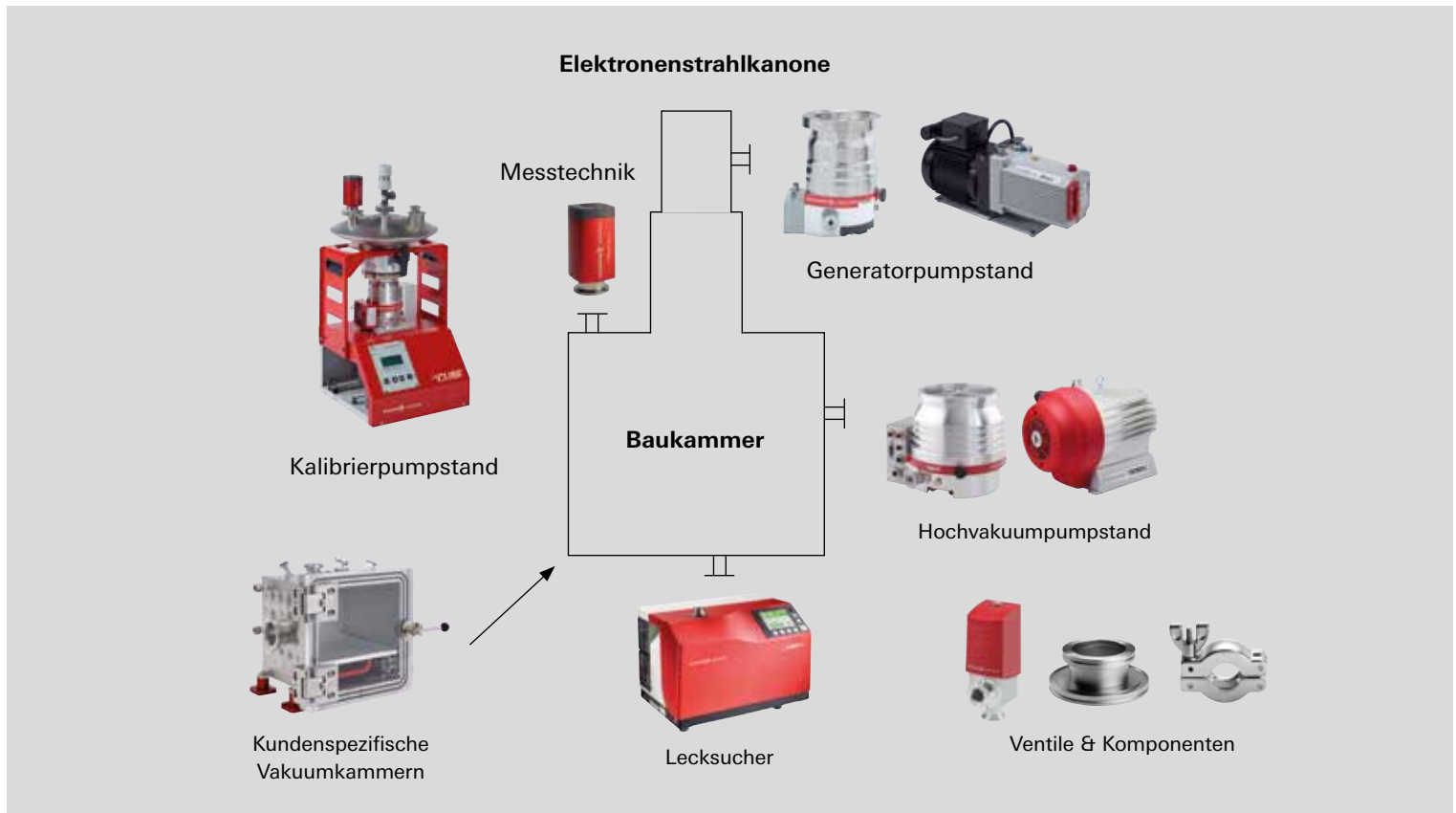
Umfangreiches Pumpenportfolio für das Elektronenstrahlschmelzen

Pfeiffer Vacuum bietet für das Elektronenstrahlschmelzen ein umfangreiches Produktportfolio. Es umfasst Vor- und Hochvakuumumpen für die Evakuierung der Baukammer und der Elektronenstrahlkanone, Druckmessgeräte von Atmosphären- bis Hochvakuumdruck mit der Option einer Kalibriereinheit, kundenspezifische Vakuumkammern, Ventile und Flanschbauteile zur Verbindung der Vakuumkomponenten sowie Lecksucher für die Lokalisierung von Leckagen.

