

Dichtheit im Containment auch bei eingebrachter Elektroinstallation sicherstellen

Dipl. Wirt.-Ing. Stefan Born • Kaiser GmbH & Co. KG, Schalksmühle

Korrespondenz: Stefan Born, Kaiser GmbH & Co. KG, Ramsloh 4, 58579 Schalksmühle; **E-Mail:** Stefan.Born@kaiser-elektro.de



Zur Verwendung mit freundlicher Genehmigung des Verlages / For use with permission of the publisher

► Zusammenfassung

Dieser Fachbeitrag erläutert die fachgerechte Planung und Ausführung der Elektroinstallation in Reinraumwänden eines funktionierenden Containments.

Einleitung

Der Dichtheit des Containments wird in Reinräumen eine besondere Bedeutung zuteil. Nur das Zusammenspiel zwischen der Raumbegrenzungsfläche und den fachgerecht ausgeführten Durchdringungen sowie der Elektroinstallation führt zur geplanten Dichtheitsklasse im Containment. Die Übertragung luftgetragener Partikel, Viren oder Gase ist hierbei auf ein Minimum zu reduzieren.

Der Beitrag „Alles Dicht im Containment? Elektroinstallationen im Reinraum müssen auf Dichtheit überprüft werden“ in der Ausgabe 01/2022 von *cleanroom & processes* [1] und vorausgegangene Messungen und Erfahrungsberichte von Betreibern waren Auslöser für die Entwicklung sowie die Nachweisführung der Dichtheit von Durchdringungen und der Elektroinstallation im Containment.

Zu diesem Zweck haben die Unternehmen Kaiser, Knauf und RKD auf Grundlage der VDI 2083 Blatt 19 [2] die Auswirkungen der Elektroinstallation mit Kaiser Geräte-Verbindungs-dosen Reinraum und RKD Mediendurchführungen SECOFLEX

NT-ATEX in der Knauf Reinraumwand AQUAPANEL Cement Board Indoor L.E.F untersucht, um die Eignung der Wand und der installierten Produkte gemäß der Dichtheitsklasse nach VDI 2083 Blatt 19 des Vereins Deutscher Ingenieure e. V. (VDI) [2] unter Beweis zu stellen.

Gestützt auf die VDI-Richtlinie und die Expertise des Steinbeis-Transferzentrums STZ EURO, Offenburg, wurden umfangreiche Untersuchungen in der Reinraumwand ohne Einbauten und mit Durchdringungen und Einbauten für die Elektroinstallation vorgenommen.

Wie schon dem vorgenannten Beitrag zu entnehmen ist, sind es gerade Reinräume im medizinischen Umfeld bzw. in hygienischen Bereichen, der medizinischen Forschung, Laboren, Bereichen der Biowissenschaften, der Produktion von Lebensmitteln, Arzneimitteln, Halbleiterfertigung, der Optikindustrie und weiteren Bereichen, in denen nicht nur die gesetzlichen, technischen und nutzungsbedingten Anforderungen berücksichtigt werden müssen, sondern v. a. der Dichtheit des Containments eine große Bedeutung zuzuschreiben ist. Hier kommt es darauf an, die Konzentra-

► Key Words

- Elektroinstallation Reinraum
- Elektroinstallation Containment
- Reinraumdose
- Geräte-Verbindungs-dose Reinraum
- Durchführungen Containment
- Dichtheit

tion in der Luft getragener Partikel so gering zu halten, dass ein herzustellendes Produkt oder ein Prozess vor den Umweltbedingungen oder der Mensch vor diesen geschützt ist.

► Autor



Dipl. Wirt.-Ing. Stefan Born

Dipl. Wirt.-Ing. Stefan Born arbeitet bei der Kaiser GmbH & Co. KG im strategischen Produktmanagement. Zudem ist er Mitglied in verschiedenen elektrotechnischen Fachausschüssen und im DIN-NABau „Elektrische Anlagen in Wohngebäuden“. Dort sind u. a. die normativen Grundlagen für die luftdichte und wärmebrückenfreie Elektroinstallation (DIN 18015-5) definiert. Da diese jedoch nur bedingt für die Reinrauminstallation herangeführt werden können, wurde zusammen mit dem STZ EURO ein Beurteilungsverfahren zur Reinraumeignung von Elektroinstallationsprodukten erarbeitet.



