

Hochtemperatur-Kammeröfen

Die HTK Serie ist mit drei verschiedenen Isoliermaterialien erhältlich: Graphit, metallisches Material (Wolfram oder Molybdän) oder Keramikfasern. Durch diese unterschiedlichen Materialien ergibt sich ein sehr breiter Anwendungsbereich.

Der HTK GR mit Graphit-Isolierung und -Heizelementen kann auf Wunsch eine Maximaltemperatur von 3000 °C erreichen. Ebenfalls kann eine Retorte aus Graphit eingebaut werden, welche die Heizelemente schützt und für einen definierten Gasfluss von außen nach innen sowie in den Gasauslass sorgt. Bei Prozessen mit starkem Ausgasen der Proben schützt die Retorte zudem die Heizelemente und erhöht somit deren Lebensdauer. Die Temperaturhomogenität wird durch die Retorte ebenfalls verbessert und liegt bei besser als ± 10 K. Öfen vom Typ HTK GR ermöglichen Wärmebehandlungen im Grob- und Feinvakuum sowie in Schutzgasen wie Stickstoff oder Argon, aber auch Prozesse mit Reaktionsgasen wie Wasserstoff oder Kohlenstoffmonoxid. Der HTK GR darf aufgrund des Werkstoffs Graphit nicht unter Sauerstoffatmosphäre betrieben werden.

Mit den metallischen Öfen aus Wolfram (HTK W) oder Molybdän (HTK MO) kann die höchste Reinheit der Atmosphäre sowie das beste Endvakuum erreicht werden. Das Arbeitsvakuum liegt im Hochvakuumbereich (5×10^{-6} mbar) und kann bei Bedarf sogar ein Ultrahochvakuum erreichen. Häufig verwendete Gase sind Stickstoff, Argon, Wasserstoff oder Gasgemische. Die Heizelemente sowie die aus mehreren aufeinanderfolgenden Blechen aufgebaute Isolierung bestehen aus dem gleichen Material.

Um Gasführung und Temperaturhomogenität zu verbessern, kann eine metallische Retorte eingebaut werden. Die maximal erreichbare Temperatur des HTK W beträgt 2200 °C, die des HTK MO 1600 °C.

Die Kammeröfen mit keramischer Faserisolierung (HTK KE) können mit einem definierten Sauerstoffgemisch oder mit 100 % Sauerstoff betrieben werden. Die Heizelemente bestehen aus einem CrFeAl-Heizdraht und erreichen eine Temperatur bis 1350 °C. Prozesse mit inerten Gasen sind ebenfalls möglich, jedoch muss in diesem Fall mit einer verringerten Reinheit gerechnet werden. Eine Wärmebehandlung im Vakuum ist aufgrund der Porosität der Isolierung nur kurzzeitig und nur im Grobvakuumbereich möglich.



HTK 400 GR/22: Hochtemperaturkammerofen mit einem nutzbaren Volumen von 400 l und einer maximalen Temperatur von 2200 °C. Die Bedienung erfolgt vollautomatisch über ein Touch-Panel.

Vorteile

- Mit metallischen Öfen kann die bestmögliche Atmosphärenreinheit erreicht werden
- Mit metallischen Öfen ist das bestmögliche Endvakuum erreichbar
- Mit Graphitöfen sind die höchsten Temperaturen erreichbar
- Wasserstoffpartialdruckbetrieb möglich
- Wärmebehandlung an Luft oder in 100 % Sauerstoff im HTK KE möglich
- Kontrolliertes Evakuieren, geeignet für pulverförmige Proben
- Datenspeicherung für das Qualitätsmanagement

Typische Anwendungen

HTK mit Graphit-Isolierung:

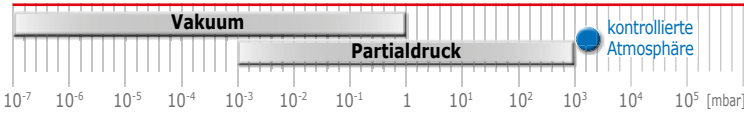
Pyrolyse, Sintern, Silizieren, Graphitieren, technische Keramiken wie SiC, SiN, BC, AlN

HTK mit metallischer Isolierung:

Metal-Injection-Molding (MIM), kohlenstofffreie Atmosphäre, Sintern, Metallisieren, etc.

