

## Die Luftdichtheit von Reinräumen – Planung und Messung im klinischen Bereich.

Daniel Jung, jung – gbw mbH, Hildesheim  
djung@jung-gbw.de

### Einleitung: Was ist ein Reinraum?

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. Unter diesen Verunreinigungen ist nicht nur Hausstaub zu verstehen, sondern eine Vielzahl unterschiedlicher Komponenten. Deshalb wird anstelle von *Staub* der Begriff *Kontamination* (der Luft) verwendet, womit die nicht gasförmigen Anteile normaler Umgebungsluft beschrieben werden. Diese Anteile setzen sich zusammen aus allen in der Luft befindlichen Staubteilchen, Mikroorganismen und Tröpfchen, deren Größe einen weiten Bereich umfassen können. Staubteilchen reichen von kleinsten Partikeln - wie beispielsweise Ruß mit einer Größe von wenigen tausendstel Millimetern - bis zu Flugsandkörnern und feinen Stofffäden, die einen Durchmesser von einigen Millimetern erreichen können. Ebenso wie feine Flüssigkeitströpfchen haben die Mikroorganismen in der Luft eine Größe im Bereich weniger hundertstel Millimeter. Durch die ständige Bewegung der Luft werden diese Kontaminationen durcheinander gewirbelt und gelangen so an nahezu jeden Ort. Sie bleiben jedoch nicht beliebig lange in der Luft, sondern setzen sich auf allen Oberflächen ab. Was im Haushalt oder im Büro zwar ärgerlich, aber doch relativ einfach zu beseitigen ist, kann in einigen Bereichen von Industrie und Medizin fatale Folgen haben.

Die einzige Lösung dieses Problems besteht in der Verlagerung der Produktion, oder der hygienisch relevanten Bereiche der Medizin und der Forschung in eine partikelfreie Umgebung. Eine solche wird durch sog. Reinräume bereitgestellt. Die zu diesem Zweck gebauten Reinräume sind also im Idealfall luftdichte Räume, die die benötigte Frischluft über ein mehrstufiges Filtersystem in nahezu staub- und keimfreier Qualität erhalten.

In Operationsbereichen von Krankenhäusern und Universitätskliniken herrschen besonders hohe hygienische Anforderungen. Neben der Verringerung von Keimzahlen auf allen Raum- und Möbeloberflächen, spielt auch die Qualität der Raumluft eine erhebliche Rolle. Zum einen gilt es mit geeigneter Filtertechnik die Konzentration von Schwebstoffen und Feinstäuben so gering wie möglich zu halten, zum anderen ist die Vermeidung von Infektionen durch Keime in der Luft und somit deren direkten Kontakt zu offenen Wundflächen während einer Operation ein sehr ernstzunehmender Faktor bei der Verringerung von post operativen Komplikationen.

Die Operationssäle, sowie die angrenzenden Räume (Operationsvorbereitung Patienten/Personal, Schleusen, Flure, Umkleidekabinen, Aufenthaltsräume, Desinfektionsbereiche), sind aus diesem Grund mit erhöhter Aufmerksamkeit in Bezug auf die Luftdichtheit zu betrachten. Der Eintrag von Schadstoffen und keimbelasteter Luft durch Undichtheiten der Reinraumausstattung und der Lüftungsanlagen sind hier die Angriffspunkte für eine nähergehende qualitätssichernde Untersuchung.

### Messung der Luftdichte von Reinräumen:

Im Folgenden soll die Darstellung von zwei Messungen aus einer umfangreichen Messreihe einer Überprüfung der Luftdichte im Operationsbereich einer deutschen Universitätsklinik im Mittelpunkt stehen.

### Ausgangslage:

Grund für die Messung der Luftdichte in dem Neubau, der sich bereits in Nutzung befand, war die Tatsache, dass der notwendige Differenzdruck, der zwischen den einzelnen Räumen aufgebaut werden sollte, nicht zu erreichen war. Grund für die unterschiedlichen Luftdrücke ist die Forderung der Hygienespezialisten, dass die Luft in den Operationssälen gegenüber den Vorräumen einen Überdruck von ca. 5 pa. aufweisen soll, um evtl. Verunreinigungen der Luft aus dem OP-Bereich fernzuhalten. Die Vorräume wiederum sollten einen Überdruck gegenüber den Fluren aufweisen.

Bei der Einregelung der Lüftungsanlage fiel den Technikern auf, dass der notwendige Differenzdruck nicht oder nur mit einer stark erhöhten Leistung der Lüftungsanlage zu erreichen war. Weiterhin änderten sich die Drücke in angrenzenden Räumen, wenn der Luftdruck in einem OP eingeregelt wurde.