Abbildung 1: Bewertung der Geräte-Verbindungsdose für den Reinraum nach VDI 2083 Blatt 19 [1] (Quelle: Kaiser).

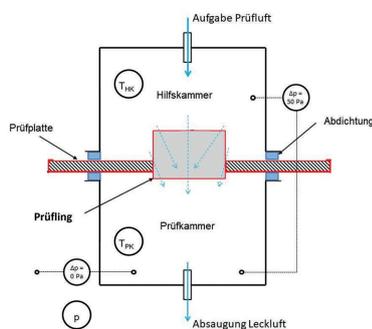
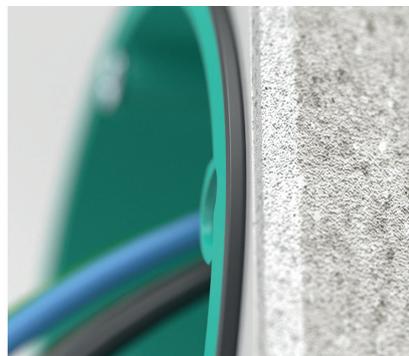


Abbildung 2: Aufbau Prüfstand für Reinraumprüfungen nach VDI 2083 Blatt 19 (Quelle: Kaiser, STZ EURO).



Dauer – insbesondere nicht bei mechanischen Beanspruchungen (z. B. das Auslösen eines Steckers).

Infolgedessen waren – auch, um gemachte negative Erfahrungen nicht zu wiederholen oder eine Requalifizierung des Reinraum infrage zu stellen – Installationslösungen in Form von Elektroinstallationsdosen mit umlaufender Ummantelung in Verbindung mit einer Kabelverschraubung und Kompressionsdichtung entstanden, die für eine dauerhafte Abdichtung zwischen Installationsöffnung und Dosenumfang sorgt und gleichzeitig die dauerhaft dichte Leitungseinführung – auch bei Zugbeanspruchung – gewährleistet. Aus den Erkenntnissen der vorangegangenen Prüfungen sowie den Erfahrungen aus realisierten Projekten und der vorgenannten Lösung resultierte die Entwicklung einer Geräte-Verbindungsdose für den Reinraum (Abb. 1), die einen über Faktor 10 hinausgehenden kleineren Leckluft-Volumenstrom aufweist als luftdichte Elektroninstallationsprodukte nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) mit Nachweis in Form eines bestandenen Blower-Door-Tests [3].

Denn schließlich gilt es in Reinräumen sicherzustellen, dass die Konzentration in Luft getragener Partikel keine negativen Auswirkungen auf das herzustellende Produkt, den Prozess oder den Menschen hat.

Dichtheit im Containment

Die Dichtheit eines Containments ist in der Richtlinie VDI 2083 Blatt 19 [2] geregelt und klassifiziert. Zumeist wird im Containment mit Überdruck gearbeitet, in einigen Fällen auch mit Unterdruck. Die Richtlinie findet Anwendung in Containments mit entsprechenden Schutzzielen, so z. B. in Reinräumen mit Dekontaminationssystemen (z. B. H₂O₂), in Laboratorien im Allgemeinen oder sogar mit speziellen Anforderungen (z. B. jenen mit gefährlichen Krankheitserregern oder gentechnisch veränderten Organismen), in Reinräu-

Dabei ist ein unkontrollierter Luftaustausch über Durchdringungen nicht nur aus energetischer, sondern v. a. auch aus hygienischer Sicht zum Schutz vor Kontaminationen zu vermeiden. Auch Undichtheiten aus Fugenabdichtungen oder solche resultierend aus nicht verschlossenen Installationsöffnungen (wie die einer undicht ausgeführten Elektroinstallation) stellen Schwachstellen in Reinräumen dar. Bei ungünstigen Druckverhältnissen können Partikel und Keime in den Reinraum eindringen.

