

1 Anwendungsbereiche und Zwecke

Diese Norm gilt für die in der Norm LHH-N 120.001 definierten Vakuumbauteile. Sie dient der Erzielung und Erhaltung einer vakuumtauglichen Oberflächenbeschaffenheit, im Besonderen der Oberflächensauberkeit.

Die Norm enthält Festlegungen für die Konstruktion, die Fertigung, die Verpackung, den Transport, die Prüfung und die Montage oben genannter Teile.

2 Reinigungsabläufe

Je nach Einsatz der Vakuumbauteile in den verschiedenen Vakuumbereichen (Festlegung entsprechend Norm LHH-N 000.320) sind unterschiedliche Reinigungsabläufe notwendig. In Tabelle 1 sind diese in Abhängigkeit vom Werkstoff und der Oberflächenbehandlung "Strahlen" festgelegt. Die Unterschiede bzgl. des Werkstoffs ergeben sich in erster Linie durch die Korrosionsbeständigkeit gegenüber einem finalen Spülen mit Wasser nach dem Strahlen (Gefahr der Rost-Bildung). Die einzelnen Schritte des Reinigungsablaufs (Reinigungsverfahren) werden im nachfolgenden Kapitel 3 erklärt.

Tabelle 1: Reinigungsabläufe in Abhängigkeit von Vakuumbereich usw.

Vakuumbereich nach LHH-N 000.320	Werkstoff	Inkl. Strahlen	Ohne Strahlen
GV / FV	Alle Werkstoffe	Entfetten Spülen SW Trocknen Strahlen	Entfetten Spülen SW Trocknen
HV1	Stahl, ferritisch	Entfetten Spülen SW Trocknen Strahlen	Entfetten Spülen SW Trocknen
	Übrige, korrosions- beständige Werkstoffe	Entfetten Spülen SW Trocknen Strahlen Spülen SW Trocknen	

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	11-2025			

HV2	Nur Korrosions- beständige Werkstoffe	Entfetten Spülen SW Trocknen Strahlen Spülen SW Spülen DIW Trocknen Wischtest ²⁾	Entfetten Spülen SW Spülen DIW Trocknen Wischtest ²⁾
HV3	Nur Korrosions- beständige Werkstoffe	Entfetten Spülen SW Trocknen Reinigungsheizen ¹⁾ Strahlen Spülen SW Spülen DIW Trocknen Wischtest ²⁾ Reinigungsheizen	Entfetten Spülen SW Spülen DIW Trocknen Wischtest ²⁾ Reinigungsheizen
UHV			

- 1) Optional, wenn es zur Beseitigung fertigungsbedingter Verunreinigungen notwendig ist
- 2) Wischtest mit weißem, fusselfreiem Tuch (Ethanol getränkt), Bohrungen und Gewinde mit fusselfreien Reinigungsstäbchen (Ethanol getränkt). Alternativ zum Stäbchen können die Bohrungen mit Ethanol gefüllt werden und gegen ein weißes, fusselfreies Tuch ausgeblasen werden. Auf dem Tuch und dem Reinigungsstäbchen dürfen keine Rückstände zu sehen sein.

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe				
	Geprüft: Merz	11-2025				

3 Reinigungsverfahren

Die gemäß dieser Norm durchgeführten Reinigungsfolgen beginnen nach der Bauteilfertigung und den notwendigen Kontrollen.

3.1 Strahlen

Es handelt sich je nach gewünschtem Effekt um ein Reinigungs-, Verfestigungs- oder Raustrahlen.

Siehe hierzu LHH-N 120.030.

Nach dem Strahlen muss die Oberfläche mit ölfreier Druckluft¹ entstaubt werden.

3.2 Wässrige Reinigungsverfahren

Die wässrige Reinigung dient der Vorreinigung, also dem Entfernen makro- und mikroskopischer Verunreinigungen. Es wird hierbei zwischen Entfetten und Spülen unterschieden.

3.2.1 Entfetten

Beim Entfetten der Oberflächen muss der Werkstoff der Bauteile für die Auswahl des Reinigers betrachtet werden. Tabelle 2 gibt hierfür eine Übersicht.