HTK mit keramischer Faserisolierung:

Ceramic-Injection-Molding (CIM), Entbindern und Sintern an Luft



HTK – Kammeröfen bis 2200 °C

Technische Details

Innerhalb der Kammer befinden sich die Heizelemente an vier Seiten (unten, oben, rechts und links) und garantieren dadurch eine ausgezeichnete Temperaturhomogenität. Bei großen Kammeröfen werden zusätzlich die Rückwand sowie die Tür mit Heizelementen ausgestattet. Diese beiden Heizzonen sind notwendig, um auch bei diesen Modellen ein gute Temperaturhomogenität zu gewährleisten.

Sämtliche Kammeröfen (HTK W, HTK MO, HTK GR, HTK KE) werden von einem wassergekühlten doppelwandigen Kessel umgeben, durch den Kühlwasser fließt. Man spricht bei dem HTK daher auch von einem Kaltwandofen.

Auf Wunsch kann die Temperatur im HTK GR auf 3000 °C erhöht werden. Diese herausfordernde Temperatur benötigt ein spezielles Ofendesign: eine ausreichend dicke Isolierung, ein spezielles Design der Heizelemente sowie eine Temperaturüberwachung mit einem Pyrometer (Messung der

Wärmestrahlung mittels optischer Methoden). Das Pyrometer befindet sich außerhalb des Ofens und wird durch ein Quarzfenster in einen heißen Referenz-Bereich im Ofen fokussiert. Das Messprinzip funktioniert nur, wenn ausreichend Wärmestrahlung (übers 400 °C) emittiert wird. Entsprechend wird bei geringeren Temperaturen ein Schiebethermoelement verwendet.

Eine Temperatur von 3000 °C ist nur unter Schutzgasatmosphäre möglich, da der Dampfdruck von Graphit bei 3000 °C sehr hoch ist. Der Dampfdruck von Graphit führt auch dazu, dass Kohlenstoff in der Ofenatmosphäre nicht vermieden werden kann. Würden die Proben durch Kohlenstoff während der Wärmebehandlung beschädigt werden, sollte stattdessen ein metallischer Ofen eingesetzt werden.

Weitere Informationen der Öfen bis zu 3000 °C sind im Kapitel *SERIE 3000* zu finden.



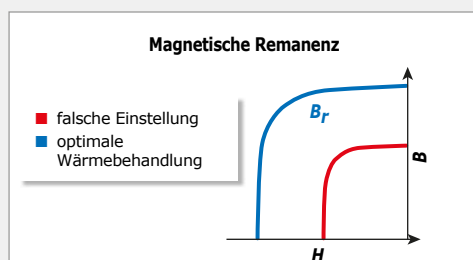
Abbildung der Visualisierung der vollautomatischen Öfen.



HTK 8 GR/22: Kammerofen mit einem nutzbaren Volumen von 8 l und einer maximalen Temperatur von 2200 °C. Die Isolierung besteht aus mehreren lagen Graphitfilz. Im Ofen befindet sich eine rechteckige Retorte.

Anwendungsbeispiel

Sintern magnetischer Materialien in einem metallischen Kammerofen

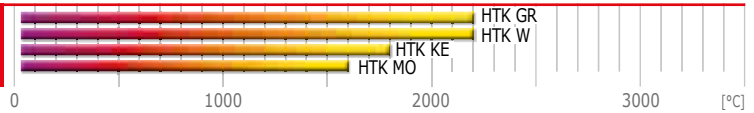


Die passende Wärmebehandlung führt zu hoher Remanenz B_r (blaue Kurve). Bei unpassenden Einstellungen (rote Kurve) werden die magnetischen Eigenschaften verschlechtert. Die Wärmebehandlung muss passend gewählt werden.

Magnetische Materialien haben einen sehr breiten Anwendungsbereich. Sie werden beispielsweise in Turbinen, Transformatoren und elektrischen Motoren verwendet. Um die Effizienz solcher Bauteile und deren Qualität zu erhöhen ist es wichtig, gute magnetische Eigenschaften der Materialien wie hohe Remanenz (B_r) bei Hartmagneten (Permanentmagneten) oder eine hohe Anfangspermeabilität bei weichmagnetischen Materialien zu erreichen. Mit einer jährlichen Produktion von 7 Millionen Tonnen haben softmagnetische Materialien einen großen Markt.