Zur Planung der Reinräume gehört neben der Gebäudeplanung bzw. der des Containments und der Raumbegrenzungsflächen auch die Planung der Anlagentechnik, die der Mediendurchführungen, der elektrischen Anlage und der Elektroinstallationsprodukte bis hin zur Planung der Reinraumausstattung selbst. Während die Begrenzungsfläche des Reinraums Bakterien- und Pilzbefall widerstehen muss, geht es

bei den Mediendurchführungen und den Durchführungen sowie Einbauten für die Elektroinstallation v. a. darum, mögliche Leckluft-Strömungen auf ein Minimum zu reduzieren.

Infolge der Veröffentlichung in cleanroom & processes 01/2022 und Erfahrungen aus Beanstandungen hinsichtlich der Dichtheit der Elektroinstallation bei bereits realisierten Projekten – u. a. in Form von Strömungsvisualisierungen, d. h. des Sichtbarmachens der Leckagen durch die Zugabe von Nebel – konnten Ursachen für Leckagen verdeutlicht werden. Diese lagen mitunter darin, dass die Leitungseinführung nicht dicht ausgeführt war (z. B. aufgrund mangelnder Abdichtung oder der Verwendung nicht für die Leitungseinführung geeigneter Öffnungen und mangelnder Leitungsrückhaltung) oder in Undichtheiten zwischen Dosenumfang und Installationsöffnung. Selbst wenn in Einzelfällen eine Abdichtung z. B. mit Silikon erfolgte, ist diese nicht von

Tabelle 1

Raumarten und ihre Dichtheitsklassen mit ihrer maximalen Luftdurchlässigkeit bei einem Bezugsdifferenzdruck von 500 Pa.

Dichtheitsklasse nach VDI 2083-19	Raumart nach VDI 2083-19	Luftdurchlässigkeit nach VDI 2083-19 q_v , Leck, spez, 500Pa in $l/(m^2 \cdot h)$	Geräte-Verbindungs-dose Reinraum q_v , Leck, spez, -500 Pa in $l/h^1)$	Geräte-Verbindungs-dose Reinraum q_v , Leck, spez, +500 Pa in $l/h^1)$
0	Grauräume, Fabrikhallen, Produktionsgebäude, Energieeffizienzanforderung	16 562,20	0,13	0,15
1	Reinräume ISO 7–9 oder Klassen C und D nach GMP	5 520,74		
2	Räume, die während einer Begasung kontrolliert im Unterdruck gehalten werden	1 840,25		
3	Reinräume ISO 6	613,40		
4	Sicherheitslabor BSL3, Sterilisatoren und Räume, die begast werden	204,48		
5	Sicherheitslabore BSL4, Wirkstoffisolatoren (High Potent)	68,08		
6	projektspezifische Sonderanforderungen für Räume mit extrem hohen Anforderungen an die Dichtheit	22,68		
7	projektspezifische Sonderanforderungen für Räume mit extrem hohen Anforderungen an die Dichtheit	7,56		

1) Ergebnis einschließlich Messunsicherheit bezogen auf 1 m² Hüllfläche

(Quelle: in Anlehnung an VDI 2083 Blatt 19:2018-08: Reinraumtechnik – Dichtheit von Containments – Klassifizierung, Planung und Prüfung, wiedergegeben mit Erlaubnis des Vereins Deutscher Ingenieure e. V. und den Messergebnissen der Kaiser „Geräte-Verbindungs-dose Reinraum“ im Prüfstand des Steinbeis-Transferzentrums STZ EURO)

men der Pharmaindustrie sowie bei Isolatoren. Dabei ist auch im Hinblick auf die Elektroinstallation sicherzustellen, dass die geforderten Vorgaben und Normen an die Dichtheit dauerhaft erfüllt sind.