Auslegung

Pfeiffer Vacuum unterstützt seine Kunden bei der Auslegung des kompletten Vakuumsystems eines EBM-Druckers. Dies beinhaltet die Dimensionierung sämtlicher Vor- und Hochvakuumumpen inklusive Empfehlungen zu gegebenenfalls zusätzlich benötigten Komponenten.

Bei der Auslegung werden die individuellen Pumpenkennlinien, Verluste durch Rohrleitungen, Leckagen sowie Desorptionseffekte der inneren Kammeroberflächen berücksichtigt. Hierbei kommen moderne und eigens entwickelte Berechnungsprogramme zum Einsatz.



Evakuierung der Baukammer

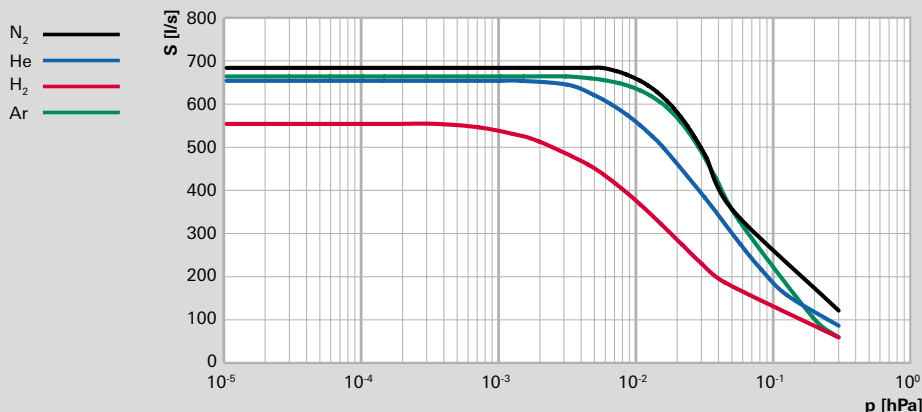
In der Baukammer soll ein Enddruck von kleiner $5 \cdot 10^{-5}$ mbar erreicht werden, bevor Helium eingelassen wird, und während des Druckens ein konstanter Prozessdruck von $4 \cdot 10^{-3}$ mbar eingestellt wird. Abhängig vom Baukammervolumen kommen unterschiedliche Hoch- und Vorvakuum pump-Kombinationen in Frage. Bei der Auswahl der Hochvakuum pumpen ist auch die Desorptionsrate zu berücksichtigen. Der Grund: An den Innenflächen der Baukammer sowie am Metallpulver werden durch Adsorption und Absorption Gasmoleküle (vorwiegend Wasser) gebunden, die unter Vakuum nach und nach wieder abgegeben werden.

Die Desorptionsrate der Oberflächen führt zu einem Gasanfall, der mit der Zeit abnimmt. Je höher der zu erreichende Enddruck ist, desto größer wird die Rolle der Desorption. Die Desorption beeinflusst die Auspumpzeit negativ und es ist wichtig, dieses Phänomen bei der Auslegung zu berücksichtigen.