Tabelle 2: Reiniger für das Entfetten

Werkstoff-Typ	Reiniger
Nicht korrosionsbeständige Werkstoffe (z.B. Stahl)	Alkalischer Reiniger
Korrosionsbeständige Werkstoffe (z.B. CrNi-Stahl, Al, Al-Leg., Buntmetalle, Kunststoffe)	Saurer Reiniger
Gehärtete Bauteile (z.B. Zahnräder)	Gemisch aus isoparafinischen Kohlenwasserstoffen

¹ Druckluft nach ISO 8573-1:2010 [1:2:1]: Die Luft muss staubfrei (maximale Partikelgröße 0,1 mm bei einer maximalen Konzentration von 0,1 mg/m³), trocken (Wasser Maximaler Drucktaupunkt –40°C) und ölfrei (maximal 0,01 mg/m³) sein.

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	11-2025			

	Oberflächenbehandlung Oberflächenreinigung und Handhabung von Vakuumbauteilen	LHH-N 120.002 Seite 4 v. 9
---	--	---

Ist ein Bad vorhanden, so können die Bauteile in einem Reinigungsbad mittels Bürsten oder Ultraschall entfettet werden. Ab HV2 ist der Einsatz von Ultraschall in Reinigungsbädern verpflichtend.

Beim Einsatz von Reinigungsbädern ist eine regelmäßige Kontrolle und Reinigung dieser und eine Erneuerung der Reinigungsflüssigkeit notwendig, um eine Rückverschmutzung zu reduzieren. Die Frequenz der Bad-Aufbereitung hängt von der Auslastung des Bades und der Qualität der Vorreinigung ab. Stark verunreinigte Bauteile (Staub, Späne, grobe Rückstände usw.) sollten vor dem Reinigen im Bad durch ein Abspülen mit Leitungswasser von grober Verunreinigung befreit werden. Eine Kaskade von Reinigungsbädern kann das Reinigungsergebnis noch weiter verbessern.

Des Weiteren ist zu beachten, dass Ultraschall- Reinigungsgeräte/ -systeme von Verschleiß und damit abnehmender Reinigungsleistung betroffen sind und deshalb einer regelmäßigen Wartung zu unterziehen sind.

Ist kein Bad vorhanden, so werden die Oberflächen mittels Bürste und Schwamm gereinigt. Alternativ kann auch die Reinigung mittels Hochdruckreiniger erfolgen. Ab HV2 muss ein Hochdruckreiniger verwendet werden.

Dies ist in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Entfettungsverfahren

Vakuumbereiche	Reinigungsbad vorhanden	Reinigungsbad nicht vorhanden
GV-HV1	Reinigungsbad + Bürste Oder Ultraschallbad	Schwamm + Bürste Oder Hochdruckreiniger
HV2-UHV	Ultraschallbad	Hochdruckreiniger

Nach dem Entfetten ist es notwendig die Bauteile umgehend mit Stadtwasser zu spülen, um ein Antrocknen des Reinigers zu verhindern.

3.2.2 Spülen (SW / DIW)

Das Spülen eines Bauteils wird zur Entfernung von losen Verunreinigungen und Rückständen verwendet, welche durch die Reiniger oder das Strahlen des Bauteils entstehen. Das Spülen der Bauteile erfolgt in jedem Fall nach einer wässrigen Reinigung (Entfetten) und bei Bedarf auch davor. Je nach Definition in Tabelle 1 muss Stadtwasser (SW) – üblicherweise Leitungswasser - oder deionisiertes Wasser (DIW) verwendet werden. Für die finale Spülung mit deionisiertem Wasser ist eine Leitfähigkeit $\leq 10 \mu\text{S/cm}$ (gemäß ISO 3696/ASTM D1193 Vergleichsgrenzen) des Wassers einzuhalten. Diese Leitfähigkeit ist zu überwachen. Bei Überschreitung des Grenzwerts muss die Wasserqualität wieder hergestellt und der Spülprozess wiederholt werden (z.B. Patrone Wasseraufbereitung regenerieren/wechseln).

Das Spülen kann über Brausen, Hochdruckreiniger oder Dampfstrahler erfolgen. Ist ein Bad vorhanden, so kann auch in diesem gespült werden.

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	11-2025			

	Oberflächenbehandlung Oberflächenreinigung und Handhabung von Vakuumbauteilen	LHH-N 120.002 Seite 5 v. 9
---	---	----------------------------------

3.3 Trocknen

Für den Trocknungsprozess muss eine saubere Umgebung gewährleistet sein.

Bei der Trocknung muss ein trockener, öl- und staubfreier Luftstrom über die Bauteiloberfläche geführt werden. Dies kann entweder über Druckluft (Qualität siehe Kapitel 3.1) oder über Warm- oder Heißluft erfolgen. Das Trocknungsergebnis kann durch Wärmeunterstützung (z.B. Infrarotbestrahlung der Bauteiloberflächen), unter Beachtung der Temperaturbeständigkeit der Werkstoffe, verbessert bzw. beschleunigt werden.

Bohrungen, Gewinde und Hinterschnitte sind mit ölfreier Druckluft (Qualität siehe Kapitel 3.1) auszublasen.

Alternativ können die Bauteile auch in einem geeigneten Vakuumofen getrocknet werden.

3.4 Reinigungsheizen (Ausheizen)

Das Reinigungsheizen beseitigt flüchtige Rückstände auf molekularer Ebene, beispielsweise Kohlenwasserstoffe und Wasser. Dieser Schritt ist erst nach einer gründlichen wässrigen Vorreinigung und einer anschließenden Trocknung durchzuführen.

3.4.1 Reinigungsheizen für Bauteile im Vakuumofen

Für die Entfernung der oben genannten Verunreinigungen werden die Bauteile in einem Vakuumofen ausgeheizt. Die Parameter des Vakuumofens sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Die vom Bauteil gelösten Rückstände (Kohlenwasserstoffe etc.) werden sich auf Dauer auf den Ofenwänden und in der Vakuumpumpe absetzen. Deshalb ist eine regelmäßige Grundreinigung des Ofens notwendig.

Tabelle 4: Ausheizparameter für Bauteile im Vakuumofen

Parameter	Wert
Zugelassene Vakuumpumpen	Ölfreie Vakuumpumpen
Druck beim Ausheizen	$< 1 \cdot 10^{-5}$ mbar
Temperatur beim Ausheizen	Empfohlen wird eine Temperatur von 200-250°C. Bei temperaturempfindlichen Bauteilen mit maximal zulässiger Temperatur des Materials.
Haltezeit	>2h (250°C) >3h (200°C) >6h (150°C) >12h (100°C)

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	11-2025			

	Oberflächenbehandlung Oberflächenreinigung und Handhabung von Vakuumbauteilen	LHH-N 120.002 Seite 6 v. 9
---	---	----------------------------------

Die Bauteile müssen nach dem Reinigungsheizen unter Vakuum auf eine Temperatur von <60°C abgekühlt sein, bevor sie mit Luftsauerstoff/-feuchtigkeit in Berührung kommen. Muss der Vakuumofen vorher geflutet werden, so darf dies nur mit einem Inertgas (z.B. Stickstoff N5.0 oder besser) erfolgen und der Ofen muss bis zur Abkühlung unter 60°C geschlossen bleiben.

3.4.2 Reinigungsheizen für Rezipienten

Für das Reinigungsheizen der Innenoberflächen von Rezipienten gelten die in Tabelle 5 definierten Parameter. Statt den Rezipienten in einen Ofen zu setzen, wird der Rezipient selbst unter Vakuum gesetzt und seine Innenoberflächen möglichst homogen auf Temperatur gebracht (z.B. mit Hilfe von Heizmanschetten).

Die dafür notwendige Vakuumpumpe und Messgeräte müssen mit Ventilen angeschlossen werden, um ein unnötiges Fluten des Rezipienten nach dem Ausheizen zu vermeiden.

Tabelle 5: Ausheizparameter für Rezipienten

Parameter	Wert
Zugelassene Vakuumpumpen	Ölfreie Vakuumpumpen
Druck beim Ausheizen	$< 1 \cdot 10^{-5}$ mbar
Temperatur beim Ausheizen	80-150°C
Haltezeit (Orientierungswerte)	>6h (150°C) >12h (120°C) >24h (100°C) >48h (80°C)

Die Qualifizierung des Reinigungsergebnisses muss durch Restgasmassenspektrometrie erfolgen. Hierbei muss der Partialdruck für alle Massen größer 50 amu $< 1 \cdot 10^{-11}$ mbar ein.