Die ganzheitliche Betrachtung des Reinraums und dessen Dichtheit lässt sich auch auf einzelne Bauprodukte und deren Durchdringungen der Luftdichtheitsebene im Containment übertragen. Daher müssen

auch bei Durchdringungen und bei der Elektroinstallation sowohl deren Dichtheit als auch die fachgerechte Installation in Reinräumen beachtet werden. Sie sind in funktionierenden Reinräumen wichtige Bausteine und müssen so ausgeführt sein, dass der Betrieb des Reinraums unter Einhaltung der Luftdichtheitsklasse nach VDI 2083 Blatt 19 [2] sichergestellt ist. Ein zu undichter Reinraum kann z. B. dazu führen, dass während ei-

ner H₂O₂-Dekontamination in einem Pharmareinraum die Grenzwerte für Raumdruckdifferenz und H₂O₂-Konzentration nicht erfüllt sind und infolgedessen nicht produziert werden kann.

Die Richtlinie VDI 2083 Blatt 19 [2] schafft somit auf der einen Seite Klarheit bei der Planung und Beurteilung der Dichtheit des Containments und liefert auf der anderen Seite ein zuverlässiges Verfahren zur

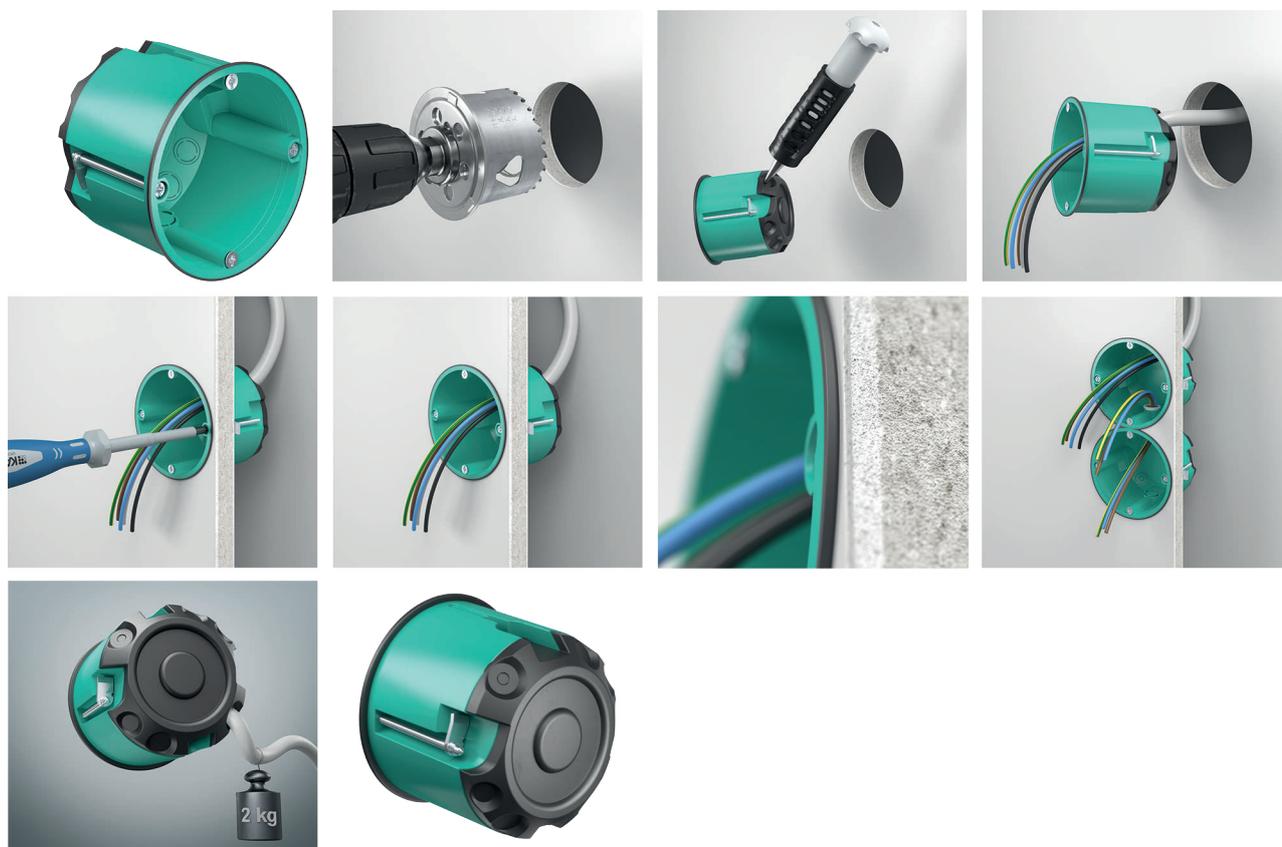


Abbildung 3: Montage Geräte-Verbindungsdose Reinraum (Quelle: Kaiser).