Auf Grundlage dieser zunächst für die zuständige Bauleitung verwirrenden Aussagen wurde eine Überprüfung der Lüftungsanlage mit den dazugehörigen Filteranlagen durch einen externen Gutachter beauftragt. Im Rahmen einer Begehung des Operationsbereichs wurde der Gutachter darauf aufmerksam, dass die Wand und Deckenbekleidungen der Reinräume zum Teil erhebliche Spaltmaße aufwiesen. Aus diesem Grund wurde unser Unternehmen vom Gutachter beauftragt, eine Überprüfung der Luftdichte der einzelnen Räume durchzuführen. Gleichzeitig wurde auch die Lüftungsanlage auf Ihre Dichtheit überprüft.

### Die Vorbereitung der Messung:

Aus einer Vielzahl von einzelnen Messungen sollen nun im Folgenden zwei beispielhafte Messungen herausgegriffen werden, um die Vorgehensweise zu erläutern.

Die besondere Schwierigkeit waren nicht nur die Messungen an sich, sondern die begleitenden Umstände. Zum einen waren die Räume sehr klein. Ein Operationssaal wies eine Größe von 58,43 m<sup>2</sup> auf; bei einer Raumhöhe von 2,82 m ergab das ein Volumen von ca. 165 m<sup>3</sup>. Da in der Ausschreibung der Reinräume die Luftdichte als Merkmal deutlich gefordert wurde, war bei der Vorbereitung der Messung davon auszugehen, dass nur sehr kleine Volumenströme zu bewegen sind.

Zum anderen mussten im Rahmen der Messung Hygieneanforderungen eingehalten werden, da der Operationsbetrieb nur für einen begrenzten Zeitraum unterbrochen werden sollte. Aus diesem Grund wurde die gesamte Messeinrichtung so gut wie möglich gereinigt und desinfiziert. Während der Messung wurde vom bedienenden Personal Operationskleidung getragen (Kopfbedeckung, Mundschutz, Kasack, Hose und Gummipantoffeln). Die gesamte Ausrüstung wurde durch eine Patientenschleuse in den Operationsbereich verbracht, während das Messpersonal sich separat waschen und umkleiden musste. Da dieser Vorgang jeweils bis zu einer

Stunde in Anspruch nahm, musste die Ausrüstung genauestens auf Vollständigkeit überprüft werden.

Die gesamte Messung zog sich über ca. 14 Stunden hin. Es wurden sechs Räume ausgewählt und gemessen, wobei die jeweilige Vorbereitung, d.h. das Abkleben und Abdichten der Lüftungsanlage, neben der Leckageortung, die meiste Zeit beanspruchte. In den zu messenden Räumen wurde eine spezielle Technik der Luftverteilung über einen zentralen Ausströmer der Lüftungsanlage über dem Operationstisch und eine im Raum verteilte Luftabsaugung angewendet. Dies soll das Auskühlen der Patienten während einer evtl. mehrstündigen Operation verhindern. Die damit verbundene große Ausströmfläche musste komplett mit einer Folie dicht abgeklebt werden.

#### Die Ergebnisse:

Die Messung des ersten Operationssaales ergab dann eine große Überraschung: Der Luftwechsel wurde mit einem n50 von 26 (sechszwanzig!) gemessen. Bei der Leckageortung fiel eine unglaubliche Anzahl von Mängeln im Bereich der Wand- und Deckenverkleidung auf.

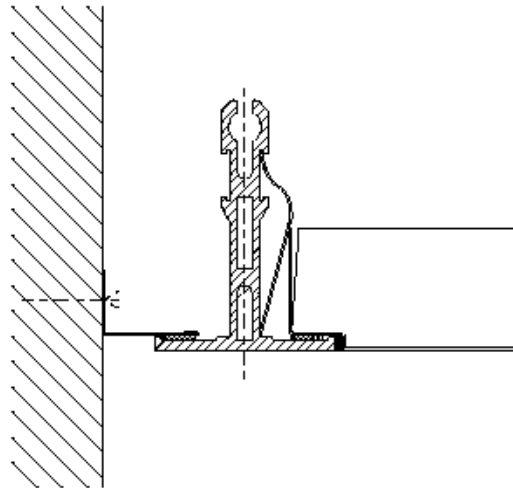
Zum Teil erhebliche Luftmengen strömten aus der abgehängten Decke, bzw. aus Lampen, Lautsprechern und Rauchmeldern aus. Selbst die Anschlüsse der Lüftungsanlagenausströmer für Zu- und Abluft wiesen zum Teil sehr große Undichtheiten auf. Die verwandten Rahmen waren nicht oder nur sehr ungenügend an die Wand- und Deckenverkleidung angedichtet.

Der PVC-Fußbodenbelag wurde aus Gründen der leichteren Reinigung ca. 15 cm an den Wänden hochgezogen. Darüber wurde die luftdichte Wandverkleidung angebracht. Bei der Montage wurde allerdings ein Abstandhalter montiert, der nicht gegenüber dem Fußbodenbelag abgedichtet war. Dies bedeutete im Umkehrschluss, dass die luftdichte Wandverkleidung komplett von der Raumluft hinterströmt wurde und so keine Dichtheit über die Fläche erreicht werden konnte. Weiterhin waren an mehreren Stellen erhebliche Spaltmaße in der Deckenverkleidung zu finden.

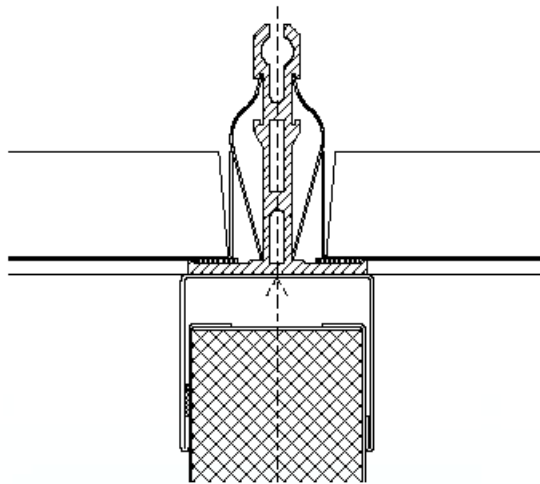
Im Rahmen der Überprüfung der Lüftungsanlage wurde zudem festgestellt, dass erhebliche Undichtheiten der Lüftungskanäle die eingebrachte reine Luft über der abgehängten Decke verteilten und so für einen nicht konstanten Druck in den einzelnen Räumen sorgte.

#### Reinräume im Detail:

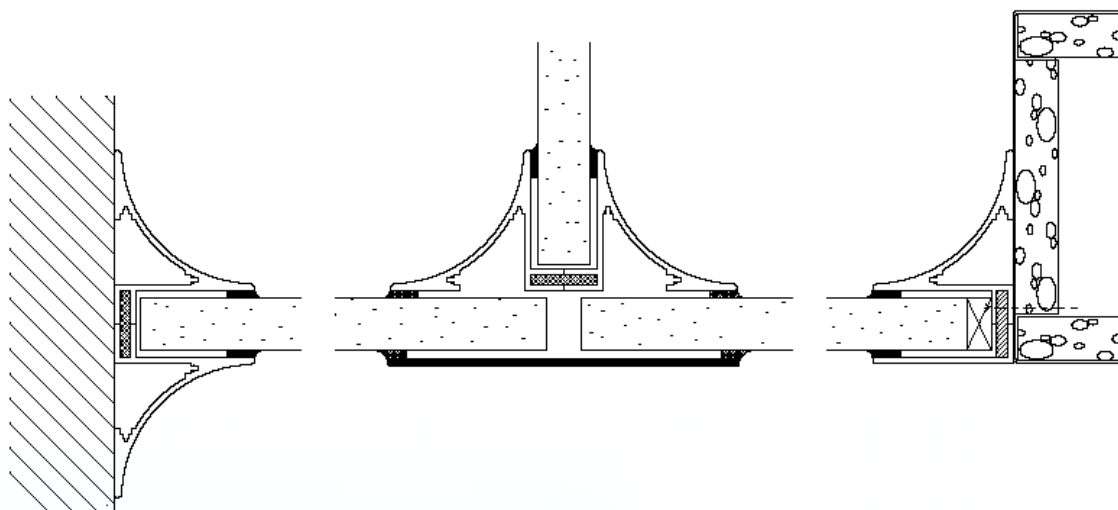
Im Folgenden sollen einige Details verdeutlichen, wie im Rahmen einer Detailplanung Reinräume luftdicht gestaltet werden können:



(Quelle: Lindner Reinraumtechnik, Arnstorf)  
**Wandanschluss eines Deckenprofils mit Dichtband**



(Quelle: Lindner Reinraumtechnik, Arnstorf)  
**Anschluss an eine Zwischenwand mit Dichtband**



(Quelle: Lindner Reinraumtechnik, Arnstorf)  
**Wandanschlüsse und T-Stoß mit gedichteten Profilen**

Fazit:

Für die Planung und Ausführung von Reinräumen lassen sich aus der vorgestellten Messung einige Rückschlüsse ziehen. Im einzelnen sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- Die Minimierung der gebauten Leckagen ist grundsätzlich eine wesentliche Bedingung im Bau von Reinräumen. Aus diesem Grund sollten alle an Planung und Bau Beteiligten intensiv im Bereich der Luftdichtheit geschult werden.
- Eine systematische Qualitätssicherung sollte in jeder Planungs- und Ausführungsphase von geeigneten Fachleuten durchgeführt werden.
- Die Planung von Reinräumen muss gerade im Detail eine besondere Aufmerksamkeit erfahren.
- Eine umfangreiche Dokumentierung der Planung und der Ausführung erleichtern den späteren Eingriff in die Anlagen und deren Funktionsabläufe.
- Eine gewissenhafte qualitätsbezogene Inbetriebnahme und Abnahme in Verbindung mit einer Messung der Luftdichte der einzelnen Räume und einer Überprüfung der Lüftungsanlage ist unerlässlich.

Textverweise:

Christian Stief und Axel Grabowski, Magazin Forschung 2/99 (1999)

Die Detailzeichnungen stammen von Lindner Reinraumtechnik, Arnstorf