Als Hochvakuum pumpen haben sich hier die Turbomolekular pumpen der Serie HiPace bewährt. Die Vorteile der Baureihe für das EBM-Verfahren sind:

- kompakte Baugrößen
- niedrigste Vibrationen
- gute Resistenz gegenüber Stäuben
- niedriger Enddruck
- Zuverlässigkeit
- lange Lebensdauer
- geringe Betriebskosten
- höchste Performance
- relativ hoher Übergabedruck

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 Turbopumpen von Pfeiffer Vacuum durch zwei Lagerungstechniken unterscheiden: Hybridlagerung, eine Kombination aus einem Keramik-Kugellager auf der Vorvakuumseite und einem permanentmagnetischen Radiallager auf der Hochvakuumseite, und vollständige, aktive Magnetlagerung, mit welcher der Rotor gänzlich berührungs- und damit verschleißfrei läuft.



Dank des ausgereiften Rotordesigns werden sowohl in puncto Saugvermögen, Vorvakuumverträglichkeit und Gasdurchsatz als auch bei der Kompression leichter Gase sehr hohe Werte erreicht. Für die Evakuierung der Baukammer hat sich insbesondere die HiPace 700 mit Hybridlagerung bewährt.

Um in gewünschter Zeit einen zum Zuschalten der Turbomolekularpumpe geeigneten Vorvakuumdruck zu erzielen, wird eine passend dimensionierte Vorvakuumpumpe benötigt. Pfeiffer Vacuum steht hier beratend zur Verfügung und unterstützt Kunden darin, die geeignete Vorvakuumpumpe auszuwählen. Typische Anforderungen an die Vorpumpe im EBM-Prozess sind:

- Weltspannung, idealerweise 1-phasig
- geringe Lautstärke aufgrund des Einsatzes in Umgebungen mit Menschen
- hohes Saugvermögen für kurze Zykluszeiten beim Wechsel des Bauteils (i.d.R. 10 l/s)
- niedrige Betriebskosten (Cost of Ownership)
 - lange Wartungsintervalle
 - geringer Stromverbrauch (Standby-Modus)

Pfeiffer Vacuum bietet als Vorpumpe Drehschieberpumpen oder, wenn kohlenstofffreies Vakuum benötigt wird, Scrollpumpen an.

Produktübersicht

Vorvakuum	Hochvakuum
Drehschieberpumpen DuoLine	Scrollpumpen HiScroll Turbomolekularpumpen HiPace
	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Hohe Betriebssicherheit durch integriertes Hochvakuum-Sicherheitsventil ■ Komplette Baureihe von 1,25 bis 300 m³/h ■ Optional mit verschleißfreier Magnetkupplung erhältlich, dadurch verlängerte Wartungsintervalle und keine ungeplanten Ausfallzeiten durch Ölleckagen ■ Gasartunabhängiges Pumpprinzip 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Trockene Vorpumpe: für den kleinen bis mittlere Leistungsbedarf von 6-20m³/h ■ Extrem leise: <47dB[A], im Stand-by Betrieb sogar <42dB[A] ■ Intelligent: Ausgestattet mit RS-485 (ProfiNet optional), condition monitoring und variabel steuerbarer Frequenz zur leichten & individuellen Integration in Systeme ■ Effizient und leistungsstark: Ein um bis zu 15% effizienterer Antrieb in seiner Klasse sorgt für geringere Wärmeentwicklung, Verschleiß und Betriebskosten ■ Sehr guter Enddruck: <1·10⁻² hPa
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Robust gegen Partikelanfall ■ Kompakte Baugröße ■ Niedrigste Vibrationen ■ Lange Lebensdauer und geringe Betriebskosten ■ Komplette Baureihe von 10 m³/h bis 2300 m³/h ■ Als HiPace Plus-Version noch geringerer Einfluss auf das Magnetfeld der Elektronenstrahlkanonen

Evakuierung der Elektronenstrahlkanone

An der Elektronenstrahlkanone werden für gewöhnlich Turbomolekularpumpen zur Erzeugung und Aufrechterhaltung eines Druckes im Hochvakuumbereich eingesetzt. Da der Auspumpvorgang an der Elektronenstrahlkanone meist nicht zeitkritisch ist, werden Turbomolekularpumpen kleiner bis mittlerer Baugröße (HiPace 80 oder HiPace 300) verwendet. Als Vorpumpen kommen auch hier kleine Vorpumpen wie Drehschieberpumpen, Scrollpumpen oder mehrstufige Wälzkolbenpumpen zum Einsatz.

