

Die lufttechnische Versorgung und Druckhaltung in Hochsicherheitslaboren



Dipl. Ing. Detlef Makulla, Leiter der Forschung und Entwicklung caverion GmbH, Aachen.

1 Einleitung

Die Erforschung von heute oftmals tödlich verlaufenden Infektionskrankheiten bei Mensch und Tier muß unter höchsten Sicherheitsvorkehrungen stattfinden. Dabei sind nicht nur die Personen, welche direkt an den Forschungen beteiligt sind zu schützen,

sondern auch die Ausbreitung von Erregern nach draußen ist mit höchstmöglicher Sicherheit zu verhindern. Andernfalls könnte eine epidemische Ausbreitung von Erregern bei Mensch und Tier verheerende Folgen haben.

2 Biologische Schutzstufen und Risikogruppen

Die biologische Schutzstufe (engl. Bio-Safety-Level, BSL) ist eine Gefährlichkeitseinstufung biologischer Arbeitsstoffe, insbesondere von Mikroorganismen. Diese wird durch die EU-Richtlinie 2000/54/EG über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit normiert und in der Biostoffverordnung (BioStoffV) in Deutschland eingeführt. Dieselbe Einteilung wird auch von den Centers for Disease Control and Prevention in den USA verwendet. Laboratorien in denen mit biologischen Arbeitsstoffen umgegangen

wird müssen bestimmte Schutzmaßnahmen treffen. Dementsprechend werden die Laboratorien in vier definierte Schutzstufen (S1 bis S4) eingeteilt. Für Laboratorien, in welchen mit gentechnisch veränderten Organismen gearbeitet wird, gilt nach dem Gentechnikgesetz und der Gentechnik-Sicherheitsverordnung eine ähnliche Einstufung in vier Sicherheitsstufen.

Durch die Biostoffverordnung werden für biologische Arbeitsstoffe vier Risikogruppen definiert. Gemäß der oben genannten Richtlinie werden die biologischen Arbeitsstoffe den Risikogruppen zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt nach der möglichen Schwere der Erkrankung, dem Infektionsrisiko, dem Ausbreitungsrisiko und den Therapiemöglichkeiten.

Risikogruppe 1

Biologische Arbeitsstoffe, bei denen es unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit verursachen (z.B. der Sicherheitsstamm *Escherichia coli* K12, die Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae*). Zur Gruppe 1 zählen ferner alle biologischen Arbeitsstoffe, die nicht in Risikogruppe 2 bis 4 erfasst sind.

Risikogruppe 2

Biologische Arbeitsstoffe, die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine Gefahr für Beschäftigte darstellen können; eine Verbreitung des Stoffs in der Bevölkerung ist unwahrscheinlich; eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich (z.B. *Salmonellen*, *Herpes-Viren* oder *Grippeviren*).

Risikogruppe 3

Biologische Arbeitsstoffe, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine ernste Gefahr für Beschäftigte darstellen können; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung kann bestehen, doch ist normalerweise eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung möglich (z.B. *Gelbfieber-Virus* oder *Hepatitis*).

Risikogruppe 4

Biologische Arbeitsstoffe, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für Beschäftigte darstellen; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung ist unter Umständen groß; normalerweise ist eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung nicht möglich (z.B. *Ebola*-, *Pocken*-, *Lassa*- oder *Marburg-Virus*).

Die Biostoffverordnung ordnet den vier Risikogruppen vier Schutzstufen zu. Die Vorschriften werden deshalb als Stufen bezeichnet, da die Vorschriften der niedrigeren Schutzstufen auch für die höheren Stufen gelten.

Schutzstufe 1

In Laboratorien der Schutzstufe 1 sind lediglich die gewöhnlichen Hygienemaßnahmen einzuhalten (Waschen der Hände, kein Verzehr von Essen und Getränken usw.).

Schutzstufe 2

Der Zutritt ist auf namentlich benannte Beschäftigte zu beschränken. Im Labor selbst sind auf die Organismen abgestimmte Desinfektionsverfahren anzuwenden. Nötigenfalls sind Sicherheitswerkbänke mit einer wasserundurchlässigen und leicht



Bild 1: BSL 4 Laborgebäude Universität Marburg.

zu reinigenden Oberfläche zu verwenden, die außerdem gegen Säuren, Laugen und Lösungsmittel sowie gegen Desinfektionsmittel beständig sein sollten. Die Arbeitsstoffe sind sicher aufzubewahren. Es sollte eine geeignete Einrichtung vorhanden sein, um von außen in die Laboratorien sehen zu können (Kamera oder Fenster in den Türen. Bei Tierversuchen sollte ein Verbrennungssofen für Versuchstierkörper vorhanden sein.

Schutzstufe 3

Das Labor muss bei luftübertragbaren Krankheiten baulich abgetrennt sein und die Abluft muss gefiltert werden. Bei anderen Krankheiten muss keine bauliche, sondern nur eine räumliche Trennung erfolgen. Zusätzlich muss Unterdruck im Labor herrschen. Der Boden ist mit einem wasserundurchlässigen, leicht zu reinigenden Material auszukleiden und die Oberflächen müssen säure-, laugen- und lösungsmittelbeständig, sowie beständig gegen Desinfektionsmittel sein. Beobachtungsfenster in den Türen sind vorgeschrieben. Das Personal arbeitet in Vollschutzanzügen mit eigener Atemluftversorgung bzw. es müssen Sicherheitswerkbänke verwendet werden. Ein leicht zugänglicher Tierkörperverbrennungssofen muss vorhanden sein.

Schutzstufe 4

Das Labor muss baulich abgetrennt sein, die Zu- und Abluft muss gefiltert werden und der Zugang darf nur über Schleusen erfolgen, damit ein Unterdruck aufrechterhalten werden kann. Das Labor muss hermetisch abgeschlossen werden können um eine Desinfektion durchführen. Die Decken und Böden müssen den Anforderungen des S3-Labors entsprechen. Die Arbeitsstoffe sind unter Verschluss aufzubewahren und

Tierkörper müssen unmittelbar im Labor beseitigt werden. Außerdem muss jedes Labor eine eigene Ausrüstung besitzen.

Neben der BioStoffV sind in Deutschland weitere Verordnungen bzw. Richtlinien zu beachten

- GenTG Gentechnikgesetz
- GenTSV Gentechnik-Sicherheitsverordnung
- IfSG Infektionsschutzgesetz

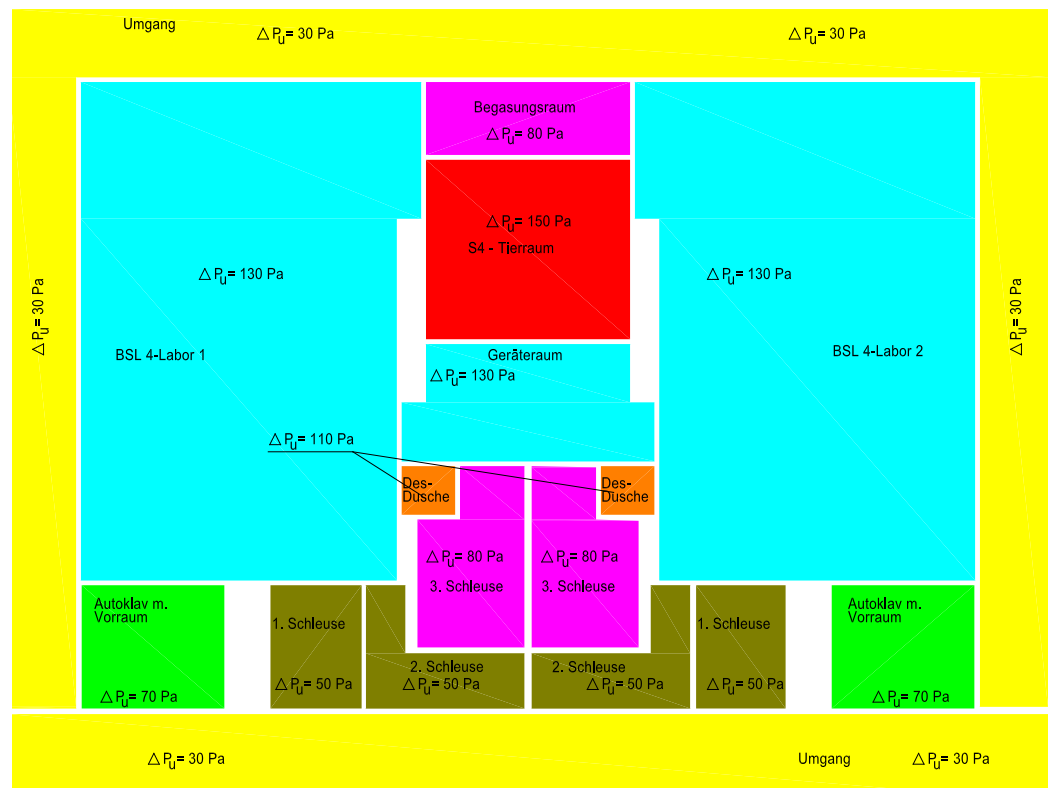


Bild 2: Druckstufen in einem BSL 4 Labor.

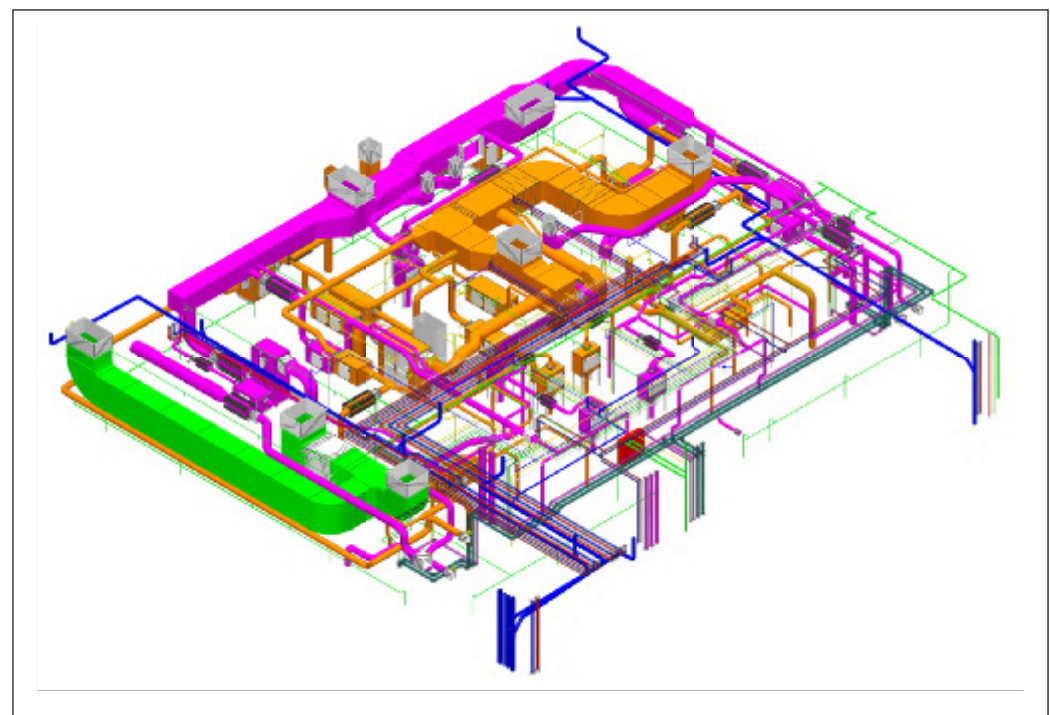


Bild 3: 3-D Darstellung der Versorgungsstruktur BSL-4 Labor Universität Marburg mit gasdichter Containmentfläche von 170 m².



Bild 4: Test von Druckregelsystemen in der caverion GmbH.

Bei Projekten im Ausland können weitere Vorschriften zu beachten sein, wie z.B. in den USA die BMBL Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories oder in Kanada die Canadian Laboratory Biosafety Guidelines. Ferner sind ggf. weitere Richtlinien der WHO zu beachten.

3 Lufttechnische Sicherheitsanforderungen

Aufgrund der unterschiedlichen Schutzstufen müssen auch die lufttechnischen Sicherheitsanforderungen entsprechend an das Gefährdungspotential angepasst

werden. Hier sind insbesondere folgende Richtlinien zu beachten.

- DIN EN 1620 Biotechnik
- DIN EN 12128 Laboratorien für Forschungs- und Entwicklungsanlagen
- DIN 1946 T7 Raumluftechnische Anlagen in Laboratorien
- DIN EN 1822 Schwebstoff-Filter
- TRGS 513 Begasung mit Formaldehyd

Ein Auszug aus der DIN EN 1620 (Tabelle 1) zeigt die wesentlichen Unterscheidungs-

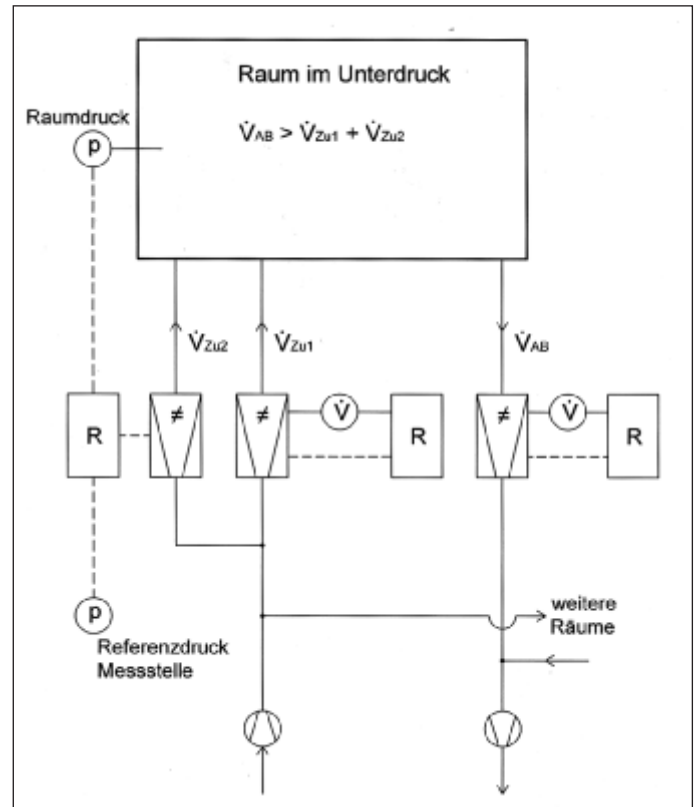


Bild 5: Raumregelkreis für Anlagen die mehrere Räume versorgen.

merkmale in Abhängigkeit der Sicherheitsstufe. Da in einer Forschungseinrichtung oftmals alle Sicherheitsstufen vorkommen, wird der Schwerpunkt der weiteren Betrachtungen auf die Stufen S3 und S4 gelegt. Hier ist in jedem Fall

eine Filterung über Schwebstofffilter erforderlich. Die Klassifikation der HEPA Filter ist nicht definiert und muß im Rahmen einer Risikoanalyse festgelegt werden. Bei den seitens caverion ausgeführten Anlagen der Stufe 3 und 4 wurden jedoch immer H13 und H14 Filter eingesetzt.

Weitere wichtige Punkte sind die permanente Aufrechterhaltung und Überwachung eines Unterdrucks, die Anlagenredundanz und die Möglichkeit des kontaminationsfreien Filterwechsels.

Die DIN EN 12128 enthält neben der DIN EN 1620 weitere Details, die insbesondere die höchste Sicherheitsstufe 4 betreffen. Die wesentlichsten sind nachstehend aufgeführt.

- Eigenes Gebäude oder deutlich abgegrenzt (Umgang) mit strengen Zugangs-kontrollen

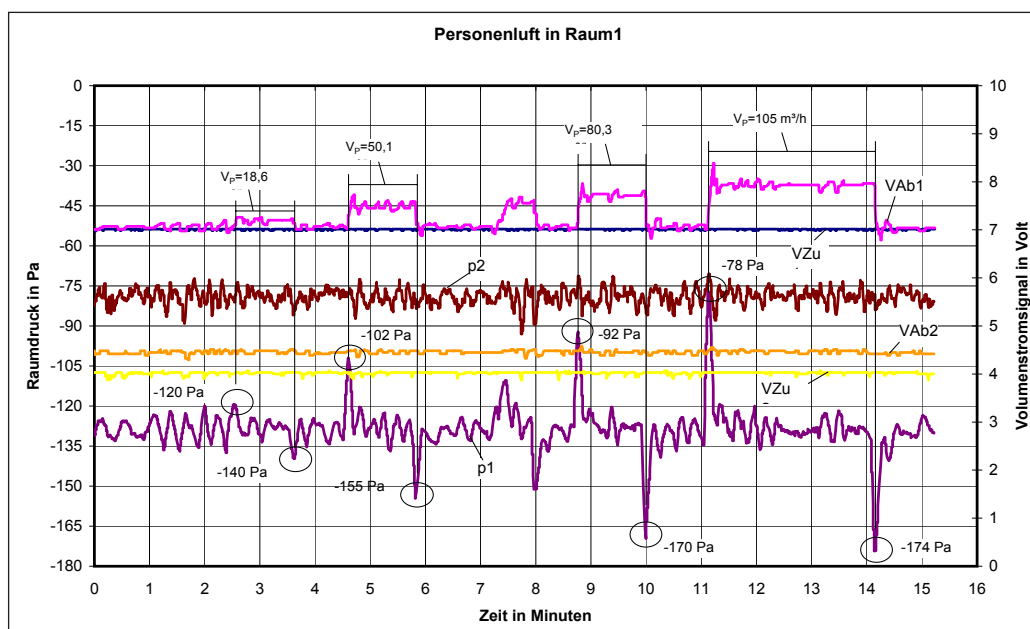


Bild 6: Variable Personenluftzugabe von 18 bis 105 m³/h in Raum 1.

- Schleuse und Durchreiche-Autoklaven mit gegenseitig verriegelnden Türen, abdicht- und begasbar
- Personendusche zwischen Schleuse und Labor
- Labor und Abluftsysteme zur Begasung mit geeigneten Mitteln abdichtbar
- Absaugung und Beseitigung des Begasungsmittels muss gewährleistet sein (Gasdichte Hülle inkl. aller Durchführungen)
- Rückflussabsicherung aller Ver- und Entsorgungsleitungen
- Komplette Desinfektionsmöglichkeit / Begasung des Containments
- Personalüberwachung von außen, Telefon, Sichtfenster
- Abfall- und Abwassersterilisation nach validiertem System
- Ggf. separate belüftete und begasbare Schleuse für Großteile
- Zu- und Abluftkanalsystem voneinander unabhängig
- Luftfilterung über HEPA-Filter in Zuluft 1-stufig und in Abluft 2-stufig
- Erster Abluftfilter innerhalb des Labors
- HEPA-Filter für Prüfungen zugänglich und sicher entfernbar
- Permanenter Unterdruck mit Druckstaffelung, Alarmsystem, Druckmesser von außen und im Labor ablesbar
- Zu- und Abluft so gekoppelt, dass der Aufbau eines Überdruckes im Versagensfall der Abluft verhindert wird
- Notstromversorgung
- Abluftsystem zur Begasung abdichtbar

Leider sind die Anforderungen der relevanten Richtlinien nicht immer deckungsgleich. Dies betrifft z.B. die Anzahl und Lage der Abluftfilter. Gemäß der DIN EN 12128 sind hier zwei Filter einzusetzen, wobei der erste noch innerhalb des gasdichten Containments installiert

werden muss. Die GenTSV fordert auch in der Zuluft zwei Filterstufen. Die Filter müssen im eingebauten Zustand sterilisierbar oder durch ein geräteseitig vorgesehenes Austauschsystem sicher ohne eine Kontamination der Umgebung austauschbar sein.

Ein Schwachpunkt bestehender Richtlinien ist ferner, dass keine konkreten Anforderungen an die Prüfvorschriften z. B. für die Dichtheit des Containments oder die verwendeten lufttechnischen Bauteile enthalten sind und dies im Einzelfall festgelegt werden muss. Bewährt hat sich aber die Heranziehung von Richtlinien aus dem Bereich der Nukleartechnik z. B. betreffend die zulässigen Leckraten von Klappen und Türen.

Des Weiteren findet man in den Richtlinien keine Hinweise auf zyklisch wiederkehrende Prüfungen an den Anlagen. Aufgrund des hohen Gefährdungspotentials der Erreger sind z. B. intervallmässige Prüfungen an den Filtern erforderlich, die aber nur mit Hilfe eines darauf abgestimmten Anlagen- und Komponentenkonzepts möglich sind. Damit im späteren Betrieb die Belange des Nutzers problemlos umsetzbar sind und auf Änderungen in der Nutzung flexibel reagiert werden kann, sind besondere Qualifikationen aller Beteiligten unbedingt erforderlich.

4 Beispiel Philipps Universität Marburg

Nach ca. 2 Jahren Bauzeit wurde Ende 2007 das erste BSL 4 Labor in Deutschland in Betrieb genommen. Das neue auf einer Grundfläche von 20 mal 20 Metern errichtete Gebäude (Bild 1) verfügt über eine Hauptnutzfläche von 663 m², wovon 285 m² Laborfläche sind. Es enthält in vier Geschossen nur die Technik, die zur Forschungs-

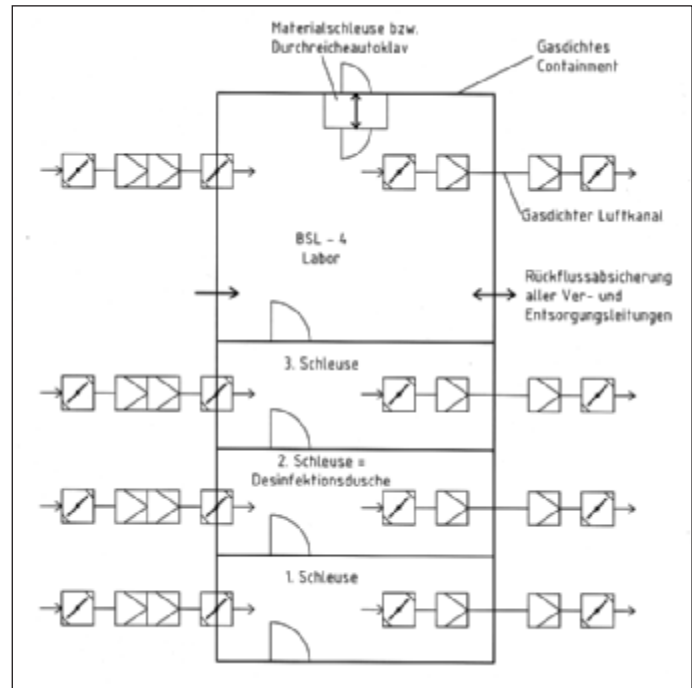


Bild 7: Komponenten mit sicherheitsrelevanten Dichtheitsanforderungen.

arbeit im mittleren Stockwerk unabdingbar ist. Das Laborgeschoss ist faktisch ein Gebäude im Gebäude, ein von den restlichen Stockwerken und von der Außenwelt hermetisch abgekapselter Bereich.

Das Labor besitzt zwei unabhängige identische Laborbereiche, deren Technik redundant ausgelegt ist und jeweils beide Laborbereiche versorgen kann (Bild 2). Parallel können bis zu vier Mit-

arbeiter in Vollschutzanzügen im Labor arbeiten, das über drei Schleusen gesichert ist.

Das Labor selbst hat innerhalb des gasdichten Containments eine Fläche von 170 m², die sich wie folgt aufteilt:

- 2 Labore mit je 67 m²
- 1 Tierraum mit 16 m²
- 1 Geräteraum mit 11 m²
- 1 Begasungsraum mit 6 m²
- 2 Personen-Desinfektionsduschen mit je 1 m²

Ferner befinden sich außerhalb des Containments noch:

- Je 3 Schleusen für die Labore 1+2
- Je 2 Autoklaven und Durchreicheschleusen mit Vorraum für die Labore 1+2
- 1 Containmentumgang

Wie aus Bild 2 erkennbar ist, wurde eine Unterdruckstaffelung von -150 Pa im Tierraum über -130 Pa in den Laborräumen und weiter abfallend über die 3 Schleusen bis auf -30 Pa im Flurumgang installiert. Die erforderliche Anlagen- und Sicherheitstechnik zeigt Bild 3. Im Wesentlichen sind die fol-



Bild 8: SCF_{hightec} HEPA-Filter mit 2 x 12 Zellen F6/H13, (Werksfoto caverion GmbH).



Bild 9: Universität Marburg, SCF_{hightec} HEPA-Filter mit 2 x 1 Zelle H13/H14 (Werksfoto caverion GmbH).

genden technischen Komponenten eingebaut worden:

- 2 Zuluft-Klimaanlagen mit je 8.045 m³/h (2 x 100%)
- 2 Abluftanlagen mit je 8.545 m³/h (2 x 100%); dienen auch der Entrauchung
- 2 Dampfluftbefeuchtungseinrichtungen für Tierraum
- 2 Schwebstofffilterstufen H13+H14 jeweils für Zu- und Abluft
- Gasdichte Absperrklappen mit pneumatischem Antrieb
- Automatische Scanneinrichtung für H14-Abluftfilter
- Volumenstromregler für Zu- und Abluft
- Separate Raumdruckregler

- 1 Aktivkohlefilter zur Abscheidung von Formaldehyd bei Desinfektion

Die Gesamtbaukosten beliefen sich auf ca. 11,5 Millionen Euro, wobei die Hälfte davon reine Technikkosten waren. Eine typische Aufteilung der Technikkosten auf Basis mehrerer ausgeführter Projekte zeigt Tabelle 2.

Neben dem BSL 4 Labor bei der Universität Marburg wurden auch beim Bernhard Nocht Institut BNI in Hamburg S3 und S4 Labore erstellt. Die Gesamtbaukosten hier betrugen ca. 25 Millionen Euro.

Im Bau befinden sich derzeit weitere Hochsicherheitslabore beim Friedrich-Loeffler Institut auf der Insel Riems, dem wohl weltweit größten Forschungsinstitut auf dem Gebiet der Veterinärmedizin. Ein Schwerpunkt dieses Bundesforschungsinstituts für Tiergesundheit sind Tierseuchen wie z.B. die Maul- und Klauenseuche und die verschiedenen Pestarten beim Schwein, Rind und Geflügel (Vogelgrippe). Die Gesamtbaukosten bei diesem Projekt belaufen sich über 200 Millionen Euro, wobei der Technikanteil über 50% liegt.

In Planung ist derzeit auch der Neubau eines Gebäudes am Robert Koch Institut RKI in Berlin. Neben anderen Einrichtungen wird in diesem Gebäude auch ein Hochsicherheitslabor der Stufe 4 errichtet. Baubeginn ist Mitte 2009. Dass hier humanpathogene Erreger untersucht werden und das Institut in einer Großstadt liegt, hebt den Sicherheitsaspekt besonders hervor.

5 Sicherstellung des Unterdrucks im Containment

Damit eine Kontamination der Umgebung ausge-

schlossen werden kann, muß neben der Verwendung von gasdichten Komponenten im Containment permanent ein Unterdruck zur Umgebung aufrechterhalten werden.

In der Praxis wird deshalb der höchste Unterdruck von 130 – 150 Pa im eigentlichen Labor über die Schleusen stufenweise bis zur Umgebung abgebaut (Bild 2). Da es sich bei Laboren der Sicherheitsstufe 4 immer um abgeschlossene Gebäudeteile handelt, wird meist dieser Gebäudeteil ebenfalls noch mit einem Unterdruck von ca. 30 Pa betrieben.

Um eine Raumdruckregelung zu betreiben, muss eine Referenzdruckmessstelle vorhanden sein. Hier eignet sich besonders ein unbelüfteter Raum innerhalb des Gebäudes. Weniger geeignet sind Positionen auf dem Dach oder an der Außenwand. Hier könnte der dynamische Winddruck das Messergebnis beeinflussen. Nur mit entsprechenden Referenzpunkten sind Druckstufungen zwischen mehreren Räumen oder Zonen umsetzbar. Der Regler sollte insbesondere bei pneumatischen Systemen möglichst nahe am zu überwachenden Raum angebracht werden, um die Messleitungen so kurz wie möglich zu halten.

Gasdichte Räume sind grundsätzlich schwierig zu regeln, weil bereits ein geringer Abluftüberschuß ausreicht, um einen Unterdruck im Raum zu erzeugen. An die Genauigkeit der lufttechnischen Komponenten werden deshalb sehr hohe Anforderungen gestellt. Dazu kommen Störgrößen wie das Öffnen von Türen im Containment bzw. die Zufuhr von Personenluft in die Vollschutzanzüge, welche die Luftbilanz und somit die Druckverhältnisse im Raum schlagartig verändern. Die Regelung selbst muß daher

	Sicherheitsstufe			
	1	2	3	4
Zuluft und Abluft im kontrollierten Bereich wird durch HEPA-Filter geführt	Nein	Nein	Ja, für Abluft	Ja
System, das Filterwechsel ohne Kontamination ermöglicht	Nein	Nein	Ja	Ja
Belüftungsanlage für Kontrolle und Wartung außerhalb der kontrollierten Bereiche zugänglich	Nein	Nein	Ja	Ja
Kontrollierter Bereich ist stets im Unterdruck gegenüber der Umgebung zu halten	Nein	Nein	Fakultativ	Ja
Alarmanlage zur Meldung unerwünschter Luftdruckveränderungen	Nein	Nein	Ja	Ja
Der kontrollierte Bereich sollte entsprechend belüftet sein, um die Luftkontamination auf einem Mindeststand zu halten	Nein	Fakultativ	Fakultativ	Ja
Separate raumlufttechnische Anlage	Nein	Nein	Fakultativ	Ja
Trennung von Zu- und Abluft	Nein	Nein	Fakultativ	Ja

Fakultativ: Fallweise aufgrund Risikobewertung zu entscheiden

Tabelle 1: Schutzstufen nach DIN EN 1620 Biotechnik.



Bild 10: Gasdichte Absperrklappe, Typ: GD-R (Werksfoto caverion GmbH).

sehr schnelle Reaktionszeiten aufweisen, ohne aber in unkontrolliertes Überspringen zu geraten. Ferner müssen die Antriebe der Volumenstromregler ebenfalls in der Lage sein, schnelle Veränderungen an den Stellgliedern vorzunehmen.

Im Labor der caverion GmbH wurden zur Untersuchung verschiedener Regelstrategien 3 Raumbereiche aufgebaut, die über Türen verbunden waren und ferner mit weiteren Störgrößen beaufschlagt werden konnten (Bild 4). Dabei besaß jeder einzelne Raum einen eigenen Regelkreis, wie in Bild 5 dargestellt. Aufgrund der sehr geringen Differenzvolumenströme zwischen Zu- und Abluft muß ab einer bestimmten Raumgröße ein zweiter Zu-

luftvolumenstromregler vorgesehen werden, über den nur ein Bruchteil des Hauptreglers zur Raumdruckregelung geleitet wird. Je nach Konzeption kann dieser auch in der Abluft positioniert werden.

Insbesondere das Anschließen der Labormitarbeiter an die Versorgungsluft führt aufgrund des zusätzlichen Luftvolumenstroms zu einem Abfall des Raumunterdrucks, der sofort ausgeregelt werden muß. Dies ist nur möglich, wenn bei der Auslegung auf eine ausreichende Reserve der Komponenten geachtet wurde. Wie schnell solche Störungen bei einem optimierten System ausgeregelt werden können, zeigt das Bild 6. Hier wurde der Personenluftvolumenstrom jeweils schlagartig

RLT-Anlagen	25 – 35%
Containment	10 – 20%
Heizung & Kälte	10 – 15%
Stark- und Schwachstrom, Aufzüge	10 – 18%
Thermische Abwasserbehandlung, Sanitär	10 – 18%
Sonstige Medien	bis 10%
Laboreinrichtungen	bis 20%

Tabelle 2: Typische Aufteilung von Technikkosten.



Profi-Messtechnik im Taschenformat

Messgeräte für Heizung, Klima und Lüftung.

Testo als führender Hersteller tragbarer Messtechnik, bringt für den rauen alltäglichen und schnellen Einsatz Messgeräte im Taschenformat:

Sensorik, die höchsten Ansprüchen gerecht wird, wie z. B. der Testo eigene, patentierte Feuchtesensor, garantiert Messergebnisse, auf die Sie jederzeit bauen können. Alle Geräte sind sehr handlich, klein, und einfach in der Bedienung. Display, Beleuchtung und Auto-off-Funktion runden die Geräte ab.

Immer dabei:

Schutzkappe, Trageschleife und Gürteltasche – unentbehrliche Ergänzungen für die Praxis.

So klein kann große Technik sein!

Im Fachhandel
www.testo.de/handel



testo AG · Testo-Straße 1 · 79853 Lenzkirch
Tel. 07653 681-700 · Fax 07653 681-701
www.testo.de · vertrieb@testo.de

in einer Bandbreite von 18 bis 105 m³/h zugegeben, wobei der Raumunterdruck jeweils nur kurzzeitig von 130 Pa auf im ungünstigsten Fall 78 Pa absackte.

6 Sicherheitsrelevante Komponenten

Für den Bereich der lufttechnischen Versorgung zeigt Bild 7 die wesentlichen Komponenten. Das wohl wichtigste Bauteil in Bezug auf die Sicherheit zur Vermeidung einer Kontamination der Umwelt ist der Filter mit seinem Gehäuse. Um die Anforderungen gemäß den Verordnungen, Normen und Richtlinien zu erfüllen, sind folgende Funktionen erforderlich bzw. zu empfehlen:

- Gasdichte Klappen an Ein- und Austritt
- Kontaminationsfreier Wechsel der Filterelemente (z.B. Schutzsack-Wechselmethode)
- Dichtsitzprüfungen für die HEPA-Filterelemente, d.h. Leckagetest der Dichtungen
- Scan-Test in eingebautem Zustand mit Aerosolaufgabe, d.h. Leckagetest des Filtermaterials und Abscheidegradbestimmung
- Desinfektionsanschlüsse sowie dazu passend Desinfektionsgerät

Ein Filtersystem mit den aufgeführten Merkmalen zeigt Bild 8. Es können in einem Gehäuse 2 Filter stufen hintereinander eingebaut werden. Durch die Modulbauweise sind Filtergrößen von 1 Stück á 305 x 305 mm bis zu 12 Stück á 610 x 610 mm möglich. Bild 9 zeigt eine kleinere Ausführung, wie sie bei der Universität Marburg eingesetzt wurde.

Ein weiteres sicherheitsrelevantes Bauteil ist die gasdichte Absperrklappe (Bild 10). Auch hier muß die Möglichkeit der Prüfung im eingebauten Zustand gegeben sein, weshalb eine entsprechende Prüfrille



Bild 11: Gasdichte Tür (Werksfoto caverion GmbH).

in die Dichtung eingearbeitet ist. Um die hohen Dichtungsanforderungen zu erfüllen, schließt die Klappe nach einer genau vorgegebenen Kinematik. Nachdem in der Schließphase die 90° Schwenkbewegung abgeschlossen ist, wird das Klappenblatt mit einer Linearbewegung in die Dichtung gepresst. Dies garantiert höchste Dichtigkeit und eine lange Lebensdauer der Dichtung, da diese nicht durch eine Scherbewegung belastet wird. Die Dichtigkeit wird nach DIN 25414 geprüft.

Besondere Anforderungen werden auch an die Gasdichtigkeit der Türen gestellt (Bild 11). Obwohl der Zugang zu einem BSL Labor nur über mehrere Schleusen möglich ist, dürfen die Türen bei einem Prüfdruck von 2000 Pa nur eine Leckage von max. 10 l/(hm²) aufweisen. Im späteren Einsatz sind die Drücke jedoch weitaus geringer, d.h. zwischen den Räumen bei maximal 50 Pa. Auch diese Türen weisen die Möglichkeit der Dichtprüfung im eingebauten Zustand auf und können mit zusätzlichen optischen und elektrischen Sicherheitselementen ausgerüstet werden.

7 Kriterien für erfolgreiche Hochtechnologieprojekte

Damit Projekte im Bereich der Hochsicherheitslabore erfolgreich sind, bedarf es aufgrund der besonderen Komplexität ein hohes Maß an Fachwissen und Erfahrung aller Beteiligten. Ein Bauherr ist gut beraten, wenn er sich dieses durch entsprechende Referenzen nachweisen lässt. Wichtig in der Frühphase ist auch eine Prüfung, ob mit dem vorhandenen Budget ein Labor nach dem Stand der Technik gebaut werden kann. Insbesondere sind unterschiedliche Sicherheitsaspekte in den Verordnungen und Richtlinien zu diskutieren und frühzeitig Festlegungen zu treffen. Ferner darf die Flexibilität eines Hochsicherheitslabors nicht außer Acht gelassen werden, wobei auch die Überprüfbarkeit der sicherheitsrelevanten Komponenten im eingebauten Zustand einen hohen Stellenwert in Bezug auf eine möglichst hohe Nutzungszeit bei nur kurzen Stillstandszeiten hat.

Bei der Vergabe ist unbedingt auf eine Präqualifikation der ausführenden Firmen zu achten. Aufgrund des sehr hohen Technikanteils ist eine Vergabe nur allein an einen „Gesamt-Generalunternehmer“ nicht zu empfehlen.

Treten Unsicherheiten bei der Auswahl von sicherheitsrelevanten Komponenten auf, sind u. U. Laborversuche zur Absicherung erforderlich. Ausführende Firmen mit einer eigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung haben hier zweifellos Vorteile in Bezug auf fachliches Know-how, welches bei speziellen Tests erforderlich ist.

Bezüglich der Abnahme, Schulung und Sicherheitstraining der Betreiber ist ein ausreichend langer Zeitraum einzuplanen. Insbesondere die zu prüfenden Bauteile

und Systemfunktionen sind frühzeitig festzulegen. Einige wichtige Tests, die zur Sicherheit des Gesamtsystems erforderlich sind, können bei falscher Komponentenauswahl im eingebauten Zustand überhaupt nicht mehr durchgeführt werden, was unter Umständen die Abnahmeprozedur verlängert.

Letztendlich ist das Betreiben inkl. Wartung und Instandhaltung auch ganz entscheidend von der Durchgängigkeit des Konzepts abhängig. Dies betrifft sowohl wiederkehrende Sicherheitsprüfungen an den gasdicht schließenden Komponenten wie auch die Filterprüfung bzw. deren Austausch.

8 Zusammenfassung

Die Anforderung an die lufttechnische Versorgung von BSL 3 bzw. BSL 4 Laboren und deren system- und sicherheitsrelevanten Bauteile können wie folgt zusammengefasst werden.

- Hohe Anforderungen an die Gasdichtigkeit des Containments
- Zugang über mehrere Schleusen
- Desinfektion von Personen und Bauteilen
- Hohe Anforderungen an die gestaffelte Unterdruckhaltung in den einzelnen Bereichen, insbesondere schnelle Ausregelung von Störgrößen
- Redundanz der wesentlichen sicherheitsrelevanten Bauteile
- Mehrstufige HEPA-Filterung
- Sicherheitsrelevante Komponenten mit intelligenter Technik zur Überprüfung, Wartung und Instandhaltung im eingebauten Zustand.

Des Weiteren sind natürlich Systeme zur Sterilisation und Desinfektion von Abfällen, Abwässern, Tierkadavern etc. erforderlich, auf die hier nicht weiter eingegangen worden ist.

AN SICH NICHT **NEU** ABER SPÜRBAR ROBUST



Geberit PushFit – die neue Trinkwasser-Steckverbindung für die schnelle und einfache Etagenansbindung

Bei der Entwicklung der neuen Trinkwasser-Steckverbindung Geberit PushFit hatten Robustheit, Sicherheit und Flexibilität oberste Priorität. Zwei Dichtringe, Haltekrallen aus Edelstahl, ein robuster Fittingkörper, ein deutlich erkennbarer Steckindikator für die sichere Verbindung. Ein leichtes Multilayer-Rohr und ein hochflexibles Vollkunststoffrohr für die einfache und schnelle Etagenansbindung in den Dimensionen d 16, 20 oder 25. Schnell gesteckt. Zuverlässig installiert. Professionell gearbeitet. Das verstehen wir unter Know-How Installed.

www.geberit.de

**KNOW
HOW
INSTALLED**

 **GEBERIT**