

Betrieb und Wartung von Klimaanlage mit besonderer Berücksichtigung der Luftfilter

K. Botzenhart und H. Rüden
Hygiene-Institut der Universität Bonn

1. Einleitung

Viele Krankenhäuser müssen in Teilbereichen klimatisiert werden, da die Innenzonen nicht natürlich belüftet werden können. Zum gleichen Ergebnis führt die zunehmende Bauhöhe der Bettenhäuser, welche ein Öffnen der Fenster nicht mehr zulässt. Darüber hinaus werden verschiedene Bereiche, wie Op.-Säle, Verbrennungstationen, Intensivstationen und ähnliche künstlich belüftet, um freiwerdende Gase und Gerüche abzuführen und die aerogene Verbreitung von Mikroorganismen zu verhindern. Die überwiegend aus technischen Gründen dem Personal und dem Patienten vorgegebene Klimatisierung hat aber in der Vergangenheit zu Klagen geführt, die in der Behauptung gipfelten, dass die Anlagen das Infektionsrisiko für die Patienten eher erhöhten als verminderten. Diese Gefahr konnte durch hygienische Untersuchungen bestätigt werden [10, 24]. Daher wurde von fachhygienischer Seite die Konstruktion und der Betrieb der Anlagen auf mögliche Fehlerquellen hin untersucht [3, 9, 11].

Den Filtern kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu, weil sie allein eine erhebliche Verminderung der Keimzahl bewirken können.

2. Aufbau der Klimaanlage

Das in Abbildung 1 wiedergegebene Schema soll den Aufbau einer Klimaanlage in Erinnerung rufen. Die Einstellung der Feuchte und Temperatur erfolgt durch Erhitzer, Kühler (Temperaturniedrigung und Entfeuchtung) und Befeuchtungssysteme. Für den Lufttransport und zur Überwindung der Widerstände der Anlagenelemente ist ein Ventilator erforderlich. Die durch Strömungsgeräusche bedingte Lärmentwicklung muss durch Schalldämpfer reduziert werden. Filter unterschiedlicher Güteklassen (siehe Tabelle 1) sind

Tabelle 1:
Übersicht über Filterqualitäten (aus: 16)
Staubfilter (oben), Schwebstofffilter (unten)

| Filterbezeichnung | Filterklasse | Wirkungsbereich | mittlerer Abscheidegrad für Feinstaub (< 5 µm) in der Konzentration < 5 mg/m³ |
|-------------------|--------------|-----------------|---|
| Grobstaubfilter | A 1/A 2 | 100-10 µm | 40 %/50 % |
| Feinstaubfilter | B 1/B 2 | 10- 1 µm | 70 %/80 % |
| Feinstaubfilter | C | bis < 1 µm | 95 % |

| Filterbezeichnung | Filterklasse | Wirkungsbereich | Abscheidegrad für Paraffinölnebel Durchm. 1 µm, Max. d Teilchen 0,3-0,5 µm |
|--|--------------|-----------------|--|
| Hochleistungsschwebstofffilter (HOSCH- oder S HEPA-Filter) | Q | bis < 1 µm | 85 % |
| | R | | 98 % |
| | S | | 99,97 % |

Für den hygienisch einwandfreien Betrieb von Klimaanlage sind regelmässige Kontrollen der Filter hinsichtlich Abdichtungen und Beschädigungen sowie der Kühler und Befeuchteranlagen auf mikrobielles Wachstum erforderlich.

nach dem zurzeit vorliegenden Entwurf der DIN 1946 Blatt 4 [1] an folgenden Stellen vorgesehen: Saugseitig vom Ventilator, nahe der Ansaugöffnung für die Aus-

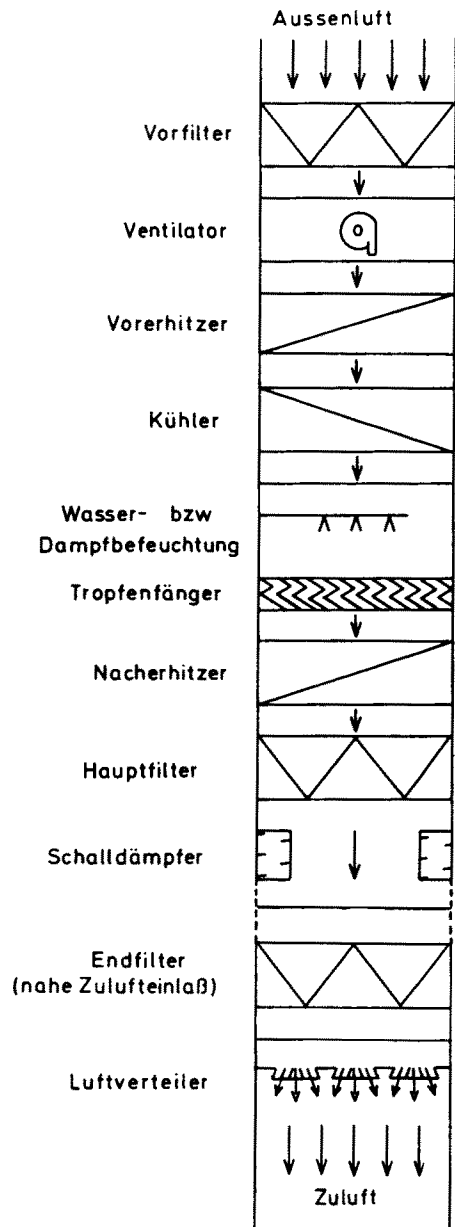


Abbildung 1
Aufbau einer Klimaanlage (nach 3)