Ein kritischer Punkt an der Elektronenstrahlkanone ist das Magnetfeld. Dieses kann aufgrund der Hybridlagerung und der damit verbundenen einseitigen Magnetlagerung negativ beeinflusst werden. Um diesen Einfluss möglichst gering zu halten, kann hier eine Spezialversion der Baureihe HiPace eingesetzt werden. Die Baureihe HiPace Plus kommt routinemäßig bei Elektronenmikroskopen zum Einsatz und überzeugt mit reduziertem Magnetfeld und minimalen Vibrationen. Das Magnetfeld wird durch verbesserte Magnetlagerung, interne Abschirmung des Motors und geringes magnetisches Streufeld reduziert. Der Einfluss der Pumpe auf sensitives Equipment wird somit verringert. Weiterhin besitzt die Baureihe eine speziell eingebettete Lagerung, um Vibrationen zu minimieren.



Abbildung 8: HiPace Plus

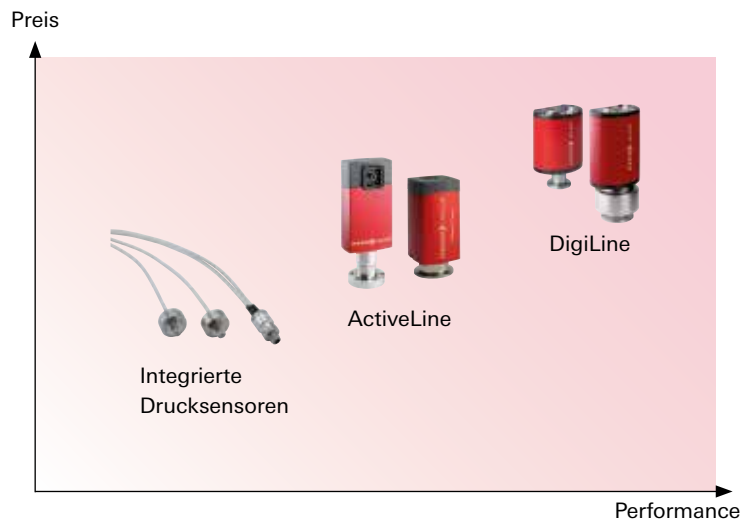
3D-Druck

Druckmessung

Druckmessung

Zur Ganzbereichs-Druckmessung an der Baukammer und an der Elektronenstrahlkanone haben sich robuste und zuverlässige Kombi-Vakuummessröhren vom RPT 200 und HPT 200 (Piezo/Pirani Transmitter und Pirani/Bayard-Alpert Transmitter) aus der Pfeiffer Vacuum Baureihe DigiLine bewährt. Durch die digitale Signalumwandlung werden Messfehler minimiert und ermöglichen eine einfache Systemintegration. Der Elektronenstrahl wird nicht durch ihr Magnetfeld gestört. Zur Messung des Vorvakuumdrucks der verwendeten Hochvakuum-pumpen kommen üblicherweise kompakte / robuste Piezo/Pirani Transmitter (Pfeiffer Vacuum RPT 200 DigiLine) zum Einsatz.

Hauptsächlich werden in dieser Anwendung Messröhren der Serie DigiLine mit Profibussignalausgang eingesetzt. Alternativ bietet Pfeiffer Vacuum jedoch auch eine Reihe anderer Druck-Transmitter die je nach Steuersignalanforderung auf die Kundenbedürfnisse abgestimmt werden können.