Erfüllt der Rezipient die Spezifikation, so wird dieser unter Vakuum gehalten und vom Prüfequipment getrennt.

Sollte ein erneutes Fluten des Rezipienten notwendig sein, müssen die Rezipienten-Oberflächen auf eine Temperatur von <60°C abgekühlt sein bevor sie mit Luftsauerstoff/-feuchtigkeit in Berührung kommen. Kühlt der Rezipient nicht unter Vakuum aus, so darf dieser nur mit einem Inertgas (z.B. Stickstoff N5.0 oder besser) geflutet werden und muss bis zur Abkühlung unter 60°C geschlossen bleiben.

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	11-2025			

	Oberflächenbehandlung Oberflächenreinigung und Handhabung von Vakuumbauteilen	LHH-N 120.002 Seite 7 v. 9
---	---	---

4 Verpackung, Transport, Montage

In diesem Kapitel wird auf die Handhabung von Vakuumkomponenten nach der Reinigung eingegangen. Die Vorgehensweisen unterscheiden sich je nach Vakuumbereich, was im Folgenden näher erläutert wird.

Für den Transport sind Bauteile und Rezipienten so herzurichten, dass sie einschließlich ihrer Verpackung vor Beschädigungen geschützt sind. Je nach Transportverfahren ist auch ein zusätzlicher Schutz vor Verschmutzungen notwendig (z.B. LKW-Transport auf offener Ladefläche o.ä.).

Alle Verpackungen sind mit einem Label zu versehen, welches den Vakuumbereich und das Verpackungsdatum angibt.

4.1 Handhabung von GV-, FV- und HV1-Komponenten

Nach der Reinigung sind die Bauteile in PE-Folie oder gleichwertigen Materialien staubgeschützt zu verpacken. Dichtflächen müssen vor Beschädigungen und Kratzern geschützt werden. Es wird empfohlen die Teile nur noch mit Handschuhen anzufassen, um eine Wieder-Verschmutzung zu verhindern.

Rezipienten sind nach Möglichkeit mit Blindflanschen zu verschließen und unter Vakuum anzuliefern.

4.2 Handhabung von HV2, HV3 und UHV-Komponenten

Komponenten für die Vakuumbereiche HV2, HV3 und UHV erfordern besondere Sorgfalt in der Handhabung, um eine Wieder-Verschmutzung zu verhindern. Diese werden im Folgenden detailliert erläutert.

4.2.1 Verpackung

HV2-, HV3- und UHV-Gereinigte Bauteile dürfen nach dem Reinigungsvorgang nur noch mit abdruck- und puderfreien Handschuhen (sauber und frei von Fett) angefasst werden.

Für die Verpackung von Komponenten wird spezielle PE-Folie verwendet, welche reinraumgeeignet und frei von Trenn- und Slipmitteln sein muss (zum Beispiel LDPE-Reinraumfolie). Die Folie darf nicht wiederverwendet werden und muss eine Stärke von mindestens 0,1mm aufweisen. Dichtflächen müssen vor Beschädigungen und Kratzern geschützt werden.

Die Komponenten sind ggf. abzukühlen und doppelt in die oben genannte Folie mit frischem Trockenmittel zu verpacken. Hierbei muss die innere Folie evakuiert werden.

Rezipienten in diesen Vakuumbereichen sind mit Blindflanschen zu verschließen und unter Vakuum anzuliefern. Für das Blindflanschen sind als Dichtungsmaterial nur Viton oder metallische Dichtungen zulässig. Hierbei ist der nachfolgende Punkt 4.2.2 Montage zu beachten.