Die magnetischen Eigenschaften können durch eine passende Wärmebehandlung kontrolliert und verbessert werden. Dabei muss die bestmögliche Atmosphärenreinheit zur Verfügung stehen. Meist wird die Wärmebehandlung im Vakuum oder unter Wasserstoff durchgeführt. Für diese anspruchsvollen Prozesse ist der metallische HTK ideal geeignet. In automatischer Ausführung ist die Wärmebehandlung reproduzierbar und verlässlich durchführbar. Zum Be- und Entladen kann der HTK auf Anfrage an eine Glovebox angeflanscht werden, um auch ein Chargieren unter inerten Bedingungen zu verwirklichen.

HTK – Kammeröfen bis 2200 °C



Die HTK-Serie kann für verschiedenste Anwendungen verwendet werden, da drei verschiedene Isolier- und Heiztechniken zur Verfügung stehen.

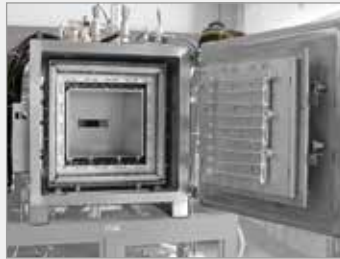
Graphitöfen



Diese Öfen werden unter Vakuum/ Hochvakuum, Schutzgasen wie Stickstoff/Argon, aber auch mit Reaktionsgasen wie Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid eingesetzt. Der Betrieb an Luft ist ausgeschlossen.

Einsatzbereiche sind technische Keramiken wie SIC, SIN, BC, ALN und Kombinationen. Im Bereich der Verbundwerkstoffe werden sie eingesetzt für Pyrolysen, Sintern, Silizieren und Graphitieren.

Metallische Öfen aus Molybdän und Wolfram



Die metallischen Öfen haben keine Faserisolierung, dadurch werden die höchsten Reinheiten der Prozessatmosphäre oder das bestmögliche Endvakuum erreicht. Eingesetzt werden die aufwendigen Aufbauten für Proben, die in kohlenstofffreien Atmosphären behandelt werden müssen. Anwendungsbeispiele finden sich in der Lampenindustrie, beim Metallpulverspritzguss, beim Tempern von Safiren, in der Wärmebehandlung von Metallteilen, beim Sintern von Pellets aus der Nuklearindustrie, bei der Fertigung von Radarröhren, beim Metallisieren von Keramikteilen, beim Hochvakuumlöten usw.

