

Dichtheit von Reinräumen

Daniel Jung, Paul Simons, Stefanie Rolfmeier, Boris Schwitalski

Bei der Herstellung kleinster Strukturen, z.B. in der Produktion von Mikroprozessoren, oder im klinischen Bereich, z.B. in Operationssälen, können sich folgenschwere Probleme durch Verunreinigungen in der Luft ergeben. Beim Umgang mit problematischen Stoffen in Forschung oder Produktion muss sichergestellt sein, dass die Umwelt keinerlei Belastungen ausgesetzt ist. Zu diesem Zweck werden in klinischen und industriellen Bereichen Reinräume eingesetzt.

Bei der Überprüfung der Luftdichtheit von Reinräumen hat sich in der Vergangenheit herausgestellt, dass die Raumbühle aller gemessenen Räume hochgradig luftdurchlässig ist. Nach eingehender Recherche ist festzustellen, dass es keine belastbaren normativen Anforderungen an die Luftdichtheit von Reinräumen gibt. Aufgrund unserer Kenntnis über Luftströmungen und Druckbelastungen auf Gebäude haben wir Sorge, dass wegen dieser Leckagen in den Umschließungsflächen hygienische Standards im Klinik- und Laborbereich nicht erfüllt werden, bzw. lebende Strukturen unkontrolliert in die Umwelt gelangen können. Die festgestellten gravierenden Mängel an der luftdichten Ebene wären mit den nach dem Stand der Technik üblichen Methoden im Bauwesen in den Griff zu bekommen.

Die Autoren haben bisher diverse Operationssäle, Isolierzimmer, und Forschungsräume, in denen Versuche mit Viren und veränderten Genen durchgeführt werden, sowie eine Produktionsstätte aus der Bauelementefertigung geprüft.

Reinräume sind in unterschiedliche Klassen eingeteilt und zeichnen sich dadurch aus, dass zum einen bestimmte Partikelzahlen und -größen unterschritten werden und zum anderen keine gefährlichen Stoffe in die Umwelt gelangen.

Ersteres wird erreicht, indem ein Überdruck von z.B. 10 Pascal erzeugt wird und man davon ausgeht dass „gereinigte Luft“ nur durch die Lüftungsanlage in den Raum strömt. Wenn keine kritischen Stoffe, wie z.B. veränderte Gene oder Viren, in die Umwelt gelangen sollen, erzeugt man einen Unterdruck von z.B. 10 Pascal. Anscheinend geht man davon aus, dass diese Druckverhältnisse stabil sind und sicher ausreichen um die gewünschte Abschottung zur Umwelt zu erreichen. Bedenklich ist aber, dass in Deutschland bei Stürmen mit Drücken auf die Fassaden von 450 Pascal gerechnet werden muss [Info von der Bauhaus Uni Weimar] und damit das Schutzsystem 10 Pascal wirkungslos ist, wenn die Raumbühle Luftleckagen nach außen aufweist. Des Weiteren werden aufgrund der grossen Undichtheiten hoch dimensionierte Lüftungsanlagen der raumluftechnischen Anlagen benötigt. Diese erzeugen bei entsprechenden Leckagen erhöhte Betriebskosten (Energie und Filtermaterial) gegenüber Räumen mit kleinen angepassten Luftwechselraten.

Aus diesen Gründen halten wir es für dringend nötig, dass Anforderungen an die Dichtheit von Reinräumen und die zugehörigen Lüftungsanlagen sichergestellt werden.

Um für die Zeit bis zur Verabschiedung von Normen oder Richtlinien dem Planer, Komponentenhersteller und Ausführenden von Reinräumen Hilfen für die sachgerechte Erstellung der luftdichten Hülle und der Lüftungstechnik an die Hand geben zu können, wurden folgende Anforderungen an die Luftdichtheit von Reinräumen Stand September 2007 zusammengestellt:

Anforderungen an die Luftdichtheit von Reinräumen (Richtlinienentwurf)

Stand September 2007

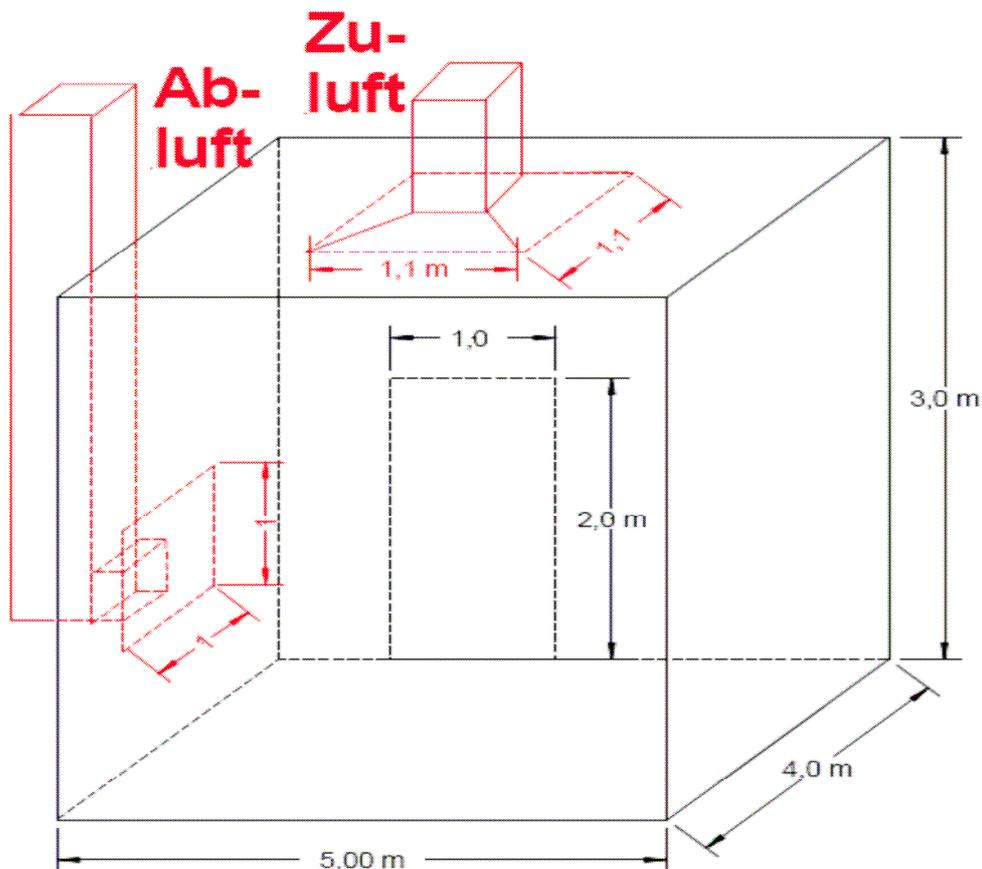
Aufgestellt von: jung - gbw mbh: Daniel Jung
BlowerDoor GmbH: Paul Simons,
Stefanie Rolfsmeier