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	11-2025			

	Oberflächenbehandlung Oberflächenreinigung und Handhabung von Vakuumbauteilen	LHH-N 120.002 Seite 8 v. 9
---	---	---

4.2.2 Montage

Ziel einer vakuumgerechten Montage von Baugruppen / Bauteilen / Rezipienten ist es, ausgasungsarme Oberflächen zu erreichen und Dichtstellen so zu montieren, dass sie einer Vakuum-Dichtheitsprüfung standhalten. Hierfür sind folgende Voraussetzungen entscheidend:

Es ist generell auf einen sehr sauberen Arbeitsplatz für die Montagearbeiten zu achten. Hierzu ist insbesondere die Einhaltung folgender Punkte erforderlich:

- Der Oberfläche des Arbeitsplatzes und der Bereitstellungsflächen darf nicht aus saugfähigen oder partikelgenerierenden Materialien (z.B. Holz) bestehen.
- Die Arbeitsfläche muss trocken und frei von Öl, Fett und anderen Schmiermittelrückständen sein.
- Sie ist vor dem Montagebeginn zusätzlich nochmals zu reinigen (z.B. mit Isopropanol oder vergleichbaren Reinigungsmitteln).
- In der unmittelbaren Umgebung des Arbeitsplatzes dürfen keine Arbeiten durchgeführt werden, die Verschmutzungen generieren (z.B. Schleifarbeiten, Schweißen, Reinigungs- oder Lackierarbeiten) oder die Luft verunreinigen (z.B. Sprühen mit geölter Druckluft oder ölhaltigen Mitteln).
- Bei Arbeitspausen sind die auf dem Platz befindlichen Bauteile gegen Verunreinigung zu schützen (z.B. Abdecken mit Folie).

Um eine vakuumgerechte Montage von Baugruppen / Bauteilen / Rezipienten zu gewährleisten sind insbesondere folgende Punkte einzuhalten:

- Die angelieferten HV2-, HV3- und UHV-Gereinigten Bauteile dürfen erst kurz bevor sie für die Montage benötigt werden, aus ihrer Verpackung (Folie) entnommen werden.
- Alle Bauteile dürfen generell nur mit Handschuhen angefasst werden, um sie vor Verunreinigung durch Fingerabdrücke zu schützen. Hierfür sind ausschließlich abdruck- und puderfreie Handschuhe (sauber und frei von Fett) zu verwenden.
- Dichtflächen von Bauteilen – dazu zählt auch der Nut-Grund einer O-Ring-Nut - sind unmittelbar vor der Montage auf Verunreinigung und Kratzer quer zum Dichtungsverlauf zu prüfen. Kleine Kratzer müssen gegebenenfalls nachgearbeitet werden (z.B. mit Scotch-Brite) und dadurch entstandene Verunreinigungen entfernt werden (z.B. mit Isopropanol oder vergleichbaren Reinigungsmitteln).

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	11-2025			

	Oberflächenbehandlung Oberflächenreinigung und Handhabung von Vakuumbauteilen	LHH-N 120.002 Seite 9 v. 9
---	---	----------------------------------

5 Angaben in Zeichnungen

Zusätzlich zu den Angaben über Oberflächenrauheit und Leckrate ist gemäß vorliegender Norm die Oberflächensauberkeit in die Zeichnung in Form eines Reinigungshinweises aufzunehmen. Dabei ist der jeweilige Einsatz-Vakuumbereich anzugeben und Bezug auf die vorliegende Norm zu nehmen. Ausheizungen und Strahlbehandlung sind zusätzlich anzuziehen, falls die Arbeitsfolgen erforderlich sind.

Beispiel 1: Reinigung eines Vakuumbauteiles aus Stahl für den Einsatz im HV1-Bereich

Angabe: **HV1-gereinigt LHH-N 120.002**

Beispiel 2: Reinigung eines Vakuumbauteiles aus CrNi-Stahl für den Einsatz im HV3-Bereich mit zusätzlicher Strahlbehandlung zum Verfestigen der Oberfläche

Angabe: **HV3-gereinigt LHH-N 120.002**


Verfestigungsgestrahlt LHH-N120.030
Rz35
Rz15

Die Angaben sind in der Nähe des Schriftfeldes vorzunehmen.

6 Verweise auf andere Normen

LHH-N 000.320	Vakuumprüfverfahren und Leckraten
LHH-N 120.001	Begriffe und Eigenschaften von Vakuumbauteilen
LHH-N 120.030	Strahlen

Normung	Bearbeitet: Justus	Ausgabe			
	Geprüft: Merz	11-2025			