



Die Abbildung zeigt die Umströmung von Operateuren am OP-Tisch unter einer TAV

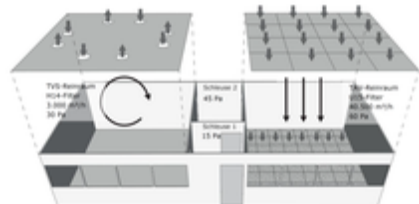
© TU Berlin, Hermann-Rietschel-Institut

Lüftungsanlagen für höchste Anforderungen

08.02.2018

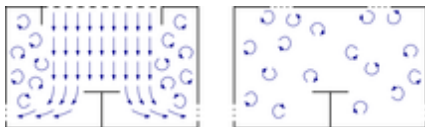
Operationsräume energieeffizient belüften

Wie kann der hohe Energieverbrauch zur Belüftung von „Reinen Räumen“ im Gesundheitswesen und in der Industrieproduktion bei gleichem oder besserem Schutz vor luftgetragenen Partikeln und Keimen reduziert werden? Dieser Frage gingen Forscher des Hermann-Rietschel-Instituts (HRI) nach. Sie errichteten ein Forschungslabor mit zwei Reinräumen. Die Ergebnisse liefern eine detaillierte Abbildung der Strömungsvorgänge und verbesserte Planungsgrundlagen für Bau und Betrieb von Reinräumen.



Die Abbildung zeigt den Aufbau der Reinraumanlage. Diese besteht aus zwei separaten Reinräumen mit unterschiedlichen Luftführungssystemen sowie dazwischenliegenden Schleusen. Lüftungstechnisch kommen zwei Schutzkonzepte zum Einsatz: der eine Reinraum wird mit einer turbulenten Verdünnungsströmung, der andere Reinraum mit einer turbulenzarmen Verdrängungsströmung betrieben.

© TU Berlin, Hermann-Rietschel-Institut



Die Abbildung zeigt das Strömungskonzept im OP mit TAV (links) und mit Mischlüftung (rechts)

© TU Berlin, Hermann-Rietschel-Institut

Jedes Jahr finden in Deutschland über 50 Millionen Operationen statt. Um die Patienten optimal vor Keimen zu schützen, wird deren Konzentration in der Raumluft so gering wie möglich gehalten. Auch viele Produktionsanlagen in der pharmazeutischen Industrie, Biotechnologie, Halbleiterindustrie, Feinmechanik oder Lebensmittelindustrie befinden sich in Reinräumen. Hier können schon geringe Partikelmengen die Qualität der Erzeugnisse beeinflussen. Um die geforderte Schutzwirkung zu gewährleisten, arbeiten die Lüftungsanlagen bisher mit sehr hohen Luftwechselraten. Ein besseres Verständnis der Partikelausbreitung und des Strömungsverhaltens könnte die Luftwechselrate und damit den Energieverbrauch senken. Allerdings fehlen Planern und Anwender bisher

die notwendigen Informationen.

Forschungslabor mit zwei Reinräumen

Für die experimentellen Untersuchungen richtete das Hermann-Rietschel-Institut (HRI) der Technischen Universität Berlin ein Forschungslabor mit einer Fläche von 75 m² und zwei Reinräumen ein. Um verschiedene Betriebsarten nachbilden zu können, sind die Reinraumanlage inklusive Decken und Wänden sowie die anlagentechnischen Komponenten modular und flexibel gestaltet. Die Luftversorgung erfolgt über ein zentrales Lüftungsgerät sowie im Falle des Reinraumes mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung (TAV) durch zusätzliche Filter-Ventilator-Einheiten. Die Zuluftvolumenströme und -geschwindigkeiten der beiden Räume sind innerhalb technisch gegebener Grenzen frei regelbar. Mit diesen Möglichkeiten können circa 90 Prozent der in der Praxis auftretenden Konfigurationen von „Reinen Umgebungen“ nachgebildet werden.

Planung von Reinräumen

In Reinräumen wird überwiegend die turbulente Verdünnungsströmung (TVS) genutzt. Die saubere Zuluft wird dabei mit hohem Impuls und Turbulenzgrad zugeführt. Dadurch vermischt sie sich mit der Raumluft und die Konzentration von Verunreinigungen nimmt ab. Die Systeme arbeiten mit Luftwechselraten von rund 30 h⁻¹. In der Praxis treten häufig Strömungskurzschlüsse und Totgebiete auf, die eine optimale Verdünnung der Raumluft verhindern. Durch eine geeignete Platzierung von Zu- und Abluftdurchlässen lassen sich diese vermeiden. Dadurch benötigen die Ventilatoren geringere Luftmengen und der Energieverbrauch sinkt.

Bei höchster Reinheitsanforderung kommt die turbulenzarme Verdrängungsströmung (TAV) zum Einsatz. Die Luft strömt dabei zumeist von oben nach unten und wird im Bodenbereich abgesaugt. Die Zuluft wird mit 0,45 m/s in den Raum eingebracht. Es entstehen Luftwechselraten von bis zu 600 h⁻¹. Die Wissenschaftler konnten zeigen, dass eine Zuluftgeschwindigkeit von 0,25 m/s häufig ausreicht, um den Auftrieb an Wärmequellen in der Größenordnung von Mitarbeitern zu kompensieren. Dies entspricht einer Leistungsreduktion der Ventilatoren von rund 70 Prozent. Befinden sich neben dem Personal keine größeren Wärmequellen im Raum, so kann trotz der deutlich verringerten Zuluftgeschwindigkeit eine stabile Raumströmung sichergestellt werden. Die Anpassung der Luftmenge an die Lasten im Raum ist das entscheidende Einsparkriterium.

Neben den Wärmequellen im Raum sind die strömungsmechanischen Eigenschaften der Bodenplatten sowie die Geometrie des Doppelbodens von großer Bedeutung. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die örtliche Anpassung der freien Querschnittfläche an den einzelnen Lochplatten im Raum eine potenzielle Querkontamination verhindern kann. Der Energiebedarf ist dabei im Vergleich zu einer sehr kleinen Lochung mit einem hohen Druckverlust deutlich geringer.

Operieren ohne mikrobiologische Belastung für den Patienten

Die aktuellen Normen stellen hohe Anforderungen an die Lüftung von Operationsräumen (OP). Dabei gilt es, den Patienten, insbesondere im Wundbereich, vor einer mikrobiologischen Belastung zu schützen.

Bei OPs mit höchsten Reinheitsanforderungen ist als Strömungsform eine laminare Strömung ohne Turbulenzen oberhalb des OP-Tisches vorgeschrieben, die den OP-Bereich wie ein Luftvorhang abschirmt. Mit solchen LF-Feldern (Laminar Flow) können höchste Schutzgrade am OP-Tisch erzielt werden. Befinden sich jedoch signifikante geometrische oder thermische Störkörper in der Strömung oberhalb des OP-Tisches, verhindern diese eine gerichtete Abströmung und den Austrag von Kontaminationen aus dem Operationsbereich. Beispielsweise können die gebeugte Körperhaltung der Chirurgen sowie OP-Leuchten innerhalb des Luftstroms zu Rezirkulationsgebieten oberhalb des OP-Tisches führen. Berücksichtigt man, dass ein Großteil der luftgetragenen Keime im OP vom Gesichtsfeld des chirurgischen Personals stammt, können Keime so vermehrt in das Wundfeld gelangen. Bei einer realitätsnahen Lastanordnung entspricht diese herabgesetzte Schutzwirkung dem Niveau einer TVS mit deutlich verringertem Luftbedarf.

Die durchgeführten Untersuchungen an OP-Räumen bilden nur ein sehr begrenztes Spektrum der unter realen Bedingungen auftretenden Lasten und Konfigurationen ab. Die angewandte Messmethode erfasst nur luftgetragene Partikel von etwa 0,3 µm. In der Realität kommen jedoch Keime auf Partikeln im Raum vor, deren Größe die Sedimentation deutlich beeinflusst. Weiterhin werden Fragen der thermischen Behaglichkeit und der ungewollten Auskühlung des Patienten nicht berücksichtigt. Es bleibt somit fraglich, welche der untersuchten Strömungsformen unter den vielfältigen Anforderungen die bessere Schutzwirkung und Lüftungseffektivität zeigt.

Um die genannten Fragen zu klären, sind weitere Untersuchungen notwendig. Mit dem Folgeprojekt „Energieeffiziente Belüftung in multifunktionalen Operationsräumen“ (Laufzeit vom 1. März 2017 bis zum 29. Februar 2020) werden die Untersuchungen fortgeführt und integrale Schutzkonzepte für Typvertreter von OP-Arten erstellt werden.

(mm)