

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anzuwenden bei der Dichtheitsprüfung von Vakuumkomponenten. Sie dient dazu den geforderten Anwendungsbereich einer geeigneten Prüfverfahren zuzuordnen, um die Vakuumdichtheit einer Komponente zu nachzuweisen. Das Maß der Dichtheit einer Komponente ist die Leckrate in $\text{mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$.

In dieser Norm wird die Unterteilung der Vakuumbereiche vorgestellt. Anschließend werden die zulässigen Prüfverfahren vorgestellt. Die Beschreibung der zulässigen Prüfverfahren und der zu erreichenden maximalen Leckrate werden in Rezipienten und Vakuumbauteile (Baugruppen, Einzelteile und mechanische Durchführungen) unterteilt. Abschließend wird auf die Angaben auf Zeichnungen und in Lieferantenbestellungen eingegangen.

Angehängt an dieses Dokument finden sich Informationen zum Teilstromverfahren, der Druckanstiegsprüfung, sowie Prüfprotokollvorlagen für die Druckanstiegsprüfung, sowie die He-Integral-Dichtheitsprüfung. Diese Norm ist nur in Kombination mit den Normen aus Tabelle 1 anzuwenden.

Tabelle 1: Relevante Normen

Bezeichnung	Titel
DIN EN 1779	Zerstörungsfreie Prüfung - Dichtheitsprüfung - Kriterien zur Auswahl von Prüfmethoden und -verfahren
DIN EN ISO 20485	Zerstörungsfreie Prüfung - Dichtheitsprüfung - Prüfgasverfahren
DIN EN 1593	Zerstörungsfreie Prüfung - Dichtheitsprüfung - Blasenprüfverfahren
DIN EN 13184	Zerstörungsfreie Prüfung - Dichtheitsprüfung - Druckänderungsverfahren

2 Unterteilung der Vakuumbereiche

Prüfpflichtige Vakuumkomponenten werden in verschiedene Vakuumbereiche unterteilt. Diese Vakuumbereiche geben die finalen Enddrücke der bestückten Rezipienten an, in welchen die Bauteile verbaut werden. Die Unterteilung der Druckbereiche $<1\text{bar}$ befindet sich in Tabelle 2.

Tabelle 2: Vakuumbereiche

Vakuumbereich	Kurzbezeichnung	Druckbereich in mbar
Grobvakuum	GV	$>1 \cdot 10^{-2}$
Feinvakuum	FV	$<1 \cdot 10^{-2}$ $>1 \cdot 10^{-4}$
Hochvakuum	HV1	$<1 \cdot 10^{-4}$ $>1 \cdot 10^{-6}$
	HV2	$<1 \cdot 10^{-6}$ $>1 \cdot 10^{-7}$
	HV3	$<1 \cdot 10^{-7}$ $>1 \cdot 10^{-8}$
Ultrahochvakuum	UHV	$<1 \cdot 10^{-8}$

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	07-2025			

3 Dichtheitsprüfung

In diesem Abschnitt werden die zulässigen Leckraten für Vakuumkomponenten definiert und welche Prüfverfahren für die Ermittlung dieser eingesetzt werden können.

3.1 Vakuumprüfverfahren

Die in Tabelle 3 genannten Vakuumprüfverfahren nach DIN EN 1779 werden hier näher erläutert. Die Verwendung eines anderen Prüfverfahrens kann nur in Absprache erfolgen. Die Verwendung der lokalisierenden Verfahren sind für eine Endabnahme nicht geeignet, sondern müssen in Zusammenhang mit einem quantifizierenden Verfahren erfolgen.

Die quantitative Aufnahme einer Leckrate muss protokolliert werden. Protokollbeispiele befinden sich in den Anhängen B und C.

Tabelle 3: Vakuumprüfverfahren

Bezeichnung	Kurz- bezeichnung nach DIN EN 1779	Minimale messbare Leckrate in $\text{mbar}\cdot\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$	Art des Verfahrens	Entsprechende Norm
He-Integral- Dichtheitsprüfung* <i>Norm: Vakuumverfahren (Integral)</i>	A1	$1\cdot 10^{-9}$	quantifizierend	DIN EN ISO 20485
He-Einzel- Dichtheitsprüfung <i>Norm: Vakuumverfahren (Lokal)</i>	A3	$1\cdot 10^{-9}$	lokalisierend	DIN EN ISO 20485
Schnüffelpprüfung	B4	$1\cdot 10^{-6}$	lokalisierend	DIN EN ISO 20485
Blasennachweisprüfung (Auftragen von Flüssigkeit)	C2	$1\cdot 10^{-3}$	lokalisierend	DIN EN 1593
Druckanstiegsprüfung**	D2	$1\cdot 10^{-4}$	quantifizierend	DIN EN 13184

* Für diese Verfahren wird in der Regel ein Startdruck von $\leq 1\cdot 10^{-2}$ mbar benötigt. Dies ist jedoch abhängig vom Arbeitsbereich des angewendeten Lecksuchers.