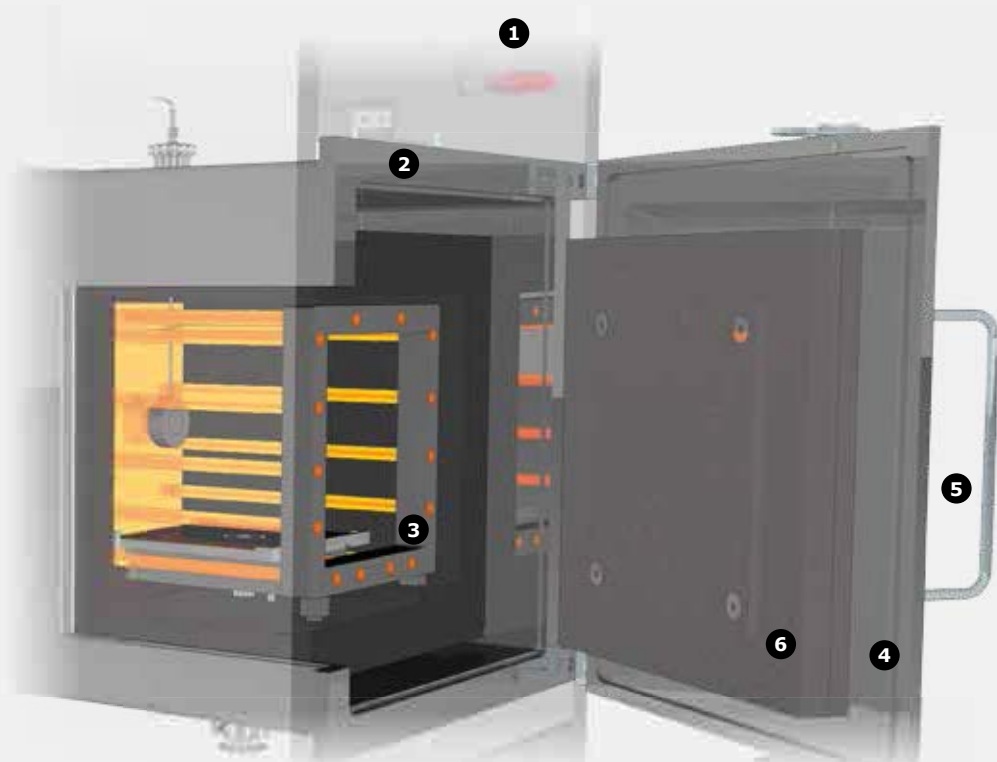
Keramikerisolierete Öfen

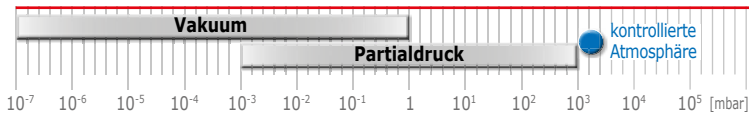


Kammeröfen mit keramischer Faserauskleidung werden für Prozesse mit definiertem Sauerstoffanteil oder in 100% Sauerstoffatmosphäre eingesetzt. Auch Prozesse unter Stickstoff und Argon gelingen; allerdings müssen Abstriche an der Gasatmosphärenqualität in Kauf genommen werden. Es können Prozesse für piezokeramische Werkstoffe gefahren und alle oxidischen Materialien gesintert werden. Diese Öfen eignen sich weiterhin zur Wärmebehandlung von Metallen, zur Kristallzüchtung und zur Fertigung von keramischen Pulvern.

Innenansicht

- 1 Ofengehäuse
- 2 Wassergekühlter Kessel
- 3 Heizkassette
- 4 O-Ring Nut
- 5 Geöffnete Tür
- 6 Graphitisolierung





Optionen

Sämtliche HTK-Modelle sind in manueller oder automatischer Ausführung erhältlich. Solange keine Reaktionsgase verwendet werden, kann ein manueller Ofen verwendet werden. Wird jedoch mit Reaktivgasen wie Wasserstoff gearbeitet, muss ein automatischer Ofen zum Einsatz kommen, der alle nötigen Sicherheitsvorkehrungen (SIL2) erfüllt.

Vakuum Pumpstände:

Sämtliche HTK-Modelle können mit Vakuumpumpen ausgerüstet werden. Es stehen einstufige oder zweistufige Drehschieberpumpen zur Verfügung. Soll das Arbeitsvakuum im Feinvakuumbereich liegen, wird eine Vorpumpe mit einer Wälzkolbenpumpe kombiniert. Um ein Hochvakuum zu erreichen, wird die Vorpumpe mit einer Turbomolekularpumpe kombiniert. Die empfohlenen Pumpengrößen sind abhängig von der Kammergröße.

- Einstufige oder zweistufige Drehschieberpumpe: Sauggeschwindigkeiten bis zu 300 m³/h für den HTK 600 GR. Die Pumpe wird hierbei verwendet, um den Sauerstoffgehalt vor der Wärmebehandlung durch mehrmaliges Evakuieren und Fluten zu reduzieren.
- Die Wälzkolbenpumpe wird eingesetzt, um zügig den Feinvakuumbereich zu erreichen. Die benötigte Vorpumpe muss auf die Wälzkolbenpumpe abgestimmt werden.
- Die Turbomolekularpumpe erreicht einen Arbeitsdruck, der im Hochvakuumbereich liegt. Sehr reine Atmosphären sind möglich.
- Die Öldiffusionspumpe erreicht Sauggeschwindigkeiten bis zu 20.000 m³/h. Diese Pumpe wird empfohlen, um große Kammeröfen schnell zu evakuieren

Software:

Die manuelle Ausführung des HTK wird mit Eurotherm-Reglern betrieben. Zusätzlich müssen Ventile und Pumpen über einen Taster manuell ein- und ausgeschaltet werden.