- 1) Im Rahmen der Planung ist für Reinräume eine Luftdichtheitsebene zu definieren, zu planen und zeichnerisch darzustellen. Ein Konzept für die Druckhaltung zu den angrenzenden Bereichen bei unterschiedlichen Betriebszuständen muss schriftlich niedergelegt sein.

Mindestens beschriebene Betriebszustände sollten sein:

- a) Normalzustand
 - b) Rein- oder Desinfektionszustand
 - c) Stromausfall
- 2) Im Bezug auf die Dichtheitsanforderungen an die raumumfassende Hülle muss mindestens ein $q_{50} \leq 0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ eingehalten werden (siehe DIN 4108 Teil 7). Der $q_{50} \leq 0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ wurde in Anlehnung an die Passivbauweise gewählt, deren Grenzwert bei einem A/V Verhältnis von 1 beträgt $q_{50} \leq 0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Für Reinräume sollte dieser Wert noch mal verschärft werden. Werte $q_{50} \leq 0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ werden bereits im Wohnungsbau erreicht.
 - 3) Alle Bauteilanschlussfugen in der Luftdichtheitsebene müssen einen Fugendurchlasskoeffizienten kleiner als $0,1 \text{ m}^3/\text{mh}(\text{daPa}^2/3)$ aufweisen [siehe DIN 4108 Teil 2: 2003-07].
 - 4) Einzelleckagen dürfen höchstens 1 mm^2 groß sein.
 - 5) Bauteilfugen sind entsprechend dem Stand der Technik dauerhaft luftdicht auszubilden. [Siehe EnEV]
 - 6) Alle Funktionsfugen an Fenstern und Türen entsprechen der DIN EN 12207 Juni 2000, Klasse 4.
 - 7) Die zulässige Luftwechselrate n_{50} wird aus dem $q_{50} \leq 0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ und dem zulässigen Volumenstrom der Fenster und Türen ermittelt.
 - 8) Die Prüfung der Luftdichtheitsebene erfolgt in Anlehnung an die DIN EN 13829 und sollte stattfinden, solange die luftdichte Ebene noch zugänglich ist. Bei den Messreihen muss ein Prüfdruck von 200 Pascal angefahren werden. (* im Hochbau wird nach DIN EN 13829 mit einem Prüfdruck von bis zu 100 Pascal gemessen, bei einem Prüfdruck von 200 Pascal hat man eine größere Sicherheit für Starkwindsituationen und bezüglich der Haltbarkeit der Abdichtungen als wenn nur bis 100 Pascal gemessen werden würde.) Die Bauteile sind auf eine statische Belastung von 450 Pascal entsprechend einer Flächenlast von $0,45 \text{ kN/m}^2$ auszulegen.
 - 9) Das Lüftungssystem wird nach DIN 24194 auf Luftdichtheit der Kanäle und Verschlusselemente geprüft.

Beispiel zur Bemessung der Dichtheitsanforderungen an einen Reinraum.
Die Zuluft- und Abluftelemente werden zur Messung abgedichtet.



Raumvolumen: $5,0 \text{ m} \times 4,0 \text{ m} \times 3,0 \text{ m} = 60,0 \text{ m}^3$

Hüllfläche:

Boden und Decke: $5,0 \text{ m} \times 4,0 \text{ m} \times 2 - 1,1 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} = 38,79 \text{ m}^2$
(Die Zuluftöffnung (1,1 m x 1,1 m) wurde abgezogen weil die Fläche sowohl beim BlowerDoor Test als auch bei der Prüfung der Lüftungsleitungen abgedichtet wird).

Wände: $5,0 \text{ m} \times 3,0 \text{ m} \times 2 + 4,0 \text{ m} \times 3,0 \text{ m} \times 2 - 1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 53,00 \text{ m}^2$

Die gesamte Hüllfläche des Raumes beträgt: $53,00 \text{ m}^2 + 38,79 \text{ m}^2 = 92,79 \text{ m}^2$

Der Zulässige Volumenstrom auf 50 Pascal Differenzdruck bezogen, errechnet sich aus dem q_{50} und einer Zulage für die Funktionsfuge der Tür (nach EN 12207 $1,9 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$)

Max. V_{50} zulässig:

$92,79 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} + 1,0 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1,9 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} = 31,637 \text{ m}^3/\text{h}$

dies entspricht einem $n_{50} = 31,637 / 60 = 0,52 \text{ h}^{-1}$