** Beim Verfahren D2 wird die Gesamtleckrate zuzüglich der Ausgasung gemessen. Bei der Anwendung dieses Verfahrens ist es notwendig, dass der charakteristische Knickpunkt (pivot point) abgewartet wird, ab dem die Ausgasung einen geringeren Einfluss hat als die Leckrate. Nähere Informationen finden sich in Anhang B.

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	07-2025			

3.2 Pumpstände

Um die Sauberkeit unserer Anlagen zu gewährleisten, dürfen ab dem HV2 Bereich nur ölfreie Pumpen und Lecksucher verwendet werden. Dies ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: zulässige Pumpstände

Vakuumbereich	Ölfreie Pumpen	Ölgeschmierte Pumpen
GV	X	X
FV	X	X
HV1	X	X
HV2	X	
HV3	X	
UHV	X	

Des Weiteren gilt, dass für die Anwendung der Druckanstiegsprüfung ein Pumpstand mit ausreichend niedrigem Prüfstartdruck benötigt wird, um eine belastbare Messung zu erzeugen. Nähere Hinweise finden sich in den nachfolgenden Kapiteln.

3.3 Dichtheitsprüfung von Rezipienten

In höheren Druckbereichen bis HV1 kann entweder eine Druckanstiegsprüfung (D2) in Kombination mit einer Messung der He-Einzel-Leckraten nach der Helium-Einzel-Dichtheitsprüfung (A3) oder eine integrale Messung der He-Gesamt-Leckrate nach der He-Integral-Dichtheitsprüfung (A1) durchgeführt werden.

In den Druckbereichen HV2, HV3 und UHV ist lediglich eine Messung der Leckrate nach der He-Integral-Dichtheitsprüfung (A1) zulässig. Dies ist in Tabelle 5 tabellarisch dargestellt.

Tabelle 5: Anwendbare Verfahren

Vakuumbereich	Druckanstiegsprüfung D2 in Verbindung mit He-Einzel-Dichtheitsprüfung A3	He-Integral-Dichtheitsprüfung A1
HV1	X	X
HV2		X
HV3		X
UHV		X

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe				
	Geprüft: Merz	07-2025				

3.3.1 Druckanstiegsprüfung (D2)

Eine genauere Beschreibung des Messverfahrens, der Auswertung und ein Beispiel für ein Protokoll befindet sich in Anhang B.

Für eine Aussage über die Ausgasung und damit der Reinheit des Rezipienten müssen zwei Prüfungen durchgeführt werden. Die Differenz der Messwerte zwischen einer Prüfung mit und einer ohne Kühlfalle ist ein Maß für die Ausgasung. In Tabelle 6 finden sich die Prüfstartdrücke, sowie die maximal zulässigen Leckraten.

Tabelle 6: Grenzwerte für die Druckanstiegsprüfung (D2)

Vakuumbereich	Ohne Kühlfalle		Mit Kühlfalle	
	Maximaler Prüfstartdruck in mbar	Maximale Leckrate in mbar·l·s ⁻¹	Maximaler Prüfstartdruck in mbar	Maximale Leckrate in mbar·l·s ⁻¹
HV1	5·10 ⁻³	5·10 ⁻³	5·10 ⁻⁴	5·10 ⁻⁴

3.3.2 He-Integral-Dichtheitsprüfung (A1)

Die He-Integral-Dichtheitsprüfung (A1) misst die Summe aller Leckagen. Relevant ist der gemessene Maximalwert der Heliumleckrate im Prüfzeitraum. Ein Beispiel für ein Protokoll befindet sich in Anhang C.

Die Grenzwerte für die verschiedenen Vakuumbereiche finden sich in Tabelle 7.

Tabelle 7: Grenzwerte für die He-Integral-Dichtheitsprüfung

Vakuumbereich	Maximale integrale He-Leckrate nach der He-Integral-Dichtheitsprüfung (A1) in mbar·l·s ⁻¹
HV1	1·10 ⁻⁴
HV2	1·10 ⁻⁵
HV3	1·10 ⁻⁶
UHV	1·10 ⁻⁷

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	07-2025			

	Prüfverfahren Vakuumprüfverfahren und Leckraten Angaben in Zeichnungen u. Bestellungen	LHH-N 000.320 Seite 5 v. 11
---	--	--

3.4 Dichtheitsprüfung von Baugruppen, Einzelteilen und mechanischen Durchführungen

Für Baugruppen, Einzelteile und mechanische Durchführungen, die eine Vakuumdichtheit aufweisen müssen, stehen eine größere Anzahl an Prüfverfahren zur Verfügung als bei der Prüfung für Rezipienten. In Tabelle 8 befindet sich eine Aufschlüsselung der zulässigen Verfahren.

Hierbei ist zu beachten, dass lediglich die He-Integral-Dichtheitsprüfung (A1) und die Druckanstiegsprüfung (D2) als quantifizierende Verfahren zu verwenden sind. Die He-Einzel-Dichtheitsprüfung (A3), die Schnüffelpprüfung (B4) und die Blasennachweisprüfung (C2) sind nur für die Lokalisierung eines Lecks zulässig.

Tabelle 8: Zulässige Verfahren für die Prüfung

Vakuum-bereich	Quantifizierend		Lokalisierend		
	He-Integral-Dichtheitsprüfung A1	Druckanstiegsprüfung D2	He-Einzel-Dichtheitsprüfung A3	Schnüffelprüfung B4	Blasennachweisprüfung (Auftragen von Flüssigkeit) C2
GV	X	X	X	X	X
FV	X	X	X	X	X
HV1	X	X	X	X	
HV2	X		X	X	
HV3	X		X	(X)*	
UHV	X		X	(X)*	

* Ergebnisqualität ist abhängig von der Erfahrung des Prüfers; Spezielle Qualifikation erforderlich

In höheren Druckbereichen bis HV1 kann entweder eine Druckanstiegsprüfung (D2) in Kombination mit einer Messung der He-Einzel-Leckraten nach der He-Einzel-Dichtheitsprüfung (A3) oder eine integrale Messung der He-Gesamt-Leckrate nach der He-Integral-Dichtheitsprüfung (A1) durchgeführt werden. In den Druckbereichen HV2, HV3 und UHV ist lediglich eine Messung der Leckrate nach der He-Integral-Dichtheitsprüfung (A1) zulässig.

Bei der Dichtheitsprüfung von mechanischen Durchführungen ist wichtig, dass diese in ihrem Betriebszustand (in Bewegung) getestet werden.

3.4.1 Druckanstiegsprüfung (D2)

Eine genauere Beschreibung des Messverfahrens und der Auswertung befindet sich in Anhang B. In Tabelle 9 finden sich die Prüfstartdrücke, sowie die maximal zulässigen Leckraten.

Tabelle 9: Grenzwerte für die Druckanstiegsprüfung

Vakuumbereich	Maximaler Prüfstartdruck in mbar	Maximale Leckrate in mbar·l·s ⁻¹
GV	1	1
FV	5·10 ⁻¹	5·10 ⁻¹
HV1	5·10 ⁻³	5·10 ⁻³

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	07-2025			

3.4.2 He-Integral-Dichtheitsprüfung (A1)

Die He-Integral-Dichtheitsprüfung (A1) misst die Summe aller Leckagen. Relevant ist der gemessene Maximalwert der Heliumleckrate im Prüfzeitraum. Ein Beispiel für ein Protokoll befindet sich in Anhang C.

Die Grenzwerte für die verschiedenen Vakuumbereiche finden sich in Tabelle 10.

Tabelle 10: Grenzwerte für die He-Integral-Dichtheitsprüfung

Vakuumbereich	Maximale integrale He-Leckrate nach A1 in mbar·l·s ⁻¹
GV	$1 \cdot 10^{-1}$
FV	$1 \cdot 10^{-2}$
HV1	$1 \cdot 10^{-4}$
HV2	$1 \cdot 10^{-5}$
HV3	$1 \cdot 10^{-6}$
UHV	$1 \cdot 10^{-7}$

4 Angabe in Zeichnungen

In Zeichnungen wird die Leckrate nicht als Wert, sondern indirekt über den Vakuumbereich angegeben.

Aus der Art des Bauteils (Rezipient, Einzelteil, Bauruppe, Durchführung) ergeben sich die zulässigen Prüfverfahren und Grenzwerte.

Beispiel: maximale He-Integral-Leckrate eines Rezipienten für einen finalen Enddruck von $5 \cdot 10^{-7}$ mbar (Hochvakuumbereich HV2): $1 \cdot 10^{-5}$ mbar·l·s⁻¹

Angabe: **HV2-dicht nach LHH-N 000.320**

Die Angabe ist in der Nähe des Schriftfeldes anzuordnen.

5 Bestellungen an Lieferanten

In Bestellungen, zu denen keine BLOA-Zeichnung gehört, wird ebenfalls der Vakuumbereich angegeben.

Beispiel: maximale He-Integral-Leckrate eines Druckmessaufnehmers für den Einsatz im Feinvakuumbereich (FV): $1 \cdot 10^{-2}$ mbar·l·s⁻¹

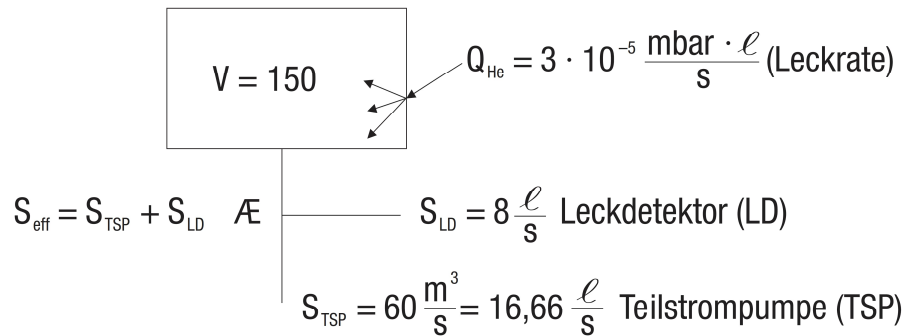
Angabe: **FV-dicht nach LHH-N 000.320**

Die Angabe ist in die Bestellspezifikation (Windchill Description) einzugliedern.

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe				
	Geprüft: Merz	07-2025				

Anhang A

Teilstromprinzip (Beispiel)



A) Signalthöhe:

Aufteilung des Gasdurchflusses (auch des Testgases!)
entsprechend der effektiven Saugvermögen am
Teilstrom-V erzweigungspunkt

Gesamt-Saugvermögen: $S_{\text{eff}} = S_{\text{LD}} + S_{\text{TSP}} = 8 + 16,66 = 24,66 \frac{\ell}{\text{s}}$

γ ... Teilstromverhältnis

Signal zum Leckdetektor: $3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mbar} \cdot \ell}{\text{s}} \cdot \frac{8 \frac{\ell}{\text{s}}}{(8 + 16,66) \frac{\ell}{\text{s}}} = 9,73 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mbar} \cdot \ell}{\text{s}}$

Signal zur Teilstrompumpe: $3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mbar} \cdot \ell}{\text{s}} \cdot \frac{16,66 \frac{\ell}{\text{s}}}{(8 + 16,66) \frac{\ell}{\text{s}}} = 2,02 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mbar} \cdot \ell}{\text{s}}$

Kontrolle: Gesamt-Signal $Q_{He} = Q_{LD} + Q_{TSP} = 3,00 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mbar} \cdot \ell}{\text{s}}$

Teilstromverhältnis = Bruchteil des Gesamtstromes zum Leckdetektor

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= \frac{Q_{LD}}{Q_{He}} = \frac{Q_{LD}}{Q_{LD} + Q_{TSP}} = \frac{1}{1 + \frac{Q_{TSP}}{Q_{LD}}} \\ \text{oder } \gamma &= \frac{S_{LD}}{S_{LD} + S_{TSP}} = \frac{1}{1 + \frac{S_{TSP}}{S_{LD}}} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} Q_{LD} &= \gamma \cdot Q_{He} \\ \text{Anzeige} & \quad \text{Leckrate} \end{aligned}$$

B) Ansprechzeit: $t_{95\%} = 3 \cdot \frac{V}{S_{\text{eff}}} = 3 \cdot \frac{150 \ell}{24,66 \frac{\ell}{\text{s}}} = 18,25 \text{ s}$

Abschätzung: Werte für S, V und γ unsicher → genau: kalibrieren mit Testleck

Abbildung 1: "Abb. 9.15 Teilstromprinzip" (W. Umrath, Grundlagen der Vakuumtechnik; Köln; 2016 (S.157))

Normung	Bearbeitet: Justus		Ausgabe			
	Geprüft: Merz		07-2025			

	Prüfverfahren Vakuumprüfverfahren und Leckraten Angaben in Zeichnungen u. Bestellungen	LHH-N 000.320 Seite 8 v. 11
---	--	--

Anhang B

Die Druckanstiegsprüfung nach DIN EN 13184 benötigt einige Zusatzinformationen, um richtig durchgeführt zu werden. Im Folgenden werden die Messung und die Auswertung näher beschrieben, um eine richtige Messung der Leckrate zu garantieren. Die Druckanstiegsprüfung misst die Gesamtleckrate inklusive der Ausgasung (s. Abbildung 2). Betrachtet man die Kurve 3, so lässt sich der Druckanstieg bei linearer Auftragung von Druck über Zeit in zwei Bereiche unterteilen, welche über einen charakteristischen Knick (pivot point) verbunden sind. Der erste Bereich ist eine Kombination aus Ausgasung und Leckrate, welche bis zum Knick quasi-linear ansteigt. Der Knick signalisiert den Druck, ab welchem die Ausgasung einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Druckanstieg hat. Somit beschreibt der zweite Bereich einen Druckanstieg, der durch Leckagen dominiert wird.

Die Messung darf erst erfolgen, wenn ein Stillstand der Pumpen oder eine Trennung der Pumpen vom Volumen erfolgt ist. Dies ist besonders wichtig beim Einsatz von Turbomolekularpumpen. Je niedriger der Druckbereich der Messung ist und je niedriger der Druck des Knickpunktes, desto niedrigere Leckraten lassen sich durch die Druckanstiegsprüfung messen.

Um die Ausgasung zu reduzieren, kann das Prüfvolumen vorher durch langes Abpumpen und gegebenenfalls Ausheizen konditioniert werden. Die Parameter dieser Konditionierung werden in der Prüfanweisung näher spezifiziert. Eine weitere Möglichkeit der Konditionierung ist die Verwendung einer Kühlfalle, welche die Ausgasung durch Festsetzung reduziert.

Für die Messung eines unkonditionierten Rezipienten wird immer eine Druckanstiegsmessung mit und eine ohne Kühlfalle gefordert, da durch die Differenz der beiden Messungen eine Aussage über die Ausgasung des Rezipienten getroffen werden kann.

Für die Berechnung der Leckrate wird ein Startpunkt im zweiten quasi-linearen Bereich gewählt und eine Verdopplung des Drucks oder mindestens 30 Minuten abgewartet. Anschließend ergibt sich die Leckrate Q aus dem Quotienten der Druckdifferenz Δp und der Zeitdifferenz Δt multipliziert mit dem Prüfvolumen V :

$$Q = \frac{\Delta p}{\Delta t} \times V$$

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe				
	Geprüft: Merz	07-2025				

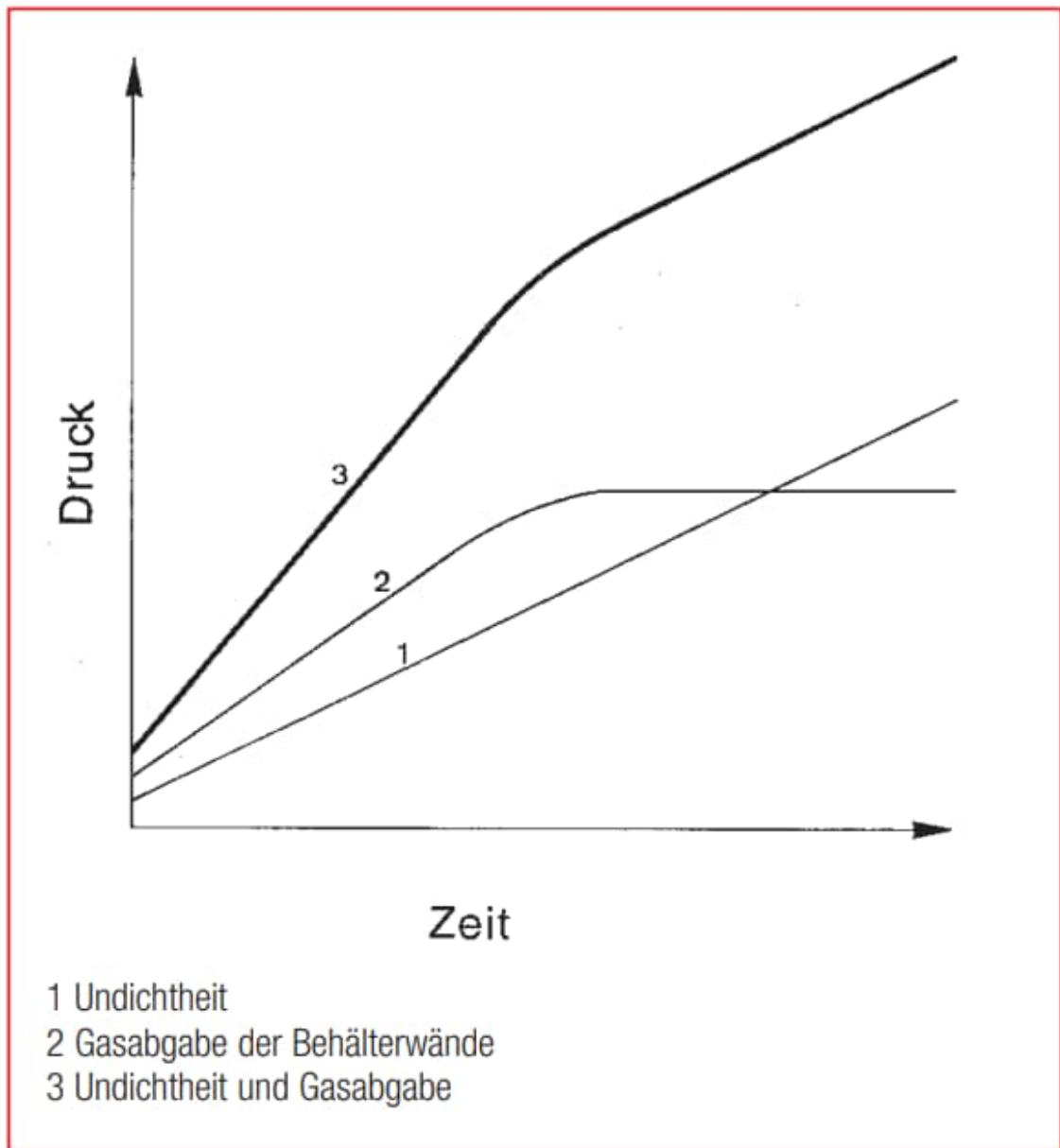


Abbildung 2: "Abb. 9.5 Druckanstieg in einem Behälter nach Abschalten der Pumpe"
(W. Umrath, Grundlagen der Vakuumtechnik; Köln; 2016 (S.148))

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	07-2025			

Pressure Rise Test					
Machine details:					
Plant:					
Plant No.:		Customer			
Drawing No.:		Order No.:			
Comments:		Material:			
Test Data:					
Test Location:		Relative Humidity:			
Tester:		Temperature:			
Date:					
Vacuum Measuring Equipment Details					
Pump station (all stages):		Measuring Device:			
Target End pressure:		Gauge Type:			
Actual End pressure:					
Pressure Rise Test:					
Volume (V):		Target pumping time:			
		Actual pumping time:			
Test with room temperature (total):			Test with cold trap < -140° C (partial):		
	pressure in mbar	time in s		pressure in mbar	time in s
start		0	start		0
pivot point			pivot point		
double pressure or 1800s			double pressure or 1800s		
leakrate		mbar·l/s	leakrate		mbar·l/s
Test Result:					
Protocol Creator:			Date / Place:		

He-Integral-Leak Test			
Machine details:			
Plant:			
Plant No.:		Customer	
Drawing No.:		Order No.:	
Comments:		Material:	
Test Data:			
Test Location:		Relative Humidity:	%
Tester:		Temperature:	°C
Date:		Helium purity:	
Vacuum Measuring Equipment Details			
Dry Pump station:		Measuring Device:	
Target Start pressure:	< 1x10 ⁻² mbar	Gauge Type:	
Actual Start pressure:	mbar	Test Leak Target:	≤1x10 ⁻⁶ mbar·l/s
Leak Detector:		Test Leak Actual:	mbar·l/s
Expiration date:		Test leak SN:	
Detection Sensitivity of the Leak Detection Measuring System (qHe) in mbar·l/s:		Target Response Time:	
Target: ≤1x10 ⁻⁸ Actual:		<60 s	
		Actual Response Time:	
		s	
He Leak Check:			
Target Leak Rate(qHe) :	mbar·l/s (hPa·l/s)	Target Time:	600 - 900 s
Actual Leak Rate(qHe) :	mbar·l/s (hPa·l/s)	Actual Time:	s
Test Result:			
Protocol Creator:		Date / Place:	