Produktübersicht

HPT 200	RPT 200
	
<ul style="list-style-type: none">■ Kombination aus Pirani und Bayard-Alpert Sensor■ Anzeigebereich: $5 \cdot 10^{-10}$–1000 hPa■ Erhöhte Genauigkeit bis zu $\pm 10\%$■ Hohe Betriebssicherheit mit zwei Heizfäden	<ul style="list-style-type: none">■ Zur gasartunabhängigen genauen Messung von Belüftungsvorgängen■ Messbereich $1 \cdot 10^{-4}$ – 1200 hPa■ Gasartunabhängige Messung für Drücke >10 hPa

3D-Druck

Kalibrierung

Kalibrierung

Um die Genauigkeit und Wiederholbarkeit der Druckmessung auch auf Dauer zu gewährleisten, ist eine regelmäßige Kalibrierung der Messröhren unerlässlich. Denn durch Verschmutzung der Sensoren durch Partikel oder Kondensat sowie durch Langzeitalterung können sich die Messsignale verschieben. Ein integraler Bestandteil der Qualitätssicherung ist somit die Kalibrierung, bei der die Messsignale der verwendeten Messgeräte mit einer Referenzmessröhre verglichen werden. Die Referenzmessröhre muss dabei von einem zertifizierten Labor (z. B. in Deutschland DAkkS-zertifiziert, in USA NIST-zertifiziert) kalibriert worden sein und sich auf einen nationalen Standard zurückführen lassen.

Werks- und DAkkS-Kalibrierung

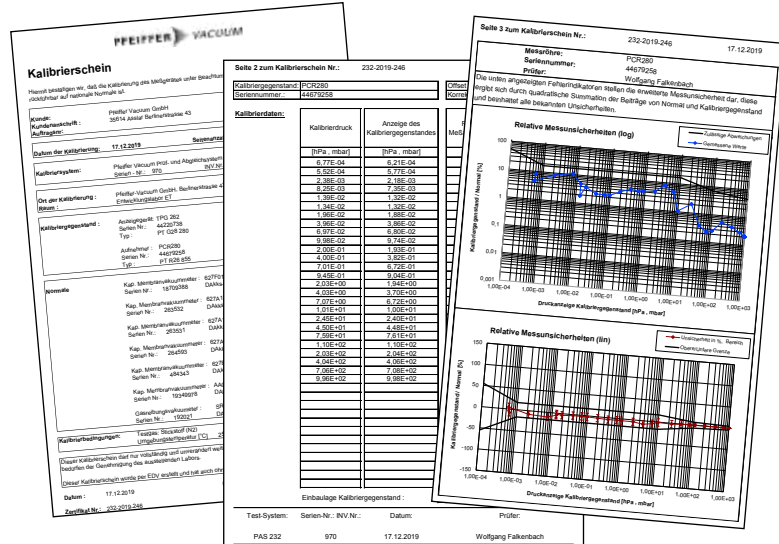
Pfeiffer Vacuum bietet sowohl Werkskalibrierung als auch DAkkS-Kalibrierung von Vakuummessröhren an; beide Formen werden in einem globalen Kalibrierlabor am Standort Asslar durchgeführt. Die Kalibrierung erfolgt dabei nach hohen Qualitätsstandards sowie unter Beachtung der ISO 3567. Im ausgestellten Kalibrierschein werden die Prüfbedingungen und festgestellten Abweichungen dokumentiert.

Hierarchische Struktur der Kalibrierkette (mit abnehmender Genauigkeit)



*Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Bei Verwendung einer hohen Anzahl an Messröhren kann eine Kalibrierung vor Ort im eigenen Werk kostengünstiger als eine externe Kalibrierung sein. Zu diesem Zweck bietet Pfeiffer Vacuum mit den Modellen Basic und Pro eigens entwickelte Kalibrierpumpstände an. Diese Systeme enthalten einen integrierten Turbopumpstand, um den notwendigen Druck für einen exakten Nullabgleich zu erzielen. Eine in Anlehnung an die ISO 3567 gefertigte Vakuumpumme sorgt für eine homogene Druckverteilung und gewährleistet eine symmetrische Anordnung der Messröhren auf gleicher Höhe. Gaseinlass und Pumpeneingang befinden sich zudem auf einer Symmetrieachse. Mit den Pfeiffer Vacuum Kalibriersystemen sowie einer entsprechenden Referenzmessröhre kann die Kalibrierung, insbesondere für den bei der Gefriertrocknung relevanten Druckbereich, einfach durchgeführt werden.



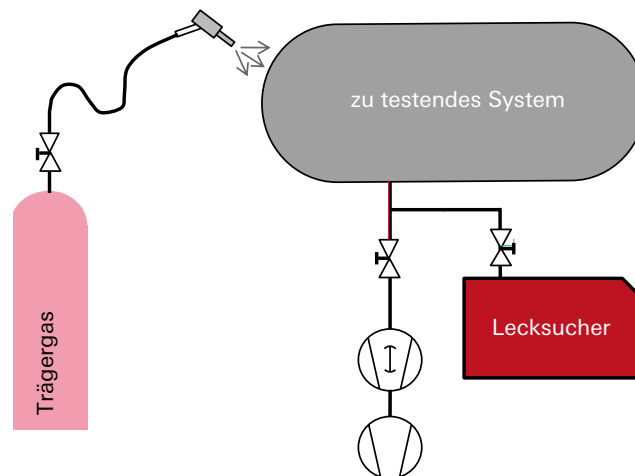
Beispiel eines Kalibrierscheines

Produktübersicht

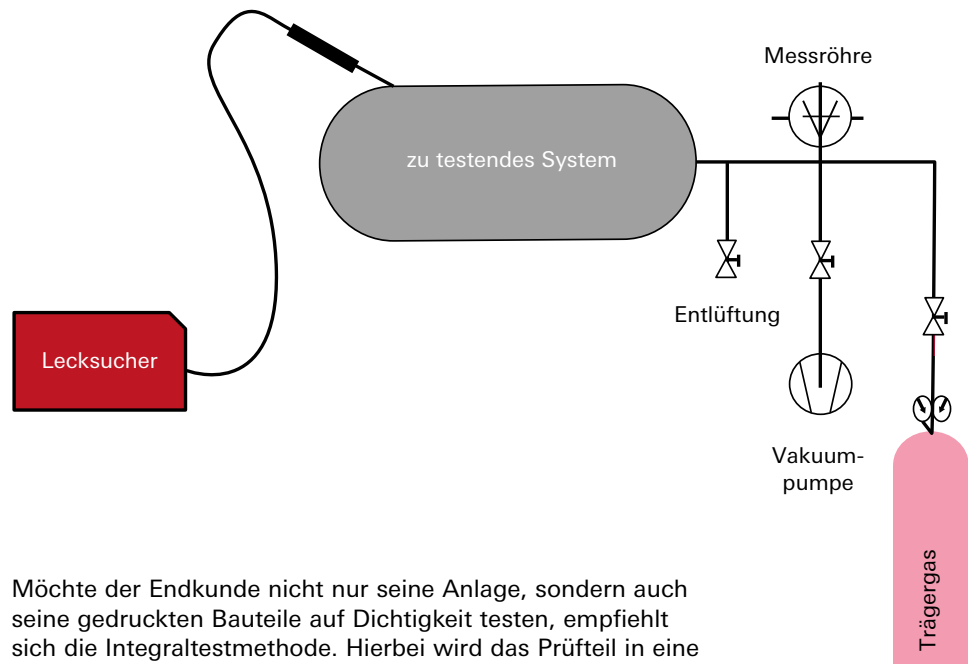
Kalibriersystem Basic	Kalibriersystem Pro
<ul style="list-style-type: none"> ■ Kompaktes System mit bis zu sechs Flanschanschlüssen für Messröhren ■ Kalibrierbereich 1.013 – 10⁻⁴ hPa ■ Einfache Bedienung ■ Rezipient nach ISO/TS 3567 Standard ■ Für statische und dynamische Kalibrierung ■ Kundenspezifische Lösungen lieferbar ■ DAKS-Referenzmessröhren optional erhältlich 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fahrbares System mit bis zu acht Flanschanschlüssen für Messröhren ■ Kalibrierbereich 1.013 – 10⁻⁴ hPa ■ Einfache Bedienung ■ Rezipient nach ISO/TS 3567 Standard ■ Für statische und dynamische Kalibrierung ■ Kundenspezifische Lösungen lieferbar ■ DAKS-Referenzmessröhren optional erhältlich

Lecksuche

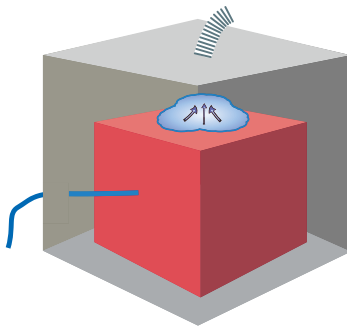
Eine gute Dichtheit im EBM-Prozess ist notwendig, damit der erforderliche Enddruck erreicht wird und die Reinheit im Prozess garantiert ist. Insbesondere im Hochvakuumbereich kann bereits eine kleine Leckage dazu führen, dass der Enddruck nicht erreicht wird. Für die EBM-Anlagen ist eine Integralleckrate kleiner $1 \cdot 10^{-5}$ mbar die Mindestvoraussetzung, damit die Anlagenbauer gewährleisten können, dass es später beim Kunden nicht zu Fehlern aufgrund von Undichtheit des Systems kommt. Zur Detektion der geforderten Leckagerate bietet Pfeiffer Vacuum Helium-Lecksuchgeräte in unterschiedlichen Konfigurationen an. Durch ihre hohe Nachweisempfindlichkeit, kurze Prüfzeit und leichte Bedienung sind Helium-Lecksucher für die Lokalisierung der Leckagen ideal. Die Prüfung kann auf unterschiedliche Weise vorgenommen werden. Eine Methode besteht darin, die Anlage zu evakuieren und von außen lokal über eine Sprühpistole Helium auf Dichtstellen, Schweißnähte und andere potenzielle Leckagestellen zu sprühen. 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.



Eine weitere Methode ist die Schnüffelprüfung. Hier wird die Anlage mit Prüfgas wie Helium unter Druck gesetzt. Anschließend wird eine Schnüffelsonde um die Anlage geführt. Im Fall einer Leckage stellt der Lecksucher das entweichende Prüfgas fest und lokalisiert dabei die Leckage. Da während des EBM-Prozesses meist ohnehin Helium hinzugefügt wird und damit eine Heliumversorgung garantiert ist, kann auch diese Methode angewandt werden.



Möchte der Endkunde nicht nur seine Anlage, sondern auch seine gedruckten Bauteile auf Dichtigkeit testen, empfiehlt sich die Integraltestmethode. Hierbei wird das Prüfteil in eine Vakuumtestkammer eingebracht und mit Prüfgas befüllt. Sollte ein Leck vorhanden sein, entweicht Prüfgas aus dem Teil in die Testkammer und wird vom Lecksucher gemessen.



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"> ■ Sehr schnelle Ansprechzeit durch hohes Helium-Saugvermögen ■ Einfache Bedienung, intuitive Menüführung und großer Farb-Touchscreen ■ Schnellste Betriebsbereitschaft in seiner Klasse ■ Mit Wagen als Zubehör auch für mobilen Einsatz geeignet 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Ölfreies Pumpensystem, Vorvakuum-Saugvermögen 1,7 m³/h ■ Leicht, nur 21 kg und mobil ■ Cleveres Design mit auszieh-barem Griff ■ Abnehmbares Bedienfeld ■ SD-Karte als Speicher-möglichkeit

Pfeiffer Vacuum Service

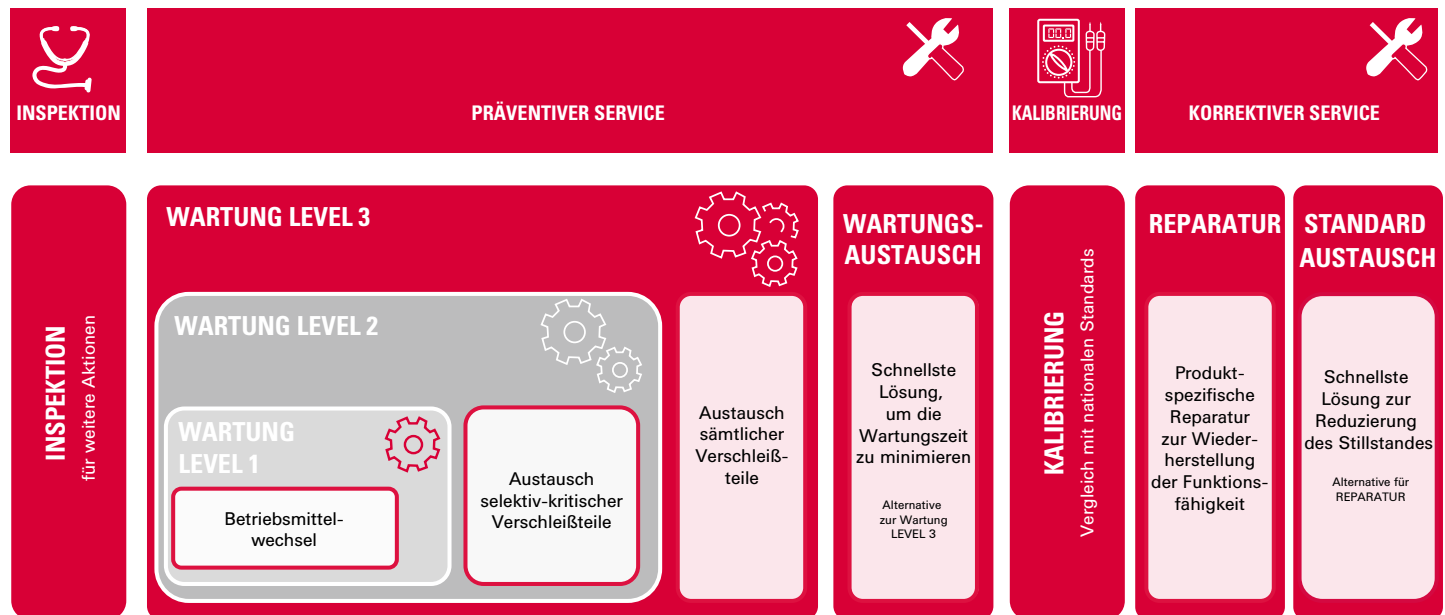
Unsere Serviceleistungen – Ihre Vorteile

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
	■ Vorkonfiguriertes Design	■ Kosten- und Zeiteinsparung durch geringen Konstruktionsaufwand
	■ Bewährte, robuste Ausführung	■ Zuverlässig und sicher
	■ Frei wählbare Abgänge	■ Individuelle Anpassung an Ihre Anwendung
Feinvakuumkammern	Vorteil	Nutzen
	■ Vorkonfiguriertes Design	■ Kosten- und Zeiteinsparung durch geringen Konstruktionsaufwand
	■ Bewährte, robuste Ausführung	■ Zuverlässig und sicher
	■ Frei wählbare Abgänge	■ Individuelle Anpassung an Ihre Anwendung
Modularvakuumkammern	Vorteil	Nutzen
	■ Vorkonfiguriertes Design	■ Kosten- und Zeiteinsparung durch geringen Konstruktionsaufwand
	■ Modular erweiterbar	■ Maximale Flexibilität zu jedem Zeitpunkt
	■ Frei wählbare Abgänge	■ Individuell an Ihre Anwendung anpassbar
Kundenspezifische Vakuumkammern	Vorteil	Nutzen
	■ Individuelles Design	■ Optimal auf Ihren Prozess anpassbar
	■ Hochwertige Werkstoffe	■ Beste Qualität und hohe Lebensdauer
	■ Robuste Ausführung	■ Zuverlässig und sicher
	■ Projekt-Engineering und Konstruktion durch qualifizierte und erfahrene Projektmanager	■ 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**