Klassifizierung und Prüfung der Dichtheit einzelner Elektroinstallations-Produkte und Durchdringungen im Containment. Sie enthält Hinweise zur Herstellung dichter Reinräume und ermöglicht die qualitative und quantifizierbare Bewertung und Beurteilung einzelner Bauprodukte sowie deren Beitrag zur Dichtheit des Containments.

Planung von Durchdringungen und der reinraumgerechten Elektroinstallation

Die Dichtheitsklasse in Reinräumen ist so festzulegen, dass die in der VDI 2083 Blatt 19 [2] definierten Luftdurchlässigkeiten nicht überschritten werden. Die Festlegung der Dichtheitsklasse erfolgt in Abhängigkeit vom Schutzziel (Personen-/Umweltschutz, Prozess-/Produktsicherheit). Hier werden in der VDI 2083 Blatt 19 [2] Orientierungs-

beispiele für die Auswahl der Dichtheitsklasse (von 0–7) geliefert, d. h. von Produktionsbereichen mit eher geringeren Anforderungen über Labore bis hin zu projektspezifischen Bereichen mit besonders hohen Anforderungen an die Dichtheit des Containments. Zudem finden sich in Abhängigkeit von der Reinraumklasse und dem Prüf-/Bezugsdruck Grenzwerte für die maximal zulässige Luftdurchlässigkeit im Containment (Tab. 1).

Bereits in der Planung lässt sich recht einfach erkennen, an welchen Stellen besonders Augenmerk auf entsprechend dichte Durchdringungen bzw. eine reinraumgerechte Elektroinstallation zu legen ist:

„Als Hilfestellung, wann Durchdringungen z. B. infolge der Elektroinstallation luftdicht im Sinne der VDI 2083-19 ausgeführt werden müssen, kann ein Stift dienen, der entlang der luftdichten Ebene des Containments geführt wird. Muss dieser aufgrund von Durchdringun-

gen abgesetzt werden, so sind entsprechende Maßnahmen einzuplanen oder entsprechende Bauprodukte vorzusehen. Ein ganzheitliches Dichtheitskonzept, welches die Planung des Verlaufs der Dichtebene sowie relevante Details und Materialien hinsichtlich der Ausführung bereits im frühen Planungsstadium beschreibt, kann für die spätere Umsetzung sehr hilfreich sein.“ [1]

Jede einzelne Schwachstelle in einem Containment belastet das planungsseitige Leckage-Budget und lässt weniger Spielraum für Unvorhersehbares im Rahmen der Bauausführung (z. B. durch nicht standardisierbare Durchdringungen), sodass die vom Planer vorgehaltenen Reserven evtl. nicht ausreichend wirksam sind. Durchdringungen oder Einbauten in oder an angrenzende Containments müssen daher entsprechend geplant und ausgeführt werden. Folglich müssen auch Elektroinstallationsdosen, die z. B. der

Prüfzertifikat

Nr. 1695-2023-1_KAISER_PO_A01-1

Für Prüfobjekt KAISER_PO_A01-1:

Prüfplatte (AQUAPANEL® Cement Board Indoor L.E.F. 12,5 mm) mit Beschichtung (ROHDE TOP-Coat System) und eingebauter KAISER Geräte-Verbindungsdose Reinraum (Artikelnr.: 9264-32)

im Auftrag von:

**KAISER GmbH & Co. KG,
Ramsloh 4
D-58579 Schalksmühle**

Kurzbeschreibung des Prüfobjekts:

Das Prüfobjekt besteht aus einer Prüfplatte (AQUAPANEL® Cement Board Indoor L.E.F. 12,5 mm) der Abmessung 350 mm x 350 mm x 18 mm inkl. einer speziellen Beschichtung (ROHDE TOP-Coat System) und einem Endanstrich (ROHDE TOP-Coat 2-K-Finish 735) umlaufend auf beiden Seiten der Prüfplatte und einer zentralen Öffnung mit 68 mm Durchmesser. In diese ist eine Elektroinstallationsdose (Geräte-Verbindungsdose Reinraum, Artikelnr.: 9264-32) mit eingeführten Elektroinstallationsleitungen nach DIN 0250-204 eingebaut. Weitere Angaben zum Aufbau, siehe Prüfbericht 1695-2023-1 (Kurzform).

Prüfergebnis auf Basis VDI 2083 Blatt 19 (2018):

Mit diesem Dokument wird bescheinigt, dass für das oben genannte Prüfobjekt eine Prüfung der Luftdichtheit auf Basis der VDI 2083, Blatt 19 (Einzelprüfung mittels Nullmethode) durchgeführt wurde. Diese hat zu den im Prüfbericht 1695-2023-1 (Kurzform) dokumentierten und nachfolgend zusammengefassten Ergebnissen geführt.

Prüfobjekt	Bezugsdifferenzdruck	Leckluftvolumenstrom ¹⁾	Dichtheitsklasse ²⁾
KAISER_PO_A01-1	-500 Pa	0,125 l/h	7
	+500 Pa	0,154 l/h	7

1) Ergebnis einschließlich Messunsicherheit, 2) bezogen auf eine Hüllfläche von 1 m²

Das Prüfobjekt erfüllt die Dichtheitsklasse 7.

Hinweise:

- Voraussetzung zur Einhaltung der Dichtheitsklasse ist eine fachgerechte Installation gemäß der Prüfobjekt-Dokumentation des Herstellers, siehe Prüfbericht 1695-2023-1 (Kurzform). Dabei sind die ergänzenden Hinweise im Prüfbericht 1695-2023-1 (Kurzform) zu Aufbau und Beschichtung der Prüfplatte zu beachten.

Offenburg, 06.07.2023


Frederik Werner (M. Sc.)
Prüfung


Dipl.-Ing (FH) Michael Kuhn
Kontrolle und Freigabe

STZ EURO, Badstr. 24a, D-77652 Offenburg, Tel.: +49 781 203547-00, E-mail: mail@stz-euro.de

Seite 1 von 1

Abbildung 4: Prüfzertifikat Dichtheitsklasse Geräte-Verbindungsdose Reinraum (Quelle: Kaiser).

Aufnahme von Schaltern oder Steckdosen dienen, oder andere Durchdringungen entsprechend dicht ausgeführt sein, sodass die Grenzwerte nach VDI 2083 Blatt 19 [2] nicht überschritten werden. Zu vermeiden ist zudem das Ausreizen des planungsseitigen Leckage-Budgets für jede Durchdringung oder Elektroinstallationsdose. Denn dies kann in Summe dazu führen, dass aufgrund unvorhergesehener Durchdringungen die geplante Dichtheitsklasse des Containments nicht mehr erreicht wird.

Auch nach der Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention des Robert Koch-Instituts (RKI) sind Hohlräume gegenüber den zugehörigen Räumen allseitig abzudichten. Das gilt insbesondere für Durchführungen von Installationen, die so auszubilden sind, dass von ihnen keine hygienischen Gefahren ausgehen und sich notwendige Desinfektionsmaßnahmen erfolgreich durchführen lassen [4]. Die Art und Ausführung der Elektroinstallation hat Auswirkungen auf die Innenraumhygiene.

Hohlräume, wie sie z. B. bei herkömmlichen, vorperforierten Elektroinstallationsdosen bestehen, oder dadurch entstehen, dass Durchbrüche für Leitungen und Rohre ohne geeignete Abdichtung erstellt werden, machen zudem den Weg frei für Partikel und Krankheitserreger.