- Eurotherm 3508: 10 verschiedene speicherbare Programme mit 500 Segmenten
- Eurotherm 3508: 50 verschiedene speicherbare Programme mit 500 Segmenten
- RS 232/485
- iTools Option
- Übertemperaturschutz (empfohlen bei unbeaufsichtigtem Betrieb)
- Remote-Control

Für die automatischen Öfen bieten wir zwei unterschiedliche Versionen an. Die Version „TP 1900“ läuft ausschließlich über ein Touch-Panel, die Version „WinCC“ enthält einen vollwertigen PC. Letztere bietet mehr Einstellungsmöglichkeiten und hat einen höheren Komfort

bei der Verwaltung von Programmen und Versuchsdaten. Die Bedienung beider Öfen erfolgt intuitiv über ein Touch-Panel. Das Arbeiten wird durch die übersichtliche Darstellung des Prozesses erleichtert. Alle Prozessparameter werden bei beiden Systemen aufgezeichnet und in einer CSV-Datei gespeichert.

Software:

- TP 1900: 20 verschiedene Heizprogramme können gespeichert werden. Diese bestehen aus bis zu 25 Segmenten.
- WinCC: 50 verschiedene Heizprogramme können gespeichert werden. Diese bestehen aus bis zu 30 Segmenten.

Reaktionsgasausstattung:

Die Zündgrenze von Wasserstoff liegt bei ungefähr 4 Vol. %. Wird diese Konzentration überschritten, muss der Ofen mit einer Sicherheitsausstattung betrieben werden. Kondensiert ein Teil der Abgase, kann der Gasauslass zusätzlich beheizt werden. Damit wird ein Verschmutzen des Gasauslasses weitestgehend verhindert. Auf Wunsch kann der HTK mit mehr als einem Inertgas ausgerüstet werden:

- Reaktionsgasausstattung
- Sicherheitspaket für brennbare Gase
- Entbinderungsanlage mit einer Flamme für die Nachverbrennung
- Zusätzliches Inertgas
- Retorte

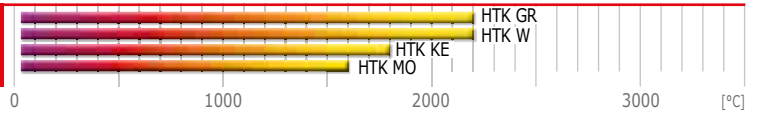
Wasserkühlung:

Wenn am Aufstellungsort des Ofens kein Kühlwasser verfügbar ist, kann der Ofen mit einer eigenen Wasserkühlung ausgestattet werden. Carbolite Gero bestimmt dabei die benötigte Kühlleistung und rüstet den Ofen mit einem passenden Gerät aus.

- Wasserkühler: Wärmetauscher

Abhängig von der Ofenleistung, kann ein passender Wasserkühler geliefert werden.





Technische Daten



Modell

Graphit

HTK 8 GR/22-1G	HTK 25 GR/22-1G	HTK 80 GR/22-1G	HTK 220 GR/22-1G	HTK 400 GR/22-1G	HTK 600 GR/22-1G

Außenabmessungen

H x B x T [mm]	2100 x 1300 x 1100	2200 x 1900 x 1800	2300 x 2100 x 2200	2500 x 2300 x 2600	2500 x 2300 x 2600	2500 x 2500 x 2900
-----------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Transportgewicht

Gesamtanlage [kg]	1200	1700	2000	3000	3800	4500
--------------------------	------	------	------	------	------	------

Nutzraum

Kammervolumen [l]	8	25	80	220	400	600
h x b x t, Nutzraum ohne Retorte [mm]	200 x 200 x 200	250 x 250 x 400	400 x 400 x 500	600 x 600 x 600	650 x 700 x 900	650 x 750 x 1200
h x b x t, Nutzraum mit Retorte [mm]	180 x 180 x 200	230 x 230 x 400	380 x 380 x 500	560 x 560 x 600	630 x 680 x 900	630 x 730 x 1200

Thermische Kennwerte

T_{max} Vakuum [°C]	2200	2200	2200	2200	2200	2200
T_{max} Atmosphärendruck [°C]	2200	2200	2200	2200	2200	2200
ΔT, zwischen 500 °C und 1500 °C [K] (nach DIN 17052)	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10
Maximale Aufheizrate bis 2000 °C [K/min]	10	10	10	10	10	10
Abkühlzeit [h]	6	6	8	8	12	12–16

Anschlusswerte

Leistung [kW]	26.5	60	100	160	250	300
Spannung [V]	400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)
Strom [A]	3 x 66	3 x 90	3 x 150	3 x 240	3 x 370	3 x 450
Vorsicherung [A]	3 x 80	3 x 125	3 x 200	3 x 315	3 x 500	3 x 500

Vakuum (Option)

Leckrate Behälter (sauber, kalt und leer) [mbar l/s]	< 5 x 10 ⁻³
Arbeitsvakuum, abhängig vom Pumpstand	Grob- oder Feinvakuum

Erforderliches Kühlwasser

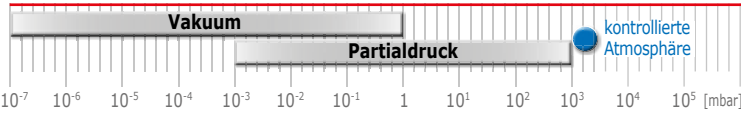
Benötigter Wasserfluss [l/min]	40	70	100	150	200	220
Maximale Eintrittstemperatur [°C]	23	23	23	23	23	23

Gasversorgung

Stickstoff oder Argon (weitere auf Anfrage) [l/h]	200–2000	200–2000	200–2000	1000–10000	1000–10000	1000–10000
--	----------	----------	----------	------------	------------	------------

Regler

Regler	auf Anfrage
---------------	-------------



HTK – Kammeröfen bis 2200 °C

Molybdän			Wolfram		Keramikfaser					
HTK 8 MO/16-1G	HTK 25 MO/16-1G	HTK 80 MO/16-1G	HTK 8 W/22-1G	HTK 25 W/22-1G	HTK 8 KE/13-1G	HTK 25 KE/13-1G	HTK 80 KE/13-1G	HTK 220 KE/13-1G	HTK 400 KE/13-1G	HTK 600 KE/13-1G

2100 x 1300 x 1100	2200 x 1900 x 1800	2300 x 2100 x 2200	2100 x 1300 x 1100	2200 x 1900 x 1800	2100 x 1300 x 1100	2200 x 1900 x 1800	2300 x 2100 x 2200	2500 x 2300 x 2600	2500 x 2300 x 2600	2500 x 2500 x 2900
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

1200	1700	2000	1300	1900	1200	1700	2000	3000	3800	4500
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

8	25	80	8	25	8	25	80	220	400	600
200 x 200 x 200	250 x 250 x 400	400 x 400 x 500	200 x 200 x 200	250 x 250 x 400	200 x 200 x 200	250 x 250 x 400	400 x 400 x 500	600 x 600 x 600	650 x 700 x 900	650 x 750 x 1200
180 x 180 x 200	230 x 230 x 400	380 x 380 x 500	180 x 180 x 200	230 x 230 x 400	180 x 180 x 200	230 x 230 x 400	380 x 380 x 400	560 x 560 x 600	630 x 680 x 900	630 x 730 x 1200

1600	1600	1600	2200	2200	1100	1100	1100	1100	1100	1100
1600	1600	1600	2200	2200	1350	1350	1350	1350	1350	1350
±5	±5	±5	±5	±5	±10	±10	±10	±10	±10	±10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	6	8	6	6	6	6	8	10	12	12-16

30	80	100	45	100	8	16	45	80	120	200
400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)	400	400 (3P)	400	400	400	400	400	400
3 x 75	3 x 120	3 x 150	112	3 x 150	20	40	3 x 65	3 x 120	3 x 180	3 x 290
3 x 100	3 x 160	3 x 200	3 x 160	3 x 200	3 x 63	3 x 63	3 x 80	3 x 160	3 x 250	3 x 315

< 5 x 10 ⁻³ Grob-, Fein- oder Hochvakuum			< 5 x 10 ⁻³ Grob-, Fein- oder Hochvakuum		< 5 x 10 ⁻³ Grob- oder Feinvakuum					
--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--

40	70	100	40	100	15	20	40	60	100	175
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

200-2000	200-2000	200-2000	200-2000	200-2000	200-2000	200-2000	200-2000	1000-10000	1000-10000	1000-10000
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	------------	------------	------------

auf Anfrage			auf Anfrage		auf Anfrage					
-------------	--	--	-------------	--	-------------	--	--	--	--	--