senluft, ist ein Feinstaubfilter anzubringen, welches eine Verschmutzung der Aggregate verhindern soll. Nach Aufbereitung der Luft muss druckseitig vom Ventilator vor der Aufteilung des Kanals in einzelne Zuluftstränge eine Filterung mit Feinstaubfiltern erfolgen, um den noch in der Zuluft enthaltenen Staub zu entfernen. Hierdurch soll auch das nachgeschaltete Kanalnetz von Ablagerungen freigehalten werden, da sich bislang eine sorgfältige und regelmässige Flächendesinfektion in den Kanälen als undurchführbar erwiesen hat. Für Räume mit gesteigerten Anforderungen an die Asepsis soll eine weitere, dritte Filterstufe nahe dem Zulufteinlass im Raum angeordnet werden. Hierbei sind Filter der Klassen C, R und S zu verwenden. Für die Verwendung im medizinischen Sektor ist von Interesse, dass aufgrund eines Zusammenspiels verschiedener Abscheide-Effekte der Rückhaltegrad der Filter für Teilchen mit einer Grösse von $0,3 \mu\text{m}$ am geringsten ist. Die drei wirksamen Faktoren, nämlich der Diffusionseffekt, der Sperrreffekt und der Trägheitseffekt, und ihr Einfluss auf Partikel verschiedener Grösse sind in der Abbildung 2 dargestellt [14]. Insofern ist eine Durchlässigkeit für Viren nicht zu befürchten.

Grundsätzlich ist demnach für alle Krankenhausbereiche eine zweistufige Filterung vorgeschrieben. Zahlreiche Räume des Behandlungstraktes werden mit einer zusätzlichen Filterstufe ausgerüstet. Aus der Tabelle 2 geht hervor, welche Raumgruppen welche Filterqualitäten benötigen.

Nach der abschliessenden Filtration sind die Fragen der Luftführung im Raum sowie der Druckhaltung zu beachten. Von Bedeutung ist, dass nach DIN 1946 [1] Zulufteinlässe nur deckenseitig, Fortluftauslässe dagegen in Fussbodenniveau und deckenseitig in einem Verhältnis von 3:1 anzuordnen sind, damit auch die bodennahen Bezirke ausreichend ventiliert werden können.

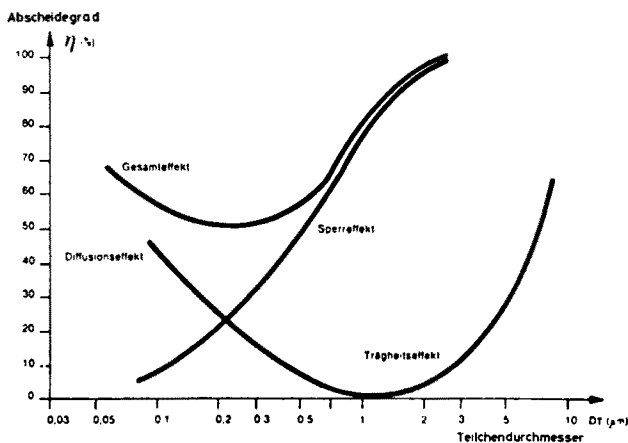


Abbildung 2 Wirkung der Abscheidemechanismen auf den Abscheidegrad für Teilchen unterschiedlicher Grösse (aus: 14)

Tabelle 2: Art und Zahl der Filterstufen (nach: 1)

| Raumart | Filterstufe: Filterklasse: | 1 B: | 2 C | 3 C | R | S |
|--|-------------------------------|---------|--------|--------|---|---|
| <i>Operative Fächer</i> | | | | | | |
| Op.-Abteilungen (Gelenkprothetik, Transplantationen usw.) | | + | + | | | + |
| Op.-Abteilungen (restliche Operationen) | | + | + | | + | |
| Intensivpflegeräume | | + | + | | + | |
| Aufwchräume | | + | + | + | | |
| Entbindungsräume | | + | + | | + | |
| Behandlungsräume | | + | + | | | |
| Bettzimmer und sonstige Räume ¹ | | + | + | | | |
| <i>Nicht operative Fächer</i> | | | | | | |
| Räume für immunsystem- gestörte Patienten (z. B. Leukämiebehandlung) | | + | + | | | + |
| Intensivpflegeräume | | + | + | | + | |
| Infektionsstation | | + | + | | + | |
| Frühgeborenenstation | | + | + | | + | |
| Neugeborenenstation ¹ | | + | + | + | | |
| Säuglingsstation ¹ | | + | + | + | | |
| Behandlungsräume | | + | + | | | |
| Bettzimmer und sonstige Räume ¹ | | + | + | | | |
| <i>Klinisch-theoretische Fächer und sonstiges</i> | | | | | | |
| Prosektur | | + | + | | | |
| Bettzentrale | | + | + | | | |
| Zentralsterilisation | | + | + | | | |

¹ Lüftungstechnische Anlagen unter gewissen Voraussetzungen entbehrlich

Bei konventioneller Lüftung ist infolge der entstehenden Turbulenz von einer gleichmässigen Verteilung von Gasen und Aerosolpartikeln im Raum auszugehen [22]. Durch mechanische und thermische Einflüsse sowie beim Vorliegen schwerer Gase kann die Durchmischung behindert werden.

Durch ein ausgewogenes Verhältnis von Zuluft und Abluft soll ein Drucküberschuss in Räumen mit höheren Anforderungen an die Asepsis gegenüber geringer zu bewertenden Räumen gewährleistet werden. Die angestrebte Druckdifferenz ist allerdings bei Offenstehen einer oder mehrerer Türen, zuweilen auch bei entsprechendem Winddruck häufig nicht mehr gewährleistet [5].

3. Bedeutung der Filter

Aus dieser kurzen Darstellung des Aufbaues der Klimaanlage geht hervor, dass den verwendeten Filtern für die mikrobiologische Reinheit der Zuluft eine zentrale Bedeutung zukommt.

Das Abscheidevermögen der Filter wird durch die erwähnten physikalisch-quantitativen Prüfverfahren

festgelegt [2, 23]. Man kann davon ausgehen, dass die Abscheidung von Mikroorganismen sich nicht grundsätzlich anders vollzieht als die Abscheidung von unbeladenen Partikeln entsprechender Grösse. Ein gravierender Einwand gegen das in die Filter gesetzte Vertrauen kann aber in einzelnen Beobachtungen und Vermutungen gesehen werden, dass sich Mikroorganismen nach ihrer Abscheidung auf dem Filter vermehren, dieses durchwachsen und schliesslich in der Reinfluft in grösserer Zahl wieder auftreten können [7, 22]. Bei einer Bestätigung dieses Verdachtes wäre dem Einsatz von hochwertigen Filtern im Krankenhausbereich die Begründung entzogen oder es müssten durch zusätzliche Massnahmen die Erscheinungen mikrobiellen Wachstums verhindert werden.

Eine besondere Bedeutung muss in diesem Zusammenhang der relativen Feuchte der Zuluft beigemessen werden. Mikrobielles Wachstum ist bei ausreichendem Dampfdruck auch ohne tropfbare Feuchte möglich [13]. Weiterhin führt eine hohe relative Feuchte im Filtervlies zur Erscheinung der sogenannten Kapillarkondensation, wodurch kleinste Tropfen an den Fasern entstehen können, und schliesslich kann bei ungünstigen Umständen auch von der Luftbefeuchtungsanlage her Wasser in aerosolartigen Tröpfchen auf dem Filter niedergeschlagen werden. Während der letztere Umstand als technisch zu vermeidender Mangel bezeichnet werden kann, sind hohe relative Feuchten der Zuluft im Sommerbetrieb notwendig, weil zur Aufrechterhaltung einer Mindestfeuchte im Op. von 50% kühle Luft mit hoher relativer Feuchte zugeführt werden muss. Es wurde daher experimentell untersucht, ob sich unter den unterschiedlichen Betriebsbedingungen ein mikrobielles Wachstum auf den Filtern erzielen lässt.

4. Versuchsergebnisse zum Verhalten von Mikroorganismen auf Filtermaterial

Die hierzu gewählte Versuchsmethodik ist anderen Ortes detailliert dargestellt [17, 18]. Es wurden Hochleistungs-Schwabstoff-Filter aus hydrophobiertem Glasfasermaterial in einer Klimakammer besaugt und mit 16 verschiedenen Keimarten - grampos. Kokken, gramneg. Stäbchen, grampos. Stäbchen, teilweise mit Sporenbildung und verschiedenen Pilzarten - beaufschlagt. Die Keimzahl wurde zu Beginn und nach dreiwöchiger Besaugung bestimmt. Auch bei Feuchten von $90 \pm 5\%$ r. F. konnte ein Wachstum der Mikroorganismen, das heisst, eine deutliche Vermehrung über die zu Versuchsbeginn bestehende Keimzahl hinaus, nicht festgestellt werden; auch konnte im Experiment ein Durchwachsen der Keime durch die Filter nicht nachgewiesen werden (Abbildung 3).

Es wurden ferner aus einer laufenden Klimaanlage Filter der Güteklasse C nach unterschiedlichen Standzeiten entnommen und auf ihren Keimgehalt hin untersucht. Aus der Tabelle 3 geht hervor, dass die Mehr-

Tabelle 3: Keimgehalt von Glasfaser-Feinststaubfiltern (Klasse C) in Abhängigkeit von der Standzeit (aus: 18)

| Standzeit (Wochen) | Keimzahl pro g Filtermaterial | |
|--------------------|-------------------------------|--------|
| | Bakterien | Pilze |
| 1 | 3300 | 700 |
| 2 | 7600 | 2 000 |
| 3 | 1000 | 900 |
| 4 | 1050 | 1 400 |
| 5 | 600 | 37 000 |
| 6 | 2500 | 1 500 |
| 7 | 2900 | 2 700 |
| 8 | 2600 | 3 200 |
| 9 | 1600 | 700 |
| 10 | 3000 | 700 |
| 11 | 1000 | 400 |
| 12 | 1900 | 700 |
| 13 | 2000 | 400 |

zahl der abgeschiedenen Mikroorganismen nach kurzer Zeit abstirbt. Die Keimzahlen im Filtermaterial variieren weitgehend unabhängig von der Dauer der Standzeit. Die gefundenen Zahlen stellen vermutlich eher eine Momentaufnahme des Keimgehaltes der Aussen-

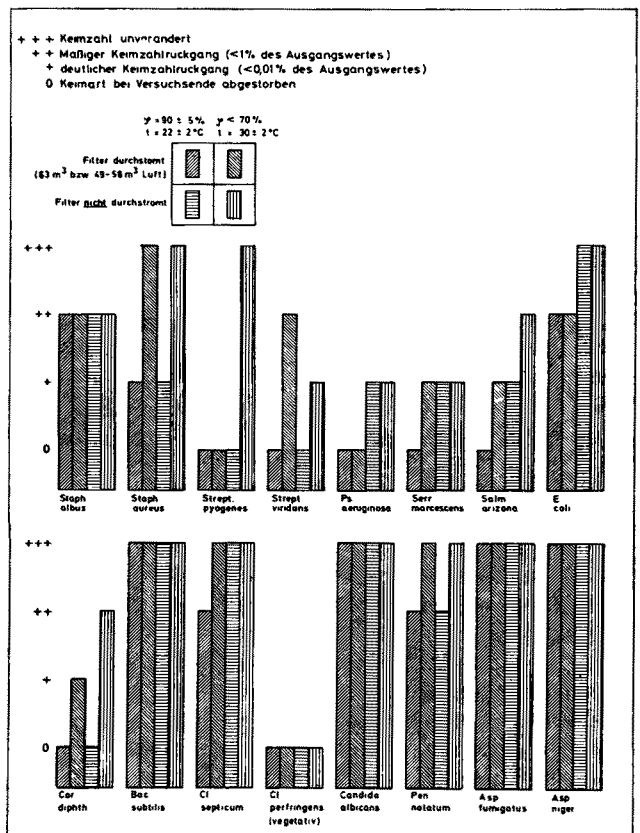


Abbildung 3 Das Überleben verschiedener Mikroorganismen auf Glasfaser-Hochleistungs-schwabstofffiltern unter vier Versuchsbedingungen (aus: 18)

luft in den letzten 3 bis 7 Tagen vor der Untersuchung dar. Im Entnahmezeitraum wurden allerdings nur Feuchten unter 70 % r.F. gemessen.

Die physikalisch begründete Vermutung, dass die Kapillarkondensation die Grundlage zu einer Keimvermehrung auf bzw. im Filtermaterial bilden könnte, hat in unseren Untersuchungen keine Bestätigung gefunden. Hierfür sind mehrere Erklärungsmöglichkeiten vorhanden. Es muss gefragt werden, wie gross die resultierenden Feuchtigkeitströpfchen werden, wie lange sie persistieren und ob sie in grösserer Zahl konfluieren. Sofern ein Zusammenfluss dieser Tröpfchen nicht stattfindet, ist eine Vermehrung einzelner Keime in ihnen möglicherweise ohne Bedeutung. Ebenso bewirkt eine kurze Lebensdauer eine Schädigung eventuell gewachsener Keime durch Trocknung. Entsprechende Verhältnisse liegen bei Wasser- in Öl-Emulsionen (Nahrungsmittel, Kosmetika) vor [20]. Ferner könnte vermutet werden, dass die abgeschiedenen unbelebten Substanzen einen antimikrobiellen Einfluss ausüben. Insbesondere ist an das in der Luft enthaltene SO_2 zu denken, welches auch in anderem Zusammenhang für die Entstehung saurer Niederschläge verantwortlich gemacht wird. Aufgrund orientierender Untersuchungen von Inhaltsstoffen aus C-Filtern muss jedenfalls vermutet werden, dass die chemische Zusammensetzung des abgeschiedenen Materials ein mikrobielles Wachstum eher behindert als fördert.

Die diesbezüglichen Untersuchungen haben daher zu der beruhigenden Feststellung geführt, dass in einem weiten Bereich der Betriebsbedingungen in Klimaanlage ein mikrobielles Wachstum auf den verwendeten Filtern nicht gefunden werden kann. Der bisher fast ausschliesslich negative Befund beinhaltet allerdings auch die Feststellung, dass die Grenzbedingungen für ein Wachstum von Mikroorganismen auf Filtern oder hygienisch bedenkliche Durchfeuchtung hierdurch noch nicht festgelegt werden konnten.

5. Ausschaltung gasförmiger Verunreinigungen

Häufige Klagen über die mangelhafte Funktion der Klimaanlage sind auch infolge des Auftretens von unangenehmen Gerüchen zu erwarten. Aus diesem Anlass ist darauf hinzuweisen, dass die Filter wie auch alle anderen Aggregate der Klimaanlage nicht für die Zurückhaltung von gasförmigen Substanzen und Gerüchen konzipiert sind. Die Vermutung, es könnte als Nebenwirkung zu einer Verminderung des Gehaltes an gasförmigen Fremdstoffen kommen, konnte durch eigene Untersuchungen für Kohlenmonoxyd auch bei Einsatz von Aktiv-Kohlefiltern abgelehnt werden [19]. Auch für SO_2 reichen Kontaktzeit und Volumenverhältnisse für eine nennenswerte Rückhaltung nicht aus. Eine Fernhaltung gasförmiger Schadstoffe muss daher bereits bei der Wahl der Ansaugöffnung für die Ausenluft erzielt werden.

6. Messverfahren

Diese günstigen mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse sollten jedoch nicht zu einem unberechtigten Vertrauen in das Funktionieren der Klimaanlage Anlass geben. Die Probleme bei Betrieb und Wartung der Anlagen sind so zahlreich, dass eine Kontrolle des Keimgehaltes der geförderten Luft an den verschiedenen Behandlungsstationen angebracht ist. Die Erfassung der Luftkeimzahl kann mit verschiedenen erprobten Geräten erfolgen, von denen besonders der Andersen-Sampler, das Sartorius-Luftfiltrationsgerät und der Casella-Slit-Sampler erwähnt werden sollen. Während mit dem Andersen-Sampler unter Versuchsbedingungen die höchsten Ausbeuten erzielt wurden, wird dem Slit-Sampler häufig aus praktischen Gründen der Vorzug gegeben [21]. Bei dem Sartorius-Gerät kann der Saugkopf besonders leicht an interessierende, eventuell auch sterile Stellen gebracht werden.

Die Ergebnisse verschiedener Autoren zeigen übereinstimmend, dass bei geeigneten Filtern auch die Luftkeime entsprechend der Abscheideleistung zurückgehalten werden [3, 11]. Hierbei wird deutlich, dass die Keime an grösseren Partikeln haften, da bereits B_2 -Filter eine erhebliche Reduktion erzielen und C-Filter nur noch wenige Keime pro m^3 in der Reinluft auftreten lassen. Bei ausreichendem Luftwechsel und fehlerfreier Filtration können daher klimatisierte Räume eine geringere Luftkeimzahl haben als natürlich belüftete Räume mit gleicher Belegung. Das Spektrum der Keimzahlen reicht dabei von mehr als $1000/\text{m}^3$ in natürlich belüfteten Operationsräumen mit starker Belegung über Werte um und unter $100/\text{m}^3$ in belegten bzw. unter $10/\text{m}^3$ in leeren Op.-Räumen mit leistungsfähigen Klimaanlage bis zu Werten unter $1/\text{m}^3$ bei sogenannten Laminar-Flow-Anlagen [4, 25].

Im Rahmen der bakteriologischen Kontrolle ist es notwendig, die Leistung der Filter in Form der Rückhaltung von Keimen aus der anströmenden Luft zu erfassen. Daher müssen die Luftkeimzahlen in der Ausenluft, in der Luft nach dem Vorfilter, nach dem C-Filter sowie nach dem Schwebstoff-Filter gemessen werden. Falls der Verdacht besteht, dass Fremdluft eindringt, oder z. B. in den Behandlungsaggregaten eine Kontamination auftritt, muss auch unmittelbar vor dem C-Filter bzw. vor dem Schwebstoff-Filter noch einmal gemessen werden. Die Luft muss aus dem Luftkanal entnommen werden, dabei sind aber längere Schlauchleitungen zu vermeiden, da in ihnen eine Abscheidung von Mikroorganismen auftreten kann. Bei der Entnahme nach dem Schwebstoff-Filter muss gewährleistet sein, dass nur Zuluft ohne Beimengung von Raumluft in das Messgerät eintritt.

Aus der Abscheideleistung der Filter und der Keimbelastung der Zuluft kann man den höchsten zu erwartenden Keimgehalt der Reinluft errechnen. Für R- und S-Filter muss sich bei dreistufiger Filtration

stets ein Wert unter 1 m^3 in der Zuluft ergeben. Diese Zahlen sind als Funktionskontrolle der Anlage zu verstehen. Sie sollen aber keine hygienische Forderung für die Luft von Operationssälen darstellen. Hierfür sind in der BRD noch keine begründeten Grenzwerte festgelegt. Die Belüftung mit keimarmer Luft bei Luftwechselzahlen über 10/Std. (neuerdings 20/Std. [1]) sowie die Vermeidung stärkerer Keimstreuungen im OP sollte aber zwangsläufig dazu führen, dass auch während des Op.-Betriebes Werte unter $100/\text{m}^3$ gemessen werden.

Eine Kontrolle der Filter ist zum Teil auch über eine Partikelzählung möglich, welche wegen der ungleich grösseren Auswertegeschwindigkeit Vorteile bei der Fehlersuche bieten kann.

7. Probleme bei Wartung und Betrieb

Häufige Klagen betreffen das Auftreten von Gerüchen in den belüfteten Räumen. Diese können von aussen oder aus der Abluftöffnung der Klimaanlage stammen; sie können aber auch durch Venturieffekte aus anderen, am gleichen Kanal angeschlossenen Räumen herrühren. Einen Sonderfall in dieser Hinsicht stellt die Möglichkeit einer Ansaugung von Luft aus der Abwasserkanalisation über Gullies im Aussenluftschacht dar, welche daher abzulehnen sind [1].

Eine Besiedlung des Kühlaggregates ist kaum zu vermeiden. Es sollte aus hygienischer Sicht gewährleistet sein, dass das Kühlaggregat in regelmässigen Abständen mechanisch gesäubert werden kann. Hierzu ist eine leichte Zugänglichkeit Voraussetzung.

Die Befeuchtung der Zuluft geschieht zum Teil durch sogenannte Umlaufsprühbefeuchter. Sie beinhalten das Problem einer hochgradigen Bakterienvermehrung, welches ohne zusätzliche Massnahmen zwangsläufig eintritt. Es kann versucht werden, durch laufende Desinfektionsmittelzugaben oder durch UV-Tauchlampen dieser Erscheinung zu begegnen [8, 9]. In jedem Falle müssen jedoch kontinuierlich zusätzliche Anstrengungen unternommen und der Erfolg der Bemühungen auch kontrolliert werden. Daher liegt es nahe, auf in dieser Hinsicht unverdächtige Methoden, das heisst die Befeuchtung durch hydrazinfreien Trockendampf auszuweichen. Der eingeblasene Dampf ist, wie eigene Untersuchungen bestätigten, mikrobiologisch unbedenklich. Bei entsprechend ausgerüsteten Anlagen ist jedoch anhand von Trockenrändern häufig zu bemerken, dass es nach der Dampfbefeuchtung zeitweilig zum Niederschlag von Kondensat und pfützenartiger Ansammlung desselben auf dem Kanalboden kommen kann.

Ein der Befeuchtung nachgeschalteter Tropfenfänger wird ebenso wie der Kühler und der Umlaufsprühbefeuchter in der Regel ein Ort mikrobiellen Wachstums sein. Hier ist ebenfalls für regelmässige mechanische Reinigung zu sorgen. Hinsichtlich der Kanäle ist man zumindest in der BRD von der hygieni-

schen Forderung abgerückt, dass eine Reinigung und Desinfektion in regelmässigen Abständen erfolgen müsse. Abgesehen von der schwierigen Realisierung dieser Forderung ist es nach der Durchführung zu höheren Keimzahlen in der Zuluft gekommen als vorher [12, 15]. Die Kanäle sollen sauber übergeben werden und während ihrer Funktion durch das vorgeschaltete C-Filter vor weiterer Verschmutzung geschützt werden. Selbstverständlich müssen die Kanäle frei von grösseren Öffnungen sein, weshalb auch Revisionsklappen nur in geringer Zahl angebracht werden sollten. Die Ventilatoren sollten mit einer Funktionskontrolle nicht nur des Motors, sondern auch des Ventilators selbst in Form einer Luftströmungsanzeige ausgerüstet sein.

Die Filter müssen zunächst beschädigungsfrei eingebaut sein. Diese Forderung ist nicht immer erfüllt. Ferner müssen sie durch Tropfenfänger vor Belastung mit Flüssigkeitsaerosolen geschützt sein. Am schwierigsten ist schliesslich die Forderung eines dichten Filtersitzes zu erfüllen, der verhindert, dass ein unkontrollierbarer Teil der Zuluft unbehandelt in die Reuluft eingeht. Beim Vorfilter kommt dieser Forderung nur geringe Bedeutung zu. Beim C-Filter wäre sie aus bakteriologischer Sicht berechtigt, jedoch sind den Verfassern keine dichtsitzenden C-Filter bekannt. Bei Schwebstoff-Filtern kann jedoch von der Forderung eines luftdichten Sitzes in keinem Falle abgegangen werden. Hier muss durch eine sogenannte Prüfrille eine Kontrolle des luftdichten Sitzes unbedingt ermöglicht werden. Zur Kontrolle der Leckfreiheit muss ein Ölfadentest durchgeführt werden [1, 15]. Die Filterstandzeit wird durch Messung des Differenzdruckes der Luft vor und hinter dem Filter erfasst. Geeignete Messvorschriften müssen daher angebracht werden.

Abschliessend soll auf zwei grundsätzliche Probleme der Wartung hingewiesen werden, welche den Verfassern bei der Besichtigung von Anlagen immer wieder aufgefallen sind. Zunächst ist auf die Unzuverlässigkeit der Funktionskontrolle aufmerksam zu machen. Immer wieder wird beobachtet, dass die Anlagen in Teilen oder im Ganzen ausgefallen sind und dies erst durch den Zufall einer Begehung entdeckt wird. Neben dem Stillstand des Ventilators durch Keilriemenriss oder durch Ausfall einer Sicherung ist hier auch der Ausfall der Befeuchtung zu erwähnen. Dieser wird ebenso wie mangelnde Filterfunktion von den Benutzern kaum wahrgenommen. Fehler in der Temperaturregelung führen dagegen meist schnell zu Klagen. Ein weiterer grundsätzlicher Mangel liegt in der gänzlich unzureichenden Bereitstellung von Plänen, technischen Beschreibungen und Wartungsvorschriften durch die Herstellerfirma. Dies führt einerseits dazu, dass bei Betrieb und Wartung von dem damit beauftragten Personal unausweichlich Fehler gemacht werden. Es hat aber auch die Folge, dass das Bedienungspersonal gegenüber misstrauischen Äusserungen von ärztlicher Seite keine belegbaren Argumente zur Hand

hat. Auch für den unabhängigen Untersucher ist eine Beurteilung der Anlage und ihrer Leistung verständlicherweise sehr erschwert, wenn keine technischen Unterlagen zur Verfügung stehen.

Durch unzureichende Funktion und durch zahlreiche Mängel, welche sowohl beim Bau als auch beim Betrieb festgestellt werden mussten, haben Klimaanlageanlagen in den vergangenen Jahren im Krankenhaus erhebliche Beunruhigung hervorgerufen.

Inwieweit von diesen Mängeln ein erhebliches Risiko im Sinne einer Hospitalismus-Verbreitung ausging, ist schwer zu beurteilen. Ein vergleichbares Zahlenmaterial dürfte kaum erhältlich sein. Es sei gestattet, aus einem Artikel von *Gierhake* zu zitieren: «Eine entscheidende Verminderung postoperativer Infektionen gelingt weder kurz- noch langfristig, wenn man den Schwerpunkt auf technische Details der Klimaanlage legt» [6].

Andererseits kann als Ergebnis der Bemühungen festgestellt werden, dass die hygienischen Mängel der Anlagen konstruktiv vermeidbar sind. Durch geeignete Kontrollmassnahmen muss der einwandfreie Zustand der Anlagen kontinuierlich belegt werden.

Zusammenfassung

Der Einsatz von Klimaanlageanlagen in Krankenhäusern hat zu hygienischen Bedenken Anlass gegeben. Aufgrund der Arbeiten zahlreicher Autoren können jetzt die hygienisch-bakteriologischen Anforderungen exakt formuliert und Anlagen erstellt werden, welche bei richtiger Betriebsweise sicher nicht zu Infektionen im Krankenhaus beitragen. Einer regelmässigen Kontrolle bedürfen vor allem die Kühler und Tropfenfänger hinsichtlich ihrer Sauberkeit, die Befeuchtungsanlage hinsichtlich bakteriellen Wachstums in der Wäscherkammer sowie die Filter hinsichtlich einwandfreier Wirkungsweise, dichten Sitzes und Beschädigungsfreiheit. An diesen Stellen und ausserdem an den Zulufteinlässen der belüfteten Räume sind regelmässige bakteriologische Untersuchungen ratsam. Die Möglichkeit eines bakteriellen Bewuchses der Filter hat sich bei normalen Betriebsbedingungen bis zu relativen Feuchten von 95% nicht experimentell bestätigen lassen. Die Überwachung durch Messwertgeber und die Wartung sind häufig verbesserungsbedürftig und können im Krankenhaus eine hygienische Kontrolle nicht ersetzen.

Résumé

Fonctionnement et service d'appareils climatiques eu égard aux filtres d'air

L'installation d'appareils climatiques pour le nettoyage de l'air dans les hôpitaux a été sujet de réflexion au point de vue hygiène. Grâce aux travaux de nombreux auteurs, on peut à présent formuler exactement les exigences requises et monter des appareils qui, lorsqu'ils sont installés correctement, ne contribuent en aucun cas à la contamination dans les hôpitaux. L'installation de réfrigération (radiateur) et l'essuie-goutte pour leur propreté, les installations pour l'humectation en ce qui concerne la croissance des bactéries dans la pièce de nettoyage, de même que les filtres pour leur parfait fonctionnement, pour leur étanchéité et afin qu'ils ne soient pas endommagés, doivent être soumis à un contrôle régulier.

Il est conseillé de pratiquer régulièrement des analyses bactériologiques en ces endroits ainsi qu'aux lieux d'entrée d'air pour les salles qui profitent de l'installation.

Une croissance possible de bactéries sur les filtres pour

des conditions normales de fonctionnement jusqu'à des humidités de 95 %, n'a pu être enregistrée expérimentellement.

La surveillance par les instruments de mesure ou par un personnel approprié n'est souvent pas encore la meilleure et ne peut pas remplacer un contrôle d'hygiène dans les hôpitaux.

Summary

Operation and service of air-conditioners with special emphasis on air-filters

The use of air-conditioning in hospitals has given rise to a certain hygienic scepticism. Due to the works of numerous authors the hygienic-bacteriological demands are now exactly formulated. Air-conditioning plants can be installed which when correctly handled will certainly not support the manifestation of infections in hospital. There must be, however, regular controls of the cleanliness of droplet-collectors, cooling-device and the bacterial growth in the water of the humidifier. Also important are the function, airtight-fitting of the filters and absence of defects in them. Furthermore regular bacteriological controls at the clean air inlets as well as at the above mentioned localities are indicated. The possibility of bacterial growth in or on the filters has been investigated with the result, that with relative humidities up to 95 % no microbial proliferation can be detected. The instrumental monitoring of the technical function of the plants is often inadequate and does not make hygienic controls unnecessary.

Literatur

- [1] *Anonym*: DIN 1946, Blatt 4: Lüftung in Krankenanstalten. 8. Vorentwurf der Neuauflage. Stand Dezember 1973.
- [2] *Anonym*: DIN 24184 Typprüfung von Schwebstofffiltern. Entwurf zur Neuauflage Stand Juli 1972.
- [3] *Botzenhart K. und Rüden H.*: Zur Beurteilung von Klimaanlageanlagen im Krankenhaus. *Öffentl. Gesundheitswes.* 35, 141 (1973).
- [4] *Botzenhart K. und Sattel W.*: Luftkeime und Infektionsverhütung in Operations- und Behandlungsräumen mit hohen Reinheitsansprüchen. *Krankenhaus* 64, 55 (1972).
- [5] *Esdorn H. E.*: Luftströmungen und Druckhaltung in Krankenhäusern. *Ges.-Ing.* 94, 289 (1973).
- [6] *Gierhake F. W.*: Infektion und Asepsie. *Immun. und Infekt.* 2, 95 (1974).
- [7] *Grün L.*: Desinfektion medizinischer Spezialgeräte. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B* 156, 129 (1972).
- [8] *Grün L. und Pitz N.*: U.V.-Strahlen in Düsenkammern und Luftkanälen von Klimaanlageanlagen in Krankenhäusern. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B* 159, 50 (1974).
- [9] *Gundermann K. O.*: Zum Problem der Hygiene von Belüftungsanlagen im Krankenhaus. *Gesundheitsw. u. Desinf.* 64, 58 (1972).
- [10] *Gundermann K. O.*: Zur Frage der Beurteilung von Anlagen zur künstlichen Belüftung von Infektionsstationen. *Arch. Hyg.* 151, 58 (1967).
- [11] *Kanz E.*: Klimaanlageanlagen, ein Infektionsrisiko für Operationsräume. *Umschau* 72, 424 (1972).
- [12] *Knapp W.*: Pers. Mitteilung.
- [13] *Mosser D. A.*: Nahrungsmittel als Umwelt für Mikroorganismen, die Lebensmittel gesundheitsschädlich machen. *Alimenta* 8, 8 (1969).
- [14] *Mürmann H.*: Stand der Luftfilter für Lüftungstechnische Anlagen. *Wasser, Luft, Betr.* 16, 144 (1972).
- [15] *Roedler F.*: Krankenhausklimaanlagen und Hospitalismus. *Bundesgesundh'bl.* 17, 1 (1974).
- [16] *Rüden H.*: Luftverunreinigung und Klimatisierung. *Umwelt-med.* 1, 152 (1973).
- [17] *Rüden H. und Botzenhart K.*: Experimentelle Untersuchungen zum Rückhaltevermögen von Glasfaser-Hosch-Filtern gegenüber Mikroorganismen. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B.* (im Druck).
- [18] *Rüden H. und Botzenhart K.*: Untersuchungen zur Frage des Wachstums abgechiedener Mikroorganismen auf Glasfaser-

- feinststaub und Glasfaserhochleistungsschwebstofffiltern. Ges.-Ing. (im Druck).
- [19] *Rüden H., Botzenhart K. und Langer H.*: Beeinflussung des Kohlenmonoxyd-Spiegels durch Lüftungstechnische Anlagen. Vortrag, Intern. Symp. Envir. Health Paris 1974.
- [20] *Ruschke R.*: Pers. Mitteilung.
- [21] *Russenberger H. J. und Wanner H. U.*: Luftkeimzahlbestimmungen bei standardisierten Bestimmungen in einer Klimakammer. Vortr., 14. Tagg. Österr. Ges. Hyg. Mikrobiol. Präventivmed., Wien 1974.
- [22] *Schicht H. H. und Steiner W.*: Klimatechnik und Asepsis im Operationssaal und Intensivpflege. Ges.-Ing. 94, 105 (1973).
- [23] *Walter E.*: Probleme der Luftreinhaltung bei Verwendung moderner Filter. Staub 25, 441 (1965).
- [24] *Wanner H. U.*: Untersuchungen über den Keimgehalt in der Luft von Operationssälen. Schweiz. med. Wschr. 99, 641 (1969).
- [25] *Wanner H. U.*: Der Keimgehalt in der Luft von Operationssälen in Abhängigkeit des Belüftungsverfahrens. Immun. u. Infekt. 2, 118 (1974).

Adresse der Autoren

PD Dr. K. Botzenhart, Dr. H. Rüden, Hygiene-Institut der Universität, D - 53 Bonn, Venusberg

Sondernummer «Drogen und Alkohol»

Die im August 1973 erschienene Sondernummer war den sozialpsychologischen Aspekten des Drogen- und Alkoholkonsums gewidmet. Die behandelten Probleme sind nach wie vor von brennender Aktualität. Aus dem Restbestand liefern wir solange Vorrat.

Bestellbon

Orell Füssli
Graphische Betriebe AG
Postfach 1461
8036 Zürich

Bestellung für Exemplare Sondernummer «Drogen und Alkohol» zum Einzelpreis von Fr. 18.60 (inklusive Porto).

Adresse: _____

Datum: _____

PLZ _____

Ort: _____

Telefonische Bestellungen nimmt Tel.-Nr. 01 33 66 11, intern 301 (Frau Galli), entgegen.