Für die Planung und Ausführung stehen hierzu reinraumgeeignete Wandsysteme, Mediendurchführungen und Elektroinstallationsdosen für die Reinrauminstallation zur Verfügung, die aufgrund ihrer baulichen Ausführung unerwünschte Leckagen ausschließen.

Reine Fakten schafft die Prüfung im Prüfstand nach VDI 2083 Blatt 19

Die Reinraumeignung des unten beschriebenen Wandsystems mit der Kaiser „Geräte-Verbindungsdose Reinraum“ und verschiedenen Mediendurchführungen wurden im Prüfstand des STZ EURO nach VDI 2083 Blatt 19 [2] geprüft und zertifiziert (Abb. 2).

Dazu wurde zunächst der Wandaufbau ohne Einbauten und Durchdringungen geprüft. Die Knauf Reinraumwand AQUAPANEL Cement Board Indoor L.E.F ist ein feuchtigkeitsabweisendes System mit einer speziellen Beschichtung, die eine einfache Reinigung mit Wasserstoffperoxyd oder ähnlichen Kontaminationsmedien zulässt und so Pilzen und Bakterien keinen Raum zur Entfaltung gibt. Gleichzeitig hat sie den Vorteil gegenüber metallbeschichteten Wänden, dass Installationsöffnungen für z. B. Mediendurchführungen oder Elektroinstallationsdosen mit Hartmetallfräsern schnell und einfach sowie ohne zurückbleibenden Grat erstellt werden können.

In dem gleichen Prüfobjekt wurden im Anschluss die Messungen der Geräte-Verbindungsdose Reinraum vorgenommen. Neben der fachgerechten Erstellung der Installationsöffnungen wurden auch die praxisgerechten mechanischen sowie die normativen Beanspruchungen

berücksichtigt, z. B. im Hinblick auf die Befestigung der Elektroinstallationsdosen, die dichte Leitungseinführung, die in der DIN EN 60670-1 [5] geforderte Leitungsrückhaltung sowie die maximale Leitungsbelegung der Elektroinstallationsdose. Auf diese Weise lässt sich eine dauerhafte Eignung unter praxisgerechten Bedingungen und Beanspruchungen im Reinraum sicherstellen. Sowohl die Wand (Prüfplatte) ohne Prüfling als auch die Wand (Prüfplatte) mit integriertem Prüfling wurden im Prüfstand (bestehend aus 2 Prüfkammern) verspannt und die Luftdurchlässigkeit gemessen. Die Prüfung wurde in verschiedenen Messreihen im Überdruck und Unterdruck bis zu einem maximalen Prüfdifferenzdruck von 500 Pa durchgeführt und inkl. Messunsicherheitsberechnung ausgewertet.

Damit alle potenziellen Leckagen und alle Membranen sowie Dichtungen eine Vorbelastung erfahren, wurde das Prüfobjekt zuvor einer Wechseldruckbeanspruchung von -500 Pa und +500 Pa ausgesetzt. Dazu wurde der Differenzdruck zwischen Prüfkammer und Hilfskammer 5-mal nacheinander von -500 Pa auf +500 Pa erhöht und aufgezeichnet. Zudem wurde ein sog. Kammerlecktest pro Prüfling durchgeführt. Im Anschluss daran erfolgte jeweils die Über- und Unterdruckprüfung.

Als Ergebnis wird die Leckage (d. h. die Luftdurchlässigkeit des Prüfobjektes (Wand und Prüfling) bezogen auf die Hüllfläche von 1 m²) ermittelt. In Abhängigkeit von der Dichtheitsklasse lassen sich so die Grenzwerte der Luftdurchlässigkeit bei dem Bezugsdruck von +/-500 Pa in der Richtlinie VDI 2083 Blatt 19 [2] ablesen. Die Tab.1 zeigt die Dichtheitsklassen, Raumarten sowie Grenzwerte der Luftdurchlässigkeit für die jeweilige Dichtheitsklasse nach VDI 2083 Blatt 19 [2] und die Ergebnisse der Prüfung für die Geräte-Verbindungsdose Reinraum im Prüfstand.

