

# WARUM SEIT 1958 TURBOPUMPEN TURBOPUMPEN HEISSEN!

## Die Anfänge der Turbopumpe

Als Dr. Willi Becker 1945 die Leitung des Labors bei der Arthur Pfeiffer GmbH übernahm, interessierte er sich für alle Möglichkeiten, Pumpen zu bauen. Zur Verbesserung von Öldiffusionspumpen konstruierte Becker ein rotierendes Baffle, das die Ölmoleküle der Pumpen vom Rezipienten fernhalten sollte. Es bestand aus einem rotierenden Flügelrad und stehenden Leiträdern mit spiegelbildlich angeordneten Flügeln.

Becker stellte fest, dass damit im Molekularbereich ein beachtliches Druckverhältnis erzeugt werden konnte. Es lag daher nahe, durch Hintereinanderschalten mehrerer solcher Stufen eine Pumpe zu konstruieren. Diese Pumpe benötigte Öl lediglich noch zur Schmierung der Lagerung.

Bereits 1916 hatte Gaede Molekularpumpen mit einer grundsätzlich anderen Geometrie entwickelt, die sehr enge Spalte zwischen stehenden und rotierenden Teilen benötigte. Daraus resultierte eine hohe Zerstörungsgefahr bereits durch kleine Partikel. Diesen entscheidenden Nachteil hatte die neue Pumpe nicht. Zur Unterscheidung erhielt sie den „Vornamen“ Turbo, da sie in ihrem Aufbau einer Turbine stark ähnelte.

Im Jahr 1958 wurde bei der Arthur Pfeiffer GmbH die Turbopumpe entwickelt. Damals bestand das Ziel darin, ein kohlenwasserstofffreies Vakuum zu erzeugen. Heute sind die Turbopumpen von Pfeiffer Vacuum der Inbegriff für Hightech-Produkte mit hoher Zuverlässigkeit und optimalen Leistungsdaten.

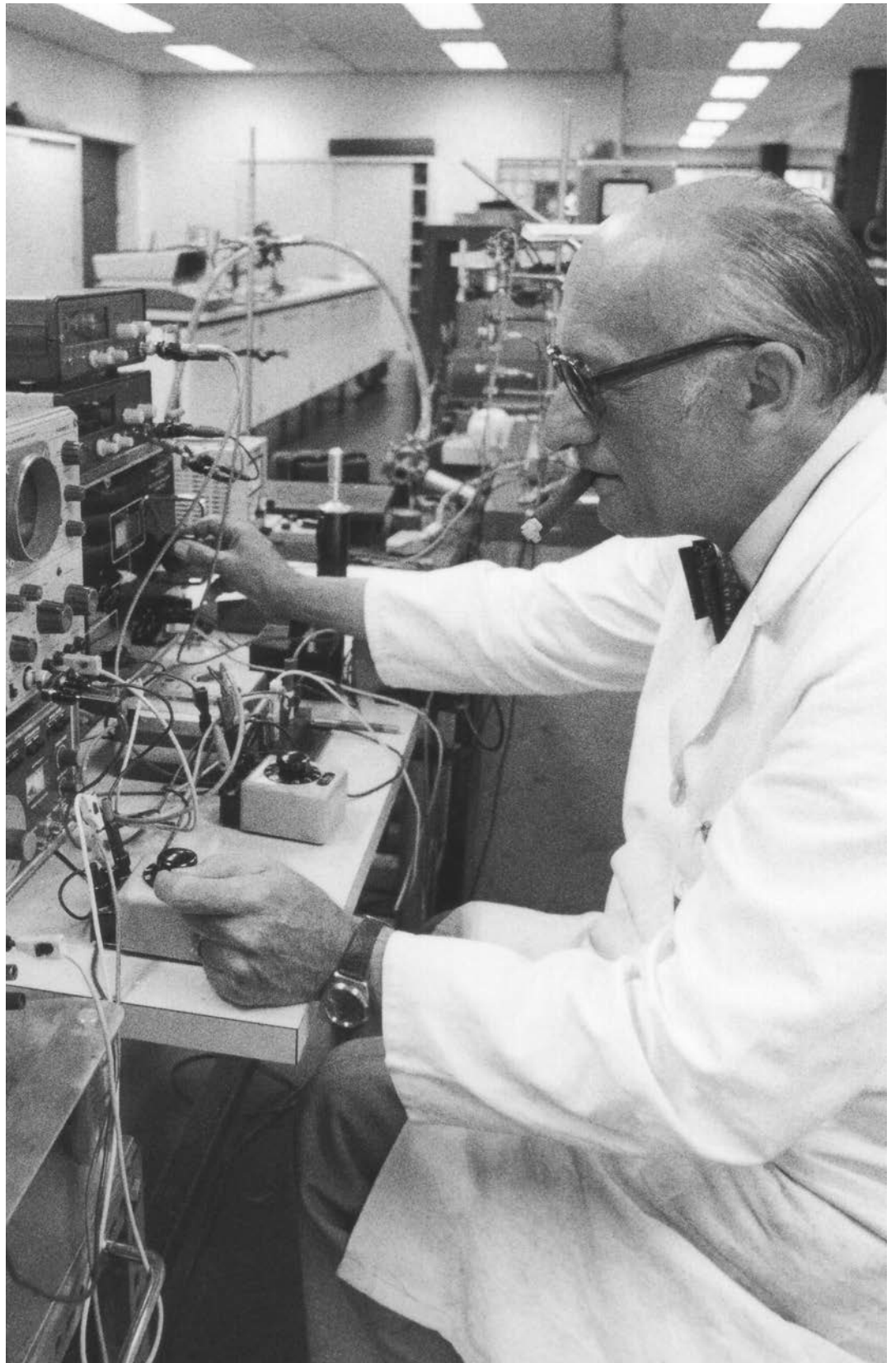
### **Serienfertigung**

1958 startete die Serienfertigung der ersten Turbomolekularpumpe, die ein Saugvermögen von 150 l/s erreichte und 95 kg wog. Wurden in den ersten Jahren 100 bis 200 Pumpen pro Jahr überwiegend für Universitäten und Forschungsinstitute gefertigt, eröffneten sich durch die einfache Handhabung und das reine Vakuum neue Einsatzgebiete in der Analytik und in der industriellen Verfahrenstechnik. Insbesondere die rasante Entwicklung in der Mikroelektronik und im Bereich der Mikrochips wäre ohne Turbopumpen, die für das notwendige Hochvakuum unter extremen Bedingungen sorgen, nicht möglich gewesen.

### **Evolution der Turbopumpen – immer kleiner und besser**

Der Aufbau der ersten Pumpe war zweiflutig. Vom Gaseinlass wurde das Gas nach zwei Richtungen durch zwei komplette Pumpstufenpakete abgepumpt. Beide Pakete befanden sich auf einer Welle, an deren Ende sich jeweils ein Kugellager befand. Dadurch wurde das Öl zu deren Schmierung sehr wirkungsvoll von der Hochvakuumseite ferngehalten.

Entsprechend den zunehmenden Anwendungsgebieten entwickelte Pfeiffer Vacuum die klassische Turbopumpe stetig weiter. Die zweiflutige Bauweise war relativ teuer, ein Umstand, der bald zur Entwicklung einflutiger Turbopumpen führte. Diese Pumpen wurden anfangs mit zwei öl- oder fettgeschmierten Kugellagern gebaut, was zu einer fliegenden Lagerung (das heißt, der Schwerpunkt des



*Dr. Willi Becker 1980 im Labor bei Pfeiffer Vacuum*



Rotors liegt außerhalb der Lagerstellen) und zu einem sehr schwer zugänglichen oberen Lager führt. Die Turbos wurden kleiner, robuster, leistungsfähiger – ohne dass sich das Grundprinzip geändert hätte. 1967 wurde der ursprüngliche Riemenantrieb durch den elektronischen Antrieb ersetzt. Für den Einsatz im Weltraum wurde für die NASA 1978 eine Miniatur-Turbopumpe entwickelt, die bei 16 l/s Saugvermögen und 90.000 Umdrehungen pro Minute nur 3 kg wog und erstmals eine Magnetlagerung enthielt. Das permanentmagnetische Radiallager kann im Gegensatz zu einem geschmierten Kugellager im Hochvakuumraum angeordnet sein.

### **Physikalische Optimierung**

Die Pumpwirkung ist für verschiedene Gase unterschiedlich. Die Pumpstufen wurden im Laufe der Zeit immer weiter optimiert, unter anderem, um für möglichst alle Gase ein hohes Saugvermögen zu erzielen. Neben dem Saugvermögen gibt es weitere wichtige Leistungsparameter von Turbopumpen: zum Beispiel die Kompression – das ist das Verhältnis zwischen Ausstoß- und Ansaugdruck – oder der Gasdurchsatz – das ist die Gasmenge, die permanent durch die Pumpe gefördert werden kann.

Es ist allgemein üblich, die Bezeichnung einer Pumpe an die Saugvermögensklasse anzulehnen. Gängige Größen hierbei sind 10 l/s bis 3.000 l/s. Vereinzelt gibt es noch größere Modelle. Zur Erhöhung des zulässigen Vorvakuumdrucks wurden Turbopumpen mit zusätzlichen Pumpstufen wie Holweck- oder Gaedestufen versehen.

Neben der Lagerung mit Kugellagern wurden – verstärkt seit den achtziger Jahren – Turbopumpen auch mit ausschließlich magnetischer Lagerung entwickelt. Eine solche Magnetlagerung kann vollständig aus Elektromagneten oder aus einer Kombination aus elektromagnetischer und permanentmagnetischer Lagerung bestehen.

Die Motivation für die rein magnetische Lagerung ist eine weitere Verminderung der Kohlenwasserstoffe im System, die Reduzierung der von der Pumpe ausgehenden Schwingungen und nicht zuletzt die Wartungsfreiheit der Pumpen. Der Zusatzaufwand für eine magnetische Lagerung in Form von Elektromagneten, Sensoren und Elektronik ist allerdings erheblich.

### **Applikationen und Eigenschaften**

Turbopumpen werden heute in den unterschiedlichsten Gebieten eingesetzt:

### **Forschung und Entwicklung**

Physikalische Grundlagenforschung wird häufig bei sehr tiefen Drücken betrieben, sodass dem Kompressionsverhältnis eine überdurchschnittliche Bedeutung zukommt. Bei Verwendung in radioaktiver Strahlung ist es erforderlich, die Antriebselektronik außerhalb des Strahlungsbereichs, also genügend weit von der Turbopumpe entfernt, aufstellen zu können.

### **Analytik**

Hierzu sei beispielhaft die Verwendung in einem Rasterelektronenmikroskop genannt. In der Analytik kommt es sehr häufig darauf an, dass keine bzw. möglichst geringe Vibrationen von der Pumpe auf die Anlage übertragen werden, da sie die Auflösung des Mikroskops verschlechtern würden. Aus dem gleichen Grund dürfen möglichst keine magnetischen Streufelder von der Pumpe ausgehen. Wegen der Integration in eine Anlage wird in der Regel eine kompakte Bauform gewünscht. Für High-End-Anlagen werden überwiegend magnetisch gelagerte Pumpen eingesetzt.

### **Beschichtungstechnik**

Das breite Anwendungsgebiet erstreckt sich von der Beschichtung von Brillengläsern und Architekturglas über Werkzeuge bis zur Solartechnik. In der Beschichtungstechnik werden meist mittlere bis hohe Gasdurchsätze sowie in manchen Fällen eine gewisse Unempfindlichkeit gegenüber Partikeln verlangt. Auch der Betrieb mit einer relativ hohen Kühlwassertemperatur wird häufig gefordert. Diese Randbedingungen bewirken eine Erhöhung der Temperatur des Turborotors, die jedoch aus Festigkeitsgründen eine vorgegebene Obergrenze nicht überschreiten darf. Die tatsächliche Temperatur hängt unter anderem von Art und Menge des Gases, der verfügbaren Kühlleistung und der Umgebungstemperatur sowie der Drehzahl des Rotors ab. Zur Erzielung der bestmöglichen Leistung muss die Pumpe dicht an der Temperaturgrenze des Rotors betrieben werden, ohne diese zu überschreiten. Pfeiffer Vacuum hat bei den betreffenden Modellen seiner neuen HiPace Turbopumpen eine direkte Rotortemperaturmessung integriert. Hiermit lässt sich unabhängig von allen anderen Randbedingungen die beste Performance der Pumpe erzielen, bei gleichzeitig größtmöglicher Sicherheit gegen Schädigung durch Überlastung.



*Kontrolle einer Rotorscheibe*

### **Halbleiterindustrie**

Die Anwendungen in der Halbleiterindustrie stellen die höchsten Ansprüche. Hier sind häufig aggressive Gase wie zum Beispiel Halogene zu pumpen. Zum Schutz gegen korrosiven Angriff wird der Rotor beschichtet, der Stator des Antriebsmotors wird vergossen und für die Schmierung von Kugellagern wird spezielles Öl verwendet. Zusätzlich werden Motor- und Lagerraum durch den Einlass von Sperrgas gegen das Prozessgas geschützt. Mit der Herstellung immer kleinerer Strukturen steigt die Empfindlichkeit gegenüber Verschmutzung. Aus diesem Grund werden in der Halbleiterindustrie überwiegend magnetisch gelagerte Pumpen verwendet. Bei der Belichtung (Lithografie) und Inspizierung (Metrologie) feinsten Strukturen ist es wie beim Elektronenmikroskop wichtig, dass keine Vibrationen auf die Anlage einwirken. Auch aus diesem Grund werden hier häufig magnetisch gelagerte Pumpen eingesetzt.



Turbopumpe HiPace 300, 265 l/s Saugvermögen, 5,8 kg Gewicht

## VAKUÜMLÖSUNGEN AUS EINER HAND

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuümlösungen, 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  
Vakuümlösung?  
Sprechen Sie uns an:

Pfeiffer Vacuum GmbH  
Headquarters/Germany  
T +49 6441 802-0  
info@pfeiffer-vacuum.de

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

Irrtümer und/oder Änderungen vorbehalten. PT 0135 PD (June 20160)

**PFEIFFER**  **VACUUM**