An diesen Grenzwerten bemisst sich dann auch der gemessene Leckluft-Volumenstrom, der bei der Prüfung der Plattenelemente mit installierten Elektroinstallationsdosen ermittelt wurde. Dieser wird im Prüffertifikat mit einem Bezugsdifferenzdruck von +500/-500 Pa ausgewiesen und somit auf die Eignung für die Dichtheitsklasse geschlossen. Abhängig davon, wie viele gleichartige Einzelbauteile später in einem Raum mit Dichtheitsklassifizierung installiert werden, muss ggf. die Dichtheitsklasse der Einzelbauteile höhere Anforderungen erfüllen als der Raum selbst, um den o. g. Reserven beim Leckage-Budget gerecht zu werden.

Die Reinraumwand AQUAPANEL Cement Board Indoor L.E.F wurde ohne Durchdringungen und Einbauten mit einer Dichtheitsklasse 7 gemessen. Mit Installation der Geräte-Verbindungsdose Reinraum (Abb. 3) erfüllte die Wand ebenso die Dichtheitsklasse 7 (erweiterte Klassifizierung 11) nach VDI 2083 Blatt 19 [2].

Die Dichtheit der Geräte-Verbindungsdose Reinraum, die genaue Erstellung der Leitungsöffnung über den Universal-Öffnungsschneider sowie die umlaufende Abdichtung zur Laibung vermeiden eine Schwächung des Containments trotz eingebrachter Elektroinstallation. Auch bei einer Zugbeanspruchung der Leitungen gemäß DIN 60670-1 mit 20 N [5] resultieren keine negativen Auswirkungen auf die Dichtheit (Abb. 4).

Das auf diese Weise ermittelte Ergebnis zur qualitativen und quantitativen Bestimmung der Luftdichtheit der Geräte-Verbindungs Dosen Reinraum dient nicht nur als Bewertungsmaßstab für die Eignung in Reinräumen, sondern liefert zugleich auch Werte, die bei der Planung und Auslegung eines Reinraums herangeführt werden können. So sind Undichtheiten im Containment nicht mehr dem Zufall oder dem handwerklichen Geschick in der Ausführung ausgesetzt, sondern lassen sich bereits bei der Pla-

nung und der Produktauswahl vermeiden.

Mit der dargestellten Nachweisführung hinsichtlich der Reinraumeignung von Wänden, Mediendurchdringungen und Elektroinstallationsdosen wird die praxisgerechte und quantitative Bewertung der Dichtheit im System und der eingesetzten Bauteile vorgenommen und sichergestellt. Die Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen lassen sich bereits im Vorfeld in die Planung überführen. So erhalten Planer und Ausführende Sicherheit für ihr Containment.

► Literatur

- [1] Born S. Alles Dicht im Containment? Elektroinstallationen im Reinraum müssen auf Dichtheit überprüft werden. *cleanroom & processes* 2022;1(1):70–75
- [2] VDI 2083 Blatt 19:2018-08: Reinraumtechnik – Dichtheit von Containments – Klassifizierung, Planung und Prüfung
- [3] DIN 13829:2001-02: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren
- [4] RKI: Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention
- [5] DIN EN 60670-1:2014-01; VDE 0606-1:2014-01: Dosen und Gehäuse für Installationsgeräte für Haushalt und ähnliche ortsfeste elektrische Installationen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

► Weiterführende Literatur

- DIN 18015-1: Elektrische Anlagen in Wohngebäuden – Teil 1: Planungsgrundlagen
- DIN 18015-5: Elektrische Anlagen in Wohngebäuden – Teil 5: Luftdichte und wärmebrückenfreie Elektroinstallation
- DIN EN ISO 9972:2018-12: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden; Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden
- DIN EN ISO 14644-1:2023-04: Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche: 2015 – Teil 1: Klassifizierung der Luftreinheit anhand der Partikelkonzentration
- DIN EN ISO 14644-4:2001-4: Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche: 2001 – Teil 4: Planung, Ausführung und Erst-Inbetriebnahme
- DIN 4108-2:2013-02: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz