

**5. FACHTAGUNG
KRANKENHAUSTECHNIK**



MEDIZINISCHE HOCHSCHULE HANNOVER

28. - 30. April 1978

5. Fachtagung Krankenhaustechnik

" Klimaanlage im Krankenhaus "

Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, W. Kreinberg

Medizinische Hochschule Hannover

1 9 7 8

Sehr geehrte Tagungsteilnehmer !

Im Namen der Medizinischen Hochschule Hannover und der Abteilung für Biomedizinische Technik speziell Krankenhaustechnik möchten wir Sie herzlich zu unserer 5. Fachtagung Krankenhaustechnik "Klimaanlagen im Krankenhaus" in Hannover begrüßen.

Während die Klimatisierung herkömmlicher Gebäude das Wohlbefinden der sich in ihnen aufhaltenden, gesunden Menschen erhöht und daher fast ausschließlich Komfortcharakter hat, soll die Klimatisierung von Krankenhäusern die Überlebenschancen des kranken, geschwächten Menschen verbessern und den Heilungsprozess des Rekonvaleszenten beschleunigen. Die herkömmlichen Methoden der Klimatechnik reichen daher hier nicht mehr aus.

Mit dieser Fachtagung soll nun erstmals der Versuch unternommen werden, die Problematik der Klimaanlagen im Krankenhaus umfassend darzustellen und Lösungen anzubieten, um die bisherige Diskussion unter den Befassten - Betreiber, Hersteller, Planer, Aufsichtsbehörden und Gesetzgebende - zu einem gewissen Abschluß zu bringen. Gleichzeitig soll diese Fachtagung zeigen, daß die Bewältigung eines der kompliziertesten Aufgabengebiete der Technischen Gebäudeausrüstung nur dann gewährleistet ist, wenn alle Beteiligten intensiv und vertrauensvoll zusammenarbeiten.

Den Vortragenden, Vorsitzenden, Ausstellern und Inserenten sei daher an dieser Stelle besonders herzlich dafür gedankt, daß sie unsere Absichten und Bemühungen unterstützen.

Allen Teilnehmern danken wir für ihren Besuch und wünschen allen Beteiligten einen interessanten und angenehmen Aufenthalt in Hannover.

O. Anna

C. Hartung

W. Kreinberg

Bitte vormerken:

6. Fachtagung Krankenhaustechnik
" Energie im Krankenhaus "

Medizinische Hochschule Hannover

vom 27. bis 28. April 1979 x)

Veranstalter: Prof.Dr.-Ing.O.Anna
Prof.Dr.-Ing.C.Hartung

Tagungsadresse: Abt. für Biomedizinische Technik
speziell Krankenhaustechnik - 4400 -
Medizinische Hochschule Hannover (MHH)
Karl-Wiechert-Allee 9
Postfach 610 180

3000 Hannover 61
Tel.: (0511) 532-2744-3349

Tagungsort: MHH, Gebäude J 1 (Lehrgebäude)
Hörsaal F

x) Hannover-Messe 1979: vom 18.04.-26.04.1979

Hiermit laden wir zur Teilnahme an der 6. Fachtagung für
Krankenhaustechnik am 27.-28. April 1979 nach Hannover ein.

O. Anna, C. Hartung

T H E M A :

- " Energie im Krankenhaus "
- a) Systeme, Energietechnische Aspekte
 - b) Wirtschaftlichkeit, Rückgewinnung-
 - c) Planung und Dimensionierung
 - d) Betrieb und Instandhaltung
 - e) Vorschriften
 - f) Anwendungsbereiche und -beispiele

INDUSTRIE-AUSSTELLUNG:

- Für Planungsbüros und Firmen mit einschlägigen Erfahrungen
auf den Gebieten Projektierung, Bau und Betrieb energie-
technischer Anlagen in Krankenhäusern

Z I E L G R U P P E :

- Für Krankenhäuser zuständige Gesundheits-, Finanz- und
Baubehörden
- Leiter der Verwaltungen und technischen Einrichtungen
und-Anlagen
- Hersteller von Anlagen
- Architektur-, Ingenieur- und Planungsbüros

Die Fachtagung wird in Verbindung mit der Fachvereinigung
Krankenhaustechnik e.V. (FKT) durchgeführt.

PROGRAMM UND INHALT

Freitag, den 28. April 1978

11.00 h - 12.30 h Nur für Mitglieder der Fachvereinigung
Krankenhaustechnik e.V.: Jahreshaupt-
versammlung in der Mensa der MHH

Hörsaal A - Vorsitz: J. Potel, Hannover;
H.Trümper, Karlsruhe

- | | | |
|---------|---|----|
| 14.00 h | Eröffnung
C.Hartung, Hannover | |
| 14.15 h | Zur Hygiene Lüftungstechnischer Anlagen
im Krankenhaus
J. Drescher, Hannover | 1 |
| 14.45 h | Diskussion | |
| 15.00 h | Überprüfung Lüftungstechnischer Anlagen
im OP- und Intensiv-Bereich und bakterio-
logische Meßmethoden
Z. Duvlis, Hannover | 4 |
| 15.30 h | Diskussion | |
| <hr/> | | |
| 15.45 h | Pause und Gelegenheit zum Besuch der Aus-
stellung | |
| <hr/> | | |
| 16.30 h | Verminderung der aerogenen Keimübertragung
mit Hilfe raumluftechnischer Anlagen
E. Esdorn, Berlin | 7 |
| 17.00 h | Diskussion | |
| 17.15 h | Schutzdruckhaltung - ein Mittel zur Reduk-
tion des aerogenen Keimtransportes
H. Feustel, Berlin | 19 |
| 17.30 h | Luftschleusen an Verkehrsverbindungen im
Krankenhaus
M. Schmidt, Berlin | 26 |
| 17.45 h | Diskussion | |
| 18.00 h | Ende | |

Sonnabend, den 29. April 1978

Hörsaal A - Vorsitz: J.Drescher, Hannover;
.Esdorn, Berlin

09.00 h	Untersuchungen über die Keimaufnahme und -abgabe von Induktionsgeräten in Hochdruck- Klimaanlagen P.Möllers, Berlin	34
09.15 h	Reinfeldverfahren zur Erzeugung lokaler luftkeimarmen Bereiche Z.Nouri, Berlin	41
09.30 h	Diskussion	
09.45 h	Lüftungstechnische Anlagen für Krankenbett- zimmer in allgemeinen Krankenhäusern H.Trümper, Karlsruhe	50
10.15 h	Diskussion	
<hr/>		
10.30 h	Pause und Gelegenheit zum Besuch der Ausstellung	
<hr/>		
11.00 h	Klima-Zentralgeräte für den Krankenhausbau J.Bogulawski, Lahn-Gießen	60
11.30 h	Diskussion	
11.45 h	Versuchs-Klimaanlagen für medizinische Zwecke und Sonderklimaanlagen für die Intensivpflege K. Steffen, Lahn-Gießen	68
12.15 h	Diskussion	
<hr/>		
12.30 h -	14.30 h Mittagessen und Gelegenheit zum Besuch der Ausstellung	
<hr/>		

Sonnabend, den 29. April 1978

Hörsaal A - Vorsitz: H.Börner, Hannover;
C.Hartung, Hannover

14.30 h	Raumlufotechnische Zentralanlagen im Krankenhaus - betriebswirtschaftliche Aspekte K.Dittmann, Tamm	76
15.00 h	Diskussion	
15.15 h	Energieverbrauchsrechnungen für Klimaanlagen im Krankenhaus - Demonstration an einem Beispiel J. Masuch, Stuttgart	85
15.45 h	Diskussion	
<hr/>		
16.00 h	Pause und Gelegenheit zum Besuch der Ausstellung	
<hr/>		
16.30 h	Wirtschaftliche Betriebsführung von raumlufotechnischen Anlagen in Krankenhäusern E.Frey, Stuttgart	95
17.00 h	Diskussion	
17.15 h	Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung H.Brockmeyer, Lahn-Gießen	112
17.45 h	Diskussion	
18.00 h	Ende	

Sonntag, den 30. April 1978

Hörsaal A - Vorsitz: R.Kerl, Hannover;
W.Lorenz, Frankfurt

09.00 h	EDV-gestützte Vorbeugende Instandhaltung von Klimaanlage im Krankenhaus - System Grothus H.Grothus, Dorsten	121
09.30 h	Diskussion	
09.45 h	Die vorbeugende Instandhaltung der luft-technischen Anlagen anhand des VDMA-Einheitsblattes 24186 K.-D.Fey, Butzbach	127
10.15 h	Diskussion	
<hr/>		
10.30 h	Pause und Gelegenheit zum Besuch der Ausstellung	
<hr/>		
11.00 h	Reinigung und Desinfektion von Klimaanlage B.Walther, Düsseldorf	134
11.30 h	Diskussion	
11.45 h	Die Verwendung von Dampf in Krankenhaus-Klimaanlagen H.Wieber, Bremen	141
12.15 h	Diskussion	
12.30 h	Ende	

Freitag, den 28. April 1978

Hörsaal F - Vorsitz: F.Steimle, Essen;
H.Brockmeyer, Lahn-Gießen

- | | | |
|---------|--|-----|
| 14.00 h | Eröffnung
O.Anna, Hannover | |
| 14.15 h | Klimatisierung im Krankenhaus - ein Überblick
H.Loewer, Gießen/Karlsruhe | 149 |
| 14.45 h | Diskussion | |
| 15.00 h | Brandschutz für raumluftechnische Anlagen
H.-G.Klingelhöfer, Dortmund | 155 |
| 15.30 h | Diskussion | |
| <hr/> | | |
| 15.45 h | Pause und Gelegenheit zum Besuch
der Ausstellung | |
| <hr/> | | |
| 16.30 h | Deutsche Vorschriften, Richtlinien und Erlasse über den Bau, Betrieb und die Überwachung von raumluftechnischen Anlagen im Krankenhaus
H.Börner, Hannover | 162 |
| 17.00 h | Diskussion | |
| 17.15 h | Schweizerische Richtlinien für Lüftungstechnische Anlagen in Spitälern
W.Ziemba, Zürich | 167 |
| 17.45 h | Diskussion | |
| 18.00 h | Ende | |

Sonnabend, den 29. April 1978

Hörsaal F - Vorsitz: H.-J.Wilke, Lübeck
W.Ziemba, Zürich

09.00 h	Luftfilter-Systeme im Krankenhaus B.Metzner, Frankfurt	175
09.30 h	Diskussion	
09.45 h	Erfahrungen mit endständigen Filter- systemen, kombiniert mit Luftaustritts- system in Planung und Ausführung G.Knabe, Lübeck	181
10.15 h	Diskussion	
<hr/>		
10.30 h	Pause und Gelegenheit zum Besuch der Ausstellung	
<hr/>		
11.00 h	Luftbefeuchtung in der Klimatechnik G.-H.Gruber, St. Ingbert	189
11.30 h	Diskussion	
11.45 h	Korrosion in Klimaanlage - Auftreten und Möglichkeiten der Abwendung R.Scharmann, Freiberg	203
12.15 h	Diskussion	

Sonnabend, den 29. April 1978

Hörsaal F - Vorsitz: O. Anna, Hannover;
H. Loewer, Lahn-Gießen

14.30 h	Lüftungstechnische Anlagen der Medizinischen Hochschule Hannover - Planung und technische Entwicklung G. Inne, Hamburg	212
15.00 h	Diskussion	
15.15 h	Betriebserfahrungen mit den Klimaanlage der Medizinischen Hochschule Hannover W. Wawra, Hannover	222
15.45 h	Diskussion	
<hr/>		
16.00 h	Pause und Gelegenheit zum Besuch der Ausstellung	
<hr/>		
16.30 h	Erfahrungen bei der Abnahme raumluftechnischer Anlagen in OP-Räumen aus der Sicht des TÜV P. Boehm, München	227
17.00 h	Diskussion	
17.15 h	Kostenentwicklung bei Raumluftechnischen Anlagen S. Timme, Stuttgart	234
17.45 h	Diskussion	
18.00 h	Ende	

Sonntag, den 30. April 1978

Hörsaal F - Vorsitz: K.Steffen, Lahn-Gießen;
K.Dittmann, Tamm

09.00 h	Anpassung bestehender, raumluftechnischer Anlagen in Krankenanstalten an den heutigen Stand der Technik K.Flaig, Stuttgart	241
09.30 h	Diskussion	
09.45 h	Technische Entwicklungstendenzen bei Klimaanlagen im Krankenhaus F.Steimle, Essen	252
10.15 h	Diskussion	
<hr/>		
10.30 h	Pause und Gelegenheit zum Besuch der Ausstellung	
<hr/>		
11.00 h	Umrüsten von vorhandenen Klimaanlagen für OP's nach den Richtlinien der DIN 1946, Bl. 4, Ausgabe 1974 D.Wagner, Bremen	258
11.30 h	Diskussion	
11.45 h	Beispiele für die Krankenhaus-Altbausanierung mit Hygiene-Kompaktgeräten und OP-Zuluftdecken H.-U.Amberg, Lahn-Gießen	269
12.15 h	Diskussion	
12.30 h	Ende	
Verzeichnis der Autoren und Vorsitzenden		277

Zur Hygiene Lüftungstechnischer Anlagen im Krankenhaus

J. Drescher, Hannover

Zielsetzung der Einrichtung von Klimaanlage in Operationsäulen und sonstigen besonders infektionsgefährdeten Einheiten in Krankenhäusern ist in hygienischer Sicht die Verhütung von Infektionen. Der Umfang, in dem derartige Anlagen dieser Aufgabenstellung gerecht werden, d.h. Infektion verhüten, ergibt sich aus dem Grad der Erfüllung der beiden folgenden Voraussetzungen:

1. Existenz von Keimpegeln der Raumluft, bei deren Überschreiten eine Zunahme von Infektionen zu erwarten ist.
2. Gewährleistung von Keimpegeln, die unterhalb eines derartigen Grenzwertes liegen.

Im folgenden wird zu der Frage Stellung genommen, inwieweit die beiden genannten Voraussetzungen für die effektive Nutzung klimatechnischer Anlagen in Krankenhäusern erfüllt sind.

Zu 1. Beziehung zwischen Keimgehalt der Luft und Infektionsrate.

Eine eindeutige Abhängigkeit der Infektionsrate vom Keimgehalt der Raumluft während der Operation wurde erstmals von dem englischen Orthopäden J. Charnley (1) für orthopädische Operationen (Hüftgelenksendoprothesen) nachgewiesen und in der Folge an vielen Stellen einwandfrei bestätigt. Bei der genannten Art der Operationen nimmt die Infektionsrate eindeutig dann zu, wenn der Luftkeimgehalt während der Operation ein Grenzwert von ca. 70 Keimen pro m³ übersteigt. Im Gegensatz zu orthopädischen Operationen liegen für andere Arten von Operationen eindeutige, eine Abhängigkeit der Infektionsrate vom Luftkeimgehalt beweisende Ergebnisse bisher nicht vor. Es kann daher angenommen werden, daß die Keimpegel, ab dessen Überschreiten die Infektionsraten zunehmen, hier wesentlich höher liegen, dies gilt speziell für Operationen in der Bauchhöhle.

Es muß daher festgestellt werden, daß die Beziehung zwischen Keim-

pegel in der Raumlufte und Infektionsrisiko je nach Art der durchzuführenden Operationen oder sonstiger ärztlicher Eingriffe erhebliche Unterschiede aufweist. Es erscheint bei dieser Sachlage dringend erforderlich, auch für andere Arten an Operationen und für Intensivpflegeeinheiten und andere besonders infektionsgefährdete Zonen des Krankenhauses derartige Beziehungen zu untersuchen, um weitere Grundlagen für die hygienische Bewertung des Nutzens von Klimaanlage zu erhalten und die im Einzelfall zu stellenden Anforderungen quantifizieren zu können.

Zu 2. Gewährleistung erwünscht niedriger Keimpegel durch klimatische Anlagen.

Es ist seit langem bekannt, daß die Gewährleistung erwünscht niedriger Keimpegel durch Klimaanlage neben deren richtiger Konstruktion vor allem eine entsprechende laufende Überprüfung erforderlich macht. Nach den bisher formulierten Prüfungsvorschriften (2) wird die Prüfung in hygienischer Sicht durch Ermittlung des Keimgehaltes der Zuluft im Ruhezustand des Operationssaales durchgeführt, wobei als obere zulässige Grenze ein Keimpegel von 70 Keimen pro m^3 Luft festgelegt wurde. So sehr der Erlaß von Prüfungsvorschriften als erster Schritt zu begrüßen ist, so liegt es doch auf der Hand, daß eine derartige Prüfung prinzipiell nichts darüber auszusagen gestattet, welche Keimpegel während der Operationen zu erwarten sind. Hierin liegt einer der wesentlichen Nachteile der bisherigen Prüfungsvorschriften. Darüberhinaus erscheint die Festlegung einer Grenze von 70 Keimen pro m^3 Luft unzweckmäßig hoch:

Sind die Feinfilter in Ordnung, so wird man bei ordnungsgemäßer Technik der Messung keine Keime in der Zuluft finden, während umgekehrt das Finden derartiger Keime gleich welcher Höhe einfach anzeigt, daß die eingebauten Filter ihrem Zweck, der Zurückhaltung aller Keime, nicht gerecht werden. Es ist somit für ein Prüfungsverfahren zu fordern, daß die Prüfung einmal auf die Art der Nutzung des Operationssaales abgestellt wird, d.h. sich die Zielsetzung stellt, für die im Operationssaal zu erwartenden

Art an Operationen als infektionsgefährdend erkannte Keim-
pegel zu verhüten und daß zum anderen die Prüfung alle Para-
meter berücksichtigt, die für die während der Operation zu
erwartenden Keimpegel von Bedeutung sind.

Literatur

1. Charnley, J., Eftekhar, N.
Postoperative infection in total prosthetic replacement
arthroplasty of the hip-joint.
The Brit. Jour. of Surgery, 56: 641 - 649, 1969
2. Runderlaß des Nds. Ministers für Wirtschaft vom 12.5.1975,
Nds. MBl. Nr. 23, 1975, S. 666 ff.

Prof. Dr. J. Drescher
Medizinische Hochschule Hannover
Institut für Virologie und
Sauchenhygiene
Karl-Wiechert-Allee 9
3000 Hannover 61

Überprüfung Lüftungstechnischer Anlagen im OP- und Intensivbereich und bakteriologische Meßmethoden von Z. Duvlis, Hannover

Für besonders infektionsgefährdete Bereiche und speziell OP-Einheiten werden nach den einschlägigen DIN-Vorschriften (1946) sog. Klimaanlage mit der Zielsetzung eingebaut, eine erwünschte Keimarmut zu gewährleisten.

Derartige Klimaanlage bringen im Prinzip jedoch immer die Gefahr mit sich, daß Funktionsstörungen auftreten können, die zu einer ernsten Gefährdung der Patienten führen können.

Es erscheint daher unabwiesbar notwendig, derartige Anlagen zusätzlich zur technischen Überprüfung einer laufenden bakteriologischen Überwachung zu unterziehen.

Verbindliche Richtlinien für die Durchführung einer solchen bakteriologischen Prüfung und für die Bewertung der Ergebnisse sind auf Bundesebene z.Zt. noch nicht vorhanden.

Erste Ansätze für das Prüfverfahren und seine Methodik finden sich in einem Runderlaß des Nds. Ministers für Wirtschaft vom 12.5.1975, Nds. MBl. Nr. 23, 1975, S. 666 ff und in entsprechenden Erläuterungen eines Erlasses des Nds. Sozialministers.

Daneben wird der Keimgehalt in der Zuluft der Anlage im Ruhezustand des Raumes gemessen und bei Überschreiten bestimmter Werte - als Höchstgrenze wird eine Keimzahl von 70 Keimen/m³ Luft angesehen - wird eine Überprüfung der Anlage für notwendig gehalten.

So sehr die Einführung von Prüfungen generell dringend zu befürworten ist, so sehr müssen wir uns auch über die Begrenztheit dieses Prüfverfahrens klar sein.

Geprüft werden soll, ob die Klimaanlage gewährleistet, daß während des OP-Betriebes ein bestimmter Keimpegel nicht überschritten wird und geprüft wird der Keimgehalt im Ruhezustand

des Operationssaales, ohne daß bisher ausreichende Beweise dafür vorlägen, daß zwischen beiden Größen eine festlegbare Beziehung besteht.

So wird man Messungen der Keimzahlen in der Zuluft prinzipiell nur als quantitatives Prüfverfahren der Intaktheit der im Kanalaystem eingebauten Feinstfilter ansehen dürfen, d.h. die Prüfung sagt nur aus, ob die Feinstfilter mehr oder weniger der Aufgabe gerecht werden, keimfreie Zuluft zu ermöglichen und ob die keimfreie Zuluft in der reinen Seite des Kanalsystems bis zur Austrittsöffnung in den Op-Raum ihre Qualität behält oder kontaminiert worden ist.

Der Keimgehalt der Zuluft ist jedoch nur einer von vielen Parametern, die für das, was gemessen werden sollte - Keimpegel, die während der Operation zu erwarten sind - maßgeblich sein könnten.

Um eine hierauf abzielende quantitative Prüfvorschrift zu erarbeiten, ist es erforderlich, diejenigen Parameter eines klimatisierten Operationssaals in ihrer gegenseitigen quantitativen Einflußnahme zu ermitteln, die den Keimgehalt während der Operation bestimmen.

Im einzelnen werden von uns hierfür folgende Größen experimentell untersucht:

- a. Die in 10 Minuten Zeitabstand vor, während und nach Operationen über eine bestimmte Zeit registrierten Werte der Keimzahl/m³ Luft.
- b. Die Anzahl der sich im OP aufhaltenden Personen.
- c. Das Volumen der Zu- und Abluft/Zeiteinheit (h) und der daraus sich ergebende Wert des Luftwechsels/h.
- d. Das Gesamtvolumen des Operationssaals.

Eine statistische Analyse der so erhaltenen Ergebnisse ergab zunächst, daß die während des OP-Betriebes vorliegenden Keimzahlen bei Konstanthaltung der übrigen Faktoren primär von der Anzahl der Personen im Operationsaal abhängen.

Hieraus ergeben sich erste Hinweise für die Neufassung von Prüfvorschriften und Gesichtspunkte, die beim Bau von Operationsälen beachtet werden sollten.

Eine ausführliche Darstellung wird an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Dr. Zinon Duvlis
Medizinische Hochschule Hannover
Institut für Virologie und
Seuchenhygiene
Karl-Wiechert-Allee 9
3000 Hannover 61

"Verminderung der aerogenen Keimübertragung mit Hilfe raumluft-technischer Anlagen"

Von o.Prof.Dr.-Ing.H.Esdorn, Berlin

Mitteilung aus dem Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik der Technischen Universität Berlin

Arbeit im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 159 "Krankenhausbau"

1. Einführung

Die aerogene Keimübertragung stellt gegenüber der Kontaktinfektion bekanntermassen das ungleich geringere Gefährdungsrisiko dar. Dennoch wird auch ihrer Eindämmung im Krankenhaus von seiten der Hygiene wesentliche Bedeutung beigemessen.

Da Keime in aller Regel an Partikeln angelagert sind, ist dabei davon auszugehen, daß jeder partikelbeladene Luftstrom auch ein potentieller Träger der Luftkeime ist.

2. Technische Möglichkeiten

2.1 Gefährdung durch interne Keimemission

Bei einer Keimemission innerhalb des Gefährdungsbereiches selbst (z.B.OP-Raum) sind zwei Möglichkeiten zur Verminderung der Luftkeimübertragung gegeben:

1. Senkung des Keimpegels durch Mischung mit keimfreier Luft
2. Verdrängung der kontaminierten Raumluft durch keimfreie Luft im Schutzbereich

OP-Räume mit üblichen, stark mischenden Luftführungssystemen werden heute mit dem Ziel der Keimpegelsenkung mit grösseren Luftströmen gebaut als es normalerweise zur thermischen Lastabführung erforderlich wäre. Eine Reihe neuzeitlicher weniger stark mischender Systeme strebt zusätzlich die Ausnutzung von Verdrängungseffekten an (z.B.Allander-Decke u.a. vgl. [1]).

Verdrängungssysteme sind aus der Reinraumtechnik bekannt. Ihr nachteiliger hoher Luftbedarf wird durch neue Reinfeldverfahren (Bild 1) vermieden, bei denen nur der enge Schutzbereich durch keimfreie Luft gegen die Umgebung abgeschirmt wird [1].

Näheres enthält der Beitrag von Z.Nouri "Reinfeldverfahren zur Erzeugung lokaler luftkeimarmer Bereiche".

2.2 Gefährdung durch externe Keimemission

Gefährdung durch Luftkeimemission kann durch Unterbinden der Luftströmung aus dem Kontaminationsbereich ausgeschlossen werden. Dieses kann entweder durch einen luftdichten Abschluß oder durch eine Schutzdruckhaltung erreicht werden, die eine Luftströmung vom Schutzbereich zum Kontaminationsbereich sicherstellt. Wo beides nicht möglich ist, muß eine weitestgehende Reduktion der Luftmassenströme angestrebt werden.

Ein luftdichter Abschluß gegen grössere Druckdifferenzen (z.B. Wind- oder Auftriebsdrücke) ist baulich nur angenähert zu verwirklichen. Eine Reduktion der Luftströme wird durch eine möglichst fugendichte Bauweise erreicht. Besonders kritisch sind hier Verkehrsverbindungen. Sie müssen in Trennflächen, mit grossen Druckdifferenzen, die beim Öffnen der Türen grosse Luftströme bewirken, als Luftschleusen ausgeführt werden. Bild 2 zeigt eine Anzahl möglicher Bauarten.

Auch bei Schutzdruckhaltungen sind die Verkehrsverbindungen die Schwachstellen. Bei hohen Anforderungen im Schutzbereich müssen daher Luftschleusen mindestens an einer Stelle im Luftweg angeordnet werden, wenn mit grösseren Druckdifferenzen zwischen Kontaminations- und Schutzbereich zu rechnen ist. Der Beitrag von H. Feustel "Schutzdruckhaltung - ein Mittel zur Reduktion des aerogenen Keimtransports" enthält nähere Ausführungen hierzu.

In Bild 3 sind die verschiedenen möglichen Systeme von Einkammer-Luftschleusen dargestellt. Passive Luftschleusen ohne eigene RLT-Anlage ¹⁾ werden zweckmässig eingesetzt, wenn der Schutz- oder der Kontaminationsbereich baulich hinreichend dicht ist, um dort durch eine RLT-Anlage einen genügenden Über- oder Unterdruck sicherzustellen. Aktive Luftschleusen mit eigener RLT-

¹⁾ Kurzform für: Raumluftechnische Anlage

Anlage verwendet man bevorzugt dort, wo ein definierter Differenzdruck nicht garantiert werden kann oder wenn die Trennwirkung durch die zusätzliche Spülung der Kammer (z.B. Gleichdruckschleuse) noch verbessert werden soll. Einzelheiten sind in dem Beitrag von M. Schmidt "Luftschleusen an Verkehrsverbindungen im Krankenhaus" dargestellt.

3. Luftwegstreuungen im Krankenhaus

3.1 Differenzdruckbereiche

Bild 4 gibt eine angenäherte Winddruckverteilung für ein Gebäude mit quadratischem Grundriss wieder. Man sieht, daß hier zwischen der angeströmten und den nicht angeströmten Fassaden Differenzdrücke ΔP von etwa 1,3-fachem des dynamischen Druckes auftreten. Bei $v_{\infty 0} = 10$ m/s in 10 m Höhe ergeben sich bei -15°C z.B. in gleicher Höhe 68 Pa, in 100 m Höhe dagegen 95 Pa.

Einen Überblick über mögliche thermische Drücke gibt Bild 5. Hier sind zwei Grenzfälle von Gebäuden dargestellt: Beim Schachttyp-Gebäude ist die Durchlässigkeit der Fassade gegenüber der Verbindungen von den vertikalen Schächten zu den Geschossen Null, beim Geschosstyp-Gebäude dagegen Unendlich. Bei 20°C innen und -15°C aussen ergibt sich das Druckgefälle g ($\rho_a - \rho_i$) mit 1,6 Pa/m. In einem 100 m hohen Schachttyp-Gebäude nach Bild 5 würde der Unterdruck im Eingangsbereich also ca. -80Pa betragen, der Überdruck oben ca. $+80\text{Pa}$. Die Größenordnung ist also die gleiche wie bei den Winddrücken. Bei gleichzeitigem Auftreten von Wind- und Auftriebswirkungen ergeben sich durch Überlagerung teilweise höhere und teilweise niedrigere Differenzdrücke. Moderne Gebäude kommen in ihren Durchlässigkeitsverhältnissen meist dem Schachttyp-Gebäude (vgl. Bild 6) nahe. Bei der Gebäudeplanung eines Krankenhauses müssen die jeweils ungünstigsten Fälle berücksichtigt werden.

3.2 Eingangsbereiche

In den Eingangsbereichen hoher Gebäude treten im Winter grosse Unterdrücke auf, die nur durch Luftschleusen beherrschbar sind.

(Bild 7) Das gleiche gilt bereits für niedrige Häuser, wenn mehr als ein Eingang vorhanden ist, besonders, wenn sie auf verschiedenen Fassadenseiten liegen.

Eine wirksame Schutzdruckhaltung ist auch bei Gebäuden mit Luftschleusen bei extremer Witterung in der Regel nicht möglich; die Luftströme werden jedoch entscheidend reduziert, was auch in bezug auf die Behaglichkeit in dieser Zone und nicht zuletzt für den Heizenergieverbrauch von grosser Bedeutung ist.

3.3 Aussenzonen in den Geschossen

In den Aussenzonen ist eine sichere Schutzdruckhaltung gegen Windeinflüsse und in vielen Fällen auch gegen Auftriebswirkungen wegen der Grössenordnung der Drücke nicht möglich.

Wie Bild 8 zeigt, kann man dort, wo begrenzte Aussenluftströme tolerierbar sind, entsprechend dichte Bauteile, speziell Fenster, vorsehen. In kritischen Bereichen ist ein sicherer Schutz durch eine Doppelfassade möglich, die als aktive Unterdruckschleuse ausgebildet ist. Gegenüber Schächten im Gebäude müssen gesonderte Schutzmassnahmen getroffen werden (s.Ziff.3.4).

3.4 Schächte

3.4.1 Installationsschächte

Installationsschächte sind dadurch gekennzeichnet, daß sie, evtl. bis auf Reparaturfälle, relativ dicht geschlossen sind. In ihnen kann fast während des gesamten Jahres ein sicherer Unterdruck gehalten werden, wenn sie oben eine hinreichend grosse Öffnung über Dach haben. I-Schächte, die durch besonders gefährdete Bereiche laufen, können zur Sicherheit - besonders bei Kühlung des Gebäudes im Sommer - zusätzlich eine Absaugung (Dachlüfter) erhalten (Bild 9a).

3.4.2 Transportschächte

Besonders grosse Undichtigkeiten treten bei Transportschächten

auf, wenn die Türen geöffnet sind. Es ist daher vorteilhaft, die Ausleitungsräume mit in das System der Schutzdruckhaltung einzubeziehen.

Schächte für Aufzüge, AWT-Anlagen o.ä., sind nicht so ausführbar, dass sie als reine Bereiche gelten können. Gegen Luftkeime schutzbedürftige Transporte müssen daher innerhalb der Transporteinrichtung durch Kapselung oder Verpackung gesondert abgeschirmt werden. Bei Transportanlagen steht somit der Schutz der angefahrenen Bereiche im Vordergrund.

Bei Aufzügen in Luftkeim-unempfindlichen Bereichen ist es ausreichend, die Luftströme durch möglichst dichte, selbstschliessende Türen zu reduzieren (Bild 9a).

In Luftkeim-empfindlichen Bereichen müssen zwischen Schacht und Geschoss Luftschleusen eingeschaltet werden (Bild 9b). Diese können die Ausleitungsräume selbst sein, wenn die Tür automatisch mit der Tür der Transporteinrichtung verriegelt ausgeführt wird. Die Schleuse kann als aktive Unterdruckschleuse (A - UDS) oder als passives System (P - S) in Verbindung mit einer Schutzdruckhaltung im Schutzbereich (G) ausgeführt werden. Die wirksamste Trennung wird mit einer aktiven Gleichdruckschleuse (A-GDS) (Spülung) und einer Schutzdruckhaltung erzielt.

Keimgefährdete Bereiche sollten mit Rücksicht auf die behandelte Druckverteilung in Schächten immer in der mittleren Gebäudehälfte angeordnet werden, Kontaminationsbereiche (z.B. Infektionsstation) möglichst weit oben.

Zum Schutz von Schächten gegen Kontaminationsbereiche (z.B. Infektionsstation) eignen sich aktive Überdruckschleusen (A-ÜDS) als Ausleitungsraum.

3.4.3 Geschossteile oder Räume

Zur Trennung der Luftwege zwischen Geschossteilen eignen sich dichtschiessende Türen (möglichst selbstschliessend), die im geschlossenen Zustand die Luftströme reduzieren (Bild 10).

Unterbinden lässt sich eine Luftströmung nur durch Luftschleusen in Verbindung mit einer Schutzdruckhaltung, wobei diese in Aussenzonen problematisch ist (s.Ziff.3.3). Die sicherste Lösung ist eine "Inselanordnung" des Schutzbereiches in einer umlaufenden Druckausgleichszone ohne Strömungswiderstände in Verbindung mit einer Schutzdruckhaltung (SDH). Hier können an den Trennflächen des Schutzbereiches keine Druckdifferenzen entstehen. Nur in besonderen Fällen (z.B. bei Temperaturdifferenzen) sind noch Luftschleusen erforderlich.

4. Zusammenfassung

Es wurden die Möglichkeiten zur Verminderung der Luftkeimübertragung im Krankenhaus behandelt. Es zeigt sich, daß die auftretenden Probleme mit RLT-Anlagen in Verbindung mit geeigneten baulichen Massnahmen lösbar ist. Die gezeigten Lösungen bedeuten bezüglich der RLT-Anlagen häufig keinen zusätzlichen Aufwand, wenn die Schutzbereiche ohnehin RLT-Anlagen haben, bei denen z.B. eine Schutzdruckhaltung nur durch geeignete Einstellung der Anlagen erzielbar ist.

Zu beachten ist, dass RLT-Anlagen im Stillstand selbst grosse Luftverbindungen im Gebäude darstellen. Sie müssen daher in kritischen Bereichen dauernd - gegebenenfalls mit reduzierten Luftströmen - betrieben werden und allgemein durch geeignete Klappen gegen unkontrollierte Stillstandszirkulationen gesichert werden.

5. Literatur

- [17] Esdorn, H.; Nouri, Z.:
Vergleichsuntersuchungen über Luftführungssysteme mit
Mischströmung in Operationsräumen.
HLH 28 (1977) Nr.12, Dezember, S.427-437

Anschrift des Autors:

geschäftsführender Direktor des Hermann-Rietschel-Instituts für
Heizungs- und Klimatechnik der Technischen Universität Berlin
Marchstrasse 4, 1000 Berlin 10

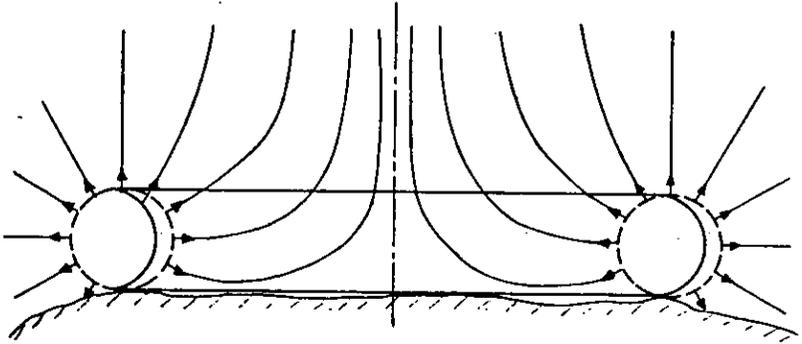


Bild 1: Ring-Quellenauslass (Reinfeldverfahren)

Typ	max. relative Öffnungsweite $\frac{B}{D}$	mittl. relative Öffnungsweite η_{21}	
a) Karuselltür	0,71	0,71	
b) Schiebetürschleuse	0,50	0,13	
c) Flügeltürschleuse	1,00	0,25	
d) Gleichläufige Rundschleuse	0,71	0,18	
e) Gegenläufige Rundschleuse	1,00	0,32	

1) $\eta_{21} = \frac{1}{D \cdot p} \int_0^p x dt = X_m$; X Zeitwert der Öffnungsweite
 t_p Periodenzeit (1 Umdr.)

Bild 2: Luftschleusen-Bauarten

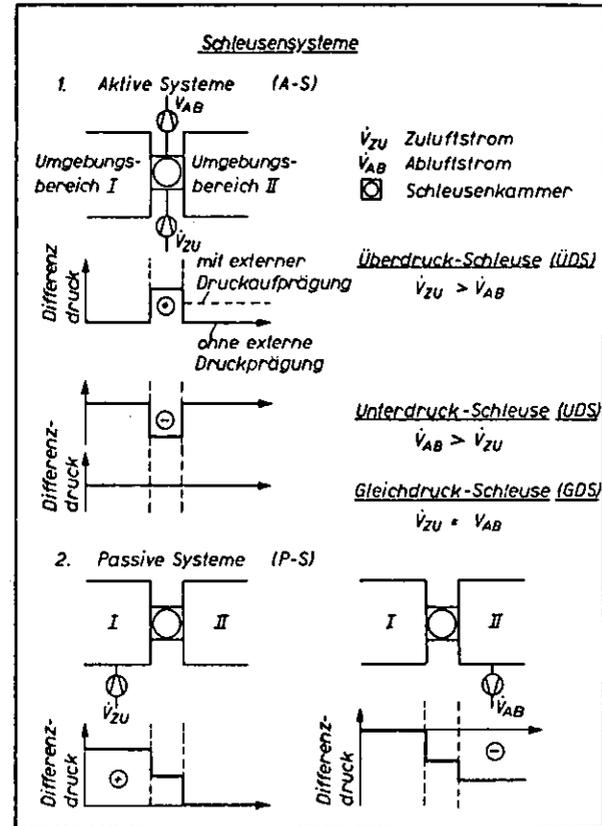


Bild 3: Systeme von Einkammerschleusen

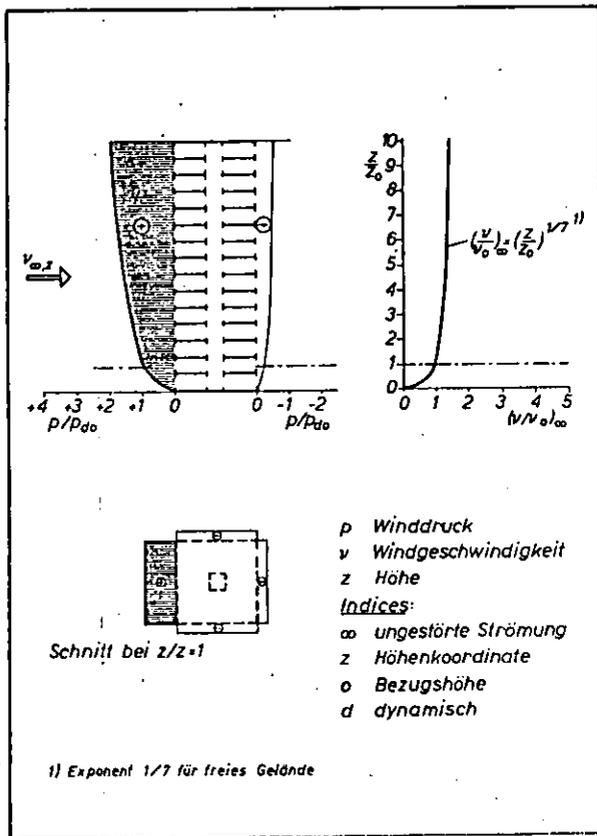
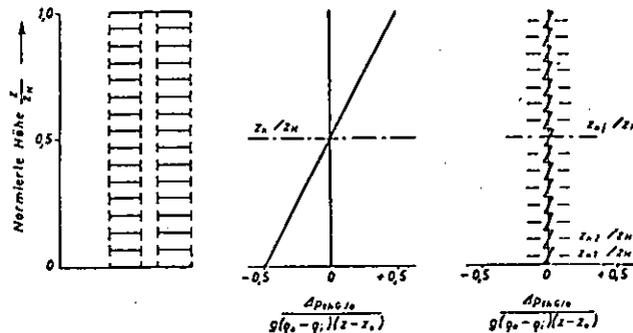


Bild 4: Winddruckverteilung an einem hohen Gebäude (Näherung)



Normierter thermischer Differenzdruck

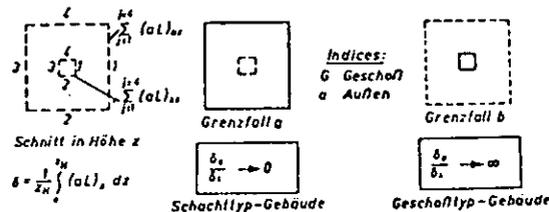


Bild 5: Thermischer Differenzdruck Geschoss/außen für zwei Grenzfälle von Gebäuden bei $q_a > q_i$ (kein Druckverlust im Schacht)

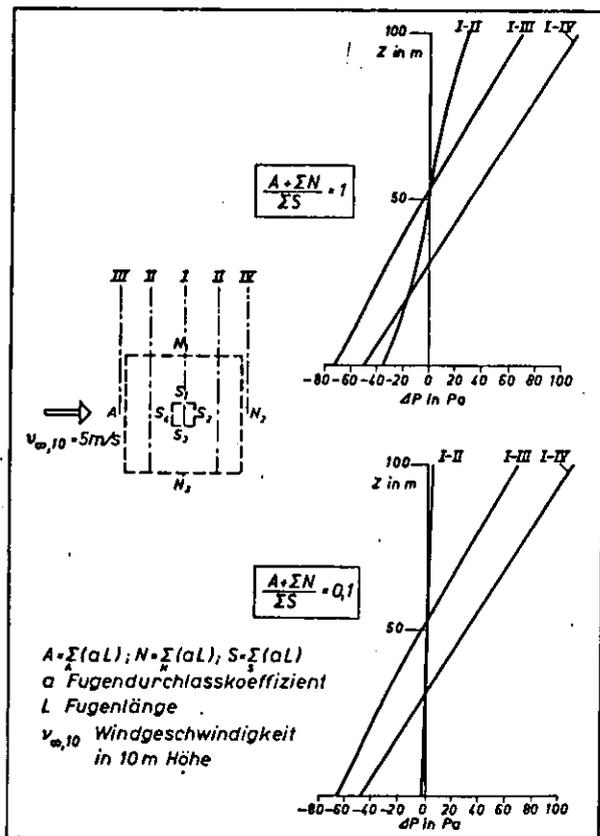


Bild 6: Differenzdrücke durch Wind und Auftrieb in einem hohen Gebäude bei -10°C außen und $+22^{\circ}\text{C}$ innen

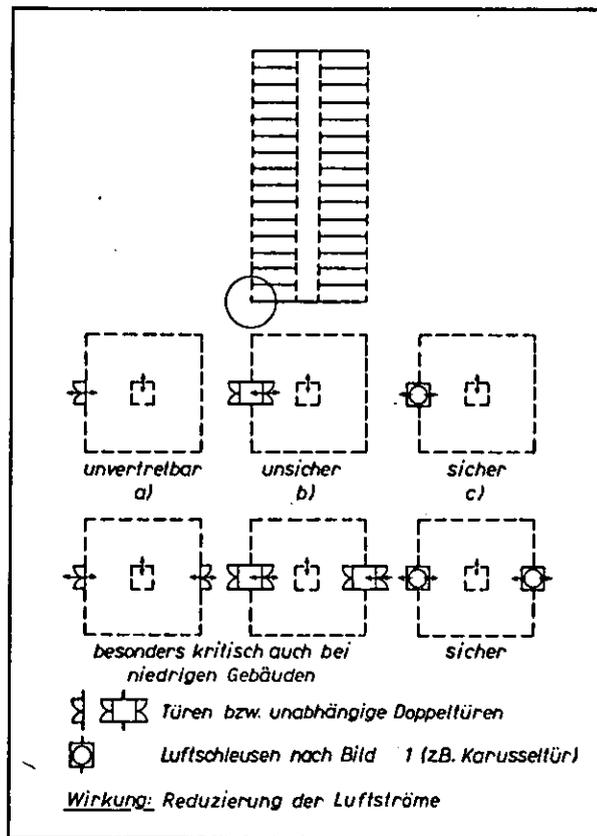


Bild 7: Trennung von Eingangsbereichen, speziell bei hohen Gebäuden

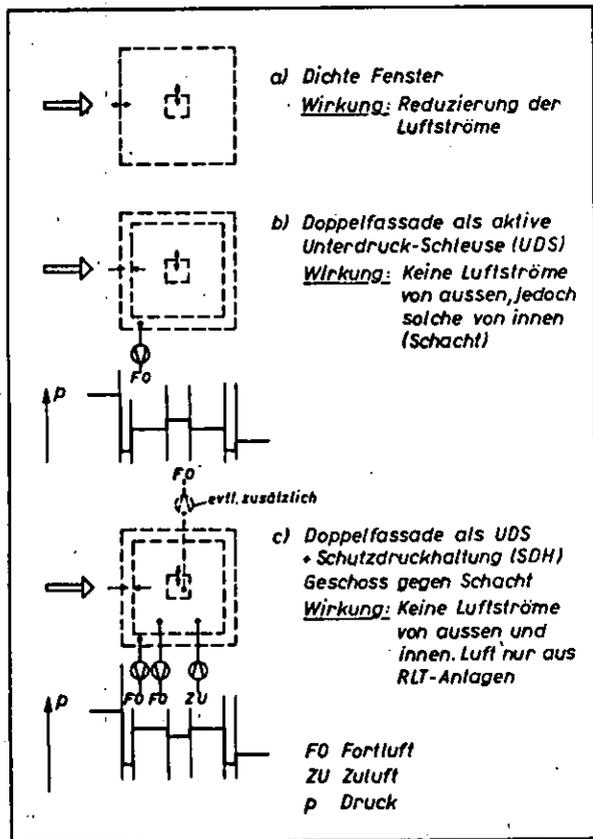


Bild 8: Trennung von Außenzonen

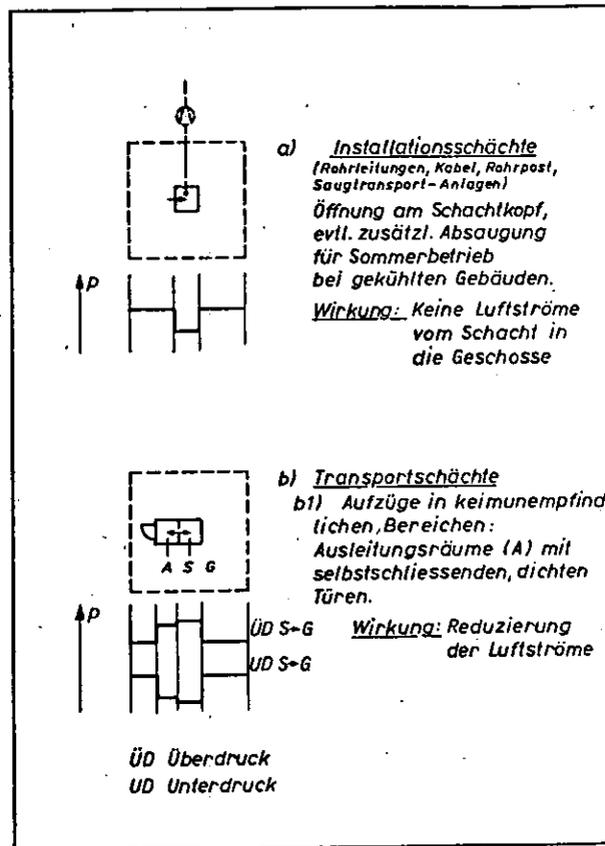
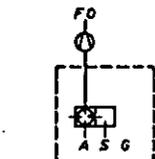


Bild 9a: Trennung zwischen Schächten und und Geschossen

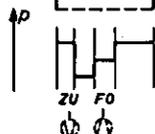
b2) Transportschächte

b2) AWT-Anlagen oder Abwurfschächte in keimunempfindlichen Bereichen, Aufzüge in keimempfindlichen Bereichen: Ausleiterräume (A) mit oder als Luftschleusen + Schutzdruckhaltung (SDH)



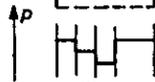
① A-UDS

Wirkung: Bei Aufzügen keine Luftströme S→G, bei offenen Schächten Reduziert



② P-S oder besser A-GDS + SDH G→S

Wirkung: wie I, jedoch bessere Trennwirkung beim Passieren



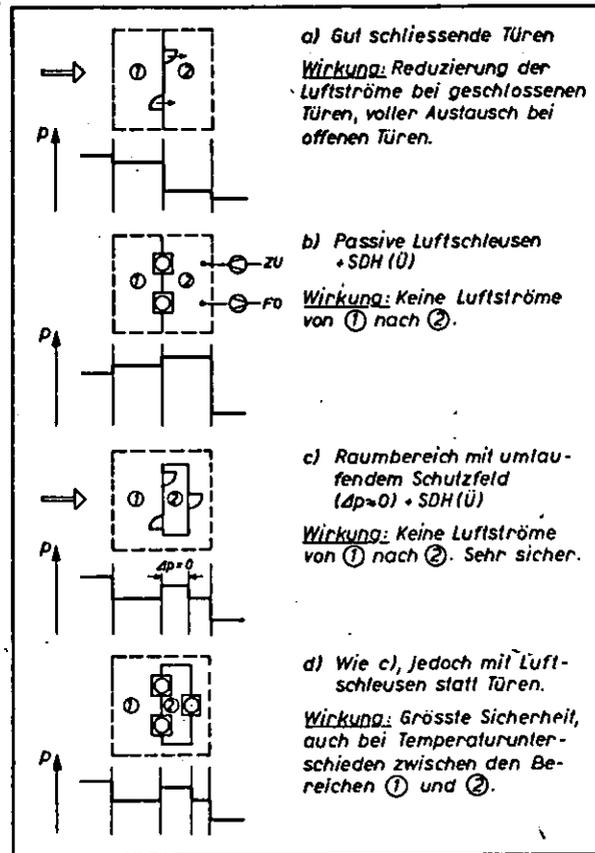
b3) Aufzüge in Infektionsstationen: wie b2, jedoch

③ A-ÜDS

Wirkung: keine Luftströme G→S



Bild 9b: Trennung zwischen Schächten und Geschossen (Beispiel: UD 1. Schacht)



a) Gut schliessende Türen

Wirkung: Reduzierung der Luftströme bei geschlossenen Türen, voller Austausch bei offenen Türen.

b) Passive Luftschleusen + SDH (Ü)

Wirkung: Keine Luftströme von ① nach ②.

c) Raumbereich mit umlaufendem Schutzfeld ($dp=0$) + SDH (Ü)

Wirkung: Keine Luftströme von ① nach ②. Sehr sicher.

d) Wie c), jedoch mit Luftschleusen statt Türen.

Wirkung: Grösste Sicherheit, auch bei Temperaturunterschieden zwischen den Bereichen ① und ②.

Bild 10: Trennung von Geschossteilen oder Räumen

"Schutzdruckhaltung - ein Mittel zur Reduktion des aerogenen Keimtransportes"

Von Dipl.-Ing. H. Feustel, Berlin

Mitteilung aus dem Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik der Technischen Universität Berlin

Arbeit im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 159 "Krankenhausbau"

1. Aufgabe

Luftkeimtransport erfolgt durch Luftströmungen, die aufgrund von Druckdifferenzen entstehen. Aufgabe der Schutzdruckhaltung ist es, Luftströmungen innerhalb eines Krankenhauses von Bereichen niedrigen hygienischen Standards zu solchen höheren Standards zu unterbinden. Sie kann nur mit raumluftechnischen Anlagen¹⁾ verwirklicht werden. Da die Richtung einer Luftströmung gleich der Richtung des Druckgradienten ist, wird in zu schützenden Bereichen zweckmäßig ein relativer Oberdruck gegenüber der Umgebung aufgebaut. Das geschieht dadurch, daß diesem Bereich maschinell mehr Zuluft zugeführt wird, als maschinell Abluft aus ihm abgezogen wird. Die Differenzmenge, der Sperrluftstrom, strömt über die Summe der Raumundichtigkeiten ab und baut dabei den angestrebten relativen Oberdruck gegenüber den Nachbarräumen auf [2,3].

Die Druckverteilung innerhalb des Gebäudes wird beeinflußt durch die auf die Außenhaut des Gebäudes wirkenden Windkräfte, den thermischen Auftrieb und durch die RLT-Anlagen. Um die Druckverteilung und die Luftströmungen innerhalb eines Gebäudes in Abhängigkeit von den Randbedingungen (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Umgebungsbebauung, Außen- und Innentemperatur usw.) berechnen zu können, wurde am Hermann-Rietschel-Institut der Technischen Universität Berlin ein Computer-Programm entwickelt, daß ein Gebäude in ein dreidimensionales Rasterfeld auflöst. In dem entstehenden Netzwerk werden alle Rasterquader durch Knotenpunkte dargestellt, für die zur iterativen Berechnung der Drücke Luftmassenstrombilanzen aufge-

1) kurz: RLT-Anlagen

stellt werden [4].

2. Beispiel

2.1 Übersicht

Die Wirkungsweise und der Nutzen der Schutzdruckhaltung soll hier anhand eines Rechenbeispiels erläutert werden. Es wurde ein Gebäudegrundriß gewählt, der sich an dem Grundriß eines geplanten OP-Traktes orientiert. Es handelt sich um ein 8-geschossiges Gebäude, bei dem sich im Erdgeschoß die OP-Abteilung befindet. Da das Druckfeld im OP-Geschoß praktisch von der Geschoßaufteilung der oberen Stockwerke nur durch die resultierenden Widerstände zwischen den vertikalen Verbindungen und der Außenluft beeinflusst wird, sind diese mit nur je einem Raum je Geschoß dargestellt.

Für die Lage des OP-Geschosses wurde wegen des Einflusses des thermischen Auftriebes im Treppenhaus und im Fahrstuhlschacht das Erdgeschoß gewählt. Nur an Tagen, an denen die Außenlufttemperatur höher ist, als die Temperatur innerhalb des Gebäudes, entsteht am Fuße der vertikalen Schächte bei geringen Windgeschwindigkeiten ein relativer Oberdruck gegenüber der Umgebung, der einen Luftstrom vom Treppenhaus zu dem OP-Bereich hin verursacht. Für den fast ausschließlich vorliegenden Fall, daß die Außenlufttemperatur unter der Innentemperatur liegt, entsteht unter den oben genannten Voraussetzungen am Schachtfuß relativer Unterdruck, der außerdem wegen der größeren Temperaturdifferenzen während der meisten Zeit des Jahres wesentlich höhere Beträge ausweist als im Sommerfall.

Die Stockwerke sind durch ein Treppenhaus ohne Unterteilung in der Vertikalen und einen Fahrstuhlschacht miteinander verbunden. Die Öffnungsverteilung des Treppenhauses zu den Geschossen hin und nach außen wird trotz der Außentür im Erdgeschoß als gleichmäßig vorausgesetzt.

Bild 1 zeigt den Grundriß des Erdgeschosses.

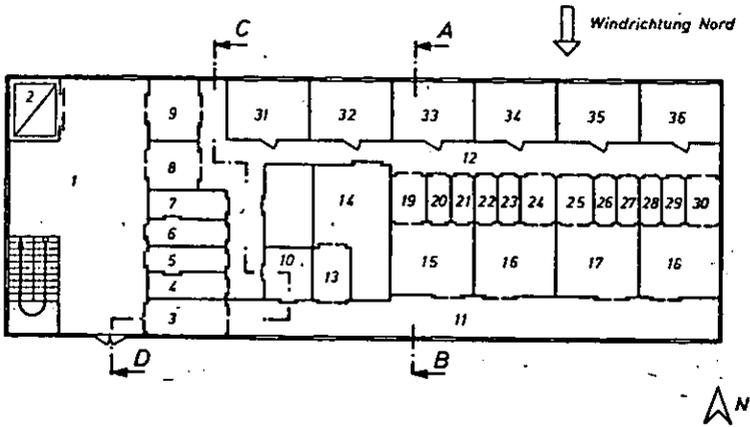


Bild 1: Grundriß einer OP-Abteilung
nach [1]

Legende:

Raum	Bezeichnung
1	Treppenhaus
2	Fahrschachtt
8 - 10	Schleusen
11	reiner Arbeitsflur
12	prä- und postoperativer Flur
13 , 14	Arbeitsräume
15 - 18	OP-Säle
19 - 30	Vorbereitungs- und Waschräume
31 - 36	Räume der freien Nutzungsfläche

2.2 Berechnungsgrundlagen

Außentemperatur	t_a	32°C
Innentemperatur	t_i	20°C
Geschoßhöhe		3,3 m
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe		6 m/s ¹⁾
Exponent der Höhenabhängigkeit der Windgeschwindigkeit	1/m	1/7 ¹⁾
Exponent der Druckdifferenz	n	2/3
Untersuchte Windrichtungen		N, O, S, W

Durchlässigkeiten:

Bauteil	Eingebaut zwischen	Durchlässigkeit (a·L) ²⁾ in m ³ /h Pa ^{2/3}
Fenster, nicht zu öffnen	Raum 11 und außen	0,8
Fenster, zu öffnen	Räume 31-36 und außen Raum 1 und außen	2,5
Außentür	Raum 1 und außen	186
Innentür (Schiebetür)	Raum 1 und 4-7 Raum 12 und 4-7 Räume 20-23 beidseitig Räume 26-29 beidseitig Raum 10 und 11, 12	46
Innentür (Drehtür)	Räume 31-36 und 12	46
Innentür (Schiebetür)	Raum 1 und 2	19
Innentür (Schiebetür)	Räume 3,8,9,13-19, 24,25,30 beidseitig	93

1) Freie Lage außerhalb einer sonstigen Bebauung

2) a in m³/m h Pa^{2/3} Fugendurchlaßkoeffizient
L in m Fugenlänge

2.3 Diskussion der Ergebnisse

Bei dem hier vorliegenden Beispiel (Bild 1) sind zwei Strömungsrichtungen unerwünscht:

- a) Durchströmung der Schleusen vom Treppenhaus her, da hierbei Keime aus niedrigeren Raumklassen (z.B. Bettenstationen) in den reinen Arbeitsflur gelangen.
- b) Durchströmung der OP-Räume vom prä- und postoperativen Flur her.

Aus diesem Grunde sind die Windanströmrichtungen West und Nord für dieses Beispiel die kritischen Anströmrichtungen. Aus Platzgründen soll hier nur die besonders kritische Anströmrichtung Nord untersucht werden.

Bild 2 zeigt den Druckverlauf entlang des Schnittes A-B. Die Kurve 2a) zeigt wegen der relativ hohen Durchlässigkeiten geringen Druckabfall vom prä- und postoperativen Flur zum reinen Arbeitsflur. Die Luftströmung geht dem Druckgefälle entsprechend in die unter hygienischen Gesichtspunkten falsche Richtung. Wird dagegen dem reinen Arbeitsflur ein Massenstrom (hier 4000 kg/h) aufgeprägt, stellt sich ein Druckgradient in der richtigen Richtung ein (2b). Die Kurve 2c) zeigt den Druckverlauf nach Öffnen der Verbindungstür zwischen dem Vorbereitungsraum (Raum 19) und dem unreinen Flur. Die Durchströmungsrichtung durch den OP-Saal bleibt bestehen.

Daß diese Schutzdruckhaltung trotz des aufgeprägten Luftmassenstromes beim Öffnen der zweiten Tür des Vorbereitungsraumes zusammenbricht, zeigt die Kurve 2d). Die angestrebte Strömungsrichtung bleibt erhalten. Temperaturdifferenzen beiderseits der offenen Verbindungen können jedoch eine wesentliche Austauschzirkulation bewirken. Die Vorbereitungsräume sollten daher entweder bei besonders hohen Anforderungen als Luftschleusen mit gegenseitig verriegelten Schiebetüren ausgebildet werden oder sie sollten, wie die übrigen Türen zum OP-Raum, mindestens selbstschließend sein.

Einen weiteren kritischen Fall zeigt das Bild 3; bei der gewählten Windanströmrichtung wird bei fehlender Schutzdruck-

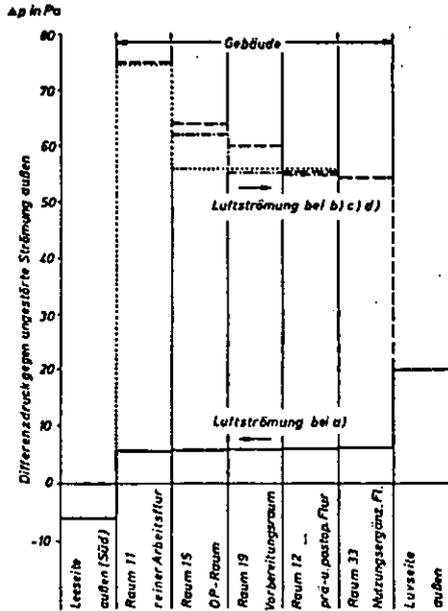


Bild 2 : Druckverlauf Schnitt A-B

- a) ——— ohne Schutzdruckhaltung, alle Türen geschlossen
- b) - - - mit Schutzdruckhaltung, alle Türen geschlossen
- c) - · - mit Schutzdruckhaltung, Tür zwischen Raum 19 und Raum 12 geöffnet
- d) ····· mit Schutzdruckhaltung, Türen zwischen OP und prä - u. postop. Flur geöffnet

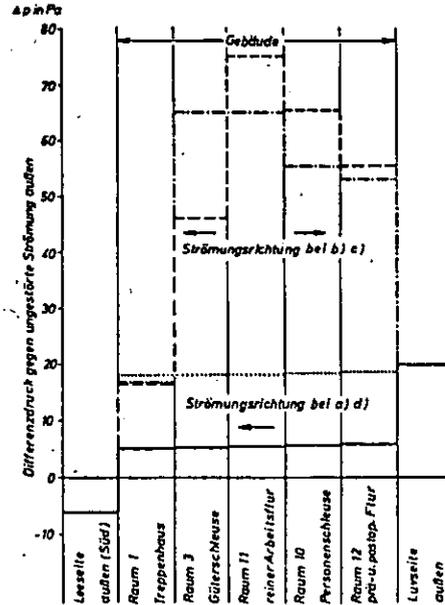


Bild 3 : Druckverlauf Schnitt C-D

- a) ——— ohne Schutzdruckhaltung, alle Türen geschlossen
- b) - - - mit Schutzdruckhaltung, alle Türen geschlossen
- c) - · - mit Schutzdruckhaltung, Tür zwischen Raum 3 und Raum 11 offen
- d) ····· mit Schutzdruckhaltung, beide Türen von Raum 3 offen

haltung (Kurve 3a)) der OP-Trakt quer zum reinen Arbeitsflur hin, und von dort zum Treppenhaus durchströmt. Besonders wichtig in dem Druckdiagramm entlang des Schnittes C-D, ist die Druckdifferenz zwischen den beiden Fluren, da diese die Strömungsrichtung durch die OP-Räume bestimmt. Sind im Falle der Schutzdruckhaltung alle Türen geschlossen (Kurve 3b)) oder ist nur eine Tür der Schleuse (Raum 3) geöffnet (Kurve 3c)), kann das gewünschte Druckprofil eingehalten werden.

Wie schon im Fall 2d) gezeigt, bricht die Druckdifferenz zusammen, sobald die zweite Tür des Raumes 3 geöffnet wird. Die Kurve 3d) zeigt, daß dann trotz des aufgeprägten Massenstromes die OP-Räume von dem unreinen Flur her durchströmt werden.

3. Literatur

- [1] Dirichlet, G.; Labryga, F.; Poelzig, P.; Schlenzig, G.: Krankenhausbau-Maßkoordination, Entwurfsstrategie, Anwendungsbeispiele.
Veröffentlichung im Sommer 1977
- [2] Esdorn, H.:
Luftströmung und Druckhaltung in Krankenhäusern
Gesundheits- Ingenieur 94 (1973), H. 10, S. 289
- [3] Esdorn, H.:
Klimatisierung von Krankenhäusern
Deutsche Bauzeitung (1973), H. 2, S. 154
- [4] Esdorn, H.; Feustel, H.; Giese, K.; Schmidt, M.:
Bauliche und Lüftungstechnische Maßnahmen gegen unerwünschten Luftaustausch zwischen Räumen unterschiedlichen hygienischen Standards
Abschlußbericht TP F2/2 des SFB 159, TU Berlin 1977

Anschrift des Autors:

Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik der
Technischen Universität Berlin
Marchstraße 4, 1000 Berlin 10

"Luftschleusen an Verkehrsverbindungen im Krankenhaus"

Von Dipl.-Ing. M. Schmidt, Berlin

Mitteilung aus dem Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik der Technischen Universität Berlin

Arbeit im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 159 "Krankenhausbau"

1. Einleitung

Im Rahmen des, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Fachbereich Umwelttechnik der Technischen Universität Berlin eingerichteten Sonderforschungsbereiches 159 "Krankenhausbau" wurde am Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik eine experimentelle und analytische Untersuchung über die Wirkung von Luftschleusen zur Reduktion der Luftkeimübertragung an Verkehrsverbindungen zwischen Bereichen unterschiedlichen Luftstandards durchgeführt [3].

2. Definitionen

Unter einer Luftschleuse versteht man eine Verkehrsverbindung zwischen benachbarten Bereichen, bei der der Verkehrsweg ständig durch mindestens eine geschlossene Trennfläche unterbrochen ist. Sie kann aus mindestens einer festen Kammer mit einer Ein- und Ausgangstür bestehen, bei denen sichergestellt ist, dass sie nicht gleichzeitig zu öffnen sind. Kammer und Türen können auch eine Einheit bilden (z.B. Karusselltüren). Hinsichtlich der Ausstattung mit raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) unterscheidet man zwischen passiven und aktiven Schleusen. [1], [2]. Bei einer passiven Schleuse besitzt die Schleusenkammer selbst keine RLT-Anlage, während mindestens einer der zu trennenden Bereiche eine maschinelle Druckhaltung aufweisen sollte, die über den aufgebauten Differenzdruck die Strömungsrichtung durch die Schleuse bestimmt. Bei aktiven Luftschleusen haben die Schleusenammern eigene Zu- bzw. Abluftsysteme. Die zu trennenden Bereiche selbst brauchen dabei nicht unter definierten Drücken gehalten zu werden. Bei aktiven Schleusen unterscheidet man zwischen Überdruckschleusen (maschinell geförderter Zuluft-

strom V_{ZU} grösser als maschinell geförderter Abluftstrom (V_{AB}), Unterdruckschleusen ($V_{AB} > V_{ZU}$) und Gleichdruckschleusen mit ausgeglichener Volumenstrombilanz ($V_{AB} = V_{ZU}$). Die über die Türspalte zu- oder abströmende maschinell geförderte Luft wird Sperrluftstrom genannt.

3. Durchführung der Untersuchung

Der Luftaustausch zwischen zwei Bereichen durch eine Luftschleuse hindurch wird von einer Vielzahl sich grösstenteils gegenseitig beeinflussender Parameter bestimmt. Experimentell wurden die Punkte behandelt, die sich nicht rechnerisch erfassen lassen. Dabei handelt es sich vor allem um die Bestimmung des Austausches an einer Tür und die diesen Vorgang beeinflussenden Faktoren, insbesondere Türbauart, Personenverkehr und Sperrluftstrom. Die Untersuchung der resultierenden Schleusenwirkung erfolgte numerisch unter Zugrundelegung des ermittelten Austauschvolumens an einer Tür.

3.1 Experimentelle Untersuchungen

An dem Modell einer Luftschleuse im Masstab 1 : 1 wurde der Austauschvorgang beim Passieren von Türen untersucht. Die Messung des ausgetauschten Volumens erfolgte mit Hilfe einer Spurengas-Methode. Als Messgas wurde Stickoxydul (N_2O) verwendet. Als Türbauarten wurden Schiebe- und Drehtüren untersucht. Die Schiebetür erwies sich erwartungsgemäss als günstiger für Luftschleusen. Ihr Austauschvolumen wurde mit etwa 50% dessen einer Drehtür festgestellt.

Der Einfluss des Personenverkehrs wurde in Versuchen mit wechselnder Verkehrsrichtung und in Kontrollversuchen ohne Personenverkehr ermittelt. Eine eindeutige Abhängigkeit des ausgetauschten Luftvolumens von der relativen Richtung zwischen dem Passieren und dem Sperrluftstrom konnte nicht festgestellt werden.

Der Sperrluftstrom bei offener Tür wurde zwischen 0 ... 1000m³/h variiert. In Bild 1 ist diese Abhängigkeit für eine Schiebetür

dargestellt. Danach ist mit genügend grossen Volumenströmen der Luftaustausch entgegen der Strömungsrichtung bei Personenverkehr erheblich zu vermindern.

Bei gleichen Drücken und Temperaturen beiderseits der Tür beträgt das ausgetauschte Luftvolumen an einer Schiebetür für ein einmaliges Passieren mit normaler Gehgeschwindigkeit ca. $0,5\text{m}^3$. Höhenabhängige Druckdifferenzen aufgrund unterschiedlicher Temperaturen beiderseits der Tür bewirken ohne überlagerten Sperrluftstrom einen erheblichen Austausch. Hierüber wird an anderer Stelle berichtet.

3.2 Numerische Untersuchung

Zur Untersuchung der Trennwirkung von Schleusensystemen wurde ein numerisches Modell entwickelt, das die rechnerische Simulation des Betriebes von Luftschleusen gestattet. Die vorbeschriebenen Versuchsergebnisse wurden dabei für die Beschreibung der Austauschvorgänge an den Türen zugrunde gelegt. Als Mass für die Trennwirkung wurde der Luftvolumenstrom vom unreinen zum reinen Bereich (mittlere Übertragungsrate) gewertet. Da die Trennwirkung von Schleusen von einer grossen Anzahl von Parametern beeinflusst wird, wird die Behandlung hier auf die Variation einiger besonders wesentlicher Parameter beschränkt, um die Übersicht über die einzelnen Einflüsse sicherzustellen. Für die folgenden Ergebnisse gelten, soweit nicht besonders vermerkt, folgende Bedingungen:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| a) Türöffnungszeit | 8 Sek. |
| b) Verschlusszeit | 2 Sek. |
| c) Kammervolumen | $8,75\text{m}^3$ |
| d) Austauschvolumen | $0,5\text{m}^3$ |
| e) Verkehrsfrequenz | 20 h^{-1} |

3.2.1 Ein-Kammer-Schleusen

Der Einfluss der Türbauart sei am Beispiel von zwei Ein-Kammer-Schleusen dargestellt. In Bild 2 ist über dem Austauschvolumen einer Tür der von der Schleuse durchgelassene Volumenstrom aufgetragen. Die schlechtere Trennwirkung aktiver Über- oder

Unterdruckschleusen ohne Luftspülung und ohne aufgeprägte externe Druckdifferenz gegenüber der passiven Schleuse mit externer Druckdifferenz ist darauf zurückzuführen, dass bei den Über- oder Unterdruckschleusen entweder verunreinigte Luft aus der Schleuse in den reinen Bereich hineingedrückt oder zusätzlich Luft aus dem unreinen Bereich in die Schleuse hineingezogen wird. Bei der passiven Schleuse mit aufgeprägtem Druckgefälle in Richtung fallenden Luftstandards wird dauernd eine Luftströmung in der richtigen Richtung sichergestellt. Die Grössenordnung der Trennwirkung der beiden dargestellten Schleusensysteme sei an einem Beispiel erläutert:

Ein Operationssaal mit einem Volumen von 100m^3 sei mit einer RLT-Anlage ausgestattet, die einen 30-fachen Luftwechsel erzeugt. Der OP ist durch eine passive Ein-Kammer-Schleuse zu betreten, die stündlich zwanzigmal durchschritten wird. Bei Verwendung von Schiebetüren in der Schleuse beträgt die Luftkeimkonzentration im OP ca. $0,03\%$ der Konzentration im angrenzenden Bereich. Bei Anwendung einer Drehtür (doppeltes Austauschvolumen) dagegen beträgt die Konzentration ca. $0,1\%$, d.h. sie ist mehr als dreimal so hoch.

Die Frequenz, mit der Personen die Schleuse passieren, beeinflusst die Trennwirkung der Schleuse. In Bild 3 ist die Übertragungsrate für die gleichen Schleusen wie in Bild 2 als Funktion der Verkehrsfrequenz dargestellt. Für die Unterschiede zwischen den Schleusentypen gilt das oben Gesagte.

Eine Verbesserung der Trennwirkung von Luftschleusen ist erzielbar, indem man die Schleusenkammern zusätzlich mit reiner Luft spült und so eine stetige Verdünnung der Verunreinigung erzielt. In Bild 4 ist der Einfluss einer Luftspülung für die zuvor behandelten Ein-Kammer-Schleusen dargestellt.

3.2.2 Mehr-Kammer-Schleusen

Vorstehend sind Möglichkeiten zur Beeinflussung der Trennwirkung von Ein-Kammer-Schleusen behandelt. Reichen diese Massnahmen zur Erzielung der erforderlichen Trennung nicht aus,

müssen Mehr-Kammer-Schleusen verwendet werden. Diese Anordnungen ergeben eine Verbesserung der Trennwirkung einmal durch die Erhöhung der Kammerzahl und zum anderen durch die Aufprägung eines geeigneten Druckprofils. Der Einfluss der Kammerzahl ist in Bild 5 für ein passives Mehrkammer-Schleusen-System dargestellt. Der angegebene Punkt für die Kammerzahl Null ergibt sich für eine Druckhaltung an einer einzelnen Tür.

4. Literatur

- [1] Esdorn, H.:
Luftströmung und Druckhaltung in Krankenhäusern
Gesundheits-Ingenieur 94 (1973), H.10, S.289
- [2] Esdorn, H.:
Klimatisierung von Krankenhäusern
Deutsche Bauzeitung (1973), H.2, S.154
- [3] Esdorn, H.; Feustel, H.; Giese, K.; Schmidt, M.:
Bauliche und Lüftungstechnische Massnahmen gegen
unerwünschten Luftaustausch zwischen Räumen unter-
schiedlichen hygienischen Standards
Abschlussbericht TP F2/2 des SFB 159, TU Berlin 1977

Anschrift des Autors:

Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik der
Technischen Universität Berlin
Marchstrasse 4, 1000 Berlin 10.

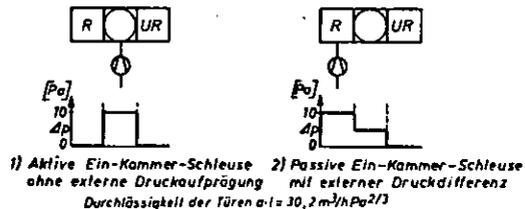
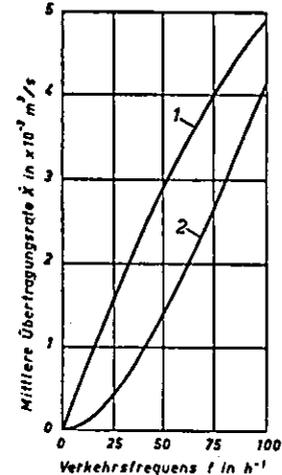
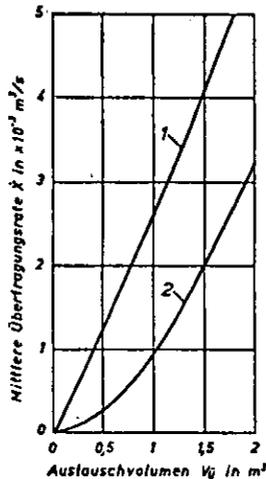


Bild 2

Einfluss des Austauschvolumens auf die mittlere Übertragungsrate von Ein-Kammer-Schleusen ohne zusätzliche Luftspülung

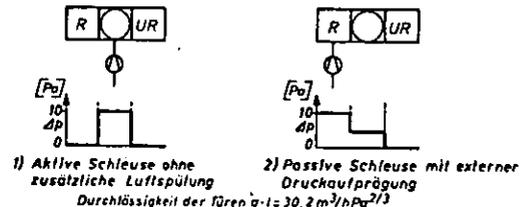
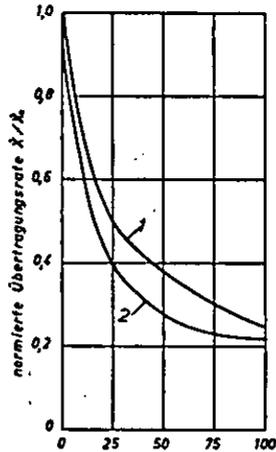


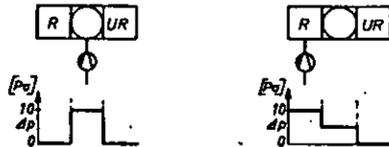
Bild 3

Einfluss der Verkehrsfrequenz auf die Übertragungsrate von Ein-Kammer-Schleusen



Luftwechsel aufgrund zusätzlicher
Luftspülung [h^{-1}]

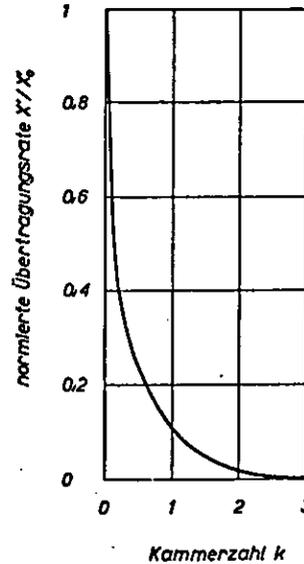
X_0 mittlere Übertragungsrate ohne zusätzliche Luftspülung



1) Aktive Überdruck-Schleuse 2) Aktive Gleichdruck-Schleuse
ohne externe Druckaufprägung mit externer Druckdifferenz
Durchlässigkeit der Türen $a=1=30,2 m^3/hPa^2/3$

Bild 4

Einfluss zusätzlicher Luftspülung der Schleusen-
kammer auf die Übertragungsrate von Ein-Kammer-
Schleusen



X_0 mittlere Übertragungsrate einer Tür
Durchlässigkeit der Türen $a=1=30,2 m^3/hPa^2/3$

Bild 5

Einfluss der Kammerzahl auf die
Trennwirkung von passiven Schleusen
mit einer externen Gesamtdruck-
differenz von $\Delta p=10 Pa$

"Untersuchungen über die Keimaufnahme und -abgabe von Induktionsgeräten in Hochdruck-Klimaanlagen"

von Dipl.-Ing. P. Möllers; o. Prof. Dr.-Ing. H. Esdorn;

o. Prof. Dr. med. E. Kanz

Mitteilung aus dem Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik der Technischen Universität Berlin

Arbeit im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 159 "Krankenhausbau"

1. Zusammenfassung

Induktionsgeräte können aus der Sicht der Hygiene im Krankenhaus ein Infektionsrisiko darstellen. Speziell die hohen rel. Luftfeuchten an den Kühlern bieten dem Wachstum vieler Keimarten günstige Bedingungen. Geräte mit Lamellenwärmeaustauschern sind zudem schwer zu reinigen [1], [6]. Induktionsklimaanlagen besitzen jedoch wirtschaftliche Vorteile [4], [7], [2]. An dem Lamellenwärmeaustauscher LWT des Gerätes IGL und dem Plattenwärmeaustauscher PWT des Gerätes IGP (Bild 1) wurden unter Laborbedingungen die Anlagerung und Ablösung von Talkumpartikeln, die mit Testkeimen geimpft waren, gemessen. Die Ergebnisse zeigen u. a. den Einfluss der Betriebszeit und die Wirksamkeit von zwei Desinfektionsmaßnahmen: Zeitweiliger Betrieb eines UV-Brenners innerhalb des Gerätes, kurzzeitige Anreicherung der Sekundärluft mit vernebeltem Desinfektionsmittel.

2. Messtechnik

Bild 2 zeigt eine Skizze des Messraumes. Es wurden in allen hier vorgestellten Versuchen folgende Betriebszustände eingestellt:

Volumenstrom der Primärluft $230 \text{ m}^3/\text{h}$, entsprechend einem Primärluftwechsel von $\beta_p = 4 \text{ h}^{-1}$, Raumlufttemperatur $24,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$, Primärlufttemperatur $22,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$.

In Bild 3 sind die Betriebszustände der Messgeräte und Anlagenteile zusammen mit dem qualitativen Verlauf des Keimpegels in der Abluft in vier Phasen dargestellt.

In Phase 1 beladen sich die Wärmeaustauscher mit den von der Streuquelle emittierten Partikeln und Testkeimen "micrococcus luteus". Während der Phase 2 sind Induktionsgerät und Streuquelle abgeschaltet, während der Raum über ein separates System gelüftet wird. Nach Wiederinbetriebnahme des Induktionsgerätes zu Beginn der Phase 3 steigt der Pegel im Raum und in der Abluft durch selbständige Ablösung anhaftender Partikel und Keime wieder an, erreicht ein Maximum und klingt wieder ab. Die auf dem Wärmeaustauscher verbleibenden Partikel und Keime werden zu Beginn der Phase 4 mit Hilfe von Pressluft von den Haftflächen abgelöst und mit der Zuluft in den Raum geblasen. Die Partikel wurden mit einem Streulicht-Partikelcounter [3], klassifiziert nach Korngrößen $>3\mu\text{m}$ und $>5\mu\text{m}$, gezählt. Die Keimzahlen wurden mit 2 Casella-Slit-Samplern [5] gemessen.

Die Fläche zwischen dem Pegelverlauf und der Zeitachse in Bild 3 ist der Anzahl der in der Abluft nachgewiesenen Partikel bzw. Keime proportional. Damit lässt sich der Anteil der an den Wärmeaustauschern anhaftenden Partikel bzw. Keime, bezogen auf die Gesamtemission, ermitteln.

3. Ergebnisse

Ein selbständiges Ablösen (Ansteigen des Pegels während der Phase 3) war in keiner untersuchten Variante feststellbar.

In den Bildern 4, 5, 6 und 7 sind die Ergebnisse für verschiedene Einflussfaktoren dargestellt. Trotz der unterschiedlich grossen Oberflächen ($F_{LWT} \sim 10,9\text{m}^2$, $F_{PWT} \sim 2,6\text{m}^2$) ergeben sich für IGL und IGP etwa gleiche Anteile der angelagerten an den von der Streuquelle emittierten Partikeln bzw. Keimen. Ein im IGL untergebrachter (Bild 1) und zeitweilig betriebener UV-Brenner zeigte für die Filtermatte und für den dahinter liegenden Wärmeaustauscher hervorragende Desinfektionswirkung (Bild 7). Aus der gleichen Darstellung ist auch die Wirksamkeit einer Desinfektion durch Einsprühen von 5%iger Lysoformin-Lösung in die Sekundärluft ersichtlich. Voraussetzung ist die Verwendung rückstandsfrei verdunstender Desinfektionsmittel. Zusammen mit der Erkenntnis, dass eine selbständige Ablösung

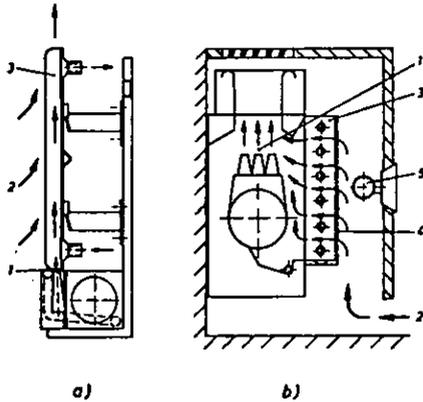
trotz der hohen Beladungsdichten im Laborversuch nicht festgestellt wurde, sind beide Desinfektionsmassnahmen von wesentlicher Bedeutung für die Praxis.

Es ist geplant, diese im Labor gefundenen Ergebnisse durch eine Untersuchung im realen Krankenhausbetrieb mit der dortigen Keimflora und üblichen Beladungsverhältnissen zu ergänzen.

4. Literatur

- [1] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.:
ASHRAE Handbook & Product Directory 1974
Applications, S.7.6 ff, New York
- [2] Berglund, K.-O.; Lilja, G.:
Underlag för kostnadsbedömningar vid klimatisering av cellkontor
VVS Tidskrift för VVS-Kyl- El- och Miljöteknik (1972), Nr.11, S.52/58
- [3] Dimmick, R.L.; Akers, A.B.:
An Introduction to Experimental Aerobiology
Wiley-Interscience, New York 1969
- [4] Jahn, A.:
Methoden der energetischen Prozessbewertung
Raumlufttechnischer Anlagen und Grundlagen der Simulation
Dissertation, TU Berlin, 1978
- [5] Kanz, E.:
Problematik der Aseptik in Operationsräumen
Forschungsberichte aus dem Gebiet der Luft- und Trocknungstechnik (1972), Nr.9
- [6] Laux, H.:
Stand der Technik in der Hochdruck-Klimatisierung
gi Gesundheits-Ingenieur 95 (1974), Nr.3, S.63/75
- [7] Masuch, J.; Steinbach, W.:
Energieverbrauchsrechnungen zur Optimierung von Klimaanlageanlagen
Lufttechnische Informationen, Zeitschrift der LTG Lufttechnische GmbH, Stuttgart
Heft 17, (1976), September, S.12/21, 26/31 und
Heft 18 (1977), März, S.25/37

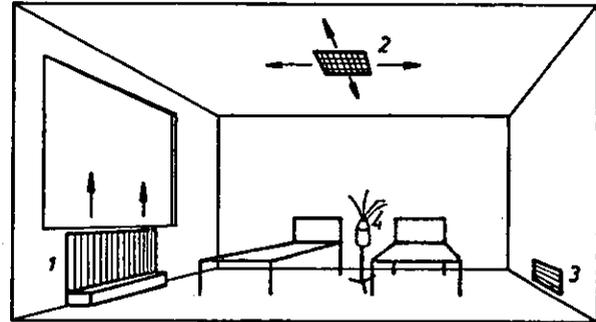
Bild 1: Induktionsgerät



a) mit Plattenwärmetauscher (IGP)
 b) mit Lamellenwärmetauscher (IGL)

- 1 Primärluftaustritt
- 2 angesaugte Sekundärluft
- 3 Wärmetauscher
- 4 Filtermatte (nur IGL)
- 5 UV-Brenner (nur IGL)

Bild 2: Maßraum (2-Bett-Pflegezimmer)



- 1 Induktionsgerät
- 2 Decken-Luftausstoß
- 3 Ablufteinlaß
- 4 Streuquelle

Bild 3 : Anlagenbetrieb und Messungen während eines Versuches (← → = in Betrieb)

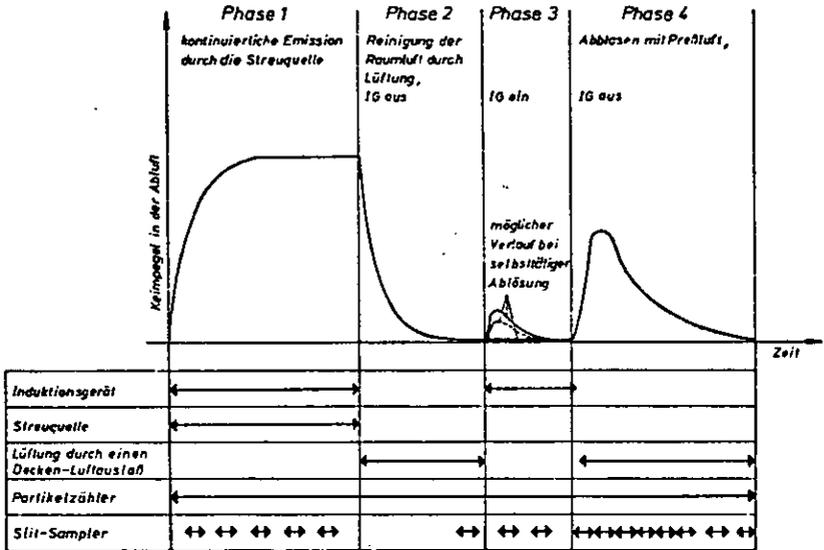


Bild 4 : Ergebnisse zum Gerät mit Plattenwärmetauscher

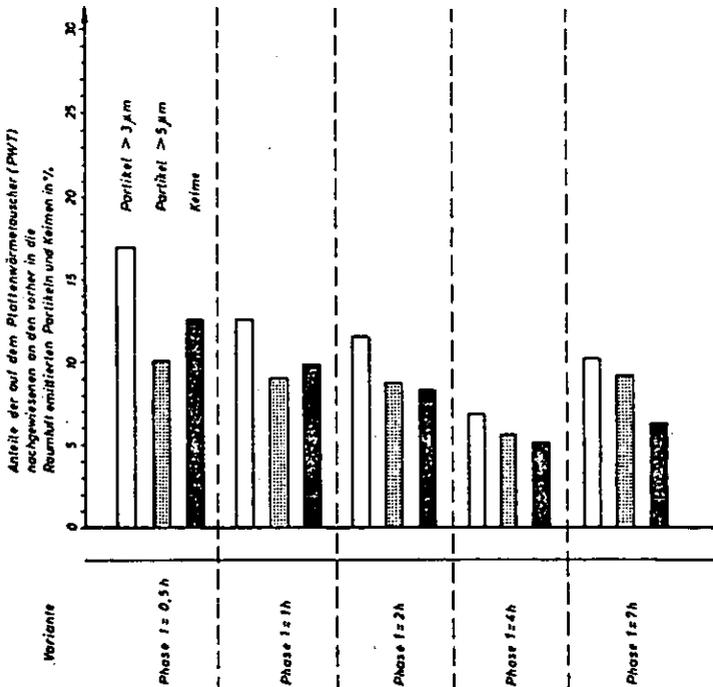


Bild 5: Ergebnisse zum Gerät mit Lamellenwärmetauscher

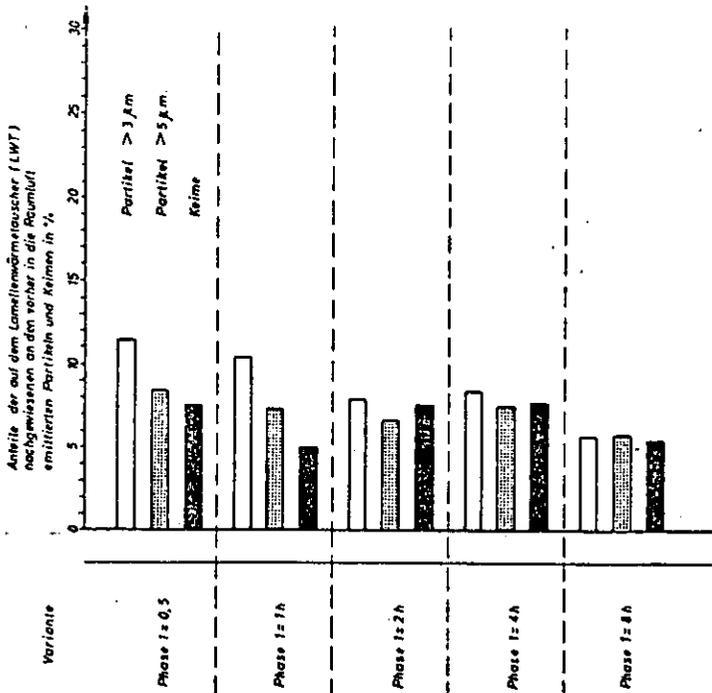


Bild 6: Ergebnisse zum Gerät mit Lamellenwärmetauscher und Filtermatte

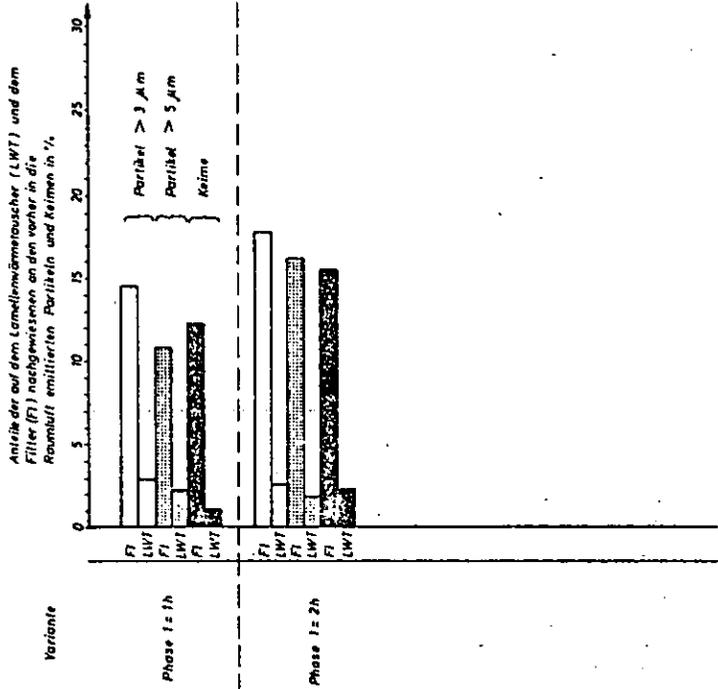
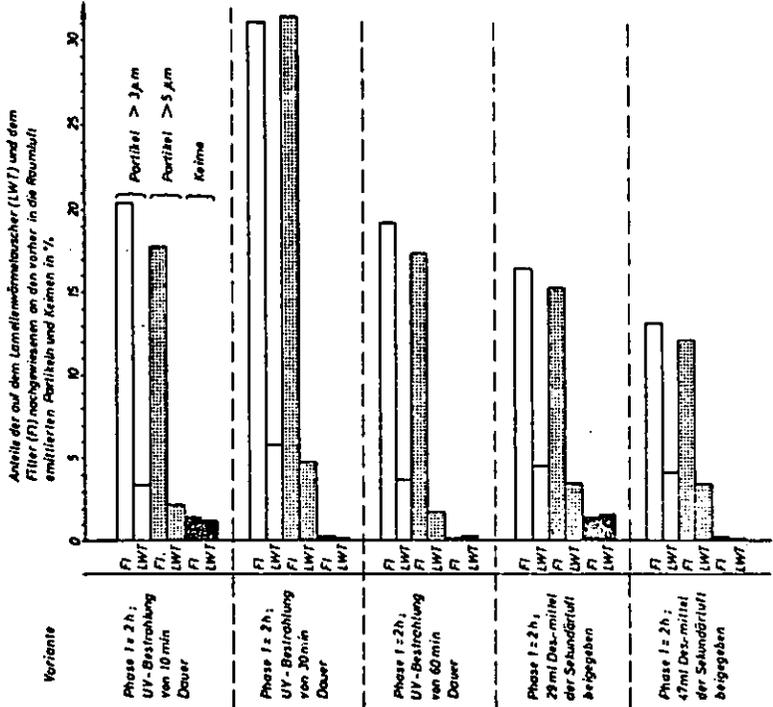


Bild 7 : Ergebnisse der Desinfektionsmaßnahmen am Gerät mit Lamellenwärmtauscher und Filtermatte



Anschrift der Autoren:

o.Prof.Dr.-Ing.H.Esdorn

geschäftsführender Direktor des Hermann-Rietschel-Institutes
für Heizungs- und Klimatechnik der Technischen Universität Berlin
Marchstrasse 4, 1000 Berlin 10

o.Prof.Dr.med.E.Kanz

Direktor der Abteilung Krankenhaushygiene d.Universität Hamburg
Martinistrasse 52, 2000 Hamburg 20

Dipl.-Ing.P.Möllers

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Hermann-Rietschel-Institut

"Reinfeldverfahren zur Erzeugung lokaler luftkeimarmer Bereiche"

Von Dipl.-Ing. Z. Nouri, Berlin

Mitteilung aus dem Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik der Technischen Universität Berlin

Eine wesentliche Aufgabe raumluftechnischer Anlagen in Krankenhäusern ist der Schutz von Bereichen hoher Reinheitsanforderungen zur Erzielung eines niedrigen Luftkeimpegels. Durch eine geeignete Druckhaltung und die Reinigung der Zuluft mit Schwebstofffiltern lässt sich die Gefahr zur Einschleppung aerogener Keime von aussen praktisch ausschalten. Deshalb rücken diejenigen Massnahmen in den Vordergrund, die auf die Fernhaltung der im Raum emittierten sogenannten "sekundären Luftkeime" von den Schutzbereichen abzielen.

Die üblichen Verfahren der örtlich angewandten Reinraumtechnik, wie beispielsweise bei einer Reinraumkabine oder einer Reinen Bank, erfordern zur Erfüllung ihrer Funktion das Einziehen von Trennflächen zwischen den Kontaminationsquellen und den Schutzbereichen. Ihr Einsatz in speziellen Bereichen, wie z.B. im Operationsraum, bedingt grosse Investitionen, hohe Betriebskosten und funktionelle Einschränkungen.

Wir sind am HRI einen anderen Weg gegangen, der zur Entwicklung von Reinfeldverfahren führte:

Durch Anordnung sogenannter Quellauslässe um die Schutzbereiche wird ein Strömungsfeld erzeugt, das ein Eindringen kontaminierter Raumluft in diese Bereiche weitgehend verhindert. Die Schutzwirkung bedarf - im Gegensatz zur herkömmlichen gleichgerichteten Verdrängungsströmung (s. Bild 1) - keiner Begrenzungsflächen, da die erzeugte Strömung keine freie Berandung besitzt. Damit wird eine Strahlbildung im Schutzbereich vermieden und die zwangsläufig durch dessen Induktionswirkung hervorgerufene Kontamination dieses Bereiches verhindert.

Bild 2 zeigt qualitativ den Stromlinienverlauf der aus dem Ring-Quellauslass ausströmenden Reinluft. Die Ausbildung des Strömungsfeldes verhindert weitgehend ein Eindringen kontami-

nierter Raumlufte in den innerhalb des Ringes liegenden Schutzbereich. Der Auslass überflutet das Schutzfeld mit unvermischter reiner Luft und drängt im Umfeld befindliche Verunreinigungen ab. Die radial nach innen strömende Luft wird beschleunigt und nach oben umgelenkt.

Geht man davon aus, daß die Kontaminationsübertragung in Räumen massgeblich durch Konvektion und turbulente Diffusion bestimmt wird, so lässt sich anhand der Taylor'schen Ausbreitungstheorie [3] für die Querausbreitung aus einer kontinuierlichen Punktquelle ein Diffusionskoeffizient \mathcal{E} ableiten, der von den turbulenten Schwankungen der Strömung (Turbulenzintensität $\sqrt{v'^2}$) und von einem mittleren Mass für die Grösse der Turbulenzballen bzw. für die Transportzeit I_L eines Partikels zwischen zwei benachbarten Turbulenzballen abhängt:

$$\mathcal{E} = \sqrt{v'^2} \cdot I_L$$

Nach mehreren im Schutzfeld eines Ring-Quellauslasses durchgeführten Messungen, über die an anderer Stelle berichtet wird, beträgt der Diffusionskoeffizient ca. ein Zehntel der Vergleichswerte in belüfteten Räumen mit Mischströmung.

Hierdurch und durch die Anordnung des Schutzbereiches stromaufwärts der potentiellen Kontaminationsquellen lässt sich die Schutzwirkung der Quellauslässe erklären.

Bild 3 zeigt die Wirkung anhand einer Rauchaufnahme. Aus einem über dem Ring-Quellauslass waagrecht angeordneten Rohr strömt über kleine Öffnungen Rauch mit einem hohen Impuls nach unten gegen das Schutzfeld aus. Ausserhalb des Ringbereiches reicht der Rauchimpuls bis zur Tischfläche, während der Innenbereich frei von kontaminierter Luft bleibt.

In den Bildern 4 und 5 werden Messergebnisse der Konzentrationsfelder über dem Ringquellauslass wiedergegeben, die seine Schutzwirkung verdeutlichen. In einem Bereich unmittelbar über der vom Auslass umschlossenen Arbeitsfläche liegt der Kontaminationspegel unter 1,2% des Umgebungspegels (untere Glocken-

kurve). Der Schutzeffekt wird innerhalb des Ringes von der allgemeinen Raumströmung kaum beeinflusst. Ausserhalb des Ringes nimmt die Schutzwirkung durch die stark divergierende Strömung natürlicherweise schnell ab.

In Bild 6 ist eine Vergleichsmessung der Partikelkonzentration über einem Arbeitstisch dargestellt. Durch Anbringen eines Ring-Quellauslasses konnte die Partikelkonzentration in Ringmitte auf 0,8% des Ausgangswertes reduziert werden.

Die Anordnung eines Ring-Quellauslasses um das Wundfeld geht aus dem nächsten Bild hervor (Bild 7), das im OP-Modellraum am HRI aufgenommen wurde. Der Auslass besteht aus einem porösen und flexiblen Stoff, der sich der vorhandenen Auflagefläche leicht anpasst. Er kann über eine Schlauchverbindung von einem Raumluftgerät versorgt werden, das einen Ventilator und eine zweistufige Filterung mit Schwebstofffilter als Endstufe sowie saug- und druckseitige Schalldämpfer enthält. Das Versorgungsgerät kann direkt im OP mobil aufgestellt oder aufgehängt werden. Alternativ ist eine direkte Versorgung der Quellauslässe aus dem Zuluftnetz möglich.

In Bild 8 ist das Ergebnis eines Vergleichs der Kontaminationsgrade verschiedener heute üblicher OP-Luftführungssysteme mit Mischströmung und eines mit zusätzlichen Reinfeldmassnahmen kombinierten Mischsystems (ZA + RF) dargestellt [27]¹⁾. Der mittlere Kontaminationsgrad CD ist über dem stündlichen Luftwechsel aufgetragen. Er liegt für das Wundfeld (Bild 8a) bei $CD_{OW} = 0,03$ und für den Instrumententisch (Bild 8b) bei $CD_{IT} = 0,09$, d.h. im Wundfeld im Verhältnis von ca. 1 : 25 bis 1 : 30 gegenüber den anderen untersuchten Systemen.

Luftkeimmessungen, die unter der Leitung von Herrn o.Prof.Dr.med. E.Kanz, Direktor der Abteilung Kränkenhaushygiene der Universität Hamburg-Eppendorf durchgeführt wurden, brachten ähnliche Ergebnisse. Sie werden an anderer Stelle veröffentlicht.

Der Einsatz von Reinfeldverfahren im OP würde die Reduzierung des Luftwechsels auf ca. die Hälfte des im Norm-Entwurf

1) gefördert durch d.Bdsminist.f.Jugend, Familie u.Gesundheit

DIN 1946, Teil 4 [1] vorgeschriebenen Luftwechsels von $20h^{-1}$ bei gleichzeitig verbesserten lufthygienischen Verhältnissen gestatten. Bild 9 zeigt einen Vergleich des Energieverbrauchs und der Energiekosten für Mischsysteme mit zwanzigfachem Luftwechsel und einen mit Reinfeldmassnahmen kombinierten Mischsystem mit zwölflichem Luftwechsel. Von der thermischen Auslegung her könnte der Luftwechsel unter den gegebenen Bedingungen u.U. auch auf etwa 10 gesenkt werden, womit der Energieverbrauch bzw. der Energiekostenaufwand auf ca.60% zurückginge.

Aufgrund der bisherigen guten Laborerfahrungen unter simulierten OP-Bedingungen haben wir vorgesehen, in der nun anlaufenden zweiten Stufe das Reinfeldverfahren unter echten klinischen Bedingungen zu erproben. Eine Reihe namhafter Chirurgen hat sich hierzu bereit erklärt. Diese jetzt anlaufende Arbeit wird vom Bundesminister für Forschung und Technologie gefördert. Andere Anwendungsbereiche des Verfahrens werden im Rahmen des Sonderforschungsbereiches Krankenhausbau an der TU Berlin untersucht.

Literatur

- [1] DIN 1946, Teil 4, Entwurf Juni 1974
"Raumlufthechnische Anlagen in Krankenhäusern"
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [2] Esdorn, H; Nouri, Z.:
Vergleichsuntersuchungen über Luftführungssysteme
mit Mischströmung in Operationsräumen
HLH 28 (1977), Heft 12, S.427-437
- [3] Taylor, G.I.:
Diffusion by continuous movements
Proc.London Math.Soc., Sec.2, 20, 196.
Zitiert in: Pasquill, F.: Atmospheric Diffusion.
D.van Nostrand Company Ltd., London 1962.

Anschrift des Autors:

Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik der
Technischen Universität Berlin
Marchstrasse 4, 1000 Berlin 10

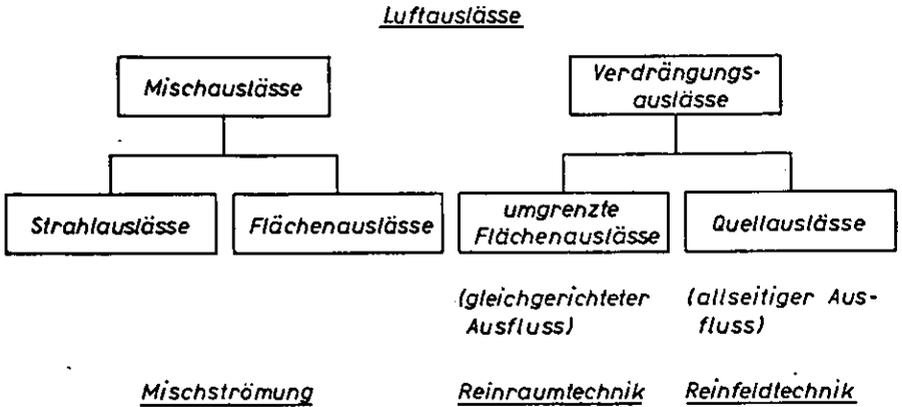


Bild 1: Einteilung der Luftauslässe

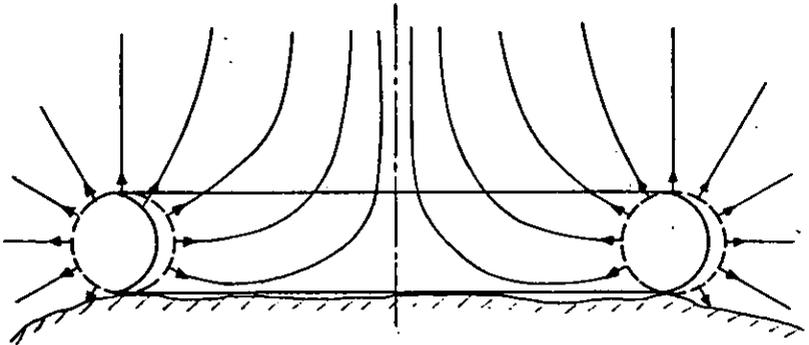


Bild 2: Ring-Quellauslaß (porös, flexibel, leicht, allseitiger Ausfluß) mit schematischem Stromlinienverlauf

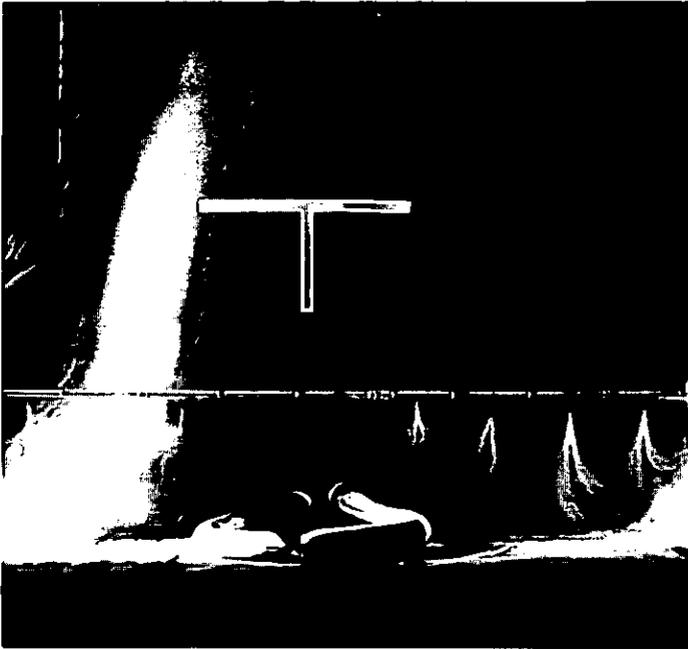


Bild 3: Schutzwirkung eines Ring-Quellauslasses: Der nach unten mit hohem Impuls ausströmende Rauch wird im Ring-Innenbereich nach oben abgedrängt

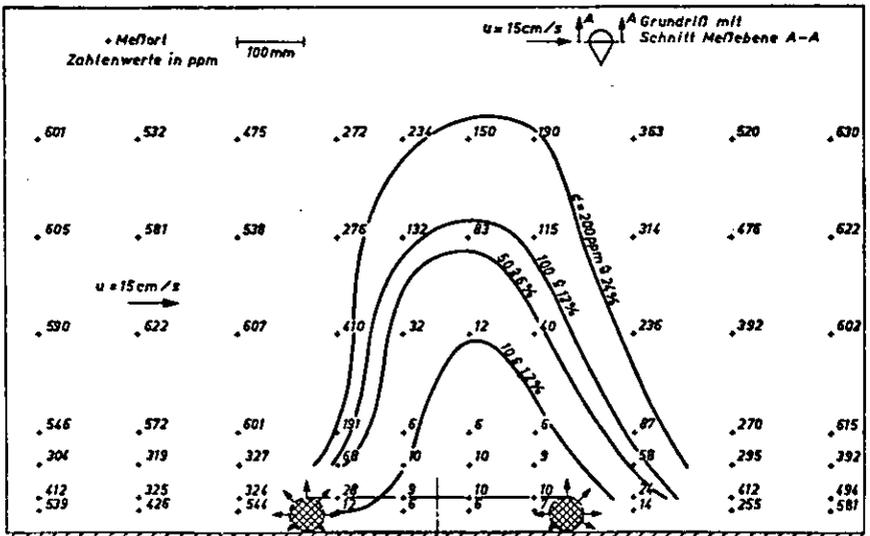


Bild 4: Konzentrationsfeld und Linien gleicher Konzentration über einem Arbeitstisch mit Ring-Quellauslaß, Meße Ebene A-A

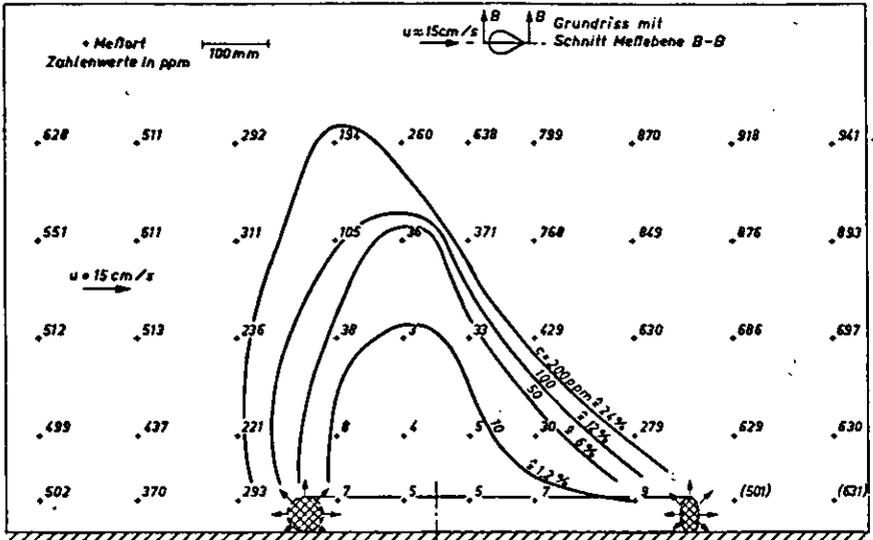


Bild 5: Konzentrationsfeld und Linien gleicher Konzentration über einem Arbeitstisch mit Ring-Quellauslaß, Meße Ebene B-B

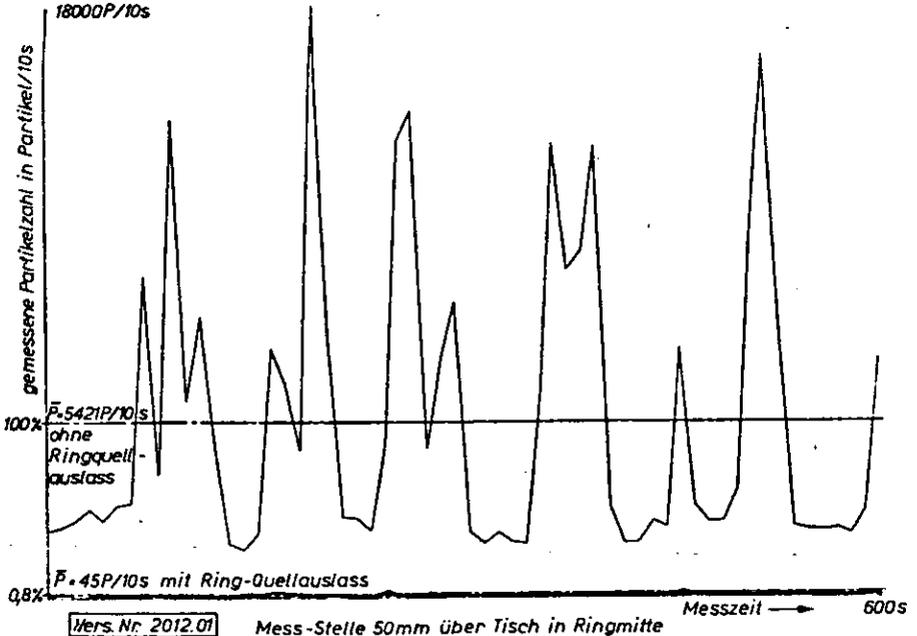


Bild 6: Vergleich des Verunreinigungspegels (Partikelzahl über $0,5 \mu\text{m}$) an einem Arbeitstisch mit und ohne Ring-Quellauslaß



Bild 7: Anwendung von Reinfeldverfahren im OP
Ring-Quellauslaß um das Wundfeld

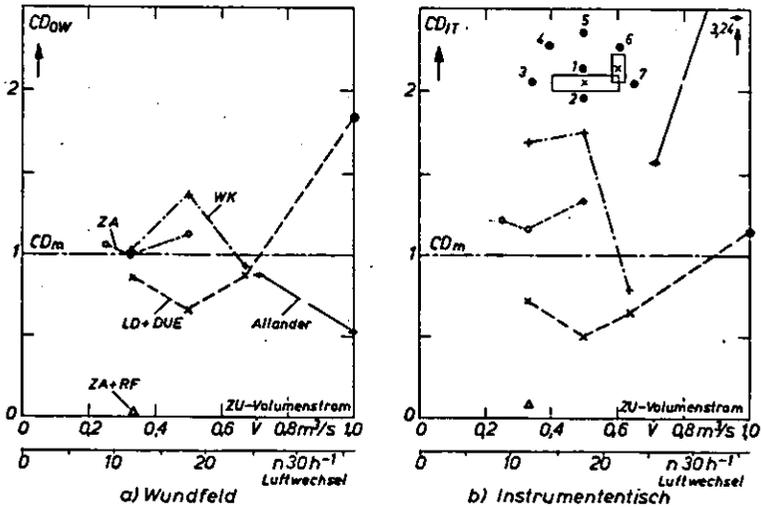


Bild 8: Vergleich der mittleren Kontaminationsgrade
verschiedener Luftführungssysteme im OP

Lüftungstechnische Anlagen für Krankenzimmer in allgemeinen Krankenhäusern von H. Trümper

1.0 Einleitung

In dieser Abhandlung soll ausschließlich das Bettzimmer eines allgemeinen Krankenhauses behandelt werden. Der Verfasser plante 1952 erstmals die technischen Anlagen für ein 500-Bettenhaus, und hat seit dem bei der Planung und der Ausführung von rd. 20 Krankenhäusern mitgewirkt. Die Bettzimmer in diesen Häusern weisen bezüglich der Lüftung eine Ausstattung aus, die von der Fensterlüftung bis zur Vollklimatisierung reicht. Im folgenden beziehen sich die Ausführungen fast ausschließlich auf ausgeführte Bauvorhaben.

2.0 Anforderung an Bettzimmer

Nach der Bauordnung gilt nach wie vor die Fensterlüftung als ausreichend. Nur in Ausnahmefällen z.B. bei HNO-Stationen wird neben einer Raumtemperatur von 22 - 26° C auch die Einhaltung einer bestimmten relativen Raumluftfeuchte verlangt, und dann ist eine Luftaufbereitung üblicherweise mit Klimatisierung bezeichnet, unerlässlich.

Die DIN 1946 hatte bisher unter Blatt 4 in der Ausgabe 1963 die besonderen Anforderungen für Krankenzimmer aufgeführt, und danach galt eine Außenlufttrate von 40 - 65 m³ pro Bett und Stunde, und bezogen auf das Standardbettzimmer der 50er/60er Jahre mit drei Betten und rd. 25 m² Nutzfläche ergab sich bei einer lichten Raumhöhe von 3.0 m ein Luftwechsel von rd. 2 - 3-fach. Den Trend zum Zweibettzimmer dürfte u.a. die DIN-Überarbeitung zuzuschreiben sein.

In der Ausgabe DIN 1946, Blatt 4 letzter Stand 1977 sind für Bettzimmer nach Tabelle 1, Zeile 20, Spalte 1 - 15, folgende Werte aufgeführt:

Spalte 1, Zeile 20 - zugehörig

Spalte 2, Raumklasse III - keine besonderen Forderungen an die Keimarmut

Spalte 3 - Bettzimmer

Spalte 4 - Mindesttemperatur 22° C

Spalte 5 - zugehörige Feuchte 35 - 65%/

Spalte 6 - Höchsttemperatur 26° C

Spalte 7 - zu (6) zugehörige Feuchte 35 - 55 %

Spalte 8 - eine Person Mindestlufttrate 70 m³/h

Spalte 9 - je m² Raumgrundfläche 10 m³/h x m²

Spalte 10 - je m³ Raumvolumen = 3 m³/h x m³

Anmerkung:

Spalte 8 bis Spalte 10 beziehen sich auf den Außenluftvolumenstrom.

Spalte 11 - Abluftvolumenstrom - keine Angabe

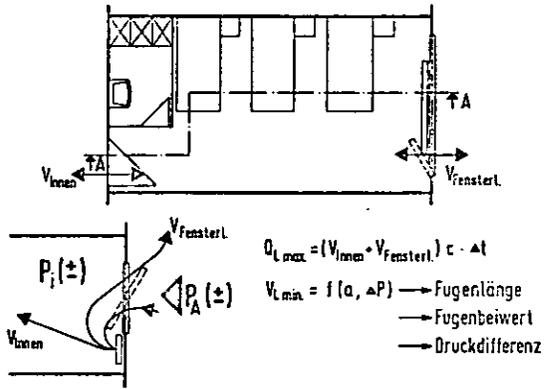
Spalte 12 - Filterstufen B₂ + C

Spalte 13 - Schallrückpegel 35 dB (A)

Spalte 14 - Lüftungsanlage entbehrlich

Wenn man die Spalten 2 bis 13 zur Kenntnis genommen hat, dann ist der Hinweis in Spalte 14 für einen Ingenieur unverständlich, daß eine Lüftungsanlage entbehrlich ist.

Diese Aussage ist jedoch nur zutreffend für Rettenzimmer nach Bild 1 mit einer einfachen Wascheinrichtung und der bestehenden Mindestforderung nach natürlicher Be- und Entlüftung.



Bildtext wie folgt:

Bild 1 - Dreibettzimmer mit abgeteiltem Bereich für Waschbecken und Patientenschränke, Abtrennung nur als Sichtschutz, d.h. unten und oben durchlüftet.

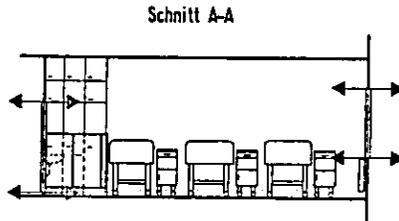


Bild 2 - Schnitt A/A zu Bild 1

3.0 Be- und Entlüftung des Bettzimmers

Bild 1 zeigt außer dem Grundriß eines Dreibettzimmers eine Schemadarstellung der Fensterlüftung, und dabei sind folgende Lüftungsvorgänge zu berücksichtigen:

- Stoßlüftung, durch Fensterlüftung unterstützt durch den thermischen Auftrieb über dem Heizkörper
- Fensterfugenlüftung durch die kaum vermeidbaren Fugendichtheiten, unterstützt durch den thermischen Auftrieb und damit Vorliegen einer Druckdifferenz
- Fensterfugenlüftung durch die Druckdifferenz auf zwei Gebäudeseiten, und damit Auswirkung der Druckdifferenz durch das Geschoß, siehe Bild 3

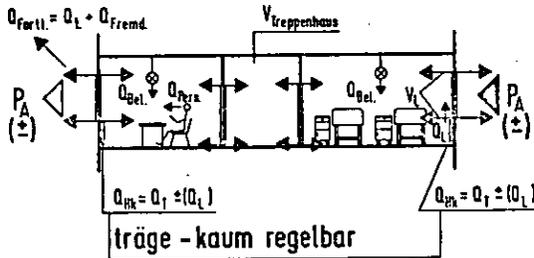


Bild 3 Schema einer Geschoßdurchlüftung Bettzimmer/Flur/Betriebsraum, oder umgekehrt je nach Druck P_A

Aus Bild 3 ist die ganze Problematik der natürlichen Be- und Entlüftung eines Bettzimmers zu entnehmen. Die Geschoßdurchlüftung ist nicht stabil und wechselnde Druckrichtungen und damit Strömungsrichtungen kommt es zu Zug- und Geruchsbelästigung und die bekannte Trägheit der Warmwasserheizung führt dann auch noch zu Temperaturabweichungen, die die Zugeracheinungen gegebenenfalls noch spürbar verstärken können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß diese Bettenzimmer Ausführung Bild 1 vom Lüftungshygienischen Standpunkt eigentlich der Vergangenheit angehören sollte.

3.1 Schachtentlüftung zur Unterstützung der Be- und Entlüftung des Bettenzimmers

In Bild 4 ist die Wascheinrichtung und Schrankanordnung in einer dreiseitig geschlossenen Zelle angeordnet. Eine Durchlüftung des Bereichs wie bei Bild 1 ist nicht mehr zu erwarten. Es wurde daher eine Schachtlüftung entsprechend DIN 18017, Blatt 1, auch Berliner-Lüftung genannt, als Entlüftung über Dach, funktionierend nach dem System des thermischen Auftriebs aufgrund der Temperaturdifferenzen zwischen Raum und Außenatmosphäre angeordnet. In weiten Bereichen des Jahres ist eine Funktion dieser Schachtlüftung zu erwarten, wobei gleichwohl die Belüftung über die Fensterlüftung oder auch über den Flurbereich erfolgen kann, und damit auch wieder belastet wie zuvor schon angeführt.

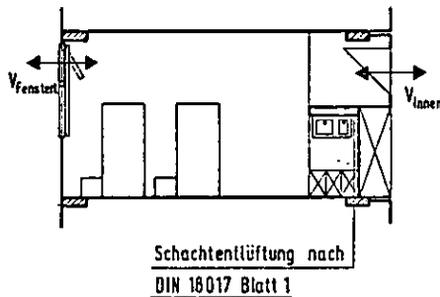


Bild 4 Bettenzimmer mit natürlicher Be- und Entlüftung unterstützt durch eine Schachtlüftung.

4.0 Anforderung an die Be- und Entlüftung bei Einbau von Sanitärzellen in Bettenzimmern

4.1 Bettenzimmer mit WC-Zelle, zugänglich von 2-Bettenzimmern.

Bis Ende der 50er Jahre blieben Sanitärzellen mit WC und Bad eigentlich nur den Privatzimmern, d.h. den Einbettzimmern vorbehalten. Der erste Ansatz einer Übernahme der sozialen Errungenschaften aus Schweden und Dänemark, wo die Krankenhäuser vorbildlich ausgerüstet wurden, zeigte sich bei uns dem Zweibettzimmer und dem ersten Ansatz von Sanitärzellen.

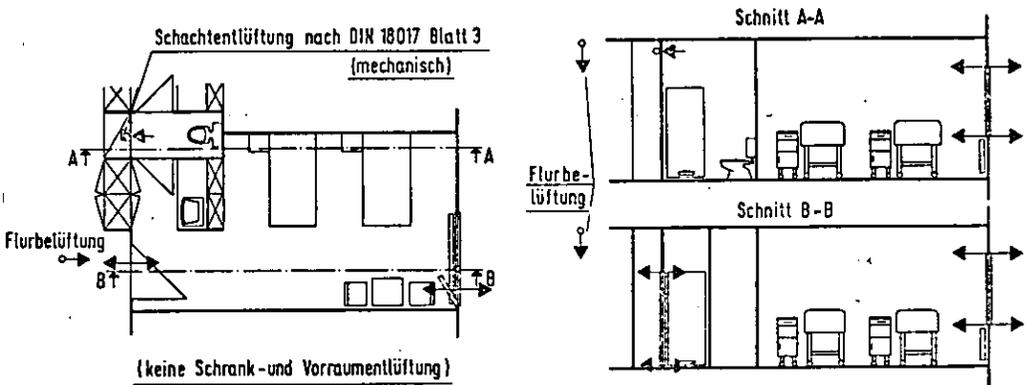


Bild 5 - Zweibettzimmer mit gemeinsamer WC-Zelle für zwei Krankenzimmer. Bild 6 = Schnittdarstellungen zu Bild 5

Auf die Problematik dieser Zelle ohne Waschbecken und den möglichen Zugang von 2 Zimmern soll hier nicht näher eingegangen werden. Es soll hier der erste Ansatz einer Zwangsentlüftung gezeigt werden. Die Schachtlüftung aus Bild 4 wurde erweitert auf die mechanische Entlüftung nach DIN 18017, Blatt 3. Damit ist zumindest eine Belästigung der Bettzimmer von der WC-Zelle her nicht zu erwarten. Die Belüftung von der Fensterseite bzw. von der Flurseite bleibt nach wie vor wie bei Bild 3 bestehen.

Für die Flurseite ist jedoch eine Änderung vorgenommen worden. In Bild 5 ist zu erkennen, daß vom Flurbereich eine mechanische Belüftung erfolgt, d.h. dem Flurbereich wird gefilterte und vorgewärmte Luft zugeführt, ohne daß sie abgesaugt wird, und diese dort zugeführte Luft kann nun zu den angrenzenden Räumen über Undichtigkeiten bzw. Türöffnungen überströmen.

Eine derartige Einrichtung wurde erstmals von dem heutigen Senior der Krankenhausbauer, Prof. B. Schachner, vorgeschlagen und gebaut, und auch von den Kollegen übernommen. Durch eine Flurbelüftung mit Außenluft wird zumindest die Geschoßdurchströmung mit ihren Belastungen weitgehendst vermieden. Die Belüftung des Bettenzimmers kann damit schon von der Fensterseite und von der Flurseite her als annehmbar betrachtet werden.

Bild 6 zeigt in den Schnitten A/A und B/B zu Bild 5 die Durchlüftung des Bettenzimmers.

4.2 Bettzimmer mit zugehöriger Voll/Sanitärzelle sowie Zwangslüftung

Die Unzulänglichkeiten einer gemeinsamen Sanitärzelle für zwei Krankenzimmer führten sehr schnell zur heute üblichen Einrichtung des Bettenzimmers mit eigener Sanitärzelle.

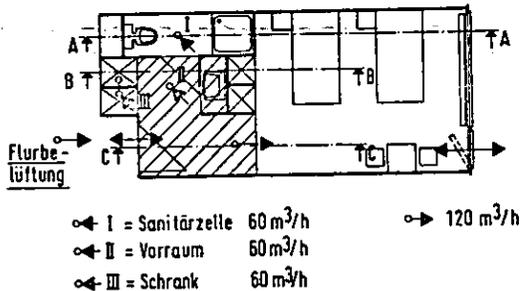


Bild 7 Bettzimmer mit Vollsanitärzelle und mechanischer Be- und Entlüftung.

In Bild 5 war die Zelleinrichtung auf das WC beschränkt, und weder der Vorraum mit dem Waschräum noch der Durchreicheschrank waren separat entlüftet. Die Erfahrungen, insbesondere bei den nichtentlüfteten Durchreicheschränken, waren sehr negativ. In der Ausführung Bild 7 wird eine Ausrüstung dargestellt, die den heutigen Stand der Technik wiedergibt.

Erstmals erhält der Bettenraum auch eine Belüftung, angeführt mit 120 m³/h, entsprechend der Entlüftung I WC und II Vorraum. Damit wäre ein Ausgleich Be- und Entlüftung für das Krankenzimmer erreicht. Der Schrankraum III wird mit 60 m³/h entlüftet, und die nachströmende Luft kann sowohl von der Flurseite mit der Flurbelüftung als auch vom Bettenraum über die Fensterlüftung kommen. Es dürfte zumindestens für den Bettenraum eine weitgehendste Neutralisierung erreicht worden sein. Die Raumheizung mit den Fensterheizkörper muß erhalten bleiben, und desgleichen muß die Fensterlüftung zur Stoßlüftung zur Verfügung stehen.

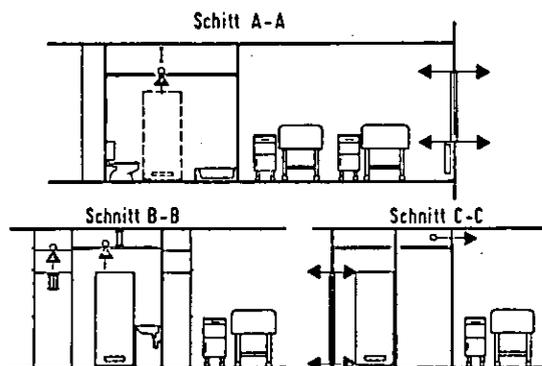


Bild 8 - Schnitt A/A, B/B und C/C zu Bild 7 als Darstellung der Luftführung.

4.3 Bettzimmer aus dänischen Krankenhäusern

In einem in den letzten Jahren erstellten Krankenhaus in Kopenhagen wurde die Sanitärzelle an der Außenwand angeordnet. Die Bettzimmer sind vollklimatisiert und nur ein Anteil des Luftstromes wird über die Sanitärzelle abgesaugt. Die Grundheizlast wird durch einen Warmwasserradiator unter dem Fenster abgedeckt. Ein Fensteranteil von rd. 0,8 x 0,8 m ist als Schiebefenster zur Fensterlüftung vorgesehen.

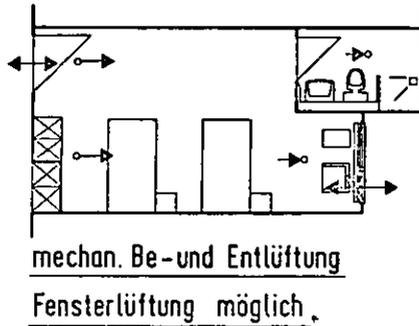


Bild 9 - Bettzimmer Krankenhaus Kopenhagen.

Eine weitere wartungsfreundliche Ausführung soll als letzte Darstellung gezeigt werden mit Bild 10. Es handelt sich um ein dänisches Krankenhaus bei dem jeweils zwischen zwei Sanitärzellen ein Installationsgang angeordnet ist. In diesem Wartungsbereich werden auch die Lüftungskanäle für Zu- und Abluft vertikal geführt. Die Luftversorgung erfolgt ebenfalls vollklimatisiert.

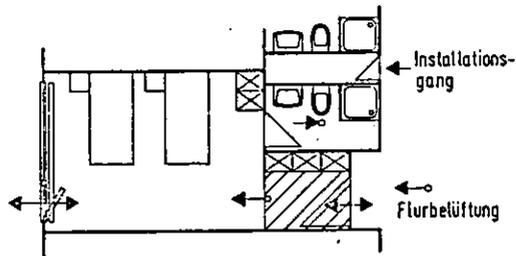


Bild 10 Bettzimmer mit Installationszellen und Wartungsgang.

5.0 Erforderliche Luftbehandlung

Wie schon unter 2.0 angeführt, ist nach den gültigen Bauordnungen eine Be- und Entlüftung über Fensterlüftung ausreichend. Mit dem Einbau von Innensanitärzellen wurde eine Zwangsentlüftung erforderlich, und aus hygienischen Gründen entwickelte sich die mechanische Be- und Entlüftung des Krankenzimmers, und eine Ausführung wie in Bild 7 sollte heute als Standard gelten. Die Luftbehandlung kann wie folgt angeführt werden:

- Ausführung I Filterung zuzüglich Erwärmung
- Ausführung II Filterung zuzüglich Erwärmung und Befeuchtung
- Ausführung III Filterung zuzüglich Erwärmung und Befeuchtung und
Teilkühlung
- Ausführung IV Filterung zuzüglich Erwärmung und Befeuchtung und
Vollkühlung

Die Ausführungen I - III sind mit dem Luftvolumenstrom entsprechend DIN 1946, Blatt 4, Tabelle 1 möglich. Für die Ausführung IV einer vollen Luftaufbereitung entsprechend der Klimatisierung dagegen muß der Volumenstrom annähernd verdoppelt werden, oder es muß mit einem Hochdruckgerät belüftet und nachbehandelt werden, und dafür gibt es auf dem Markt nur das ROX-Radiogerät. Mit diesem Gerät sind in den letzten Jahren einige Kliniken in der Bundesrepublik ausgestattet worden. Es erübrigt sich wohl der Hinweis, daß zur Energieeinsparung eine Wärmerückgewinnung aus dem Fortluftstrom in jedem Falle zum Einbau kommen sollte.

6.0 Anlage und Betriebskosten

Über die Anlage und Betriebskosten für die zuvor genannten Ausführungen wird im Rahmen des Referats bei der Vortragstagung eine entsprechende Ausführung gemacht.

Anschrift: Prof. H. Trümper, 7500 Karlsruhe, Universität
Fakultät Architektur - Lehrbereich Techn. Ausbau

Klima-Zentralgeräte für den Krankenhausbau

J. Boguslawski, Lahn-Gießen

1. Allgemeines

In der Lüftungs- und Klimatechnik wurde vor ca. 30 Jahren damit begonnen, bauseitig, d.h., gemauerte oder betonierte Luftaufbereitungseinheiten durch in Funktionseinheiten vorgefertigte Geräte zu ersetzen. Die in Amerika begonnene Entwicklung wurde sehr schnell von der europäischen Klimaindustrie übernommen und zu einem sehr hohen Qualitätsstandard weiterentwickelt. Die für die Luftaufbereitung erforderlichen Aggregate, wie Ventilatoren, Lufterhitzer, Luftkühler, Luftbefeuchter, Filter und Schalldämpfer werden in entsprechende schall- und wärmedämmend verkleidete Gerüstkonstruktionen eingebaut. Auf der Baustelle werden die einzelnen Funktionseinheiten zu der gewünschten Luftaufbereitungseinheit zusammengebaut. In ständiger Weiterentwicklung wurden diese Geräte immer mehr den Erfordernissen modernen Klimaanlagebaus angepaßt und in ihrer Leistung verbessert und vergrößert. Lüftungs- Klima-Zentralgeräte werden heute in abgestuften Baugrößen bis zu einem Volumenstrom von 200 000 cbm/h serienmäßig hergestellt. Sie finden Anwendung sowohl im Industrie- als auch im Komfort-Klima-Anlagenbau. Somit sind sie auch Kernstück der im Krankenhaus eingebauten Klimaanlage.

2. Aufgabe der Klimaanlage im Krankenhaus

Neben der Be- und Entlüftung bzw. der Klimatisierung der Räume des Verwaltungs-, Wirtschafts- und Betriebsbereiches eines Krankenhauses, die unter normalen Bedingungen und nach den allgemein geltenden Regeln ausgeführt werden und nicht Gegenstand dieser Betrachtung sind, müssen die Krankenhaus typischen Raumgruppen, wie OP-Bereiche, Intensivstationen, Entbindungsräume, Neugeborenen-Stationen, Säuglingsstationen, Röntgenräume sowie weitere Behandlungsteile mit Klimaanlage ausgestattet werden, an die wesentlich höhere Forderungen gestellt werden müssen. Fallweise werden auch Bettenzimmer klimatisiert. Hauptforderungen an diese Anlagen sind neben der Einhaltung

des geforderten Raumklimas:

- 2.1 Vermeidung von Krankenhaus-Infektionen durch reinen Außenluftbetrieb
- 2.2 Ausreichende Lüfterneuerung und Herabsetzung der Schadstoff- und Keimkonzentration
- 2.3 Sicherstellung eines Druckgefälles zwischen Räumen hoher Anforderung an die Keimarmut zu anderen Räumen mit geringeren Forderungen.
- 2.4 Reinigung der Zuluft von Verunreinigungen aller Art einschließlich Mikroorganismen.

Um diesen Aufgaben gerecht werden zu können, müssen an die lufttechnischen Anlagen und deren Luftaufbereitungszentralen besondere Forderungen gestellt werden.

3. Anforderungen an die Klimazentralgeräte

- 3.1 Leichte und gefahrlose Zugänglichkeit zu allen Elementen zum Zwecke der Kontrolle, Wartung und Reinigung.
- 3.2 Weitgehendste leichte Ein- und Ausbaumöglichkeit von Gerätekomponenten.
- 3.3 Glatte, abwaschbare, für Flächendesinfektion geeignete Innenwandungen.
- 3.4 Hoher Wärme- und Schalldämmwert der Gerätewandungen.
- 3.5 Hygienischen Anforderungen entsprechende Ausführung der Befeuchtungseinrichtungen einschl. der Tropfenabscheider.

4. Konstruktive Lösung und Aufbau der Geräte

Bei der Konstruktion der Klimazentralgeräte "vario-system", Typ KG-hyg. für den Krankenhausbau wurden die vorgenannten Forderungen und Bedingungen besonders berücksichtigt. Im Vordergrund standen hygienische Forderungen sowie die Möglichkeit einer einwandfreien Überwachung, Wartung, Reinigung und Desinfektion der Geräte. Diesen Anforderungen entspricht die nachfolgend beschriebene und im Bild 1 + 2 dargestellte Gerätekonstruktion der Type KG hyg., Gerätegröße 601

(Bild 1) stellt das Zuluftgerät dar, und zwar bestehend aus: Ansaugkammer - Vorfilter (Filterklasse B 2) - Wärmerückgewinnung - Erhitzerteil - Kühlerteil - Tropfenabscheidereinheit - Ventilatoreinheit (1) - Universaleinheit - Feinstfilter (Filterklasse C) - Abströmkammer.

Das in Bild 2 dargestellte Fortluftgerät dieser Gerätekombination besteht aus:

der Universaleinheit - der Wärmerückgewinnungseinheit - einer Kammer zur Unterbringung der Umwälzpumpe und der Regelung des kreisverbundenen Wärmerückgewinnungssystems und der Ventilatoreinheit.

Die Funktionseinheiten des Zuluftgerätes können im variosystem zu 3 Baueinheiten zusammengefaßt werden. Das Fortluftgerät, bestehend aus 4 Funktionseinheiten wird in einer Baueinheit ausgeführt. Die Möglichkeit mehrere Funktionseinheiten zu einer Baueinheit zusammenzufassen, hat nicht nur ökonomische Vorteile, sondern stellt auch aus hygienischer Sicht eine optimale Lösung dar. Durch Vermeidung unnötiger Montagefugen werden unerwünschte Stellen einer möglichen Partikelablagerung auf ein hygienisch vertretbares Mindestmaß reduziert.

Gerüst

(Bild 3) Das Gerüst besteht aus einer selbsttragenden korrosionsbeständigen Alu-Profil-Rahmenkonstruktion in demontierbarer Ausführung zur Aufnahme der Beplankung, die den jeweiligen Forderungen in bezug auf Wärmedurchgang und Schalldämmung entsprechend variabel ist.

Abhängig von der Gerätegröße bzw. der erforderlichen Beplankungsdicke stehen für das Gesamtprogramm 3 Profilabmessungen zur Verfügung.

(Bild 4) Profil der Baureihe 1 max. Beplankungsdicke 20 mm.
Profil der Baureihe 2 max. Beplankungsdicke 30 mm. Profil der Baureihe 3 max. Beplankungsdicke 50 mm.

(Bild 5) Die Rahmenkonstruktion selbst besteht aus mit Alugußecken gefügten Stirnrahmen sowie verschraubten Längs- und Zwischenstielen.

Das Gerüst dient weiter zur Aufnahme der jeweils erforderlichen Auflageböcke und Befestigungsschienen für den Einbau der Funktionskomponenten. Auflageböcke, Befestigungsschienen sowie Einbaurahmen aller auswechselbaren und ausziehbaren Komponenten sind aus Edelstahl gefertigt.

Bepanung

(Bild 6) Die Bepanung muß den geforderten Wärmedurchgangs- und Schalldämmwerten entsprechen. Diese beiden Forderungen bestimmen entscheidend die Elementkonstruktion. Darüber hinaus muß sie innen glatt und leicht zu reinigen und zu desinfizieren sein. In der Regel werden Sandwich-Wandkonstruktionen aus verzinktem Stahlblech mit entsprechender Innen- und Außenlackierung bzw. Beschichtung eingesetzt. Bei besonders hohen Anforderungen an den Schalldämmwert der Wand werden vario-Wand-Ausführungen unter Mitverwendung von Mineralpreßstoffplatten mit einem sehr günstigen Schalldämmmaß eingesetzt. Für die Bedienungsseite des Gerätes ist für Funktionseinheiten, die einer besonderen Kontrolle unterliegen, wie z.B. Filter, Kühler mit Abscheider, Ventilator eine Bepanung aus Spiegelglas zu empfehlen. Die Bepanungselemente werden gegen eine umlaufende in die Rahmenkonstruktion eingelegte Dichtung mit Spezialklemmleisten befestigt. Der Vorteil dieser Konstruktion besteht in der leichten Demontierbarkeit der gesamten Bepanung.

Geräteboden

(Bild 7) Auswaschbarkeit der Geräte sowie die Möglichkeit einer einwandfreien und wirksamen Flächendesinfektion erfordert einen glatten und gut auswaschbaren Geräteboden. Im "vario-system" KG-Hyg.-Ausführung erhalten alle Funktionseinheiten einen im Rahmen eingelegten wannenartigen Boden, der vorzugsweise aus Edelstahl ausgeführt wird und mit einem durch das Rahmenprofil geführten Ablauf versehen ist. Diese Wanne dient auch zur Kon-

densatabführung im Kühler und Tropfenabscheiderteil.

Da im vorliegenden Fall eine kontinuierliche Kondensatabführung erfolgt, müssen die Abläufe entsprechend dimensioniert und mit einer den Druckverhältnissen entsprechenden Wasservorlage versehen sein. Die Wasservorlage sollte aus durchsichtigem Material hergestellt sein, da eine ständige Kontrolle der Funktionstüchtigkeit aus hygienischen Gründen erforderlich ist.

Einbaukomponenten:

Ventilator

(Bild 8) Aufgrund des relativ hohen Gerätewiderstandes, bedingt durch die erforderlichen Wärmetauscher und Filterkombinationen und nicht zuletzt durch den hohen externen Anlagenwiderstand, werden in Hygienegeräten fast ausschließlich Hochleistungsventilatoren mit rückwärts gekrümmten Schaufeln eingesetzt. Der Ventilator, der Motor sowie die Befestigungs konstruktion erhalten eine entsprechende Oberflächenbehandlung.

Das komplette Ventilatoraggregat ist auf Edelstahl-Spezialschienen zur Wartung und Reinigung aus der Ventilator kammer ausziehbar. Die Angleichung des Volumenstromes in Abhängigkeit von den internen und externen Druckschwankungen erfolgt über stufenlose Motordrehzahl-Regelung oder über Dralldrossel-Regelung.

Wärmetauscher

(Bild 9) Die Wärmetauscher (Lufterhitzer, Kühler und Wärmetauscher kreisverbundener Wärmerückgewinnungssysteme) werden in Cu/Alu oder in Stahl verzinkter Ausführung hergestellt. In Sonderfällen ist bei Cu/Alu-Tauschern eine Oberflächenbeschichtung erforderlich. Die Wärmetauscher sind so angeordnet, daß ihre Reinigung leicht möglich ist. Sie sind gleich den Ventilatoren bis zur vertretbaren Gerätegröße ausziehbar. Der Einbau der Kühler erfolgt stets vor der letzten Filterstufe.

Tropfenabscheider

(Bild 10) Die Tropfenabscheider hinter Luftkühlern und Befeuchtern sind in der Regel in Edelstahl ausgeführt. Sie sind gleich den Wärmetauschern entweder als komplettes Abscheiderpaket oder als Einzellamelle zu Reinigungs- und Desinfektionszwecken ausziehbar ausgeführt. Sie sind so ausgelegt, daß bei den auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten keine Wassertropfen in die nachfolgenden Funktionseinheiten mitgerissen werden.

Filter

(Bild 11) Hygienegeräte werden grundsätzlich mit 2 voneinander unabhängigen Filtereinrichtungen ausgestattet. Die erste Filterstufe (Klasse B2) wird unmittelbar hinter dem Frischlufteintritt angeordnet und dient zur Reinhaltung der Luftaufbereitungselemente. Die zweite Filterstufe (Klasse C) wird nach den Luftaufbereitungselementen druckseitig angeordnet. Sie dient zum Schutz des Leitungsnetzes. Bei dreistufiger Filterung wird die letzte Filterstufe (Klasse S) außerhalb des Klimazentralgerätes möglichst nahe an dem zu versorgenden Raum angeordnet. Zur Filterüberwachung werden Druckdifferenz-Meßgeräte am Gerät eingebaut. Darüber hinaus wird empfohlen, das Gerät in diesem Bereich auf der Bedienungsseite mit einer Glasbeplankung zu versehen. Eine leichte, hygienisch einwandfreie Auswechslung der Filtertaschen ist gewährleistet.

Befeuchter

(Bild 12) Die Luftbefeuchtung in einem Zentralklimagerät erfolgt entweder über einen Düsenbefeuchter (Luftwäscher) oder über einen Dampf befeuchter. Wird Dampf zur Luftbefeuchtung verwendet, so muß dieser frei von jeglichen gesundheitsschädlichen Korrosionsschutzmitteln sein.

Bei Umlaufbefeuchtung ist zur Vermeidung einer Keimvermehrung im Wasser eine entsprechende Wasserbehandlung vorzunehmen. Die toxikologische Unbedenklichkeit für die Zuluft muß gewährleistet sein. Konstruktiv sind die Luftbefeuchter so ausgeführt, daß eine leichte und einwandfreie Reinigung möglich ist. Luft-

befeuchtereinheiten werden vorzugsweise aus Edelstahl hergestellt.

Schalldämpfer

(Bild 13) Die Praxis der letzten Zeit zeigt immer mehr, daß die für die Anlagen erforderlichen Schalldämpfer in das Zentral-
klimagerät integriert werden. Bei dieser Anordnung ist darauf zu achten, daß die eingesetzten Schalldämpferkulissen aus möglichst abriebfestem Material ausgeführt werden.

5. Betrieb, Wartung und Instandhaltung der Luftaufbereitungsgeräte

Die technische Überwachung der Klimazentralen, die Koordination der erforderlichen Wartungen und des Reparaturbetriebes darf nicht mehr dem angelernten Hausmeister überlassen werden, sondern ist Aufgabe eines Krankenhaus-Ingenieurs.

Die ständige Überprüfung der Anlagen auf hygienische Belange muß Aufgabe eines Hygienikers sein.

Wie aus den Detailbeschreibungen des Gerätes zu ersehen ist, erfüllen Klimazentralgeräte der Type KG hyg. alle Voraussetzungen für die erforderlichen Wartungs- und Desinfektionsarbeiten.

Anlagendesinfektion

Nach der Teilmontage erfolgt eine Reinigung im Feucht-Wisch-Verfahren. Bereits hier wird der Reinigungslösung ein Desinfektionsmittel in vorgeschriebener Konzentration beigegeben.

Nach der Vorreinigung erfolgt die eigentliche Desinfektion des Gerätes. Die Desinfektion wird im Kaltnebelverfahren durchgeführt. Hierbei wird mittels spezieller Geräte ein feinstes Aerosol, bestehend aus einem Teil wässriger Desinfektionsmittellösung und alkoholischem Desinfektions-Spray in den Geräteraum gesprüht.

Auf den Flächen der zu behandelnden Teile und Räume setzt sich ein feinsten Niederschlag ab, so daß ein Feuchtigkeitsefilm vorhanden ist, der nicht abgewischt werden darf.

Beim Einsatz eines Sprühbefeuchters (Wäscher) hat sich eine bestimmte diskontinuierliche Dosierung von Desinfektionslösungen bewährt, um den Keimbefall des Wassers den hygienischen Erfordernissen entsprechend niedrig zu halten. Vorbedingung hierfür ist eine gründliche Desinfektion des Befeuchters bei abgelassenem Wasser. Diese Desinfektion ist in einem Turnus von ca. 4 Wochen zu wiederholen.

Eine Desinfektion des Klimazentralgerätes sollte grundsätzlich nur in Verbindung mit dem am Gerät angeschlossenen Kanalsystem und den klimaversorgten Räumen durchgeführt werden. Mit Wartungs- bzw. Desinfektionsarbeiten sollte entweder hierfür geschultes Personal oder Fachfirmen mit entsprechender Erfahrung herangezogen werden. Die zum Einsatz kommenden Desinfektionsmittel sind grundsätzlich mit dem zuständigen Hygieniker abzustimmen.

Schlußbemerkung

Dieses Kurzreferat hat eindeutig gezeigt, daß die Klimaindustrie aufgrund langjähriger Erfahrung Produkte entwickelt hat, die sowohl den hohen technischen Anforderungen gerecht werden als auch die hygienischen Bedingungen erfüllen.

Geräte des hier beschriebenen hohen Qualitätsstandards sind Bestandteil moderner Krankenhaustechnik. Eine Statistik über die Zahl bereits eingebauter Geräte liegt nicht vor.

Allein von unserem Unternehmen wurden im Jahr 1977 326 Hygiene-Geräte mit einem Gesamtwert von ca. 5,3 Mio DM geliefert.

Neben dem Bau neuer Krankenhäuser wäre eine Modernisierung bestehender veralteter Anlagen sehr zu begrüßen.

Anschrift des Verfassers:

Julius Boguslawski
Klima + Kälte GmbH
Rathenaustraße 8, D-6300 Lahn-Gießen 1
Tel.: 0641/707203

VERSUCHSKLIMAAANLAGEN FÜR MEDIZINISCHE ZWECKE UND SONDERKLIMAAANLAGEN FÜR DIE INTENSIVPFLEGE

von K. Steffen

In den letzten Jahren sind eine Reihe von Klimaanlagen entstanden, die es gestatten, das Klima in einem relativ weiten Bereich für medizinische Anwendungen zu variieren (1,2). Klimaräume für Menschen dienen der Verhaltensforschung und der physiologischen Studie, insbesondere der Arbeitsphysiologie. Darüber hinaus gibt es Anlagen, die für therapeutische Zwecke in einem eingeschränkten Bereich dem Menschen das für seine Krankheit optimale Klima bieten. Als weiterer großer Anwendungsbereich sind Sonderklimaanlagen für die Intensivpflege zu nennen, z. B. Behandlung der Leukämie und Schwerverbrennungen. Bei vielen Behandlungen gilt es, den Patienten vor exogenen und endogenen Keimquellen zu schützen. Zu beachten ist jedoch, daß eine raumlufttechnische Anlage nicht die Kontakt- und Autoinfektion beeinflussen kann, sondern nur die aerogene Keimübertragung. Bei Klimaanlagen für medizinische Anwendungen interessieren vor allem die Faktoren Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit und Luftzusammensetzung (Schadgase, Stäube). Nachfolgend wird aufgezeigt, welche Möglichkeiten die verschiedenen Systeme zur Klimatisierung von medizinischen Räumen bieten und wo ihre Grenzen liegen.

1. EINFACHE KLIMATISIERUNG MIT DAMPFBEFEUCHTUNG UND DIREKTKÜHLUNG

In diesem Abschnitt werden medizinische Klimaräume mit einfacher Klimatisierung entsprechend Bild 1 behandelt. Häufig findet man, daß solche Klimageräte mit Räumen kombiniert werden, die keine Wärmeisolation besitzen. Unter solchen Voraussetzungen ist ein Betrieb nur in einem Temperaturbereich zwischen etwa 15 und 25^o C bei relativen Luftfeuchten von etwa 40 bis 80 % möglich.

1.1 ANWENDUNGSBEISPIELE

Die beschriebene Einfachklimatisierung in Verbindung mit einem nicht besonders wärmeisolierten Raum findet in dem angegebenen Arbeitsbereich

für einfache biologische Versuche mit Menschen und medizinische Behandlungen Verwendung. Zu beachten ist, daß Dampfbefeuchtung oder Wassersprühbefeuchtung aufgrund der entstehenden Aerosole nur einen mehr oder minder definierten Luftzustand schaffen. Die Definition der Luftfeuchte geht von gasförmigem Wasser in der Luft aus und solange der Phasenübergang flüssig/gasförmig noch nicht abgeschlossen ist, können solche Wasserbestandteile, die noch nicht verdunstet sind, auch nicht als Luftfeuchte, sondern nur als Wassergehalt bezeichnet werden (siehe auch Abschnitt 2.1).

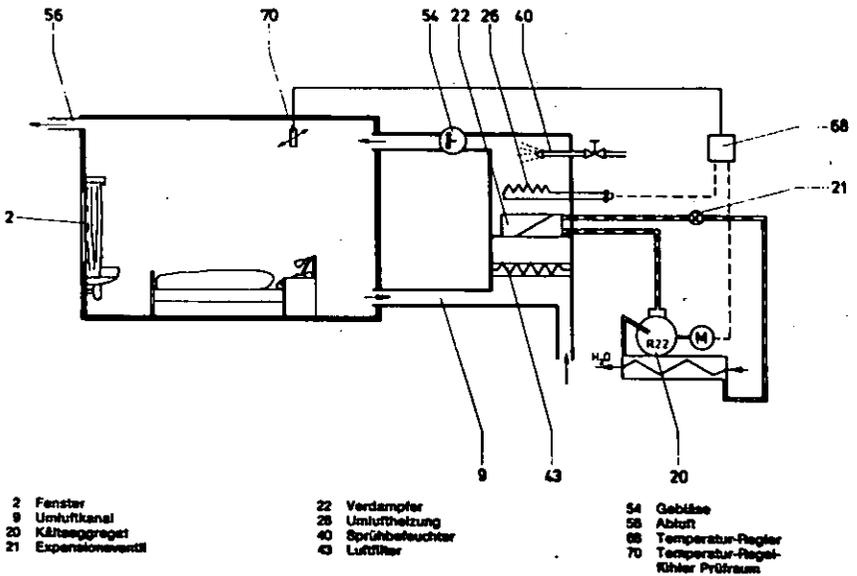


Bild 1:
Prinzipbild eines medizinischen Klimaraumes
mit Einfachklimatisierung

2. KLIMATISIERUNG MIT VERDUNSTUNGSBEFEUCHTUNG UND INDIREKTER TEMPERIERUNG

Ist der Arbeitsbereich einer medizinischen Versuchsklimaanlage mit der zuvor beschriebenen Einfachklimatisierung nicht ausreichend oder werden an die Klimatisierung höhere physikalische Anforderungen gestellt, so

kommt ein Prinzip gemäß Bild 2 in Frage. Anstelle eines Direktverdampfers findet ein Wärmetauscher Verwendung, der in seiner Temperatur mit Hilfe einer indirekten Soletemperierung stetig einstellbar ist und eine Kühlung ohne Einfluß auf den Feuchtehaushalt ermöglicht. Weiterhin wird der Sprühbefeuchter durch einen Raschig-Befeuchter mit keramischen Füllkörpern ersetzt, der eine qualitativ hochwertige Art der Befeuchtung gewährleistet. Der Bereich, in dem ein solches System arbeitet, wird durch den in Bild 3 dargestellten Standardbereich gekennzeichnet. Man erkennt, daß dieses Verfahren nur bis zu der Mindestfeuchte arbeitet, bei der das zur Entfeuchtung benutzte Wasserbad noch nicht einfriert. Bei einer Erweiterung des Klima-arbeitsbereiches muß entsprechend dem technischen Prinzip des Bildes 2

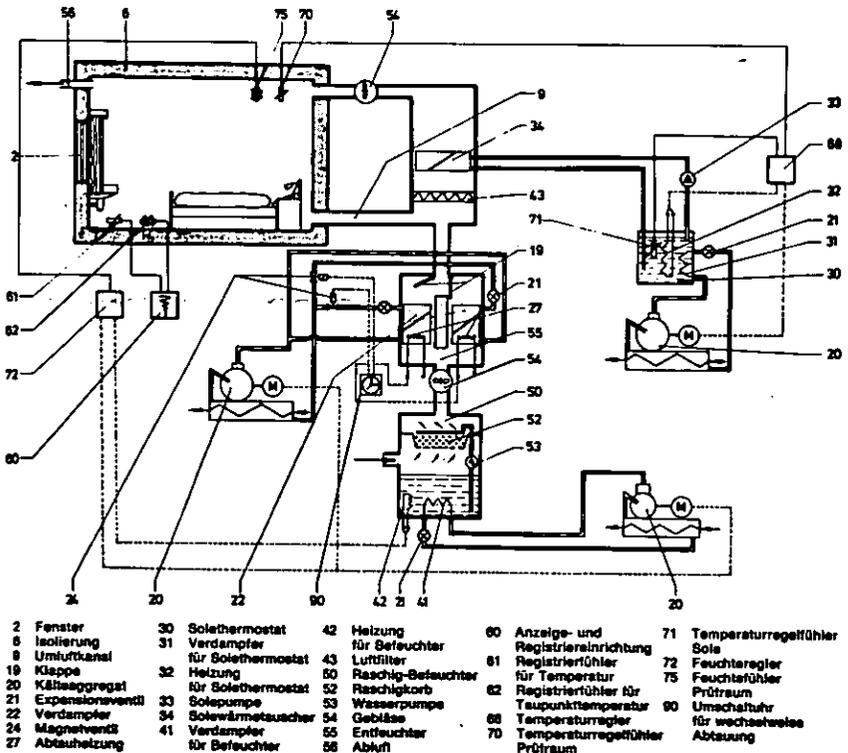


Bild 2:
Prinzipbild eines medizinischen Klimaraumes mit indirekter Soletemperierung und Verdunstungsbefeuchtung

hinter dem Raschig-Befeuchter noch ein zusätzlicher Entfeuchter (Verdampfer eines Kältekreislaufes) angeordnet werden. Da sich der Verdampfer bei dem Entfeuchtungsvorgang langsam mit dem ausgefrorenen Wasser zusetzt, finden zwei Entfeuchter Verwendung. Während der eine Entfeuchter Wasser ausfriert, wird der andere abgetaut. Mit einer solchen Anordnung kann der Arbeitsbereich je nach Anforderungen innerhalb des als erweiterten Arbeitsbereich bezeichneten Teil des Bildes 3 ausgelegt werden. Für die Einstellung eines solchen großen Temperatur- und Feuchtebereiches ist es unbedingt erforderlich, daß die Wandflächen des Versuchsraumes ausgezeichnet wärmeisoliert sind.

Bei einer Raumtemperatur von 30°C und einer relativen Luftfeuchte von 95 % dürfen die Innenwandungen des Raumes an keiner Stelle eine Temperatur von weniger als 29°C aufweisen, da es sonst zu Kondensatbildungen kommt.

Bei einer Klimatisierung von medizinischen Räumen läßt sich auch die Luftzusammensetzung verändern. Als Beimengungen kommen beispielsweise Immissionen von Industriebetrieben, Autoabgase und auch Stäube in Betracht. Geeignet ist ein Klimatisierungsprinzip gemäß Bild 2, bei dem nur mit Außenluft zur Erzielung definierter Verhältnisse

gearbeitet wird, der Umluftkanal (Pos. 9) also entfällt. Die gewünschten Schadgase bzw. Stäube werden der aufbereiteten Luft kurz vor Einströmen in den Klimaraum beigemengt. Besonderer Wert ist darauf zu legen, daß die Temperierung absolut kondensatfrei und die Befeuchtung aerosolfrei erfolgt, damit die dosierten Schadgasmengen nicht schon in kleinen Wassertropfchen oder -flächen gelöst werden.

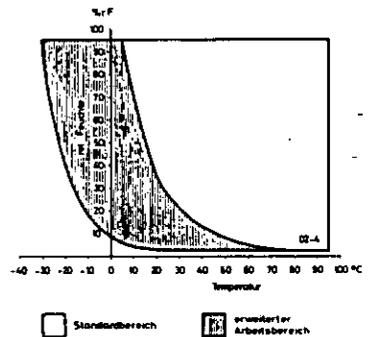
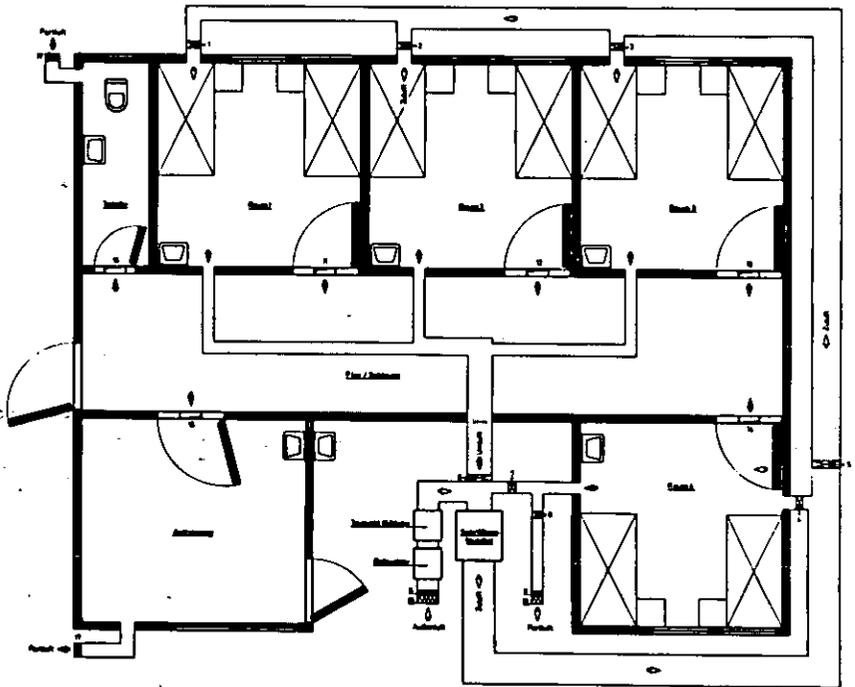


Bild 3: Arbeitsbereich einer Klimaanlage mit indirekter Soletemperierung und Verdunstungsbefeuchtung

2.1 ANWENDUNGSBEISPIELE

Bild 4 zeigt eine Klimaversuchsstation mit Begasungsraum, in der in

Langzeitversuchen vor allem die Wirkung klimatischer Einflüsse auf Atmung und Kreislauf untersucht werden. Die einstellbaren Temperaturen liegen zwischen 5 und 35° C bei relativer Luftfeuchte zwischen 5 und 98 %. Der Schallpegel darf 35 dB (A) nicht überschreiten. Klimatisiert wird die Anlage im Außenluft-Umluftbetrieb nach einem Prinzip gemäß Bild 2. Aus klimatechnischen und räumlichen Gründen wurde die Anlage aus Sandwichelementen zusammengesetzt, mit denen sich eine dampfdichte



- 1—8 Absperrklappen
- 9 Kohle-Aktiv-Filter
- 10 Luftfilter
- 11—13 Luftbläse zur Temperierung der Schleuse
- 14 Luftbläse zur Temperierung der Schleuse, verschließbar
- 15—16 Luftbläse zur Temperierung des Arztzimmers bzw. Toilette
- 17 Fortluftkanal mit Ventilator

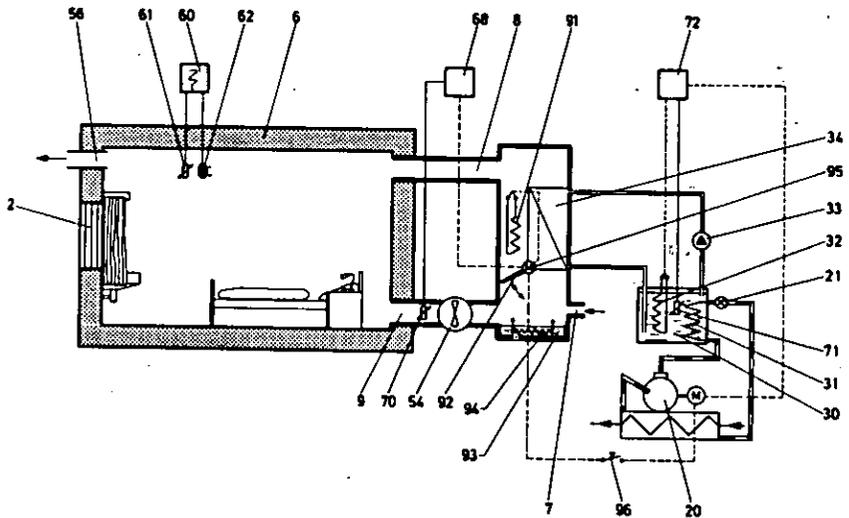
Bei Klimatisierung Klappe 1 bis 7 auf, Klappe 8 geschlossen
Bei Begasung und Inbetriebnahme Klappe 4+5 auf, Klappe 2, 6, 7 geschlossen

Bild 4:
Klimaversuchsstation mit Begasungsraum

Wärmeisolierung verwirklichen läßt. Bei den Untersuchungen zeigte sich, daß bei der Beurteilung von Klimaeinwirkungen auf das Atmungssystem zwischen den Klimafaktoren Feuchte (gasförmiges Wasser) und Aerosolgehalt (feinste Tröpfchen) zu unterscheiden ist (3).

3. KLIMATISIERUNG NACH DEM TAUPUNKTPRINZIP

Eine weitere Art der kondensatfreien Temperierung bei einem betriebskostensparenden System für die Be- und Entfeuchtung stellt das sogenannte Taupunktprinzip gemäß Bild 5 dar.



- 2 Fenster
- 6 Isolierung
- 7 Außenluftstutzen
- 8 Zukluftkanal
- 9 Umluftkanal
- 20 Kälteaggregat
- 21 Expansionsventil
- 30 Solethermostat
- 31 Verdampfer für Solethermostat

- 32 Heizung für Solethermostat
- 33 Solepumpe
- 34 Solewärmetauscher (Taupunkt Kühler)
- 54 Gebläse
- 60 Anzeige- u. Registriereinrichtung
- 61 Registrierfühler für Temperatur
- 62 Registrierfühler für Taupunkttemperatur
- 68 Temperaturregler

- 70 Temperaturregelfühler Prüfraum
- 71 Temperaturregelfühler Sole
- 72 Feuchteregler
- 92 Stellklappe
- 93 Verdunstungsbefeuchter
- 94 Befeuchterheizung
- 95 Stellklappenmotor
- 96 Schalter

Bild 5:
Prinzipbild eines medizinischen Klimaraumes mit
Klimatisierung nach dem Taupunktprinzip

Dieses System ist durch eine hohe Entfeuchtungsleistung gekennzeichnet. Kühlung und Entfeuchtung erfolgen am sogenannten Taupunktkühler (Wärmetauscher), durch den eine Temperierflüssigkeit (Sole) geschickt wird. Der Wärmetauscher wird auf Taupunkttemperatur gehalten, so daß nur dann Kondensat austreten kann, wenn die Feuchte innerhalb der Kammer über den Sollwert ansteigt. Von der Gesamtluft wird nur soviel über den Taupunktkühler geleitet, wie zur Kühlung des Prüfraumes notwendig ist. Eine motorbetätigte Stellklappe, welche von einem Temperaturregler angesteuert wird, verteilt die Gesamtumluft auf Taupunktkühler und Bypass. Die im Bypass angeordnete korrosionsbeständige Elektroheizung sorgt für die schnelle und genaue Einstellung des Sollwertes der gewünschten Raumtemperatur. Zur Befeuchtung, die in erster Linie zur Aufweitung der Außenluftmenge notwendig ist, dient ein korrosionsbeständiger Verdunstungsbefeuchter mit eingebauter elektrischer Heizung unterhalb des Wärmetauschers. Den Arbeitsbereich einer medizinischen Klimaanlage mit Klimatisierung nach dem Taupunktprinzip zeigt Bild 6.

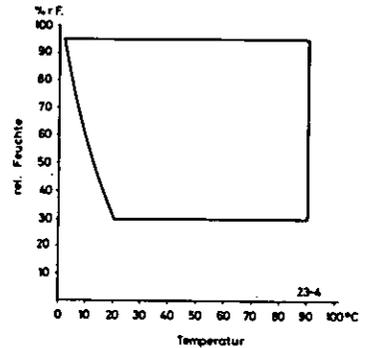


Bild 6:
Arbeitsbereich einer Klimaanlage mit Klimatisierung nach dem Taupunktprinzip

3.1 ANWENDUNGSBEISPIELE

Dieses Klimatisierungssystem findet beispielsweise für weite Bereiche der Intensivpflege Anwendung, für die einstellbaren Klimawerte in einem Arbeitsbereich gemäß Bild 6 gefordert werden. Weitere Einsatzmöglichkeiten ergeben sich bei der Verhaltensforschung, so z. B. für Messungen der Thermoregulation des Menschen, wobei Adaptationsvorgänge an schnelle Temperaturänderungen ebenso registriert werden wie die Strahlungseinflüsse kalter und warmer Wände. Das Problem dieser Kammern ist es, bei hohen Luftwechselzahlen, die zur Haltung enger Temperatur- und Feuchte-toleranzen erforderlich sind, die Luft so gleichmäßig zu verteilen, daß die zulässigen Luftgeschwindigkeiten von 0,2 - 0,25 m/s nicht überschritten werden.

4. SCHLUSSBEMERKUNG

Für die Anwendung von Klimaanlage gibt es heute bekannte Anwendungsfälle aus allen Bereichen der Medizin, wie auch die vorstehenden Beispiele erkennen lassen. Die Weiterentwicklung der Lüftungstechnik führte auch zu dem Versuch einer Keimabschirmung bei der Intensivpflege durch die Verwendung von turbulenzarmer Verdrängungsströmung. Durch die fortschreitende Integration von Technik und Medizin werden sicherlich auf den angesprochenen Gebieten noch weitergehende Ergebnisse zu erwarten sein.

Literaturverzeichnis:

- (1) Steffen, K.: Die Simulation von Umwelteinflüssen im medizinischen Bereich. Medizinische Technik 95 (1975), Seite 84 - 86
- (2) Steffen, K., Schultze, H.A.: Sonderklimaräume für die Intensivpflege. Krankenhaus Umschau 3 (1974), Seite 210 - 213
- (3) Weller, W., Ulmer, W.T.: Aufbau und Funktion einer Klimaanlage für klinische Untersuchungen zur Prüfung klimatischer Einflüsse auf die Atmung. Int. Arch. Arbeitsmed. 28 (1971), Seite 141 - 150
- (4) Steffen, K.: Operationssäle und Intensivpflegeräume mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung. Medita 5 (1975), Seite 13 - 18

Anschrift des Verfassers:

Kurt Steffen, KARL WEISS - GIESSEN, 6301 Reiskirchen

**Raumluftechnische Zentralanlagen im Krankenhaus
- Betriebswirtschaftliche Aspekte**

von K. Dittmann, Ing. VDI VBI

1. Einleitung

(1) Raumluftechnische Anlagen sind im Krankenhaus für Räume der Raumklasse I und II aber auch für innenliegende Räume der Raumklassen III und IV zwingend notwendig [1].

(2) Diese notwendigen raumluftechnischen Anlagen müssen aktuellen betriebswirtschaftlichen Anforderungen genügen. Gemeint sind vorrangig geringer Energiebedarf, dann aber hohe Betriebssicherheit und Wartungsarmut.

(3) Im folgenden soll gezeigt werden, wie die Ziele

- sparsamer Energieverbrauch
- geringer Wartungsaufwand
- gute Betriebssicherheit

mit Hilfe raumluftechnischer Zentralanlagen im Krankenhaus erreicht werden können.

2. Bauliche Lösung

(1) Alle Ausführungen gelten dem Neubau einer Universitäts-Klinik. Das Raumprogramm fordert eine Nettonutzfläche von 34.750 m², realisiert durch eine Gesamtbruttofläche von 75.000 m².

(2) Darin sind enthalten für

OP-Abteilung	brutto	5.200	m ²
Intensivpflege	brutto	2.400	m ²
Betenzimmer	brutto	6.600	m ²
Innenliegende Funktionsräume	brutto	17.800	m ² .
		<hr/>	
		32.000	m ²

(3) Die Gesamtfläche verteilt sich auf 2 Flachbaugeschosse, 1 Eingangsgeschoß und darüberliegende 4, bzw. 2 Pflegegeschosse.

(4) Für die in Absatz (3) dargestellten Bereiche - allerdings ist die lufttechnische Behandlung der Bettenzimmer derzeit noch fraglich - wird ein Außenluft-Volumenstrom von max. 750.000 m³/h erforderlich.

3. Technische Lösung

(1) Der Aufbau der Außenluftaufbereitung und der Abluftförderung ist gemeinsam mit dem System der Wärmerückgewinnung in Bild 1 dargestellt.

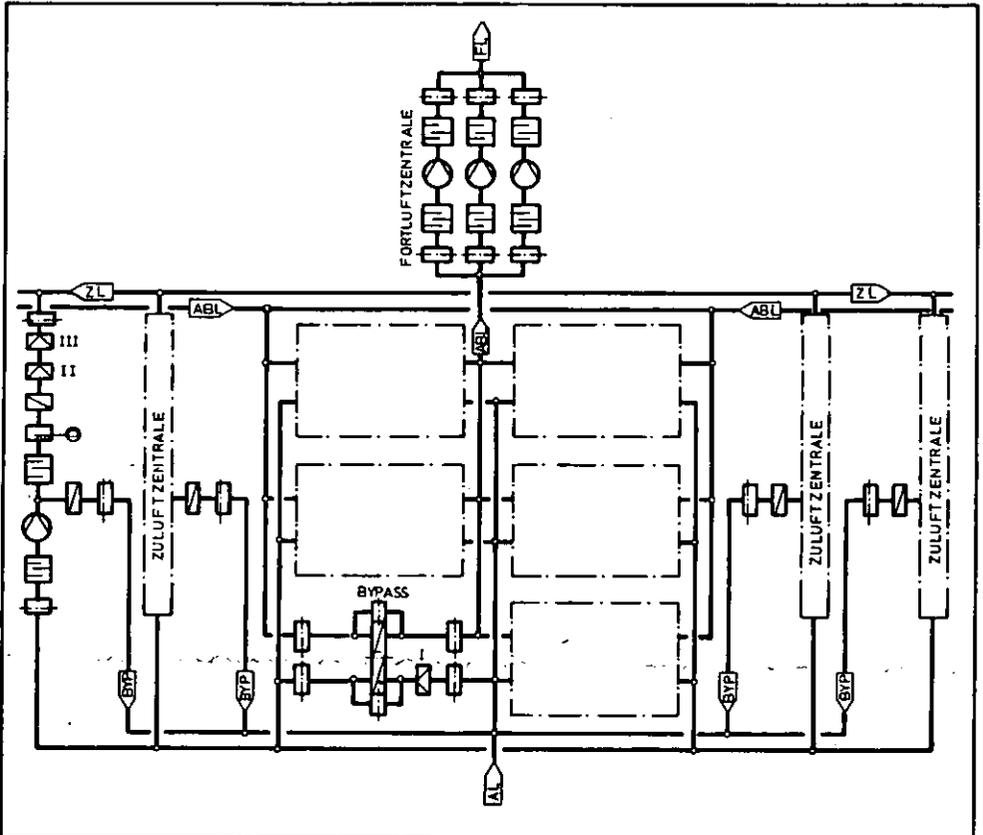
(2) Zu erkennen ist zunächst die Außenluftaufbereitung mit regenerativer Wärmerückgewinnung. Nachgeschaltet sind 4 Zuluftgeräte, die parallel arbeitend Zuluft mit einer Temperatur von 14°C, steigend auf 16°C, herstellen. Die Befeuchtung gewährleistet eine Mindest-Raumluftfeuchte von 35%, bzw. eine relative Feuchte von 60% im Auslegezustand Sommer.

(3) Die Zuluft wird zweifach gefiltert. Ausgelöst durch die regenerative Wärmerückgewinnung wird eine 3. Filterstufe - ausgebildet als Schwebstofffilter S - nachgeschaltet.

(4) Blatt 4, Ausgabe April 1978 von DIN 1946, fordert bei Einsatz der RWG u.a. eine Übertragungsrate kleiner $1:10^4$. Wird dieser Wert nicht erreicht, ist ein Abluftfilter vorzusehen [2] [3] .

(5) Beim hier zugrundegelegten Beispiel sind für OP-Abteilung und Intensivpflege stündlich max. 260.000 m³ Luft, also etwa 1/3 des maximalen Außenluft-Volumenstromes über eine 3. Filterstufe zu führen. Diese war als Ergebnis einer Untersuchung ebenfalls an zentraler Stelle aufgebaut.

(6) Der Vergleich Abluftfilter für 750.000 m³/h, Schwebstoff-Filter für 260.000 m³/h zeigte deutliche Vorteile für die letztgenannte Lösung.



ZENTRALE ZULFUFT- U. FORTLUFTANLAGEN
MIT
REGENERATIVER WÄRMERÜCKGEWINNUNG

BILD 1

(7) Die Zuluft verfügt nunmehr über eine hochwertige hygienische Qualität.

4. Betriebswirtschaftliche Aspekte

4.1 Reduzierung des Energieverbrauchs

(1) Die Verbrauchswerte für die hier geschilderte Lösung, aber auch zu denkbaren Alternativen, werden im folgenden Vortrag von Herrn Dr. Masuch aufgezeigt. Dazu einige Grundinformationen.

(2) In einem Krankenhaus ist durchgehender, also 24-stündiger Lüftungsbetrieb erforderlich. Der Luftbedarf variiert dabei im Tagesgang (Bild 2). Er muß - um Energie zu sparen - jeweils auf geringstmögliche Größenordnung reduziert werden. Der momentane Luftbedarf ist dann am geringsten, wenn folgende Forderungen erfüllt werden.

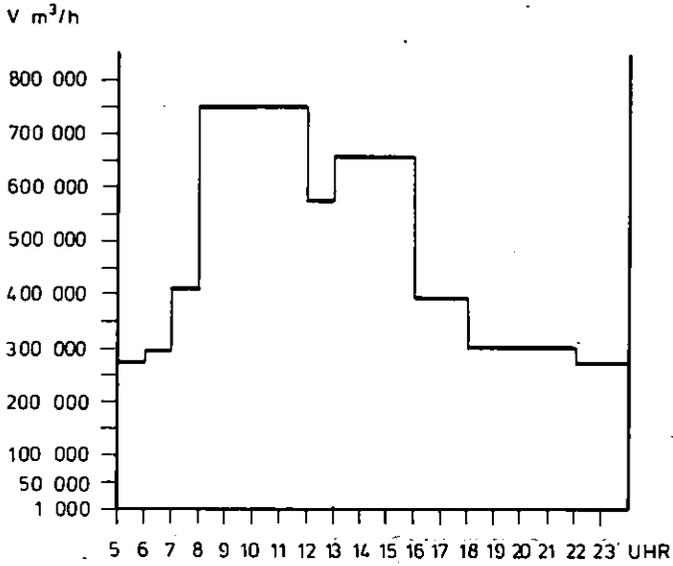
- Räume sind nur dann zu lüften, wenn sie genutzt werden.
- Räume, die genutzt werden, erhalten jeweils nur den Volumenstrom, der von der Kühllast her gefordert wird.

(3) Ausnahmen hierzu sind ausschließlich hygienisch bedingt.

(4) Die Reduzierungen des Volumenstromes an der Peripherie des Systems (durch Schalten und Regeln) erzwingen für die zentrale Luftaufbereitung den kleinsten Gleichzeitigkeitsfaktor. Dieser bietet die Chance größtmöglicher Energieersparnis für die Luftförderung.

(5) Wichtige Energieverbraucher sind die Lufterwärmung und die Luftbefeuchtung - wichtige Wärmequelle ist die Fortluft. Diese Wärmequelle muß nutzbar gemacht werden. Dabei ist nicht nur der Energieverbrauch zu verringern, es sind auch die Leistungsspitzen für die wenigen Stunden der Auslegungszustände möglichst nachhaltig zu brechen. Dies gilt sinngemäß auch für den Kühlbetrieb.

(6) In einem Zentralsystem vereinigen sich die Volumenströme für Zuluft und Abluft räumlich so, daß intensivste Wär-



LUFTMENGENBEDARF IM TAGESGANG
AN EINEM WERKTAG

BILD 2

merückgewinnung - regenerativ, ergänzt durch Wärmepumpen-Betrieb - betrieben werden kann. Gegenüber anderen Technologien vollzieht die regenerative Wärmerückgewinnung im Heiz- aber auch im Kühlbetrieb die nachhaltigste Brechung der Leistungsspitze, während die Wärmepumpe die sonst nicht realisierbare Leistungsreserve der Wärmerückgewinnung im Teillastbetrieb nutzen kann. Die Wärmepumpe wird dabei zum Wärmelieferer für Eigenbedarf (Luftnachwärmung), aber auch für Fremdbedarf, z.B. für Warmwasserbereitung und Gebäudeheizung. Die Brechung der Leistungsspitzen kann durch Speichertechnik verstärkt werden [4] .

4.2 Erreichbare Betriebssicherheit

(1) Das gezeigte Zentralsystem verfügt über 4 parallel arbeitende Aggregate der Luftaufbereitung. Bei mechanischen Störungen eines Gerätes sind 75% der Luftaufbereitung weiterhin verfügbar.

(2) Im Notstromfall reduziert sich der benötigte Volumenstrom auf die Größenordnung, die von den notstromberechtigten Verbrauchern gefordert wird. Das Teillastverhalten im Parallelbetrieb führt zu außerordentlich günstigem Strombedarf. Durch das sanfte Anlaufen der Ventilatoren auch im Notstromfall werden deutliche Anfahrspitzen vermieden.

(3) Das Zentralsystem ist 24 Stunden in Betrieb. Zu- und Abluft-Leitungsnetz stehen also ganztägig und ganzjährig unter Betriebsdruck. Unkontrollierte Luftströmungen als Folge von Auftrieb, bzw. Windeinfluß, sind ausgeschlossen. Diesbezügliche Forderungen des Blattes 4, Ausgabe April 1978, werden in idealer Weise erfüllt.

(4) Die hygienische Betriebssicherheit wird aber von der Konzeption und dem Funktionieren der Filteranlage bestimmt. Die zentrale Anordnung der Filter erbringt günstige Randbedingungen für deren Überwachung und Kontrolle.

4.3 Aufwendungen für Wartung

(1) Um die technische und hygienische Betriebssicherheit zu bewahren, sind die wartungsintensiven Anlagenteile systembedingt in ihrer Anzahl bereits minimiert, wartungsarm auszuwählen.

(2) An der Peripherie des Systems verbleiben lediglich Nachbehandlungsgeräte. Diese müssen besonders stabil und wartungsarm sein. Ein Nachbehandlungsgerät muß über eine Absperrklappe, eine Regelklappe und eine Nachwärmung verfügen. Regelklappe und Nachwärmer arbeiten in Folge. Stellvorgänge werden ausschließlich durch robuste pneumatische Stellmotore bewirkt.

(3) Räume der Raumklassen I und II erhalten beim beabsichtigten System eine 4. Filterstufe, die in die Zuluftdurchlässe integriert ist. Diese 4. Filterstufe hat die Aufgabe eines 'Polizeifilters'. Die zentral aufgebaute 3. Filterstufe reduziert die Staubbelastung für diese 4. Filterstufe so stark, daß dessen Verschmutzung praktisch ausgeschlossen bleibt.¹⁾

5. Investitionskosten

(1) Die Investitionskosten des in Bild 1 gezeigten Systems betragen spezifisch bezogen auf einen Nennluft-Volumenstrom von 750.000 m³/h

Wärmerückgewinnung	~ DM 1.85 pro m ³
Zentrale Zuluftanlagen	~ DM 3.00 pro m ³
Zentrale Fortluftanlagen	~ DM 1.20 pro m ³
Lüftungsleitungen zentral	~ DM 6.70 pro m ³
Lüftungsleitungen dezentral	~ DM 3.30 pro m ³
Luftdurchlässe	~ DM 3.40 pro m ³
Regel-u. Schalttechnik zentral	~ DM 0.90 pro m ³
Regel-u. Schalttechnik dezentral einschl. Nachbehandlungsgeräte	~ DM 3.75 pro m ³

DM 24.10 pro m³ [5]

¹⁾ Die Wartungsaufwendungen werden drastisch reduziert.

(2) Zu ergänzen sind lediglich die Medienleitungen für Strom, Wärme und Kälte.

(3) Der Raumbedarf für die zentralen Einrichtungen des Systems beträgt $\sim 22.000 \text{ m}^3$. Installationsgeschosse werden wegen der Wartungsarmut der peripheren Nachbehandlungsgeräte nicht benötigt.

(4) Die Erzeugungs-, bzw. Verteilsysteme für Heizwasser, Dampf und Kühlwasser, können wegen der effektiven Wärmerückgewinnung deutlich kleiner dimensioniert werden.

6. Zusammenfassung

(1) Dr. Masuch wird in seinem Vortrag den Energiebedarf [6] analysieren und ergänzende Hinweise zur Auslegung des Systems geben.

(2) Aufbau und Umfang eines Zentralsystems müssen für jede Bauaufgabe neu und abgestimmt auf die jeweiligen Randbedingungen entwickelt werden.

(3) Es wird erkennbar, daß ein Zentralsystem die eingangs definierten Ziele gut erfüllt, ohne utopische Investitionskosten zu verursachen.

(4) Ein Zentralsystem gewährt systembedingt eine gute Anpassung an Raum- und Standardveränderungen an der Peripherie.

(5) Ein Zentralsystem kann für ein 2-Bettzimmer $150 \text{ m}^3/\text{h}$ gekühlte und befeuchtete Zuluft bereitstellen mit Energiekosten von DM 0.50 pro Bett und Tag - dies als Vorgriff zu den Ausführungen von Herrn Dr. Masuch.

Literaturhinweise

- [1] DIN 1946, Blatt 4, Ausgabe April 1978, Beuth-Verlag
- [2] K.Dittmann, Ing.(grad.) VDI, VBI, Zur Einführung von DIN 1946, Blatt 4, Ausgabe April 1978, SHT 43(1978) Nr. 3
- [3] J.Beckert u.G.Sinner, Über die Keimübertragung beim Wärme-und Feuchtigkeitsaustausch in Klimaanlage, Zbl.Bakt.Hyg.I Abt., Orig.B 160,473-498 (1975)
- [4] Dr.Ing.G.Nehring, Energie-und Energiekosteneinsparung für Heizungs-, Klima-, Kälte-und Warmwasserbereitungsanlagen in größeren Krankenhausbauten GI 98 (1977) H.6
- [5] L.Eser, Ing.(grad.) VDI, VBI, Zentrale Be-und Entlüftungssysteme am Beispiel hochinstallierter Institutsbauten an verschiedenen Universitäten, Lufttechn.Gesellschaft, Technische Informationen Nr. 17
- [6] Dr.Ing.J.Masuch, Energieverbrauchsrechnungen für Klimaanlage HLH 28 (1977) Nr. 5

K. Dittmann, Ing. VDI VBI
Gammertinger Straße 67
7000 Stuttgart 80

Energieverbrauchsrechnungen für Klimaanlage im Krankenhaus - Demonstration an einem Beispiel

Von J. Masuch, Stuttgart

1. Einführung

Im vorhergehenden Referat ist aufgezeigt worden, wie durch betriebswirtschaftliche Überlegungen eine bestimmte Klimaanlagekonzeption erarbeitet wird. Es wurde nachgewiesen, unter welchen Bedingungen eine Zentralanlage einer Vielzahl von Einzelanlagen überlegen ist. Hier soll verdeutlicht werden, wie weit heute das "Handwerkszeug" EDV-Programme zur Unterstützung des Planers bereit steht und welche Analysen im einzelnen möglich sind, um die energetischen Auswirkungen von Planungsalternativen zu erfassen. Daher wird hier nicht eine vollständige Planung mit allen Konsequenzen vorgetragen, sondern es werden schwerpunktmäßig die bei einem durchgerechneten Beispiel gefundenen Besonderheiten herausgestellt.

2. Energieverbrauchs-Berechnungsverfahren

In den letzten Jahren ist auf dem Sektor der Energieverbrauchsrechnungen von Klimaanlage eine Vielzahl von Arbeiten erschienen, die zeigen, wie die heutigen Möglichkeiten der EDV-Anlagen die Behandlung auch sehr komplexer thermodynamischer Prozesse erlauben /1/ bis /5/, /7/, /9/, /11/. Dazu gibt es Berechnungsverfahren, die es ohne EDV-Hilfe erlauben, für Standardanlagen mit relativ einfachen Randbedingungen (z. B. konstanter Taupunkt) eine gute Abschätzung des Jahresenergieverbrauchs zu gewinnen. Hier muß vor allem die VDI-Richtlinie 2067, Blatt 3 /10/ (in Überarbeitung), genannt werden, die die Summenhäufigkeitsverfahren verwendet. Man unterscheidet ferner Einzelhäufigkeitsverfahren, Referenzjahrverfahren und Tagesgangverfahren, die in der Literatur (siehe z. B. die vergleichende Betrachtung in /7/) bereits ausführlich dargestellt sind.

Die Tagesgangverfahren, bei denen ein Monat meteorologisch durch zwei oder drei typische Tage charakterisiert ist (heiter, bewölkt, trüb), erfassen zwar nicht alle meteorologischen Parameter in ihrer vollen Variationsbreite, doch haben verschiedene Analysen gezeigt, daß bei

Beachtung einiger grundsätzlicher Einschränkungen (Sonderbehandlung der Entfeuchtungskühlung) Genauigkeiten für die Energiekomponenten von + 5 % erreicht werden.

In jüngster Zeit wurden verschiedene Vergleiche zwischen Rechnungen und Messungen an ausgeführten Anlagen veröffentlicht (/3/, /11/), die zeigen, daß man mit modernen analytischen Methoden das thermische Gebäudeverhalten recht gut erfaßt.

Zusammenfassend läßt sich heute feststellen, daß die Tagesgangverfahren einen für den in der Praxis tätigen planenden Ingenieur interessanten Kompromiß darstellen zwischen sehr vereinfachten Mittelwertbetrachtungen und den rechentechnisch aufwendigeren Referenzjahrverfahren /3/, bei denen ein Jahr möglichst wirklichkeitsgetreu Stunde für Stunde nachgebildet wird und wo also eine genaue Simulation des Anlagenbetriebes erreicht werden kann.

Im folgenden soll eine Studie vorgestellt werden, in der unter Zuhilfenahme eines EDV-Programmes nach den Tagesgangverfahren verschiedene Analysen zum Energieverbrauch der Einzelkomponenten durchgeführt wurden, welche eine zuverlässige Bewertung unter den recht komplexen Nebenbedingungen erlauben.

3. Besonderheiten von Krankenhausanlagen

In Krankenhäusern wird es wegen der hohen Anlagenbenutzungsstunden erforderlich, allen Energiekomponenten große Aufmerksamkeit zu schenken /6/. Für energetische Betrachtungen spielt die Ankopplung der für die Klimaanlage erforderlichen Energien an andere Energieverbraucher (z. B. Warmwasserbereitung) eine besondere Rolle, ferner die unterschiedlichen Aufbereitungsprozesse bei verschiedenen Raumtypen, und mit den Rechenansätzen muß versucht werden, diese Verknüpfungen möglichst korrekt zu erfassen.

Eine ausführliche Analyse über besonders geeignete Luftfördersysteme wurde kürzlich in /8/ veröffentlicht. Dabei erwies sich der Ventilator mit Laufschaufelverstellung für ein in weiten Grenzen variables Volumensstromsystem als sehr günstig.

4. Ein Beispiel

Das in Planung befindliche Krankenhaus (vgl. Vortrag Dittmann) hat eine zu klimatisierende Grundfläche von 32 000 m², darunter 5 200 m² OP-Bereich mit einer Luft-Sonderbehandlung und 2 400 m² Intensivpflege-Bereich, der mit dem Normalbereich zusammengefaßt werden kann, da die Luftaufbereitung wie im Normalbereich erfolgt.

Der Bau umfaßt einen zweigeschossigen Flachbaukörper, aus dem sich zwei getrennte sternförmige Hochbauten erheben, die zunächst ein Geschoß für gemeinsame Einrichtungen sowie vier Bettengeschosse besitzen. Die Bettengeschosse werden nur belüftet, ohne daß nach der Lastabfuhr dimensioniert wird (keine Klimaregelung in den Bettenzimmern).

4.1 Randbedingungen

Die Klimatisierung erfolgt zentral mit einem variablen Volumenstromsystem von 4 parallel arbeitenden Anlagen (Bild 1). Es wird reiner Außenluftbetrieb gefahren. Die Außenluft wird über Regenerativ-Wärmerückgewinner vorgewärmt. Dann folgen Zuluftventilator mit verstellbaren Laufschaufeln, Kühler einer Wärmepumpe, die auf der Warmseite einen Warmwasserspeicher versorgt, Kühler und Dampfbefeuchter. Für den OP-Teil geht die Luft noch durch einen Nachbefeuchter.

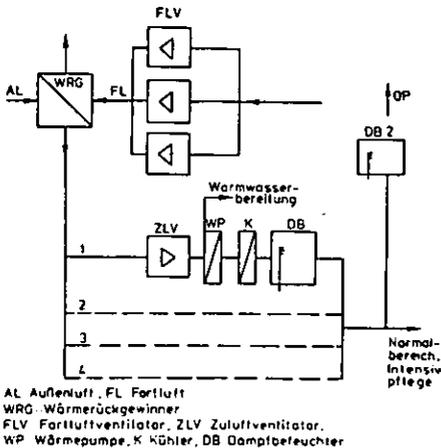


Bild 1: Anlagenschema

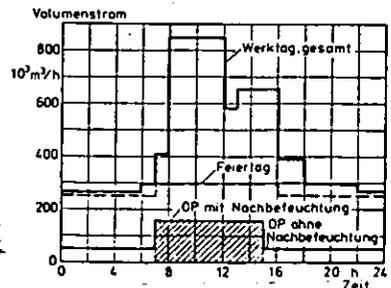


Bild 2: Aus angenommenem Betriebsverhalten ermittelter Volumenstromverlauf über den Tag

Die Gebäudelasten werden praktisch vollständig durch innere Wärmequellen bestimmt. Der Einfluß der Außenhaut ist vernachlässigbar wegen der oben angedeuteten Behandlung der Bettenhäuser. Aus der Lastrechnung folgt daher ein für den Betrieb charakteristischer Tagesgang des Volumenstroms, der über das ganze Jahr als konstant angenommen werden kann. Bild 2 zeigt die Tagesgänge für den Werktag (5-Tage-Woche) und den Feiertag, an dem nur eine Grundlast gefahren wird. Gesondert herausgestellt ist die Luftmenge der OP's (bei Vollbetrieb 160 000 m³/h), die von 8 bis 15 Uhr eine Nachbefeuchtung erfahren.

4.2 Rechnungsannahmen

Maximaler Volumenstrom 750 000 m³/h, $\Delta p_Z = 2500$ Pa, $\Delta p_F = 800$ Pa (max.), Wirkungsgrade entsprechend Kennlinienfeldern

Zulufttemperatur $t_Z = 14^\circ\text{C}$ (Oktober bis Februar) bzw. 15°C (März bis September)

Feuchte Normalbereich + Intensivpflege: Toleranzbereich $x_W = 6,5$ bis $x_S = 10$ g/kg tr. Luft

Feuchte OP's: $x = 9,5$ g/kg tr. Luft = const.

Der Betrieb von WRG und WP geht aus Bild 3 hervor. Im Temperaturbereich $t_A = +3$ bis $+16^\circ\text{C}$ läuft die WRG voll, und die Wärmepumpe kühlt die Überschusswärme zurück. Es wird angenommen, daß dann für die auf der Warmseite bei 50 bis 55°C anfallende Wärme stets Bedarf für Brauchwasser besteht.

Bei t_A unter $+3^\circ\text{C}$ läuft nur die WRG, oberhalb $+16^\circ\text{C}$ ist das System nicht aktiv, mit Ausnahme von extremen Sommerbedingungen, die aber in der Rechnung nicht erfaßt werden.

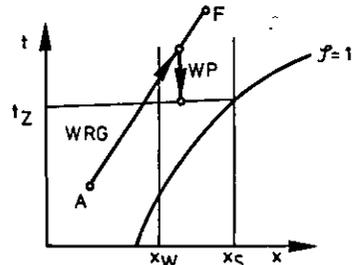


Bild 3: Arbeitsweise von WRG und WP

Befeuchtung: Die Dampfbefeuchtung arbeitet von dem Feuchteniveau hinter der WRG bis auf den Minimalwert $x_W = 6,5$ g/kg tr. Luft.

Energiepreise:	Wärme:	0,0559 DM/kWh
	Wärme (Dampf):	0,0559 DM/kWh
	Kälte (Energieanteil):	0,0258 DM/kWh
	Kälte (Leistungsanteil):	
	Anschlußleistung 830 kW x 161,80 DM/kW,a	
Kälte:	Wärmepumpe (anteilig):	0,0215 DM/kWh
	Wasser:	3,50 DM/m ³
	Elektro Tag (6 - 21 Uhr):	0,0647 DM/kWh
	Elektro Nacht:	0,0335 DM/kWh
	Elektro Leistungspreis:	
	Anschlußleistung 880 kW x 161,80 DM/kW,a	

4.3 Das Berechnungsverfahren und der Berechnungsumfang

Eine Tagesgangmethode erweist sich hier als erforderlich, einmal wegen des Tagesganges des Volumenstromes, zum anderen um eine Aufteilung der anfallenden Energien nach bestimmten Tageszeiten vornehmen zu können, was beim Einsatz des Elektro-Nachtтарifs eine entscheidende Auswirkung auf die Luftförderkosten hat. Somit ist hier eine gute Anpassung an die spezielle Problemstellung erreichbar.

Es wurden Nachrechnungen des geplanten Systems durchgeführt, wobei verschiedene Varianten von Wärmerückgewinnungssystemen untersucht wurden. ¹⁾ In einer besonderen Studie wurde die Betriebsweise des Ventilatorsystems analysiert, d. h. es wurde geprüft, ob der durchgehende Betrieb aller Ventilatoren oder ein zeitweises Abschalten eines Teils der Ventilatoren vorteilhafter ist, wobei man sich für die erste Betriebsweise wegen der

¹⁾ Die Anpassung des Programms und die Durchführung der Beispielrechnungen lag in den Händen von Dipl.-Ing. W. Steinbach, dem hier für seinen Einsatz gedankt sei.

günstigen Ventilator- und Motorwirkungsgrade bei entsprechend niedrigeren Zentralendruckverlusten entscheiden konnte. Im folgenden sind beispielhaft einige Hauptergebnisse zusammengestellt, die einmal die planerischen Entscheidungen untermauern helfen, zum anderen aber auch die Komponenten in ihrer Bedeutung klarstellen, da mit einem fertiggestellten und auf das Problem angepaßten Programmsystem (im allgemeinen ein nicht zu vernachlässigender Zusatzaufwand!) schnell eine größere Zahl von Parametervariationen durchführbar ist.

4.4 Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt einige Ergebnisse, in Teil 1a die schließlich als besonders günstig erkannte Lösung: Regenerativer Wärmerückgewinner mit hohem Anteil Feuchteübertragung, Wärmepumpenbetrieb, 4 konstant durchlaufende Ventilatoren (bis herunter auf ein Drittel des maximalen Volumenstroms). In den Ergebnissen sind drei getrennte Rechnungen (Werktag Normalbereich + Intensivpflege sowie OP's in den Zeiten ohne Zusatzbefeuchtung, OP's mit Zusatzbefeuchtung, Feiertagsbetrieb) zusammengefaßt.

Unter den hier getroffenen Annahmen ergeben sich gemäß Tabelle 1a Energiekosten von etwa 500 000 DM/a, d. h. 15,50 DM/a,m². Dazu kommen erhebliche Leistungsvorhaltekosten von etwa 300 000 DM/a (9,50 DM/a,m²), so daß die gesamten energetischen Betriebskosten bei 800 000 DM/a (25,-- DM/a,m²) liegen. Die Analyse der Komponenten zeigt, daß der Rückgewinner den Vorwärmer überflüssig macht. Das gilt bei den erreichten Aufwärmzahlen auch für die Auslegungsbedingungen.

Die wesentlichen Energiekomponenten bleiben Dampfbefeuchtung und Luftförderung. An dem hohen Anteil der Leistungsvorhaltekosten erweist sich die Bedeutung der Versuche, Leistungsspitzen abzubauen, z. B. unter Einsetzen von Kältespeichern.

Tabelle 1: Energiekostenzusammenstellung

Energieart	Tabelle 1a: Anlage mit Regenerativwärmerückgewinner und Schwebstofffilter in der Zentrale			Tabelle 1b: Anlage mit Rekuperativwärmerückgewinner ohne zentrales Schwebstofffilter		
	Jahresenergieverbrauch	Energiekosten DM/a	Flächenspezif. Kosten DM/a, m ²	Jahresenergieverbrauch	Energiekosten DM/a	Flächenspezif. Kosten DM/a, m ²
Wärme	0 GWh/a	0	0	0,038 GWh/a	2.104	0,06
Befeuchtungswärme (Dampf)	2,18 GWh/a	122.136	3,81	4,67 GWh/a	261.092	8,16
Kälte	2,37 GWh/a	61.136	1,91	2,32 GWh/a	59.828	1,87
Kälte Leistungspreis	kW DM/kW,a 830 161,80	134.294	4,20	kW DM/kW,a 1050 161,80	169.890	5,31
Kälte Wärmepumpe	3,41 GWh/a	73.386	2,29	2,09 GWh/a	44.898	1,40
Wasser	3189 m ³ /a	11.162	0,35	6726 m ³ /h	23.541	0,73
Elektro Luftförd. Tag	2,66 GWh/a	172.180	5,38	2,28	147.497	4,61
Elektro Luftförd. Nacht	0,76 GWh/a	25.483	0,80	0,69	23.226	0,73
Elektro Luftförd. Leist.pr.	kW DM/kW,a 880 161,80	142.384	4,45	kW DM/kW,a 880 161,80	142.384	4,45
Nebenaggregate (geschätzt)						
Energie Tag	0,4 GWh/a	25.880	0,81	0,4 GWh/a	25.880	0,81
Energie Nacht	0,15 GWh/a	5.025	0,16	0,15 GWh/a	5.025	0,16
Leistungspreis	kW DM/kW,a 185 161,80	29.933	0,94	kW DM/kW,a 185 161,80	29.933	0,94
Energiekosten gesamt:		496.388	15,52		593.091	18,53
Leistungsvorhaltekosten gesamt:		306.611	9,58		342.207	10,70
Gesamtkosten		DM/a 803.000	25,10 DM/a, m ²		DM/a 935.298	29,23

Die Entscheidung für den Einsatz eines Regenerativwärmerückgewinners im Krankenhaus läßt sich sehr klar energetisch begründen. Zunächst hat man als hygienische Vorsichtsmaßnahme eine dritte Filterstufe (Schwebstofffilter) in der Zentrale vorzusehen, die wir mit 450 Pa bei voller Luftmenge und entsprechend der Laminardurchströmung proportional zur Luftmenge absinkend in die Rechnung eingeführt haben. Dieser Zusatzwiderstand entfällt beim Rekuperativwärmerückgewinner. Dafür muß eine etwas größer auszulegende Kältemaschine vorgesehen werden, da der Rekuperator im Auslegungsfall nicht zur Entfeuchtung benutzt werden kann.

Tabelle 1b zeigt die Ergebnisse. Die Gesamtkosten liegen mit 935 000 DM erheblich höher (29,-- DM/a,m²), d. h. der Rekuperativrückgewinner erhöht die Kosten gegenüber der Lösung mit Regenerator um mehr als 4 DM/a,m². Das rechtfertigt den zusätzlichen Aufwand des Schwebstofffilters.

Betrachtet man die Einzelpositionen, so sieht man, daß die geringere Aufwärmzahl des Rekuperators (bei Vollbetrieb angenommen: $\eta_t = 0,47$ gegenüber etwa 0,7 beim Regenerator) gar nicht entscheidend ist. Die nun erforderliche Vorwärmenergie spielt energetisch kaum eine Rolle. Die in Tabelle 1b dominierende Energieposition ist die Dampfbefeuchtung, und hier treten Differenzen von 4,36 DM/a,m² auf, obwohl der Dampfpreis wie der Wärmepreis gerechnet ist und noch relativ günstig abgerechnet wird.

Um zu zeigen, was mit den Wärmerückgewinnern insgesamt energetisch erreicht wird, seien noch die Gesamtergebnisse ohne WRG mitgeteilt. Die Gesamtkosten belaufen sich nun auf 1,18 Millionen DM/a, d. h. 37 DM/a,m². Darunter fallen allein 10 DM/a,m² für die Luftvorwärmung an.

Abschließend noch einige Bemerkungen zur Wärmepumpe: Die hier gezeigte Betrachtung bricht auf der Kälteseite dieses Systems ab und setzt voraus, daß die Wärme zur Warmwasserbereitung abgenommen werden kann, was in dem hier angenommenen Außenlufttemperaturbereich berechtigt ist. Somit stellt die Wärmepumpe zusätzlich zur hier anfallenden Kälte die gleiche Energie, vermehrt um die Kompressorarbeit, als Wärme zur Verfügung, was in einer gesonderten Analyse energetisch zu bewerten ist. Hier soll darauf nicht näher eingegangen werden.

Indessen zeigte eine Vergleichsrechnung ohne die Wärmepumpe, daß etwa 0,80 DM/a,m² mehr an Verdampfungswärme aufgewendet werden muß, daß aber infolge des Wegfalls der Gegenkühlung die Energiekosten um 1 DM/a,m² geringer werden. Der Gewinn auf der warmen Seite der Wärmepumpe muß also diesen Differenzbetrag übersteigen.

5. Zusammenfassung

Nach einer Übersicht über die heute bekannten Energieverbrauchs-Berechnungsverfahren für Klimaanlageanlagen wird über Beispielrechnungen mit einem Programm nach der Tagesgangmethode zur Bestimmung von Energiekosten in einem Krankenhaus berichtet. Dabei werden verschiedene Analysen mit Variation der Eigenschaften der Wärmerückgewinner, der Ventilatorbetriebsart sowie des Einsatzes der Wärmepumpe diskutiert. Die Ergebnisse begründen energetisch die Entscheidung des Planers, eine regenerative Wärmerückgewinnung mit Schwebstofffilter in der Zentrale vorzusehen.

Anschrift des Verfassers:
LTG Lufttechnische GmbH
Postfach 40 05 49
7000 Stuttgart 40

6. Schrifttum

- /1/ Boeke, A.W. u. H. Laakso: Projektierung und vergleichende Betriebskostenrechnung verschiedener Klimaanlage in Hochhäusern mit Hilfe von Digitalrechnern. Wärme-, Lüftungs- und Gesundheitstechnik 18 (1966), 113/28.
- /2/ Brendel, T. u. G. Güttler: Klimaökonomie. Kosten-Nutzen-Analyse vom Problemkreis Klimatisierung. Eine Fallstudie. Ges.-Ing. 98 (1977), 25/34, 92/98.
- /3/ Hauser, G.: Verfahren zur Berechnung des Temperaturverhaltens und Energieverbrauches von Gebäuden. KI 6 (1978), H. 2, Teil 4.3, S. 229/32.
- /4/ Jahn, A.: Das Test-Referenzjahr. HLH 28 (1977), 199/206, 257/65, 295/99.
- /5/ Jahn, A.: Das Faltungsprinzip und die Simulation des dynamischen thermischen Raumverhaltens. Ges.-Ing. 98 (1977), 253/65, 342/52.
- /6/ Jüttemann, H.: Totalenergieausnutzung in Krankenhäusern. HLH 28 (1977), 282/86.
- /7/ Masuch, J.: Energieverbrauchsberechnungen für Klimaanlage. HLH 28 (1977), 165/72.
- /8/ Rasmussen, K.N., H. Schmidt u. J. Bentsen: Wirtschaftlichkeit von Ventilatoren in Anlagen mit variablem Volumenstrom. Ges.-Ing. 98 (1977), 333/39.
- /9/ Steinbach, W.: Programmsystem zur Berechnung des Energieverbrauchs von Klimaanlage. HLH 28 (1977), 207/13, 266/77.
- /10/ VDI 2067, Bl. 3: Wirtschaftlichkeitsberechnung von Wärmeverbrauchsanlagen. Lüftungstechnische Anlagen. Entwurf Mai 1975. In Oberarbeitung.
- /11/ Zöllner, G.: Berechnung des Energieverbrauchs von Klimaanlage. HLH 27 (1976), 230/34.

Wirtschaftliche Betriebsführung von raumlufttechnischen Anlagen in Krankenhäusern

von E. F r e y , Stuttgart

1. Allgemeines

Die Weiterentwicklung auf medizinischem, physikalischem und chemischem Gebiet trieb in den letzten Jahrzehnten den Anteil der Technik bei Krankenhäusern sprunghaft in die Höhe. So beträgt der Anteil der Versorgungs- und Entsorgungstechnik ohne die Medizintechnik beim Klinikbauprogramm in Baden-Württemberg bereits 48% der Gesamtbaukosten.

Vor 50-100 Jahren wurden die Krankenhäuser nach dem Pavillon-system gebaut, was, hygienisch gesehen, in der Abgrenzung verschiedener medizinischer Bereiche erhebliche Vorteile hatte. Heute werden Großbauten mit vielen klinischen und medizinischen Bereichen "unter einem Dach" gebaut, um die Kommunikation der Fachbereiche und das Transportproblem im Krankenhaus in den Griff zu bekommen. Auch die Methoden zur Behandlung und Pflege der Patienten wurden ständig verbessert. Diese Gründe führten zwangsläufig zu neuen und höheren Anforderungen an die Qualität von raumlufttechnischen (RLT-) Anlagen. Die Neufassung der DIN 1946 Teil 4 (Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern) dokumentiert diese Anforderungen.

Um einerseits das von der DIN vorgeschriebene Anforderungsniveau einzuhalten, andererseits keine zu hohen Investitions- und Nutzungskosten zu verursachen, müssen heute mehr als bisher Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen am konkreten Fall zu einem optimalen raumlufttechnischen Konzept führen. Welchen Stellenwert hierbei die wirtschaftliche Betriebsführung hat, zeigt die Tatsache, daß bereits nach 5-7 Jahren die Baunutzungskosten von Krankenhausneubauten die Höhe der Investitionskosten erreichen (2).

Zu den Baunutzungskosten gehören neben den Kapitalkosten die Betriebskosten und die Bauunterhaltungskosten (Abb. 1), d. h. alle Kosten, die nach Fertigstellung eines Gebäudes für die Aufrechterhaltung der Aufenthaltsbedingung und für die Nutzung sowie zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustands des Gebäudes anfallen.



Abb. 1 Baunutzungskosten

Ein wesentlicher Beitrag zur Wirtschaftlichkeit kann mit Sicherheit durch einen Mehraufwand bei der Planung und Erstellung eines Bauvorhabens erreicht werden. Häufig gehen mangelhafte Planung und "billige" Bauausführung sowie vor allem unzureichende Koordination aller Beteiligten (Planer - Hersteller - Einbaufirma - Nutzer) proportional in die Erhöhung der Betriebskosten ein. Angepaßte vernünftige Nutzerforderungen, die sachgerechte Planung ermöglichen, funktionsgerechte Anlagenteile, optimale vorbeugende Wartung und qualifizierte Betreiber garantieren eine wirtschaftliche Betriebsführung.

2. Raumklasseneinteilung

In den Krankenhäusern werden abhängig von der Nutzung die unterschiedlichsten Anforderungen an die Luftqualität und damit an die Qualität und Ausstattung der RLT-Anlagen gestellt. Um die Investitionskosten für die RLT-Anlage, die stark von der Zahl der Anlagegruppen abhängen, und die daraus resultierenden Betriebs- und Unterhaltungskosten klein zu halten, sind Räume bzw. Raumgruppen mit gleichen Raumkonditionen klimatechnisch aneinanderzulegen und zu optimieren. Z.B. Räume mit gleichen

Temperaturanforderungen, ähnlicher Nutzung oder ähnlichen Lasten sind regelungstechnisch und räumlich zusammenzufassen. Die Einteilung erfolgt nach der DIN 1946 Teil 4 in 5 Raumklassen, die unterschiedliche Anforderungen an die Keimarmut der Luft beinhalten (Tab. 1).

Raumklassen	Beispiele für Raumarten
I Besonders hohe Anforderungen an die Keimarmut	OP-Räume für Transplantationen, Operationen am offenen Herzen, Knochen- und Gelenkoperationen. Einheiten für Intensivmedizin u. ä. Bettenräume für Patienten mit extremer Abwehrschwäche
II Hohe Anforderungen an die Keimarmut	OP-Räume, soweit nicht unter I. Unfall-OP Intensivpflege, z.B. für Immunsuppression, Leukämie, Zytostatika Kreißsäle einschl. Nebenräumen, Neu- u. Frühgeborenenstationen, Säuglingsstationen
III Normale Anforderungen an die Keimarmut	Bettenstationen und alle übrigen medizinisch genutzten Räume, soweit nicht unter I, II oder IV
IV Räume mit kontaminierter Luft	Infektionsabteilungen Isotopenbehandlungsräume Sept. Einheiten
V Bereiche ohne besondere Anforderungen an die Keimarmut	Verwaltung Fäkalienräume

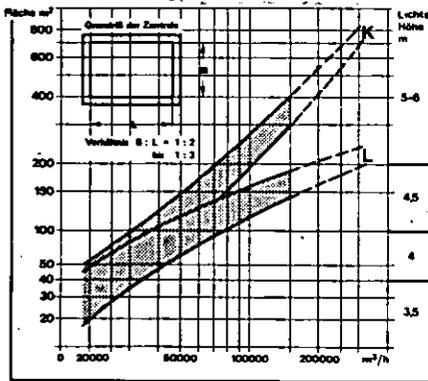
Tab. 1 Raumklasseneinteilung nach DIN 1946 Teil 4

Für Räume der Raumklasse I und II sind RLT-Anlagen vor allem zur Abführung der Keim- und Partikellasten der Räume sowie für die Schutz-Druckhaltung unentbehrlich. Bei Räumen der Raumklasse IV dient die RLT-Anlage zur Abschirmung der anderen Bereiche gegen die kontaminierte Luft aus diesen Räumen. Bei Räumen der Raumklasse III sollte durch bauliche Maßnahmen (s. Kap. 3) ermöglicht werden, ohne RLT-Anlagen auszukommen. Einfache Lüftungsanlagen sollten, wie bei Raumklasse V, nur der Abführung von Geruchs- und Feuchtelasten dienen.

3. Einfluß des Baukörpers auf den Betrieb von RLT-Anlagen

Ob eine RLT-Anlage wirtschaftlich oder unwirtschaftlich betrieben werden kann, wird bereits bei der Planung des Baukörpers vorprogrammiert. Ein frühzeitiges Einschalten aller Beteiligten (Architekt, Klimaingenieur, Hygieniker, Betreiber) ist notwendig, da die RLT-Anlagen die Grundriß- und Gebäudestruktur wesentlich beeinflussen.

Unterdimensionierung der Flächen für die RLT-Anlagen wirken sich auf den späteren Betrieb äußerst negativ aus. Raum für spätere Erweiterungen ist möglichst vorzuhalten. Der Platzbedarf für Lüftungs- und Klimazentralen kann nachstehendem Diagramm (Abb. 2) entnommen werden. Es handelt sich hierbei um Richtwerte. Genaue Angaben, speziell bei größeren Luftmengen, können jedoch nur auf Grund detaillierter Untersuchungen erfolgen. Der Flächenbedarf für Rückkühlwerk und Heizzentrale ist im Diagramm nicht berücksichtigt.



- K = Zentrale mit mehreren einzelnen Klimageräteteilen einschließlich Kälteaggregate
- L = Lüftungszentrale ohne Kälteaggregate

Abb. 2 Platzbedarf von RLT-Anlagen (nach Industrieverband Heizung-, Klima-, Sanitärtechnik Baden-Württemberg)

Nur eine übersichtlich angeordnete Zentrale mit guter Zugänglichkeit zu allen Anlageteilen ermöglicht eine leichte und damit preisgünstige Wartung.

Maßgebend für die Anordnung der Zentrale im Gebäude ist die günstige Lage der Außenluft-Ansaugöffnung. Es ist darauf zu achten, daß sich in ihrer Nähe keine Parkplätze, Krankenhauszufahrten oder andere Kraftfahrzeugwege befinden. Auch die Hauptwindrichtung des jeweiligen Standorts ist vor der Strukturierung des Krankenhauses zu überprüfen, um nicht u.U. konzentriert Schadstoffe vor der Ansaugöffnung zu haben.

Raum für die Bereitstellung von Betriebsmedien und -mitteln für die RLT-Anlagen ist ebenso einzuplanen wie nahe der Zentrale liegende Werkstätten und Ersatzteillager. Weite Entfernungen führen zu erhöhten Kosten bei der Wartung und Instandsetzung. Ausreichend Raum für die Kanäle und gute Zugänglichkeit zu allen Anlageteilen (Montagegang, ausreichende Kopfhöhe), die der Wartung bedürfen, muß bereits vom planenden Architekten berücksichtigt werden. Die Wartung kann sonst sehr schwer oder gar nicht durchgeführt werden.

Um die Gesamtluftmenge klein zu halten, sollten nur Räume raumlufttechnisch behandelt werden, die dies aus hygienischen Gründen bzw. bezüglich der Heiz- und Kühllasten unbedingt erfordern. Bei Räumen mit großer Anzahl von Maschinen und Geräten ist zur Abführung der Wärme sehr sorgfältig der Gleichzeitigkeitsfaktor zu beachten und nicht durch einfaches Aufsummieren der Leistungen eine Vergrößerung der Luftmenge zu fordern. In vielen Fällen genügt es, die Kühlung auf Raumtemperaturen $>26\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ Außentemperatur auszulegen (3). Anforderungen, die über diese sogenannte abgebrochene Kühlung hinaus gehen, sollen auf ein Minimum beschränkt werden. Die Kühler können dann kleiner ausgelegt werden, was zu niedrigeren Investitionskosten führt. Der Energiebedarf zur Kühlung und damit der Energieverbrauch wird bedeutend geringer, da die Jahresbetriebszeit der Kühler sinkt - Betriebskosten werden eingespart.

Bei der Raumprogrammierung ist zu beachten, daß die aus hygienischen Gründen raumlufttechnisch behandelten Räume oder Raumgruppen als innenliegende Räume ausgeführt werden sollten. Damit erhält man in der Außenzone genügend Platz für natürlich belüftete Räume.

Als besonders gravierend bei allen Wirtschaftlichkeitsberechnungen stellen sich die Komponenten dar, die zur Kühl- bzw. Heizlast beitragen. Die Optimierung von RLT-Anlagen bezüglich der Investitions- und Folgekosten muß deshalb bei der Reduzierung der inneren und äußeren Heiz- und Kühllasten beginnen. Hierzu muß durch bauliche Maßnahmen der Wärme- und Sonnenschutz so optimiert werden, daß vermeidbare Energieverluste unterbleiben.

Durch wärmespeichernde Maßnahmen soll erreicht werden, daß bei hohen Außentemperaturen der Raumtemperaturanstieg durch Temperaturamplitudendämpfung und Phasenverschiebung gedämpft verzögert wird oder daß nach einer Folge von Sonnentagen z.B. die Raumtemperatur die maximale Außentemperatur nicht überschreitet. Somit können im Bettenhaus z.B. ausreichende raumklimatische Verhältnisse auch ohne RLT-Anlage geschaffen werden. Bei raumluftechnisch behandelten Räumen bewirkt eine optimale Wärmespeicherung einfachere und somit billigere Regeleinrichtungen, da ein träger Baukörper wesentlich anspruchsloser bezüglich des Regelverhaltens von RLT-Anlagen ist.

Einer der bedeutendsten Belastungsfaktoren für eine RLT-Anlage ist die Beleuchtung. Hält man sich einmal vor Augen, daß bei Leuchtstofflampen ca. $4-5 \text{ W/m}^2 100\text{lx}$ und bei Glühlampen $20 \text{ W/m}^2 100\text{lx}$ als Installationsanhalt für die Allgemeinbeleuchtung gilt, wird deutlich, daß überhöhte Beleuchtungsstärken nicht nur den reinen Beleuchtungsstrom, sondern auch die Folgekosten von RLT-Anlagen in die Höhe treiben. In Bettenzimmern mit besonderen Bettleselichtern sollte die Nennbeleuchtungsstärke von 120 Lux nicht überschritten werden. Im Untersuchungs- und Behandlungsbereich sollte 500 Lux als Richtwert gelten. Die Allgemeinbeleuchtung in OP-Räumen sollte bei 750 Lux liegen. Nur die OP-Leuchte selbst kann eine Nennbeleuchtungsstärke $>1000 \text{ Lux}$ haben (6). Es sollte vor allen Dingen soweit irgend möglich auf Glühlampen verzichtet werden, da diese eine 4 bis 5-mal höhere Kühllast gegenüber Leuchtstofflampen bringen.

4. Einfluß der Anlagenteile auf den Betrieb der RLT-Anlagen

Wie weit eine RLT-Anlage zentralisiert werden soll, ist im speziellen Bedarfsfall zu optimieren. Bei Großkliniken erweist sich eine zentrale Grundluftaufbereitung mit entsprechenden dezentralen Nachbehandlungseinheiten für die höheren Anforderungen im OP-Bereich als wirtschaftlichste Lösung. Da die zahlreichen Einzeleinheiten nicht gleichzeitig in Betrieb sind, kann zur kleinstmöglichen Gesamtluftmenge optimiert werden. Außerdem bringt die Konzentration der Wartungs- und Reparaturstellen Einsparungen bei den Betriebs- und Unterhaltungskosten.

Bei der Auswahl der einzelnen Anlagenteile ist darauf zu achten, daß das billigste Angebot nicht unbedingt den wirtschaftlichsten Betrieb ermöglicht. Auf der anderen Seite kann bei zu hohen Investitionskosten eine Amortisation nicht mehr stattfinden, wenn die Standzeit des Anlagenteils geringer ist als die Amortisation. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit von sorgfältigen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, die sowohl die Investitions- als auch die Folgekosten verschiedener Lösungsmöglichkeiten genau durchleuchten.

Durch geeignete Steuer- und Regeleinrichtungen wird das optimale Arbeiten der einzelnen Anlagenteile und ihr optimales Zusammenspiel wirtschaftlich ermöglicht. Voraussetzung dafür ist die präzisierte und objektgebundene, richtig angepaßte Sollwertforderung. Dazu muß der komplette nach DIN 1946 Teil 4 vorgeschriebene Bereich, den man bezüglich Temperatur und Feuchte zur Verfügung hat, ausgeschöpft werden. Die kontinuierliche Änderung des Sollwertes von Temperatur und Feuchte bringt zwar regelungstechnisch einen erhöhten Aufwand, im Sommer kann jedoch Kühlenergie und Wasser und im Winter Heizenergie eingespart werden.

Um Störungen in der Anlage sofort erkennen zu können, sollte die RLT-Anlage für große Krankenhäuser mit einer zentralen Überwachung mit Störmeldeanzeigen ausgestattet sein. Die Automatisierung der Anlage darf jedoch nicht zu komplex sein, damit

die RLT-Anlage durch Eigenpersonal zu überschauen ist und nicht bei der kleinsten Störung teure Spezialisten der Firmen benötigt werden. Um den Einsatz von Primärenergie zu senken, muß die anfallende Verlustwärme von Beleuchtung, Personen, Geräten usw. zurückgewonnen werden. Die wichtigsten Anlagenteile werden im Folgenden nach vorgegangenen Gesichtspunkten betrachtet.

4.1 Ventilatoren

Die Auswahl der Ventilatoren nach wirtschaftlichen Überlegungen bedarf besonderer Sorgfalt, da ca. 50% des Energiebedarfs von RLT-Anlagen für die Luftförderung gerechnet werden. Da der Luftbedarf eines Krankenhauses während 24 Stunden zwischen 100% und 20% variiert (s. Abb. 3), muß durch geeignete Ventilatoren bzw. Ventilatorenkombinationen die wirtschaftlichste Lösung gefunden werden.

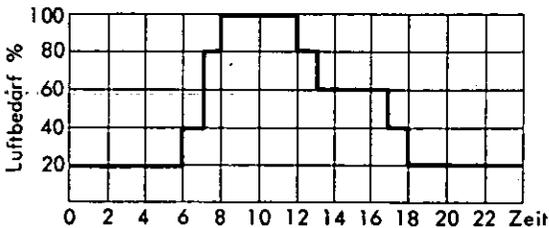


Abb. 3 Lastverteilung

In einem Krankenhaus mit einem Gesamtluftbedarf von $800\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$, wie z.B. dem Bundeswehrkrankenhaus in Ulm, kann man unmöglich mit einem Ventilator diese gesamte Luftmenge sowohl bei Vollast als auch bei 20% der Vollast wirtschaftlich fördern. Es empfiehlt sich hier, z.B. 4 Ventilatoren mit $200\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ im Parallelbetrieb zu betreiben. Dadurch ist auch beim Ausfall eines Ventilators die Betriebssicherheit der Anlage gewährleistet. Anhand der Wirkungsgraddiagramme der Ventilatorhersteller muß ein Ventilator mit der gewünschten Fördermenge gefunden werden, der sowohl bei Vollast als auch bei Teillast wirtschaftlich betrieben werden kann. Dabei ist in die Wirtschaftlichkeitsrechnung sowohl die Regelung der Einzelventi-

latoren (Drehzahlregelung, Schaufelradverstellung etc.) als auch die Steuerung wirtschaftlichster Kombinationen der Ventilatoren zur Erlangung von Teillastmengen mit einzubeziehen. Rasmussen, der die verschiedensten Ventilatorsysteme bei einer Förderleistung von 1,2 Mio. m³/h unter den vorgegangenen Bedingungen untersuchte (5), kommt z.B. zu Betriebskostenunterschieden bei einem angenommenen kWh-Preis von 0,15 DM/kWh in Höhe von ca. 74 000 DM/a. Die teuersten Ventilatoren bezüglich der Betriebskosten waren zweistufige Axialventilatoren mit Drehzahlregelung, die billigsten einstufige Axialventilatoren mit verstellbaren Schaufeln.

Zu beachten bei variablen Luftmengensystemen ist, daß nur spezielle Luftauslaßsysteme dafür geeignet sind, da konventionelle Luftauslässe bei Teilluftmengen ihre Wurfweite verändern. Eine Verteuerung der Luftauslässe muß bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt werden.

4.2 Filter

Eine optimale Wirkung der Filter setzt vollständige Abdichtung des Gehäuses und leichte Wartungsmöglichkeit voraus. Die Anströmgeschwindigkeit sollte im Bereich von etwa 1...2 m/s liegen. Je geringer die Anströmgeschwindigkeit ist, desto besser ist die Entstaubungsleistung und desto kleiner der Widerstand. Der Strömungswiderstand eines Filters steigt rasch mit dem Verschmutzungsgrad an und dies hat erhöhte Energiekosten für die Ventilatoren zur Folge. Eine Reinigung bzw. Auswechslung muß deshalb spätestens erfolgen, wenn sich der Anfangswiderstand etwa verdoppelt hat. Die Überwachung erfolgt an jedem Filter mittels Differenzdruckmanometer.

Die zentrale oder dezentrale Anordnung der Filter ist bezüglich des wirtschaftlichsten Betriebs genau zu untersuchen. Unter Umständen ergeben sich bei zentraler Anordnung der Filter durch leichte Wartung und günstigen Teillastbetrieb (kleinerer Gleichzeitigkeitsfaktor bei zentraler Anordnung) Energieeinsparungen.

4.3 Luftbefeuchter

Besonders kritische Stellen bezüglich der Hygiene sind die Luftbefeuchter. Sie sind deshalb grundsätzlich vor der letzten Filterstufe anzuordnen. Prinzipiell gibt es zwei Befeuchtungssysteme, den Dampfbefeuchter und den Luftwäscher. Hier sollen die wirtschaftlichen Vor- und Nachteile der beiden Befeuchtungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Hygienische Bedenken werden ausgeklammert und an die Entscheidung des Hygienikers verwiesen, da die Meinungen stark differieren.

Für die Dampfbefeuchtung ist stets Primärenergie erforderlich, während die für einen Wäscher erforderliche Energie aus der Wärmerückgewinnung verwendet werden kann. Außerdem ist die Regelung bei der Dampfbefeuchtung problematischer und damit teurer als beim Wäscher.

Die offensichtlich billigere Befeuchtung mit Wasser mittels Düsenkammer sollte hinsichtlich der Regelung mit der direkten Feuchteregelung erfolgen. Bei der traditionellen Taupunkt-Regelung arbeitet der Taupunktregler auf die Mischkammer, wobei der Taupunkt konstant gehalten wird. Der Wäscher arbeitet ständig mit Volleistung, die Raumfeuchte wird durch Nachheizen vom Feuchteregler aus konstant gehalten. Bei der direkten Feuchteregelung arbeitet der Raumfeuchteregler auf den Nacherhitzer und den Wäscher. Dabei ist die Wäscherleistung durch Drosseln des Wasserdurchsatzes regelbar. Ist die Feuchte zu hoch, wird zuerst die versprühte Wassermenge im Wäscher reduziert und dann mit dem Nacherhitzer getrocknet. Dabei wird einmal Heizleistung und zum anderen ein nicht unerheblicher Teil der verdunsteten Wassermenge eingespart.

4.4 Kanäle

Die Innenwände der Lüftungsleitungen müssen, um einen möglichst geringen Luftwiderstand zu haben, ausgeplankt und glatt sein. Die Kanalstrecke zwischen S-Filter und Luftauslässen in OP-Räumen muß desinfektionsfähig sein. Die Reinigungsöffnung muß

gut zugänglich, leicht abnehmbar und gut wieder montierbar sein und trotzdem eine luftdichte Absperrung sicherstellen. Reinigungsöffnungen für die Normkanäle sind umstritten, da sie Fehlerquellen darstellen können. Wenn man sie auf ein Minimum beschränkt, muß die Reinhaltung der Kanäle vor, während und nach dem Einbau gewährleistet sein.

Der Raum für die Kanäle ist großzügig zu planen, denn größere Kanäle bedeuten geringere Luftgeschwindigkeiten und diese wiederum geringeren Energieverbrauch. Das Kanalsystem muß so optimiert werden, daß die Kanäle möglichst kurz werden. Das gilt vor allen Dingen für das Kanalstück nach der dritten Filterstufe.

Ein enormer Kostenfaktor sind die von der DIN geforderten luftdichten Klappen. Diese sind unbedingt durch geeignete Kanalführung auf ein Minimum zu reduzieren. Hier fallen nicht nur hohe Investitionskosten, sondern auch hohe Betriebs- und Wartungskosten an, da die automatisch schließenden Klappen ständig auf ihre Funktion hin überprüft werden müssen.

4.5. Luftführung im OP

Die Mindestluftwechselzahlen für OP-Räume sind in der DIN vorgeschrieben. Im Einzelfall muß die optimale Luftführung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Hygiene zwischen Ingenieur und Hygieniker abgesprochen werden. Nach Feststellungen von Galson und Goddard (4) ist die Abnahme des Keimpegels mit steigendem Luftwechsel bei hohen Luftwechselzahlen deutlich geringer als bei niedrigen. Galson führt dies darauf zurück, daß bei hohen Luftwechseln die Ablösung von Sekundärkeimen bei Personen größer wird. Deshalb sollte der in der DIN geforderte 20fache Luftwechsel und damit auch die Investitions- und Betriebskosten der RLT-Anlage nicht weiter in die Höhe getrieben werden.

Die Einzeluntersuchung verschiedener Luftführungssysteme bezüglich der Investitions- und Folgekosten würde den Rahmen

dieser Ausarbeitung sprengen. Mehrere detaillierte Untersuchungen haben gezeigt, daß Lochdecken mit Stützstrahl optimale hygienische Bedingungen am OP-Tisch gewährleisten und dabei sowohl auf der Investitions- als auch auf der Betriebskostenseite günstige Werte liefern. Die höchsten Kosten verursacht die Luftführung nach dem Verdrängungsprinzip. Sie sind beim Laminar-Air-Flow-System ca. 4-5mal höher als bei Systemen nach dem Verdünnungsprinzip. Der extrem niedrige Luftkeimpegel wird durch hohen Luftwechsel (ca. 200-500 m³/hm³) und damit hohe Betriebskosten erkauft.

Bemühungen zur Senkung des Luftwechsels im OP bei höchster Keimfreiheit werden durch zusätzliche Schutzmaßnahmen wie Schutzhelme und Spezialkleidung mit Luftabsaugung gemacht, durch die die Sekundärkeimemission wesentlich vermindert wird. Interessante Entwicklungen können sich in der Anwendung der Reinfeldtechnik ergeben (1). Jedoch stehen hier noch keine Praxisergebnisse zur Verfügung.

4.6 Wärmerückgewinnung

Wärmerückgewinnungsanlagen sind in RLT-Anlagen wegen der großen Außenluftmengen und der langen Betriebszeiten ein wesentlicher Faktor für eine wirtschaftliche Betriebsführung. Mit ihnen können bis zu 80% der Aufwendungen an Wärmekosten eingespart werden.

Aus hygienischer Sicht werden zwei Verfahren unterschieden:

- a) Wärmerückgewinnungsanlagen (WRG-Anlagen) mit Trennflächen zwischen Zuluft und Abluft

(rekuperative Systeme, regenerative Systeme mit Trennfläche, Wärmepumpen)

- b) WRG-Anlagen ohne Trennflächen zwischen Zuluft und Abluft (regenerative Systeme ohne Trennfläche).

WRG-Anlagen mit Trennflächen übertragen gewöhnlich nur sensible Wärme. Bei Anwendung des Luft-Wasser-Luft-Systems z.B. hat man den Vorteil, daß Außenluft- und Fortluftströme räumlich vonein-

ander getrennt sein können. Das System zeichnet sich durch niedrige Investitionskosten und hygienische Problemlosigkeit aus. Bei der Betriebskostenberechnung ist jedoch der zusätzliche Druckverlust durch die Wärmeaustauscher und der Energiebedarf der Umwälzpumpe zu berücksichtigen.

WRG-Anlagen ohne Trennflächen ergeben meistens durch die Möglichkeit von sensibler und latenter Wärmeübertragung trotz höherer Investitionskosten eine höhere Wirtschaftlichkeit. Jedoch muß sichergestellt sein, daß die maximale Übertragungsrate von Partikeln $\geq 0,5 \mu\text{m}$ zwischen Fortluft und Außenluftstrom kleiner als $1:10^{-4}$ ist. Liegt die Übertragungsrate höher, so muß eine entsprechende Filterung der Fortluft vor Eintritt in den Wärmeaustauscher erfolgen. Der zusätzliche Druckverlust und die Filterkosten sind bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zu berücksichtigen.

5. Wirtschaftlicher Betrieb

In den vorausgegangenen Kapiteln wurde aufgezeigt, daß durch erhöhten Planungsaufwand und bessere Qualität RLT-Anlagen bezüglich der späteren Betriebs- und Unterhaltungskosten optimiert werden können. Dies verursacht u.U. zunächst höhere Investitionskosten, die sich jedoch später in wesentlich niedrigeren Folgekosten amortisieren.

Die gesamte Technik im Krankenhaus dient in erster Linie dazu, den Arzt bei allen Bemühungen um den Patienten zu unterstützen. Primäre Forderung ist deshalb, diese Anlagen und Einrichtungen ständig in einem voll funktionsfähigen und betriebssicheren Zustand zu halten. Von der vollen Funktion der RLT-Anlage hängt die Sicherheit für das Leben des Patienten ab. Deshalb muß eine ununterbrochene Betriebsbereitschaft bei wirtschaftlichem Betrieb der Anlagen gewährleistet sein. Dazu muß eine ausreichende Anzahl von Mitarbeitern mit entsprechender Qualifikation für Betrieb und Wartung eingesetzt werden.

5.1 Wartung

Zur Instandhaltung und Instandsetzung sollten beispielsweise bei einem 600-Betten-Krankenhaus mit einer Gesamtluftmenge von ca. 800 000 m³/h 9 Personen eingesetzt werden. Im einzelnen sind dies 1 Meister als Leiter des Fachbereiches "Heizung-Klima-Kälte", 5 Wartungsmonteuere, 1 Regeltechniker, 1 Elektriker und 1 Helfer. Sie sollten alle fachspezifisch ausgebildet sein und über eine entsprechende Erfahrung verfügen.

Ganz entscheidend für die wirtschaftliche Betriebsführung ist die sorgfältig ausgeführte Wartung. Nur richtig gewartete Anlagen verbreiten keine Krankheitskeime. Als Beispiel möchte ich die Filterwartung anführen: vernachlässigte Filterwartung führt zu Druckverlusten und damit zu höheren Stromkosten. Das geht schließlich soweit, daß nicht gewartete Filter vorzeitig verrotten und damit vorzeitig Unterhaltungskosten verursachen. Dies gilt sinngemäß für alle Anlagenteile der RLT-Anlage. Im allgemeinen ist nach gründlicher Einarbeitungszeit durch Ausführungsfirmen die Wartung durch den Betreiber selbst zu empfehlen. Dies trägt vor allem zu der größtmöglichen Betriebssicherheit bei und wirkt sich bezüglich der Betriebskosten langfristig günstiger aus. Das technische Personal beherrscht dadurch die Anlage besser und ist in der Lage, kleinere Störungen sofort zu beheben. Größere Instandsetzungen sollten jedoch durch Vertragsfirmen durchgeführt werden, da sich eine Reservehaltung von größeren Anlageteilen nicht lohnt. Werkzeuge, Ersatz- und Verschleißteile sowie Betriebsmittel zur Instandhaltung der RLT-Anlage müssen in ausreichender Anzahl vorgehalten werden.

5.2 Nutzungsgerechter Betrieb

Die RLT-Anlagen für OP-Räume dürfen auch außerhalb der normalen Benutzungszeit nicht abgeschaltet werden, da bei abgeschalteten Anlagen Partikel und Keime in das Kanalnetz gelangen können. Diese werden nach Aufnahme des Betriebs wieder in den Raum zurückgeschleudert. Bei langen Abschaltzeiten wären umfangreiche

Desinfektionsarbeiten erforderlich. Zur Kostenersparnis muß jedoch die Luftmenge außerhalb der normalen Benutzungszeit reduziert werden. Die DIN gestattet eine Reduzierung auf 50% der Vollast. In Baden-Württemberg wird sogar abweichend von der Norm untersucht, ob eine Reduzierung auf 30% möglich ist. Daß hier erhebliche Einsparungsmöglichkeiten bestehen, erkennt man daran, daß sich der Leistungsbedarf proportional zur 3. Potenz der Luftmengen ändert. D.h. reduziert man die Luftmenge auf die Hälfte, dann sinkt der Leistungsbedarf für die Ventilatoren auf $1/8$.

Es muß deshalb von den Medizinern die Bereitschaft vorhanden sein, sich an bestimmte Operationszeiten zu halten. Es sollten nur 1 oder 2 Unfall-OP-Räume ständig voll gefahren werden, während die anderen OP-Einheiten nach Angabe des Nutzers nur zeitweise zur Operation bereitgestellt werden. Eine Vorprogrammierte, nutzungsabhängige Steuerung garantiert, daß immer nur soviel Luft gefördert wird, wie tatsächlich zur optimalen Erfüllung der hygienischen Forderungen gebraucht wird.

5.3 Überwachung

Ein wesentlicher Beitrag zur Verbrauchsreduzierung ist durch Überwachung und Registrierung der Energie- und Medienverbrauchswerte gegeben. Durch automatische Registrierung mit Listenausdruck müssen spezifische Anlagenteile ständig überwacht werden. Wenn diese Arbeiten sorgfältig ausgeführt werden (z.B. monatliche Überprüfung der Listen mit den Verbrauchswerten), kann durch Vergleich mit früheren Werten die Schwachstelle sofort erkannt werden. Der qualifizierte Betriebsingenieur kann schnell Maßnahmen treffen, die den Energieeinsatz wieder reduzieren. Störungen lassen sich durch diese permanente Überwachung schon früh erahnen. Es können Vorbereitungen getroffen werden, damit die Anlage nicht in größeren Teilen ausfällt.

5.4 Disziplin des Personals

Durch hochentwickelte Technik hat sich der Mensch ein vorzügliches Werkzeug geschaffen, das z.B. Herz- oder Gelenkoperationen in dem heute durchgeführten Maß erst möglich macht. Ein wesentliches Element dieses Gesamtinstrumentariums ist die funktionale, konditionale und hygienische Bereitstellung der Raumluft durch mechanische Anlagen. Um jedoch die nahezu unbegrenzten Möglichkeiten bezüglich der Kosten in den Griff zu bekommen, muß von dem gesamten Nutzungspersonal die Bereitschaft vorhanden sein, sich auf die RLT-Anlage einzustellen und eine entsprechende Disziplin zu wahren. In den meisten Fällen bedarf es nur gewisser Gewohnheitsänderungen und Verständnis damit der wirtschaftliche Betrieb gesichert ist.

Die Infektionsgefahr wird zwar durch entsprechenden technischen Aufwand auf ein Minimum herabgesetzt, jedoch wird sich bei Unachtsamkeiten des Personals der Erfolg nicht einstellen. Es muß selbstverständlich sein, daß z.B. die Schutzkleidung in dafür vorgesehenen Schleusen gewechselt wird, daß der OP-Raum nicht mit Straßenschuhen betreten wird oder daß keine Hindernisse in den gerichteten Strahl der OP-Zuluft gestellt werden. Dies sind nur einige Beispiele, die in der Praxis vorkommen, weil manche das Ausmaß der Beeinträchtigung der Keimarmut des Raumes durch diese Unachtsamkeiten nicht bedenken. Ohne die Disziplin des Personals wird die aufwendige Technik im OP-Bereich in Frage gestellt. Gerade hier sollte umgekehrt die perfekte Technik mit ihren Grenzen vom Nutzer richtig verstanden werden, damit die Technik durch gute Disziplin des Personals optimal wirksam werden kann.

6. Zusammenfassung

Die Voraussetzung für eine wirtschaftliche Betriebsführung von raumlufttechnischen Anlagen in Krankenhäusern ist die sachgerechte Planung des Baukörpers durch möglichst frühe Abstimmung mit den für die Installation verantwortlichen Fachleuten. Funktionsgerechte Anlagenteile bedingen dem Objekt angepaßte

Nutzeranforderungen. Diese, der arttypischen Funktion angepaßten Anlagenteile, sollen durch optimale Regelung und Steuerung eine rationelle Energieverwendung garantieren. Dies stellt eine Hauptbedingung zur Einsparung von Betriebskosten dar. Der Betreiber muß durch nutzungsgerechten Betrieb die ganze Bandbreite der Anlage optimal ausnützen und durch ständige Überwachung die Anlage betriebssicher halten. Sorgfältig ausgeführte vorbeugende Wartung, die zur Erhaltung bester Wirkungsgrade der Anlagenteile dient, ist anzustreben.

Dies erfordert von allen Beteiligten von der Konzeptionierung und Planung über die Baudurchführung zum Betrieb eines Krankenhauses eine jeweils entsprechende Qualifikation. Jedoch nicht die Einzelqualifikation ist allein ausschlaggebend, sondern nur das frühzeitige, kooperative und funktionierende Zusammenspiel aller garantiert optimale hygienische Bedingungen bei wirtschaftlichem Betrieb.

Literatur:

- (1) Esdorn, H.: Vergleichsuntersuchungen über Luftführungssysteme mit Mischströmung in OP-Räumen. HLH 28 (1977), H.12
- (2) Eser, L.: Wirtschaftlichkeit von raumlufttechnischen Anlagen. Information, Zentralarchiv für Hochschulbau, Stuttgart, 10 (1977), H.35, S. 64-80
- (3) Frey, E.: Handbuch der technischen Versorgung. Ausgabe 1975. Zentralarchiv für Hochschulbau, Stuttgart, S. 89-99
- (4) Galson, E., Goddard, K.: Hospital air conditioning and sepsis control. ASHRAE Journal, 10 (1968), 33
- (5) Rasmussen, K., Schmidt, H., Bentsen, J.: Wirtschaftlichkeit von Ventilatoren in Anlagen mit variablem Volumenstrom. GI, 98 (1977), H.12, S. 333-339
- (6) Richtlinien für die Innenraumbelichtung mit künstlichem Licht in öffentlichen Gebäuden und Schulen. (RibelöG 75). Aufgest.: AMEV. Herausg.: BMBau

Anschrift des Vefassers:

Dipl.-Ing. E. Frey
Sudetenring 15
7140 Ludwigsburg

Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung.

Dr.-Ing. H. Brockmeyer, Gießen

1. Einleitung

Bei den Investitionsentscheidungen für raumlufttechnische Anlagen muß ein rationeller Energieeinsatz im Vordergrund der Überlegungen stehen. Die Vor-ausberechnungen zur Entwicklung des Energieverbrauches gehen davon aus, daß der Anteil der Heizenergie in Zukunft konstant bleiben soll, d. h., daß bezogen auf die gegenwärtige Situation ca. 30% der verbrauchten Energie durch bautechnische, bauphysikalische und anlagentechnische Maßnahmen im Bereich der Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage eingespart werden müssen. Auch bei dem gewaltigen Energieumsatz, den ein modern ausgerüstetes Krankenhaus erfordert, ist in erheblichem Umfang die Lüftungs- und Klimatechnik beteiligt. Nach dem derzeitigen Stand der Technik brauchen die Einsparungsmaßnahmen jedoch nicht mit einer Einbuße hinsichtlich Komfort und Nutzung verbunden zu sein. Dazu hat die Industrie gemeinsam mit Planern und Architekten kurzfristig Lösungen entwickelt, um einmal den spezifischen Energieverbrauch von raumluft-technischen Anlagen zu reduzieren und darüber hinaus den Betrieb der Anlagen durch Mehrfachnutzung der eingesetzten Energie mit Hilfe von Wärmerückge-winnungsanlagen wirtschaftlicher zu gestalten.

2. VDI-Richtlinie 2071: Wärmerückgewinnung in raumlufttechnischen Anlagen.

Wie zu kaum einem anderen Thema sind in den letzten Jahren zahlreiche Veröffentlichungen zu Fragen der Wärmerückgewinnung erschienen. Leider besteht sowohl bezüglich der reinen begrifflichen Beschreibung als auch bei der wirtschaftlichen Bewertung der verschiedenen Verfahren keine einheitliche Sprachregelung, die vor allem vergleichbare Aussagen zuläßt.

Hierzu wird die kurz vor der Veröffentlichung stehende neue VDI-Richtlinie 2071 "Wärmerückgewinnung in raumlufttechnischen Anlagen" Klarheit schaffen. Teil 1 dieser Richtlinie soll die Grundbegriffe und Definitionen der Wärmerückge-winnung festlegen und die dazu erforderlichen Apparate und Verfahren mit ihren betrieblichen Eigenschaften beschreiben. Teil 2 ermöglicht Aussagen zur Wirtschaftlichkeit und liefert Entscheidungskriterien für die Wärmerückge-winnung an sich und für die Auswahl eines Wärmerückgewinners. Im folgenden soll daher weniger auf die apparativen Details der verschiedenen Wärmerückgewinner eingegangen werden. Dazu sind sicher die vertrieblichen Aktivitäten der Her-steller groß genug gewesen, so daß diese Informationen als weitgehend bekannt vorausgesetzt werden können. Die Ausführungen sollen daher mehr auf die Systematik der kommenden Richtlinie abzielen, deren Schwerpunkt es ist, die Herstellerangaben transparenter zu machen, vergleichbare Aussagen zu ermöglichen und insbesondere zu aussagefähigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu gelangen.

3. Definitionen

Wärmerückgewinnung ist eine Maßnahme zur Mehrfachnutzung der Enthalpie der ein Gebäude, bzw. einen Prozess verlassenden Massenströme. Dazu werden wärmeaus-tauschende Apparate eingesetzt. Umluftbetrieb ist keine Wärmerückgewinnung, ebenso nicht die Auskoppelung von Wärme für einen anderen, nicht raumluft-technischen Prozess.

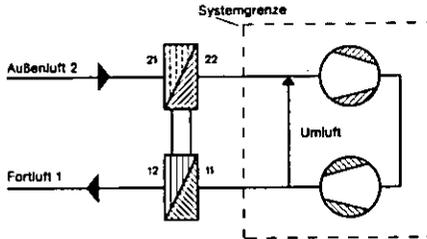


Bild 1: Schema einer Wärmerückgewinnungsanlage.

- 11 Forluftzustand vor Eintritt in den Wärmerückgewinner
- 12 Fortluftzustand nach Austritt aus dem Wärmerückgewinner
- 21 Außenluftzustand vor Eintritt in den Wärmerückgewinner
- 22 Außenluftzustand nach Austritt aus dem Wärmerückgewinner

Als Wärmerückgewinner werden wärmeaustauschende Apparate einschließlich der zu ihrer Funktion erforderlichen Bauteile bezeichnet, mit denen ein Teil der Abwärme als Rückwärme den System wieder zugeführt wird. Bei raumlufttechnischen Systemen erfolgt die Übertragung zwischen Fortluft- und Außenluftstrom. Ein Wärmerückgewinnungssystem entsteht durch Verknüpfung eines oder mehrerer auch verschiedener Wärmerückgewinner einschließlich ihrer anwendungsbezogenen Zusatzeinrichtungen mit einer raumlufttechnischen Anlage. Die Wärmerückgewinnung ist für die Funktion einer raumlufttechnischen Anlage nicht erforderlich, dennoch sind bestimmte Kriterien bei der Konzeption einer raumlufttechnischen Anlage mit Wärmerückgewinnung zu berücksichtigen. Durch Wärmerückgewinner kann sensible Wärme und je nach Bauart, auch latente Wärme (durch Kondensation oder Sorption) übertragen werden.

Als zweckmäßig hat sich die Einteilung der Wärmerückgewinner in 4 Kategorien erwiesen, wobei die wesentlichsten Unterscheidungskriterien sind:

- Bauweise (konstruktiv)
- Verhalten bei Feuchteausscheidung auf der Fortluftseite
- Möglichkeit des Stoffaustausches

Die wesentlichen Kenngrößen von Wärmerückgewinnungssystemen sind auf die Vorgänge am Wärmerückgewinner selbst bezogen. Dem Fortluftstrom ist die Zahl 1 zugeordnet und dem Außenluftstrom die Zahl 2, wobei jeweils der Eintrittszustand mit 11, bzw. 21, und der Austrittszustand mit 12, bzw. 22, gekennzeichnet ist. In dieser Weise werden die Massenströme sowie die Luftzustände hinsichtlich Temperatur, Feuchte und Enthalpie gekennzeichnet. Ein Teil der Abwärme in der Fortluft wird durch den Wärmerückgewinner an die Außenluft übertragen (Winterbetrieb) oder umgekehrt (Sommerbetrieb). Die in der Umluft enthaltene Abwärme verbleibt vollständig innerhalb der Systemgrenzen des Anwendungsbereiches und kann daher nicht als zurückgewonnen betrachtet werden. Die Wärmepumpe wird insoweit mit in die Betrachtung einbezogen, soweit sie das Kriterium der Rückgewinnung der Wärme aus einem das System verlassenden Massenströme erfüllt.

4. Systematik der Wärmerückgewinner

Die mit den verschiedenen Bauarten rückgewinnbaren Energiemengen lassen sich aus den physikalischen Vorgängen berechnen. Es ist daher zweckmäßig, die Wärmerückgewinner nach ihrem thermischen Verhalten einzuteilen. Neben dem Vorgang des reinen Wärmeaustausches, der rekuperativ oder regenerativ erfolgen kann, gibt es auch zusätzlich den Vorgang des kombinierten Wärme- und Feuchte-austausches und weiterhin die Unterstützung des Wärmeaustausches durch Exergieerhöhung mit Hilfe von Wärmepumpen mit der eben eingesprochenen Einschränkung.

Vorgang im Wärmerückgewinner	Wärme-Austausch		Wärme- und Feuchte-Austausch	Wärmeaustausch mit Exergie-Erhöherung
	Rekuperatoren	Regeneratoren	Regeneratoren	Wärmepumpen
Ausführungsbeispiele	1.1 Platten-Wärme-austauscher 1.2 Glattrohr-Wärme-austauscher	2.1 Kreislaufverbundene Rippenrohr-Wärme-austauscher 2.1.1 mit Zwangsumlauf der Speicher-masse 2.1.2 mit Schwerkraft-umlauf 2.1.3 mit Kapillarkraft-umlauf	3.1 Umlaufende feste Speicher-masse 3.1.1 schnell umlaufend 3.1.2 langsam umlaufend 3.2 Austauscher nach dem Luftwischer-prinzip	4.1 Kältdampfver-dichter 4.2 Absorptions-system

Bild 2: Systematik der Wärmerückgewinner

Beispiele für Rekuperatoren mit reinem Wärmeaustausch sind Plattenwärmeaustauscher und Platttrohraustauscher. Den Regeneratoren dieser Kategorie werden die kreislaufverbundenen Rippenrohre sowie die Wärmeröhre zugeordnet.

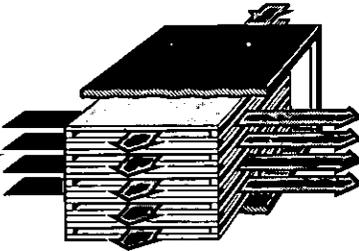
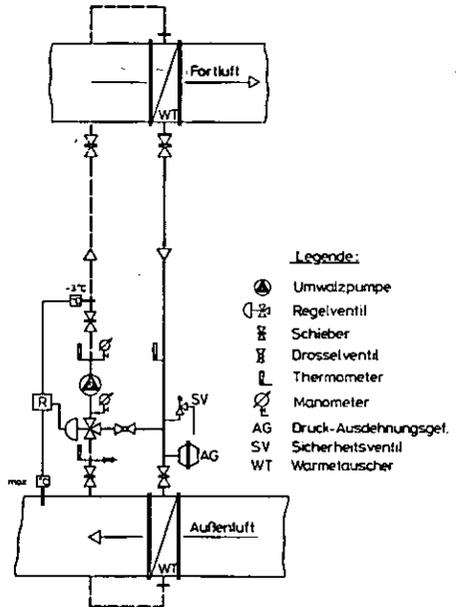


Bild 3: Rekuperativer Wärmerückgewinner



- Legende:
- ⊙ Umwälzpumpe
 - ⌞⌞⌞ Regelventil
 - ⌘ Schieber
 - ⌘ Drosselventil
 - ⌚ Thermometer
 - ⌚ Manometer
 - AG Druck-Ausdehnungsel.
 - SV Sicherheitsventil
 - WT Wärmetauscher

Bild 4: Regenerativer Wärmerückgewinner (Kreislaufverbundsystem)

Zu den Regeneratoren mit Wärme- und Feuchteausaustausch gehören langsam- bzw. schnellumlaufende Wärmeaustauscher mit fester Speichermasse, bzw. Aus-tauscher mit flüssigem Übertragungsmittel auf der Basis des Luftwäscher-prinzips. Bei den Wärmepumpen werden Anlagen mit kaltem Dampfverdichter, bzw. Absorptionssysteme, unterschieden.

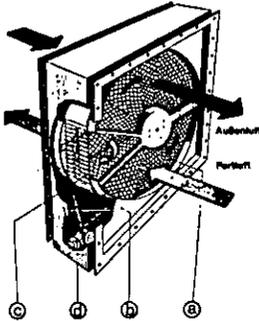


Bild 5: Regenerativer Wärmerückgewinner

- a) Rotor
- b) Gehäuse
- c) Schleusenzone
- d) Antrieb

5. Hygienische Gesichtspunkte

Zu den besonderen Aufgaben der raumlufttechnischen Anlagen in Krankenhäusern gehört, neben der Aufrechterhaltung des erforderlichen Raumklimas die weitgehende Herabsetzung des Gehaltes an Mikroorganismen, Narkosegasen, Gerüchen und Staub in der Raumluft. Für die Wärmerückgewinnung bei raumluft-technischen Anlagen in Krankenhäusern lassen sich die Systeme aus hygienischer Sicht nach 2 Kriterien unterscheiden, und zwar

- Geräte mit Trennflächen zwischen Außenluft und Abluft
- Geräte ohne Trennflächen zwischen Zuluft und Abluft

Um die Forderung nach hoher und besonders hoher Keimarmut der Raumluft erfüllen zu können, ist eine höchstmögliche Reinheit der Zuluft Voraussetzung. Hierbei sind insbesondere im Hinblick auf die Filteranordnung bzw. Filterstufen, die Nutzungsflächen eines Krankenhauses in Raumklassen mit unterschiedlichen Anforderungen an die Keimarmut eingeteilt. Bezüglich der Wärmerückgewinnungsanlagen dürfen grundsätzlich nur solche Apparate verwendet werden, bei denen eine Keimübertragung von der Abluft bzw. Fortluft zur angesaugten Außenluft, bzw. Zuluft, praktisch ausgeschlossen werden kann. Über den Einsatz von Wärmeaustauschern zur Wärmerückgewinnung in Krankenhäusern gibt DIN 1946, Teil 4, Auskunft. Für den Neudruck bestehen noch unverbindliche Überlegungen. Hohe Sicherheit gegenüber Keimrückführung geben die geschlossenen, kreislaufverbundenen Wärmetauscher, da Fort- und Außenluft getrennt voneinander laufen können. Bei Trennflächen-Wärmetauschern sind Undichtigkeiten zwischen beiden Luftströmen nicht völlig ausschließbar. Im Hinblick auf den Einsatz regenerativer Wärmetauscher im Krankenhaus stellt sich die Frage, ob Keime vom Fortluft- zum Außenluftstrom gelangen und so ein Infektionsrisiko entstehen kann. Es bestehen Überlegungen, grundsätzlich nur solche regenerative Wärmeaustauscher zuzulassen, bei denen die maximal mögliche Übertragungsrate von Partikeln mit einer Größe über 0,5 Mikrometer kleiner als 10^4 ist. Ist die Übertragungsrate zunächst größer, so muß durch eine Filterung der Fortluft vor Eintritt in den Wärmetauscher der Partikelgehalt soweit herabgesetzt werden, daß eine größere Übertragungsrate

ausgeschlossen bleibt. Die in Tafel 1 von DIN 1946, Teil 4, verlangte erste Filterstufe ist darüber hinaus in Strömungsrichtung gesehen im Außenluftstrom vor dem regenerativen Wärmetauscher einzubauen. Alle anderen Filterstufen sind dem regenerativen Wärmetauscher nachzuordnen. Ein Druckgefälle vom Außen- und Fortluftstrom muß gewährleistet sein. Fortluft aus Räumen der Raumklasse IV nach DIN 1946, Teil 4, sowie aus tierexperimentellen Abteilungen sollen nicht dem regenerativen Wärmetauscher zugeleitet werden. Weiterhin wird erwogen, die hygienische Unbedenklichkeit durch eine Baumusterprüfung nachzuweisen. Maßgebend für den Einbau regenerativer Wärmetauscher in Krankenanstalten ist jeweils die neueste Fassung von DIN 1946, Teil 4.

6. Beispiel einer Wärmerückgewinnungsanlage für ein 700-Betten-Krankenhaus

Das Schaltschema der Wärmerückgewinnungsanlage für ein z. Zt. in der Montage befindliches 700-Betten-Krankenhaus mit einer Gesamtluftmenge von $V = 520.000 \text{ m}^3/\text{h}$ zeigt Bild 6. Alle Lüftungs- und Klimaanlage werden mit reiner Außenluft betrieben.

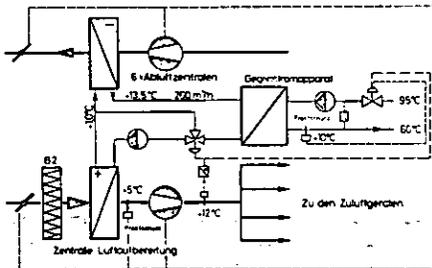


Bild 6: Beispiel einer Wärmerückgewinnungsanlage 700-Betten-Krankenhaus Worms

Bild 7: Ergebnisse einer Wirtschaftlichkeitsberechnung 700-Betten-Krankenhaus Worms

Betriebsstunden	h/d	12	16	24
Einsparung Heizenergie	Gcal/a	557	743	1.114
Einsparung Investitionskosten	DM	770.000	770.000	770.000
Investitionskosten Wärmerückgewinnung	DM	414.000	414.000	414.000
Einsparung Betriebskosten	DM/a	140.000	143.000	150.000

Bei der Wärmerückgewinnung handelt es sich hier um eine Anlage im Kreislaufverbundsystem, da die baulichen Gegebenheiten zu einer Trennung der Zuluft- und Abluftzentralen führten. Alle Anlagen besitzen eine gemeinsame Luftaufbereitung, aus der die einzelnen Zuluftgeräte über Schubgebläse angefahren werden. Die Fortluftwärmetauscher sind auf 6 Abluftzentralen aufgeteilt. Die Zulufttemperatur hinter dem Außenluftwärmetauscher wird über Zuluftfühler und Mischventile im Glycolkreislauf geregelt. Um im Teillastbetrieb, bzw. Anfahrzustand die erforderliche Temperatur hinter dem Außenluftaustauscher sicherzustellen, ist ein Gegenstromapparat in den Rückgewinnungskreislauf eingeschaltet. Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung dieser Anlage für 12-, 16- und 24-stündigen Betrieb zeigt Bild 7.

7. Berechnung der Wärmerückgewinnung und Wirtschaftlichkeitsnachweis

Zur wirtschaftlichen Beurteilung eines Wärmerückgewinners ist die Berechnung der innerhalb eines Jahres rückgewinnbaren und verwertbaren Wärme- bzw. Kälteenergie erforderlich. Die bisher bei der Berechnung eingesetzten Jahresdauerliniendiagramme werden im Rahmen der Richtlinie 2071 nicht als ausreichend angesehen. Basis der neuen Berechnungsmethode ist ein Standardjahr, das sich über den Bereich der Bundesrepublik Deutschland in drei Regionen einteilt, die jeweils nach heiteren, gemischbewölkten und trüben Tagen nach Feuchte, Temperatur und Enthalpie unterscheiden. Die Anwendung des Verfahrens der monatsweisen Betrachtung und der Unterscheidung in Tage mit klarem und bedecktem Himmel hat Bedeutung, wenn sich wesentliche Ausgangswerte außer der Außentemperatur über das Jahr ändern. Hierzu gehören u. a. der variable Volumenstrom, variable Taupunktlage und variabler Fortluftzustand. Damit wird vor allem auch der Entwicklung neuer raumlufttechnischer Anlagensysteme Rechnung getragen. Da ein Wärmerückgewinner jedoch keinen notwendigen Bauteil einer raumlufttechnischen Anlage darstellt und auch für deren Funktion nicht erforderlich ist, lediglich die Betriebskosten senkt, kann nur eine Wirtschaftlichkeitsberechnung entscheiden, welches Wärmerückgewinnungssystem für den speziell vorliegenden Fall wirtschaftlich optimal arbeitet. Für die Auswahl von Wärmerückgewinnungsgeräten kann nicht grundsätzlich der Ausschlag vom dem Wärmerückgewinner gegeben werden, der z. B. die höchste Aufwärmzahl aufweist. Bei allen Anwendungsfällen sollte dieser Wert dem Bedarf angepaßt werden, so daß durchaus Wärmeaustauscher mit geringeren Aufwärmzahlen insgesamt wirtschaftlicher arbeiten (z. B. langer Teillastbetrieb) als Austauscher mit höheren Werten. Die Jahresenergiekosten einer raumlufttechnischen Anlage können beim Einsatz von Wärmerückgewinnern mit geringeren Aufwärmzahlen fast gleicher zurückgewonnener Wärmemenge, aber niedrigeren Luftförderkosten, kleiner werden, weil außerdem die Wärmerückgewinnung mit geringeren Aufwärmzahlen preisgünstiger ist als die mit höheren. Eine Optimierung der Wärmerückgewinnungsanlage bzw. eine Maximierung der Einsparungen ist unbedingt notwendig.

Mehraufwendungen		Einsparungen	
Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4
Betriebskosten	Kapitalkosten	Betriebskosten	Kapitalkosten
Antriebe Wartung	Wärmerückgewinner Beizliche Aufwandig	Heizkosten Kältekosten	Heizzentrale Kältezentrale
Pos. 3 - Pos. 1 > Pos. 2 - Pos. 4			
Betriebskosteneinsparung > Zusatz-Kapitalkosten			

Bild 8: Systematik der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bei allen Systemen der Energierückgewinnung fallen immer Zusatzinvestitionen durch die erforderlichen apparativen Aufwendungen für den Wärmerückgewinner an. Diese Zusatzinvestitionen bringen keinen Zusatznutzen im Hinblick auf den Betrieb oder die komfortmäßigen Ergebnisse einer raumlufttechnischen Anlage. Die Anlage wird durch den Einbau der Wärmerückgewinnungsanlage nicht verbessert, so daß als alleiniges Kriterium für den Einbau die Eigenrentabilität gegeben sein muß, d. h. die möglichen Einsparungen von Energiekosten müssen in einer bestimmten Relation zur getätigten Investition stehen. Grundsatz jeder Wirtschaftlichkeitsberechnung ist die Erfassung aller Kostenanteile, die durch den Einbau von Wärmerückgewinnungsanlagen zu Minder- oder Mehrkosten führen. Es treten Mehraufwendungen bei den Investitionen auf, die durch den

Wärmerückgewinner selbst einschließlich dessen Zusatzinvestitionen für Installation, Montage sowie bauliche Mehraufwendungen bedingt sind. Investitionseinsparungen ergeben sich bei der Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung bzw. auch auf der Kälteseite, da sich in der Regel die Spitzenanschlußleistung reduziert. Minderaufwendungen bei den Betriebskosten ergeben sich aufgrund der Energiekosteneinsparungen. Mehraufwendungen in den Betriebskosten treten durch die zusätzlichen Kosten für den Antrieb der Lüfter zur Überwindung der höheren Drücke sowie der Kosten für Wartung auf. Der Beschaffungswert, d. h. Zusatzinvestition der Wärmerückgewinnungsanlage, abzüglich der Investitionseinsparungen bei der Wärme- und Kälteerzeugung und die jährlichen Netto-Betriebskosteneinsparungen, d. h. Energiekosteneinsparungen abzüglicher der zusätzlichen Betriebskosten durch die Wärmerückgewinnungsanlage, führen zu einer bestimmten Rentabilität der Wärmerückgewinnung. Bei Rentabilitätsbetrachtungen bestehen mehrere Möglichkeiten zu einer Entscheidungsfindung zu gelangen. Bei der Vergleichskostenrechnung bildet man die Kosten ohne und mit Wärmerückgewinnungsanlage. Diese Rechnung ist verhältnismäßig zeitaufwendig und vor allem dort schwer anwendbar, wo eine Wärmerückgewinnungsanlage nachträglich eingebaut werden soll. Wesentlich einfacher ist die Ersparniskostenrechnung, der verschiedene Methoden der Investitionsrechnung zugrunde gelegt werden können. Betriebswirtschaftlich entspricht die Installation einer Wärmerückgewinnungsanlage einer Rationalisierungsinvestition, da diese allein den Zweck der Verminderung von Betriebskosten dient. Die Methoden der Investitionskostenrechnung lassen sich in zwei Verfahren, nämlich das statische und das dynamische Verfahren einteilen. Das dynamische Verfahren berücksichtigt zeitliche Unterschiede im Anfall von Ausgaben und Einsparungen. Diese Methode ist auch unter der Bezeichnung Kapitalwert- bzw. Barwertmethode bekannt. Das statische Berechnungsverfahren ist unter dem Namen Annuitätsmethode bekannt, die dadurch gekennzeichnet ist, daß der Kapitaleinsatz und die Betriebskosteneinsparung in gleiche Jahresbeträge (Annuitäten) umgerechnet werden. Beide Verfahren liefern annähernd gleiche Ergebnisse. In der neuen Richtlinie über Wärmerückgewinnung sollen die Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Wärmerückgewinnungsanlagen nach der Annuitätsmethode durchgeführt werden, wie sie auch in VDI 2067, Teil 1 (Entwurf) "Wirtschaftlichkeitsberechnung von Wärmeverbrauchsanlagen, betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen" dargestellt sind.

8. Schluß

Insbesondere in Krankenhäusern bietet sich aus verschiedenen Gesichtspunkten der Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen an:

- höhere innere Wärmelasten durch EDV-Anlagen, Küchen, Wäschereien, Sterilisatoren, Desinfektionsanlagen, Beleuchtungsanlagen
- lange Betriebszeiten durch Wochenend-, Nach- und Feiertagsbetrieb
- nahezu ausschließlicher Außenluftbetrieb
- Reduktion der Schadstoffemission durch reduzierte Kesselleistung

Der Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage allein ist jedoch noch keine Garantie für eine wirtschaftliche Gesamtlösung. Der bauliche Entwurf und die raumlufttechnische Anlagenkonzeption sind wesentliche Parameter bei der Optimierung. Ein gewisses Risiko bei der Entscheidungsfindung bringt die langfristig nur schwer abzuschätzende Entwicklung der Zinspolitik und der Energiepreise. Die Wärmerückgewinnung liefert jedoch bei richtigem Einsatz gerade im Krankenhausbau einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der Kostenentwicklung im Gesundheitswesen.

9. Literatur

- (1) Allemann, R.: Technik und Wirtschaftlichkeit der rekuperativen Energierückgewinnung. Klima-Kälte-Technik Nr. 2, S. 31/34 (1975)
- (2) Allemann, R.: Die Wärmerückgewinnung für Hallenbäder, Elektrizitätsverwertung 50, Nr. 11 (1975)
- (3) Allemann, R.: Erfahrung mit der Wärmerückgewinnung, Temperatur Technik 13, Nr. 5, S. 142 (1975)
- (4) Bach, H.: Temperaturen in regenerativen Wärmerückgewinnungseinrichtungen mit Rippenrohren, Ki-Klima- u. Kälteingenieur Nr. 5, S. 157 (1975)
- (5) Bader, E.: Das Heizrohr - ein neues Wärmerückgewinnungsgerät, Sanitär-, Heizungs- u. Klimatechnik 30, Nr. 14, S. 867 (1975)
- (6) Bader, E.: Das Wärmerohr im Einsatz der Raumklimatisierung, Temperatur u. Technik 14, Nr. 1 (1976)
- (7) Beck, K.: Regenerative Wärmetauscher. VDI-Nachrichten Nr. 13 (1971)
- (8) Beck, K.: Anlagenkomponenten der Wärmerückgewinnung bei der integrierten Energieversorgung von Gebäuden, Elektrowärme-International 32, A 2, März (1974)
- (9) Beckett, J. u. C. Sinner: Über die Keimübertragung beim Wärme- und Feuchtigkeitsaustausch in Klimaanlagen. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 160, S. 473 (1975)
- (10) Berg, G.: Wärmepumpen-Verbundanlage für ein Hallenbad. Sanitär-u. Heizungstechnik Nr. 6, S. 411 (1974)
- (11) Berliner, P.: Die jährliche Häufigkeitsverteilung der Luftenthalpie in Deutschland. Kältetechnik Bd. 9, Nr. 5, S. 138 (1957)
- (12) Blasius, K.: Die allelektrische Versorgung von Hallenbädern. Schwimmbäder; Bau, Betrieb, elektrische Beheizung. Vulkan-Verlag, Essen, S. 36 (1969)
- (13) Blasius, K.: Die Entwicklung der allelektrischen Schwimmbadheizung seit 1967. Elektro-Wärme-International, Ausg. A Bd. 31, Nr. 3, S. 155 (1973)
- (14) Blohm-Löder: Investition. Buchausgabe. Verlag Franz Vahlen GmbH, Berlin u. Frankfurt (1967)
- (15) Böbel, A.: Hallenbad Waihingen - ausschließlich durch Wärmepumpen versorgt. Bd. 25, Nr. 5, S. 153 (1974)
- (16) Böttcher, C.: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Klimatisieren mit Wärmepumpenanlagen. Ki-Klima- und Kälteingenieur Nr. 11, S. 473 (1974)
- (17) Bräunlich, G. u. Schöffel, H.: Wärmerückgewinnung aus Haushaltsabwässern. HLH Bd. 26, Nr. 12 (1975)
- (18) Brockmeyer, H.: Wärmerückgewinnung in Lüftungstechnischen Anlagen. VDI-Berichte 147 (1970)
- (19) Brockmeyer, H.: Stand der Technik der Wärmerückgewinnung - Grundlagen für die Richtlinie VDI 2071. VDI-Berichte Nr. 275 (1976)
- (20) Cammerer, W.: Elektrisch beheizte Privätbäder. Elektrowärme-International 27, Nr. 3, S. 141 (1969)
- (21) Caspar, H.: Betriebswirtschaftliche Probleme der Hallenbäder. Elektrowärme-Intern. 27, Nr. 3 (1969)
- (22) CCI: Clima Commerce International Nr. 6 (1969)
- (23) Cotter, T.P.: Theory of heat pipes. Los Alamos Scientific Lab., La 3246 MS (1965)
- (24) Daniels, K.: Betrieb und Betriebskosten von Klimaanlagen. Ki-Klima-u. Kälteingenieur 6, S. 35 (1973)
- (25) Dehli, F.: Elektrisch beheizte Hallenbäder mit Wärmerückgewinnung über Regenerativ-Wärmetauscher. Archiv des Bauwesens 24, Nr. 3, S. 162 (1971)
- (26) Dehli, F.: Gesteigerte Wirtschaftlichkeit bei gasbeheizten Lüftungs- und Klimaanlagen durch Wärmerückgewinnung. Gas Wärme International Nr. 9, S. 419 (1972)
- (27) Dehli, F.: Wärmerückgewinnung in industriellen Lüftungs- und Klimaanlagen. Betriebstechn. 12, Nr. 3 (1971)
- (28) Dehli, F. u. Viktor, H.: Regenerative Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung in Lüftungs- u. klimatechnischen Anlagen. Elektrowärme-International 30, A 4, S. 187 (1972)
- (29) Dehli, F.: Wärmerückgewinnung in Lüftungs- und Klimaanlagen durch Regenerativ-Wärmetauscher. HLH 3 (1969)
- (30) Dehli, F.: Übertragungsrate zwischen Fortluft und Außenluft bei Regenerativ-Wärmetauschern. HLH 7 (1970)
- (31) Dörr, H.: Wärmerückgewinnung in Lüftungs- und Klimaanlagen. Ki-Klima u. Kälteingenieur Nr. 12 (1974)
- (32) Ende, G.: Die Rentabilität von Wärmerückgewinnungsanlagen. Sanitär- u. Heizungst. 38, Nr. 9 (1973)
- (33) Fessal, E.: Öffentliches Hallenbad mit Wärmerückgewinnung. Elektrowärme-Intern. 33, Nr. 5 (1975)
- (34) Fröhlich, F.: Die Achillesferse der Lüftungsbranche. Schweiz. Blätter f. Heiz. u. Lüftung 2 (1969)
- (35) Guggler, R.S.: Heat transfer device US-Patent 2 350 348 (1944)
- (36) Groll, M., Brost, O., Kreeb, H., Schnebert, K.P. u. Zimmermann, P.: Leistungsgrenzen, Technologie und Anwendung von Wärmerohren. Forschung im Ingenieurwesen 37, Nr. 2, S. 33 (1971)
- (37) Groll, M.: Wärmerohrforschung und -entwicklung am Institut für Kernenergie der Universität Stuttgart. Ki-Klima-u. Kälteingenieur Nr. 7, S. 281 (1974)
- (38) Grover, G.M., Cotter, T.P. und Erickson, G.F.: Structures of very thermal conductance. J. Appl. Phys. Bd. 35, S. 1930 (1964)
- (39) Gullev, J.: Varmegenvinding. VVS 12 (1968)
- (40) Hall, M.W.: Wirtschaftlichkeitsberechnungen für lufttechnische Anlagen. VDI-Bildungswerk (BW 551)
- (41) Hartmann, K.: Der Einsatz von anschlussfertigen Kolben und Turbokältemaschinen in Wärmerückgewinnungssystemen. Ki-Klima-u. Kälteingenieur Nr. 7/8, S. 237 (1975)
- (42) Hartmann, K.: Wärmepumpen mit Turbokältemaschinen in Kaskadenschaltung. Klima-Kälte-Technik 4 (1975)
- (43) Hausmann, H. u. Richards, R.: Berechnung mittelbar rekuperativer Wärmerückgewinnungsanlagen in der Lüftungs- und Klimatechnik. HLH 25, Nr. 7, S. 215 (1974)
- (44) Heitz, E.: Nutzung der Wärmeenergie im Kunststoffbetrieb. Plast-Verarbeiter 27, Nr. 2, S. 65 (1976)
- (45) Hendriks, K.E.: Wirtschaftlichkeit der Wärmerückgewinnung. Wärmerückgewinnung im Hochbau, Vulkan-Verlag, Essen (1973)
- (46) Huser, F.X.: Energiebewußtes Planen von Klimaanlagen. Ki-Klima- u. Kälteingenieur 10, S. 341 (1976)
- (47) Isenbeck, A.: Auslegung und Planung von öffentlichen Hallenbädern. Elektrowärme-Intern. 27(3) (1969)
- (48) Jüttemann, H.: Wärmerückgewinnung in Lüftungstechnischen Anlagen. HLH 25, Nr. 8, S. 243 (1974)
- (49) Jüttemann, H.: Elektrisch heizen und klimatisieren. Buchausgabe VDI-Verlag, Düsseldorf
- (50) Jüttemann, H.: Wärmerückgewinnung mit rekuperativen Wärmetauschern. HLH 26, Nr. 11 + 12 (1975)
- (51) Jüttemann, H.: Wärmerückgewinnung in Lüftungstechnischen Anlagen. KWK Aktuell 13, Verl. Müller (1977)
- (52) Kallischer, P.: Volkswirtschaftliche Bedeutung der Energieeinsparung und Wärmerückgewinnung. HLH 26/2(75)
- (53) Kallischer, P.: Wärmerückgewinnung im technischen Ausbau. Ki-Klima-u. Kälteingenieur 12 (1973)
- (54) Kruse, H. u. Vauth, R.: Betriebsgrenzen und Übertragungsverhalten im Winter von Regenerativ-Wärmetauschern mit metallischer Speichermasse. HLH 27, Nr. 4, S. 114 (1976)
- (55) Laabs, K.-D.: Wärmerückgewinnung durch Wärmepumpen. HLH 26, Nr. 2, S. 60 (1975)
- (56) Laabs, K.-D.: Anlagentechnik der Wärmerückgewinnung. HLH 26, Nr. 2, S. 52 (1975)
- (57) Laakso, H. u. Boeke, W.: Projektierung und vergleichende Betriebskostenrechnung verschiedener Klimaanlagen in Hochhäusern mit Hilfe von Digital-Rechnern. Wärme-Lüftungs- u. Gesundheitstechnik 5 (1966)

- (58) Laakso, H.: Klimaanlage in Hochhäusern. Heizung, Lüftung, Haustechnik 13, Nr. 6/9 (1962)
- (59) Ledwon, E.: Wärmerückgewinnung in Heizungs- und Lüftungstechnischen Anlagen mit Kapillarventilatoren. Elektrowärme-Intern. 33, Nr. 6, S. A278 (1975)
- (60) Maus, D.: Zur Vorausberechnung des jährlichen Wärme- und Kältebedarfs lufttechnischer Anlagen. Kältetechnik-Klimatisierung 21, Nr. 3, S. 66 (1969)
- (61) Neu, H.: Das Wärmerohr - ein neues Wärmeübertragungssystem. Eurospectra 9, Nr. 2, S.51 (1970)
- (62) Paikert, P.: Wärmerückgewinnung aus der Fortluft von Heiz- u. Klimaanlage durch rekuperativen Wärmeaustausch. Ki-Klima- u. Kälteingenieur 4, S. 123 (1975)
- (63) Paikert, P.: Erfahrungen bei der Projektierung von Luftkühlern mit digitalen Rechnern. Kältetechnik-Klimatisierung 23, Nr. 1, S. 8 (1971)
- (64) Quenzel, K.-H.: Meteorologische Daten. Buchausgabe. Forster-Verlag, Zürich S. 35 (1969)
- (65) Rakoczy, T.: Der bauliche Aufwand beim Einsatz von Energierückgewinnungsanlagen in raumlufttechnischen Anlagen. "Möglichkeiten und Grenzen der rationellen Energieverwendung". Vorträge der VDI-Ges. Technische Gebäudeausrüstung; Heizungs-, Klima- und Haustechnik; Bonn (1976)
- (66) Rasch, H. u. Markt, H.: Auswertung von Temperaturhäufigkeitsdaten für die Klima- und Kältetechnik. HLH 22, Nr. 7, S. 224 (1971)
- (67) Reidet, R.: Auswertung klimatologischer Beobachtungen für die Klimatechnik. HLH 20, Nr. 6 (1969)
- (68) Reidet, R.: Meteorologische Unterlagen für die Klimatechnik. Wärme-, Klima- u. Sanitär. 8 (1971)
- (69) Reinders, H.: Raumluftgestaltung - ein Problem der Hygiene in Wohn- u. Arbeitsstätten. Der Architekt XIV. NF. B (1965)
- (70) Reinmuth, F.: Wärmerückgewinnungsverfahren der Lüftungs- und Klimatechnik und ihre energietechnische Beurteilung. Installation-Klimatechnik-Zentralheizung 30, Nr. 23, S. 63 (1975)
- (71) Richards, F.: Leistungsregelung und Reifschutz bei der Wärmerückgewinnung mit kreislaufverbundenen Rippenrohr-Wärmeaustauschern. HLH 26, Nr. 11, S. 397 (1975)
- (72) Rouvel, L.: Erdreichtemperaturen bei Wärmeentzug mittels Wärmepumpen. HLH 26, Nr. 11, S. 317 (1975)
- (73) Rüb, F.: Energieeinsparung durch Gebäudeisolierung und Wärmerückgewinnung. Zentralblatt f. Industriebau 22, Nr. 1, S. 18 (1976)
- (74) SHE: Reversible heat pumps units provide comfort conditioning steam heat engr., 38/447 (1969)
- (75) Sommerhalder, R.: Wärmerückgewinnung und ihre Anwendung. Elektrizitätsverwertung 50, Nr. 7/8 (1975)
- (76) Sommerhalder, R.: Der Wärmerückgewinn durch das Kollektorensystem. Elektrizitätsverwertung 50, 7/8 (75)
- (77) Spahn, H. u. Gnielinski, V.: Wärme- und Stoffaustausch in einem Sorptionsgenerator. Verfahrenstechnik 5, Nr. 4, S. 143 (1971)
- (78) Specht, O., Zimmermann, P.: Integrierte Energieversorgung und Steuerung der Energieströme am Beispiel eines allelekttrisch betriebenen Verwaltungsgebäudes. HLH 26, Nr. 5, S. 181 (1975)
- (79) Schaal, G.: LTG-Wärmerückgewinnungssystem. Lufttechnische Information 19 (1977)
- (80) Schack, K.: Möglichkeiten und Grenzen der Wärmerückgewinnung. Gaswärme-Intern. 24, Nr. 7/8 (1975)
- (81) Schneider: Wirtschaftlichkeitsrechnung. Verlag J.C.B. Mohr, Tübingen u. Zürich, 7. Aufl. (1968)
- (82) Schöffel, H.: Energiesparende Warmwasserbereitung durch Wärmerückgewinnung. BBC-Nachrichten 57, Nr. 8/9, S. 497 (1975)
- (83) Stelmie, F. u. Paul, J.: Der Einsatz von Wärmepumpen zur Abwärmeverringering und Abwärmeverwertung. Klima-Kälte-Technik Nr. 11, S. 220 (1973)
- (84) Stoy, B.: Raumklimatisierung mit elektrischer Energie. VDI-Berichte Nr. 117
- (85) Frapp, G.: Freie Kühlung und regenerativer Wärmetauscher. HLH Bd. 24, Nr. 4, S. 119 (1973)
- (86) Trenkowitz, G.: Die Wärmepumpe - Möglichkeiten zum technisch und wirtschaftlich sinnvollen Einsatz. VDI-Berichte Nr. 136 (1969)
- (87) Trenkowitz, G.: Einsatz von Wärmepumpen zur Wärmerückgewinnung. Elektrowärme-Intern. 30, Nr. 4 (1972)
- (88) Trenkowitz, G.: Energieeinsparung durch Wärmepumpen. Ki-Klima- u. Kälteingenieur 4, S. 155 (1974)
- (89) Vicktor, H.: Regenerativer Wärmetausch und Wärmepumpe. HLH 21, Nr. 10, S. 363 (1970)
- (90) Vicktor, H.: Wärmewirtschaftliche Zusammenhänge im elektrisch beheizten Hallenbad. Elektrizität 22, Nr. 3, S. 58 (1972)
- (91) Weichsel, M.: Sinnvolle Energieverwendung bei der Heizung, Lüftung und Klimatisierung. Energie 25, Nr. 10, S. 286
- (92) Winkelmann, U.: Klimaenergie-Rückgewinnung. Ki-Klima- und Kälteingenieur 3 (1974)
- (93) Winter, E.R.F. u. Barsch, W.O.: The heat pipe. Advances in heat transfer Bd. 7 (1971)
- (94) Zimmermann, P. u. Pruschek, R.: Grundlagen und industrielle Anwendung von Wärmerohren. DECHEMA-Monographien (1970)
- (95) VDI-2067, Teil 1: Wirtschaftlichkeitsberechnung von Wärmeverbrauchsanlagen. Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen
- (96) DIN 1946, Teil 4: Raumlufttechnische Anlagen (VDI-Lüftungsregeln) Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern (Entwurf)
- (97) VDI-2071, Teil 1 und 2: Wärmerückgewinnung in raumlufttechnischen Anlagen (Entwurf in Vorbereitung)

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. H. Brockmeyer
Kessler + Luch GmbH
Rathenaustraße 8, D-6300 Lahn-Gießen 1
Tel.: 0641/707202

EDV-gestützte Vorbeugende Instandhaltung von Klima-Anlagen im Krankenhaus
- System Grothus von H. Grothus, Dorsten

1. Was bietet Vorbeugende Instandhaltung?

Viele Bauteile der Anlagen eines Krankenhauses erleiden Zustandsverschlechterungen, woraus Störungen, Instandhaltung und Wertminderung folgen.

"Vorbeugende Instandhaltung" bekämpft diese Schäden: a) Periodische Wartung (Schmieren, Konservieren, Imprägnieren und Reinigen) verlangsamt die Zustandsverschlechterungen und vermindert damit die Anzahl der Schäden. b) Periodische Inspektionen und Revisionen erkennen bzw. neutralisieren Zustandsverschlechterungen, bevor sie zu unbeherrschten Störungen führen. c) Schwachstellenbekämpfung erkennt und beseitigt die Stellen, an denen häufigere Schäden vorkommen als normal. d) Reserveteilwirtschaft ermöglicht die unverzügliche Instandsetzung beschädigter Bauteile.

2. Welche Hilfen benötigt die Technische Abteilung?

Ein Technischer Leiter, der seine umfangreichen Anlagen vorbeugend instandhalten will, benötigt Hilfe: a) Für die Planung der V.I.-Arbeiten. b) Für die Terminverfolgung und Auslösung der Inspektionen. c) Für die Ausführung der Arbeiten. d) Für die Anpassung und Korrektur.

3. Universale Standarddaten für die V.I.

Es wäre für den Technischen Leiter eines Krankenhauses sehr umständlich, wenn er die V.I.-Arbeiten seiner Anlagen ohne jegliche externe Hilfsmittel planen müßte. Welche Hilfen bieten sich ihm an?

Die Betriebs- und Wartungsanweisungen der Hersteller fehlen oft oder sind unvollständig, unzweckmäßig und uneinheitlich.

Aber es gibt einige offizielle Vorschriften, wie zum Beispiel DIN 1946, VDE-Richtlinien, UVV-Vorschriften usw. Leider sind diese Vorschriften an verschiedenen Stellen zu suchen; es ist umständlich, sie zusammenzutragen.

Anlagen-Hersteller und auswärtige Wartungsfirmen bieten die Vorbeugende Instandhaltung der Krankenhaus-Anlagen an. Manche dieser Angebote muß der Technische Leiter annehmen, weil ihm eigene Mitarbeiter der benötigten

Qualifikation fehlen, weil die Anlagenlieferanten andernfalls den Garantieschutz ablehnen oder lediglich, weil der Technische Leiter die Verantwortung nicht tragen kann. In jedem Falle sind aber diese auswärtigen Wartungsarbeiten sehr teuer, vor allem, wenn man kritiklos auf alle Angebote und Preisforderungen eingeht.

Da bieten sich Universaldaten aus einer unabhängigen Datenbank an:

Die Objekte eines Krankenhauses kann man in eine Anzahl von "Universal-Anlagen" einordnen, die zwar nicht konstruktiv gleich, aber doch ähnlich aufgebaut sind: Klima-Anlagen, Heizungs-Anlagen, Sanitär-Installationen usw. Für jede solcher Universal-Anlagen kann man dann eine "Universal-Konstruktions-Analyse" (Anhang 1) verwenden.

Diese UKA nennt alle eventuell an einer solchen Anlage vorkommenden Bauteile und bietet hierfür aus der Datenbank des Normal-Bauteilkatalogs alternativ die Normal-Instandhalteoperationen an.

Ebenfalls aus der Datenbank der UKA stammen universal, d.h. für alle verschiedenen Objekte unverändert zu übernehmen: a) "INT NOR" = das Normal-Intervall, wie es im Normal-Bauteilkatalog empfohlen wird. b) "TS AN" = die Teile-Störfallklasse für anzahlabhängige Störfolgen, d.h. die Prioritätsklasse dieses Bauteils für einmalig vorkommende Störfälle. c) "TS ZE" = die zeitabhängige Störfallklasse, die angibt, welche Bedeutung dieses Bauteil für zeitabhängige Störfolgen hat. d) "VOR NO" = Vorschriften-Bezeichnung, in der noch weitere Details zur Fixierung von Schadensgrenzen, Wartungstoffen oder anderem fixiert sind. e) "ZEIT STD" = Normzeit für die Ausführung einer Operation an einem Bauteil gemäß der Datenbank des Normal-Bauteilkatalogs. f) "OPK OR" = Operationskoordinierungsmerkmal, das angibt, ob für die Durchführung besondere Werkzeuge oder Meßgeräte notwendig sind, welcher Betriebszustand der Anlage erforderlich ist und welche Koordination diesen Betriebszustand erfordert.

Solche Universal-Konstruktions-Analysen stehen für alle Anlagen, die sich in einem Krankenhaus befinden, zur Verfügung.

4. Wie plant man die V.I.?

Anhang 2 zeigt, wie man mit diesen Daten die V.I. planen kann:

Der Technische Leiter fordert eine "Objekt-Liste" an.

In diese Objekt-Liste nimmt er die Daten auf derjenigen Objekte, die in die V.I. aufgenommen werden sollen: a) Standort (Gebäude, Stockwerk, Raum-Nr.). b) Objekt-Nummer (soweit vorhanden). c) Objekt-Bezeichnung. d) Objekt-Störfallklasse (eine Kategorie, die die Bedeutung dieses Objektes für das Krankenhaus quantifiziert, d.h. mögliche Störungen gewichtet). - Von jedem Objekt ermittelt der Technische Leiter, zu welcher "Universal-Anlage" (z.B. Klima-Anlage, Sanitär-Installation) es gehört.

Die Datenbank des Rechenzentrums druckt nunmehr die UKAs in der entsprechenden Zusammensetzung und Anzahl aus.

Mitarbeiter des Krankenhauses oder - alternativ - der Wartungsfirma oder des Grothus Instituts planen nunmehr die Arbeiten im Krankenhaus anhand der UKAs. Dazu füllen sie in den UKAs noch einige, farbig angelegte Felder aus: a) Die Anzahl der tatsächlich vorkommenden Teile. b) Die Entscheidung, ob die Operation überhaupt ausgeführt werden soll. c) Ein alternativ von der Norm abweichendes V.I.-Intervall (alternativ möglich). d) Die Anforderung einer routinemäßigen Rückmeldung unabhängig vom Schadensbefund (nur ausnahmsweise zweckmäßig, denn normal ist die Rückmeldung lediglich bei aufgefundenen Schäden). e) Anzahl und Fachgruppensymbol der für die Durchführung dieser Arbeiten benötigten internen oder externen Mitarbeiter.

Die so ausgefüllten UKAs schickt das Krankenhaus an das Rechenzentrum zurück, wo die Daten in den Computer eingegeben werden. Der Rechner liefert hiermit folgende Unterlagen: a) Für jedes Objekt einen V.I.-Plan mit allen tatsächlich abgerufenen V.I.-Operationen und der Summe der jährlichen Arbeitszeiten je einzusetzende Fachgruppe. b) Arbeitskarten, die die innerhalb eines bestimmten Anlagenbereiches auszuführenden Arbeiten gleichen Intervalls und gleicher ausführender Fachgruppen zusammenfassen. c) Terminkarten, mit denen die Arbeiten gesteuert werden. Diese Unterlagen gehen an das Krankenhaus.

Der Technische Leiter prüft, ob er mit dem verplanten Aufwand einverstanden ist; ggfs. veranlaßt er im Rechenzentrum Korrekturen.

Die endgültig verabschiedeten Operationen werden nunmehr anhand der Terminkartei verfolgt, ausgegeben und durchgeführt. Hierbei besteht kein grund-

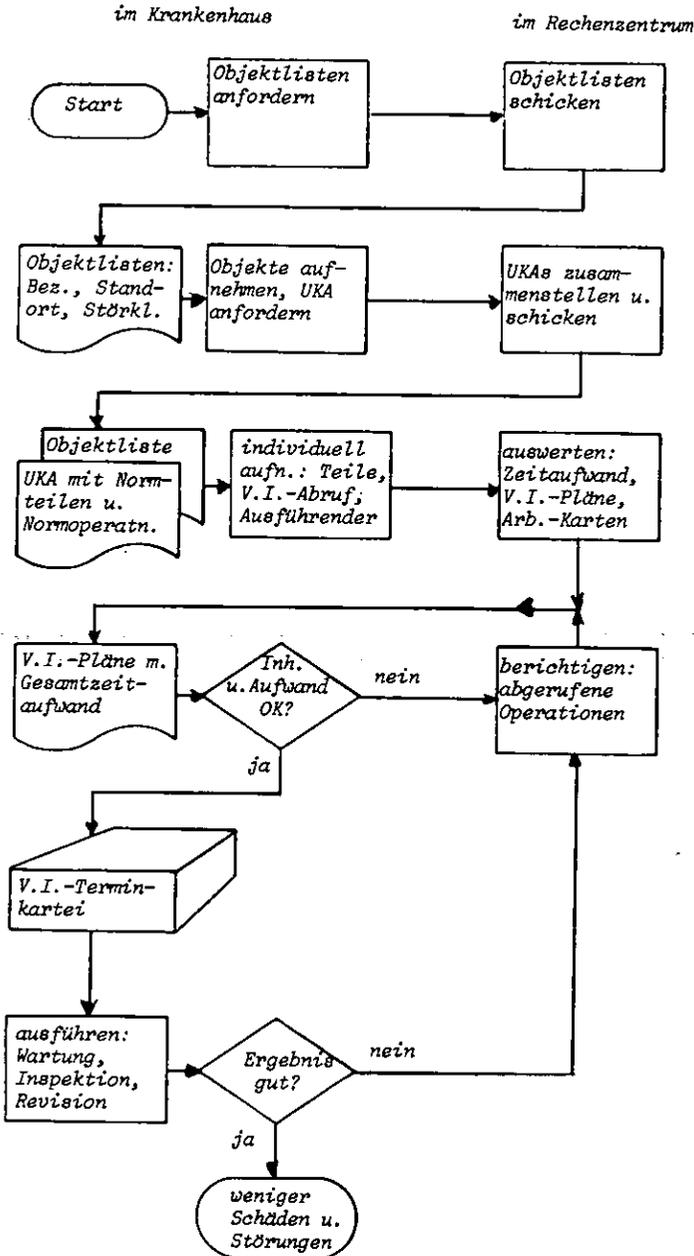
sätzlicher Unterschied zwischen der Erledigung durch interne oder externe Mitarbeiter.

Wenn sich im Zuge der Durchführung Änderungswünsche ergeben, werden diese dem Rechenzentrum mitgeteilt und hier eingegeben.

Alle Daten bleiben im Rechenzentrum gespeichert, so daß sie stets für erneuerte Auswertungen abgerufen werden können.

Dipl.-Ing. Horst Grothus,
Grothus Institut, Wettring 4,
D-4270 Dorsten 21

Anhang 2: Ablaufschema für Planung mit Universal-Daten aus der Datenbank



Die vorbeugende Instandhaltung der lufttechnischen Anlagen
anhand des VDMA-Einheitsblattes 24 186

von K.D. Fey, Butzbach

Alle technischen Einrichtungen unterliegen mehr oder weniger Verschleiß- und Schadenserscheinungen. Die steigenden Anforderungen an die Zuverlässigkeit, die Entwicklungen im Energiebereich und ständig wachsende Kosten zwingen zu Maßnahmen zur Minimierung der Verschleiß- und Schadenserscheinungen. In diesem Zusammenhang kommt der Instandhaltung als wichtigste Maßnahme besondere Bedeutung zu.

Jeder verantwortungsbewußte Betreiber muß sich deshalb früher oder später über die Instandhaltung seiner technischen Ausrüstung Gedanken machen. Er wird sich zunächst zwischen einer Schadens- oder zustandsabhängigen und der vorbeugenden Instandhaltungsstrategie zu entscheiden haben.

Gegenüber einer schadensbedingten Instandhaltung resultieren aus der vorbeugenden Instandhaltung nachweislich humanitäre, d.h. den Erwartungen und Bedürfnissen der Menschen entsprechende und wirtschaftliche Vorteile. Die wichtigsten Vorteile der vorbeugenden Instandhaltung lassen sich in einer Übersicht zusammenfassen:

1. Humanitäre Vorteile

- Sicherstellung der vorgesehenen Leistung und Funktion der technischen Einrichtung.
- Verhütung und Verminderung von Unfällen.
- Vermeidung unnötiger Umweltbelastungen.

2. Wirtschaftliche Vorteile

- Vermeidung von Schäden an technischen Einrichtungen.
- Kapazitätssteigerungen durch Senkung der instandsetzungsbedingten Stillstandszeiten.
- Vermeidung der Schäden die durch Anlagenausfall entstehen.
- Senkung der Instandsetzungskosten.
- Verlängerung der Nutzungsdauer.

Um Planer, Hersteller, Betreiber und Instandhalter lufttechnischer Geräte und Anlagen mit dieser vorteilhaften Instandhaltungsstrategie und den dazu allgemein notwendigen Leistungen bekannt zu machen, wurde das VDMA-Einheitsblatt 24, 186 erarbeitet. Die Ausarbeitung erfolgte auf Anregung der Fachgemeinschaft "Allgemeine Lufttechnik" im Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten, durch einen Arbeitskreis. Dieser Arbeitskreis ist mit den für den Kundendienst zuständigen Herren deutscher und internationaler Geräte- und Anlagenhersteller besetzt. Diese Zusammensetzung ermöglicht zum ersten Mal, daß die vielfältigen, langjährigen Erfahrungen der Hersteller umfassend weitergegeben werden. Die Arbeit dieses Arbeitskreises wird durch den VDMA koordiniert. Die Einheitsblätter des VDMA haben Norm-Charakter. Viele Einheitsblätter wurden bereits zur DIN-Norm. Es ist beabsichtigt, aus diesem Einheitsblatt zu gegebener Zeit ebenfalls eine DIN-Norm zu entwickeln. Das Einheitsblatt wird in unmittelbarem Zusammenhang mit der VDI-Richtlinie 3801 - Betreiben raumluftechnischer Anlagen - stehen.

~~Hier soll nun nicht mehr die im September 1974 erfolgte Erstausgabe, sondern die noch druckfrische Zweitausgabe April 1978~~ erläutert werden. Die Überarbeitung der Erstausgabe wurde notwendig, weil zwischenzeitlich zwei wesentliche Grundnormen, nämlich erstens DIN 31.051 - Instandhaltung, Begriffe - und zweitens DIN 32.541 - Betreiben von Maschinen und vergleichbaren technischen Arbeitsmitteln, Begriffe und Tätigkeiten - eingeführt wurden. Hierin sind eine Menge begriffs- und methodenbestimmende Grundsätze festgelegt, deren Übernahme in das Einheitsblatt unerlässlich war. Während der Laufzeit der Erstausgabe, also seit September 1974, wurden selbstverständlich ständig Erfahrungen gesammelt. Auch sie flossen in die Neuausgabe ein.

Da Wartungsarbeiten Maßnahmen im Sinne einer vorbeugenden Instandhaltung sind, wurden diese auch Bestandteil des Leistungsprogramms, dem Kernstück des VDMA-Einheitsblattes 24 186. In dem Leistungsprogramm sind die zum Zweck der vorbeugenden Instandhaltung im einzelnen aus-

zuführenden Tätigkeiten für die gebräuchlichen Geräte und Anlagenteile aufgeführt, wobei produktbezogene Abweichungen durchaus möglich sind. Tätigkeiten, die in regelmäßigen Zeitabständen, also periodisch, und solche, die nur bei Bedarf erforderlich werden, sind entsprechend gekennzeichnet.

Eine Festlegung der Zeitintervalle für periodische Tätigkeiten wurde nicht vorgenommen. Dieses könnte zu Kritik Anlaß geben und das gesamte Leistungsprogramm unvollständig erscheinen lassen. Die Vielzahl der Einflüsse, z.B. die Art der Ausrüstung, die Betriebsbedingungen, der Standort und das Alter einer Anlage lassen aber selbst die Angabe von Regelzeitintervallen nicht zu. Für jeden Einzelfall muß der Zeitintervall für eine periodische Tätigkeit anhand der spezifischen Kriterien festgelegt werden. Dabei können Herstellerangaben als Richtwerte berücksichtigt werden. Aber bekanntlich geben die Hersteller häufig Zeitintervalle an, die zur eigenen Absicherung erheblich kürzer sind, als dies aus technischer Sicht erforderlich wäre. Es ist auch nicht gesagt, daß einmal festgelegte Zeitintervalle immer Bestand haben müssen. Einflußänderungen oder Erfahrungen aus der vorangegangener Betriebszeit können durchaus zu anderen Zeitintervallen führen.

Im Leistungsprogramm sind nur Tätigkeiten selbst, nicht jedoch wie, unter welchen Umständen oder Voraussetzungen und mit welcher Ausstattung sie auszuführen sind, festgelegt. Deshalb ist es auch unerlässlich, daß die Tätigkeiten ausschließlich von sachkundigem Personal ausgeführt werden. Unter sachkundigem Personal werden in diesem Zusammenhang erfahrene Fachleute verstanden, die auf der Basis einer handwerklichen Berufsausbildung, wobei Elektriker bevorzugt sind, über fachspezifische Kenntnisse verfügen müssen. Mit Instandhaltungspersonal, welches die Zusammenhänge im Bereich der lufttechnischen Anlagen und Nebengewerke nicht kennt, kann keine optimale vorbeugende Instandhaltung betrieben werden.

In der Praxis wird das VDMA-Einheitsblatt 24 186 vielfältig angewandt. Bereits in der zurückliegenden Zeit wurde es zu

Ausschreibungen für die Instandhaltung herangezogen. Dadurch war ein einheitlicher und umfassender Leistungsumfang im Angebot gewährleistet. Die im VDMA-Einheitsblatt beschriebenen Tätigkeiten werden von den Herstellern mehr und mehr in Bedienungs- und Wartungsanleitungen übernommen. So ist hier auf Sicht mit einer gewissen Vereinheitlichung zu rechnen.

In der Hauptsache dürfte das Einheitsblatt der Erstellung von Instandhaltungsplänen und Arbeitsunterlagen dienen. Zu diesem Zweck wird der Betreiber oder Instandhalter zunächst die instandzuhaltenden Geräte und Anlagen in einer Objektliste, auf einer Maschinen- oder Anlagenkarte inventarisieren.

- Objektliste -

Betreiber: Uni-Klinik, Abt. IW3

Gerät/Anlage: Zuluft Warteraum 3

Blatt 1 von 3 Blatt

Nr.	Objekt- Bezeichnung	Ans.	Fabrikat Typ	Standort	Tätigkeit Nr.	Ausf. Periode			
						m	3m	6m	12j
1	Wetterschutzgitter	1	Trox WG	Zentrale 1. UG	5.1.1 5.1.2		X bB		
2	Ventilator	1	Fläkt VMBB-014	"	1.1.1 1.1.2 1.1.4 1.1.6 1.1.7 1.1.8 1.1.12	X X X X X X bB			X
3	Lufterhitzer	1	Fläkt VMEE-014	"	2.1.1 2.1.2 2.1.3 2.1.4	X X bB bB			
4	Trockenschichtfilter	1	Fläkt VMC2	"	3.2.1 3.2.2 3.2.4 3.2.5 3.2.6	X X bB bB bB			

Muster einer Objektliste

Als Mindestangaben sind hierzu die genaue Objekt-Anzahl, -Bezeichnung, Fabrikat, Type und der Standort erforderlich. Es empfiehlt sich auch, die Anlage selbst mit deren Funktion in Kurzform anzugeben. Anschließend werden den Objekten dann die jeweiligen Tätigkeiten des VDMA-Einheitsblattes und die Ausführungs-Perioden zugeordnet. Die so ausgefüllte Objektliste bildet als Durchschrift oder Kopie eine ausgezeichnete Unterlage zur Planzeitermittlung und eine direkte Arbeitsunterlage für das Ausführungspersonal.

- Objektliste -
(Planzeitermittlung)

Betreiber: Uni-Klinik, Abt. IW3

Gerät/Anlage: Zuluft Warteraum 3

Blatt 1 von 3 Blatt

Nr.	Objekt- Bezeichnung	Anz.	Fabrikat Typ	Standort	Tätigkeit Nr.	Ausf.-Periode					Planzeit/ pro Objekt und Besuch	Std. Summe/ Jahr
						m	j	6	j	2		
1	Wetterschutzgitter	1	Trox WG	Zentrale 1. UG	5.1.1						0,05	0,40
					5.1.2		X				0,15	
2	Ventilator	1	Fläkt VMBB-014	"	1.1.1		X				0,10	3,20
					1.1.2		X				0,10	
					1.1.4		X				0,05	
					1.1.6				X		2,00	
					1.1.7		X				0,05	
					1.1.8		X				0,05	
					1.1.12		bB				0,20	
3	Lufterhitzer	1	Fläkt VMEE-014	"	2.1.1			X			0,1	1,50
					2.1.2			X			0,1	
					2.1.3			bB			0,5	
					2.1.4			bB			0,05	
4	Trockenschichtfilter	1	Fläkt VMCZ	"	3.2.1	X					0,05	2,04
					3.2.2	X					0,05	
					3.2.4	bB					0,03	
					3.2.5	bB					0,01	
					3.2.6	bB					0,03	
7,14												

Muster einer Objektliste für die Planzeitermittlung

In dem Muster der Objektliste für die Planzeitermittlung wurden den Tätigkeits-Nr. gem. VDMA-Einheitsblatt anhand einer Standard-Planzeitliste zunächst die Planzeiten pro Objekt und Besuch hinzugefügt und die Summe pro Jahr für

alle Objekte errechnet. Auf diese Art und Weise kann der gesamte Zeitaufwand für die vorliegende Instandhaltung geplant werden.

- Objektliste -
(Ausführungs-Bericht)

Betreiber: Uni-Klinik, Abt. IW3

Gerät/Anlage: Zuluft Warteraum 3

Blatt 1 von 3 Blatt

Nr.	Objekt- Bezeichnung	Anz.	Fabrikat Typ	Standort	Fälligkeit Nr.	Ausf-Periode					Ausführung-Bericht i.O.	
						m	3m	6m	i	2i		
1	Wetterschutzgitter	1	Trox WG	Zentrale 1. UG	5.1.1 5.1.2			X bB				geringst
2	Ventilator	1	Fläkt VMBB-014	"	1.1.1 1.1.2 1.1.3 1.1.6 1.1.7 1.1.8 1.1.12			X X X X X bB		X		Leichte Geräusche, wird beim nächsten Mal durch obligatorischen Lager- Wachsel behoben.
3	Luftherhitzer	1	Fläkt VMEE-014	"	2.1.1 2.1.2 2.1.3 2.1.4			X X bB bB				Regelventil funktioniert nicht geringst
4	Trockenschicht- filter	1	Fläkt VMCZ	"	3.2.1 3.2.2 3.2.4 3.2.5 3.2.6	X X bB bB bB						6mm WS

Muster einer Objektliste für den Ausführungsbericht

In das Muster der Objektliste für den Ausführungsbericht hat der Instandhalter bei Ausführung der vorgegebenen Tätigkeiten seine Prüfergebnisse und die daraus resultierenden Bedarfsarbeiten eingetragen. Eine Sammlung dieser Ausführungsberichte ergibt einen Überblick über die Instandhaltungsgeschichte der Geräte und Anlagen und kann deshalb als Entscheidungsbasis für weitere Maßnahmen genutzt werden.

Die Verwendung des VDMA-Einheitsblattes 24 186 und der Objektlisten wurde hier ganz bewußt anhand einer einfachen Bearbeitungsmethode erläutert, um die prinzipiellen Möglich-

keiten zu verdeutlichen. Es ist ganz klar, daß sich bei umfangreichen Anlagen der Einsatz der EDV anbietet. Aufgrund der dargestellten Unterlagen und Methoden kann ein Betreiber oder Instandhalter ein auf seine Verhältnisse abgestimmtes Programm erstellen und anwenden.

Bei geringerem Umfang der Geräte und Anlagen oder falls keine Möglichkeit des EDV-Einsatzes besteht, - das dürfte noch für den Überwiegenden Teil aller Betreiber gelten -, bietet sich jedoch die Anwendung der hier dargestellten Unterlagen und Methoden an.

Mit dem VDMA-Einheitsblatt 24 186 wurde eine Voraussetzung für die wirtschaftliche Ausführung der vorbeugenden Instandhaltung geschaffen. Allen Betreibern und Instandhaltern wird deshalb die Nutzung dieser Richtlinie dringend empfohlen. Das VDMA-Einheitsblatt 24 186 ist durch den Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 30 und Köln zu beziehen.

Ing. grad. K.-D. Fey
SF Lufttechnik GmbH
Postfach 260
6308 Butzbach

" Reinigung und Desinfektion von Klimaanlage "
 B. Walther, Düsseldorf

Zahlreiche Autoren haben auf die vielgestalteten Funktionen einer gut konstruierten Klimaanlage hingewiesen. Wenn Temperatur, Feuchtigkeitsgrad, Reinheit der zugeführten Luft, Ab- sog der Narkosegase und Druckvolumina optimal eingestellt sind, sprechen wir allgemein von einer guten Klimaanlage.

Erst in jüngster Zeit scheint sich die Frage der Keimarmut besonders in den Vordergrund zu schieben, vermutlich im Zusammenhang des heiß diskutierten Gesamtkomplexes "Infektiöser Hospitalismus. "

Die Richtlinien der Berufsgenossenschaft (2) zeigen ebenso nachdrücklich wie die bekannte DIN 1946, Blatt 4 (1974), (1) daß eine hygienische Wartung von Klimaanlage in regelmäßigen Abständen keiner Diskussion bedarf.

Vielen kleinen und manchen großen Unternehmen scheint das Arbeitsgebiet Krankenhaus - und hier besonders die Klimaanlage - ein Sanierungsgebiet - meist zur unternehmerischen Sanierung - geeignet zu sein.

Unbestritten ist die Tatsache, daß das Krankenhaus-Personal in der Regel sowohl aus zeitlichen Gründen als auch in fachlicher Richtung nicht geeignet ist, derartige Wartungsaufgaben zu übernehmen.

Dem Träger des Krankenhauses bietet sich folglich an, auf renommierte Service-Firmen zurückzugreifen.

Ebenso, wie aber unseres Erachtens verstärkt darauf geachtet werden muß, daß im Krankenhausbau nur erfahrene Firmen die Ausführung der Arbeiten übertragen bekommen, so sollte auch die hygienische Wartung insbesondere aber die desinfektorischen Maßnahmen erfahrenen Service-Firmen übertragen werden.

Unser Unternehmen hat sich vor ca. 6 Jahren mit dem Hygiene-Service des Problems der Klimaanlage im Krankenhaus ange-

nommen. Seit dieser Zeit wurden mehr als 2000 Klimaanlage gereinigt und desinfiziert. Mehr als 55 Krankenhäuser haben die Aufgabe einer hygienischen Wartung in die Hände des Hygiene-Service gelegt in Form eines Jahreswartungsvertrages.

Bei Durchführung dieser Arbeiten zeigen sich uns immer wieder Konstruktionen von Klimaanlage, die eine hygienische Wartung sehr erschweren, ja fast unmöglich gestalten. Weil trotz bestehender und viel zitierter Vorschläge weder Konstrukteure noch ausführende Firmen sich Gedanken um die hygienische Wartung machen.

Es sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen, daß wir nicht von sogenannten Altanlagen sprechen, deren Umbau bzw. Ausbau entsprechend den hygienischen Bestimmungen oft nur schwer möglich ist.

Vor nachstehend aufgeführten Tatsachen sieht sich der Hygiene-Techniker immer wieder gestellt, der dann zum Entsetzen aller Beteiligten die Durchführung hygienischer Maßnahmen ablehnt, wenn nicht entsprechende Umbauten vorgenommen werden.

Hauptluftverteilerkammer: Nur selten sind die Wände, Decken und Böden der Hauptluftverteilerkammern den Forderungen der DIN entsprechend beigeputzt oder gestrichen, um die Rauigkeit auf ein Minimum zu beschränken.

Weiter als die DIN gehend wünschen sich die Hygiene-Techniker hier gekachelte, d. h. also voll abwaschbare Flächen.

Zu Bedenken ist, daß immer noch, auch in Neubauten; Installationsleitungen die nicht zu der Anlage gehören, ja sogar oft Abwasserleitungen durch diese Räume geführt werden.

Seitens der Häuser selbst werden die Verteilerkammern als

Abstellräume für techn. Zubehör mißbraucht. Derartige Zustände lassen alle Reinigungs-u. Desinfektionsarbeiten als sinnlos erscheinen und werden deshalb von uns abgelehnt.

Kanalführung: Selbst unter Berücksichtigung der vielfältigen Schwierigkeiten, die die bauausführende Klimafirma zu bewältigen hat, erscheint es uns so, daß unverhältnismäßig viel " Blech verbaut " wird. Uns sind Anlagen bekannt, wo die Kanalführung derart verwirrend ist, daß selbst die bauausführliche Firma nicht recherchieren kann, wieso die Zuluft der Anlage Bäderabteilung im asept. OP Vorbereitung ankommt.

Revisionsöffnungen, die eine Reinigung und Desinfektion ermöglichen, sind fast nie vorhanden oder an völlig ungeeigneten Stellen placiert.

Als ideal betrachten wir hier, daß bereits bei der Planung der Anlagen die ausführende Hygiene-Service-Firma hinzugezogen wird, zumal derartige Beratungen aufgrund der erwarteten späteren Arbeitserleichterung von uns kostenlos durchgeführt werden.

Bei der Dampfbefeuchtung werden Kondenswasserabläufe im offenen System installiert. Man erwartet also Kondensat. Eine Revisionsöffnung zur Reinigung-u. Desinfektion der Kanalstrecke hinter den Dampfstäben ist aber nicht anzutreffen.

Wäscherkammern werden immer noch mit chemisch unbeständigen Farben beschichtet, so daß die geforderte Desinfektion der Kammer sowie die Aufbereitung des Wäscherwassers zu Trinkwasserqualität im Beimpfungsverfahren unmöglich gemacht wird.

Abläufe aus den Wäscherkammern werden im Querschnitt so klein angelegt, daß das Ablassen des Wäscherwassers zur Reinigung der Kammer bis zu 6 Stunden bedarf. Hier wird der Betreiber der Anlage förmlich gezwungen, sich Zusatzgeräte,

wie Wassersauger, zuzulegen, um den Forderungen der DIN gerecht zu werden. Eine 4 wöchentliche Reinigung der Kammer mit Ablassen des Wassers ist sonst nicht durchführbar.

Fast alle Betreiber von Wäscherkammern in Klimaanlageanlagen werden angehalten eine Abschlemmrate einzuhalten. Wenn diese auch aufgrund örtlicher Verhältnisse stark variieren kann, so wird die Frischwasser-Zufuhr fast immer über den Daumen gepeilt. Schwimmerventil-regler sind hier eine dringende Forderung ebenso wie dem Betreiber Volumen des Wäscherwassers als auch die Abschlemmrate bekannt sein sollte.

Die Industrie liefert bereits seit geraumer Zeit die Aggregate der Anlagen im Cassetten-Schub-System; so auch den Tropfenabscheider. Dieses System, das als sehr wartungsfreundlich zu betrachten ist, wird ad absurdum geführt, wenn die Anlagen zu dicht beieinander stehen um ein Herausziehen zu ermöglichen. Wir haben auch schon Anlagen gesehen, wo aufgrund der engen Zwischenräume zueinander, der Filterrahmen des Grobfilters zerschnitten werden mußte.

Wäscherkammern werden ebenso wie Düsenstöcke und Düsen selbst aus Hart-PVC, d. h. rostfrei montiert. Die Düsen selbst werden jedoch durch Eisenklammern an dem Düsenstock gehalten.

Sofern die letzte Filterstufe der Klasse S nicht endständig ausgelegt ist, wird eine geforderte Reinigung und Desinfektion der anschließenden Kanalstrecke oft erschwert oder gar unmöglich gemacht, da nicht demontierbare Zwischendecken oder gasdichte Zwischendecken jeglichen Zugang verhindern.

Die sogenannten Installationsgeschoße erscheinen uns ihrer Bedeutung entsprechend vielfach als zu klein und besonders als zu niedrig ausgelegt. Uns ist ein Extremfall bekannt, wo die Höhe eines solchen Geschoßes 90 cm beträgt, die dort installierten Kanäle aber bereits Höhen bis zu 70 cm haben.

Im geschilderten Fall ist ein Auswechseln der Filterklasse S nicht möglich, da die Cassetten bereits eine Tiefe von 35 cm haben ganz zu schweigen von den Arbeitsbedingungen. Wartungsarbeiten müssen hier auf dem Bauche robbend durchgeführt werden.

Wir sind der Ansicht, daß das in der Unterhaltung teuerste Aggregat eines Krankenhauses wohl etwas mehr Raum beanspruchen sollte, um dem Wartungspersonal die geforderten Arbeiten zu ermöglichen.

Zu- bzw. Abluftsysteme werden vielfach derart lasch montiert, daß bereits nach zweimaliger Demontage zum Zwecke der Reinigung ein Wiedermontage unmöglich ist.

Entgegen DIN 1946 werden Abluftgitter immer noch montiert. Wir sollten uns nicht der Illusion hingeben, daß das Krankenhauspersonal Willens und in der Lage ist, regelmäßig Abluftgitter zum Zwecke der Reinigung zu demontieren.

Empfehlenswert ist hier das von Herrn Dr. Rüden, Bonn eingeführte offene System der Abluftöffnung - ebenerdig abschließend - mit nachgeschaltetem Grobfilter, um das Verflusen der Abluftkanäle zu verhindern.

Laut DIN 1946 muß regelmäßig, zumindest aber bei Inbetriebnahme der Anlage eine Dichtsitzprüfung sowie der Ölfadentest der letzten Filterstufe der Klasse S vorgenommen werden. Die Dichtsitzprüfung ist aufgrund fehlender Prüfrillen nur selten möglich. Der Ölfadentest wird in der Regel bei Montage nicht durchgeführt, so daß der Hygiene-Service nach vollzogener Reinigung und Desinfektion vor Inbetriebnahme diese Arbeiten durchführt.

Wenn die Anlage laut DIN besenrein übergeben werden soll, so ist dies allein schon ein sehr dehnbarer Begriff. Sehr oft jedoch hören wir von den Montagearbeitern, daß die Anlage ohne Filter "vorher auf voller Stufe kräftig durchgeblasen

wird," um " grobe Verunreinigungen zu entfernen."
Mit Rücksicht auf die mikrobiologischen Folgen betrachten wir diese Sitte als Unsitte und unser aller Bestreben sollte sein, Klimaanlage grundsätzlich nur mit vollständiger Filterbestückung zu fahren.

Ergänzend sei hier noch darauf hingewiesen, daß technische Einzeldaten an der Anlage ersichtlich sein sollten. Dazu gehören besonders die Art und Klasse der Filter, End- und Anfangsdruckdifferenz sowie Datum der letzten Kontrolle mit Unterschriftenfeld. Nur so kann ein Chaos in der Klinik verhindert werden wie etwa, daß von 24 Cassetten in der Anlage 4 gerissen waren, die Druckdifferenz folglich kaum steigt, die Anlage weiter gefahren wird bis zur nächsten Reinigung und Desinfektion, wo dann keine Ersatzfilter bereit gehalten werden.

In diesem kurzen Aufriß habe ich versucht, darzustellen, welche Schwierigkeiten uns bei der Durchführung der Reinigungs- u. Desinfektionsarbeiten begegnen. Wir sind der Ansicht, daß diese Probleme bei sachgemäßer Planung und kooperativen Handeln zum Wohle aller Beteiligten, nicht zuletzt zum Wohle unseres durch Neu- oder Umbau nervlich gestreßten Kunden auszuschalten sind.

Erfreulicherweise arbeiten schon heute viele Planungsbüros für Klimaanlage mit den zuständigen Krankenhaushygienikern zusammen. Viele gute Klimaanlage sind durch kooperative Zusammenarbeit von Krankenhausplanern - Hygienikern - und dem Hygiene-Service unseres Unternehmens entstanden. Diese wohl durchdachten Anlagen werden von uns in einer Art und Weise gereinigt und desinfiziert, die mein Kollege Herr Ralfs (3) bereits 1976 geschildert hat. Bezüglich der Durchführung dieser Arbeiten, darf ich Sie deshalb auf diese Veröffentlichung verweisen.

Literatur-Angaben

- 2) Richtlinie der Berufsgenossenschaft " Grundsätze
für die Arbeitssicherheit in Operationseinrichtungen."
- 1) Anonym
DIN 1946, Blatt 4, Ausgabe Juni 1974 (Gelbdruck)
- 3) U. Ralfs
Reinigung und Desinfektion von Kanälen und Anlagen-
teilen. Das Krankenhaus 10, 344-346 (1976).

Hans-Burkhard Walther
c/o Henkel KGaA
Düsseldorf

Die Verwendung von Dampf in Krankenhaus-Klimaanlagen

von Horst Wieber, Bremen

In diesem Artikel soll nicht von der Dampfherstellung gesprochen werden. Es geht also nicht um die verschiedenen Arten von Dampfkesseln und deren Feuerungsarten, sondern das Vorhandensein einer Dampfversorgung wird vorausgesetzt, zumal außer der Klimaanlage auch die Sterilisation, Küche, Wäscherei und evtl. chem. Reinigung Dampf benötigen.

Eines der wichtigsten Einsatzgebiete für den Dampf ist die Luftbefeuchtung. Dies war nun keineswegs immer so, denn bis vor etwa 15 Jahren wurden bedenkenlos sog. Luftwäscher für Befeuchtungszwecke im Krankenhaus eingesetzt. Auch heute noch gibt es Luftwäscher in Krankenhäusern, obwohl der Verfasser dieses Artikels bisher jeden Luftwäscher als Bakterienbrutstätte entlarven konnte, wenn nicht so große Mengen keimtötender Mittel eingesetzt werden, daß dieses bedenklich erscheint.

Die Verwendung von Wasser in flüssiger Form ist bei der Luftbefeuchtung in jedem Fall abzulehnen, aber das ständige Wiedereinspritzen von Wasser aus dem Sumpf des Luftwäschers in den sog. Frischluftkanal sollte der Vergangenheit angehören.

Die Verbreitung des Luftwäschers ist nur historisch zu erklären. Bei der Herstellung von Textilien muß die Luft besonders feucht sein, und in dem Bestreben, die hohe Qualität englischer Tuche nachzuahmen wurde es nötig, die Luft in den Fabrikhallen zu befeuchten. Hier hat der Luftwäscher sogar eine dreifache Funktion, denn außer der Befeuchtung bewirkt er auch eine Herabsetzung der Temperatur in den Maschinensälen, und die Textilflusen werden aus der Umluft herausgewaschen. Daher der Name "Luftwäscher." Aus diesem Ausdruck aber zu schließen, daß ein solcher Befeuchtungsapparat in der Lage sei, die Krankenhausluft durch "Waschen" zu reinigen, ist falsch.

Der Einsatz von Dampf für die Luftbefeuchtung in Krankenhäusern erfolgt also in erster Linie aus hygienischen Gründen,

während die ständige Verbreitung der Dampfluftbefeuchtung in der Industrie hauptsächlich auf den geringen Wartungsaufwand und die bessere Regelbarkeit zurückzuführen ist.

Nun ist Wasserdampf rein theoretisch ein Gas wie die Luft auch, und in der Tat wird durch die relative Luftfeuchtigkeit der Wasserdampfanteil der Luft ausgedrückt. Praktisch sind die Verhältnisse jedoch nicht so einfach. Die Gasgesetze z. B. von Boyle - Mariotte - Gay - Lussac sowie die daraus resultierenden Tabellen und Kurven, welche dem Techniker zur Verfügung stehen, gelten zunächst nur für sog. ideale Gase. Aber praktisch kann man sie auch für reale Gase anwenden. Reale Gase sind gasförmige Stoffe wie Luft, deren Temperatur weit über dem Kondensationspunkt liegt. Bei Wasserdampf ist das ganz anders: Er kommt als sog. Satttdampf oder Naßdampf aus dem Kessel. Die Abweichung vom Verdampfungspunkt ist Null. Erst bei der Überhitzung wird Wasserdampf zu einem realen Gas. Aber überhitzter Dampf steht in einem Krankenhaus nicht zur Verfügung. Es wäre auch ganz unzumutbar, überhitzten Dampf für Heizzwecke zu verwenden, weil der Wärmeübergangswert sehr schlecht ist. So kommt in der Praxis der überhitzte Dampf nur zur Ausnutzung der kinetischen Energie in Frage, also bei der Kraft- und Stromerzeugung.

Für die Luftbefeuchtung müßte sich der überhitzte Dampf eigentlich sehr gut eignen, denn bei der Luftbefeuchtung will man nicht heizen, sondern tatsächlich Wasserdampf als reales Gas der Luft beimischen. Das ganze Bestreben der Dampfluftbefeuchtungs-Apparate besteht daher darin, den Naßdampf zu trocknen und dann tropfenfrei in der notwendigen Menge in den Luftstrom zu bringen. Warum also keinen überhitzten Dampf nehmen? Der Grund liegt darin, daß es sehr aufwendig ist, die Überhitzungstemperatur zu stabilisieren. Gelingt dieses nicht, dann gerät die Regelung durcheinander, weil sich Gase bei Temperaturschwankungen und gleichem Druck in ihrem Volumen ändern, und zwar in einem Verhältnis von $1/273$ für 1 Kelvin. Nun ist Dampf ein solches Spezialgebiet, daß nicht jeder Techniker ohne weiteres einsieht, warum es so schwierig ist, überhitzten Dampf

zu bekommen. Bekanntlich hat Satttdampf genau die Temperatur, die seinem Druck entspricht. Beispielsweise hat ein Dampf von 10 bar-ü eine Temperatur von 184,1 °C. Wenn man diesen Dampf nun durch ein Reduzierventil auf 2 bar-ü entspannt, was ist dann? Theoretisch ergibt sich eine Überhitzung, weil durch die Entspannung keine Energie umgesetzt wird. Leider ist das nicht der Fall, und wir müssen auf unsere eingangs aufgestellte Behauptung zurückkommen, daß der Dampf nur theoretisch ein reales Gas ist. Wir müssen den zur Verfügung stehenden Wasserdampf als ein Gemisch aus Gas und Flüssigkeit betrachten, dessen Flüssigkeitsanteil im Dampf höher ist, als gemeinhin angenommen wird. Der Wasseranteil im Dampf wird gewöhnlich in Gewichtsprozenten ausgedrückt. 10 % Wasseranteil im Dampf scheint viel zu sein, ist aber in der Praxis sehr wenig. 1 kg Dampf hat ja ein viel größeres Volumen als 1 kg Wasser. Bei Niederdruck ist das Verhältnis ca. 1000 zu 1. Also kommt bei 10 % Wasser im Dampf 1 l Wasser auf 10.000 l Dampf. Die verschwindend geringe Wassermenge ist aber immer ausreichend, um bei einer Dampfdruckreduzierung von 10 auf 2 bar jegliche Überhitzung zu verhindern. Überhitzter Dampf kann nämlich nur dann vorhanden sein, wenn es im gleichen System kein flüssiges Wasser mehr gibt. Die Verdampfungswärme einer winzigen Wassermenge reicht aus, um die Überhitzungsenergie aufzuzehren. Ein Berechnungsbeispiel soll dies verdeutlichen:

Dampf von 10 bar-ü hat eine Temperatur von 184 °C und einen Wärmeinhalt von 2784 kJ/kg (664,9 kcal/kg). Wollen wir diesen Dampf auf 2 bar-ü reduzieren, so beträgt die neue Satttdampf-temperatur 133,5 °C und der Wärmeinhalt 2729 kJ/kg (651,8 kcal/kg). Es werden also 55 kJ/kg (13,1 kcal/kg) freigesetzt. Dann ist auch noch das bißchen Wasser zu berücksichtigen. Die angenommenen 10 % gleich 0,1 l Wasser haben bei 10 bar-ü 56 kJ (13,4 kcal). Aus dieser geringen Wassermenge werden 22 kJ (5,3 kcal) frei. Eine erstaunlich große Energiemenge im Verhältnis zum Dampf. Bei der Druckreduzierung von Wasser und Dampf werden also 78 kJ (18,7 kcal) frei. Da die Verdampfungswärme des Wassers etwa 2165 kJ/kg (517 kcal/kg) beträgt, kann man mit 78 kJ (18,7 kcal) nur 28 g Wasser verdampfen. Von den 10 % = 100 g

Wasser bleiben danach noch 72 g übrig, und anstelle einer Überhitzung ist der Wasseranteil nur von 10 % auf 7 % gesenkt worden.

Wir müssen uns also mit dem Naßdampf oder Sattdampf abfinden. Es ist realistisch, hierbei einen Wasseranteil von 30 % im Dampfnetz anzunehmen. Sachgemäß verlegte Dampfleitungen werden durch Kondensatableiter entwässert, aber es wäre völlig falsch anzunehmen, daß diese Kondensatableiter alles Wasser aus dem Dampf entfernen können. Kondensatableiter sind keine Dampftrockner, sondern sie leiten nur das Wasser ab, welches ihnen zufließt. In den Dampfleitungen herrschen aber hohe Geschwindigkeiten, bis zu 50 m/sec. Das ist ein handfester Sturm, in dem sich Wassertröpfchen nicht ruhig absetzen können, sondern mitgerissen werden. Der Dampfefeuchter selbst muß also in erster Linie ein Dampftrockner sein, d. h., er muß das Wasser aus dem Dampf entfernen und in die Kondensatableitung schicken.

Abgesehen von den hygienischen Aspekten hat die Dampfluftbefeuchtung noch weitere Vorteile. Es leuchtet ein, daß sich 2 Gase - nämlich Wasserdampf und Luft - schneller miteinander mischen lassen, als Wassertröpfchen verdampfen können. Ganz besonders deutlich werden die Vorteile der Trockendampfluftbefeuchtung bei modernen Operationsräumen mit höchstmöglicher Keimfreiheit. Das Ziel der Verhinderung postoperativer Wundinfektionen kann natürlich nicht nur durch eine sterile Luftbefeuchtung erreicht werden. Das erste Symposium für Reinraumtechnik 1972 in Zürich hat die Notwendigkeit einer besseren Kooperation zwischen den einzelnen Fachgebieten besonders deutlich gemacht. Die Hygieniker beispielsweise haben die Menschen im OP-Raum als Hauptinfektionsquelle erkannt. Dies hat zu der Entwicklung geführt, den Patienten in ein transparentes Zelt zu legen, das OP-Team aus dem Reinraum zu verbannen und die Operation von außen durch eingearbeitete Handschuhe vorzunehmen. Vom Standpunkt des Chirurgen hat diese Methode aber viele Nachteile. Auch das Verfahren, die Ärzte und Schwestern in einem Raumanzug zu isolieren, der über Schläuche ständig abgesaugt wird, hat nur schwerlich die Zustimmung der Chirurgen gefunden.

Bewährt hat sich schließlich ein Kompromiß. Es wird eine kleine Zelle in einem größeren OP-Raum aufgebaut, die besonders steril gehalten werden kann, weil sich darin nur ein kleiner Teil des Operationsteams aufhalten muß. Ein weiterer Vorteil dieser Methode besteht darin, daß Lampen und Apparate außerhalb dieser Zelle installiert werden können, so daß nicht ständig gekühlt zu werden braucht. Hier sind wir nun wieder bei der Luftbefeuchtung, denn wenn die im OP-Raum selbst erzeugte Wärme sehr groß ist, muß die Luft viel kühler eingeblasen werden und kann dann nicht mehr die benötigte Feuchtigkeit aufnehmen. In der Zelle selbst wird nun die Wunde des Patienten mit einem gerichteten Luftstrom angeblasen, und zwar möglichst so, daß der Chirurg nicht seinen Kopf dazwischen hält. Bei dieser als Laminarflow bekannten Methode wird die Luft in schnellem Wechsel nur über einen Schwebstofffilter und einen Dampfluftbefeuchter geführt. Wegen des hohen Luftwechsels braucht man nur kleine Dampfmen gen, und wegen der geringen Temperaturdifferenzen kann die Befeuchtungsstrecke sehr kurz sein.

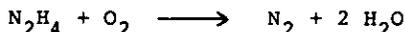
Dieses z. Zt. wohl optimale System kann aber in Bezug auf die Dampf luftbefeuchtung nur funktionieren, wenn das gesamte Dampf- und Kondensatsystem fachmännisch ausgelegt und auch von Zeit zu Zeit gewartet wird. Das beste Dampfregelventil kann keine genaue Feuchte garantieren, wenn ihm ein Dampf-/Wassergemisch oder gar reines Wasser zugeführt wird. Dieses Wasser braucht nicht aus der Dampfleitung zu kommen, es kann auch durch Stau in dem Kondensatabfluß verursacht werden. Viele Kondensatableiter werden aus Unwissenheit eingebaut, obwohl sie nicht für diesen Zweck geeignet sind. Die Gefahr eines Kondensatstaus ist bei thermischen oder thermodynamischen Kondensatableitern viel größer als bei Glocken- oder Schwimmerableitern.

Leider werden in Deutschland oft die Klima- und Heizungsanlagen von verschiedenen Firmen erstellt und später auch von verschiedenen Personen gewartet. So kommt es vor, daß eine Firma die Dampfleitungen verlegt, und eine andere Firma die Befeuchter installiert. Dieses Verfahren ist nicht gut und hat sich schon in manchen Fällen als Ursache für spätere Störungen herausgestellt.

Es würde zu weit führen, an dieser Stelle alle Fehlerursachen in diesem Zusammenhang aufzuzählen. Wesentlich ist für den Krankenhaus-Ingenieur, daß er einen Fachmann zu Rate zieht, der das gesamte Gebiet der Dampftechnik beherrscht.

Eine beträchtliche Verwirrung entstand, als die Klimatechniker plötzlich und wahrscheinlich zufällig darauf kamen, daß der Dampf in vielen Fällen das Korrosionsschutzmittel Hydrazin enthält. Dieses Mittel mit der chemischen Formel N_2H_4 - das auch unter dem Handelsnamen "Levoxin" bekannt ist - dient der Sauerstoffbindung. Dieser Zusatz gelangt auch in das Kondensat und kann das gesamte Leitungsnetz vor Korrosion schützen.

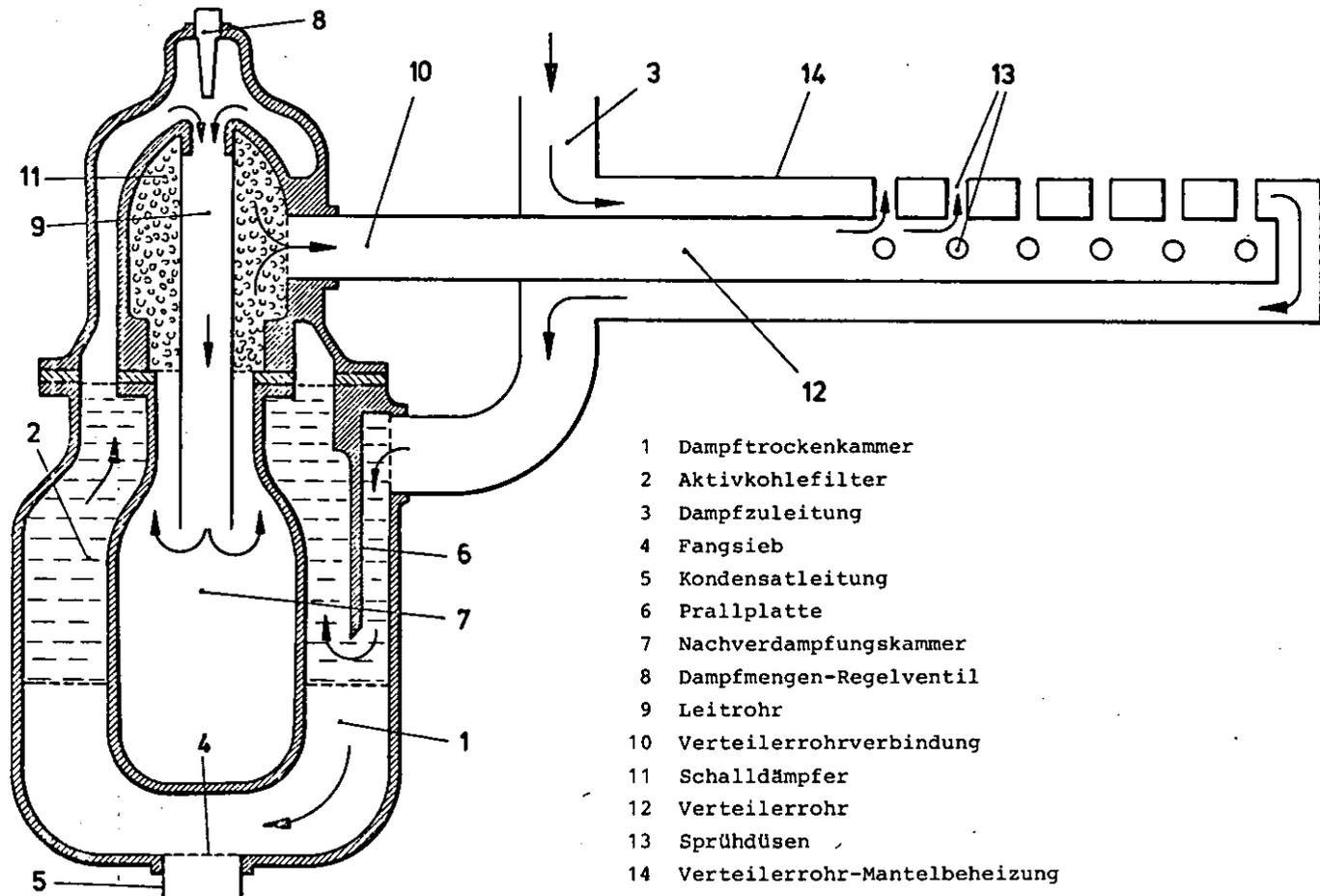
Da Hydrazin die Aufgabe und Eigenschaft hat, sich mit Sauerstoff zu verbinden, findet bei der Befeuchtung mit hydrazinhaltigem Dampf unmittelbar nach dem Dampfaustritt im Luftkanal eine Reaktion nach folgender Formel statt:



Es entstehen also harmlose Gase, die sowieso in der Luft und damit in den Klimaanlage sind. Das wurde schon in einem Gutachten des "Technischen Überwachungsverein Bayern" vom 23. Februar 1967 festgestellt.

Trotzdem wurde erwogen, für Befeuchtungszwecke überhaupt keinen Dampf mehr zuzulassen, bei dessen Herstellung Hydrazin verwendet wurde. Diese im Gelbdruck der DIN 1946 noch enthaltene Forderung ist inzwischen als überzogen fallengelassen worden. Ernsthafte Umweltschützer beschränken sich auf die Forderung, daß kein Hydrazin in die Atemluft gelangen darf. (Endgültige Fassung der DIN 1946 lt. Korrekturabzug).

Eine Möglichkeit, die Vorteile des Hydrazins für den Dampfkessel und die Rohrleitungen zu erhalten und gleichzeitig zu verhindern, daß auch nur Spuren dieses Mittels in die Atemluft gelangen können, besteht darin, den Dampf durch Aktivkohlefilter zu schicken. Die Aktivkohle wirkt katalytisch, d. h.



sie verändert sich selbst nicht und braucht auch nicht regeneriert zu werden. Man kann also durch Vorschalten eines Aktivkohlefilters den Dampf 100-%ig vom Hydrazin befreien, bevor er für die Dampfluftbefeuchtung verwendet wird. Solche Aktivkohleanlagen können zentral installiert werden, haben aber dann den Nachteil, daß die Leitungen von der Zentraleinheit bis zum Kondensatsammelgefäß nicht mehr geschützt sind.

Also lag der Gedanke nahe, das Aktivkohlefilter in den Luftbefeuchter zu integrieren. Das ist natürlich nur dort möglich, wo der Luftbefeuchter einen genügend großen Dampftrockenraum hat, welcher aufgrund seiner räumlichen Ausdehnung und der entsprechenden Aktivkohle-Füllmenge einen sicheren Kontakt zwischen Dampf und Aktivkohle garantiert.

Das Hygiene-Institut der "Johannes Gutenberg Universität" in Mainz übernahm die wissenschaftliche Untersuchung dieser Methode, und in den Schlußfolgerungen des Berichtes vom 14. März 1977 heißt es auszugsweise: "Erst bei ca. dem 200 000 fachen der üblichen Hydrazindosierung im Kesselwasser waren $1,6 \mu\text{g N}_2\text{H}_4/\text{m}^3$ in der konditionierten Luft nachweisbar, sofern der Dampf über das Aktivkohlefilter geleitet wurde."

Der komplette Untersuchungsbericht steht den interessierten Personen während der Fachtagung am Stand der Fa. ASA Horst Wieber GmbH, Bachstraße 118, 2800 Bremen, zur Verfügung. Das Verfahren wurde vom deutschen Patentamt unter der Offenlegungsschrift 2552633 vom 2. Juni 1977 geschützt und scheint die z. Zt. optimale Lösung der Hydrazinfrage in Krankenhäusern zu sein.

Horst Wieber
Bachstraße 118
2800 Bremen

Klimatisierung im Krankenhaus - ein Überblick

H. Loewer, Giessen/Karlsruhe

In praktisch allen Anwendungsfällen der Komfortklimatisierung hat die Klimatechnik die Aufgabe, optimale klimatische Verhältnisse zu schaffen für einen gesunden Menschen, der über ausreichende Abwehrkräfte gegen die in der Luft vorhandenen Mikroorganismen verfügt. Im Krankenhaus erhält die Klimatechnik eine zusätzliche Aufgabe, nämlich die der Beschleunigung des Heilungsprozesses bzw. der Verbesserung der Heilungsaussichten des kranken Menschen, der in seiner Widerstandskraft gegen Infektionen geschwächt ist. Das gilt ganz besonders für die Patienten in den Sterilbereichen des Krankenhauses.

Hier muß mit technischen Mitteln eine Verringerung der Keimzahl erreicht werden. Dabei wird sich der technische Aufwand den Anforderungen anpassen müssen, die auch innerhalb der verschiedenen Sterilbereiche eines Krankenhauses durchaus verschieden hoch sein können. Bei besonderen chirurgischen Eingriffen mit höchsten Anforderungen an die Keimfreiheit der Raumluft reichen die Möglichkeiten der konventionellen Klimatechnik nicht mehr aus. Besondere Techniken und Verfahren werden erforderlich.

Klimatisierungsverfahren und Anlagensysteme

Die außerordentlich strengen hygienischen Anforderungen bestimmen weitgehend die Wahl der Klimatisierungsverfahren und Anlagensysteme für die Sterilbereiche im Krankenhaus.

Der grundsätzliche Aufbau einer Klimaanlage für Sterilbereiche ist in Bild 1 dargestellt, in dem die wichtigsten Anlagenkomponenten zusammengestellt sind. Es handelt sich dabei um die erforderlichen Einrichtungen zur Bewegung, Reinigung, Erwärmung, Kühlung, Befeuchtung und Trocknung der Luft.

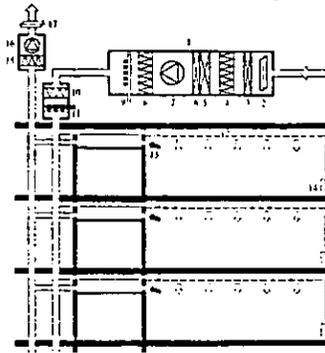


Bild 1. Prinzipschema einer Klimaanlage für Sterilbereiche (Werkbild)

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| 1 Klimaanlage | 10 HOSCH-Filter |
| 2 Außenluftklappe | 11 Dampf-Nachbefeuchter |
| 3 Vererhitzer | 12 Zuluft |
| 4 Vorfilter | 13 Abluft |
| 5 Kühler | 14 Heizkörper |
| 6 Lufterhitzer | 15 Abflütfilter |
| 7 Zuluftventilator | 16 Abluftventilator |
| 8 Feinstfilter | 17 Abluftklappe |
| 9 Dampfbefeuchter | |

Einige dieser Luftaufbereitungsstufen erfordern im Krankenhaus besondere Beachtung wegen der speziellen hygienischen Probleme:

Die Außenluftansaugung muß so erfolgen, daß nur Luft mit einer möglichst geringen Verunreinigung in die Anlage gelangen kann.

Die Filterung der Luft muß in mehreren Filterstufen erfolgen. Die letzte Filterstufe ist möglichst nahebei dem Zuluftauslaß einzubauen. Sicherheitsüberprüfungen am Filter sind erforderlich mittels Ölfadentests, Dichtsitz-Prüfeinrichtung und Filter-Widerstandsmessungen. Die Durchfeuchtung von Schwebstoff-Filtern ist zu vermeiden.

Die Luftbefeuchtung kann durch Wasser- oder Dampfeinspritzung durchgeführt werden. Die Wassereinspritzung im Luftwäscher bringt hygienische Probleme. Die vorzugsweise eingesetzte Dampfbefeuchtung muß jedoch auch nicht unbedingt problemlos sein.

Der Luftkühler ist wegen der feuchten Oberflächen ebenfalls in hygienischer Hinsicht zu beachten.

Luftführung im Raum

Die einwandfreie Funktion einer Klima-Anlage wird wesentlich von der Luftführung und Luftverteilung in den zu klimatisierenden Räumen be-

einflußt. Diese Grundregel der Klimatechnik gilt ganz besonders für Sterilbereiche, in denen von Personen und Einrichtungen ständig Keime ausgestreut werden. Hier genügt es also nicht, dem Raum keimfreie Luft zuzuführen, sondern durch geeignete Luftführung im Raum muß erreicht werden, daß der Keimpegel im Raum oder zumindest in bestimmten Bereichen des Raumes, z.B. im Operationsbereich, zulässige Grenzwerte nicht überschreitet.

Grundsätzlich werden bei der Klimatisierung von Sterilbereichen zwei Raumströmungsarten unterschieden, und zwar die turbulente Mischströmung und die aus der Reinraumtechnik bekannte turbulenzarme Verdrängungsströmung (Laminarströmung).

Die turbulente Mischströmung ist die in der Klimatechnik am meisten verbreitete Art der Luftführung im Raum, bei der die entstehenden Luftverunreinigungen schnell und gleichmäßig im gesamten Raumvolumen verteilt werden. Die Lüftungswirkung besteht dann in einem sog. Verdünnungseffekt. Diese Luftführung wird auch in Sterilbereichen angewendet, sofern die Ansprüche an die Keimfreiheit der Raumluft nicht extrem hoch sind.

Bei der turbulenzarmen Verdrängungsströmung (oder Kolbenströmung) bewegt sich die Luft auf parallelen Strombahnen, so daß die im Raum freigesetzten Verunreinigungen nicht in der Raumluft herumgewirbelt, sondern auf kürzestem Wege abgeschwemmt werden. Diese Art der Raumströmung ist geeignet für hochseptische OP-Bereiche, in denen dann stündliche Luftwechselzahlen bis zu etwa 600 erreicht werden und die gesamte Raumluft innerhalb von 6 Sekunden erneuert wird. Die Luftgeschwindigkeit beträgt im Mittel etwa 0,45 m/s mit einer maximalen Abweichung von $\pm 0,1$ m/s.

Dabei bestehen im Prinzip zwei Möglichkeiten der Luftführung im Raum: Die Querstrom- und die Fallstrom-Luftführung (Bild 2 und 3).

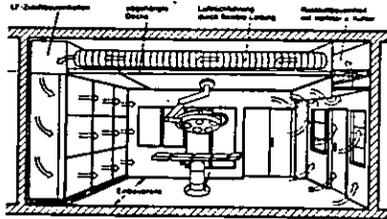


Bild 2 Querstrom-Luftführung mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung in einem Operationsraum (Werkbild CEAG)

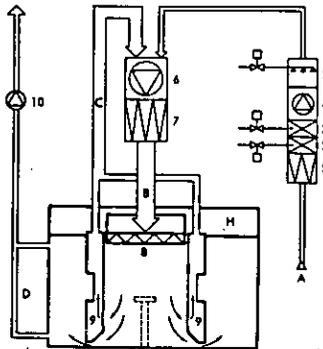


Bild 3 Fallstrom-Luftführung mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung für eine OP-Kabine

Um bei derartig aufwendigen Lüftungssystemen die Partikel- und Keimabgabe der Kopfpartien aller an einer Operation Beteiligten von der Lüftungsanlage mit zu erfassen, wurden Helmsysteme entwickelt, die an eine Atemluft-Absauganlage angeschlossen werden.

Betrieb und Wartung der Klimaanlage

Aufgrund der besonderen Betriebsbedingungen sind folgende Punkte bei einer regelmäßigen Überwachung und Wartung zu beachten:

- 1) Wartung der Anlagen nach VDMA 24 186
- 2) Durchgehender Betrieb aller Klimaanlage
- 3) Druckhaltung (Über- oder Unterdruck)
- 4) Einregulierung und laufende Nachregulierungen

- 5) Filterüberwachung und Filterwechsel
- 6) Überwachung der Befeuchtungseinrichtung und Kühler
- 7) Überprüfung, Reinigung und Desinfektion des Kanalsystems
- 8) Überprüfung der Anlage mit bakteriologischen Meßmethoden

Für den Krankenhaus-Betriebsingenieur stellt die Wartung der Klimaanlage eine überaus verantwortungsvolle Aufgabe dar.

Normen und Richtlinien

Die im Mai 1963 erstmalig erschienene Norm DIN 1946 Blatt 4 "Lüftung in Krankenanstalten" wurde in den Jahren 1972 und 1973 völlig neu bearbeitet und im Juni 1974 als Gelbdruck veröffentlicht. Es ist zu erwarten, daß dieses Normblatt in Kürze in leicht abgewandelter Form vom Entwurf verabschiedet werden wird. - Im Mittelpunkt dieser Norm steht die hygienische Forderung, daß die Lüftungstechnische Anlage nicht zur aerogenen Keimverbreitung beitragen darf.

Auf die Schweiz. "Richtlinien für Bau, Betrieb und Überwachung von Lüftungstechnischen Anlagen in Spitälern" wird hingewiesen.

Außerdem sind die VDI-Richtlinien 2083 "Reinraumtechnik" Blatt 1 und 2 zu beachten.

Wärmerückgewinnung

Wärmerückgewinnungsanlagen werden in klimatechnischen Anlagen mit dem Ziel eingesetzt, einen wirtschaftlicheren Energieeinsatz zu erreichen. Dabei müssen selbstverständlich die Anlagekosten der Wärmerückgewinnung in einem angemessenen Verhältnis zu den Energiekosteneinsparungen stehen, wobei die Betriebszeit der Anlage ein wesentliches Bewertungskriterium darstellt. In einem Krankenhaus (mit praktisch durchgehendem Betrieb der Klimaanlage) läßt sich sicher eine schnellere Amortisation als in einem Verwaltungsgebäude erreichen.

Nach VDI 2071 "Wärmerückgewinnung" gibt es für die Energierückgewinnung neben dem Vorgang des reinen Wärmeaustausches, der rekuperativ oder regenerativ erfolgen kann, auch zusätzlich den Vorgang

des kombinierten Wärme- und Feuchtigkeitsaustausches. Weiterhin kann der Wärmeaustausch durch Erhöhung des Energieniveaus mit Hilfe von Wärmepumpen unterstützt werden.

Anspruchsvollere Techniken der Energieumwandlung und mehrfachen Energieverwendung und eine immer engere Verzahnung von bautechnischen, bauphysikalischen und energietechnisch/energiewirtschaftlichen Fragen bieten auch für die Klimatechnik Möglichkeiten eines wirtschaftlichen Energieeinsatzes, stellen aber gleichzeitig eine Ingenieuraufgabe dar, die eine spezialisierte Ausbildung und regelmäßige Fortbildung erfordert.

Dr.-Ing. Harald Loewer
Professor an der Fachhochschule Giessen
Fachbereich Technisches Gesundheitswesen

Wiesenstr. 14
6300 Lahn - Giessen 1

Reinhold-Schneider-Str.135
7500 Karlsruhe 51

Brandschutz für raumluftechnische Anlagen

Von H.-G. Klingelhöfer, Dortmund

1. Einführung

Mit der steigenden haustechnischen Entwicklung und mit der Verbreitung von Lüftungsanlagen sind in der Vergangenheit auch die Brandschäden gestiegen, bei denen solche Anlagen eine Rolle gespielt haben. Dabei fand vielfach eine Brandweiterleitung durch brennbare Kanäle statt; bei einer Reihe von Schäden wurde der Brand jedoch durch Leitungen aus nichtbrennbaren Stoffen übertragen. Kennzeichnend dabei war häufig eine außerordentlich große Geschwindigkeit, so daß die Zeit für Rettungs- und Löscharbeiten stark verkürzt wurde.

2. Bauaufsichtliche Anforderungen

2.1 Eine Analyse typischer Brandschäden zeigte, daß die früher in den Bauordnungen der Bundesländer enthaltene Forderung nach feuerbeständigen Wänden für Lüftungsschächte offensichtlich nicht ausreicht, um das vorhandene Risiko abzudecken. Die Neufassungen der Bauordnungen fassen daher die brandschutztechnischen Anforderungen an Lüftungsanlagen weiter, indem sie fordern, daß Lüftungsanlagen so beschaffen sein müssen, daß Feuer und Rauch nicht in andere Geschosse oder Brandabschnitte übertragen werden dürfen - d.h. die Gesamtkonzeption einer Lüftungsanlage muß in die brandschutztechnische Betrachtung einbezogen werden.

Da die vorhandenen Prüfmöglichkeiten nicht ausreichen, die vielfältigen in der Praxis vorkommenden Anlagenkombinationen zu untersuchen, beschränkt sich die Norm DIN 4102 Teil 6, in der die Prüfungen geregelt sind, auf die Untersuchung von Einzelheiten einer Lüftungsanlage und überläßt die Beurteilung der kompletten Anlagen einer neu erarbeiteten "Bauaufsichtlichen Richtlinie über die brandschutztechnischen Anforderungen an Lüftungsanlagen in Gebäuden". Diese Richtlinie, die als Fassung Februar 1977 durch die Fachkommission Bauaufsicht verabschiedet wurde (den Bundesländern zur Einführung empfohlen) und in den "Mitteilungen des Instituts für Bautechnik" abgedruckt ist, stellt das Ergebnis von detaillierten Ri-

sikobetrachtungen dar, die im Zuge intensiver Fachdiskussionen und Grundlagenuntersuchungen angestellt wurden.

Sie bildet zusammen mit der Neufassung der Norm DIN 4102 Teil 6 und den zugehörigen Prüfgrundsätzen ein geschlossenes Konzept - bis auf einzelne offene Probleme, an deren Lösungen gearbeitet wird -. Es lohnt sich daher diese Richtlinien in ihren Grundzügen zu erläutern.

2.2 Zunächst werden die Anforderungen an die Baustoffe für Lüftungsleitungen behandelt. Nach den Bauordnungen der Bundesländer, müssen Lüftungsleitungen aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt werden; brennbare Baustoffe können gestattet werden, wenn Bedenken wegen des Brandschutzes nicht bestehen.

Die Richtlinie definiert zunächst einmal, daß hier unter dem Begriff Lüftungsleitungen sämtliche von Luft durchströmte Leitungsteile (einschließlich Schalldämpfern, Ventilatoren und Klappen) zu verstehen sind. Als Bestandteil der Lüftungsleitung - und damit unter die Brennbarkeitsanforderungen fallend - sind auch Dämmschichten und Dampfsperren sowie andere Verkleidungen anzusehen.

Ausnahmen von dem Regelfall (Leitungen aus nichtbrennbaren Baustoffen) sind unter keinen Umständen zulässig bei Treppenträumen und Fluren (Fluchtwegen), bei Leitungen über Unterdecken mit brandschutztechnischer Funktion, bei Warmluftleitungen mit Lufttemperaturen über 85 °C und bei Leitungen, in denen sich in besonderem Maß brennbare Ablagerungen bilden können (z.B. Küchenabluft).

Bedenken gegen die Verwendung schwerentflammbarer Baustoffe (Klasse B 1, DIN 4102) bestehen nicht bei Leitungen, die keine Wände oder Decken durchqueren, an die Anforderungen bezüglich der Feuerwiderstandsfähigkeit gestellt werden bzw. wenn am Durchtritt von Leitungen durch solche Wände Absperrvorrichtungen eingebaut sind. Ferner bestehen keine Bedenken gegen die Verwendung von schwerentflammbaren Baustoffen für die innere Schale von Leitungen, die selbst der geforderten Feuerwiderstandsklasse entsprechen.

Bedenken gegen die Verwendung normalentflammbarer Baustoffe (Klasse

B2, DIN 4102) bestehen nicht bei Dichtmitteln an den Verbindungsstellen von Leitungen sowie bei äußeren Dampfsperren und Folien - diese dürfen jedoch nicht durch feuerwiderstandsfähige Wände oder Decken hindurchgeführt werden. Als unbedenklich gelten ferner normalentflammbare Baustoffe für kleinere Teile wie Bedienungsgriffe, elektrische und pneumatische Steuerleitungen, die außen an Lüftungsleitungen verlegt werden.

2.3 Die Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit von Leitungen sind entsprechend der Gebäudehöhe festgelegt. (Tafel 1).

Tafel 1: Geforderte Feuerwiderstandsdauer

Gebäude	Feuerwiderstandsdauer
Mit 3 bis 5 Vollgeschossen	30 Minuten
Mit mehr als 5 Vollgeschossen außer Hochhäusern	60 Minuten
Hochhäuser	90 Minuten
Hohe Hochhäuser	120 Minuten für Lüftungsleitungen 90 Minuten für Absperrvorrichtungen
Sofern Brandabschnittsbegrenzungen durchquert werden	mindestens 90 Minuten

2.4 Detaillierte Anforderungen widmen sich der Installation der Lüftungsanlagen.

Da im Brandfall durch die Abluftleitungen heiße Brandgase und Rauch abgesaugt werden, sind zum Schutz gegen Brandübertragung Sicherheitsabstände von brennbaren Fassadenbaustoffen und Fenstern festgelegt, die eingehalten werden müssen, wenn an den Austrittsöffnungen keine Klappen eingebaut werden. Der Schutz der Ansaugöffnungen

für die Zuluft, muß entweder durch ihre Lage oder durch rauchgesteuerte Klappen gewährleistet werden. Im Einzelfall kommt hierzu auch eine geschoßweise Abschaltmöglichkeit der Lüftungsanlage in Betracht, die jeweils an gut sichtbaren Stellen anzuordnen ist. Die Verlegung von Lüftungsleitungen in Schächten ist nur dann zulässig, wenn diese Schächte außer den zur Lüftungsanlage gehörenden Einrichtungen höchstens Leitungen für Wasser, Wasserdampf bis 110 °C, Druckluft oder Abwasser - jeweils aus nichtbrennbaren Baustoffen - enthalten.

Um zu verhindern, daß brandgasfördernde Lüftungsleitungen durch ihre thermische Längenausdehnung andere Bauteile zerstören, sind entweder bei der Installation entsprechende Dehnungsmöglichkeiten oder Kompensatoren vorzusehen oder die Leitungen müssen durch Wände frei verschieblich hindurchgeführt werden. Lediglich bei Decken haben die bisherigen Brandversuche gezeigt, daß bei den üblichen Ausführungen die aus thermischer Längendehnung hervorgerufenen Kräfte auch bei fester Einspannung ohne Schaden aufgenommen werden können.

2.5 In weiteren Abschnitten sind Bestimmungen zur Ausführung von Lüftungszentralen - insbesondere, wenn sich in ihnen brennbare Leitungen oder Ventilatoren befinden - enthalten. Die umfassen u.a. auch Anforderungen an die Ventilatoren selber, an Lufterhitzer, Wärmerückgewinnungsanlagen, Filter, Befeuchter usw.

2.6 Im Anhang der Richtlinie sind in einzelnen Bildern Anlagensysteme dargestellt mit den jeweils zugehörigen brandschutztechnischen Maßnahmen.

3. Prüfverfahren

3.1 Bezüglich der Prüfverfahren zur Ermittlung der Brennbarkeitsklasse der Baustoffe wird auf die Norm DIN 4102 Teil 1 verwiesen. Auf ihre Erläuterung wird hier verzichtet, da es sich einerseits um bereits seit langem im Bauwesen bekannte Prüfverfahren handelt und andererseits der Nachweis der Brennbarkeitsklasse des jeweiligen Baustoffes in der Regel durch den Materialhersteller selber geführt wird, so daß der Lüftungstechniker auf vorhandene Unterlagen zu-

rückgreifen kann.

3.2 Bei der Prüfung der Leitungen sieht die Norm DIN 4102 Teil 6 sowie die zugehörigen Prüfgrundsätze die Prüfung von Einzelteilen vor. Nach den Erfahrungen aus früheren Versuchen wurde jedoch festgelegt, daß diese Einzelteile für die Versuche in Originalgröße praxisgerecht zu Leitungen zusammengefügt und in den Brandversuchsstand eingebaut werden müssen. Senkrechte Leitungen werden durch die Decken des Versuchshauses geführt, waagerechte Leitungen selbstverständlich unter Einbeziehung der verschiedenen richtungsändernden oder verzweigenden Formstücke mit praxisgerechter Befestigung an der Decke durch den Brandraum und den danebenliegenden Beobachtungsraum geführt.

Die Brandbeanspruchung der Leitungen erfolgt nach einer international genormten Zeit-Temperatur-Kurve, die ein vollentwickeltes Schadensfeuer nachahmt. Wegen ihres Einflusses auf das Brandverhalten werden die Lüftungstechnischen Betriebszustände in zyklisch wiederkehrenden Versuchsabschnitten simuliert. Die ersten 20 Minuten lang wird ein Ventilator eingeschaltet, der im Innern der Leitungen eine Strömungsgeschwindigkeit von 3 m/s erzeugt, so daß die Leitungen eine hohe thermische Belastung von innen her erfahren; von der 20. bis zur 30. Minute wird bei stillstehendem Ventilator ein Überdruck im Innern der Leitung gegenüber dem Umgebungsdruck erzeugt, so daß undichte Stellen festgestellt werden können.

Zur Beurteilung der Gefahr einer Brandübertragung werden Beobachtungen über die Standsicherheit der Leitungen sowie über Zerstörungen an den Wand- bzw. Deckendurchführungen gemacht. An den Außenseiten der Leitungen werden Oberflächentemperaturmessungen vorgenommen - die Temperatur darf dort im Mittel um nicht mehr als 140 K , an keiner Stelle mehr als 180 K ansteigen. An den Zungen zwischen Leitungsgruppen darf die Oberflächentemperatur in der nicht vom Brandgas durchströmten Leitung nicht mehr als 300 K betragen. Eine Beurteilung der Rauchübertragung ist mit dem derzeitigen Versuchsvorgehen nur dann möglich, wenn die Leitung selbst infolge thermischer Zersetzung Rauch entwickelt. Verbesserungen der Prüfmethode in dieser Hinsicht sind erforderlich. Bei waagerechten Leitungen

wird festgestellt, ob die freie Verschieblichkeit in dem Wanddurchbruch gewährleistet ist. Hierzu wird im Bereich der Wanddurchführung eine Hilfswand über Kraftmeßdosen gegen ein Widerlager verspannt, so daß festgestellt werden kann, ob die von der Leitung in die Wand eingeleiteten Kräfte das zulässige Maß von 1 kN nicht übersteigen.

Entsprechend der Zeitdauer, während der die Leitungen die gestellten Anforderungen erfüllen, werden sie in die Klassen L 30, L 60, L 90 bzw. L 120 eingestuft. Inzwischen liegen für Leitungen aus Stahlblech mit Mineralfaserisolierung relativ umfangreiche Untersuchungsergebnisse vor, die eine Verallgemeinerung erlauben. In DIN 4102 Teil 4 werden daher Standardlösungen beschrieben, für die eine Prüfpflicht entfällt. Für andere Leitungsbauarten ist der Nachweis der Feuerwiderstandsfähigkeit durch ein Prüfzeugnis einer anerkannten Prüfanstalt zu führen.

3.3 Ein Prüfzeugnis einer Prüfanstalt ist jedoch nicht ausreichend zum Nachweis der Eignung von Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen. Hierzu ist ein Prüfbescheid des Instituts für Bautechnik in Berlin erforderlich. Für eine Reihe von Absperrvorrichtungen der verschiedensten Bauarten liegen inzwischen Prüfbescheide vor, die auf der Grundlage von praktischen Untersuchungen erteilt wurden. Auch diese Klappen werden bei der Untersuchung ihres Brandverhaltens praxisingerecht eingebaut - Klappen im Zuge senkrechter Leitungen in Decken, Klappen im Zuge waagerechter Leitungen entweder in Wänden oder außerhalb von Wänden im Verlauf der Leitungen. Um ihre Absperrfunktion im Brandfall nachzuweisen, werden die Brandversuche mit geöffneten Klappen begonnen - sie müssen sich im Zuge der Versuche innerhalb kürzester Frist (in der Regel in weniger als 0,5 Minuten) selbsttätig schließen.

Die Beanspruchung erfolgt wie bei den Leitungen nach der genormten Zeit - Temperatur-Kurve DIN 4102. Die Anforderungen wurden analog denen für Leitungen bzw. andere raumabschließende Bauteile mit brandschutztechnischer Funktion aufgestellt. Wegen des geringeren Risikos gelten jedoch bezüglich der Oberflächentemperaturen auf der vom Feuer abgekehrten Seite bei Absperrvorrichtungen, an die Leitungen aus nichtbrennbaren Baustoffen angeschlossen werden, abgemilderte Anfor-

derungen.

Neben den Brandversuchen werden an diesen Absperrvorrichtungen auch Dichtheitsuntersuchungen zum Nachweis der sehr strengen diesbezüglichen Forderungen angestellt. Für die Auslöseglieder - entweder auf Temperatur oder auf Rauch ansprechend - werden zusätzliche Untersuchungen über die Ansprechempfindlichkeit gefordert, mit denen nachzuweisen ist, daß die Auslösung auch bei sich langsamer entwickelnden Bränden (Schwelbränden) wirksam sind.

Literaturhinweis

- Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen -Landesbauordnung- (BauO NW) in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Januar 1970 (GV 1970, S 96) sowie Zweites Gesetz zur Änderung der Landesbauordnung vom 15. Juli 1970 (GV 1976, S 264)
- Richtlinien für die Verwendung brennbarer Baustoffe im Hochbau, Rd Erl. d. Innenministers NW vom 4.2.1972, Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, Jahrgang 1972, S 452
- Bauaufsichtliche Richtlinie über die brandschutztechnischen Anforderungen an Lüftungsanlagen in Gebäuden (Musterentwurf); Mitteilungen des Instituts für Bautechnik, 8. Jahrgang, Nr. 5, 1. 10. 1977
- DIN 4102, Teil 1, Teil 2, und Teil 6 (jeweils Fassung Sept. 1977)
- Bau- und Prüfgrundsätze für Absperrvorrichtungen gegen Feuer und Rauch in Lüftungsleitungen, Fassung Dezember 1971, Mitteilungen des Instituts für Bautechnik, 5. Jahrgang, Nr. 2, 1. April 1974

Oberregierungsrat Dipl.-Ing. Klingelhöfer
i. Staatlichen Materialprüfungsamt NW
Marsbruchstraße 186
4600 Dortmund 41

Deutsche Vorschriften, Richtlinien und Erlasse über den Bau, den Betrieb und die Überwachung von raumlufotechnischen Anlagen im Krankenhaus
von H. Börner

Unter raumlufotechnischen Anlagen im Krankenhaus sollen im Sinne dieser Veranstaltung die Anlagen verstanden werden, die zur Erfüllung der spezifischen Aufgaben des Krankenhauses in den Bereichen der Diagnose und der Therapie eingesetzt werden. Die zahlreichen anderen raumlufotechnischen Anlagen im Krankenhaus werden nur insoweit angesprochen, als sie im Sinne dieser Ziele beeinflußt bzw. wegen ihres Zusammenwirkens mit den krankenhausspezifischen Anlagen angesprochen werden müssen.

Die hier zu behandelnden öffentlich-rechtlichen Anforderungen an Bau, Betrieb und Überwachung raumlufotechnischer Anlagen in Krankenhäusern leiten sich her aus dem Bereich an der Gesundheitsaufsicht, der Bauaufsicht und des Arbeitsschutzes nach Festlegungen der Gewerbeaufsicht und der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung.

Die schriftliche Fixierung besonderer technischer Anforderungen ist mit Rücksicht auf den raschen Fortschritt der Technik gerade auf diesem Gebiet u.a. auf die Festlegung der (Schutz)-Ziele beschränkt.

Die Erarbeitung weitergehender Anforderungen u.a. als "Regeln der Technik" bleibt den Selbstverwaltungsgremien aus Technik und Wirtschaft überlassen z.B. dem DIN. Soweit solche "Regeln der Technik" vorhanden sind, werden sie fast ausnahmslos von den verschiedenen Aufsichtsgremien bei der Beurteilung raumlufotechnischer Anlagen im Einzelfall als Beurteilungsmaßstab herangezogen.

Als öffentlich-rechtliche Rahmenvorschrift aus dem Bereich der Gesundheitsaufsicht ist hier zu nennen die Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen (Bundesgesundheitsblatt 1976, S. 1). Diese Richtlinie wird im

Bedarfsfall durch Runderlasse ergänzt.

Im bauaufsichtlichen Bereich wurde von der Fachkommission Bauaufsicht der ARGBAU, in welcher die Bundesländer vertreten sind, unter Mitwirkung u.a. der Arbeitsgemeinschaft der leitenden Medizinalbeamten eine Musterverordnung für bauaufsichtliche Anforderungen an Krankenhäuser erarbeitet. Der Inhalt dieser Musterverordnung dürfte inzwischen in allen Ländern bekanntgegeben worden sein bzw. seine Bekanntgabe unmittelbar bevorstehen. Dabei wurde und wird teilweise die zwingende Form der Verordnung teilweise die Form der bauaufsichtlichen Richtlinie (wie z.B. in Niedersachsen beabsichtigt) gewählt.

Im eigentlichen Bereich des Arbeitsschutzes besteht aus dem Jahre 1968 in den "Grundsätzen für die Arbeitssicherheit in Operationseinrichtungen" eine Abhandlung, in welcher relativ knapp auf die Auslegung von raumluftechnischen Anlagen für Operationseinrichtungen eingegangen wird.

Als wichtigste Regel der Technik gilt DIN 1946, Teil 4 - Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern -. Die Neuausgabe für die Fassung Mai 1963 ist bereits Juni 1974 im Entwurf erschienen. Nach einer gewissen Überarbeitung des Entwurfs und zahlreichen Beratungen ist nunmehr für April oder Mai d.J. mit der Herausgabe des Weißdrucks zu rechnen.

Es muß davon ausgegangen werden, daß DIN 1946, Teil 4, die dem Stand der Technik entsprechenden Anforderungen an raumluftechnischen Anlagen in Krankenhäusern in allen zur Errichtung der Anlagen notwendigen besonderen Einzelheiten enthält.

Hinsichtlich der Anforderungen an die Errichtung raumluftechnischer Anlagen im Krankenhaus stützen sich die vorgenannte "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen" ausdrücklich und die "Musterkrankenhausverordnung" hinsichtlich ihrer Zielsetzung auf DIN 1946, Blatt 4. So sieht die Musterkrankenhaus-Verordnung z.Z. vor,

daß "insbesondere Lüftungstechn. Anlagen eingebaut werden müssen, wenn

1. eine ausreichende Erneuerung der Raumluft durch Fenster nicht möglich ist,
2. bestimmte Raumluftzustände erforderlich sind
3. schädliche Stoffe aus der Raumluft zu beseitigen sind"

Es werden außerdem die Anforderungen hinsichtlich der Keimarmut an die Zukunft der Aseptischen Bereiche genannt und die Verhinderung unerwünschter Luftaustausches zwischen verschiedenen Operationseinheiten gefordert.

Darüber hinaus wurde bei Erlaßregelungen zum Bau raumluftechnischer Anlagen in Krankenhäusern aus hygienischer und fiskalischer Sicht DIN 1946, Bl. 4, als Planungsrichtlinie aufgenommen.

Der als Beispiel für vergleichbare Verwaltungsanweisungen anderer Länder zu nennende Runderlaß des Niedersächsischen Sozialministers und des Niedersächsischen Ministers für Wirtschaft und Verkehr vom 12.05.75 (Nds. MBl. S. 666) stützt sich ebenfalls auf DIN 1946, Teil 4, ab und gibt darüber hinaus weitere Hinweise zur Programmierung, Planung, Bauleitung, Abnahme und Übergabe sowie für Betrieb und Wartung solcher Anlagen.

(Da der Weißdruck von DIN 1946, Blatt 4, zu Redaktionsschluß noch nicht vorlag, wird erst im Vortrag auf die dort enthaltenen Programm-, Planungs- und Ausführungsvorgaben unter Hinweis auf wesentliche Neuerungen eingegangen.)

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Betriebs- und Funktionssicherheit des Betriebes raumluftechnischer Anlagen werden vor allem aus bauaufsichtlicher Sicht konkrete Anforderungen an die regelmäßige Überprüfung gestellt:

Nach der v.g. Musterkrankenhausverordnung werden regelmäßige Überprüfungen in Zeitabständen von höchstens 3 Jahren durch einen Sachverständigen vorgeschrieben. *

In einem Runderlaß des Niedersächsischen Sozialministers -Gesundheitsaufsicht- werden detaillierte Vorschläge zur bakteriologischen Überprüfung von Operations- und sonstigen Bereichen in Krankenhäusern mit hohen und besonders hohen Anforderungen an die Keimarmut gemacht. Dabei werden das Maßverfahren, die Meßorte, die Mindestluftentnahme je Untersuchung, die Wertung der Keimzahlen sowie die Untersuchungsabstände festgelegt. Es wird darauf hingewiesen, daß bei vorhandenen Luftwäscheanlagen auch das Waschwasser bakteriologisch überprüft werden muß, während bei Dampfbefeuchteranlagen zu gewährleisten ist, daß der verwendete Dampf frei von flüchtigen Korrosionsschutzmitteln, wie z.B. Hydrezin, ist.

Bei der Wertung der Keimzahlen wird gefordert, daß in den Zuluftkanälen raumluftechnischer Anlagen keine meßbare Keimkonzentration der Zuluft vorliegen darf. Bei Messungen am oder vor dem Luftgitter werden Werte der Keimzahl genannt, die auf jeden Fall unter 70 Keimen pro m^3 liegen müssen.

Der o.g. Runderlaß des Niedersächsischen Sozialministers und des Nds. Wirtschaftsministers vom 12.05.75 sind neben Hinweisen zur Bauleitung, Abnahme und Übergabe, die u.a. auch Anforderungen an die mit der Abnahme beauftragten Personen enthalten, konkrete Vorschläge zu Betrieb und Wartung gemacht worden. Der Erlaß enthält u.a. Formblätter für die Überwachungs- und Wartungsarbeiten an den einzelnen Bauteilen der Anlagen, gestaffelt nach den Abständen der jeweils durchzuführenden Arbeiten.

* Als Sachverständige gelten die Sachverständigen der zuständigen TÜV und die von der obersten Fachaufsicht anerkannten Personen

Es wird davon ausgegangen, daß die genannten Bestimmungen, ohne unnötige Reglementierung der Entscheidungsfreiheit des Planers, des Anlagenbauers und des Betreibers, dazu beitragen, in den Krankenhäusern Raumlufthverhältnisse zu schaffen, die den Zielen dieser Einrichtungen im Bereich der Diagnose und Therapie zuverlässig dienen.

Baudirektor Dr.-Ing. H. Börner
Wirtschaftsministerium
Landschaftsstraße 5
3000 Hannover

SCHWEIZERISCHE RICHTLINIEN FÜR LÜFTUNGSTECHNISCHE
ANLAGEN IN SPITALERN

Von Dr. Ing. W. Ziembra
Dozent für Klimatechnik an der
ETH, Zürich.

In der Schweiz besteht die Tendenz nicht Normen, nicht Regeln, sondern Richtlinien aufzustellen. Das gilt besonders für die Gebiete der Lüftungs-, Heizungs- und Sanitärtechnik.

Bei den Richtlinien besteht kein gesetzlicher Zwang diese zu befolgen, dafür liegt auf den Erstellern der Anlagen umso grössere Verantwortlichkeit. Die Empfehlungen geben ihnen die entsprechenden Angaben, die dem Stand der Technik angepasst sind.

Das in der Schweiz von einer Gruppe der

Mikrobiologen,
Hygienikern,
Klimaingenieuren,
Architekten und
Erstellern von Klimaanlage

und im Namen des

Institutes für Hygiene und Arbeitsphysiologie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH)

Schweizerischen Vereins von Wärme- und Klimaingenieuren (SWKI)

Verbandes Schweizerischer Heizungs- und Lüftungsfirmen (VSHL)

Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins (SIA)

Schweizerischen Krankenhausinstitutes (SKI)

der Schweizerischen Gesellschaft für Reinraumtechnik (SRRT)

vorbereitete Arbeitspapier trägt die Bezeichnung

"Richtlinien für Bau, Betrieb und Überwachung von lüftungstechnischen Anlagen in Spitalern."

Als Grundlage und Ausgangspunkt hat die Arbeitsgruppe die Deutsche Norm DIN 1946, Blatt 4 (Lüftung in Krankenanstalten) Entwürfe 2 und 3 gewählt. Man findet dadurch viele Parallelen in den schweizerischen Richtlinien zu den DIN Lüftungsregeln.

1. Aussenluft, Fortluft

In der Regel wird im Krankenhaus nur der Aussenluftbetrieb zugelassen. Bei den Raumklassen

Klasse I: Räume mit Keimpegel unter 10 Keimen pro m^3 Raumluft
(Richtwert)

Klasse II: Räume mit Keimpegel unter 200 Keimen pro m^3 Raumluft
(Richtwert)

würde diese Vorschrift zu unerhört grossen Aussenluftströmen führen. Für diese Räume ist die Umluftbeimischung zugelassen, sofern folgende Bedingung erfüllt wird:

Zumischung der Umluft aus der gleichen Raumart vor der zweitletzten Filterstufe.

Als 3. Filterstufe wird ein Schwebstofffilter Qualität S 3 verlangt.

Der Aussenluftstrom kann in diesen Fällen auf ein Minimum gemäss der Tabelle 1 der Richtlinien reduziert werden.

Zu den genannten Raumklassen gehören zum Beispiel folgende Räume:

Raumklasse I: bis 10 Keime pro m^3 Raumluft (Richtwert)

OP-Räume für

Transplantationen

Herzoperationen

Gelenk- und Knochenoperationen

plastische Operationen usw.

Bettenräume für Spezialzwecke, wie

Immunsuppressionen

Leukämiebehandlung

Verbrennung usw.

Speziallaboratorien, wie

Serumabfüllung

Herstellung von Transfusionsflüssigkeiten usw.

Raumklasse II: bis 200 Keime pro m^3 Raumluft (Richtwert)

Aseptische und septische OP=Räume, sofern sie nicht zu der Klasse I gehören

Unfall Op

Aufwachsräume

Frühgeburten und Perinatologie

Gipsräume

Intensivpflege

Sonstige Räume und Flure aller Op Abteilungen.

Da wir angenommen haben, dass die Richtlinien nicht nur von den Klimatechnikern gelesen werden, haben wir einige Hinweise auf die Anordnung der Aussenluft-Ansaugstutzen und der Fortluftstutzen gegeben (Bilder 1 und 2).

2. Luftbefeuchtung

In der Frage des Luftbefeuchtungssystems ist man bis heute un-
schlüssig. Aus diesem Grunde ist die Empfehlung so gestaltet,
dass sie sowohl für Dampf- wie für Wasserbefeuchtung Gültigkeit
hat.

Bei Dampfbefeuchtern ist die Verwendung von H y d r a z i n und
anderen K o r r o s i o n s s c h u t z m i t t e l n nicht zu-
gelassen. Der Bildung von Kondensattröpfchen ist durch geeignete
Massnahmen zuvorzukommen.

Bei Wasserbefeuchtern ist die Verwendung von verschiedenen,
schädlichen Zusatzmitteln ebenfalls unzulässig.

Im Krankenhaus soll nach den Befeuchtern mindestens noch eine
Filterstufe nachgeschaltet werden.

3. Ubrige Teile der Lüftungsanlage

Wie sind die Luftherhitzer und Luftkühler einzubauen, welches Ma-
terial darf bei Schalldämpfern und Kanälen verwendet werden, wie
gross die zulässige Undichtheit der Kanäle sein darf (bei 400 P
 $V = 0,5 m^3/h$), erfährt man aus den Richtlinien. Gleichzeitig
wird durch ein Schema (Bild 3) gezeigt, wie man die Luftführung
über Hohlräume gestalten soll. Die Filterarten, die zu verwenden
sind, werden in der Gesamttabelle 1 angegeben. Die Qualitätsbe-
zeichnung richtet sich nach SWKI-Richtlinien:

- G Grobstaubfilter mit 3 Abscheidungsgrad-Stufen
- F Feinstaubfilter mit 3 Abscheidungsgrad-Stufen
- S Schwebstofffilter mit 3 Abscheidungsgrad-Stufen.

Es wird je nach Raumbestimmung eine 2- oder 3-stufige Filteranordnung empfohlen. Dabei wird selbstverständlich die 2. und die 3. Filterstufe druckseitig angeordnet.

Bei den Schwebstofffiltern ist die Dichtheitsfrage des Filterrahmens von grosser Bedeutung. Die Richtlinien empfehlen hier eine Prüfmöglichkeit für die Leckfreiheit des Dichtung einzubauen (z.B. Prüfrille Bild 4).

Für alle Teile, aber insbesondere für Luftauslässe und Lufteinlässe gilt folgender Grundsatz:

- leichte Reinigung
- Vermeidung von Staubablagerung
- Desinfektionsmöglichkeit.

4. Raumluftwechsel, Druckhaltung, Strömungsarten

Unter Raumluftwechsel versteht man das Verhältnis zwischen den zu- und abgeführten Luftvolumenströmen pro Stunde und dem Rauminhalt. So sprechen wir von

Aussenluftwechsel, Zuluftwechsel, Abluftwechsel usw.

Führt man dem Raum mehr Zuluft zu als Abluft abgeführt wird, so sprechen wir vom Überdruck.

Die Richtlinien geben Auskunft über die notwendige Überdruck- oder Unterdruckhaltung. Ein schematisches Beispiel ist im Bild 5 gezeigt.

Sehr wichtig ist das Verständnis der aerodynamischen Vorgänge im Räume. Wir unterscheiden zwischen:

- turbulenzarmer Verdrängungsströmung, die insbesondere für die Raumklasse I benötigt wird (Bild 6) und
- turbulenter Mischströmung, die für die Raumklasse II bis V angewendet wird (Bild 7).

5. Wärmerückgewinn

Sowohl bei der Gestaltung der VDI-Norm 1946, Blatt 4, wie auch

bei den schweizerischen Richtlinien spielt die Frage des Wärmehückgewinnes eine grosse Rolle. Nachdem wir den Aussenluftbetrieb fordern, entsteht ein grosser Verlust durch Enthalpie der Fortluft. Um die Betriebskosten zu senken, greift man zu verschiedenen Ruckgewinnsystemen.

Während bei den rekuperativen Systemen keine direkte Verbindung zwischen Aussen- und Fortluft besteht (Dia 8), bringt das regenerative System (Dia 9) die Möglichkeit einer kleinen Vermischung des Aussen- und des Fortluftstromes. Bei rekuperativen Systemen soll für absolut einwandfreie Dichtheit zwischen der Aussen- und der Fortluftseite gesorgt worden.

Bei Regeneratoren ist es notwendig, dass die Vermischung ganz gering wird, und dass nach dem Regenerator auf der Zuluftseite ein Filter Klasse S 3 eingebaut wird.

6. Weitere Abschnitte der Richtlinien

Eine Besonderheit der schweizerischen Richtlinien ist die Aufnahme des Abschnittes über den Brandschutz. Die Feuerpolizei des Kantons Zürich verlangte, dass man einen Hinweis auf die Brandschutzmassnahmen macht, da die Evakuierung von Patienten im Krankenhaus im Brandfall besonders schwer ist. So werden verschiedene Vorschriften im Zusammenhang mit

Materialwahl für Lüftungsanlagen

Unterteilung in Raumgruppen

Einbau von Brandschutzklappen

Feuerbeständigkeit der Apparatenräume usw.

aufgestellt.

Die übrigen Abschnitte befassen sich mit

Genehmigung der Projekte

technischer Abnahme

Wartung

Betrieb

Reinigung und Desinfektion der Luftkanäle und der Klimazentrale

hygienischen Kontrollen usw.

Auf die letztgenannten Desinfektionen, Reinigungen und Kontrollen legen wir in den Richtlinien grossen Wert. Die aufgeführten Empfehlungen sind - entsprechend bisherigen Erfahrungen - realisierbar und durchführbar.

7. Anforderungen an die lufttechnischen Anlagen in Spitälern

Die Tabelle 1, die diese Anforderungen enthält, wurde wie folgt aufgebaut (Dia 10, 11, 12). Die Raumklassen sind unterteilt in

- I Räume mit sehr niedrigem Keimpegel bis 10 Keime pro m^3
- II Räume mit niedrigem Keimpegel bis 200 Keime pro m^3
- III Räume mit normalem Keimpegel bis 500 Keime pro m^3
- IV Räume mit kontaminierter Luft
- V Ubrige Räume.

Bei den Keimpegeln für die verschiedene Raumklassen handelt es sich um Richtwerte, die beim arbeitgerechten Verhalten im kritischen Bereich innegehalten werden können. Wir betonen, dass es sich nicht um Garantiewerte, sondern um Richtwerte handelt.

Die Klassen I und II wurden bereits im Abschnitt 1 besprochen.

Zu der Klasse III gehören die meisten Räume des Spitals, wie z.B.

Bettzimmer	Zentralsterilisation
Entbindungsräume	Röntgendiagnostik.

Zu der Klasse IV zählt man

Infektionsabteilung	Isotopenabteilung.
---------------------	--------------------

Für alle Raumtypen sind

- Mindesttemperatur, Höchsttemperatur
- zugöherige relative Feuchtebereiche
- maximale Luftgeschwindigkeit
- minimaler Aussenluft-Volumenstrom
- minimaler Raumlufthwechsel
- Filterstufen pro Raumklasse
- zulässiger Anlageschalldruck-Pegel
- Erforderlichkeit einer Lüftungsanlage

in der Tabelle 1 angegeben.

8. Anhang

Im Anhang der Richtlinien sind die Grundbegriffe der Lüftungs-

und Klimatechnik erläutert. Damit soll auch den Nicht-Klimatechnikern die Möglichkeit gegeben werden, die technischen Bezeichnungen zu verstehen. Zwei schematische Darstellungen erläutern die Arbeitsweise einer OP-Klimaanlage (Dia 13, 14). Schliesslich wird ein Beispiel des Wartungsplanes für Lüfttechnische Anlagen gezeigt (Dia 15).

Schlussbemerkung

Die hier besprochenen Richtlinien sind durch Das Schweizerische Krankenhausinstitut (Postfach, CH 5001 Aarau) herausgegeben worden und können dort auch bezogen werden. Sie tragen den Titel Richtlinien für Bau, Betrieb und Überwachung von Lüftungstechnischen Anlagen in Spitälern.

Adresse des Verfassers:

Dr. Ing. W. Ziemba

beratender Ingenieur ASIC

Etzelstrasse 42, CH-8038 Zürich.

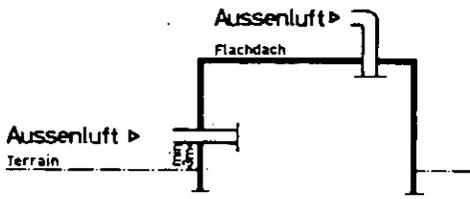
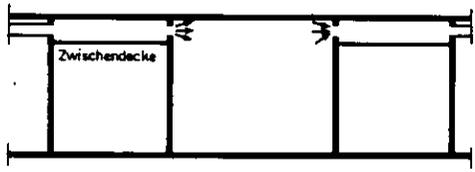


Bild 1

falsch



richtig

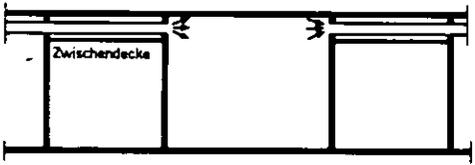


Bild 3

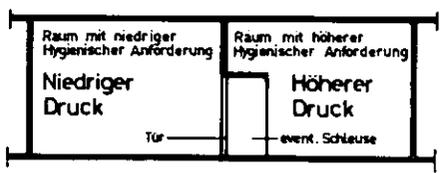


Bild 5

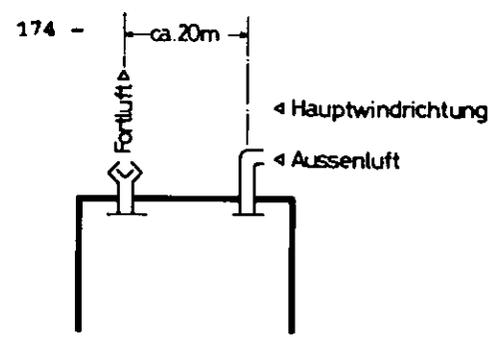


Bild 2

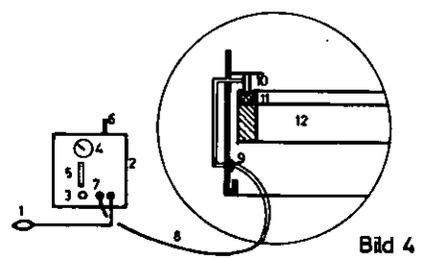


Bild 4

1. Handpumpe
2. Dichtsitz - Prüfgerät
3. Entlüftungskopf
4. Manometer
5. Durchflussmesser
6. Füllstands - Anzeige
7. Anschlussstutzen am Prüfgerät
8. Verbindungsschlauch
9. Anschlussstutzen am Filtrasept
10. Prüfrille
11. Dichtung
12. Filterzelle

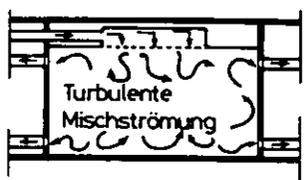
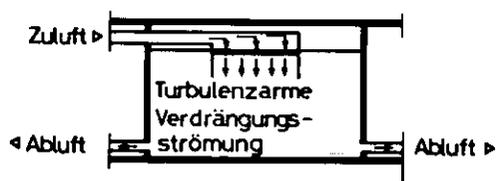


Bild 7

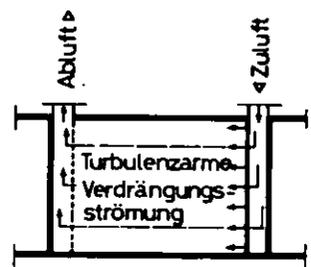


Bild 6

Luftfilter-Systeme im Krankenhaus

von B. Metzner, Frankfurt am Main

Einleitung

Neue Erkenntnisse in Krankenhaus-Hygiene und medizinischer Mikrobiologie rücken den Problembereich Klima- und Luftfilteranlagen bei Krankenhausbauten ständig mehr in den Vordergrund.

Die DIN 1946 - Lüftung in Krankenanstalten - wurde überarbeitet und den neuesten Forschungsergebnissen, Erfahrungen und technischen Möglichkeiten angepaßt.

Hier soll auf folgende Punkte eingegangen werden:

1) Prinzipielle Lösungswege zur Reinhaltung der Luft

Neben Faktoren, wie z. B. Kontaktverschmutzung spielt für den Schutz von Objekten die Reinheit der Umgebungsluft eine wichtige Rolle. Drei grundsätzliche Lösungswege können beschritten werden:

- a) Weitgehende Elimination der im Raum vorhandenen Kontaminationsquellen: "Isoliertechnik";
- b) Senkung des Staub- und Keimpegels durch Einführung reiner Luft (Verdünnungseffekt): "konventionelle Reinraumtechnik";
- c) möglichst direkte Abführung der Partikel und Abdeckung der interessierenden Zonen durch reine Luft: Reinraumtechnik mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung auch "Laminar-Flow-Technik" genannt.

Die erste Maßnahme genügt heute nicht mehr. Die Kombination "Isoliertechnik" und "konventionelle Reinraumtechnik" vermehrt auch mit "Laminar-Flow-Technik" ist erforderlich und stellt den Stand der Technik dar.

2) Lösungen für konventionell belüftete Reine Räume (Klasse 10 000 - 100 000 nach US-Federal-Standard 209b resp. Klasse 4 - 6 nach VDI 2083)

Diese Ausführungen beziehen sich auf Klimasysteme mit der 3. Filterstufe als Schwebstofffilter und turbulenter Luftströmung. Derartige konventionelle Klimaanlage entsprechen den vorgenannten Reinheitsklassen. Anlagen mit nur 2 Filterstufen werden hierbei nicht abgehandelt.

Die Luft wird in einer Klima-Zentrale aufbereitet und über drei Filterstufen gereinigt.

Die erste Filterstufe (Klasse B2) ist am Lufteintritt in die Zentrale anzuordnen und soll Elemente der Lüftungs- resp. Klimazentrale vor Verschmutzung schützen. Die 2. Filterstufe (Klasse C) ist druckseitig nach der Luftaufbereitung, am Anfang des Zuluftkanals zu installieren und die 3. Filterstufe -Schwebstofffilter- möglichst nahe dem Luftaustritt zum Raum.

Dazu folgende Realisierungsmöglichkeiten:

a) Anordnung der Schwebstofffilter im Kanal kurz vor Eintritt in den Raum

In den Zuluftkanälen, unmittelbar vor dem Luftaustritt in den Raum werden Schwebstofffilter-Gehäuse installiert. Die Luftverteilung im reinzuhaltenden Raum erfolgt mit Diffusoren, Schlitzauslässen, Lochblechen u. ä. Wichtig hierfür sind Filter, welche hohe Anströmgeschwindigkeiten zulassen bei kleinen Frontflächen, sowie vorhandene Kanalquerschnitte optimal ausnutzen können. Vorteile solcher Lösungen sind:

- die technischen Einrichtungen befinden sich außerhalb des Reinen Raumes, dort kann auch der Filterwechsel erfolgen. Dafür gibt es langjährig erprobte, sichere und relativ preisgünstige Lösungen.

Ausführungsbeispiel: Krankenhaus in Zürich:

Mischkästen und Schwebstofffilter einer 2-Kanal-Anlage befinden sich im technischen Geschoß über den OP-Sälen. Mit 4 m/s Anströmgeschwindigkeit und weniger als 300 Pa Druckverlust entspricht die Dimensionierung im Querschnitt den normalen Kanälen. Durch die Decke gelangt die Luft über einen Kasten mit Lochblechenauslaß zum Raum.

b) Anordnung der Schwebstofffilter im Reinen Raum, direkt im Ausblasegehäuse

Filterstufe 1 und 2 befinden sich in der zentralen Luftaufbereitungsanlage; der Schwebstofffilter, die 3. Stufe im Raum direkt am Luftaustritt. Luftfilterung und Luftverteilung erfolgen mit einem Aggregat, z. B. einem Luwa® Filtrasept.

Welches sind die Vorteile eines solchen Schwebstofffilter-Luftauslaß?

- Wirtschaftliche Lösung durch Zusammenfassung der Funktionen Filterung und Luftverteilung in einem Element.
- Filterung direkt dort, wo die entsprechende Luftqualität gebraucht wird.

- Nachträgliches Ausrüsten von alten Anlagen auf einen guten Filtrierungsstandard.
- Einfache Überprüfung, z. B. des Dichtsitzes der Filterzelle im Gehäuse durch eingebaute Prüfrille nach DIN 1946.

Ausführungsbeispiel: Konventioneller OP-Raum eines Krankenhauses in Luzern:

Der OP ist nachträglich mit Luwa-Absolutfilter-Luftauslässen ausgerüstet worden. Sie haben Querschnitt-Dimensionen der gängigen Decken-Modulsysteme. Der niedrige Anfangsdruckverlust von 150 Pa ermöglicht den Umbau älterer Klimasysteme ohne großen Aufwand. Die Luftgeschwindigkeit durch das Filtermedium für verschiedene Ausführungsgrößen wurde gleich groß gewählt, d. h. die Druckverlusterrhöhung durch Verschmutzung ist für alle Größen gleich groß und somit eine individuelle Luftvolumenstromregelung nicht notwendig.

Hinzuweisen sei noch kurz auf sogenannte "Laminar-Flow-Anlagen":

Eine zentrale Luftaufbereitung bedient einerseits direkt konventionell klimatisierte Räume und regelt andererseits die Frischluftzufuhr, Temperatur, Befeuchtung und Überdruck des "Laminar-Flow". Dabei ist

- 1) die 3. Filterstufe im Raum angeordnet als komplette Filterwand- oder -decke ausgebildet, zur Filtrierung der Luft wie zur Erzeugung der turbulenzarmen Verdrängungsströmung, oder
- 2) die turbulenzarme Verdrängungsströmung für einen abgegrenzten Bereich wird mittels des Luwa Sterilluft-Verteiler Typ CG erzeugt, wobei dieser nicht an die Filterabmessungen der 3. Filterstufe gebunden ist. Die Schwebstofffilter werden in kompakter Form an geeigneter, gut zugänglicher Stelle angeordnet.

3) Störeinflüsse auf den Filter (Schwebstofffilter) im Betrieb

Hier sind Störeinflüsse aufgezeigt, welche auf in Anlagen eingebaute Filter einwirken können, wie:

- mechanische, - aerodynamische (Druckverlustzunahme), - thermische,
- Feuchte, - Strahlungen (thermische, UV, radioaktive), - chemische,
- gasförmige und partikelförmige Stoffe, - biologische (Bakterien, Viren, Pilze).

Weiter ist die Kompression der Dichtungen zu nennen, die notwendig ist, um eine gute Abdichtung zwischen Filter und Rahmen zu erreichen. Als kritisch erweisen sich Filtermedium, die Vergußmassen und Dichtungen.

Zum Filtermedium: Durch hohen Druckverlust und hohe Feuchte kann das Medium zerreißen. Thermische Belastung sind kontrollierbar, Strahlungen und chemische Reaktionen können die mechanische Festigkeit des Mediums schwächen. Biologische Störeinflüsse sind praktisch vernachlässigbar. Dazu sei auf Untersuchungen von Prof. Dr. Botzenhart und Dr. Rüden hingewiesen. Auf Filtern abgeschiedene Bakterien sterben nach kurzer Zeit ab, schneller auf verschmutzten als auf sauberen Filtern. Gründe dafür sind u. a. Luftinhaltsstoffe mit saurem Charakter.

Der Einfluß von hohen Feuchten ist negativ.

Vergußmassen-Schäden wie unzureichende Haftung und Risse können durch thermische Spannungen auftreten.

Kritisches Element kann die Gummidichtung sein. Durch Alterung kann die Anpreßkraft nachlassen. Die Relaxation der Dichtung wird negativ beeinflusst durch zu starke Anfangskompression, Temperatur, Feuchte, Oele und auch UV-Strahlen. Vorsicht bei Einsatz von UV-Strahlung zur Bekämpfung von Keimwachstum, zumal Keime, wie oben erwähnt, unter den vorliegenden Bedingungen nicht vermehrungsfähig sind und andererseits UV-Strahlung sich z. B. auf Dichtungen und Filtermedium negativ auswirken kann.

Luwa bietet nebst Filterzellen mit Gummidichtungen auch die Lösung des Abdichtens mit Klebeband. Der Einbau ist einfach und nur mit geringen Alterungsrisiken verbunden.

4) Mögliche Prüfverfahren

Ein wichtiger Punkt ist die Überprüfung und Überwachung der Filter im eingebauten Zustand. Verschiedene Systeme bieten sich auf dem Markt an. Über die Wertigkeit wird noch diskutiert.

a) im Entwurf DIN-1946 wird der Ölfadentest vor Filtereinbau und ferner im eingebauten Zustand die Filter-Dichtsitzüberwachungsmöglichkeit, z. B. mit der sogenannten Prüfrille angegeben. Evtl. vorhandene Lecks können aufgrund sichtbarer Ölfäden leicht visuell festgestellt werden. Dieser Test bildet einen Teil der Typ-Prüfung von Schwebstofffiltern nach DIN 24 184.

Die Leckrate der Dichtung zwischen Filter und Gehäuse muß kleiner als der Durchlaßgrad des Filters sein.

Das kann ergeben, daß die Penetration für die Filter-Anlage doppelt so groß ist, z. B. anstatt 99.97 % der Abscheidegrad 99.94 % beträgt. Nachteilig ist die Nicht-Erfassung von Beschädigungen des Filters beim Einbau nach bereits durchgeführtem Ölfadentest.

Weitere Testmöglichkeiten zur Überwachung des ganzen Filtersystems sind:

b) Ölfadentest am eingebauten Filter:

in das System wird ein Ölnebel mit hoher Konzentration bei reduzierter Luftmenge aufgegeben. Geprüft wird Dichtsitz und Filter. Lecks sind leicht erkennbar. Dieses ist allerdings nur für gut zugängliche Einzel- filter, z. B. bei Endfiltern möglich. Die Beurteilung ist visuell durchführbar, z. B. bei Absolutfilter-Luftauslässen.

c) Lecktest mit Partikelzähler:

Dieser empfindliche Test ist gut bekannt von der LF-Reinraumtechnik. Aus Kostengründen wurde er bisher hauptsächlich bei großen Filterwänden u. ä. verwendet. Prüfaerosol ist die Außenluft, also keine zusätzliche Verschmutzung des Filters durch Prüfaerosole. Filter und Dichtungen werden mit einer Sonde abgetastet. Eine nach dem Filter noch erlaubte Konzentration wird mit dem hochwertigen Meßgerät überprüft. Dieser Test ist eine genaue, für das Filter schonende Methode.

5) Abdichten von Schwebstofffiltern mit Klebeband - ein risikoarmes System

Hier sei noch ein einfaches und risikoarmes System in bezug auf Einbau wie auch Überwachung aufgezeigt.

Anstatt Filterzellen mit einer Gummidichtung gegen einen planen, sorgfältig bearbeiteten Rahmen anzupressen, werden die Filterzellen untereinander und mit dem Rahmen mit einem erprobten Spezialklebeband abgedichtet. Das Risiko der Relaxation von Gummidichtungen entfällt praktisch. Die Handhabung ist einfach, ebenso die visuelle Überwachung. Nichthaftung des Klebebandes ist leicht erkennbar. Die Prüfintervalle können lang sein. Dieses Verkleben ist eine seit Jahrzehnten erprobte Luwa-Lösung.

Sie wird durchgeführt mit Luwa® Ultrafiltern Typ V und PB, z. B. in Krankenhausanlagen, in Chemie, Pharmazie, Tonbandfertigung u. a., also immer in Bereichen mit höchsten Luftreinheits-Anforderungen. Auch zur Überprüfung der Luftreinheit dieses Systems wird zusätzlich zur visuellen Überwachung häufig die Partikelzählmethode mit herangezogen.

Zusammenfassung

Vorrangiges Ziel muß es sein, eine immer größere Anzahl von Patienten unter optimalen Bedingungen behandeln zu können. Um eine lückenlose Asepsis zu erreichen, genügen nicht allein Installationen von Luftfiltern und Reinraum-Anlagen, auch die Operationstechnik und alle weiteren Umgebungsfaktoren müssen darauf abgestimmt sein. Die Forderungen an lufttechnische Installationen sollen so hoch wie wirklich notwendig, aber nicht so hoch wie technisch möglich sein. Es ist sicher nicht sinnvoll, filtertechnische Lösungen für kritische Nuklearanwendungen im Krankenhausbereich unmodifiziert übernehmen zu wollen.

Neben dem Hauptfaktor Sicherheit darf auch die Wirtschaftlichkeit der Investitionen und der Anlagen-Unterhaltung nicht außer acht gelassen werden.

Anschrift des Verfassers:

Bernd Metzner, Ing.-grad.
c/o Fa. Luwa GmbH
Hanauer Landstraße 200
D-6000 Frankfurt am Main 1

Erfahrungen mit endständigen Filtersystemen, kombiniert mit Luftaustrittssystem in Planung und Ausführung.

von G. Knabe, Lübeck

Eine wichtige Aufgabe raumluftechnische Anlagen in Operationsräumen ist die Senkung des aerogenen Keimpegels. Zu den klassischen Komponenten von Lüftungs- und Klimaanlage gehören auch die Luftfilter, denen es obliegt, dafür zu sorgen, daß die Zuluft für einen Raum so sauber ist, wie die jeweils festgelegten Bestimmungen es erfordern. Das Referat beschränkt sich deshalb auf Hochleistungs-Schwebstoff-Filter, die im medizinischen Bereich, d.h. in Krankenhäusern, eingesetzt werden.

Der herkömmliche Einbauort der letzten Filterstufe war in der Regel der Maschinenraum, das Installationsgeschoß oder die Klimazentrale selbst. Man spricht in einem solchen Fall von Zentral-Filtern, weil ein oder wenige Filteranlagen für einen größeren Lüftungsbereich zentral zusammengefaßt werden. Von den Zentral-Filtern aus wird die Zuluft über ein Verteilsystem den Räumen zugeführt.

In nicht medizinischen Aufenthaltsräumen, z. B. Büros, muß diese Tatsache der längeren Kanäle nicht notwendigerweise problematisch sein, jedoch im Krankenhaus bekommt sie große Bedeutung. Nach der veränderten DIN 1946, Blatt 4, müssen die Kanalstrecken hinter der letzten Filterstufe, d.h. also zwischen Filter und Luftauslaß im Raum, regelmäßigen Desinfektionsmaßnahmen unterzogen werden. Zu diesem Zweck wird vorgeschrieben, daß die Kanäle mit Revisionsöffnung in genügender Anzahl sowie mit Kontrollstutzen zur Durchführung bakteriologischer Tests ausgerüstet werden müssen. Man glaubt, dadurch eine Keimbesiedelung der Kanäle auf der reinen Luftseite der letzten Filterstufe verhindern bzw. kontrollieren zu können. Leider fehlt es an zuverlässigen Geräten und Verfahren, um die langen engen und verwickelten Schächte und Rohre so zu desinfizieren, daß der Verantwortliche für die Qualität dieser Maßnahmen garantieren kann.

Nicht nur die baulichen Unzulänglichkeiten, die viele Reinigungsöffnungen erfordern und Krümmer und tote Ecken praktisch verbieten, behindern die Desinfektion. Es kommen weitere Erschwernisse:

- Das betreffende Kanalsystem muß beständig gegen die Desinfektionssubstanzen sein.
- Es werden Kosten verursacht, und zwar diejenigen für die erste Inbetriebnahme und notwendigerweise natürlich die laufenden Desinfektionskosten.
- Es ist eine laufende hygienische Überwachung der Kanäle durch geschultes Personal erforderlich.
- Die Kanaldesinfektion bedingt jedesmal eine unliebsame Unterbrechung des Klimatisierungsbetriebes. Gleichzeitig können keine Operationen ausgeführt werden.

Trotz aller Desinfektionsmaßnahmen bleibt eine große Unsicherheit hinsichtlich des erreichbaren Erfolges, weil die Sicherheitsbarriere --so nennen wir die letzte Filterstufe-- im Unsichtbaren verborgen ist.

In enger Zusammenarbeit mit Medizinern, Hygienikern, Lüftungs- und Klima-Fachleuten wurde von uns eine Problemlösung erarbeitet, die nicht nur die eben geschilderten Schwierigkeiten des zentralen Filtereinbaues beseitigt, sondern gleichzeitig weitere Vorteile bietet. Damit wird ein wichtiger Beitrag zur Erlangung eines Funktions- und Sicherheitskonzeptes für die Luftfilterung unter medizinischen Aspekten gewährleistet.

Die Problemlösung besteht darin, daß Keimfiltersysteme als sogenannte endständige Filter angewandt werden. Endständig heißt, daß die letzte Filterstufe, das Filter mit der höchsten Wertigkeit oder, exakter ausgedrückt, mit dem geringsten Durchlaß, so nahe wie möglich an den zu versorgenden Raum herangebracht wird. Optimal ist es, die Filter in die

Luftauslässe direkt zu integrieren. (Abb. 1)

Die Sicherheitsbarriere ist mit Hilfe des endständigen Keimfiltersystems von der unsichtbaren an die sichtbare Stelle gerückt und diese Tatsache ist an sich schon sehr beruhigend.

Weitere Voraussetzungen, für ein funktionierendes Filtersystem im Krankenhaus unerlässlich, sind:

- Die endständigen Filter müssen bezüglich ihrer verfügbaren Filterfläche weitgehend auf die jeweils geforderte Zuluftmenge abgestimmt werden können.
- Die geforderte Filterwirkung muß ohne Kompromisse erreicht werden, d.h. Filtergehäuse, Filtersitz und Filtermaterial müssen gleichermaßen in einwandfreiem Zustand sein und bleiben.
- Der einwandfreie Zustand muß bei Inbetriebnahme prüfbar sein und regelmäßige Wiederholungsprüfungen müssen jederzeit durchgeführt werden können. Diese Überprüfung muß im eingebauten Zustand durchführbar sein.
- Der Filteraustausch muß leicht und ohne Raumkontermination möglich sein.
- Die jetzt noch verbleibenden notwendigen Desinfektionsarbeiten müssen, wenn sie auch von erheblich geringerem Umfang sind, problemlos durchgeführt werden können.
- Zur Vereinfachung von Nachschub und Lagerung sollen trotz unterschiedlicher Einsatzfälle Filterelemente im Baukastensystem eingesetzt werden.
- Dem Einsatz der Filter muß als "Soft-Ware" ein lückenloses Dokumentations-, Prüf- und Wartungsschema zugrunde liegen.

...

Die Dräger-Keimfiltersysteme erfüllen diese vorgenannten Voraussetzungen. Erläuterungen:

- Die Bestückung der Filtergehäuse kann so variabel erfolgen, daß eine Feinabstimmung der Filterfläche und damit die gewünschte Druckdifferenz gegenüber der vorgeschriebenen Zuluftmenge erreicht werden kann. Es gibt zwei Standardfiltereinsätze, und zwar einen für den Nennvolumenstrom 90 und einen für den Nennvolumenstrom 130 m³/h. Darüber hinaus steht für den Einsatz in Zuluftdecken ein Filtereinsatz für 200 m³/h zur Verfügung. Die Filtereinsätze können in den Filterklassen "R" und "S" nach DIN 24184 "Typ-Prüfung von Schwebstoff-Filtern" eingebaut werden. Es ist sicher leicht einzusehen, daß durch die Aufteilung der Filter in kleine Einzelelemente eine Feinabstimmung in der Filterkapazität in Anpassung an jeden gewünschten Volumenstrom möglich ist. (Abb. 2)

Um den einwandfreien Zustand der Filter bei Inbetriebnahme und bei regelmäßigen Wiederholungsprüfungen überwachen zu können, wird bei den Dräger-Keimfiltersystemen der sogenannte Ölnebeltest nach DIN 24184 angewandt. Bedeutung:

- Die Überprüfung wird im endgültigen Einbauzustand, d. h. mit eingesetzten Filterelementen, vorgenommen. Gleichzeitig werden neben dem Filtermaterial auch die Schweißnähte des Filtergehäuses und die Dichtung des Filterelementes überprüft.
- Die visuelle Prüfung findet mit einfachen Mitteln statt, erfordert also keinen hohen apparativen Aufwand, denn die Anschlußvorrichtung für den Ölnebeltest ist im Filtergehäuse integriert.
- Die Absperrklappe ist so dicht ausgeführt, daß jeder Filterwechsel und jeder Prüfungsvorgang ohne Betriebsunterbrechung der Raumbelüftung vorgenommen werden kann.

- Kontrollen der Druckdifferenz des Filters sind einfach und jederzeit durchführbar, denn an der Steckkupplung, durch die der Ölnebel eingeführt wird, kann ebenfalls ein ambulantes Manometer angeschlossen werden. (Abb. 3)

Der Filteraustausch bringt keine Probleme mit sich, da die Filterelemente klein und handlich sind und durch ihre Hohlzylinderform - das Filtermaterial ist sternförmig um eine Mittelachse herum gefaltet - wird das Filtrat zuverlässig im Innern festgehalten und kann beim Filterwechsel nicht herausfallen.

Bleibe noch der Hinweis, daß für die Keimfiltersysteme ein lückenloses Checklist-System entworfen wurde, das von dem zuständigen Inspektionsdiensttechniker überwacht werden kann.

Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme enthalten die Keimfiltersysteme UV-Entkeimungsstrahler zur Vermeidung von Verkeimung in den Filterelementen.

Die Dräger-Keimfiltersysteme finden Verwendung als Wandelemente, Deckenausführung, können integriert werden in SF-Schrägzuluftschirme, Weiss-OP-Zuluftdecken und in Klimaschränken.

Ich möchte mein Referat nicht beenden, ohne auf die Altbau-Sanierung bei Krankenhäusern eingegangen zu sein. Zweifellos werden die Keimfiltersysteme als endständige Filter hauptsächlich bei der Neubauplanung von Krankenhäusern eingesetzt.

Es gibt aber auch viele Fälle, wo sich der Betreiber des Krankenhauses aus zeitlichen oder finanziellen Gründen einen tiefgreifenden Umbau versagen muß, andererseits aber nicht auf die hygienische Sicherheit des Klimasystems verzichten kann. Für diese speziellen Fälle ist die Keimfilteranlage in Kompaktausführung geschaffen worden, die praktisch auf dem gleichen Konzept basiert, jedoch zusätzlich mit einem Gebläse ausgestattet ist. Diese Ausführung wird dort eingesetzt, wo ältere Klima-

anlagen mit Ventilatoren von nicht ausreichender Pressung ausgerüstet sind. Das Zusatzgebläse sorgt für die notwendige Druckerhöhung, um den zusätzlichen Widerstand der Schwebstofffilter zu überwinden. Das Gebläse ist einstellbar und regelt seinen einmal eingestellten Volumenstrom bei Beladung der Filterelemente automatisch nach. Es ist sehr geräuscharm gehalten.

Von den endständigen Keimfilteranlagen, die ich Ihnen hier nun, wie ich hoffe, erschöpfend geschildert habe, sind bisher - alle Ausführungsformen zusammen - mehrere 1000 Einheiten ausgeliefert worden, sie haben sich zur Zufriedenheit der Nutzer bestens bewährt. Es hat sich erwiesen, daß das Konzept der endständigen Keimfiltersysteme, die, wie Sie uns sicher zugestehen werden, unter besonderer Beachtung klinischer Aspekte entwickelt worden sind, die Problemlösung für die Zuverlässigkeit und Keimsicherheit von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen im Krankenhausbereich ist.

G. Knabe
Drägerwerk AG., Lübeck, Moislinger Allee 53/55

Abb. 1
Anwendungsbeispiel

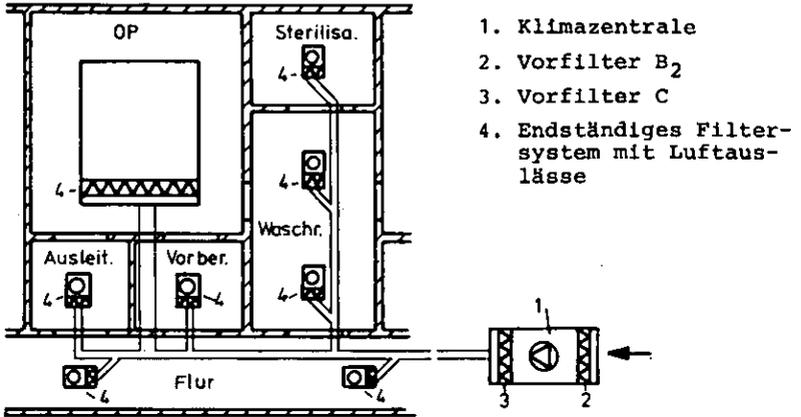


Abb. 2
Bestückungsbeispiel

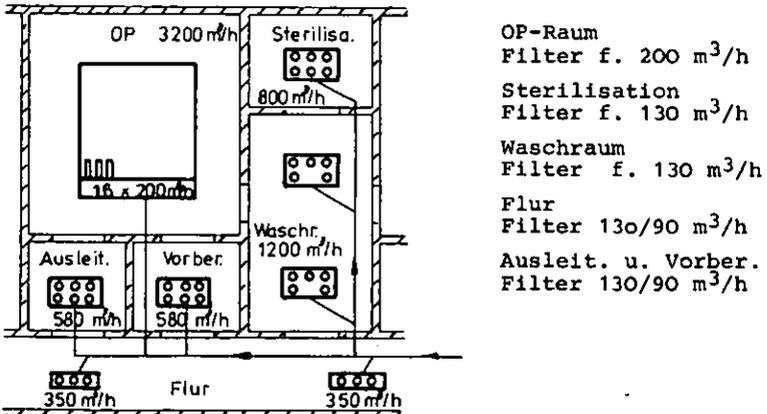
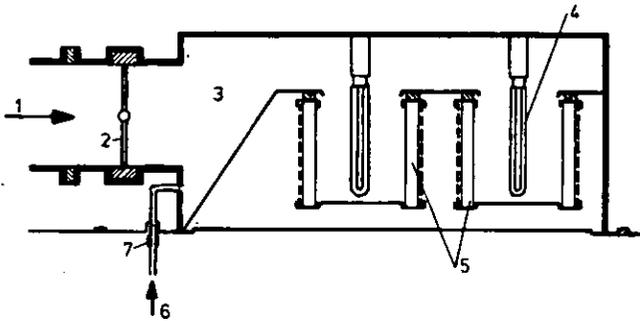


Abb. 3

Aufbau des Dräger-Keimfiltersystems



- 1) Zuluft, 2) Absperrklappe, 3) Filtervorkammer,
- 4) UV-Entkeimer, 5) Filterelemente,
- 6) Zuführung Ölnebel nach DIN 24184
- 7) Steckkupplung

LUFTBEFEUCHTUNG IN DER KLIMATECHNIK

von: G.-H. Gruber

Thermodynamische Grundlagen der Befeuchtung

Feuchte Luft ist ein Gemisch aus trockener Luft und Wasserdampf, wobei für die Klimatechnik der Zustandsbereich von -30°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ interessant ist. In diesem Temperaturbereich ist der Partialdruck des Wasserdampfes klein gegenüber dem der trockenen Luft. Beide - trockene Luft und Wasserdampf - folgen bei den in der Klimatechnik herrschenden Zuständen den Gesetzen der idealen Gase. Hier gilt:

- In einer Gasmischung folgt jeder Anteil seinen Gesetzen, so als ob die anderen Anteile nicht vorhanden wären, z.B. folgt er im Gesamtvolumen mit seinem Teildruck der Zustandsgleichung und Wasserdampf beginnt allein, aber auch in der Mischung bei Erreichen des eindeutig von der Temperatur abhängigen Sättigungsdruckes zu kondensieren. Daher ist feuchte Luft auch nur in der Lage, bei einer bestimmten Temperatur eine bestimmte maximale Wasserdampfmenge aufzunehmen bzw. Wasserdampfdichte zu haben.

Falls diese noch nicht erreicht ist, nennen wir die feuchte Luft ungesättigt. Der Wasserdampf in der Luft ist dann überhitzt. Beim Erreichen der maximalen Wasserdampfmenge sprechen wir vom Sättigungszustand. Durch Drucksteigerung bei konstanter Temperatur oder Temperatursenkung bei konstantem Gesamtdruck wird ein Teil des Wasserdampfes in der feuchten Luft in Form von Wasser oder Eis ausgeschieden. Es stellt sich dann der zur Temperatur gehörende Sättigungsdruck als Teildruck des Wasserdampfes ein.

Die relative Feuchte wird häufig zur Kennzeichnung der in der Luft vorhandenen Wasserdampfmenge benutzt. Sie ist definiert als das Verhältnis des in der feuchten Luft vorhandenen Wasserdampfdruckes p_D zu dem zur gleichen Temperatur gehörenden Wasserdampfsättigungsdruckes.

$$p_s = \frac{p_D}{p_S}$$

Die relative Feuchte kann also auch gedeutet werden als Verhältnis der Wasserdampfmasse, die in 1 m^3 feuchter Luft enthalten ist, zu der, die bei gleicher Temperatur maximal enthalten sein könnte. Für gesättigte feuchte Luft ist $\varphi = 1 = 100\%$. (1)

EINFÜHRUNG

Grundsätzlich kann man unterscheiden

- Befeuchtung im Human-Bereich
- Befeuchtung im Industriebau

Dieses Referat ist auf den Human-Bereich beschränkt.

Luftbefeuchtung zur Erreichung eines behaglichen Raumklimas als Voraussetzung des Wohlbefindens. Und damit als Notwendigkeit für eine optimale Leistungsfähigkeit für den Gesunden und zur Genesung für den Kranken. Das behagliche Raumklima ist primär als Ergebnis für das Zusammenspiel der

- richtigen Raumtemperatur
- richtigen Luftbewegung
- richtigen Luftfeuchte
- richtigen Luftqualität

zu sehen.

Die RF wird heute als optimal bei Werten zwischen 40 und 50 % angesehen. Wobei höhere Werte bei normaler Raumtemperatur leicht zur Kondensation führen und unangenehm für den Wärmehaushalt des Menschen werden. Werte unter 30 % sind aus hygienischen Gründen neben der Erscheinung der Unbehaglichkeit abzulehnen (Austrocknung der Schleimhäute).

Untersuchungen in zahlreichen beheizten Arbeitsräumen (2) haben ergeben, daß in etwas mehr als der Hälfte aller Räume die relative Luftfeuchtigkeit weniger als 30 % betrug. Bei Werten unter 30 % wurde die Luft von insgesamt über 400 befragten Personen als zu trocken beurteilt; bei zunehmenden relativen Feuchtigkeiten nahm die Anzahl der Angaben "zu trocken" etwas ab (vergl. Abb. 1).

Abb. 1 zeigt die Häufigkeit der Antworten "angenehm" bzw. "zu trocken" nach Gruppen gleicher relativer Feuchtigkeit geordnet. n = Zahl der Befragten jeder Gruppe = 100 %.

In einer weiteren Untersuchung (3) fanden 70 % von 100 Befragten die Luft zu trocken bei Luftfeuchtigkeiten zwischen 23 und 34 %; gleich viele Urteile "angenehm" wurden bei Werten zwischen 36 und 48 % gegeben. Bei einer Befragung von Studenten in einem klimatisierten Hörsaal (4) wurde die relative Luftfeuchtigkeit im Bereich von 45 - 55 % mehrheitlich (60 %) als angenehm beurteilt. Die Urteile "zu trocken" nahmen bei denjenigen Temperaturen zu, die auch als "zu warm" empfunden wurden (über 22° C, vergl. Abb. 2).

Abb. 2 zeigt die Beurteilung der Luftfeuchtigkeit in Abhängigkeit der Temperaturen der Raumluft für den Bereich der RF von 46 - 51 %.

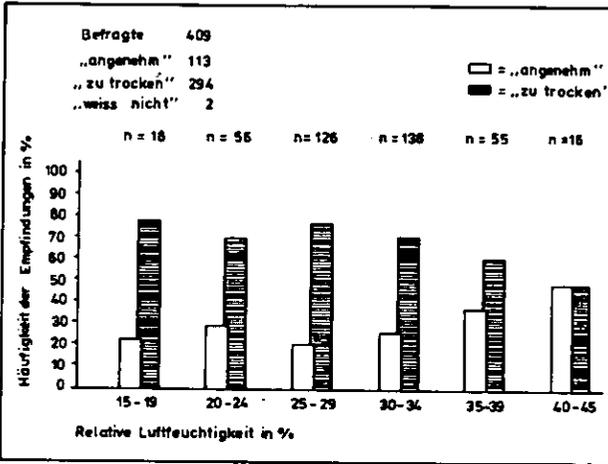


Abb. 1

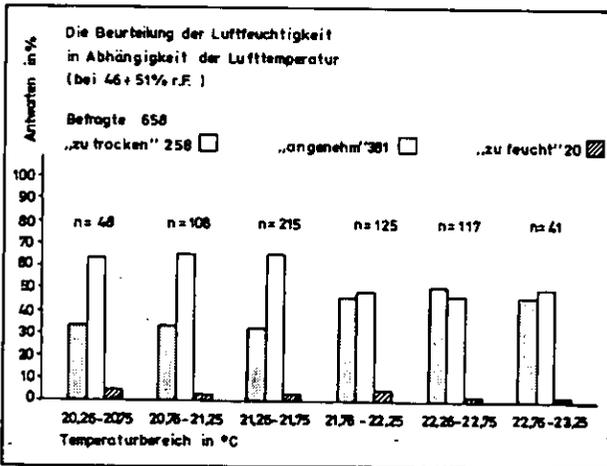


Abb. 2

Bei der Beurteilung der Lufttrockenheit dürfte auch der jeweilige Reinheitsgrad der Luft eine Rolle spielen. Anhaltspunkte zu dieser Annahme geben die Untersuchungen von Andersen (5). In einer Klimakammer mit reiner, staubfreier Luft wurden von den Versuchspersonen keine Änderungen der relativen Feuchtigkeit zwischen 10 und 70 % festgestellt; hingegen variieren die Angaben über die Temperaturempfindungen, obwohl die Temperatur der Luft konstant bei 23° C gehalten wurde.

Die Ergebnisse der erwähnten Felduntersuchungen bestätigen die heute allgemein gültige Regel, daß eine relative Luftfeuchtigkeit von 40 - 50 % erwünscht ist und zu einem behaglichen Raumklima führt, während Werte unter 30 % wegen Reiz- und Austrocknungserscheinungen bei den Schleimhäuten der Atemorgane ungünstig sind und deshalb nicht unterschritten werden sollten (6).

SYSTEME DER LUFTBEFEUCHTUNG

Auf Klein- und Kleinstbefeuchter zur Direktbefeuchtung der Raumluft nach dem Prinzip der Zerstäubung, Verdunstung und Verdampfung wird im Rahmen dieses Referates nicht eingegangen.

Die auf dem Markt bekannten und bewährten Befeuchterkomponenten im klimatechnischen Anlagenbau sind der Dampfbefeuchter, der Düsenbefeuchter, der Kontaktbefeuchter.

Als zu erfüllende Kriterien für eine Befeuchtereinrichtung in der Klimatechnik sind zu nennen:

1. Funktionssicherheit
2. sichere und den Erfordernissen angepaßte Regelungsmöglichkeiten
3. Energiekosten, Wartungskosten, Investitionskosten (Wirtschaftlichkeit)
4. Hygienische Eigenschaften

Anhand dieser 4 Merkmale sollen im nachfolgenden der Düsenwäscher, der Kontaktbefeuchter und der Dampfluftbefeuchter betrachtet werden.

1. Düsenwäscher

Der Düsenwäscher zählt zu den Zerstäuberbefeuchtern. Das Wasser wird unter relativ hohem Druck durch mehrere Düsen in den Luftstrom gesprüht. Durch die Versprühung wird eine größtmögliche Wasseroberfläche erzielt und damit eine größtmögliche Kontaktfläche zwischen Wassertropfen und Luft geschaffen. Entscheidend für die Wasseraufnahme in der Luft, somit für den Wirkungsgrad, ist neben der Qualität der Versprühung die

Verweildauer des Stoffaustausches. Zur Erhöhung der Verweildauer wird das Gegenstromprinzip angewandt. (Versprühung des Wassers gegen den Luftstrom). Für den zu erzielenden Wirkungsgrad ist somit entscheidend die Düsenform und der Vordruck des Wassers, die Luftgeschwindigkeit durch den Sprühkegel, die Länge des Sprühkegels.

1.1 Funktionssicherheit

Für die Funktionssicherheit des Düsenbefeuchters ist die Wasserqualität, die Abschlammwassermenge und regelmäßige Wartung entscheidend. Zur Erreichung der Wasserqualität ist es erforderlich, die Wasseraufbereitung mittels einer Vollentsalzungsanlage zu betreiben. Geschieht dieses nicht, so erfolgt eine ziemlich rasche Verschmutzung des Gerätes, was bis zur Verstopfung der Düsen führen kann. Des weiteren wandern mit den Aerosolen Mineralien in die nachgeschalteten Aggregate. Es kommt zu Ablagerungen am Tropfenabscheider, was zu hohen Widerständen und letztlich zur Funktionsuntüchtigkeit führt sowie zu Ablagerungen am möglicherweise nachgeschalteten Luftkühler, Lufterhitzer bis hinein in die Ventilorkammer. Da der Düsenbefeuchter normalerweise mit Umlaufwasser betrieben wird, ist es von größter Wichtigkeit, die Staubkonzentration gering zu halten. Dieses geschieht dadurch, daß während des Betriebes des Düsenbefeuchters ständig eine bestimmte Wassermenge aus dem Umlaufwasser abgeführt wird. Die Bestimmung der Abschlammwassermenge erfolgt in Abhängigkeit der Wasser- und Luftqualität. In der Regel gilt für den Düsenbefeuchter eine Luft- Wasserzahl von ca. 0,8 (also 0,8 kg Wasser je 1 kg Luft). Neben Wasserqualität und Abschlammwassermenge ist die regelmäßige Reinigung des Düsenbefeuchters für die Funktionssicherheit notwendig.

1.2 Regelung

In den häufigsten Fällen ist der Düsenbefeuchter in Verbindung mit einer Taupunktregelung eingesetzt, wobei die eigentlichen Regelfunktionen nicht der Düsenbefeuchter übernimmt, sondern die Regeleinheiten der Wärmetauscher. Die zu erzielende Regelgenauigkeit ist damit primär nicht eine Frage des Düsenbefeuchters, sondern der optimalen Auslegung (Strecke - Ventil - Wärmetauscher). Zu beachten ist weiter, daß die Taupunktregelung oft unwirtschaftlich und die direkte Feuchterege- lung mittels Düsenwäscher und Luft-Bypass (2 Strom-Regelung) wirtschaftlicher ist, jedoch verlangt dieses System zusätzliche Aggregate - teile mit Kanälen und Klappen und bringt keine homogene Vermischung.

Als weitere gute Lösung in bestimmten Grenzen der RF bietet sich die stetige Feuchtigkeitsregelung des Wäschers durch Drosselung des Düsendrucks und damit der Wassermenge an. (7).

Oft erfolgt eine Steuerung durch Ein- und Ausschalten der Wäscherpumpe über Feuchtefühler geschaltet, was nicht sinnvoll ist, da der Düsenbefuchter gleichzeitig adiabatisch kühlt, was jede nachgeschaltete Temperaturregelung vor unlösbare Probleme stellt.

1.3 Wirtschaftlichkeit des Düsenbefuchters

Die Wirtschaftlichkeit des Düsenbefuchters ist nur sehr begrenzt gegeben. Hier sind die entscheidenden Kriterien: In den meisten Fällen erforderlich aufwendige, sehr kostspielige Vollentsalzungsanlage zur Aufbereitung des Frischwassers. Es ist eine relativ hohe Abschlämwasermenge erforderlich; selbst bei vollentsalztem Wasser, da der Düsenbefuchter im Wasserumlaufbetrieb aufgrund seiner hohen Wasser- Luftzahl fahren muß. Große Wasserpumpe, da der erforderliche Wasserdruck und die erforderliche Wassermenge sehr hoch sind. Hohe Investitionskosten, da voluminöse Bauweise erforderlich aus Kontaktfläche und Verweildauer und alle wasserberührenden Teile müssen aus korrosionsfestem Material hergestellt sein.

Mittlere Technische Daten:

Wasser- Luftzahl	= 0,8 kg/kg
Förderhöhe	= $30 \cdot 10^4$ Pa
Pumpenleistung	= 150 W/1.000 m ³ Luft
Wasserverbrauch bei 6 g/kg Luftbefeuchtungsleistung	= $18 \cdot 10^{-3}$ kg/kg tr. Luft
Wartungskosten im Verhältnis zu anderen Systemen	= 100 %

1.4 Hygienische Eigenschaften

Es ist bereits durch verschiedene Untersuchungen festgestellt, daß Luftwäscher als kritischer Bauteil einer Klimaanlage anzusehen sind. Er stellt nach (8) eine potentielle Streuquelle für Mikroorganismen dar. Neben belanglosen Wasserkeimen können sich auch pathogene oder fakultativ pathogene Keime ansiedeln und mit dem Luftstrom in die Räume gelangen (8).

Nach Grün sind Düsenbefeuchtungsanlagen immer mit Pseudomonaden oder anderen gram negativen Keimen behaftet (9). Grün fand bei 60 untersuchten Wäscherkammern regelmäßig Pseudomonaden.

In Untersuchungen zur Frage der bakteriellen Kontamination von Luftwäschern in Klimaanlage kommen Donerwill und Reckzeh zur Aussage. Ich zitiere: "Als Hauptkontaminationsquelle wurde die nach dem Taupunktprinzip arbeitende Luftbefeuchtungsanlage erkannt. Ähnliche Beobachtungen an Befeuchteranlagen für Raumluft und Klimageräte sind auch an anderen Stellen beschrieben worden. Erfahrungsgemäß ist es kaum möglich, bei Luftwäschern dieses Prinzips den Wassertank und das Waschwasser permanent keimfrei zu halten. Selbst in vollentsalztem Wasser finden bestimmte Keimarten günstige Wachstums- und Vermehrungsbedingungen, die mit dem Luftstrom in großen Mengen in die versorgten Räume gelangen." (8)

2. Kontaktbefeuchter

Der Kontaktbefeuchter ist ein reiner Verdunstungsbefeuchter. Er arbeitet nach dem Prinzip, daß die zu befeuchtende Luft mit einer möglichst großen und feuchten Oberfläche in Berührung gebracht wird. Nun ist es für den Wirkungsgrad des Kontaktbefeuchters entscheidend wichtig, Kontaktflächen zwischen Luft und Wasser so groß wie möglich zu halten, um hierdurch den Stoffaustausch zwischen Luft und Wasser zu optimieren. Es wurden verschiedene Systeme entwickelt, wobei sich die Systeme der senkrechten Anordnung hydrophiler Elemente und deren Besprühung oder Berieselung mit Wasser insbesondere aus hygienischer Sicht am Markt durchsetzen. Der Wirkungsgrad des Verdunstungsbefeuchters kann gesteigert werden durch die Zuführung von warmem Wasser sowie ebenfalls durch Temperaturerhöhung der Luft. Der Einsatz ist besonders geeignet für mittlere und größere Luftmengen im Klimaanlagebau, wobei die Betriebskosten gering sind und die Beurteilung unter hygienischen Gesichtspunkten erheblich günstiger als beim Düsenbefeuchter ausfällt.

2.1 Funktionssicherheit

Für die Funktionssicherheit des Kontaktbefeuchters sind ebenfalls wie beim Düsenbefeuchter die Wasserqualität, die Abschlämwassermenge und regelmäßige Wartung entscheidend. Für einen ordnungsgemäßen Betrieb ist auf alle Fälle eine Wasseraufbereitung mittels einer Vollentsalzungsanlage zu empfehlen.

Geschieht dieses nicht, so erfolgt eine ziemlich rasche Verschmutzung, vor allem durch Ablagerung von Kalk, was bis zur Schließung der hydrophilen Elemente führen kann. Der Kontaktbefeuchter sollte für kleine Luftmengen im Hygienebetrieb nur mit Frischwasser betrieben werden, was bei einer Wasser- Luftzahl von 0,05 kg Wasser pro kg Luft auch noch wirtschaftlich anzusehen ist. Für Umlaufwasserbetrieb erfolgt die Bestimmung der Abschlammwassermenge ebenfalls wie beim Düsenbefeuchter in Abhängigkeit der Wasser- und Luftqualität. Soweit der Kontaktbefeuchter im Frischwasser-Betrieb mit vollentsalztem Wasser gefahren wird, ist eine Reinigung der hydrophilen Elemente in monatlichen Abständen ausreichend. Für Umlaufwasserbetrieb ist eine ständige Kontrolle der Befeuchtereinrichtung, will man den Befeuchtungswirkungsgrad erhalten, erforderlich. Erfahrungsgemäß kann für den Normalfall Wasser ohne Aufbereitung verwendet werden, wenn es eine Leitfähigkeit = 45,0 mS/m und eine Erdalkalien (Härte) = 1 mol/m³, dies entspricht 5,6° dH, hat. Bei Nachschaltung von Aluminium-Einbauteilen, z.B. Kupfer-Aluminium (Cu/Al)-Wärmetauschern ist insbesondere auf den Silizium-Dioxydgehalt des Wassers zu achten, wobei in jedem Fall Schwierigkeiten auftreten, wenn der SiO₂ Gehalt über 12 mg/l liegt. (11)

2.2. Regelung

Hier ist zuerst die Taupunktregelung zu nennen, die jedoch voraussetzt, daß konstante Wassermengen gefahren werden. Bei Einhaltung konstanter Wassermenge ist sie vergleichbar mit der Taupunktregelung des Düsenbefeuchters mit adiabatischer Luftkühlung.

Als weitere gute Regelungsmöglichkeit bietet sich die Regelung der Wassermenge durch Drosselventile, besser durch 3-Wege-Ventile, an. Gebräuchlich ist auch das Zu- und Abschalten von einer oder mehreren Düsen oder Düsengruppen durch Magnetventile. Dieses findet vorwiegend bei niedrigen Wassermengen Anwendung, wobei es aus energetischer Sicht interessant ist, bei größeren Wassermengen mit zwei oder mehreren Pumpen zu fahren und mindest eine mengenmäßig zu regeln. Als weitere Regelungsmöglichkeit ist das Zwei-Luftstromprinzip bekannt, wobei über Regelungseinheiten mit Klappen ein Luftstrom durch die Kontaktbefeuchtereinheit und der zweite Luftstrom im Bypass daran vorbeigeführt wird. Hier tritt jedoch wie ebenfalls beim Düsenwäscher das Problem der nicht homogenen Vermischung auf.

2.3 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit des Kontaktbefeuchters weist gegenüber anderen Befeuchtungssystemen erhebliche Vorteile auf. Soweit eine Vollentsalzungsanlage zum Einsatz kommen muß und im Unwälzwasserbetrieb gefahren wird, kann der Frischwasserverbrauch um ca. 1/3 gegenüber dem Verbrauch bei Düsenbefeuchterbetrieb reduziert werden. Dieses führt zu geringeren Investitions- und Betriebskosten bei der Wasseraufbereitungsanlage. Die Wasser- Luftzahl ist sehr gering und beträgt in der Regel 0,05 kg Wasser pro kg Luft, was zu erheblich geringeren Pumpenleistungen führt. Daneben ist die erforderliche Förderhöhe der Pumpe klein, was ebenfalls Auswirkung auf die Pumpenleistung hat. Die Investitionskosten sind aufgrund der kompakten Bauweise günstiger als beim Düsenbefeuchter, zumal Düsenbefeuchter wie Kontaktbefeuchter aus korrosionsfestem Material hergestellt sein müssen.

Mittlere Technische Daten:

Wasser- Luftzahl	= 0,05 kg/kg
Förderhöhe	= $3 \cdot 10^4$ Pa
Pumpenleistung	= 5 W/1.000 m ³ Luft
Wasserverbrauch bei 6 g/kg Luftbefeuchtungsleistung	= ca. $12 \cdot 10^{-3}$ kg/kg tr. Luft
Wartungskosten im Verhältnis zu anderen Systemen	= ca. 80 %

2.4 Hygienische Eigenschaften

Der Verdunstungs- oder Kontaktbefeuchter weist gegenüber dem Düsenbefeuchter in hygienischer Sicht erhebliche Vorteile auf. Für hohe Anforderungen kann zusätzlich das Befeuchtungswasser, bevor es die Befeuchtereinheit erreicht, durch Quarzlampen-UV-Strahlung mit Reflektoren aufbereitet werden. Mit dem Verdunsten des Wassers gelangen keine Mikroorganismen oder andere Verunreinigungen wie Mineralien in die Luft. (6) Daneben ist der Kontaktbefeuchter jedoch in der Lage, den Staubgehalt so wie auch den Gehalt an gasförmigen Verunreinigungen zu reduzieren. Das Forschungsinstitut für Gesundheitstechnik TNO der Niederlande führt dazu aus:

Anforderungen an Ventilations- und Klimaanlage für Krankenhäuser zur Verminderung der Gefahr von Infektionen durch die Luft. Dazu heißt es unter 3.2.7.3 Befeuchtungspaket (Kontaktbefeuchter):

"Hierbei strömt Wasser über das Paket, das an eine Honigwabe denken läßt. Dieses Paket wird von der Luft durchströmt. Die Luft nimmt Feuchtigkeit von der nassen Oberfläche des Paketes auf. Hierdurch kommen keine feinen Tröpfchen in die Luft. Ein Tropfenfänger ist dann auch nicht nötig. Wenn das Auftreten einer mehr oder weniger stillstehenden Wasserlache in diesem Paket vermieden werden kann, sollte dieses System für Krankenhausgebrauch auch als völlig akzeptabel angesehen werden. Auch das wechselnde Austrocknen und Befeuchten von der Oberfläche dieses Befeuchtungspaketes wird von bakteriologischer Sicht nicht als gefährlich angesehen. Eine praxisnahe Untersuchung dieses Punktes wird jedoch als erforderlich betrachtet. Rezirkulation des Wassers kann jedoch nicht zugelassen werden. (14)

In der Zeit vom 26.9. bis 2.11.77 wurde im Institut für Polytechnische Hygiene, Homburg/Saar, eine technisch-hygienische Überprüfung eines Düsenbefeuchters und eines Kontaktbefeuchters der Fa. MABAG, St. Ingbert, durchgeführt.

Die Begutachtung wurde unter aseptischen Versuchsraumbedingungen vorgenommen. Der Naßwäscher (Düsenbefeuchter) der Anlage wurde künstlich mit gramnegativen *Pseudomonas* Species beimpft. Während der mikrobiologischen Überprüfung des Naßwäschers wurde einmal eine Kolonie *Pseudomonas* in der Luft festgestellt. Nach der Montage des Kontaktbefeuchterpaketes wurden unter gleichen Versuchsbedingungen in keinem der untersuchten Luftmuster *Pseudomonas* Species nachgewiesen. Die gesamten Untersuchungen wurden unter sehr hoher relativer Luftfeuchte durchgeführt. In dem aseptischen Raum wurden Kondensstellen auf Mikroorganismen untersucht. Es konnten keine *Pseudomonaden* nachgewiesen werden. Hieraus folgt: Die Untersuchung während der Versuchszeit vom 26.9. - 2.11.77 zeigt, daß ein Übergang von Keimen aus dem Befeuchtungspaket in die Luft nicht erfolgt ist. Bei der Überprüfung der Luft mittels Befeuchtung durch den Düsenbefeuchter wurde einmal eine Kolonie *Pseudomonas* der beimpften Species gefunden.

Ann.: Die Raumesinfektion des OP-Traktes wurde am 10./11.10.77 mit einem Formalin-Desinfektionsapparat durchgeführt, die nach dem von Flüge entwickelten Schluß des Desinfektionsverfahrens, d.h. Verdampfung von Formalin mit anschließender Neutralisation durch Ammoniak, erfolgte.

Am 12.10.77 wurden die gesamte Halle und das Klimagerät der Raumesinfektion unterzogen und nach der Einwirkung auf Neutralisation unter-

sucht. Nach Abschluß der Desinfektion wurden die bakteriologisch-hygienischen Messungen über 38 Tage durchgeführt. (12)

Aus Klimatechnischer Sicht sei die Bemerkung erlaubt, daß es sehr interessant ist, daß trotz Beimpfung des Umlaufwassers des Kontaktbefeuchters mit gramnegativen *Pseudomonas* keine Kolonie im aseptischen Versuchsraum nachgewiesen werden konnte.

3. Dampfluftbefeuchter

Für kleine Luftvolumina und damit kleine Dampfmengen kommt gewöhnlicherweise der Elektroden-Verdampfer zum Einsatz. Für den Betrieb von Klimaanlagen, wo normalerweise größere Dampfmengen benötigt werden, wird dieser von Fernheizwerken geliefert oder durch eine betriebliche Kesselanlage oder über Generatoren erzeugt und dem Dampfverteiler zugeführt. Aus dem Dampfverteiler tritt er als trockengesättigter Wasserdampf (Sattdampf) aus und wird an die zu befeuchtende Zuluft abgegeben

3.1 Funktionssicherheit

Die Funktionssicherheit des Dampfluftbefeuchters hängt im wesentlichen mit der Sicherheit der zugeführten Volumenströme, der Kondensatrückleitung und der Funktionstüchtigkeit der Regelung zusammen. Die Sicherheit der Volumenströme findet in der Klimaanlage selbst ihre Bestimmung, die Rückführung der Kondensatmenge, insbesondere im Anfahrzustand und im Abschaltzustand, ist bei verschiedenen Fabrikaten noch nicht techn. einwandfrei gelöst. Auch sind hier oft Montagefehler des Dampfverteilers entscheidend. Die Regelung nimmt einen direkten Einfluß auf die Funktionssicherheit; bei Dampfüberschuß kommt es zur Kondensation, ebenfalls in vielen Systemen bei zu geringem Dampfdruck. Darüber hinaus ist die Oberflächentemperatur der Kanalwandungen zu berücksichtigen. Notfalls sind Isolierungsmaßnahmen durchzuführen. Als weiterer Punkt ist der richtige Einsatz des Dampfverteilers in strömungstechnischer Hinsicht unbedingt zu beachten.

3.2 Regelung

Für eine funktionssicher zu betreibende Dampfluftbefeuchtung ist die richtige Wahl und Auslegung der Regelung entscheidend. Elektrodenverdampfer sind über Ein-Aus- über 3 und mehrstufige Steuerungen sowie durch elektronische Stetig-Regelung zu betreiben. Dampfverteiler zum Anschluß an vorhandene Netze können pneumatisch oder elektrisch gesteuert werden. Eine P oder PI Regelung ist möglich.

Plötzliche Druckanstiege im Dampfnetz können einen unzulässig hohen Anstieg der Luftfeuchte mit den erwähnten Risiken der Kondensation verursachen. Um Druckschwankungen im Netz weitgehend zu eliminieren, ist ein hoher Druckabfall über dem Ventil vorzusehen.

Jede Dampfdruckregelung macht es erforderlich, das Ventil mit der Windfahne oder einem Differenzdruckschalter, einem max. Feuchtebegrenzer und dem Ventilator elektrisch zu koppeln. Hierbei ist die Funktion der Windfahne sowie des Differenzdruckschalters unbedingt in regelmäßigen Abständen zu prüfen. Die Windfahne ist an einer Stelle laminarer Strömung zu montieren. Der max. Feuchtebegrenzer sollte weit entfernt vom Dampfverteiler in einer Zone guter Vermischung der Luft mit dem Dampf montiert sein. Dampfverteilersysteme mit unzureichendem oder keinem Kondensatablauf benötigen zusätzlich einen Anlegethermostaten zur Verhinderung des Wassereinspritzens beim Anfahren.

3.3 Wirtschaftlichkeit

Für kleine Luftmengen und damit kleine Dampfmenngen kommt, soweit nicht Dampf aus einem Netz bereits vorhanden ist, die Dampfaufbereitung nur mittels elektrischer Energie infrage. Hier halten sich die Investitionskosten in Grenzen, wobei die Betriebskosten durch den hohen Preis der Energie sowie durch den hohen Preis der Wartung, welche nur durch Fachpersonal ausgeführt werden kann, über den Kosten der sonstigen Luftbefeuchtung liegen. Für größere Anlagen, und soweit Dampf bereits zur Verfügung steht oder Dampf auch für andere Zwecke benötigt wird, kann die Dampfluftbefeuchtung die wirtschaftliche Lösung sein, zumal eine Einsparung an Investitionskosten oder zumindest eine Umverteilung durchgeführt werden kann. Um eine vorzeitige Korrosion und Zerstörung des Kessels zu vermeiden, wird normalerweise dem Kesselwasser Hydrazin bzw. Levoxin als Korrosionsschutz zugegeben, wobei zu beachten ist, daß Hydrazin eine stark toxische Wirkung hat und Schäden auf den Organismus des menschlichen Körpers ausüben kann. (13) Steht Industriedampf zur Verfügung, welcher normalerweise weder geruchsfrei noch frei von Hydrazin oder anderen Zusätzen ist, so muß der Dampf zur Befeuchtung über einen Umformer erzeugt werden.

3.4 Hygienische Eigenschaften

Es kann als wesentlicher Vorteil des Dampfbefeuchters angesehen werden, daß beim Siedeprozess die ausgefällten Bestandteile nicht in die Raumluft gelangen. Nun ist es falsch anzunehmen, daß der zugeführte Wasserdampf absolut rein von Mineralien ist. Der Restgehalt beträgt bei niedrigen Dampfdrücken ca. 10 % der Speisewasser-Salzkonzentration. Der große Vorteil des Dampfbefeuchters liegt wohl darin, daß sich im Wasser keine Schmutzstoffe anreichern und danach in die Luft gelangen und daß die hohe Temperatur im Wasser die vorhandenen Mikroorganismen abtötet. Eine gefährliche Brutstelle für Mikroorganismen stellt die ungewollte Kondensation des Wasserdampfes in klimatechnischen Anlagenteilen dar. Hier gibt es vielfache Ursachen, die bereits unter Abschnitt "Funktionssicherheit" dargelegt sind. Dieses ist aber nach wie vor ein wesentlicher Nachteil der Dampfbefeuchtung.

SCHLUSSBETRACHTUNG

Abschließend kann festgestellt werden, daß der Dampfluftbefeuchter wohl die teuerste Art der Luftbefeuchtung darstellt, dafür aber mit weniger hygienischen Risiken behaftet ist. Es kann weiter als gesichert angesehen werden, daß der Verdunstungsbefeuchter nach weiterer technischer Entwicklung den Düsenbefeuchter aus hygienischer und aus wirtschaftlicher Sicht vom Markt verdrängen wird.

Als entscheidendes Faktum für die Hygiene wird letztlich immer nicht die Art der Befeuchtung, sondern der Einsatz und die richtige Anordnung von Endfiltern für Räume mit strengen Anforderungen an die Keimfreiheit der Luft sein. Als Grundlage zur Bestimmung der erforderlichen Filterklasse dient für Lüftungstechnische Anlagen in Krankenanstalten die DIN 1946. Für ängstliche Naturen sei darauf hingewiesen, daß der gesunde Mensch gewöhnt ist, in keimhaltiger Luft zu leben. So beträgt die uns umgebende Außenluft auf dem Lande normalerweise 50 - 500 Keime pro m³ Luft, in Ballungsgebieten unserer Großstädte sogar mehrere tausend pro m³ Luft.

Cert-Helmut Gruber
c/o M A B A G
Luft- und Klimatechnik GmbH
Dudweiler Straße 105

6670 St. Ingbert

LITERATURVERZEICHNIS

- (1) Lehrbuch der Klimatechnik, Band 1 Grundlagen
Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, 1974
- (2) E. Grandjean; Raumklimatische Wirkungen verschiedener Heizsysteme
in Büros, Schweiz - BL. HL 33 1969
- (3) E. Grandjean; Luftbefeuchtung von Büroräumen,
Industrielle Organisation 37, 692-697, 1968
- (4) Nemecek I., Wanner, H.U. und Grandjean, E.
in Psychophysiologische Untersuchungen im Versuchsauditorium
der ETH, Zürich
Gesundheits-Ingenieur 92, 232-237, 1971
- (5) Andersen, I.; Lundquist, G.R., and Proctor, D.F.
Human perception of humidity under four controlled conditions,
Arch. Environ, Health 26, 22-27, 1973
- (6) H.W. Wanner, Hygienische Aspekte der Luftbefeuchtung
Chem. Rundschau 28 Nr. 6, 1975
- (7) W.-M. Hofmann, Winterthur/Schweiz
Vortrag auf dem 20. Kongress für HLK in Düsseldorf 1974
- (8) G. Reckzeh und W. Dantenwill
Untersuchungen zur Frage der bakteriellen Kontamination von
Luftwäschern in Klimaanlage
HLH 25 Nr. 12, 1974
- (9) L. Grün - Entwicklung und Stand der Infektionen im Krankenhaus
Arch. Hyg. 154 S. 181/87, 1970
- (10) H.U. Wanner und M. Wirz
Hygienische Aspekte der Luftbefeuchtung in Klimaanlage
Sozial- und Präventivmedizin 19, 351-356, 1974
- (11) E. Herre, Zur Wasserqualität in Luftwäschern von raumlufttechnischen
Anlagen - HLH 29 Nr. 2, 1978
- (12) Vorläufiges Zwischenergebnis
Technisch-hygienische Überprüfung eines Klimagerätes der
Fa. MABAG am Institut für Polytechnische Hygiene, z.Z. nicht
veröffentlicht. i.A. der Fa. MABAG, St. Ingbert
- (13) E. Henne - Luftbefeuchtung S. 36 + 37
Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
- (14) Forschungsinstitut für Gesundheitstechnik TNO, Niederlande
- Anforderungen an Ventilations- und Klimaanlage für Kranken-
häuser zur Verminderung der Gefahr von Infektionen durch die
Luft

Korrosion in Klimaanlage
Auftreten und Möglichkeiten der Abwendung.

R. Scharmann, Freiberg

1. Einführung und Problemstellung

Bei der Luftbefeuchtung in der Klimatechnik wird Wasser als Befeuchtungsmittel eingesetzt. Bedingt durch verschiedene Wasserqualitäten und Wasseraufbereitungsverfahren sowie durch besondere konstruktionsgegebene Merkmale der Wäscherkammern bzw. Klimasysteme, kann es beim Betrieb von Klimaanlage zu erheblichen Störungen und Beeinträchtigungen der Betriebsbereitschaft durch Korrosionsvorgänge kommen.

Durch spezielle Bedingungen in der Düsenkammer werden für verschiedene Bakterienarten gute Wachstumsmöglichkeiten geboten. Von Fall zu Fall sind deshalb besondere Maßnahmen zu ergreifen, um den hygienischen Anforderungen gerecht zu werden.

1.1 Was ist Korrosion.

Korrosion ist die Reaktion eines Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine meßbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt und zu einem Korrosionsschaden führen kann. Unter einem Korrosionsschaden wird im allgemeinen, im verallgemeinerten Sinne, jede Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteiles oder eines Gesamtsystems verstanden (1).

Der Begriff Korrosionsschaden sowie die Begriffe Korrosionsbeständigkeit und Korrosionsschutz muss grundsätzlich zusammen mit den Anforderungen gesehen werden, die an die einzelne Anlage bzw. an das System gestellt werden (2).

1.2 Das System Werkstoff/Wasser/Luft.

Speziell bei Klimaanlage haben wir ein System Werkstoff/Wasser/Luft vorliegen. Die Reaktionspartner Werkstoff/Wasser/Luft sind stets als ein System zu betrachten in dem die Korrosionsreaktionen ablaufen. Das Ausmaß der Korrosion ist hierbei nicht von den Eigenschaften der einzelnen Reaktionspartner allein, sondern ausschliesslich von denen des Systems, d.h. von der Wechselwirkung zwischen den Reaktionspartnern abhängig.

1.2.1 Wasser.

Unter der Annahme, dass nicht korrosionsfeste Werkstoffe in einer Klimaanlage installiert sind, kann davon ausgegangen werden, dass Wasser verschiedener Qualität (Wasserinhaltsstoffe) und Wasser die eine Wasseraufbereitung durchlaufen haben, als korrosiv zu bezeichnen sind (3).

Am Beispiel für Zinkkorrosion durch verschiedene Wasserarten wird deutlich, dass eine Korrosionsverstärkung durch verschiedene Wasseraufbereitungsverfahren bewirkt wird (4,5).

1.2.2 Werkstoffe.

Unter gleichen Bedingungen (Wasserbeschaffenheit und Betriebsbedingungen) kann das Korrosionsverhalten der verschiedenen metallischen Werkstoffe sehr unterschiedlich sein. Für die Beurteilung des Korrosionsverhaltens der wichtigsten Werkstoffe, z.B. unverzinkte und verzinkte, unlegierte Eisenwerkstoffe, hochlegierte Stähle, Kupfer und Kupferlegierungen, sind deshalb entsprechende Normen vorgesehen worden, die das Korrosionsverhalten von metallischen Werkstoffen gegenüber Wasser abzuschätzen versuchen (3).

2. Korrosionsschutz in Klimaanlage.

Speziell in Klimaanlage wird aufgrund der in der Wäscherkammer herrschenden Betriebsbedingungen eine erhöhte Anforderung in Bezug auf Korrosionsschutz gestellt. Dies gilt bei der Betrachtung des Systems Werkstoff/Wasser, sowohl für die Auswahl des Werkstoffes, als auch für die Wasseraufbereitung bzw. Wassernachbehandlung zum Korrosionsschutz der Anlagenbauteile.

In der Wäscherkammer bildet sich, bedingt durch die Betriebsbedingungen, ein Dreiphasensystem Luft/Wasser/Material aus. Ausserdem erfolgt durch die Versprühung des umlaufenden Wassers, welches zur Befeuchtung der Luft dient, eine Sauerstoffsättigung des umlaufenden Wassers, so dass Korrosionsvorgänge begünstigt durch die Sauerstoffsättigung des umlaufenden Wassers ungehindert ablaufen können.

Ein Vergleich der Eisenkorrosion bei sauerstoffarmen und sauerstoffreichen Wässern macht deutlich, wie stark korrosionsfördernd die Anreicherung mit Sauerstoff wirkt (5).

2.1 Materialauswahl.

Aus den bereits angeführten Gründen sollte bei Bau und Konstruktion einer Klimaanlage eine sorgfältige Materialauswahl im Hinblick auf Korrosionsbeständigkeit gegenüber dem später eingesetzten Wasser getroffen werden (4,6).

Für den Bereich der Wäscherkammer sollte ein korrosionsfester Werkstoff eingesetzt werden, der unabhängig von der später eingesetzten Wasserqualität als korrosionsfest zu bezeichnen ist.

Unabhängig von der chemischen Beschaffenheit des Umlaufwassers der Klimaanlage ist bei der Werkstoffauswahl für den Bau des Wasserkreislaufs folgendes zu beachten:

Kupfer und Messing.

Kupfer und Messing dürfen nur verwendet werden, wenn die Strömungsgeschwindigkeit des jeweiligen Mediums unter 1,8 m/sec. liegt.

Verzinkter Stahl.

Verzinkter Stahl darf nur verwendet werden, wenn die Wandtemperaturen unter 60°C liegen.

Aluminium.

Aluminium darf nur verwendet werden, wenn im System kein Kupfer (Kupferlegierungen), Stahl und Stahlguß vorhanden sind.

Edelstahl.

Edelstahl darf nur verwendet werden, wenn der Chloridgehalt im umlaufenden Klimawasser kleiner als 250 g/m³ gehalten werden kann (Gefahr von Spannungsrisskorrosionen).

Stahl und Guß.

Der Einsatz von Stahl und Guß macht in den meisten Fällen eine Nachbehandlung des Klimawassers mit Korrosionsinhibitoren notwendig.

2.2 Wasserqualitäten

Einsatz von Rohwasser.

Bei nicht aufbereitetem Wasser kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass es durch seinen Gehalt an Härtebildnern bei einer Aufkonzentrierung zu Ablagerungen neigt. Das korrosive Verhalten dieses Wassers ist abhängig u.a. vom Gleichgewicht des Wassers, vom Gesamtsalzgehalt, wobei besonders die Höhe des Gehaltes an Chloridionen eine wichtige Rolle spielt und vom Sauerstoffgehalt.

Einsatz von enthärtetem Wasser.

Bei der Enthärtung eines Wassers durch Neutralaustausch, werden die Härtebildner (Schutzschichtbildner) des Wassers entfernt. Die korrosiv wirkenden Wasserinhaltsstoffe (z.B. Chloride) durchlaufen dagegen die Enthärtungsanlage in unveränderter Höhe.

Das so aufbereitete härtefreie Wasser kann naturgemäss auch bei einer Eindickung im Luftwascher nicht mehr zu Härteablagerungen führen. Bei gleichbleibendem Gehalt an Chloridionen, Sauerstoffsättigung und der Abwesenheit von Härtebildnern wird die Korrosivität des Wassers wesentlich erhöht.

Entkarbonisiertes Wasser.

Im Gegensatz zum vorher genannten Verfahren werden bei dieser Art der Aufbereitung nur die Härtebildner aus dem Wasser entfernt, die als sogenannte Karbonathärte vorliegen. Die gesamte Karbonathärte wird in korrosive Kohlensäure überführt. Diese korrosive Kohlensäure kann im Luftwascher durch Rieselentgasung zum Teil entfernt werden. In der Praxis bleibt aber oft ein nicht unerheblicher Anteil an korrosiver Kohlensäure im Wasser zurück.

Die Nichtkarbonathärte und der Gehalt an korrosionsfördernden Chloridionen des Rohwassers werden durch das Aufbereitungsverfahren nicht verändert. Dieses Wasser ist unter Berücksichtigung des Einsatzes nicht korrosionsfester Werkstoffe, als sehr korrosiv zu bezeichnen.

Vollentsalzung.

Bei der Vollentsalzung mittels Ionenaustauscher werden alle Ionen aus dem Wasser entfernt. Durch die fehlende Pufferkapazität des Wassers (salzfrei) bei gleichzeitiger Sauerstoffsättigung (Luftwascher) steigt die Korrosivität dieses Wassers stark an.

2.3 Wassernachbehandlungschemikalien.

Bei der Betrachtung des Systems Werkstoff/Wasser kann die Korrosivität eines unlaufenden Wassers durch die Impfung von Wassernachbehandlungschemikalien zum Korrosions- und Steinschutz positiv beeinflusst werden.

Die Wassernachbehandlung soll dem Korrosionsschutz und der Vermeidung von Inkrustationen im Luftwascher dienen. Für den Korrosionsschutz kommen Stoffe infrage, die die Ausbildung von Schutzschichten begünstigen und Stoffe die die Wirkung von Sauerstoff und anderen Oxidationsmitteln aufheben. Speziell bei Luftbefeuchtungsanlagen ist zu beachten, dass die Zusatzstoffe keine schädliche Folgereaktion bzw. keinerlei Auswirkungen auf die zu befeuchtende Luft haben.

In Abhängigkeit von der eingesetzten Wasseraufbereitung bzw. von der Qualität des Rohwassers werden verschiedene Nachbehandlungschemikalien eingesetzt. Bei Einsatz von Rohwasser, bei dem die Problemstellung Korrosionsschutz und Schutz vor Inkrustation vorliegt, wird ein Kombinationschemikal zum Korrosions- und Steinschutz mengenproportional geimpft (Varidos KTW).

Soll zusätzlich zum Korrosions- und Steinschutz der Anlage auch eine gewisse Kontrolle des mikrobiologischen Lebens durchgeführt werden, so empfiehlt sich der Einsatz eines Kombinationschemikals, welches ausser Korrosions- und Steinschutz auch eine mikrobiocide Wirkung aufweist (Varidos KTW/A).

Durch ein eingearbeitetes Breitbandbiocid mit oberflächenaktiver Wirkung, wird der Luftwascher sauber von organischen Ablagerungen gehalten und bei normaler mikrobiologischer Belastung eine mikrobiostatische Wirkung erzielt.

Beim Einsatz von aufbereitetem (enthärteten, entkarbonisierten und vollentsalztem) Wasser, ist der Einsatz eines Korrosionsinhibitors zu empfehlen, der unabhängig von der Wasserhärte einen Korrosionsschutz der installierten Materialien bietet (Varidos WS).

Selbstverständlich sollten die im Luftwäscher eingesetzten Wassernachbehandlungschemikalien nicht wasserdampflich flüchtig sein, damit keine Beeinträchtigung der klimatisierten Luft erfolgt. Ausserdem sollten die eingesetzten Wassernachbehandlungschemikalien als nicht toxisch zu bezeichnen sein. Empfehlenswert ist ein Gutachten über den LD₅₀-Wert der eingesetzten Chemikalien vom Hersteller zu verlangen.

2.4. Anlagen zur Steuerung und Überwachung der Klimakreisläufe sowie zur mengenproportionalen Dosierung der einzusetzenden Wassernachbehandlungschemikalien.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Betriebssicherheit ist eine Steuerung und Überwachung der Eindickung des Kreislaufwassers (Anreicherung der Salze) notwendig.

Bei einer zu hohen Eindickung des Kreislaufwassers (Anreicherung der Wasserinhaltsstoffe) und der eingewaschenen Schmutz- bzw. Staubpartikel kommt es trotz Einsatz von Wassernachbehandlungschemikalien zu Inkrustationen in der Anlage oder zu starken Korrosionserscheinungen, hervorgerufen durch Überschreiten der Konzentration von gewissen Wasserinhaltsstoffen.

Bei einer zu niedrigen Eindickung des Wassers, bedingt durch eine zu hohe Abschlammung, entsteht ein sehr grosser Bedarf an Zusatzwasser und ein hoher Verbrauch an Korrekturchemikalien.

Beide Extreme, zu hohe Eindickung sowie zu niedrige Eindickung, sind aus den oben angeführten Gründen zu vermeiden. Die optimale Eindickung wird zwischen 2,0 und 4,0-fach liegen und richtet sich nach der Qualität des Ergänzungswassers.

Zur Regelung des maximalen Salzgehaltes in Wasserkreisläufen gibt es zwei gängige Regelsysteme. Durch Messung der Leitfähigkeit im Kreislaufwasser kann mit Hilfe eines Leitfähigkeitsmessgerätes, dessen Sonde im Kreislauf installiert ist, die Wasserqualität ständig überwacht werden. Beim Überschreiten der maximal zulässigen Leitfähigkeit (maximal zulässig-

ger Salzgehalt) wird ein Ventil angesteuert, welches für eine zwangsweise Abschlämzung des salzreichen Wassers sorgt.

Bedingt durch die automatische Nachspeisung mittels Schwimmerschalter oder Niveauelektrode tritt so eine Verdünnung des umlaufenden Klimawassers ein, bis die projektierte Eindickung wieder erreicht ist.

Bei der Steuerung durch Leitfähigkeitsmessung muss allerdings besonderer Wert auf die Güte der verwendeten Leitfähigkeitsselektroden gelegt werden.

Bei dem Prinzip der Steuerung der Eindickung durch Messung des Zuspisewassers wird die Tatsache ausgenutzt, dass in Abhängigkeit von der Verdunstungsleistung zur Aufrechterhaltung des Niveaus in der Wäscherkammer eine gewisse proportionale Menge Frischwasser zugespeist wird.

Durch den Einbau eines Wassermessers mit Reed-Kontakt in die Zuspisewasserleitung ist diese zugespeiste Wassermenge meßbar und kann als Steuergröße für eine zwangsweise Abschlämzung dienen.

Varidos-Automatik-Anlagen mit automatischer Absalzung regeln den maximalen Salzgehalt im Klimawasser und die Varidos-Chemikal-Konzentration. Abhängig von der Leistung der Anlage und der Qualität des Zuspisewassers werden verschiedene Steuereinheiten eingesetzt, die den jeweiligen Betriebsverhältnissen angepasst werden.

3. Mikrobiologische Behandlung.

Vom Hygienisch-Bakteriologischen Landesuntersuchungsamt Nordrhein, Düsseldorf, wurde in Wäscherkammern der Keimgehalt im Wasser untersucht. Es wurden Keimzahlen zwischen 1.750 und 572.000 gefunden. Das Wasser in den Wäscherkammern sollte jedoch annähernd Trinkwasserqualität haben in Bezug auf die Keimzahl (8).

Eigentlich könnte man annehmen, dass Wasser keine gute Nährstoffgrundlage für das Massenwachstum von Mikroorganismen ist. Verschiedene chemisch-physikalischen Bedingungen in der Wäscherkammer bewirken aber gute Wachstumsvoraussetzungen für Mikroorganismen.

Verursacher mikrobiologischer Probleme in Wassersystemen können in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. Algen
2. Bakterien
3. Pilze.

Dabei spielen Algen und Bakterien eine wichtige Rolle, Pilze sind seltener anzutreffen (7).

Für Luftbefeuchtungsanlagen im Klimabereich scheiden Algen als Störfaktor in der Regel aus, da eine wichtige Voraussetzung für ihr Wachstum fehlt: Sonnenlicht.

Zur Reduzierung des Bakterienwachstums wird eine mikrobiologische Behandlung in Klimaanlage, die zur Klimatisierung von Sterilräumen dienen, notwendig sein.

3.1 Anforderungen an ein mikrobiocides Mittel.

Ein Breitbandbiocid sollte gegen alle im Klimawasser vorkommenden Mikroorganismen wirksam sein. Das Biocid sollte ausserdem nicht nur wachstumshemmend sondern auch keimtötend wirken.

Ein für die Praxis geeignetes Biocid sollte darüberhinaus in der Lage sein, Schleimschichten zu durchdringen und somit eine Tiefen- und Reinigungswirkung zu haben, die sonst nur durch den Einsatz von separaten Dispergiermitteln zu erreichen ist.

Diese wichtige Voraussetzung schliesst logischerweise die oft vorgebrachte Forderung an nicht schäumendem Biocid aus, da eine gewisse Oberflächenaktivität und Benetzungsfähigkeit die Voraussetzung für eine zufriedenstellende Wirkung ist.

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt ist die Forderung nach geringer Toxizität, d.h. ein Biocid sollte keine schädliche Wirkung auf Menschen haben und es darf bei Einsatz speziell in Klimaanlage nicht wasserdampf-flüchtig sein.

3.2 Problemlösung.

Vor Einsatz einer mikrobiociden Behandlung sollte festgelegt werden, welche Anforderungen an die mikrobiologische Beschaffenheit des Klimawassers gestellt werden. So ist die Forderung nach einem keimfreien Wäscherkammerwasser in Normalklimaanlagen nicht unbedingt sinnvoll. Dagegen sollte das Systemwasser einer Klimaanlage die zur Klimatisierung von Sterilräumen dient, Trinkwasserqualität haben.

Mit dem Einsatz von Desinfektionsmitteln alleine ist es nicht möglich, die geforderten hygienischen Zustände im Wassersystem einer Klimaanlage zu erreichen.

Die Wirksamkeit von Biociden ist in Anlagen mit feinporigen Ablagerungen aus Härtebildnern oder Korrosionsprodukten nicht mehr gegeben. Untersuchungen haben gezeigt, dass im Prinzip gut wirkende Desinfektionsmittel

aufgrund dieser Erscheinungen in ihrer Wirksamkeit radikal nachlassen und den Anforderungen nicht mehr genügen.

Verhinderung von Ablagerungen und Korrosionsschutz, zusammen mit einer Steuerung der Eindickung des Systemwassers sind die unabdingbaren Voraussetzungen für eine wirksame Kontrolle des mikrobiologischen Lebens.

Diese Voraussetzungen sind gegeben durch den Einsatz eines Kombinationsproduktes zur mikrobiologischen Kontrolle, zum Steinschutz und zum Korrosionsschutz (Varidos KTW/S) sowie durch die Regelung der Eindickung in Wäscherkammern mit Hilfe der Varidos-Automatik-Anlagen.

4. Zusammenfassung.

Bei der Auswahl des jeweils geeigneten Wasseraufbereitungsverfahrens ist der Vergleich zwischen den später geforderten Umlaufwasserdaten und der Qualität des nach der Aufbereitung zur Verfügung stehenden Zusatzwassers unumgänglich.

Bei Bau und Betrieb einer Klimaanlage ist ausserdem bei der Materialauswahl auf die eventuell zu erwartende Wasserqualität des Betriebswassers Rücksicht zu nehmen.

Diese Betrachtungen basieren auf der Annahme, dass es sich um Wasserkreisläufe bzw. Klimaanlage handelt, die nicht korrosionsfest ausgelegt sind. Bei der Betrachtung der mikrobiologischen Probleme spielt die Wasserqualität eine untergeordnete Rolle. Die Verhältnismässigkeit der Mittel ist hier von Bedeutung, d.h. kein übertriebener Einsatz von antimikrobiellen Wirkstoffen dort wo es nicht nötig ist, eine kombinierte Problemlösung dort wo es sinnvoll erscheint.

Rolf Scharmann, Chem. Ing. (grad), Leiter der Anwendungstechnik,
Schilling-Chemie GmbH u. Produktions KG, 7141 Freiberg/N

Literatur:

- (1) A. Rahmel/W. Schwenk: Korrosion und Korrosionsschutz von Stählen, Verlag Chemie Weinheim 1977
- (2) DIN 50900, Beuth Verlag, Berlin, 1975
- (3) DIN 50930, Beuth Verlag, Berlin, 1976
- (4) Orth, Helmut: Korrosion und Korrosionsschutz, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 1974
- (5) Herre, E.: Korrosionsschutz in der Sanitärtechnik, Kramer-Verlag, Düsseldorf, 1972

- (6) Held, H.-D.: Kühlwasser, Vulcan-Verlag, Essen, 1977
- (7) Koppensteiner, G.: Biologische Probleme in Kühlwasserkreisläufen. Wasser, Luft und Betrieb 17 (1973) Nr. 12
- (8) Hoffmann, K.: Gutachten über Desinfektionsversuche an Wäscherkammern von Klimaanlage
Hygienisch-Bakteriologisches Landesuntersuchungsamt "Nordrhein",
Düsseldorf, Tagebuch-Nr. 1/11/1972

Lüftungstechnische Anlagen der Medizinischen Hochschule
Hannover - Planung und technische Entwicklung

von G. Ihne, Hamburg

1.0 Allgemeine Erläuterungen

Die Zentralklinik der MHH besteht aus 10 Gebäuden. Den Kern bilden der Bettenbau mit 12 Geschossen und der UBF-Bau mit 8 Geschossen.

Es war die Aufgabe gestellt, den Gesamt-Komplex der Zentralklinik mit den erforderlichen betriebstechnischen Anlagen auszurüsten. Die Planung wurde Anfang 1964 aufgenommen. Mit den Montagearbeiten wurde Ende 1967 begonnen. Die Inbetriebnahme zum Zwecke der Nutzung erfolgte ab Frühjahr 1972.

Das technische Programm wurde in Abstimmung mit dem Bauherrn unter Mitwirkung der Gewerbeaufsicht und der Feuerwehr entwickelt. Wesentliche Grundlage der Planung bildete die DIN 1946, Bl. 4 - Lüftung von Krankenanstalten - v.1963.

1.1 Raumprogramm

Das Raumprogramm sah folgende Bereiche vor:

- Bettenbau, BGF: ca. 59.000 m²
Gesamtanzahl der Betten ca. 1.000 Stck.
unterschiedliche Krankenzimmergröße für 1 - 6 Betten.
- UBF - Bau, BGF: ca. 46.000 m²
Nutzung:
Ebene 0: Röntgen, Urologie, Behandlung
Ebene 1-3: Laborbereich
Ebene 4: OP-Bereich (17 OP's) , Aufwachraum
- Laborbau, BGF: ca. 7.000 m²
Nutzung:
Rechenzentrum, Laborräume, Untersuchung
- Lehrgebäude, BGF: ca. 17.000 m²
Nutzung:
Hörsäle, Bücherei, Lese- und Arbeitsbereich, Kurslabors
- Chirurgische Poliklinik, BGF: ca. 10.000 m²
Nutzung:
Bereitschaft, Sterillabor, 5 OP's, Räume für Leichtbehandlungen

- Verwaltungsbau, BGF : ca. 4.000 m²
 - Polikliniken West, BGF : ca. 21.000 m²
Nutzung:
Untersuchungsräume für die Bereiche HNO, Augen und Nerven, 2 OP-Gruppen
 - Radiologisches Institut, BGF : ca. 15.000 m²
Nutzung:
Strahlentherapie, Nuklearmedizin
Besonderheit: Reaktorhalle mit Reaktor
Triga - Mark - 1
 - Physikalische Therapie, BGF : ca. 8.000 m²
Schwimmbad, Bäderabteilungen
Psychiatrie BGF : ca. 9.000 m²
- Summe BGF : 196.000 m²

2.0 Leistungsdaten

Für die Bauteile der Zentralklinik beträgt die Gesamtzuluftmenge etwa 1.500.000 m³/h. Die Summen der Anschlußwerte zur Versorgung der Lüftung mit Wärme und Kälte sind, Heizleistung, einschl. stat.Heizung: 32,0 MW (27,6 Gcal/h)
Kälteleistung: 8,4 MW (7,2 Gcal/h)

2.1 Einige Leistungswerte und Kenngrößen der Hauptgebäude:

2.1.1 Bettenbau

Gesamtzuluftmenge:	285.000 m ³ /h
Heizleistung:	6,64 MW (5,71 Gcal/h)
Kälteleistung:	1,6 MW (1,37 Gcal/h)
Anzahl der Lüftungsanlagen:	16 Stck.
Luftwechsel/Bettzimmer:	4,5 fach h ⁻¹

2.1.2 U B F - Bau

Gesamtzuluftmenge:	425.000 m ³ /h
Heizleistung:	7,87 MW (6,77 Gcal/h)
Kälteleistung:	2,43 MW (2,09 Gcal/h)
Anzahl der Lüftungsanlagen:	39 Stck.
Luftwechsel/OP-Räume:	15 fach h ⁻¹

3.0 Luftver- und entsorgung

Die Ver- und Entsorgung der Gebäude mit Luft erfolgt hauptsächlich von der Technikzentrale im Dachgeschoß aus über vertikale Schächte. Bild 1 - Verteilung der Schächte über die Geschoßebenen am Beispiel UBF-Bau.

Die Außenluft wird in Höhe des Dachgeschosses seitlich angesaugt, durch die Geräte aufbereitet und den angeschlossenen Bereichen zugeführt. Die Ausblasung der Fortluft erfolgt an der nördlichen Gebäudekante senkrecht nach oben.

3.1 Versorgung des OP-Bereiches

Die OP-Gruppen befinden sich direkt unterhalb des Technikgeschosses. Jeweils zwei OP's werden von einem Klimagerät versorgt, welches unmittelbar über den angeschlossenen OP's installiert wurde, d.h. es wurde eine dezentrale Versorgung konzipiert.

Vorteile der dezentralen Geräteaufstellung sind:

- niedriges Druckniveau
- Energieeinsparung
- Ventilatorregelung ist nicht erforderlich

Nachteile sind:

- erhöhter Wartungsaufwand
- höhere Anlagenkosten

Aufbau und Funktion einer typischen OP-Klimaanlage gem. Bild 2 - Funktionsschema und den Bildern 3 und 4 - Ausschnitte der Ausführungszeichnungen

Raumkonditionen

Sommer und Winter : Temp. 20 bis 25 °C regelbar
rel. Feuchte 65 bis 50 %

Die Versorgung von 2 OP-Gruppen durch eine Anlage hat den Vorteil einer geringeren Anzahl von Anlagen. Nachteilig ist, daß zu Wartungs- und Reparaturzwecken der erweiterte angeschlossene Bereich außer Betrieb zu nehmen ist.

Aufbau der Luftaufbereitung

- Geräteaufbau
- Vorfilter
- Ventilator, druckseitig

Diese Anordnung hat den Vorteil, daß die Ansaugung von Falschluff aus der Zentrale vermieden wird.

- Vorerhitzer, in zwei Stufen
- Kühler
- Wäscher

Vorteile des Wäschers gegenüber der Befeuchtung mit Dampf sind: Feuchteregelung über Taupunkt, bessere Kontrollmöglichkeit, bei Dampf-befeuchtung ist Kondensatbildung möglich.

Nachteile sind: Wartungsaufwand ist höher, erhöhte Betriebskosten durch kontinuierliche Abschlämzung.

- Grundnachwärmer
- Taschen-Filter, am Geräteaustritt

Zonnennachwärmer

Filter - Feinstfilter als dritte Stufe kurz vor den Luftdurchlässen

Die OP-Abluft wird zu 2/3 unten und zu 1/3 oben abgesaugt. Die Menge beträgt 95 % der Zuluft, um in den OP-Räumen einen Überdruck zu halten. Im Nutzgeschoß wird die Abluft gesammelt und durch den zugeordneten, ebenfalls im Technikgeschoß installierten, Ventilator über Dach ausgeblasen.

Die Anordnung des Technikgeschosses oberhalb der Nutzbereiche entspricht bereits den heute geltenden Gesichtspunkten.

Nach heutigem Stand sind weiterhin richtig:

- Aufbau der Zuluftgeräte
- Einbauart der Filter
- Anzahl der Filter
- Nacherwärmung
- Kanalführung
- Absaugung der Abluft
- Ausblasung der Fortluft

Dem heutigen Stand entspricht nicht ganz:

- Außenluftansaugung , s. DIN 1946 E, Bl. 4
- Zuluftdurchlässe im OP

und den Nebenräumen, Ausführung gem. Bild 4

Heute würde man die Luft in die OP-Räume durch eine großflächige Zuluftdecke mit Stützstrahl einblasen. Hierbei wird eine Raumlufthinduktion von 1 - bis 2-fach erreicht gegenüber der 8- bis 10-fachen bei herkömmlichen Durchlässen. Desweiteren erzielt man eine unterschiedliche Partikel-Konzentration im Zuluftfeld mit zunehmender Verdünnung zur Mitte des Feldes.

- Kanalwerkstoff zwischen der dritten Filterstufe und dem Durchlass.

Zum Zwecke der besseren Reinigungsmöglichkeit würde heute Chrom-Nickel-Stahl (Niro) verwendet.

- Luftwechselzahlen

Es bestehen jedoch unterschiedliche Auffassungen hierzu, z.B. Schweizer Norm.

Die Bestimmung des Luftwechsels könnte in Abhängigkeit von der Auswahl des Durchlasses erfolgen, zumahl durch Neuentwicklungen von OP-Lampen eine Tendenz zu geringerer thermischer Belastung der OP's besteht. Durch den Einsatz qualitativ besserer Durchlässe ließe sich eine Luftwechselreduktion auf ca. 15-fach h^{-1} erreichen, ohne eine Verschlechterung der hygienischen Bedingungen im OP-Feld herbeizuführen.

Seitens der Investitions- und der Betriebskosten würden entsprechende Kosteneinsparungen erzielt.

- Volumenkonstanthaltung

Zur Kompensation der zunehmenden Filterwiderstände würden heute geeignete Volumenregler zum Einbau kommen.

3.2 Be- und Entlüftung der Bettenräume

Raumluftkonditionen

Winter: Temp.: 22 °C

rel. Feuchte: ca 35 %

Sommer: Zulufttemp.: 18 bis 20 °C

rel. Feuchte: lastabhängig

Bei der Auslegung der Anlagen wurde eine max. Außentemperatur von 28 °C zugrunde gelegt.

Luftfilterung: Klasse B

Wie am Beispiel UBFT-Bau aufgezeigt, wird die aufbereitete Zuluft über vertikale Schächte von der Dachzentrale in die einzelnen Ebenen gefördert. Von hier gelangt die Luft durch ein horizontales Kanalsystem direkt in die Bettenräume. Die verbrauchte Luft wird unmittelbar am Fenster oben abgesaugt. Hierdurch wird die bei Sonneneinstrahlung erhitzte Luft (Südfassade) zwischen Vorhang und Fenster sofort abgeführt.

Die Fenster sind zu öffnen.

Die Zuluftanlage (Teilklima) entspricht dem heutigen Standard.

4.0 Schlußbemerkung

Die vor ca. 15 Jahren auf der Grundlage der Normen von 1963 geplanten lufttechnischen Anlagen entsprechen im Aufbau auch noch den heutigen Bestimmungen und Anforderungen. Bei Neuplanungen wird die aufgezeigte Entwicklung und insbesondere die verbesserte Qualität der Anlagenelemente einfließen.

Gerhard Ihne
c/o Brandt Ingenieure
Brennerstr. 27
2000 Hamburg 1

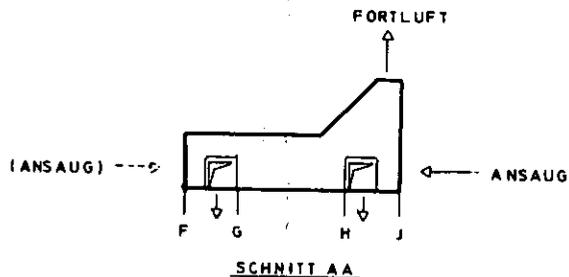
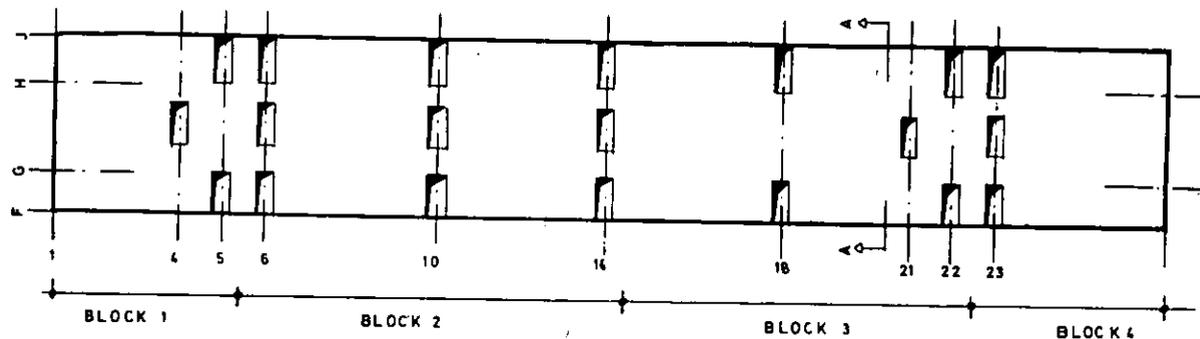


Bild 1 MHH - Lufttechn. Anlagen
 Verteilung der Schächte
 UBF - Bau

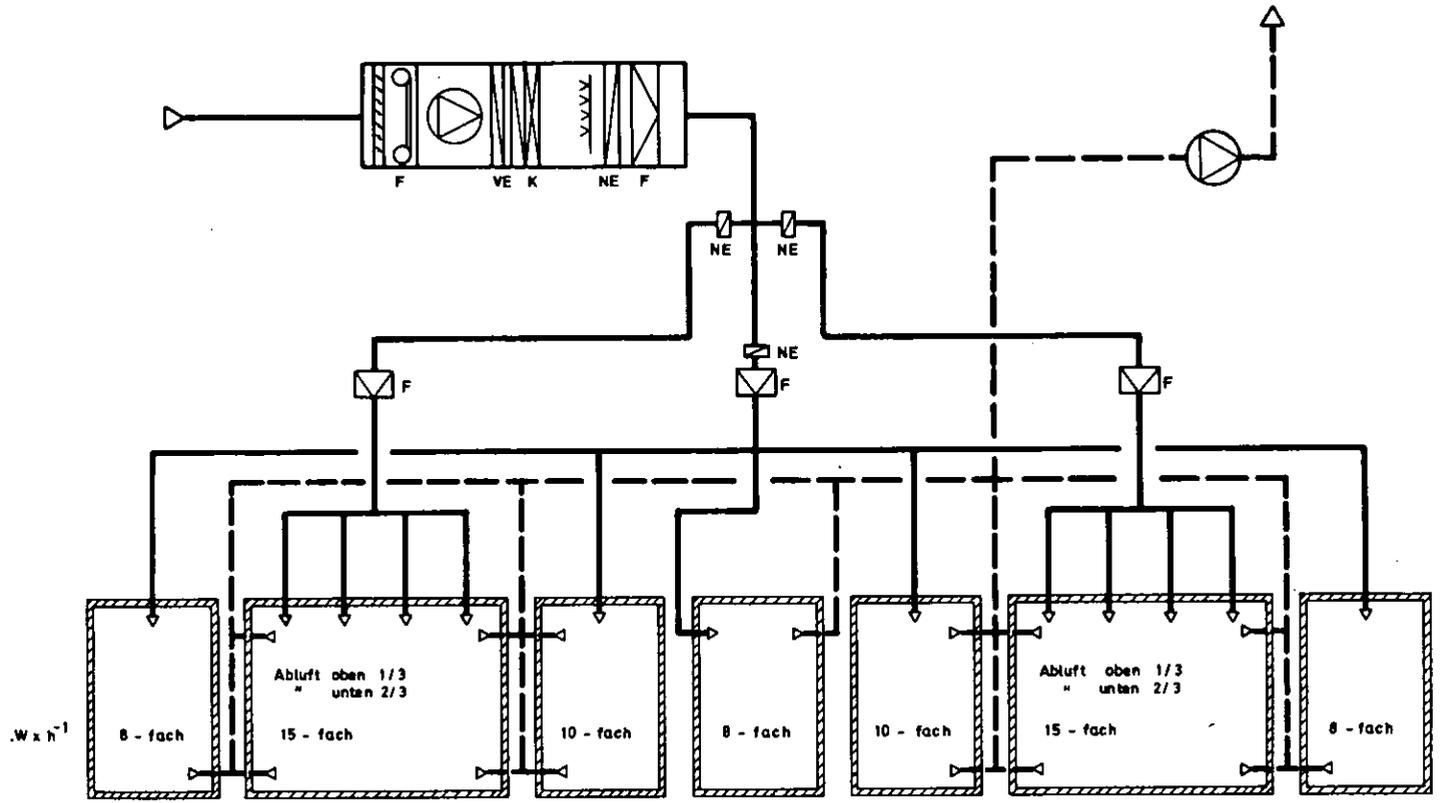
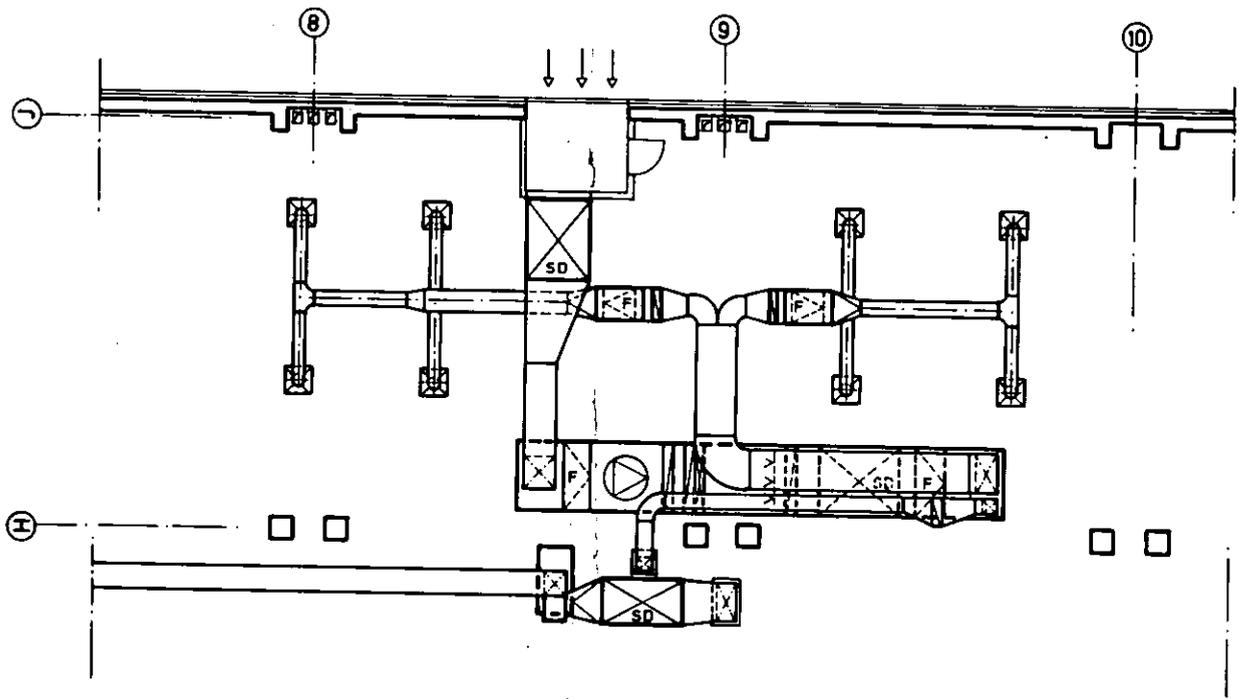


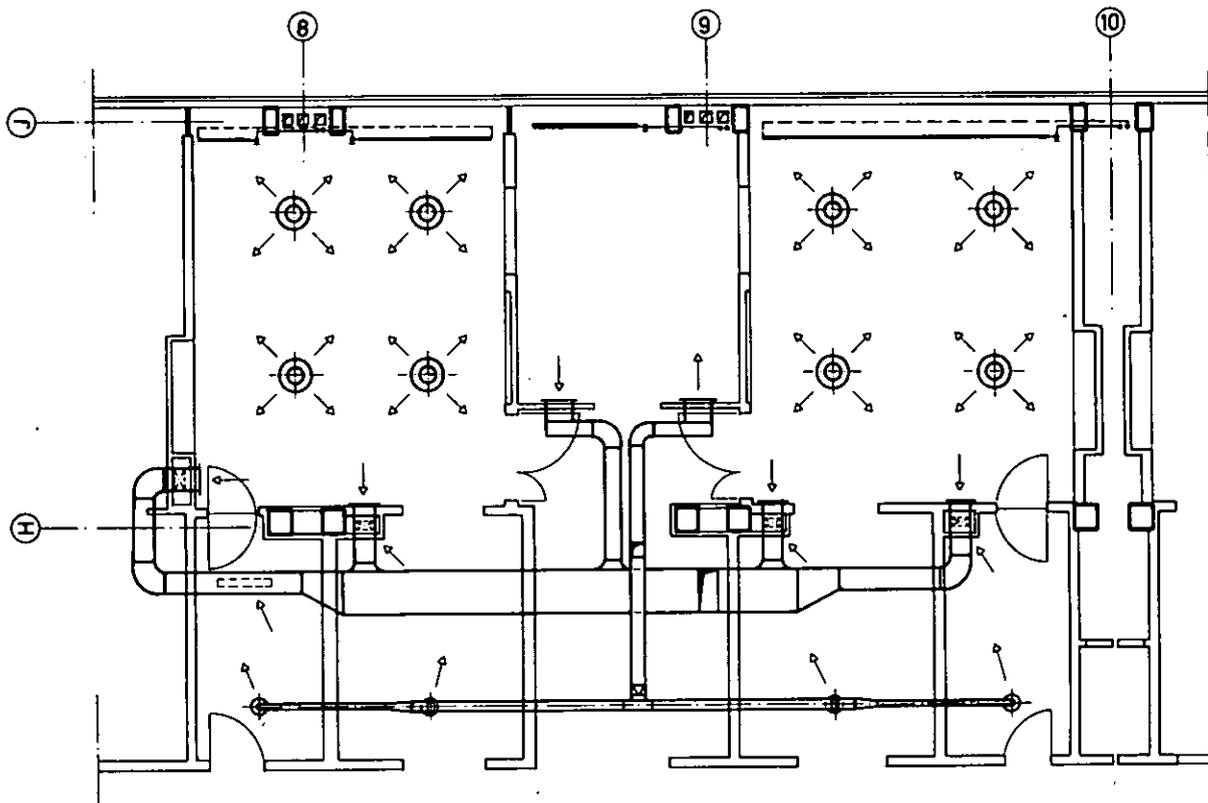
Bild 2 MHH - Funktionsschema einer OP - Klimaanlage



M 1:100
EBENE - 4 a

Bild 3

MHH - Lufttechn. Anlagen
Zentrale OP - Gruppe



M 1:100
EBENE - 4

Bild 4

MHH - Lufttechn. Anlagen
OP - Gruppe

Betriebserfahrungen mit den Klima-Anlagen der Medizinischen
Hochschule Hannover

W. Wawra, Hannover

1. V o r w o r t

Bei diesen Betrachtungen sollen nicht die Vor- und Nachteile einzelner Fabrikate oder Systeme behandelt werden, sondern es soll über allgemeine Erfahrungen, die auch für andere Krankenhäuser von Nutzen sein können, berichtet werden.

2. Bauliche Voraussetzungen

Speziell für Klima-Anlagen im OP- und Intensivpflegebereich ist bei der Planung anzustreben, daß die Klimageräte die in einem extra Technikgeschoß über dem OP- oder Intensivpflegebereich aufgestellt werden. Hierdurch läßt sich eine sehr geringe Geräuschbelastigung erreichen (40 dB). Außerdem können die erforderlichen Wartungsarbeiten durchgeführt werden, ohne daß das technische Personal den OP- oder Intensivbereich betreten muß.

Die Aufzüge müssen bis zum Technikgeschoß fahren, damit Ersatzteile, Filter, Reinigungsgeräte usw. dahin transportiert werden können.

Der Ansaugkanal für die Zuluft der Klima-Anlage sollte möglichst in das obere Geschoß verlegt werden. Hier ist erfahrungsgemäß die Außenluft am saubersten. Wenn zur Außenverkleidung des Zuluftkanals Betonwaben oder ähnliches verwendet werden, so ist es zweckmäßig, diese mit rostfreiem Metall- oder Kunststoffgitter zu verkleiden, damit keine Vögel in diesen Nischen nisten und die Zuluft nicht über Rückstände der Vögel hinweggeführt wird.

Bei dem Aufbau der Klima-Anlagen ist auf peinlichste Sauberkeit zu achten. Es wurde festgestellt, daß zum gleichen Zeitpunkt der Montage noch Maurerarbeiten in denselben Räumen ausgeführt wurden. Der umherwirbelnde Staub setzt sich dann in den Kanälen der Klima-Anlagen ab und ist nachher kaum noch zu beseitigen. Die Kanäle und Formteile müssen bis zur Montage staubdicht verschlossen sein.

Auf Grund der ständig wechselnden Außenluftbedingungen kommt es gelegentlich zur Kondenswasserbildung an den Klima-Geräten. Weiterhin können Undichtigkeiten an den Klima-Geräten auftreten und hierdurch Wasser auf den Fußboden gelangen. Es ist sehr zweckmäßig, die einzelnen Klima-Anlagen auf der Maschinen-Ebene mit einer ca. 10 cm hohen, wasserdichten Betonwanne zu umgeben. Entweder muß innerhalb dieser Betonwanne ein Abfluß sein oder man kann ggf. auch mehrere Betonwannen durch Rohre miteinander verbinden und hierdurch austretendes Wasser ableiten.

Die Fußböden in den Maschinenräumen müssen mit einem beständigen Anstrich versehen sein. Bei rohen Betonfußböden entsteht ein ständiger Abrieb und damit auch eine laufende Verschmutzung der Anlagen. Es muß sichergestellt werden, daß eine Klima-Anlage, z.B. für einen hochseptischen OP, in einem Raum steht, der hygienisch sauber gehalten werden kann.

3. Klima-Geräte

A) Mit Wäscherkammern

Bei den vorhandenen Klima-Anlagen in Kastenbauweise wird das Fehlen einer wartungsvereinfachenden Gerätekonstruktion für leichte Ausbaumöglichkeit von Luftheritzern, Kühlern, Tropfenabscheidern, Gleichrichtern und dergl. als nachteilig festgestellt.

Die genannten Bauteile lassen sich vielfach nicht als Geräte-Sandwich-Teile einfach und schnell für Reinigung, Wartung und Reparatur von außen ausbauen, sondern nur erst nach aufwendigen Teilzerlegungen des Klima-Gerätes mit entsprechend langer Betriebsunterbrechung.

Bei Klima-Anlagen mit kleiner Leistung ist auf Grund von geringen Kammerabmessungen und kleiner Fensteröffnungen die innere Zugänglichkeit der Luftwäscher für Wartungsarbeiten nicht möglich. Sie können demzufolge nur partiell an den von außen erreichbaren Teilen gereinigt und gewartet werden.

Die Lebensdauer der verz. Luftwäscher ist durch starke Korrosionsanfälligkeit verhältnismäßig kurz, dadurch wird ein erhöhter Wartungs- und Reparaturaufwand erforderlich. Nach einigen Betriebsjahren verschiedentlich durchgeführte innere kunststoffartige Beschichtungen erhöhten nur bedingt die Lebensdauer. Sie wurden nach mechanischer Reinigung als Anstrich auf die ankorrodierten Wandungen aufgetragen. Da jedoch eine Sandstrahlenbehandlung nicht möglich war, tritt nach absehbarer Betriebszeit eine Hinterwanderung und Ablösung der Beschichtung ein, deshalb muß der Anstrich in gewissen Zeitabständen wiederholt werden.

Die Tropfenabscheider sind vielfach nicht optimal auf die anlagenspezifische Luftgeschwindigkeit ausgelegt und wurden dementsprechend nicht mit der geeigneten Profilart und Baulänge gewählt. Als Folge davon können an nachgeschalteten Anlagenteilen restliche Wasserabscheidungen auftreten.

Mehrfach wurden die durch Korrosion defekt gewordenen verzinkten Tropfenabscheider und Gleichrichter durch neue Elemente in Kunststoffausführung ersetzt, die sich durch längere Lebensdauer besser bewährt haben.

Bei Anwendung der Kunststoffausführung muß jedoch beachtet werden, daß möglichst nicht in unmittelbarer Nähe Luftherhitzer eingebaut sind, da ggf. bei Anlagenaus-schaltung die durch die Nachheizwirkung entstehende Stauwärme zu thermoplastischer Verformung der Kunststoffelemente führen kann.

Durch fehlende automatische Abschlämmeinrichtungen an den Luftwäschern treten Eindickungen des Wäscherwassers und demzufolge in erhöhtem Maße sedimentartige Verkru-stungen an den Wäschereinrichtungen auf.

Verschiedene durchgeführte Versuchsanordnungen an Einzelanlagen führten zu folgenden Erkenntnissen:

- a) eine kontinuierliche Abschlämmung durch ständigen Wasserablauf mittels eines dünnen Ablaufrohres ist

wegen des hohen Wasserverbrauchs und relativ schnell eintretender innerer Verkrustung des Ablaufrohres nicht zweckmäßig.

- b) eine periodische Abschlämmung mit Leitwertmeßeinrichtung führt zu frühzeitiger Verschlammung und Verkrustung der Fühlerelektrode im Wäscherwasser und damit zu Fehlmessungen, ungünstigstenfalls sogar zum Ausfall der Abschlämmeinrichtung
- c) eine periodische Entschlammung mit Kontaktwasserzähler und Magnetventil in der Ablaufleitung ergab günstige Ergebnisse.

Nachteilig ist es hierbei nur, daß einzustellende Häufigkeit und Dauer der erforderlichen periodischen Entschlammung erst im Betrieb durch zeitintensive Versuche ermittelt werden müssen, um den Wasserverbrauch in wirtschaftlich vertretbaren Grenzen zu halten.

B) Mit Dampfbefeuchtungen

Speziell bei Klima-Anlagen mit Dampfbefeuchtung wurde schon verschiedentlich vom Nutznießer der subjektive Eindruck von "muffiger" Luft festgestellt. Eine Befragung der Planer und Lüftungsfirmen ergab, daß der höhere Aerosolgehalt der dampfbefeuchteten Luft in Verbindung mit dem Filtermaterial der endständigen Schwebstoff-Filter die Ursache sein soll.

Zur Erzielung stabiler physikalischer Luftzustände bei Dampfbefeuchtungsanlagen (z.B. Vermeidung von Überfeuchtungen, starken Regelschwankungen usw.) gehört ein größerer regeltechnischer Aufwand. Der richtige Einbauort der Fühler und die hierfür erforderlichen Meßstrecken sind die Voraussetzung für die einwandfreie Funktion der Klima-Anlage.

Die Funktionsfähigkeit der pneumatischen Regler hängt weitgehend von der sauberen und trockenen Steuerluft ab.

Bei elektronischen Reglern ist die Umgebungstemperatur im Schaltschrank unter 40°C zu halten. Hierfür ist gegebenenfalls eine Fremdbelüftung erforderlich.

Eine Überwachung von Klima-Anlagen sollte nicht nur auf der Elektroseite Bimetall usw. stattfinden, sondern direkt über die Luftströmung mit Strömungswächter oder Differenzdruckschalter erfolgen.

Schlußbemerkung

Auf die neuesten technischen und hygienischen Forderungen wurde in diesem Vortrag bewußt nicht eingegangen. Dazu nehmen andere Referenten in dieser Veranstaltung Stellung.

Um jedoch eine funktionsfähige, betriebssichere und wartungsfreundliche Klima-Anlage erstellen zu können, ist schon bei der Gebäudeplanung eine gute Zusammenarbeit der Architekten und der Fachingenieure erforderlich.

Werner Wawra
Medizinische Hochschule
- Technische Verwaltung -
Hannover

Erfahrungen bei der Abnahme raumlufttechnischer Anlagen in OP-Räumen aus der Sicht des TÜV von P. Boehm, München.

Heute, im Zuge der fortschreitenden Technisierung müssen Mediziner und Techniker gemeinsam bei der Planung, der Abnahme und dem Betrieb von Krankenhäusern Hand in Hand arbeiten, damit technisch optimale Bedingungen für die Operationstechnik und Krankenpflege geschaffen werden. Das Gebiet reicht vom Einsatz neuer, technisch komplizierter Geräte zur Diagnostik bis hin zur Reinraum-Klimaanlage, und man wird sich in der Zukunft in größeren Krankenanstalten über die Einstellung hochqualifizierter Techniker zur Überwachung der Technik Gedanken machen, oder eine regelmäßige Prüfung, z. B. durch Sachverständige, anstreben müssen.

Warum sollte eigentlich Prüfung von raumlufttechnischen Anlagen durch eine neutrale Institution erfolgen?

Natürlich kann der Lieferer der Anlage vormessen, sicher in der Überzeugung, richtig zu messen. Aber gerade zu Luftgeschwindigkeitsmessungen gehört eine große Erfahrung und der Einsatz geeigneter Meßgeräte, damit die Gewähr für eine annähernd richtige Beurteilung gegeben ist. Daran, daß wir im allgemeinen ein Meßspiel von $\pm 10\%$ für die Volumenstrommessung einsetzen, können Sie die Schwierigkeit der Messung erkennen.

Dazu ein Beispiel: Von vielen Firmen wird die Messung der Luftgeschwindigkeit im Kastengerät nach dem Vorwärmer oder nach dem Filter bevorzugt. Dabei werden vielfach Handanemometer verwendet, die über den Querschnitt geführt werden. Voraussetzung ist, daß das Anemometer in Ordnung ist und vor allem geeicht sei. Zwar wird durch das Schleifenziehen die Geschwindigkeit etwas erhöht, aber das wäre noch vertretbar. Der "Meßknecht", wie es bei uns so schön heißt, steht jedoch mit seinem Körper im Meßquerschnitt, verkleinert denselben und erhöht zwangsläufig die Geschwindigkeit. Nachdem hier 10 ./.. 20 % mehr an Volumenstrom erreichbar sind, ist dies ein sehr firmenfreundliches Meßverfahren.

Genauer ist die Luftgeschwindigkeitsmessung in den Luftkanälen, wobei sich das Meßteam außerhalb des Kanales befindet. Dabei werden Netzmessungen durchgeführt und durch die verwendeten Meßgeräte ist ein hohes Maß an Meßgenauigkeit gegeben. Üblicherweise wird vom TÜV Bayern ein Minianemometer verwendet. Allerdings hat das Meßgerät den Nachteil, daß Rückströmungen nicht angezeigt werden und nur durch den Zeigerausschlagswechsel festgestellt werden können. Dann ist eine Nachprüfung der Strömungsrichtung mit dem Prandtl'schen Staurohr erforderlich. Bei sehr großen Meßquerschnitten, die nicht mehr von außen zu erfassen sind, befindet sich die Meßmannschaft ca. 3 m hinter der Meßstelle. Das Anemometer wird für jeden Punkt der Netzmessung verstellt. Im Stachusbauwerk hätte z. B. die Aufstellung des "Meßknechtes" im Querschnitt eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit von 1 m/s und damit eine Erhöhung des Volumenstromes von 20.000 m³/h bedeutet. Soviel als Beispiel.

Bei der Prüfung der raumlufttechnischen Anlagen in OP-Räumen treten nahezu immer wieder gleichgeartete Mängel auf, von denen ich Ihnen einige wesentliche erläutern möchte.

An den Ansauggittern der raumlufttechnischen Anlagen werden meist Kleintiergitter gegen das Eindringen von Vögeln usw. angebracht. Bei ungünstigen Wetterlagen um + 0 °C mit Nebelbildung wachsen die Gitter infolge Rauhreifbildung zu. Das gleiche passiert u. U. bei dicht an der Ansaugöffnung angebrachten Vorfiltern.

Zum Abtauen sollte man hier eine elektrische Beheizung vorsehen, da die Heizung relativ selten benötigt wird. Der Einbau eines mit Wärmeträgeröl beheizten zusätzlichen Vorwärmers erfüllt zwar auch den Zweck und ist ebenso frostsicher. Aber stellen Sie sich vor, was passiert, wenn der Vorwärmer undicht wird und sich der Ölnebel in der Klimaanlage verteilt.

Immer wieder wird die Isolierung der Ansaugkanäle ohne Dampfdiffusionssperre, sprich z. B. Aluminiumfolie, ausgeführt, so daß sich Kondensationserscheinungen und damit Korrosionen

an den Luftkanälen ergeben. Im Winter kühlt sich nämlich die wärmere Raumluft an den kalten Kanälen ab und der Taupunkt wird an der Außenwand des Kanals unterschritten.

Die Architekten sollten sich bei der Gestaltung der Ansaugöffnungen langsam davon frei machen, die Öffnung hinter Buschwerk zu verstecken. Bei einer Großanlage führte dies in jedem Herbst zu Leistungsminderungen, da sich das gesamte Laub in den Vorfiltern und Vorwärmern wiederfand und die Querschnitte entscheidend verengte.

Ein Problem besonderer Art stellen die Klappensteuerungen und die Dichtheit der Klappen dar. Daß eine Klappe nicht einwandfrei funktionieren kann, wenn der Verstellmotor mit 2 Schrauben an dem Blech des Kastengerätes angebracht wird, können Sie sich sicher vorstellen, ebenso, daß ein "Gewindestangerl" von 8 mm keine Luftklappe mit $1,5 \text{ m}^2$ Querschnitt aufzieht, wenn womöglich der Luftdruck schon ansteht.

Bei der Abstimmung der Volumenströme von Außenluft und Umluft muß besonders darauf geachtet werden, daß die Druckverhältnisse im Umluft- und Außenluftkanal etwa gleich sind. Sonst ergeben sich bei der gegebenen Undichtheit der Klappen bei geschlossener Klappe zur Umluftseite oft hohe Luftbeimischungen, die den Außenluftanteil unbeabsichtigt stark herabsetzen.

An Vorwärmer- und Kühlregistern treten Schäden nicht so häufig auf, außer wenn man Aluminiumlamellen auf Kupferrohre aufzieht und diese noch im Wäscherbereich liegen.

Dadurch korrodierten im vorliegenden Fall die Aluminiumlamellen in kürzester Frist durch die Feuchtigkeitseinwirkung. Da es sich um die Heizregister in einem Krankenhaus für die OP-Anlage handelte, war die Forderung nach Hygiene sicher nicht erfüllt.

Vereinzelte wird auch die Heizregisterfläche nach dem Lichtmaß des Kastengerätes und nicht nur nach der Wärmeleistung bemessen. Dies bringt dann bei hohen Vorlauftemperaturen Regelungsprobleme mit sich, da besonders in der Übergangszeit die Regelventile gar nicht so fein einstellbar sind, wie notwendig. Dadurch fordert die Anlage außer Wärme auch Kälte an, das Kühlregister steuert dagegen und die perfekte Wärmevernichtungsmaschine ist fertig. Und oft fällt das niemand auf.

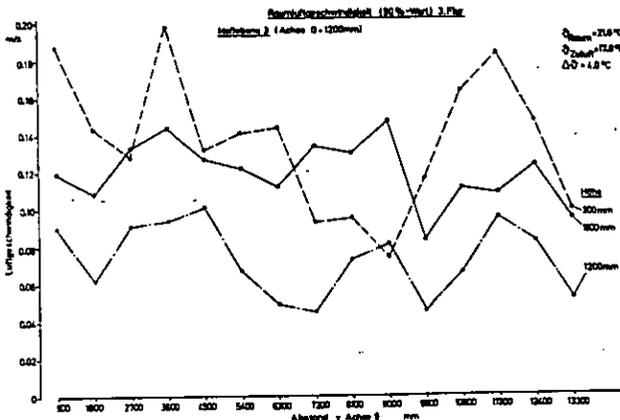
Die Frage der richtigen Bemessung der Kühlerfläche taucht nur vereinzelt auf. Durch den Einbau von Meßblenden auf der Primärseite wird der zugeführte Volumenstrom gemessen. Bei gleichzeitiger Messung der Aufwärmung des Kaltwassers können die Auslegungsdaten ohne weiteres überprüft werden. Dabei müssen natürlich die Lufttemperatur und -feuchtwerte mit erfaßt werden, damit die Leistungsfähigkeit beurteilt werden kann.

Über die Vor- oder Nachteile von Wäschern oder Dampfbeeuchtern sind von unserem Chemischen Labor schon viele Abhandlungen gemacht worden. Meiner Meinung nach ist gegen Wäscher bei entsprechender Wartung und Desinfektion nichts zu sagen, aber an der Wartung fehlt es aus Zeitmangel meistens. Die Untersuchungen über die Wirksamkeit von im Wäscher eingebauten UV-Strahlern zeigen gute Ergebnisse, aber nur solange die Strahler sauber sind und in der Reinhaltung dürfte das Problem liegen.

Bei richtigem Einbau mit entsprechender Ausdampfstrecke wird dem Dampfluftbeeuchter der Vorzug zu geben sein. Der Einbau der Dampfluftbeeuchter in die Klimakastengeräte anstelle des Wäschers hat bei den bisher untersuchten Anlagen keine günstigen Ergebnisse gezeigt, da Korrosionserscheinungen an dem nachgeschalteten Zuluftventilator und den Wänden aufgetreten sind.

Bei dem Einsatz von Wäschern gibt es immer wieder Schwierigkeiten, weil das Wasser trotz der Tropfenabscheider mitgerissen wird. Dies liegt in erster Linie daran, daß durch zu hohe Luftgeschwindigkeiten im Tropfenabscheider die abgeschiedenen Tropfen wieder abgelöst werden und den Zuluftventilator unter Wasser setzen. Der Ablaufsiphon im Wäscher muß entsprechend dem im Wäscher gegebenen luftseitigen Unterdruck bemessen werden, da sonst über den Siphon nur Luft angesaugt, anstatt Wasser abgeführt wird.

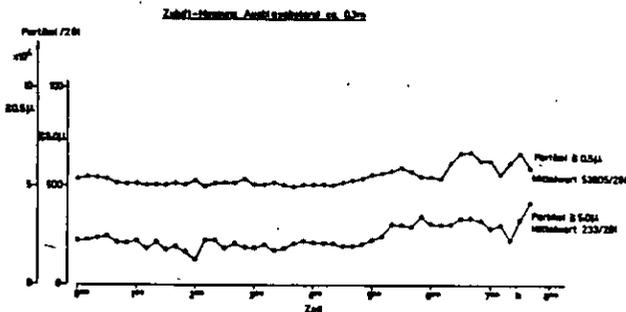
Zur Messung der mit normalen Meßgeräten nicht mehr erfassbaren Strömung setzt der TÜV Bayern einen sog. Spannungsdiskriminator ein. Mit dem Gerät wird in 3 Ebenen, ca. 300 mm, 1200 mm und 1800 mm über Fußboden mit Strömungssonden der Anteil der verschiedenen Geschwindigkeiten erfaßt. Genauer gesagt, mit Hilfe eines Eichgenerators werden fünf Geschwindigkeitswerte im zulässigen Bereich eingestellt. Über 5 Zählwerke wird jetzt der Anteil der jeweils eingestellten Geschwindigkeitswerte über einen Zeitraum von normalerweise 3 min gemessen. Aus den gemessenen Werten wird der 90 % Wert ermittelt und im Diagramm aufgetragen. Der 90 % Wert wird also nur während 10 % der Meßdauer überschritten, was als zulässig toleriert wird.



Die Raumlufreinheit in den OP-Räumen überwachen wir mit Hilfe eines Partikelzählers.

Hierbei wird die Anzahl der Partikel zwischen $0,5 \mu$ und 5μ und über 5μ gemessen. Mit der Messung kann die Reinheit eines Raumes bestimmt werden. Aufgrund von vergleichenden Untersuchungen kann angenommen werden, daß 100 Partikel mit etwa 3 Keimen behaftet sind. Dabei ist allerdings keine Aussage über die Gefährlichkeit der Keime getroffen. Durch den TÜV Bayern wird daher durch eine bakteriologische Untersuchung in Verbindung mit dem Max-von-Pettenkofer-Institut die Art der Keime bestimmt. Da die bakteriologische Untersuchung aber nur eine Momentaufnahme ist, sind beide Untersuchungen notwendig. Durch die Partikelzählung wird gleichzeitig die Dichtigkeit der Filter überwacht. Sofern die in OP-Räumen unbedingt erforderlichen Schwebstofffilter bereits eine Prüfrille besitzen, wird der Dichtsitz der Filter mittels einer Druckprobe geprüft.

Das Diagramm zeigt die Partikelzahlkonzentration für einen OP-Raum ohne Schwebstofffilter.



Bei den bisher untersuchten OP-Räumen zeigten sich immer wieder die gleichen Mängel. Bei neuen Anlagen werden die Schwebstofffilter oft in der Klimazentrale auf dem Dach angeordnet. Dadurch ergeben sich 20 - 30 m lange Kanäle zu den OP-Räumen. Die Kanäle werden so in die Zwischendecken verlegt, daß eine Reinigung aussichtslos ist, weil die Zwischendecken nicht ohne weiteres abgenommen werden können und die Reinigungsöffnungen nur Handlöcher sind.

Der Einfachheit halber werden mehrere OP-Räume an eine gemeinsame Klimaanlage angeschlossen, jedoch zu verschiedenen Zeiten betrieben. Die Luftabspernung erfolgt über Jalousieklappen, die, ob gegenläufig oder nicht, niemals luftdicht sind und daher eine eventuelle Kontamination der OP-Räume untereinander nicht verhindern. Es müssen daher Klappen eingesetzt werden, die dicht schließen, wie sie bei den Lüftungsanlagen für Bunker vorhanden sind.

Bei einer älteren OP-Anlage befand sich die Ansaugöffnung für die Zuluft ca. 6 m über der Abluftöffnung. Hier ergab sich ein perfekter Kurzschluß der Luftströmung zwischen Abluft- und Ansaugöffnung, was die durchgeführten Partikelzahlmessungen bewiesen.

Wie die Vielzahl der Einzelprobleme zeigt, ist die Prüfung der Klimaanlage für Operationsräume unserer Ansicht nach eine der vordringlichen Aufgaben zum Schutz der Patienten.

Oberingenieur P. Boehm
TÜV- Bayern e.V.
Postfach 210420
8000 München 21

Kostenentwicklung bei Raumlufotechnischen Anlagen

von S. Timme, Stuttgart

Kostenentwicklung wird allgemein mit Kostensteigerung gleichgesetzt. In der Tat können diese Kostensteigerungen bei raumlufotechnischen Anlagen in Krankenhäusern und Kliniken festgestellt und nachgewiesen werden. Die Ursachen reichen von den planerisch - baulichen Konzeptionen über Vorschriften, Normen bis hin zu den höheren Nutzeranforderungen und der an Umfang mehr und mehr zunehmenden Medizintechnik.

1. Die Kostenanalyse vermittelt Erkenntnisse

Die Kostenentwicklung der raumlufotechnischen Anlagen wird durch Gegenüberstellung von 2 Objektserien verdeutlicht:

1. Serie: 50 Krankenhäuser und Einzelkliniken
in der Bundesrepublik,
Jahr der Fertigstellung 1964 bis 1975
abgerechnete Kosten

2. Serie: 11 Krankenhäuser und Großkliniken
Projektstadium oder im Bau 1978
berechnete Kosten

Als geeignete Bezugsgröße für Kosten wird die Nutzfläche (NF) als Summe von Haupt- und Nebennutzfläche verwendet (nach DIN 277).

Kliniken	bis 1974 DM/m ² NF	ab 1978 DM/m ² NF
Summe der Baukosten 3.1 - 3.4 (DIN 276)	3.300,-	4.700,-
Anteil der Technikkosten 3.2 - 3.4 (DIN 276)	40 %	51 %
Kostenanteil der RLT- Anlagen einschl. Kälte 3.2.7.0 und 3.3.7.0	5 - 6 %	12 - 14 %

Krankenhäuser	bis 1974 DM/m ² NF	ab 1978 DM/m ² NF
Summe der Baukosten 3.1 - 3.4 (DIN 276)	3.000,-	3.200,-
Anteil der Technikkosten 3.2 - 3.4 (DIN 276)	40 %	51 %
Kostenanteil der RLT- Anlagen einschl. Kälte 3.2.7.0 und 3.3.7.0	4 - 5 %	7 - 9 %

Alle Kostenangaben auf Stand 1977 umgerechnet.

Durch Umrechnung der Kosten auf eine Basis braucht die Baupreissteigerung nicht berücksichtigt zu werden.

Als Ergebnis der Kostenuntersuchung kann festgestellt werden, daß in einem Zeitraum von 10 Jahren der Anteil der raumluftechnischen Anlagen

bei Krankenhäusern verdoppelt und
bei Kliniken verdreifacht wurde.

Diese Steigerung hat ihre Ursache in einer immer umfangreicheren und höherwertigen Anlagentechnik.

2. Höhere Kosten durch immer höhere Anforderungen

2.1 Baugiganten brauchen mehr Luft!

Anfang der 70er Jahre wurden Baukonzeptionen für Kliniken und auch Krankenhäuser mit riesigen Dimensionen eingeführt. Große innenliegende Bereiche müssen lufttechnisch behandelt werden.

Die stündliche Zuluftmenge je m² Nutzfläche beträgt

für kleine Häuser 5 - 8 m³/h

und für große Häuser bis 18 m³/h

steigert sich bei Großkliniken auf 25 bis 30 m³/h.

2.2 Hotelkomfort ist kostspielig

Bis zum kleinsten Kreiskrankenhaus ist heute das 2-Bett-Patientenzimmer mit Sanitärzelle ein selbstverständlicher Standard. Die innenliegende Zelle muß mechanisch be- und entlüftet werden, mit 70 bis 100 m³/h. Das ist der kostengünstigste Fall, und wurde von uns mit DM 1 600,- je Sanitärzelle errechnet.

Man kann die Zuluft auch über das Bettenzimmer führen; dann werden 150 m³/h benötigt sowie Befeuchtung, Kühlung, höherwertiger Luftaustausch, Schalldämmung. Alles zusammen kostet ca. DM 4 000,- je 2-Bett-Zimmer.

2.3 Luft beseitigt innere Wärmelasten

Die Entwicklung der Medizintechnik führt zu immer größerem apparativem Aufwand und höheren elektrischen Leistungen bezogen auf die Nutzfläche. Da hier der Trend am wenigsten einkalkulierbar erscheint, werden die Angstzuschläge für die Raumluftechnik zur Abführung von Wärmelasten entsprechend groß angesetzt.

In einer Untersuchung über elektrischen Leistungsbedarf von Kliniken und Krankenhäusern über 1000 Betten haben wir 1975 ermittelt:

	el. Leistungsspitze
Städtische Kliniken in Betrieb	15 Watt/m ² NF gemessen
Universitätskliniken in Betrieb	21 Watt/m ² NF gemessen
Unikliniken projektiert	73 Watt/m ² NF berechnet

Für Röntgenabteilungen werden von den Herstellern eine Wärmebelastung bis 60 W/m^2 angegeben; eigene Messungen im Betrieb haben weniger als die Hälfte ergeben.

Der Einzug der Computertechnik in die Kliniken mit der Notwendigkeit zur Klimatisierung ist noch zu nennen.

2.4 Elektrisches Licht wird zu Wärme

Die höhere Wärmebelastung durch Beleuchtung ist noch zu erwähnen, wenn auch nicht von gravierender Bedeutung. Die DIN 5035 schreibt im UB-Bereich allgemein 500 Lux vor, die jedoch in vielen Fällen überschritten werden (750 bis 1000 Lux). Für den OP-Bereich wurden die Beleuchtungsstärken in der Norm, Ausgabe Februar 1974, erhöht.

2.5 Brandschutz kann teuer werden

Seit 1974 werden Feuerschutzklappen mit Bauartzulassung vorgeschrieben. Das sind noch keine nennenswerten Mehrkosten. Gravierend kann es jedoch werden wenn die Behörden ein zusätzliches Kanalnetz zur Entrauchung im Brandfall fordern. Gerade bei großer Ausdehnung der innenliegenden Bereiche besteht der Trend zu dieser Forderung.

3. Qualität kostet ihren Preis!

3.1 Ist die DIN 1946 Teil 4 der Hauptkostenverursacher?

Die Herausgabe des Gründruckes Juni 1974 löste bei Bauverwaltungen und Kostenträgern einen Sturm der Entrüstung aus; die Einsprüche gingen dementsprechend zahlreich ein.

Man versuchte die entstehenden Investitionsmehrkosten zu beziffern:

Krankenhausbestand in der Bundesrepublik	2-4 Milliarden DM
Bestand Land Bayern	350 Mio. DM
Bestand Land Baden-Württemberg	300 Mio. DM
Der Arbeitskreis Maschinenwesen und Elektrotechnik (AMEV) ermittelte:	1,7 - 1,8 fach Kosten je Krankenhaus

Der Weißdruck der DIN soll nur noch die 1,5fachen Kosten verursachen.

Es fällt schwer, alle diese Behauptungen zu beweisen; andererseits können sie nicht widerlegt werden.

In der ersten Phase nach Erscheinen des Gründruckes bescherte uns die Unsicherheit oder der Geschäftssinn von Planern und Anlagenerstellern enorm kostspielige Anlagenkomponenten, wie zum Beispiel

- gasdichte Klappen und Revisionsöffnungen mit schweren Guß-Flanschen
- gasdichte VA-Kanäle zu DM 300,- je m² Kanalfläche
- UV-bestrahlte S-Filter - Auslässe.

In der Folgezeit hat sich wieder eine Normalisierung eingestellt und es wurde ein akzeptabler Kompromiß gefunden.

Die DIN 1946 Teil 4 wirkt sich auf die Kosten der raumlufttechnischen Anlagen für Raumklasse I und II-(OP und Intensivbereich) am gravierendsten aus. Nehmen wir als Vergleichsbasis die DIN 1946 Blatt 4 alt, so müssen mehr als doppelte Kosten angesetzt werden, im Verhältnis zum Anfang 1970 eingespielten Standard muß man noch mit dem Kostenfaktor 1,8 bis 2,0 für die Raumklassen I und II rechnen.

Kostenerhöhungen für OP-Bereiche:

Erhöhung Luftwechsel von 10 - 15 auf 20fach	ca. 30 - 60 %
S-Filterauslässe mit Klappe	ca. 10 - 40 %
luftdichte Kanäle	ca. 5 %
niedrigerer Schallpegel 45 auf 40 dB (A)	ca. 5 %
	ca. 50 - 100 %

Für die übrigen Krankenhausbereiche kann die Kostenerhöhung schwer abgeschätzt werden, sie ist auch abhängig von Anlagensystemen.

Es besteht kein Zweifel, daß durch die DIN-Vorschrift eine erhebliche Qualitätssteigerung der raumluftechnischen Anlagen erreicht wird.

3.2 Zusätzliche Investitionen für energiesparende Anlagentechnik

Die raumluftechnischen Anlagen im Krankenhaus müssen mit 100 % Außenluft betrieben werden. Daher werden Wärmerückgewinnungsanlagen zur laufenden Einsparung von Wärme- und Kälteenergie sowie von Befeuchtungsleistung vorgesehen.

Je nach Anlagensystem, ob zusätzlich mit Wärmepumpe bzw. mit Wärmespeicher, entstehen bei der raumluftechnischen Anlage Mehrinvestitionskosten für die Wärmerückgewinnung von 7 bis 10 % bzw. DM 1,50 bis DM 2,- je m³/h Zuluftleistung.

Das Gewerk Heizung wird entlastet durch die erhebliche Reduzierung der Wärmeanschlußleistung. Die Minderkosten gleichen fast die Mehrkosten beim raumluftechnischen Gewerk aus. Eine Kostenverschiebung auf das Konto des Gewerks Lüftungstechnik.

4. Zusammenfassung

Durch Erhebungen und Kostenanalysen wurde festgestellt, daß der Kostenanteil für raumluftechnische Anlagen in den letzten 10 Jahren auf das doppelte angestiegen ist.

Die wesentlichen Ursachen hierfür sind:

- Vervielfachung der lufttechnisch behandelten Flächen durch Gebäudeformen mit großen innenliegenden Bereichen
- Höhere Anforderung an die Lufttechnik, als Folge des starken Anwachsens der medizintechnischen Einrichtungen und der sonstigen apparativen Ausstattung
- Qualitätssteigerung der raumlufttechnischen Anlagen durch die neue Norm DIN 1946 Teil 4, insbesondere für Bereiche mit hohen Anforderungen an die Keimarmut
- Zusätzliche Einrichtungen zur Erzielung eines energiesparenden Betriebes

Literatur:

Staatliche Hochbauverwaltung Baden-Württemberg

Informationsstelle Wirtschaftliches Bauen, Freiburg

Richtlinien für die Baukostenplanung von Universitätskliniken

Januar 1975

Vergleichende Kostenuntersuchung von Gebäudeelementen und
Anlagengruppen für Universitätskliniken

August 1977

Staatliche Hochbauverwaltung Baden-Württemberg

Arbeitskreis Technik im Bau, Stuttgart

Planungsgrundlagen für medizinische Forschungs- und Ausbildungs-
stätten Technik im Klinikbau

März 1977

Brandt Ingenieure

Grundsatzuntersuchung zu den Lüftungstechnischen Anlagen

Operatives Zentrum, Klinik Hamburg Eppendorf April 1976

Verfasser:

Oberregierungsbaurat Stephan Timme

Arbeitskreis Technik im Bau,

Oberfinanzdirektion Stuttgart

Rotebühlplatz 30

Anpassung bestehender raumlufttechnischer Anlagen in
Krankenanstalten an den heutigen Stand der Technik

von K. Flaig, Stuttgart

Der in Kürze erscheinende Weißdruck für das Normblatt
DIN 1946, Teil 4, gilt in erster Linie für Neubauten, in
zweiter Linie aber auch für Umbauten in Krankenanstalten.
Unabhängig davon gibt es aber eine riesige Anzahl von be-
stehenden raumlufttechnischen Anlagen in älteren Kranken-
anstalten. Jeder für den Betrieb solcher Anlagen Verantwortli-
che macht sich zu Recht Gedanken, ob es beim heutigen Stand
der Kenntnisse noch zulässig ist, diese Anlagen in ihrem alten
Zustand zu belassen. In den nachfolgenden Ausführungen soll
beleuchtet werden, wie ältere RLT-Anlagen unter einem wirt-
schaftlich vertretbaren Aufwand an den heutigen Stand der
Technik angepaßt werden können.

Die Beschreibung der einzelnen Möglichkeiten soll an Hand der
Skizze über den Aufbau einer RLT-Anlage in Bild 1 erfolgen.

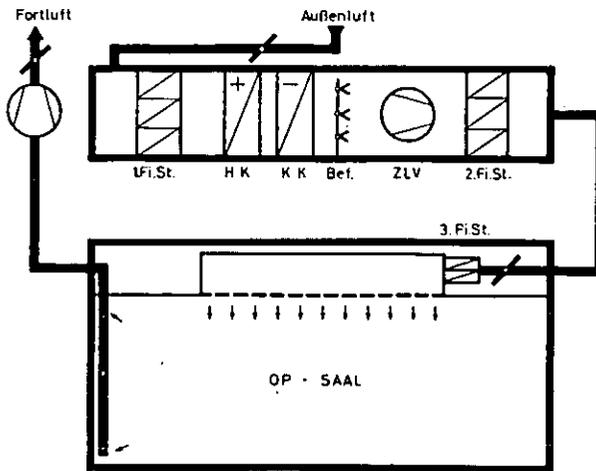


Bild 1: Aufbau einer RLT-Anlage für OP-Saal

1. Außenluftansaugung

Wie Untersuchungen gezeigt haben, ist über horizontalen Flächen, also über dem Erdboden und über Dächern, mit einer erhöhten Keimkonzentration zu rechnen. Insbesondere in der Nähe von Rasenflächen ist die Gefahr des Auftretens von Gasbrandbazillen groß. Aus diesem Grund soll die Außenluft-Ansaugöffnung in einer Höhe von 3 m über horizontalen Flächen liegen. Sofern bei einer älteren Anlage diese Öffnung wesentlich tiefer liegt, sollte eine Änderung unbedingt angestrebt werden. Dies läßt sich durch das Hochmauern eines Schachtes in den meisten Fällen ohne große finanzielle Aufwendungen realisieren. Tief liegende Ansaugschächte oder Ansaugstellen direkt an Straßen oder in Grasflächen dürfen nach den heutigen Erkenntnissen nicht mehr geduldet werden. Nicht ganz so tragisch ist es, wenn die geforderten 3 m Höhe bei einer Ansaugstelle über einem hoch gelegenen Flachdach nicht eingehalten werden können. Zu beachten ist jedoch allgemein, daß Ansaugschächte eine horizontale Abdeckung aufweisen müssen, die Ansaugfläche muß in der vertikalen Ebene liegen. Sollte ein an das Abwassernetz angeschlossener Bodenablauf oder ein Sickerschacht vorhanden sein, so ist dieser schnellstens zu schließen. Eventuell muß das Wetterschutzgitter verbessert werden, sodaß kein Regen in den Ansaugschacht eindringen kann.

2. Klimagerät

Die gesamte Luftaufbereitungszentrale muß innen gut gereinigt und desinfiziert werden können. In früheren Jahren wurden z.T. auch in Krankenhäusern Klimageräte installiert, die auf der Innenseite eine offen liegende Isolierung haben. Solche Geräte sollte man nachträglich mit Blech auskleiden, sodaß eine Desinfektion möglich ist. Um Kondensationserscheinungen zu vermeiden, ist auf eine vollflächige Wärmedämmung des Gerätes zu achten.

An der Gesamt-Zuluftmenge eines Klimagerätes läßt sich nachträglich fast nichts mehr ändern. Die ursprüngliche Luftmenge kann im Normalfall nur unwesentlich angehoben werden. Bei den meisten Raumgruppen ist auch nach der neuen Norm keine Luftmengenerhöhung erforderlich. Für die OP-Räume selbst wurde die Luftwechselzahl auf 20-fach/h erhöht gegenüber dem alten Normblatt von 1963 mit einer Luftwechselzahl von 8 bis 10-fach/h. Jedoch ist man auch bei älteren Anlagen in den seltensten Fällen wegen der anfallenden thermischen Belastungen mit so kleinen Luftmengen ausgekommen. Die meisten OP-Klimaanlagen weisen einen 12 bis 15-fachen Luftwechsel pro Stunde auf. Für eine Veränderung der Zuluftmenge besteht somit keine zwingende Notwendigkeit.

2.1 Erste Filterstufe

Zumindest Klimaanlagen für den OP-Trakt enthalten auch bei älteren Baujahren eine zweistufige Filterung. Die erste Filterstufe wurde auch früher entweder direkt hinter dem Außenluftgitter oder beim Eintritt in das Klimagerät angeordnet. Rollbandfilter sind darauf zu überprüfen, ob eine einwandfreie seitliche Führung des Filtermediums gewährleistet ist. Bei älteren Konstruktionen konnte es immer wieder vorkommen, daß das Filterband aus der Schiene herausgezogen wird. Das Filtermedium für die erste Stufe muß mindestens der Klasse B 2 entsprechen. Ältere Anlagen mit nur einer Filterstufe sollten nur für Räume ohne größere Ansprüche an die Keimarmut toleriert werden. In diesen Fällen muß zumindest ein Filter der Klasse C eingesetzt werden. Dies ist meistens auch nachträglich möglich. Wenn der Zuluftventilator den erhöhten Luftwiderstand nicht verkräftet, ist der Einbau einer Zwischenklasse B 2/C zu überlegen. Ein weiterer Ausweg kann darin bestehen, daß man das Filter nicht bis zum maximal zulässigen Endwiderstand ausnutzt. Zur Überwachung muß bei jedem Filter ein Differenzdruck-Meßgerät eingebaut werden.

2.2. Wärmeaustauscher

Lufterhitzer und Luftkühler sollten zwar für die Reinigung und Desinfektion leicht ausziehbar sein. Diese Forderung läßt sich ohne größeren Aufwand nachträglich meist nicht verwirklichen. Der Kühler selbst muß als Nebenaufgabe die Entfeuchtung der Luft übernehmen. Das Auftreten von Kondenswasser läßt sich deshalb nicht vermeiden. Da die Vermehrung von Mikroorganismen Zeit erfordert, ist zunächst dafür zu sorgen, daß das ausgeschiedene Kondenswasser so schnell wie möglich abfließen kann. Der Kühler mit Tropfenabscheider, Schwitzwasserwanne und Syphon ist hierauf zu überprüfen. Bei saugseitig angeordnetem Kühler kann es vorkommen, daß durch Unterdruck das Schwitzwasser nicht richtig ablaufen kann, sofern der Syphon eine zu geringe Standhöhe hat. Da der Kühler durch seine Naßstellen immer einen Gefahrenherd darstellt, sind periodische bakterielle Kontrollen angebracht.

2.3. Luftbefeuchter

Der in älteren Anlagen bevorzugte Sprühbefeuchter (Luftwäscher) ist die gefährlichste Brutstätte für Bakterien in der Klimaanlage. Dies trifft besonders auf den Umlauf-Sprühbefeuchter zu. Durch Zugabe von Desinfektionsmittel hat man zwar eine Herabsetzung der Keimzahl erzielen können, es bestehen jedoch große Bedenken wegen der eventuellen toxikologischen Auswirkungen bei einer ständigen Desinfektionsmittel-Zugabe. Eine Verbesserung der Verhältnisse kann man durch Entkeimung mit UV-Bestrahlung des Wassers erreichen. Voraussetzung ist jedoch eine ständige Wartung und Reinigung dieser Einrichtungen. Solche UV-Strahler lassen sich leicht auch nachträglich in das Luftwäscher-Becken einbauen. Beim Sprühbefeuchter wird die Luft zusätzlich durch den Keimträger Staub belastet. Je nach Wasserhärte werden durch die Verdunstung Salze freigesetzt und vom Luftstrom mitgerissen. Dies läßt sich durch Totalentsalzung des Zusatzwassers fast nahezu verhindern.

Zusätzlich muß jedoch der Sprühbefeuchter in kurzen Abständen gereinigt und desinfiziert werden.

Da mit den vorgenannten Maßnahmen die Gefahr einer Keimausbreitung immer noch sehr groß ist, ist es empfehlenswert, bei älteren Anlagen den Sprühbefeuchter durch einen Dampfbefeuchter zu ersetzen. Bei der Dampfluftbefeuchtung wird kein Staub produziert. Keime können nicht freigesetzt werden, da diese durch die Dampf-Temperatur von über 100°C abgetötet werden. Bei nicht sachgemäßer Installation eines Dampfluftbefeuchters kann sich aber auch an den nachfolgenden Apparate-teilen Kondenswasser abscheiden. Deshalb ist für eine feine Dampfverteilung über den gesamten Kanalquerschnitt zu sorgen. Dampfmenge, Anzahl der Dampfaustrittsöffnungen, Dampf-vordruck, Kanalgeschwindigkeit und Befeuchtungsstrecke sind genau aufeinander abzustimmen. Der in älteren Klimageräten vorhandene Platz für den Sprühbefeuchter bietet sich an für den Einbau eines Dampfluftbefeuchters.

In Bild 2 ist ein Dampfluftbefeuchter abgebildet, bei dem die Dampfaustrittsöffnungen ähnlich den Düsen eines Sprühluftbefeuchters angeordnet sind. Bei dieser feinen Dampfverteilung lassen sich relativ kurze Befeuchtungsstrecken erzielen.

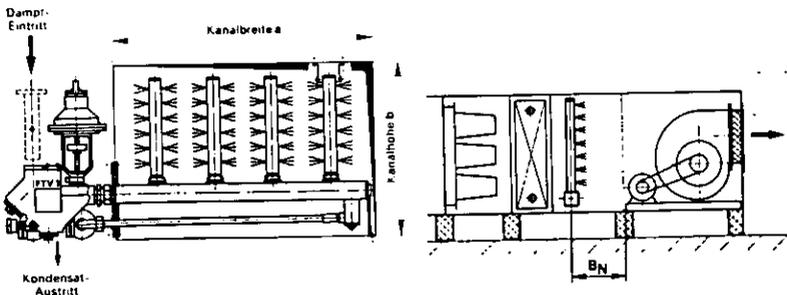


Bild 2: -Dampfluftbefeuchter mit feiner Dampfverteilung

Der Fühler für die Feuchterege lung muß genügend weit vom Dampf- befeuchter plaziert werden. Es muß gewährleistet sein, daß eine ausreichende Durchmischung der Luft mit dem Dampf am Meß- ort vorhanden ist. Bei einer eventuellen Umrüstung von Wasser- befeuchtung auf Dampfbefeuchtung muß beachtet werden, daß die adiabatische Abkühlung entfällt und daß durch die Dampfzufüh- rung und durch das heiße Dampfvertei lrohr eine Lufttemperatur- erhöhung von 1 - 4 K eintreten kann.

2.4... Zuluftventilator

Wie weiter oben erwähnt, ist eine Vergrößerung der Zuluftmenge meistens nicht zwingend notwendig. Durch den nachträglichen Einbau von zusätzlichen Apparate teilen, insbesondere von hoch- wertigeren Luftfiltern, muß die Förderhöhe des Zuluftventilators angehoben werden. Es ist zu prüfen, welche der folgenden Maß- nahmen erforderlich werden:

- Erhöhung der Ventilator drehzahl durch Änderung der Keilriemenscheiben
- Vergrößerung des Elektromotors
- Ersetzen des Ventilator-Flügelrades durch ein Hoch- leistungslaufrad
- Auswechseln des gesamten Ventilator-Aggregates.

2.5... Zweite Filterstufe

Nach der neuen Norm soll am Geräteausgang die zweite Filter- stufe, Klasse C, angeordnet werden. Dies sollte auch bei einer geplanten Anpassung einer RLT-Anlage an den heutigen Stand der Technik angestrebt werden. Insbesondere wenn das Klimagerät noch einen Sprühluftbefeuchter enthält.

3. Lüftungsleitungen

Gemauerte Lüftungsleitungen mit glatter Innenwandung können für die Außenluftansaugung noch geduldet werden. Für Zuluft- leitungen dagegen sind nur Blechkanäle oder ähnlich glattes Material zulässig. Demnach sollten sämtliche gemauerten Zuluft- kanäle und Zuluftschächte durch Blechkanäle ersetzt werden.

Da erfahrungsgemäß die Luftgeschwindigkeiten in gemauerten Kanälen nicht so hoch angesetzt werden, ist ein Einziehen von Blechkanälen mit etwas kleinerem Strömungsquerschnitt ohne Nachteil möglich. In Normalkanälen sind Reinigungsöffnungen umstritten. Man ist sich im klaren darüber, daß ein weitverzweigtes Kanalnetz nicht reinigbar ist. Trotzdem sollte man an einigen Stellen, z.B. am unteren Ende von Steigkanälen, dichtschießende Revisionsöffnungen anbringen.

Der Wunsch, Lüftungsleitungen zu desinfizieren, ist in den letzten Jahren immer häufiger geworden. Sofern das Leitungsnetz nicht zu ausgedehnt ist, kann ein Desinfektionsgerät nach Bild 3 eingesetzt werden.

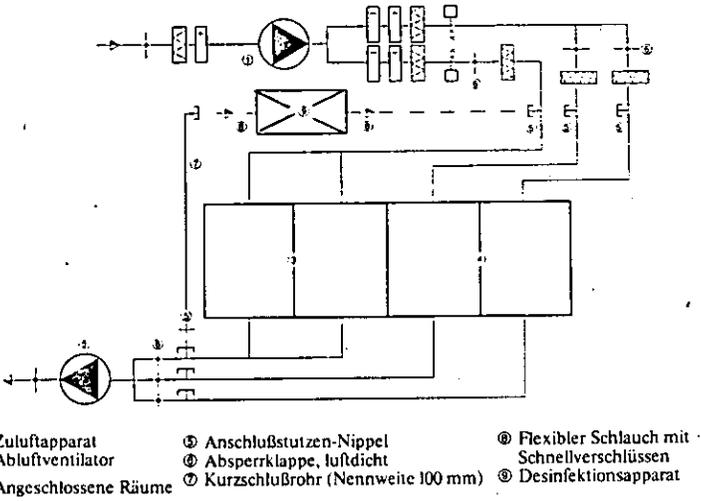


Bild 3: Desinfektion eines Kanalnetzes

Ein speziell hierfür entwickelter Apparat drückt ein Luft-Desinfektionsmittel-Aerosolgemisch in das Kanalsystem. Die Rückführung dieses Gemisches erfolgt über den abgedichteten Raum, über den Abluftkanal zum Desinfektionsapparat zurück.

Als weitere Vorsichtsmaßnahme sollte das Zuluftkanalnetz darauf untersucht werden, ob im Kanalinneren durch Taupunktunterschreitung Kondenswasser auftreten kann. Gegebenenfalls ist durch entsprechende Wärmedämmung für Abhilfe zu sorgen.

4. Dritte Filterstufe

Bei älteren RLT-Anlagen besteht vermehrt die Gefahr, daß sich auf dem Weg der Luftaufbereitung Brutstätten für Mikroorganismen bilden. Ein Schwebstofffilter kann die letzte Barriere für Bakterien darstellen. Aus diesem Grund sollte jede RLT-Anlage für OP-Räume ein Filter der Klasse S oder R enthalten. Eine nachträgliche Installation ist fast unumgänglich, sofern eine OP-Anlage noch mit einfachen Filtern der Klasse C ausgerüstet und ein Umlauf-Sprühbefeuchter eingebaut ist.

Dieses Schwebstofffilter soll (auch bei zweistufiger Filterung bei nachträglicher Umrüstung) so nah wie möglich der zu versorgenden Raumgruppe angeordnet werden. Wenn das Filter außerhalb des OP-Bereiches installiert worden ist, ist eine Wartung problemlos. Aus der Sicht des Filterwechsels ist die Platzierung des Schwebstofffilters innerhalb des OP-Bereiches ebenfalls zu akzeptieren, da diese Filter bei entsprechender Vorfilterung eine Standzeit von 2 - 3 Jahren aufweisen. Es können auch getrennte Kanalfilter für jeden einzelnen Raum eingebaut werden, es muß dann durch geeignete Vorrichtungen die unterschiedliche Verschmutzung der Filter korrigiert werden.

Vielfach werden auch sogenannte Endfilter, d.h. Filteranordnung direkt hinter dem Durchlaßgitter, empfohlen. Bei diesem System ist das Desinfektionsproblem am besten gelöst. Wegen der Gefahr der Zugerscheinung kann diese Art jedoch nur für untergeordnete Räume empfohlen werden (Siehe Abschnitt 5). Zur Überwindung des höheren Luftwiderstandes werden auch Endfilter kombiniert mit einem Schubgebläse angeboten. Der etwas erhöhte Geräuschpegel muß in Kauf genommen werden.

5. Lufteinführung in den Raum

Bei der Sanierung einer älteren Klimaanlage bietet sich der Einbau eines mit dem S-Filter kombinierten Decken- oder Wandluftdurchlaß direkt an. Deckenluftauslässe können auf zwei verschiedene Arten eingestellt werden:

- a) Der Luftstrahl wird senkrecht nach unten gelenkt
- b) Der Luftstrahl wird schräg nach unten gelenkt.

Im Fall a) ist mit Sicherheit unterhalb des Deckenluftauslasses mit starken Zugscheinungen zu rechnen. Im Fall b) legt sich die Luftwalze an der Decke an und wird entweder an der Wand nach unten geleitet oder stößt sich am Luftstrahl des Nachbarauslasses und dort ist eine massive Luftwalze nach unten zu erwarten. Direkt unter dem Auslaß ist im Fall b) eine kräftige Aufwärtsbewegung von Sekundärluft zu verzeichnen. Diese Sekundärluft ist aber schon weitgehend mit den im Raum vorhandenen Keimen versetzt. Sofern nun der OP-Tisch direkt unter einem Deckenluftauslaß steht, wird dem Wundbereich Luft mit erhöhter Partikelzahl zugeführt.

Wesentlich günstiger in der Luftführung ist eine Zuluftdecke. Selbstverständlich darf die Zuluft nicht in einen unkontrollierten, gemauerten Deckenhohlraum gedrückt werden. Die Luft muß in einen geschlossenen, für die Desinfektion leicht offenbaren Druckkasten aus Blech eingeblasen werden. Mit einer solchen in Raummitte angeordneten Zuluftdecke lassen sich auch große Luftmengen komfortmäßig in den Raum einbringen. Weiterhin ist gewährleistet, daß dem OP-Tisch relativ keimarme Luft zugeführt wird.

Bei einer geplanten Modernisierung sollte deshalb der OP-Raum selbst mit einer solchen Zuluftdecke ausgerüstet werden. Nebenräume und Räume mit geringeren Luftwechselzahlen können auch Wand- oder Deckenluftauslässe erhalten.

6. Druckhaltung im Raum

Die Luftströmung zwischen zwei Räumen soll immer nur in Richtung zu dem Raum mit den geringeren Anforderungen an die Keimarmut erfolgen. Aufgabe der RLT-Anlage ist es, für einen Zuluft- oder Abluftüberschuß zu sorgen. Messungen haben gezeigt, daß durch dieses Hilfsmittel die gewünschte Luftströmung auch bei hohem Luftüberschuß nicht eingehalten werden kann, sofern die Räume bauliche Undichtheiten aufweisen. Deshalb sind bei jeder Umplanung die baulichen Gegebenheiten zu überprüfen. Eventuell muß eine verriegelte Schleuse vorgesehen werden.

7. Räume mit besonders hohen Anforderungen an die Keimarmut

Bei besonders hohen Anforderungen an die Keimarmut bietet sich in Altbauten häufig der Einbau einer Reinraumanlage an. Es gibt komplette Kabinen auf dem Markt, die zum Teil die Schubgebläse beinhalten, oder bei denen ein kleines Zuluftaggregat in einem Nebenraum untergebracht wird. Die Außenluftzufuhr übernimmt die alte, vorhandene Klimaanlage.

8. Wärmerückgewinnung

Da RLT-Anlagen in Krankenanstalten mit reiner Außenluft betrieben werden müssen, ist man auch daran interessiert, ältere Anlagen umzurüsten. Bei den meisten Wärmetauschern, regenerativ und rekuperativ, ist es erforderlich, die Außen- und Fortluftströme an den Apparat direkt anzuschließen. Die hierzu notwendigen Kanaländerungsarbeiten lassen sich baulich und finanziell selten realisieren. Aus diesem Grund empfiehlt sich der Einbau eines Luft-Wasser-Luft-Systems. Je 1 Wärmetauscher wird im Außen- und Fortluftkanal plaziert. Die fühlbare Wärme wird mittels Wasserzirkulation in Rohrleitungen übertragen. Zu überprüfen ist, ob die vorhandenen Ventilatoren den zusätzlichen Luftwiderstand der Wärmetauscher übernehmen können.

Ähnlich einfach läßt sich auch bei älteren Anlagen Energie mittels einer Wärmepumpe rückgewinnen. Ob dieser Weg wirtschaftlich ist, kann nur eine exakte Berechnung Auskunft geben.

Schlußbemerkung

Bei einer beabsichtigten Sanierung von RLT-Anlagen in Krankenanstalten sollte man sich immer die Verhältnismäßigkeit der einzelnen Maßnahmen vor Augen halten. RLT-Anlagen bilden zwar einen wichtigen Faktor in der Krankenhaus-Hygiene. Sie sind aber nur ein Glied in einer langen Reihe von erforderlichen Maßnahmen zur Verhinderung der Keimausbreitung. Deshalb sind genaue Überlegungen anzustellen, welche Umbauten und Änderungen an einer Klimaanlage sich lohnen.

Dipl.-Ing. K. Flaig
Gebr. Sulzer Heizung u. Klimatechnik GmbH
Postfach 260
6308 Butzbach

Technische Entwicklungstendenzen bei Klimaanlage
im Krankenhaus von Prof. Dr.-Ing. F. Steimle, Essen

1. Warum heute Klimaanlage im Krankenhaus?

Bei der Frage der Notwendigkeit von Klimaanlage im Krankenhaus muß unbedingt zwischen dem Operationsbereich, der Intensivpflege und dem eigentlichen Bettentrakt unterschieden werden. Trotz der enormen Entwicklung der Krankenhaustechnik im allgemeinen wird auch heute die Notwendigkeit der Klimatisierung noch nicht allgemein bejaht. Am ehesten wird die Klimatisierung des OP-Bereiches als erforderlich angesehen. Es gibt jedoch eine Reihe von Gründen, auch in den anderen Bereichen der Krankenhäuser Klimatisierung vorzusehen. Die wichtigsten davon sind:

- Verunreinigung der Außenluft und hoher Außengeräuschpegel
- Gebäudegröße
- Vergrößerung der Energieumsätze
- Notwendigkeit der Energieeinsparung.

Die Verunreinigung der Außenluft hat in den letzten Jahren auch in Wohngebieten am Rande der Ballungszentren stark zugenommen. Es ist daher vielfach nicht mehr zu verantworten, diese schadstoffbelastete Luft per Fensterlüftung auf kranke Menschen einwirken zu lassen. Da Krankenhäuser aus allgemein verständlichen Gründen meist sehr verkehrsgünstig liegen, sind sie zumindest der Geräuschbelästigung durch Fahrzeuge ausgesetzt.

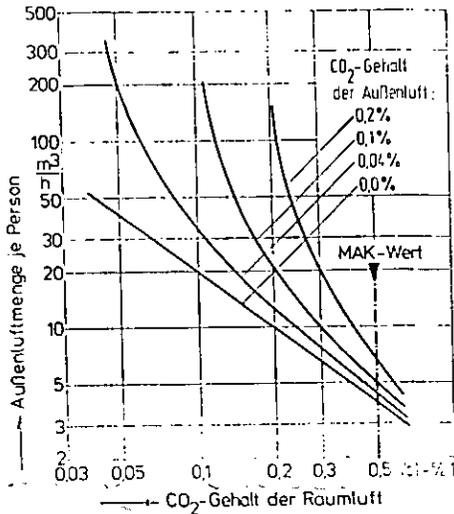
Der Trend zu größeren Gebäudeeinheiten führt dazu, daß die durch innere Energieumsetzungen freiwerdende Wärme bei gegebener Energiedichte nur noch während des kleineren Teils des Jahres selbsttätig an die Umgebung abgegeben werden kann. Darüber hinaus ist jedoch festzustellen, daß infolge der Weiterentwicklung der medizinischen Technik und damit

der stärkeren Einschaltung medizinischer Geräte mit größerem Leistungsbedarf die Energiedichte bei gleichbleibender Gebäudegröße steigt.

Durch die Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäude kommt dem Lüftungswärmebedarf wachsende Bedeutung zu. Mit der daraus als erforderlich erkannten Zwangslüftung ist der erste Schritt zur Klimatisierung getan.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Lüfterneuerung ist der Abtransport des vom Menschen ausgeatmeten CO_2 und der im Raum anfallenden Geruchstoffe. Als CO_2 -Gehalt für Aufenthaltsräume wird der Wert 0,07 Vol.-% angegeben. Für dauernd bewohnte Räume ist der Wert 0,10 nach Pettenkofer noch hygienisch vertretbar. Die Werte sind daher als Maximalwerte auch für Krankenhäuser anzusehen. Geht man von einer durchschnittlichen Atemluft von $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ je Person und einer CO_2 -Konzentration in der ausgeatmeten Luft von 4 Vol.-% aus, so ist zur Verdünnung dieser Atemluftmenge auf eine CO_2 -Konzentration von 0,1 Vol.-% eine Frischluftmenge von ca. $20 \text{ m}^3/\text{h}$ notwendig. Hierbei wurde vorausgesetzt, daß die zugeführte Luft völlig CO_2 -frei wäre. Der CO_2 -Gehalt der Außenluft beträgt jedoch heute im Mittel ca. 0,033 Vol.-%. In Ballungsgebieten ist dieser Anteil noch höher. Rechnet man mit einer CO_2 -Konzentration der zugeführten Luft von 0,04 Vol.-%, so ist zur Verdünnung der Atemluft auf eine CO_2 -Konzentration von 0,1 Vol.-% eine Luftmenge von ca. $32 \text{ m}^2/\text{h}$ je Person notwendig. Im folgenden Bild sind diese Zusammenhänge graphisch dargestellt, wobei von den vor genannten Werten der Luftmenge und Konzentration ausgegangen wird, die einer Gesamtwärmeabgabe des Menschen von 110 W entsprechen. Bei einer höheren Arbeitsbelastung werden die erforderlichen Luftmengen infolge stärkeren CO_2 -Ausstosses größer sein.

Diese hier angegebenen Luftmengen sind allein schon erforderlich, um den CO_2 -Gehalt abzubauen. Sie stellen daher die Mindestanforderung an den Luftwechsel dar.



Erforderliche
Außenluftmenge

Speziell für den OP-Bereich spielen zusätzliche Gründe eine Rolle. Zu einem dauern die Operationen bei komplizierten chirurgischen Eingriffen heute wesentlich länger und zum anderen ist die Energiedichte im direkten Operationsbereich wesentlich gestiegen. Bei einer Vielzahl von Operationen wird der Eingriff unter Röntgenbeobachtung durchgeführt. Um die Strahlenbelastung für das Personal dabei zu verringern, ist das Tragen entsprechender Schutzkleidung unbedingt erforderlich, wodurch die Wärmeabgabe stark behindert wird. Um unter diesen Umständen das Arbeiten noch erträglich zu machen, ist eine Klimatisierung zweifellos erforderlich.

2. Gestaltung der Klimaanlage

Da gerade im Krankenhaus auf eine hohe Qualität der Luftzustände wert gelegt werden muß, ist das Auswahlkriterium "Kaufpreis der Anlage" nicht allein entscheidend. Außer dem Investitionsaufwand für die Anlage selbst muß der Aufwand für die entsprechenden Räumlichkeiten und für die Wartung richtig kalkuliert werden. Häufig werden diese Kosten zu gering eingeschätzt, was dann aus Gründen der als notwendig erachteten Einsparungen zu unzulänglichen Anlagen führt.

Die Entwicklung der Krankenhausklimatisierung kann nicht in Richtung einer wartungsfreien Anlage gehen, wie dies heute gefordert wird, sondern muß zu wartungsfreundlichen Systemen führen, die nicht nur nach dem Kriterium möglichst geringer Wartungskosten auszulegen sind. Die Ausgestaltung der Zentralen und die gute Zugänglichkeit aller Wartungsstellen können eine Motivation für sorgfältige Wartung darstellen. Schlechte Zugänglichkeit zu den Wartungsstellen verführt dazu, noch nicht einmal die vorgeschriebenen Wartungsintervalle einzuhalten.

Schon die noch gültige DIN 1946 sieht vor, alle Luftkanäle mit Reinigungsöffnungen zu versehen. Derartige Forderungen lassen sich jedoch nur sehr schwer und wenn überhaupt dann nur unvollständig verwirklichen. Im Krankenhausbereich muß daher durch eine geeignete Kanalführung diese Möglichkeit schon im Planungsstadium gewährleistet werden. Dabei kommt besonders auch der Anordnung der Luftfilter eine große Bedeutung zu.

Entscheidend für die Entwicklung ist vor allen Dingen die Innenausgestaltung der Zentralgeräte und der Klimazentrale. In den Klimazentralen muß auf glatte Innenflächen wert gelegt werden, damit eine gute Reinigung möglich wird. Darüber hinaus muß für entsprechende Bodenabläufe gesorgt sein, um ein Ausspritzen mit Wasser zu ermöglichen. Diese Bodenabläufe selbst müssen jedoch über einen ausreichenden Ge-

ruchsverschluß verfügen, der sowohl eine genügende Wasserstandshöhe (entsprechend der Druckdifferenz in der Klimazentrale) als auch über eine Sicherung gegen Austrocknen aufweist. Bei den verwendeten Zentralgeräten ist zur Schallisolierung häufig eine offenliegende Matte eingebaut, die jedoch aus hygienischen Gründen für den Einsatz im Krankenhaus völlig ungeeignet ist. Auch diese Geräte müssen auf jeden Fall glatte Innenflächen aufweisen, um auch hier eine Reinigung zu ermöglichen.

Eine weitere wichtige Forderung an die Geräte und Zentralen ist die Forderung nach Dichtheit. Auch Reinigungsöffnungen und sonstige Zugänge müssen so abgedichtet sein, daß ein Luftaustausch mit der Umgebung und vor allen Dingen das Eindringen unaufbereiteter Luft in das Kanalsystem unterbleibt.

Besondere Aufmerksamkeit gebührt gerade bei der Krankenhausklimatisierung der Luftbefeuchtung. Es stehen heute in der Praxis zwei Systeme, nämlich der Luftwascher und der Dampfbefeuchter, als Konkurrenten einander gegenüber.

Vor einigen Jahren sah es so aus, als ob der Dampfbefeuchter dem Luftwascher gegenüber so viele Vorteile aufweisen würde, daß es möglich erschien, den Wascher völlig vom Markt zu verdrängen. In der Zwischenzeit haben sich jedoch auch bei Dampfbefeuchter Grenzen für den einwandfreien Einsatz herausgestellt, während der Luftwascher infolge seiner zusätzlichen Reinigungswirkung bei entsprechend guter Wartung für bestimmte Bereiche der Krankenhausklimatisierung wieder an Bedeutung gewinnen wird. Auf diesem Gebiet sind jedoch noch einige Entwicklungen zusätzlich notwendig. Besonders sei dabei auch auf die Möglichkeit des Luftwaschers hingewiesen, gasförmige Schadstoffe z.B. CO_2 aus der Luft in einem gewissen Umfang entfernen zu können.

3. Luftbewegung im klimatisierten Raum

Anforderungen an die Raumströmung im OP-Bereich resultieren

einerseits aus der notwendigen Abfuhr der großen anfallenden Wärmemengen und dem erforderlichen Luftwechsel, zum anderen die Forderung den Patienten vor Keimen und Schadstoffen zu schützen. Es genügt nicht, die Zuluft möglichst rein in den Raum einzubringen, sondern es muß auch dafür Sorge getragen werden, daß die Luft auf ihrem Weg durch den Raum keine Verunreinigungen aufnimmt, bevor sie in den Bereich des Patienten gelangt. Die zur Lösung dieser Probleme angewandten Möglichkeiten sind in anderen Referaten ausführlich dargelegt. Als Entwicklungstendenz kann festgestellt werden, daß der Gesamteinraum durch einen Teil-Reinraum abgelöst wird, wobei die Abtrennung zum einen durch feste Wände bzw. Folien oder zum anderen durch Luftschleier durchgeführt wird. Ob sich eine direkte Atemluftabsaugung beim Operationsteam durchsetzen wird, ist gegenwärtig nur schwer abschätzbar, da durch derartige Maßnahmen die Bewegungsfreiheit eingeengt wird.

5. Schlußbemerkung

Neben den vorgenannten grundlegenden Anforderungen an die Entwicklung der Klimatechnik im Krankenhaus sind noch eine Vielzahl spezieller Erfordernisse zu erwähnen. Die Frage der Druckhaltung in verschiedenen Räumen des Krankenhauses, die für die eindeutige Richtung eines internen Luftaustausches maßgebend ist, wird teilweise noch zu wenig beachtet.

In den Intensivstationen wird immer mehr erforderlich, die Variation der Luftmenge und der Lufttemperatur in den einzelnen Pflegebereichen in unüblich großen Spannen durchzuführen. Dies hängt jedoch sehr stark von der jeweiligen speziellen Aufgabe ab.

Allgemein kann festgestellt werden, daß die entwickelten und noch in der Entwicklung stehenden Bauteile von Klimaanlageanlagen den Anforderungen voll gerecht werden und bei guter und rechtzeitiger Planung wartungsfreundliche Anlagen ermöglichen. Zwangsläufig sind jedoch durch die besseren Ausstattungen solche Anlagen teurer als herkömmliche Systeme.

Prof. Dr.-Ing. F. Steimle

Institut f. Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik
Universität Essen - GHS

Universitätsstraße
4300 Essen 1

Umrüstungen von vorhandenen Klima-Anlagen für OPs nach den Richtlinien der DIN 1946, Blatt 4, Ausgabe 1974

D. Wagner, Bremen

Im Rahmen der allgemeinen Hygiene im Krankenhaus möchte ich in meinem Referat gezielt auf das Problem der Klimatisierung in Krankenhaus-Altbauten eingehen.

In den letzten Jahren sind die Klima-Anlagen für die OP-Klimatisierung stark in das Interessenfeld gerückt (daher erschien auch im Juni 1974 der Entwurf (Gelbdruck) der neuen DIN 1946, Blatt 4 "Lüftung und Klimatisierung in Krankenanstalten").

Die Klima-Anlagen in Altkrankenhäusern wurden noch nach den Richtlinien der Lüftungs-DIN 1946, Blatt 4, Ausgabe 1963, geplant und gebaut.

Diese Anlagen sollten in der Hauptsache die Narkosekonzentration niedrig halten und gewisse Raumlasten abführen.

Wie die Dias zeigen, erreichen diese Anlagen nicht den hygienischen Stand nach der neuen DIN 1946, Blatt 4. Das Problem liegt in

- a) verschmutzten und zu langen Kanalsystemen,
- b) ebenerdiger Ansaugung,
- c) verkalkten Luftwäscherkammern,
- d) niedriger Ventilatorenleistung,
- e) ungenügender Filterung der Zuluft,
- f) schlecht zugänglichen Klimageräten.

Der neue Entwurf der DIN 1946, Blatt 4, Ausgabe Juni 1974, sagt schon im ersten Satz aus:

- In Krankenanstalten ist die gewissenhafte Beachtung der Hygiene erstes Gebot -

In diesem Zusammenhang ist die hygienische und bakteriologische Be-

schaffenheit der Zuluft in den Operationsräumen besonders wichtig.

Schon aufgrund der modernen Operationstechniken entsprechen die meisten Klima-Anlagen bei weitem nicht mehr den hygienischen Erfordernissen der heutigen Zeit. Abgesehen vom Zustand der eingeführten Luft werden von den im Raum anwesenden Personen Wärme, Feuchtigkeit und Keime abgegeben. Hinzu kommt die Wärme der Beleuchtungskörper und Elektrogeräte sowie die Luftverschlechterung durch den Operationsprozeß selbst.

Um diese Raumlasten abzuführen, benötigt man immer eine funktionsfähige Klima-Anlage. Die Hauptaufgaben einer solchen Anlage bestehen in

1. der Aufrechterhaltung des erforderlichen Raumklimas, der Temperatur und Lüfterneuerung;
2. der weitgehenden Herabsetzung von Mikroorganismen;
3. dem Abführen der Raumlasten über die Abluftanlage.

Nunmehr ergibt sich die Frage:

Wie können veraltete Klima-Anlagen in Anlehnung an die Richtlinien der neuen DIN 1946, Blatt 4, umgerüstet werden und welche Umbausysteme stehen zur Verfügung?

Als wichtigste Maßnahme zur Umrüstung einer Klima-Anlage für OP-Räume ist der Einbau von Schwebstofffiltern, Sonderstufe S, mit einer Abscheideleistung von 99,97 % nach DIN 24184, anzusehen. Da diese Filter einen Anfangsluftwiderstand von 25 mm Wassersäule haben, ist in den meisten Fällen ein Ventilator mit größerem Δp (Gesamtpressung in mm WS) erforderlich.

Ob die Schwebstofffilter endständig im Luftaustritt OP oder als Kanal-Schwebstofffilter installiert werden sollen, ist abhängig von der Konstruktion und Montage der Kanäle.

Bei der Montage der endständigen Schwebstofffilter in die vorhandenen Decken und Wandauslässe der OPs über Zuluftschrime muß die Dichtigkeit des Kanalnetzes gewährleistet sein. Dies wird durch eine statische Innendruckprobe des Kanalsystems (DIN 1946) festgestellt.

Diese Kontrollmessung ist deshalb so notwendig, um sicherzustellen, daß unkontrollierte Nebenluft weder in das Kanalnetz noch aus dem Kanalnetz gelangen kann.

Um die Dichtigkeit des Zuluft-Kanalnetzes zu gewährleisten, empfiehlt es sich, Revisionsöffnungen in das Kanalnetz einzubauen, und das Kanalnetz von innen mit Epoxydharz auszuspritzen. Das Epoxydharz ist bis 70° C temperatur- und desinfektionsmittelbeständig. Spezialspritzgeräte, die flexibel bis zu 12 m in das Kanalnetz eingeschoben werden können, spritzen unter Druck das Epoxydharz über einen Sprühkopf gleichmäßig an die Kanalinnenwänden. Unter Einsatz verschiedener Schlitten kann der Sprühkopf dem Kanalquerschnitt angepaßt werden. Durch eine nachträgliche Messung nach DIN wird die Dichtigkeit der Zuluftkanäle kontrolliert.

Je nach Anordnung und Größe der vorhandenen Luftauslässe wird entschieden, welches endständige Schwebstofffilter-System installiert wird.

Als vorteilhafteste Baueinheit bietet sich die Montage eines Zuluftschirms über die gesamte OP-Wandbreite an. Auf die vorhandenen Luftaustrittsöffnungen werden dabei Schwebstofffilter-Halterahmen montiert. Die S-Filter der jeweiligen Fabrikate werden in diese Halterahmen eingesetzt. Hierbei muß die ausgelegte Luftmenge pro Filtereinheit berücksichtigt werden.

Anstelle der Zuluftschirme können auch in die vorhandenen Wand- oder Deckenluftauslässe Schwebstofffilter-Kassetten der verschiedenen Fabrikate installiert werden. Hierbei sind die zusätzlich anfallenden Maurer- und Stemmarbeiten zu berücksichtigen.

Sollte man sich aus Kostengründen für den Einbau von Kanalschwebstofffiltern entscheiden, so ist auf eine günstige Montageanordnung der Filterkassetten zu achten; sie sollten so nahe wie möglich an den OP-Bereich angebracht werden; außerdem ist auf gute Zugänglichkeit zu achten, um das Wechseln der S-Filter zu erleichtern.

Besonders wichtig ist, daß das Kanalnetz vom S-Filter bis zum Luft-

austritt mindestens 2 x im Jahr desinfiziert wird, um eine Verkeimung der Kanalinnenwände zu vermeiden.

Um die Filterwiderstände laufend kontrollieren zu können, müssen Differenzdruckanzeigergeräte installiert werden. Nach DIN 1946, Blatt 4, muß hinter dem S-Filter eine luftdichte Klappe montiert werden, um beim Wechseln der Schwebstofffilter das dahinter liegende Kanalnetz in einem hygienisch reinen Zustand zu halten. Außerdem werden unkontrollierte Luftströmungen (Kaminzugwirkung) zum reinen OP-Bereich ausgeschaltet.

Versorgt eine Klima-Anlage verschiedene Raumgruppen unterschiedlicher hygienischer Anforderungen, so sollte in jedem Kanalstrang nach dem S-Filter eine luftdichte Regelklappe eingebaut werden. Diese Klappe sollte gleichzeitig die Funktion einer Volumenstromklappe haben, um immer ein konstantes Raumluftvolumen zu gewährleisten. Ein Anzeigemanometer sollte den Öffnungswinkel der Klappe in % anzeigen; die Anzeige-Instrumente müssen gut sichtbar montiert werden.

Nach dem Kanal-S-Filter sind vollkommen luftdichte Revisionsklappen in das Kanalnetz zu installieren, damit dasselbe vom S-Filter bis zum Luftaustritt-OP nach den Richtlinien des Bundes-Seuchen-Gesetzes, § 41, desinfiziert werden kann.

Nun zu dem Problem der Um- und Aufrüstung des Klimagerätes:

Hier handelt es sich in den meisten Fällen um Klimageräte mit Luftwäschern und Ventilatoren mit niedrigen Umdrehungen und vorwärts gekrümmten Schaufeln. Das gesamte Δp des Ventilators beträgt maximal 50 mm Wassersäule.

Da das Δp um den Filterendwiderstand der nachgerüsteten S-Filter gestiegen ist und durch ein höheres Luftvolumen auch der Kanalwiderstand steigt, muß der Zuluftventilator entsprechend ausgewechselt werden. Der Fundamentrahmen im Klimagerät wird verstärkt und ein neuer Ventilator mit rückwärts gekrümmten Schaufeln und polumschaltbarem E-Motor eingebaut. Um den Geräuschpegel niedrig zu halten, bieten sich Ventilatoren mit Scheibenankermotoren an.

Der Ventilator muß den konstruktiven Gegebenheiten angepaßt werden.

Die Luftwechselrate nach der neuen DIN 1946, Blatt 4, soll für asept. OPs 20fach, für sept. OPs 15fach und für Nebenräume 10fach sein; die Luftgeschwindigkeiten in den Kanälen sollten zwischen 6 und 10 m/sec liegen.

So kann man, wenn die Anlage bei der Planung großzügig ausgelegt wurde und entsprechende Schalldämpfer beim Umbau mit eingeplant werden, den geforderten 20fachen Luftwechsel erreichen. In den meisten Fällen wird jedoch nur ein 15 - 17facher Luftwechsel pro OP erreicht.

Sollte die Außentemperatur unter $- 5^{\circ}$ C fallen, so ist die Klima-Anlage auf die Ventilatorstufe I (10facher Luftwechsel) herunterzuschalten. Soll der erhöhte Luftwechsel bestehen bleiben, so sind die Vor- und Nacherhitzer auf einen höheren Wärmewert umzurüsten.

Luftbefeuchtung

Das Problem der Luftwäscherkammer ist allgemein bekannt.

Um die Keimbildung im Wäscherwasser in Grenzen zu halten, ist diesem ein Desinfektionsmittel zuzusetzen. Da jeder Desinfektionsmittelzusatz das Wassergefüge verändert und auch leicht aggressiv ist, empfiehlt es sich, die Luftwäscherkammer mit Epoxydharz zu beschichten.

Dabei müssen die Kammer-Innenwände zunächst gereinigt und geschliffen werden; danach wird ein Haftvermittler aufgetragen und die Luftwäscherkammer 3fach, unter Einlage eines Glasgewebes mit 200 g Flächengewicht pro qm, mit Epoxydharz beschichtet. Das Glasgewebe muß an den Stoß- und Verbindungstellen mindestens 4 cm überlappen, um eine gute Gesamtfestigkeit zu erreichen. Dann sind vor dem Kühler- und Ventilatorteil neue Tropfenabscheider aus Kunststoff in leicht ausbaubarer Form zu installieren.

Bei Luftwäscherbetrieb bilden sich im Deckenbereich des Wäschers Hängetropfen, die dann vor dem Tropfenabscheider herunterfallen

und aufgrund ihres hohen Aufprallgewichtes durch die Tropfenabscheiderbleche schlagen. Es sind deshalb direkt vor den Tropfenabscheidern Schikanebleche zu installieren, die diese Hängetropfen ins Wäscherwasser zurückführen.

Das Düsensystem ist zweckmäßigerweise in 3/4" Kunststoffrohrleitung, ND 10, zu erneuern. Auf das Verteilerrohrsystem können dann leicht spezielle Düsen mittels Rohrspannschelle montiert werden.

Als Sprühpumpen haben sich Kunststoff-Tauchpumpen bewährt. Diese Tauchpumpen können mit Hilfe von Patentkupplungen leicht und schnell vom vorhandenen Düsensystem gewechselt werden.

Da die Kühler in den meisten Fällen luftseitig stark verkalkt sind, und somit ein geringes Luftvolumen bewirken, sind sie chemisch zu reinigen und zu konservieren. Die Vor- und Nacherhitzer sind, je nach Befund ebenso zu reinigen und zu konservieren.

Das Klimagerät ist gründlichst zu reinigen. Die vorhandene Dämmisolierung ist herauszutrennen und durch eine abriebfeste und desinfektionsmittelfeste Isolierung zu ersetzen.

Sämtliche Blechinnenteile sind zu konservieren. Die Syphons an den Kühlern und Luftwäschern müssen mit einer Keimperre versehen werden.

Ist ein gemauerter Ansaugkanal vorhanden, muß dieser gründlichst gereinigt und mehrfach mit abriebfester Farbe gestrichen werden. In vielen Altkrankenhäusern stellt dieser Hauptansaugkanal ein Problem dar;

- a) er ist meist schon zu klein im Querschnitt ausgelegt;
- b) es saugen mehrere Klimageräte über den gleichen Kanal.

Hier kann, falls der Platz vorhanden ist, ein Vorventilator montiert werden, der den Ansaugteil in Überdruck hält. Ist dies nicht möglich, sind an allen Ansaugstutzen sämtlicher Lüftermaschinen luftdicht schließende Regeklappen zu installieren, die sich automatisch bei Ausschalten des betreffenden Ventilators schließen und somit einen evtl. Unterdruck im Klimagerät verhindern.

Ist die Luftansaugung ebenerdig, so kann sie durch Aufsetzen eines Kanalstückes auf mind. 3 m Ansaughöhe gebracht werden.

Nach Abschluß der Arbeiten werden die Klima-Anlagen in Betrieb genommen und eingestellt.

Die S-Filter werden reinluftseitig nochmals mit einem Partikelzählgerät auf ihre Abscheideleistung kontrolliert, ebenso der Filterdichtsitz. Alle Meßergebnisse werden protokolliert. Danach können die OP-Räume gereinigt und desinfiziert werden. Nach der Einwirkzeit des Desinfektionsmittels von 6 Stunden kann dann ein neutraler Hygieniker die erforderlichen bakteriologischen Kontrolluntersuchungen durchführen.

Wärmerückgewinnung

Da die DIN 1946, Blatt 4, fordert, daß die OP-Klimageräte nur mit 100 % Außenluftanteil betrieben werden sollen, bedingt dies einen hohen Energieverlust. Es empfiehlt sich hier der Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage.

Liegen Zu- und Abluftventilatoren im gleichen Klimageräteraum, können Direktwärmetauscher installiert werden. Sind die Räume voneinander getrennt, können Wärmetauschregister in das Zu- und Abluftkanalnetz eingebaut werden und mittels Rohrleitungen und Kreiselpumpen sowie Mischumlaufventil verbunden werden. Das Rohrsystem wird mit Glykol gefüllt. Das Mischumlaufventil verhindert einen Wärmeaustausch bei einer Außentemperatur über 10° C.

Zum Schluß möchte ich noch bemerken, daß Klima-Anlagen in Altbauten grundsätzlich unter relativ geringem Kostenaufwand umgerüstet werden können.

Man erreicht zwar nicht immer den geforderten Luftwechsel nach der DIN 1946, Blatt 4, auf jeden Fall aber einen 15 - 17fachen Luftwechsel.

Das wichtigste ist jedoch, dem OP durch den Einbau der Schwebstofffilter der Sonderstufe S oder R keimarme Zuluftzuführen und durch die

Erhöhung der Luftwechselrate eine einwandfreie Räumpülung im OP zu erreichen.

L i t e r a t u r n a c h w e i s e

Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege;
Grundsätze für die Arbeitssicherheit in Operationseinrichtungen;
Stand Oktober 1968

Botzenhart, K. u n d Rügen, H.
Beurteilung von Klima-Anlagen im Krankenhaus;
Das Öffentliche Gesundheitswesen 35 (1973) 3; 141

Camfil Information 1971
Chirurgen im Glashaus

Chemie-Ing.-Technik 19/1969, S. 1050 - 1056
Strömungsvorgänge in Reinräumen

DIN 1946, Blatt 4, Entwurf 1963

DIN 1946, Blatt 4, Entwurf Juni 1974

DIN 24 184
Prüfung von Schwebstofffiltern

Esdorn, H.
Luftströmung und Druckhaltung in Krankenhäusern
Gesundheits-Ing. 94; 1973; 10.

Gesundheits-Ing. 94; 1973; H 2
VDI-Richtlinie 2083

Grün, L. u n d Pitz, N.
Zur Hygiene Lüftungstechnischer Anlagen in aseptischen Bereichen
des Krankenhauses;
Klima- und Kälte-Ing. 12 (1975) 389

Prof. K. O. Gundermann

Anforderungen an die funktionell bauliche Gestaltung von Kranken-
anstalten unter besonderer Berücksichtigung lüftungstechnischer
Anlagen;

Gesundheits-Ing. 98 (1977) H 5

Hospital-Hygiene, Gesundheitswesen und Desinfektion 12/76;
Bakteriologische Untersuchung der Luft

Marsh., R. Claude;

Prinzipien des Laminar-Air-Flow-Systems für Operationssäle

Metzner, B.;

Aspekte zur Planung und Ausführung von Luftfiltersystemen im
Krankenhausbereich;

Das Krankenhaus 10/1976

Rüden, H., Dr. med. u n d Botzenhart, K., Priv.-Doz. Dr. med.
Untersuchung zur Frage des Wachstums abgeschiedener Microorganis-
men auf Hochleistungsschwebstofffiltern

Gesundheits-Ing. 95 (1974)

Rüden, H., Dr. med. u n d Botzenhart, K., Priv.-Doz. Dr. med.
Untersuchung von Glasfaser Feinstaubfilter

Gesundheits-Ing. 95 (1974)

Russenburger, H. J., Dr. u n d Wanner, H. U., PD Dr.
Keimgehalt der Raumluft in Abhängigkeit des Luftwechsels;
Staub-Reinhaltung Luft 36 (1976)

Schlegel, H. G.;

Allgem. Mikrobiologie;

G. Thieme Verlag

Stiehl, H. H.;

Die Funktion von Luftfiltern;

Das Krankenhaus 10/1976

Stiehl, Hans H., Dr. rer. nat.;
Beitrag der Luftfilter zur Erfüllung der hygienischen Aufgaben
lufttechnischer Anlagen in Krankenhäusern;
Gesundheits-Ing. 98 (1977) H 6

Winkle, S., Roemer, G. B. und Matz, K.;
Klima-Anlage als potentielle Keimquelle;
Diagnostik (1972) Heft 8, Seite 382

Dieter Wagner
Techn. Betriebswirt
GKS-Klima-Service GmbH
Heerenholz 20
2800 Bremen 44

Beispiele für die Krankenhaus-Altbausanierung
mit Hygiene-Kompaktgeräten und OP-Zuluftdecken
von Dr.-Ing. H.-U. Amberg, Lahn-Giessen

1. Hygieneklimageräte

Bei der Sanierung von Altbauten kämpft jeder Architekt mit dem Problem, daß auf gegebenem Platz plötzlich mehr Technik untergebracht werden muß. Diese Herausforderung, die den Klimatechniker dazu zwingt, auf minimalem Platz alle erforderlichen Funktionen unterzubringen, hat die Firma Karl Weiss angenommen und in Anlehnung an unsere Erfahrungen mit Kompaktklimageräten für die verschiedensten Anwendungsfälle auch für die Krankenhausklimatisierung ein Kompaktklimagerät geschaffen. Es kann als Baustein in die Sanierungsplanung mit einbezogen werden und spart wesentliche Teile der sonst recht umfangreichen Planungs-, Montage- und Ausführungsarbeiten der Lüftungskanäle dadurch, daß es alle Funktionen einer OP-Klimaanlage in sich vereinigt, mit Ausnahme der Luftauslässe im OP selbst, die selbstverständlich den jeweiligen Räumlichkeiten angepaßt werden sowie mit Ausnahme der Fortluftanlage, die auch an die baulichen Gegebenheiten angepaßt werden muß und im übrigen einen sehr einfachen Aufbau hat.

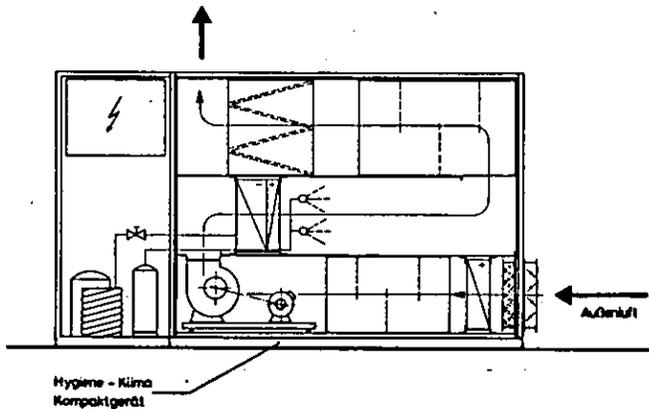


Bild 1: . Hygieneklima-Kompaktgerät
System WEISS

Im Bild 1 sind die folgenden Funktionen erkennbar:

Außenluftklappe, Außenluftfilter, Vorerhitzer mit Frostschutzschaltung, Schalldämpfer für den Außenluftkanal, der dafür sorgt, daß an benachbarten Fenstern wieder der Schallpegel von 35 dB(A) nachts eingehalten wird, den Zuluftventilator, den Luftkühler, den Nacherhitzer, den Luftbefeuchter, einen Zuluftschalldämpfer zur Senkung des Lüftungsschallpegels auf etwa 45 bzw. 40 dB(A) im OP selbst und schließlich einen C-Filter für die Zuluft. Der Anschluß an den eigentlichen Luftauslaß im OP kann dann über einen seitlich hinten oder oben anzuschließenden Kanal erfolgen, wenn der Schwebstofffilter nicht im OP-Zuluftkanal oder in der OP-Zuluftdecke selbst integriert ist. Zwischen C- und S-Filter wird an geeigneter Stelle eine luftdichte Absperrklappe eingebaut.

Der Lüftungsteil der HygienekompaKtgeräte Baureihe HK kann, um einen universellen Einsatz zu gewährleisten, mit verschiedenen Kälte- und Elektroteilen zusammengebaut werden, die neben dem Lüftungsteil angeordnet sind und ihrerseits wasser- oder luftgekühlt sein können.

In dem Lüftungsteil des Hygieneklima-Kompaktgerätes wurden alle Vorschriften der DIN 1946, Blatt 4 beachtet sowie alle einschlägigen Erfahrungen mit der Ausführung und Abnahme von Hygieneklimageräten in den letzten Jahren verwertet. Das Gerätekonzept entstand unter der Beratung namhafter Mediziner und Hygieniker. Die Geräte weisen die folgenden technischen und konstruktiven Besonderheiten auf:

- Die Gehäuse sind im Lüftungsteil doppelwandig und haben innen glatte Oberflächen. Die Innenoberfläche oder auch die äußere Oberfläche kann auf Wunsch aus Edelstahlblech ausgeführt werden.
- Alle Einbauteile sind servicefreundlich und gut zugänglich angeordnet.
- Die Lamellenabstände der Wärmetauscher sind so vergrößert,

daß eine Desinfektion möglich ist.

- Alle verwendeten Materialien sind resistent gegen Desinfektionsmittel und Mikroorganismen.
- Die Oberflächen der Schalldämpfer sind mit akustisch transparenter Folie als Rieselschutz ausgestattet und mit Lochblechen abgedeckt. Dadurch wird jeglicher hygienisch nicht vertretbarer Abrieb vermieden.
- Alle Zuluftventilatoren haben einen Wasserablauf unten und eine Revisionsklappe zur Reinigung und Desinfektion.
- Verbrauchsteile wie z. B. Filter sind mit wenigen Handgriffen auswechselbar.
- Anstelle von Deckeln mit Schnellverschlüssen besitzen die Hygieneklima-Kompaktgeräte Drehtüren mit außenliegenden Scharnieren. Das Öffnen der Türen erfordert keinerlei Kraftaufwand.
- Die Doppelwandigkeit der Geräte und die schwingungsgedämpfte Aufhängung aller beweglichen Teile am Boden des Gerätes mindert die Körperschall- und Luftschallabstrahlung vom Gerät selbst so, daß im Geräteaufstellungsraum (z. B. Nebenraum des OP, Waschraum o. ä.) ein Schallpegel von 55 bis 58 dB(A) einzuhalten ist.

Ein Aufstellungsbeispiel zeigt Bild 2.

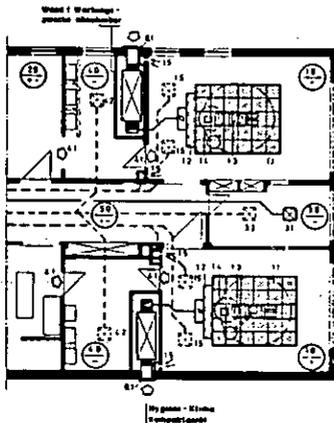


Bild 2:

Grundriß von zwei nebeneinanderliegenden OP-Räumen (Altbau) mit Hygieneklima-Kompaktgeräten und OP-Zuluftdecke

Bild 3 gibt deutlich die Zuordnung im Grundriß zwischen der OP-Zuluftdecke und den verschiedenen, über Deckenstative gehaltenen Ampeln an. Es ist schon aus dem Grundriß klar ersichtlich, daß die Lüftungsdecke die Bewegungsfreiheit im OP selbst in keiner Weise beeinträchtigt, da keine Einbauten im Operationsfeld oder im Saal für das Klima erforderlich sind.

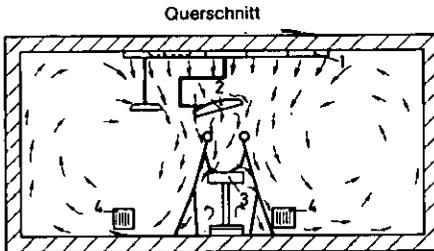
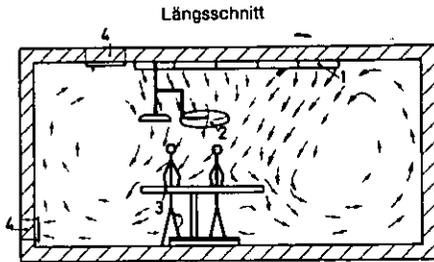
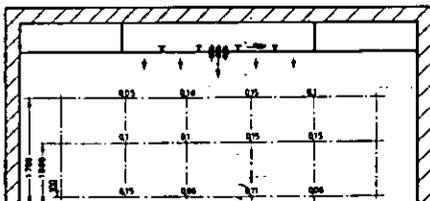
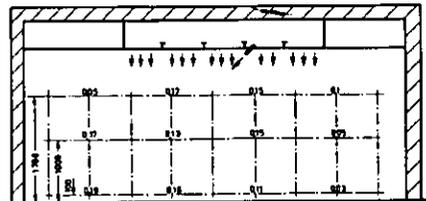


Bild 4:

Schematische Darstellung eines Operationssaales, einschließlich OP-Zuluftdecke mit Stützstrahl und der Luftführung



Die optimale Keimarmut in einem OP wird bei der im Bild 4 gezeigten, stabilen Luftführung im OP erreicht. Sie wird weder durch starre Einbauten noch durch die sich bewegenden Menschen umgeworfen.

Die aufbereitete Außenluft wird über Hochleistungs-Schwefstofffilter der Druckkammer der Zuluftdecke zugeführt. Der Strömungsquerschnitt des Zuluftstützens und die Auslegung der Druckkammer sind so gewählt, daß ein gleichmäßiges Ausströmen der aufbereiteten und gefilterten Luft aus den Deckenplatten der Decke mit einem Rastermaß von 600 mm erfolgt. Das Deckenfeld mit Stützstrahl ist asymmetrisch über dem Operationstisch angeordnet.

Aus Bild 4 sind weiterhin die Abluftöffnungen zu erkennen. Zu beachten ist, daß etwa 25 % der Abluft im Deckenbereich oder unterhalb der Decke und etwa 75 % unmittelbar über dem Fußboden abgeführt werden. Die Abbildung läßt weiterhin den Lüftungskegel mit gefilterter Luft aus der Zuluftdecke erkennen, der von dem Stützstrahl stabilisiert wird. Am Operationstisch herrscht eine reine Abwärtsströmung der Luft, die aus dem Deckenbereich stabil nachfließt. Zu beachten ist, daß die Stützstrahlen nicht bis auf den Operationstisch wirksam werden. Zugscheinungen im Operationsbereich treten nicht auf. Links und rechts sowie am Fuß- und Kopfende des Operationstisches bilden sich Sekundärwirbel aus, die jedoch nicht bis in die Operationszone hineinreichen. Auch diese Sekundärwirbel sind stabil und wandern nicht, wie zahlreiche Untersuchungen gezeigt haben. Die gesamte Luftführung ist nachweisbar auch bei einem 15fachen Luftwechsel stabil.

2.2 Ausführung der OP-Zuluftdecke

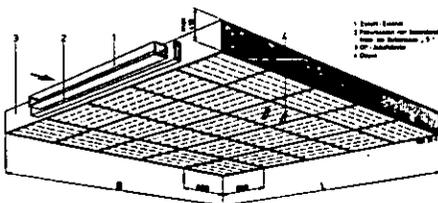


Bild 5:

Ausführungsbeispiel einer OP-Zuluftdecke mit Stützstrahl

Die Zuluftdecke wird normalerweise in die Zwischendecke eines Raumes eingebaut. Die sichtbaren Bauteile der Zuluftdecke, d. h. die Deckenplatten mit einem Rastermaß von 600 mm und das Raster zur Aufnahme der Deckenplatten, sind aus Edelstahl gefertigt. Die Druckkammer kann wahlweise aus einbrennlackiertem Zincor-Stahlblech oder Edelstahl gefertigt werden. Eine einwandfreie Desinfizierbarkeit wird gewährleistet. Scharfe Kanten und Schmutzecken sind vermieden. Die Deckenplatten besitzen einfache, einwandfrei reinigungsfähige Drehverschlüsse und Scharnierstifte. Durch diese Scharnierstifte können die Deckenplatten im ersten Schritt lose eingehängt und im zweiten Schritt hochgeklappt und verriegelt werden.

Zur besseren Einbringung der Zuluftdecke in den Baukörper und zur leichteren Montage werden die Druckkammer und das Raster zur Aufnahme der Deckenplatten teilbar ausgeführt. Die Befestigung der Zuluftdecke erfolgt über Gewindestäbe, mit denen ein gleichmäßiges Ausrichten möglich ist.

Gegen eine Anordnung einer Operationsleuchte oder von Schwenkstativ-Durchführungen im Bereich der Druckkammern bestehen grundsätzlich keine Vorbehalte. Die Abnehmbarkeit der Deckenplatten sowie die Dichtheit der Druckkammer gegenüber der Außenzone wird dadurch nicht beeinträchtigt. Die Versuche haben gezeigt, daß die Operationsleuchten und Schwenkstative im Strömungsfeld keine ungünstigen Strömungsschatten aufweisen und die Einwirkungen auf die Luftströmung im Operationsbereich zu vernachlässigen sind.

Autor

Dr.-Ing. Hans-Ulrich Amberg
Stettiner Str. 22
6310 Grünberg 1

Literaturverzeichnis

Helmut Pfaar Neuzzeitliche Klima- und Ausbautechnik für die
chirurgischen OP-Säle des Stadtkrankenhauses
Kassel aus Gesundheits-Ingenieur, Heft 1/2
1978

Verzeichnis der Vortragenden und Vorsitzenden

- Amberg, H.U., Dr.-Ing., Karl-Weiss-Giessen KG, Greizer Str. 21-29, 6301 Reiskirchen 3 (S. 269)
- Anna, Otto, Prof.Dr.-Ing., Abt. für Biomedizinische Technik speziell Krankenhaustechnik, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61
- Boehm, Peter, Oberingenieur, TÜV-Bayern e.V., Postfach 210 420, 8000 München 21 (S.227)
- Börner, Hans, Dr.-Ing., Baudirektor, Wirtschaftsministerium, Landschaftsstraße 5, 3000 Hannover (S.162)
- Bogulawski, J., Klima + Kälte GmbH, Postfach 5829, 6300 Lahn-Giessen 1 (S. 60)
- Brockmeyer, H., Dr.-Ing., Kessler + Luch GmbH, Rathenaustr. 8, 6300 Lahn-Giessen 1 (S. 112)
- Dittmann, K., Ing.grad., Eser, Dittmann, Nehring & Partner, Friedrichstraße 55, 7146 Tamm (S. 76)
- Drescher, J., Prof.Dr.med., Institut für Virologie und Seuchenhygiene, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61 (S. 1)
- Duvlis, Z., Dr.med., Institut für Virologie und Seuchenhygiene, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61 (S.4)
- Esdorn, H., Prof.Dr.-Ing., Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- u. Klimatechnik, Technische Universität Berlin, Marchstr. 4, 1000 Berlin 10 (S.7)
- Feustel, H., Dipl.-Ing., Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- u. Klimatechnik, Technische Universität Berlin, Marchstr. 4, 1000 Berlin 10 (S.19)
- Fey, C.-D., Ing.grad., SF Lufttechnik GmbH, Postfach 260, 6308 Butzbach (S. 127)
- Flaig, K., Dipl.-Ing., Gebr.Sulzer Heizung u. Klimatechnik GmbH, Furtbachstr. 4, 7000 Stuttgart 1 (S. 241)
- Frey, E., Dipl.-Ing., Sudetenring 15, 7140 Ludwigsburg-Neckarweihingen (S.95)
- Grothus, Horst, Dipl.-Ing., Wettring 4, 4270 Dorsten 21 (S. 121)
- Gruber, Gert-Helmut, Ing.grad., Mabag Luft- u. Klimatechnik GmbH, Dudweiler Str. 105, 6670 St.Ingbert (S.189)
- Hartung, Christoph, Prof.Dr.-Ing., Abt. für Biomedizinische Technik speziell Krankenhaustechnik, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61

- Ihne, G., Brandi-Ingenieure, Brennerstr. 27,
2000 Hamburg 1 (S. 212)
- Kerl, Rainer, Dipl.-Ing., Abt. für Biomedizinische
Technik speziell Krankenhaustechnik, Medi-
zinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180
3000 Hannover 61
- Klingelhöfer, H.-G., Dipl.-Ing., Oberregierungsrat, Staatl.
Materialprüfungsamt des Landes Nordrhein-West-
falen, Marsbruchstr. 186, 4600 Dortmund 41
(S. 155)
- Knabe, Gerhard, Drägerwerk AG, Postfach 1339,
2400 Lübeck 1 (S. 181)
- Kreinberg, Wolfgang, Dipl.-Ing., Abt. für Biomedizinische
Technik speziell Krankenhaustechnik, Medizi-
nische Hochschule Hannover, Postfach 610 180,
3000 Hannover 61
- Loewer, Harald, Prof. Dr.-Ing., Fachhochschule Giessen,
Wiesenstraße 14, 6300 Lahn-Giessen (S. 149)
- Lorenz, Werner, Dipl.-Ing., VDMA, Postfach 710109,
6000 Frankfurt-Niederrad 71
- Masuch, J., Dr.-Ing., LTG Lufttechnische GmbH, Post-
fach 400549, 7000 Stuttgart 40 (S. 85)
- Metzner, B., Luwa GmbH, Postfach 3609, 6000 Frankfurt 1
(S. 175)
- Möllers, P., Dipl.-Ing., Hermann-Rietschel-Institut
für Heizungs- u. Klimatechnik, Technische
Universität Berlin, Marchstr. 4, 1000 Berlin 10
(S. 34)
- Nouri, Z., Dipl.-Ing., Hermann-Rietschel-Institut
für Heizungs- u. Klimatechnik, Technische
Universität Berlin, Marchstr. 4, 1000 Berlin 10
(S. 41)
- Potel, J., Prof. Dr. med., Abt. Bakteriologie, Medizi-
nische Hochschule Hannover, Postfach 610 180
3000 Hannover 61
- Scharmann, H., Chem. Ing., Schilling-Chemie GmbH u. Pro-
duktions KG, Postfach 50, 7141 Freiberg (S. 203)
- Schmidt, M., Dipl.-Ing., Hermann-Rietschel-Institut
für Heizungs- u. Klimatechnik, Technische
Universität Berlin, Marchstr. 4,
1000 Berlin 10 (S. 26)
- Steffen, K., Dr.-Ing., Karl-Weiss-Giessen KG, Greizer
Str. 21-29, 6301 Reiskirchen 3 (S. 68)
- Steimle, F., Prof. Dr.-Ing., Institut für Angewandte
Thermodynamik u. Klimatechnik, Universität
Essen-GHS, Universitätsstraße, 4300 Essen 1
(S. 252)

- Timme, S., Dipl.-Ing., Oberregierungsbaurat,
Oberfinanzdirektion Stuttgart, Postfach
1288, 7000 Stuttgart 1 (S. 234)
- Trümper, Heinrich, Prof. Dr.-Ing., Institut für Indu-
strielle Bauproduktion, Universität Karlsruhe,
Englerstr. 7, 7500 Karlsruhe (S.50)
- Wagner, Dieter, Techn. Betriebswirt, GKS-Klima-
Service GmbH, Heerenholz 20, 2800 Bremen 44
(S. 258)
- Walther, Burkhard, Henkel-Pharmadienst, Postfach
1100, 4000 Düsseldorf (S. 134)
- Wawra, Werner, Technische Verwaltung, Medizi-
nische Hochschule Hannover, Postfach
610 180, 3000 Hannover 61 (S.222)
- Wieber, Horst, ASA Horst Wieber, Bachstr. 118,
2800 Bremen (S.141)
- Wilke, H.-J., Dipl.-Ing., Drägerwerk AG,
Postfach 1339, 2400 Lübeck 1
- Ziemba, W., Dr.-Ing., Etzelstr. 42, CH-8038 Zürich
(Schweiz) (S.167)

Sämtliche Manuskripte wurden original-offset abgedruckt. Die Herausgeber übernehmen keine Haftung für den Inhalt der Beiträge. Auch braucht dieser sich nicht mit der Meinung der Herausgeber zu decken.

**Überall, wo ein
Luftfilterproblem
ansteht...**



**...hat AAF
die passende Lösung.**

Seit über 50 Jahren ist AAF einer der führenden Hersteller von Filtermedien, Einzelgeräten und Anlagen zur Reinhaltung der Luft. So sind viele der Markennamen in dieser Anzeige weltweit längst zum Begriff geworden für Spitzenerzeugnisse auf dem Luftfilter-Sektor. Alle werden sie jetzt in der Bundesrepublik angeboten. Und zwar ausschließlich von AAF-Lufttechnik.

Welche Anforderungen auch immer an die Luft-Filtrierung gestellt werden, ob mit Elektro-Luftfiltern, Rollbandfiltern, Fein- und Schwebstofffiltern oder mit Filterzellen und -matten, AAF sorgt für die richtige Lösung bei größtmöglicher Wirtschaftlichkeit.

Besonders leistungsfähig ist AAF im Bereich der Ersatzfilter. Hier steht eine breite Auswahl, sowohl für AAF-Fabrikate, als auch für Filter-Systeme anderer Hersteller, zur Verfügung.

Unsere regionalen Niederlassungen mit kompetenten Gesprächspartnern schaffen im gesamten Bundesgebiet die Voraussetzung für eine enge Zusammenarbeit, dicht an der Aufgabenstellung.

Wir informieren Sie gern näher.

AAF-Lufttechnik GmbH,
Kartäuser Straße 90, 4000 Düsseldorf 1,
Telefon: (0211) 412081-3, Tx: 8584142.

Bessere Luft ist unsere Devise.

AAF-Lufttechnik GmbH **LUFTFILTERGERÄTE UND -SYSTEME**

Über folgende AAF-Produkte möchte ich mich gezielt informieren:

Elektro-Luftfilter

- Rollotron Electro-Pak
 Electro-Cell

Automatische Rollbandfilter

- Roll-O-Matic Auto-Airmat
 Roll-O-Pak

Fein- und Schwebstofffilter

- Dri-Pak Astrocel
 Varicel Bio-Cel

Filterzellen und -matten

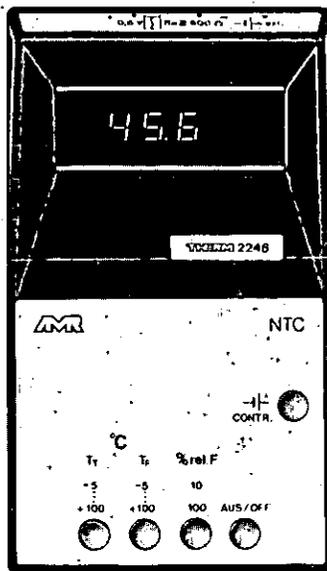
- Amer-Glas Renu
 5700 HV-2

THERM

Elektronische Temperatur- und Luftfeuchte-Messung

Digital- Psychrometer THERM 2246 Mit direkter Anzeige der Luftfeuchte in % rel. F.

Bereich von 10 bis 100%
Genauigkeit 1%
Temperaturbereich -5°C
bis $+100^{\circ}\text{C}$
Analogausgang 0,5 V
tragbar
Batteriebetrieb



Mit dem neuen THERM 2246 bieten wir erstmals die Möglichkeit, mit einem netzunabhängigen Gerät die Luftfeuchte nach dem psychrometrischen Prinzip zu messen und die Werte in rel. Feuchte anzuzeigen. Dies bewirkt ein eingebauter elektronischer Rechner, der die Meßdaten exakt umsetzt. Das zeitraubende und umständliche Auswerten anhand von Tabellen entfällt.

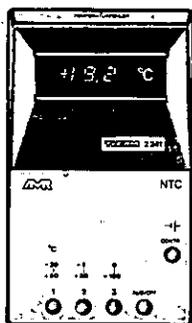
Das THERM 2246 erfüllt aufgrund der systembedingten Genauigkeit sowie der präzisen Rechenschaltung höchste Anforderungen. Es eignet sich daher für die genaue Kontrollmessung der rel. Luftfeuchte in Krankenhäusern, Operationsräumen, Büros (Computerräumen), Relaisstationen usw. Weitere Einsatzmöglichkeiten ergeben sich bei der Prüfung vorhandener Meßeinrichtungen.

TECHNISCHE DATEN:

Meßbereich Feuchte:	10–100% rel. Feuchte
Genauigkeit:	$<1\%$
Meßbereich Temperatur:	$-5 - +100^{\circ}\text{C}$
Genauigkeit:	$\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
Analogausgang:	0,5 V, RA 500 Ohm
Anzeige:	3 $\frac{1}{2}$ stellig, 7 Segment LED
Meßzeit:	100 ms
Meßzyklus:	500 ms autom. repetierend
Zulässige Umgebungstemperatur:	
Anzeigegerät:	0 bis 50°C
Geber:	-10 bis $+80^{\circ}\text{C}$

THERM

Weitere Geräte aus unserem Programm:

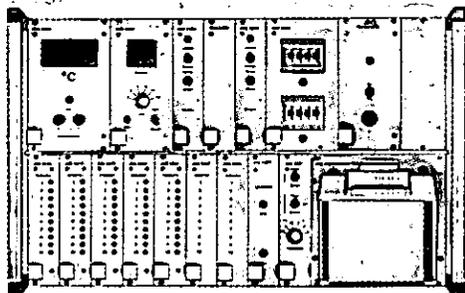


Tragbares-Temperaturmeßgerät THERM 2241

Hochgenaues Temperaturmeßgerät für schnelle Kontrollmessungen, Temperaturfühler für Luft, Flüssigkeit oder Objekttemperaturen.

TECHNISCHE DATEN:

- Meßbereiche:** -30 °C bis $+100\text{ °C}$
Genauigkeit: $0,1\text{ °C} \pm 1\text{ Digit}$
(im Bereich -5 °C bis $+45\text{ °C}$,
sonst $0,2 \pm 1\text{ Digit}$)
- Anzeige:** 7 Segment LED
Batterien: $3 \times 1,5\text{ V}$
Temperaturfühler: Schnellanzeigende, thermo-lineare NTC-Fühler mit kurzer Ansprechzeit. Zahlreiche Ausführungen für Oberflächen- und Tauchmessungen.



Meßwerterfassungs- und Überwachungsanlagen THERM 5200

Geräte mit automatischer Umschaltung zum Messen, Prüfen oder bzw. und Überwachen von bis zu 100 Meßstellen.

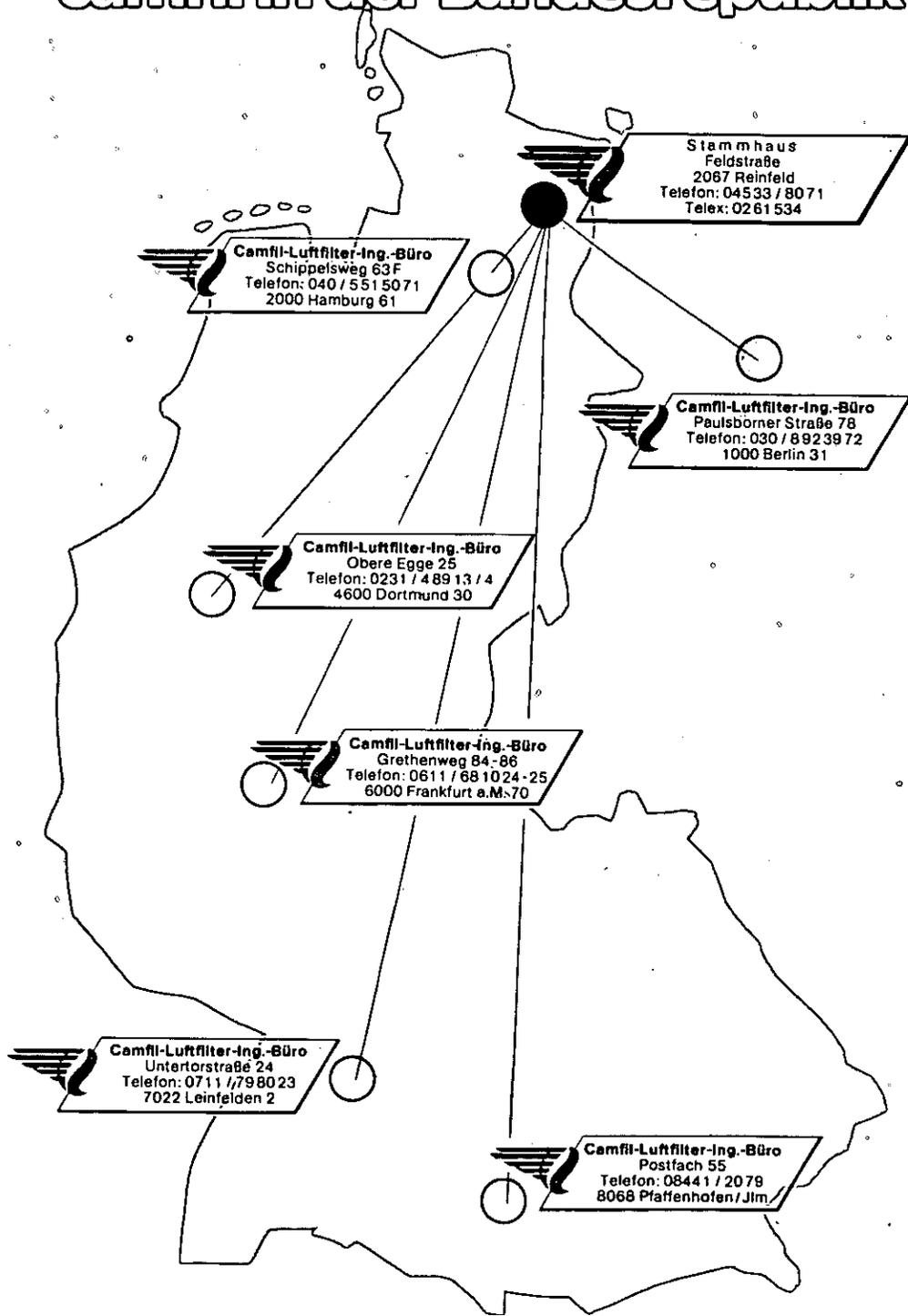
Mehrere Größen, z. B. Temperatur, Druck, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit usw. können mit einer Anlage erfaßt und gegebenenfalls überwacht werden. Ausdrucken bzw. Aufzeichnen auf Tonband, Lochstreifen usw., ist möglich. Standardisierte Einschübe ermöglichen individuelle Anpassung an vorliegende Aufgabenstellungen zu einem günstigen Preis.

Weitere Informationen durch:



Ahlborn Meß- und Regelungstechnik
Eichenfeldstraße 1-3 · D-8150 Holzkirchen
Telefon 0 80 24 / 75 15 · Telex 5 26 137 amrd

Camfil in der Bundesrepublik



Luftfilterung im Krankenhaus

Rat und Tat sind
hier oft zu teuer.
Das muß nicht
sein, denn ...

ABSOLUTE[®]
DOP 99,999%



MICRETAIN[®]
DOP 95%



AIROSOLVE HI-FLO 95[®]
ASHRAE 90-95%



... Camfil-Luftfilter

sind ein wichtiger

Beitrag ..

zur Kostendämpfung

durch

- hohe Abscheidegrade

- einfache, sichere

Wartung und Kontrolle

- lange Standzeiten

Fordern Sie uns an.

Wir lösen Ihre Luftreinigungsprobleme

AIROSOLVE HI-FLO 85[®]
ASHRAE 70-90%



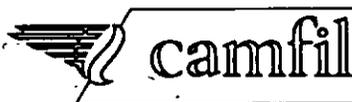
AIROSOLVE HI-FLO 45[®]
ASHRAE 40-60%



HI-CAP[®]
ASHRAE 80-40%



AUTO-ROLL[®]
ASHRAE < 20%

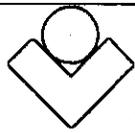


Spezialist für Luftfilter

Camfil GmbH
Feldstraße
2067 Reinfeld/Holst.
Tel: 04533/8071
Telex: 0261 534

Camfil SA Belgien
Camfil A/S Dänemark
Camfil SARL Frankreich
Camfil SPA Italien
Camfil AB Schweden
Camfil AG Schweiz

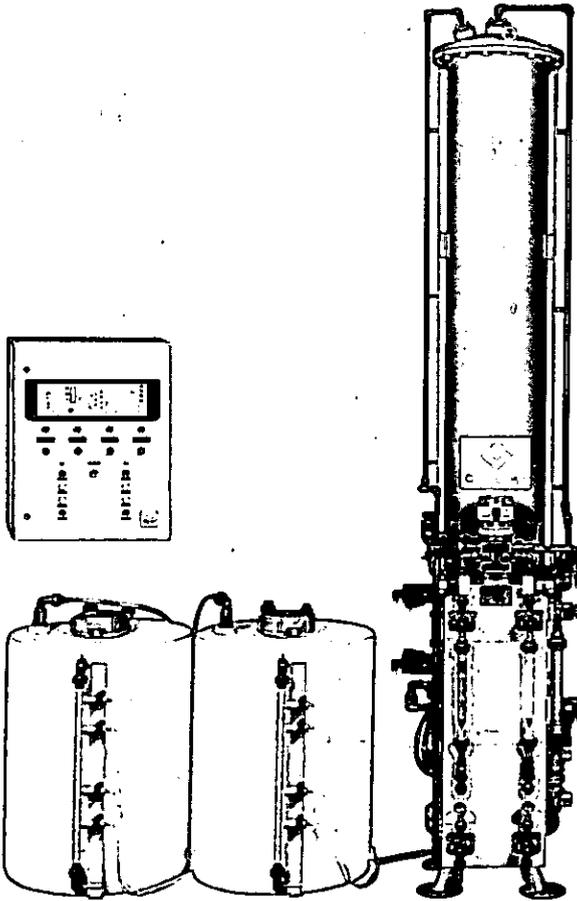
Wo Sie das nächstgelegene Camfil-Ing.-Büro finden, sagt Ihnen die umseitige Karte.



Cillichemie

Aufbereitung von Kühl- und Kesselwasser

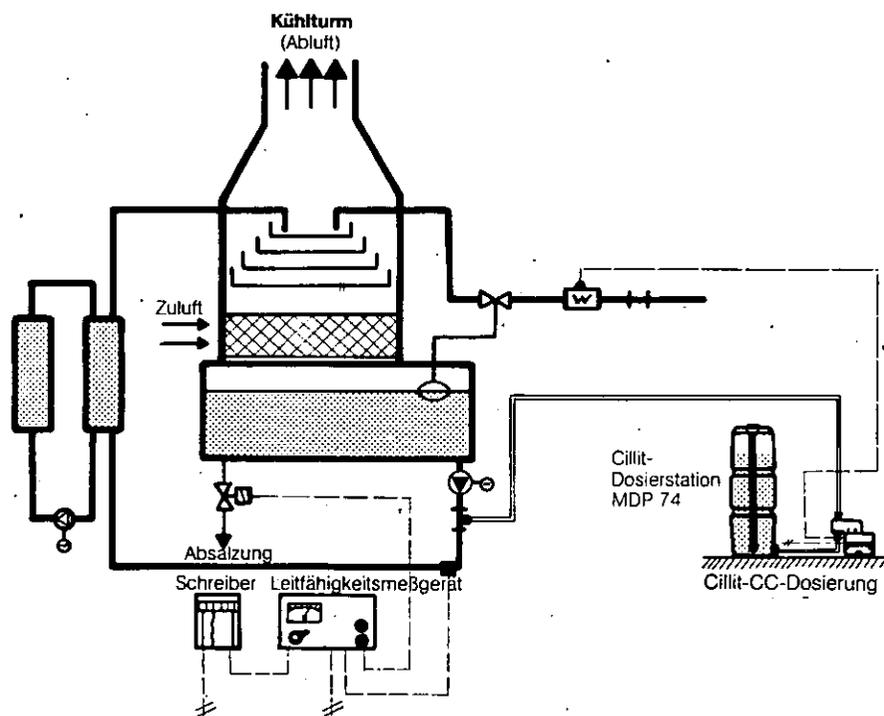
Apparative und chemische Wasseraufbereitung für Kühlsysteme,
Klimaanlagen, Luftwäscher, Warmwasser-, Heißwasser- und Dampfkessel.



Vollautomatische
Mischbettvollentsalzung

Zur Dosierung der Cillit-CC Produkte die Dosierstation Cillit MDP 74.

**Für die automatische Absalzung des konzentrierten Umlaufwassers
sorgt die Cillit-Absalzautomat.**



Cillit-CC Produkte zur Kühl- und Klimawasserbehandlung sind umweltfreundlich und erfüllen alle Kriterien, die Kühl- und Klimaanlage fordern:

- Schutz aller im System installierten Werkstoffen vor Korrosion und Ablagerungen
 - niedrige Wirkstoffkonzentration
- keine nachteiligen Auswirkungen auf Beschichtungen, Dichtungen usw.
- keine oder nur geringe eutrophierende Wirkung

Cillit-CC Produkte können allein eingesetzt werden, sie eignen sich jedoch auch sehr gut als Endkonditionierungschemikalien nach einer apparativen Aufbereitung, z. B. Basenaustausch, Teil- und Vollentsalzung, Reversosmose.

Cillichemie – Ihr Partner bei Wasserproblemen in Kühl- und Klimaanlage.



Cillichemie

Ernst Vogelmann, Postfach 1520, Böttwarbahnstraße 70, 7100 Heilbronn
Telefon (071 31) 509-1, Telex 7-28626

KARL FRÜH löst besondere Aufgaben



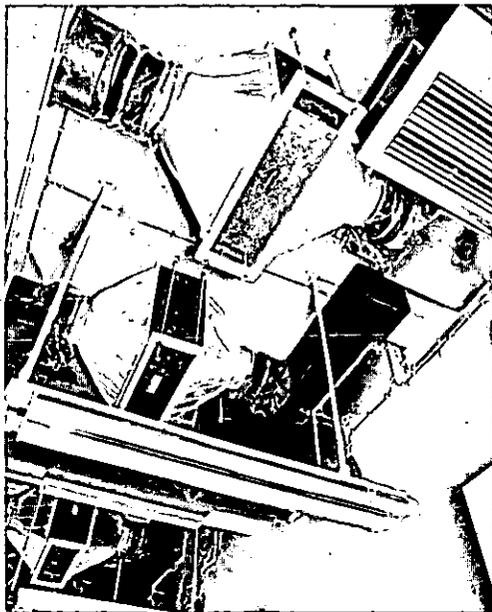
Langjährige Erfahrungen auf dem Gebiet des Anlagenbaus im Krankenhausbereich haben der Fa. Früh ein vielseitiges und fundiertes technisches Know-How eingebracht. Es erstreckt sich auf Beratung, Planung, Ausführung und Wartung raumluftechnischer Anlagen.

Die folgenden von uns realisierten Projekte sind eindrucksvolle Beispiele für Lösungen, die wir gefunden haben, um den hohen hygienischen Anforderungen im medizinischen Bereich auch vom Klimaanlagenbau her gerecht zu werden:

Stadt- und Kreiskrankenhaus Ansbach, Universitätsklinikum Steglitz der FU-Berlin, Knochenchirurgie Klinikum Westend Berlin, Frauenklinik Bonn, Sixtus-Hospital Haltern/Westfalen, Städtisches Ortskrankenhaus Hannover, Universitätsklinik Großhadern, München, Kreiskrankenhaus Simmern, Universitätsklinik, HNO-Klinik, Chirurgische Klinik Würzburg. – In der Ausführung: Krankenhaus München-Bogenhausen.

Unsere technischen Büros sorgen für einen direkten Kontakt zu allen Kunden. Sprechen Sie doch einmal mit einem unserer Ingenieure.

Institut für Virologie und Seuchenhygiene:



Gewebelabors und Impfkapseln. Schwebstoff-Filter mit Schutzschlauch-Wechseltechnik, die eine Kontaminations-Gefährdung ausschließt.



KARL FRÜH GmbH & Co. Lüftungs- und Klimaanlage

HAUPTVERWALTUNG:

Kanalstraße 66-70
1000 BERLIN 47
Telefon (030) 6 61 10 71
Telex 01 84 590

NIEDERLASSUNGEN:

Hagenstraße 38
3000 HANNOVER
Telefon (0511) 31 30 36
Telex 09 21 168

Ludwigstraße 43
6054 FFM./JÜGESHEIM
Telefon (06106) 40 66/67

Rothenbaumchaussee 3
2000 HAMBURG 13
Telefon (040) 4 10 37 01
Telex 021 73 351

Rüttenscheider Straße 120
4300 ESSEN 1
Telefon (0201) 77 10 61-65
Telex 08 57 887

Prinzregentenstraße 95
8000 MÜNCHEN 80
Telefon (089) 47 60 19/10
Telex 05 24 298

KARL FRÜH löst besondere Aufgaben

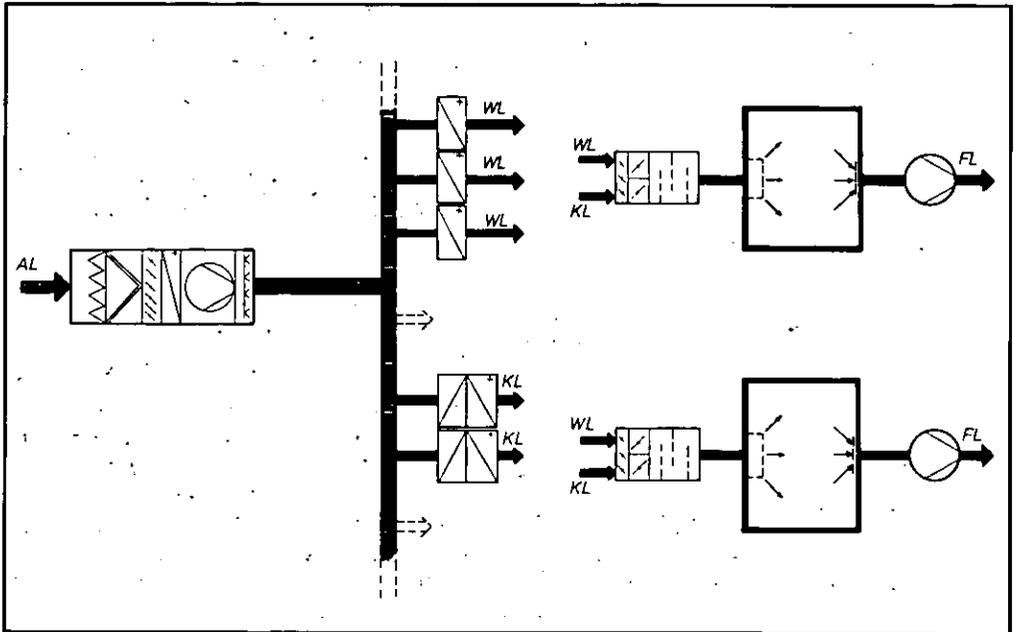


Für die Medizinische Hochschule (MHH) Theoretische Institute erstellten wir Klima-Anlagen, die unterschiedlichsten Anforderungen gerecht werden mußten. Klimakonstanträume, Bruträume, Diagnoseräume, Elektronenmikroskopraum, Gewebelabors, Isotopenmeßräume, Säurespülräume, Autoklavenräume, Nährbodenküche, Sterilräume, Tierlabor und Ultrazentrifugenräume stellten mit ihren unterschiedlichen klimatischen Problemen höchste Ansprüche an das technische Know-How.



Hochdruckanlagen für Außenzonen

Zwei-Kanal-Multizonenanlage



Seit fast 30 Jahren ist die Kessler + Luch-Gruppe auf den Gebieten Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik tätig. Sie entwickelt, plant und baut klimatechnische Anlagensysteme. Besondere Aufmerksamkeit widmet sie dem Bau von Klimaanlage für Krankenhäuser.



Kessler + Luch GmbH,
Rathenaustraße 8, D-6300 Lahn-Gießen 1,
Telefon 06 41/7 07-1, Telex 04 82 864
Installationen von Heizungs-, Lüftungs- und
Klimaanlagen

Die Kessler + Luch GmbH gehört zu den führenden Klimaanlagebauern in der Bundesrepublik. Im Krankenhausbereich hat sie in den vergangenen Jahren folgende Projekte realisiert:

Klima-, Be- und Entlüftungsanlagen für Kopfkliniken Würzburg, Kreiskrankenhaus Ruit, Kreiskrankenhaus Großburgwedel, Kinderklinik Gießen, Kreiskrankenhaus Neustadt/Am Rübenberge, Poliklinik Hannover-West, Kreiskrankenhaus Waldröl, St. Marien-Hospital Lünen, OP-Zentrum Lukas-Krankenhaus Neuß, Orthopädische Klinik Universität Münster, Schwerpunkt-Krankenhaus Wetzlar, Strahlenmeßstelle der Landesimpfanstalt Düsseldorf, Stadtkrankenhaus Fulda, Kreiskrankenhaus Eggenfelden, Krankenhaus Lauterbach, Sanatorium Bad Schwalbach, Kreiskrankenhaus Straubing-Bogen, Ev. Krankenhaus Köln-Kalk, Urologie und Kardiologie Universitätsklinik Düsseldorf.



Klima + Kälte GmbH,
Rathenaustraße 8, D-6300 Lahn-Gießen 1,
Telefon 06 41/7 10 71-72, Telex 04 82 852
Komponentenfertigung und Vertrieb

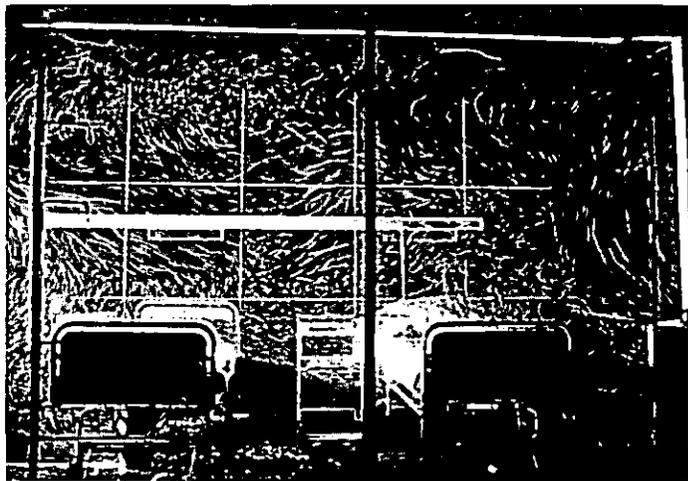
Das von Klima + und Kälte neu entwickelte Lüftungs- und Klimazentralgeräteprogramm – vario-system – erfüllt alle Anforderungen, die an Hygiene-Geräte gestellt werden. Klima + Kälte hat in den vergangenen Jahren Hygiene-Zentralgeräte für folgende Krankenhäuser geliefert:

Kaiserswerth, Worms, Bremen-Ost, Köln-Kalk; Bockum-Hövel, Ebersberg, Rothenburg, Emden, Mayen, Saarburg, St. Vincenz Mainz, Kinderklinik Hannover und die Krankenhäuser in Jeda; Zani, Alko und Riyadh (Saudi-Arabien).



Ingenieur-Gruppe Kessler + Luch,
Rathenaustraße 8, D-6300 Lahn-Gießen 1,
Telefon 06 41/7 07-1, Telex 04 82 864
Planung - Forschung - Entwicklung - Engineering

Ein nach neuesten technischen und wissenschaftlichen Gesichtspunkten ausgestattetes Planungs-, Forschungs- und Entwicklungszentrum ermöglicht die Untersuchung kompletter Anlagensysteme unter Berücksichtigung hygienischer, akustischer, beleuchtungstechnischer und innenarchitektonischer Gesichtspunkte. Eine eigene Datenverarbeitungsanlage unterstützt die rationelle Abwicklung der Arbeitsprogramme. So wurde z. B. für das Krankenhaus Worms eine Modellstudie durchgeführt, bei der die Luftströmung im Krankenzimmer durch ein spezielles Verfahren sichtbar gemacht und untersucht wurde.

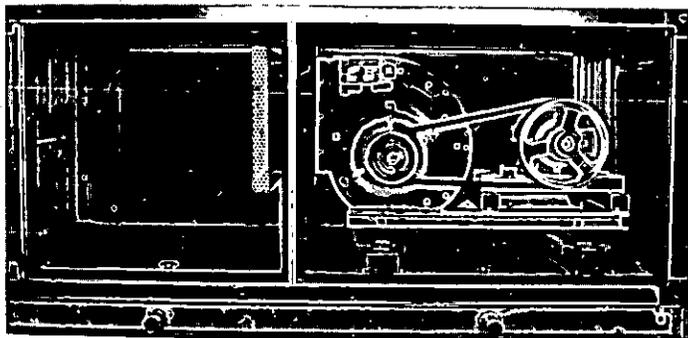


Modellstudie Krankenhaus Worms, Luftströmung im Krankenzimmer, sichtbar gemacht im Lichtschnittverfahren.

Beim Bau von Lüftungs- und Klimaanlage für Krankenhäuser, insbesondere in den OP-Bereichen, ist besonders darauf zu achten, daß die zuzuführende Luft frei von Staub, Giftstoffen, Pollen, Bakterien und anderen Mikroorganismen ist. Um diesen Anforderungen zu genügen, muß es im Planungsstadium so früh wie möglich zu einer Zusammenarbeit zwischen Architekten, Medizinern und Klima-Ingenieuren kommen.

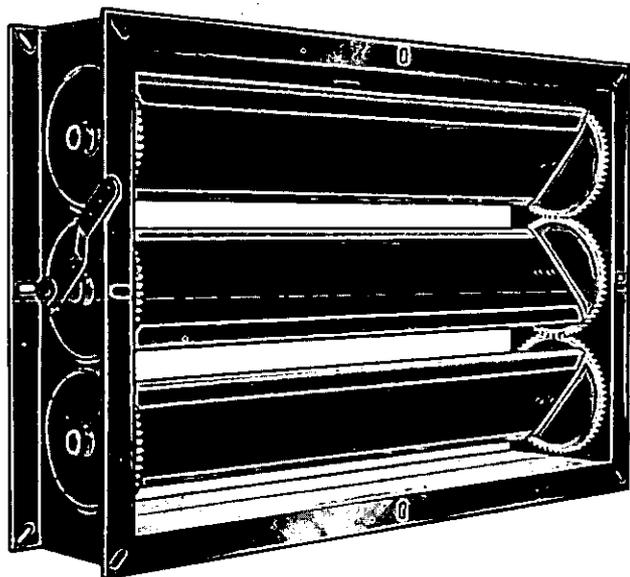
Kernstück jeder Anlage ist das Klimazentralgerät. Die Hygieneausführungen des neuen K+K-Lüftungs- und Klimazentralgeräteprogramms – vario-system – erfüllen alle Voraussetzungen hinsichtlich Wartung, Reinigung und Desinfektion.

Die Innenwände des Gerätes sind besonders glatt und mit einer weißen Spezialbeschichtung versehen oder bestehen aus Edelstahl. Alle Einbauteile sind auf die hygienischen Belange abgestimmt und mit der entsprechenden Oberflächenbehandlung versehen.



Krankenhaus-Zentralgerät, KGH-hyg: Ventilator- und Luftverteilerkammer mit Prallplatte. Glatte Innenwände; epoxydharzlackierte Oberfläche, Böden aus Edelstahl mit Wasserablauf für die Reinigung. Ventilator mit Antrieb seitlich herausziehbar.

TÜV-geprüft luftdicht nach DIN 1946



WILDEBOER- Jalousieklappe JL

mit gekantetem und gepreßtem U-Profilrahmen, gegenläufigen und strömungsgünstigen Hohlkörperlamellen (DBGM) mit speziellen Dichtungsprofilen, innenliegendem Zahnradantrieb mit selbstschmierenden Kunststofflagern.

Werkstoffe:
Verzinkter Stahl und
Spezialkunststoffe.

Die Jalousieklappen erfüllen die Bedingungen des luftdichten Schließens im Sinne der DIN 1946, Blatt 4 (Lüftung in Krankenanstalten, Entwurf 6.74). Diese Tatsache wurde durch eine TÜV-Prüfung bestätigt. Jede Klappe wird vor Versand auf vom TÜV anerkannten Meßeinrichtungen geprüft.

Bitte fordern Sie unsere Unterlagen an.



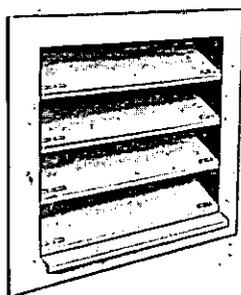
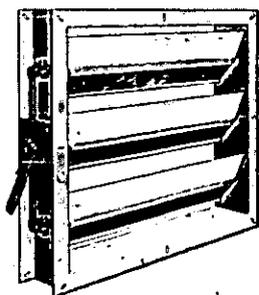
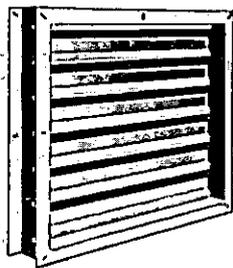
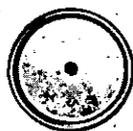
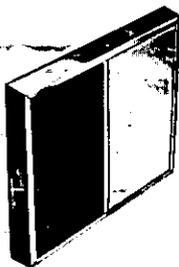
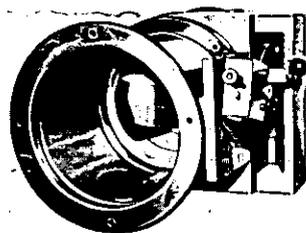
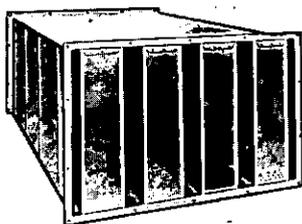
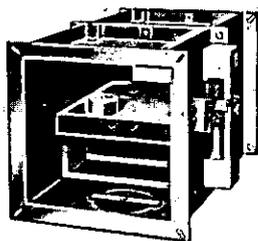
WILDEBOER KG
BAUTEILE FÜR LÜFTUNG + KLIMA

Marker Weg 1-15 · 2952 Weener/Ems
Tel. (04951) 2026 · Telex 27754 wilddb

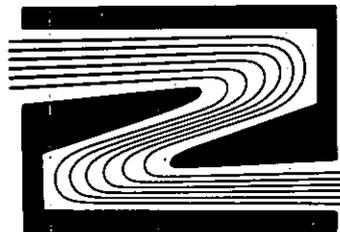
Unser Programm '78

Feuerschutzklappen
Rauchmelder
Jalousieklappen
Wetterschutzgitter
Überdruckjalousien
Schalldämpfer
Schalldämpfkulissen

Luftkanäle
Luftkanalaufhängematerial
Revisionsverschlüsse
Revisionsstüren
Luftdichte Stahltüren
Einbau- und Gegenrahmen
Segeltuchverbindungen



Unsere für die
Krankenhausklimatisierung
entwickelten und
erstellten Anlagen sind
beispielhaft.



ZANDER

KLIMATECHNIK GMBH

NÜRNBERG MÜNCHEN HAMBURG DÜSSELDORF BERLIN

Stammhaus: Rollnerstraße 111, 8500 Nürnberg, Fernsprecher (0911) 3608-1, Fernschreiber 06/22813

Niederlassungen:

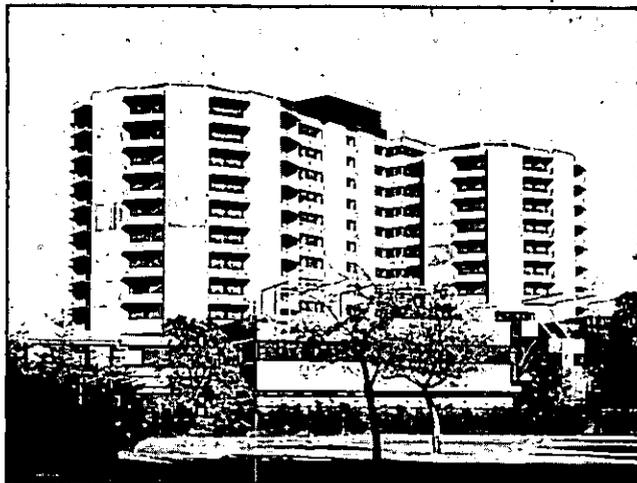
8000 MÜNCHEN 80
Weißburger Straße 25
Fernsprecher (089) 45 40 45-46
Fernschreiber 05/29 824

2000 HAMBURG 50
Virchowstraße 10
Fernsprecher (040) 38 14 59
Fernschreiber 02/12 651

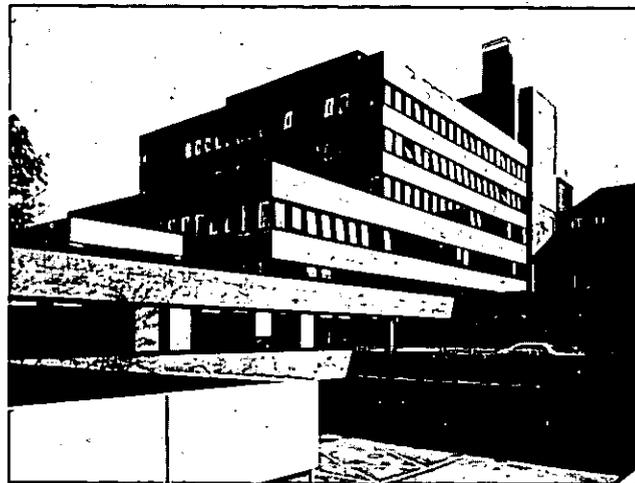
4000 DÜSSELDORF 13
Werstener Feld 5
Fernsprecher (0211) 767214-15
Fernschreiber 08/584 445

1000 BERLIN 30
Kleiststraße 19-21
Fernsprecher (030) 213 30 17
Fernschreiber 01/85 446

Neuzeitliche
Krankenhäuser erfordern den
Einsatz hochtechnisierter, betriebs-
sicherer Klimaanlage.
Wir stellen Ihnen unsere reiche Erfahrung
gerne zur Verfügung.



Zentral Krankenhaus Bremen-Ost



Städtisches Krankenhaus Lüneburg

1. Fachsymposium Krankenhaustechnik
" Einsatz computergesteuerter Leitsysteme im Krankenhaus "
Medizinische Hochschule Hannover
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, R. Kerl
1974. Format DIN A 5, kartoniert, 119 Seiten
12 Vorträge inkl. Autorenverzeichnis

DM 20,--

2. Fachtagung Krankenhaustechnik
" Sicherheit im Krankenhaus "
Medizinische Hochschule Hannover
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, R. Kerl
1975. Format DIN A 5, kartoniert, 123 Seiten
13 Vorträge inkl. Autorenverzeichnis

DM 20,--

3. Fachtagung Krankenhaustechnik
" Infektiöser Müll im Krankenhaus "
Medizinische Hochschule Hannover
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, R. Kerl
1976. Format DIN A 5, kartoniert, 182² Seiten
22 Vorträge inkl. Autorenverzeichnis

DM 30,--

4. Fachtagung Krankenhaustechnik
" Wirtschaftliche Instandhaltung im Krankenhaus "
Medizinische Hochschule Hannover
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, W. Kreinberg
1977. Format DIN A 5, kartoniert, 231 Seiten
21 Vorträge inkl. Autorenverzeichnis

DM 40,--

Zusammenfassung wissenschaftlicher Vorträge
der 3. Jahrestagung für Biomedizinische Technik
sowie des Fachsymposiums "Störunterdrückung bei
Biosignalen"

Medizinische Hochschule Hannover
Herausgeber: O. Anna und C. Hartung
1974. Format DIN A 4, kartoniert, 253 Seiten
102 Vortragsszusammenfassungen inkl. Autoren-
verzeichnis

DM 30,--

Zu beziehen durch:

Abteilung für Biomedizinische Technik
speziell Krankenhaustechnik
Medizinische Hochschule Hannover
Postfach 610 180
3000 Hannover 61

5. Fachtagung Krankenhaustechnik "Klimaanlagen im Krankenhaus" - MHH

Freitag, 28. 4. 1978		Sonnabend, 29. 4. 1978		Sonntag, 30. 4. 1978	
		Hörsaal A	Hörsaal F	Hörsaal A	Hörsaal F
		9.00 - 10.30 Keimfluß- Probleme KHL von Kran- kenzimmern	9.00 - 10.30 Filter	9.00 - 10.30 Instandhal- tung	9.00 - 10.30 Anpassung, Entwicklungs- tendenzen
Mensa der MHH		10.30 - 11.00 Pause		10.30 - 11.00 Pause	
Nur für Mitglieder der Fachvereinigung Kranken- haustechnik e.V.: 11.00 - 12.30 Jahreshaupt- versammlung		11.00 - 12.30 Zentralgeräte, Sonderanlagen	11.00 - 12.30 Luftbefeuch- tung, Korrosion	11.00 - 12.30 Instand- haltung	11.00 - 12.30 Nachrüsten
Hörsaal A	Hörsaal F	12.30 - 14.30 Mittag			
14.00 - 14.15 Eröffnung 14.15 - 15.45 Hygiene	14.00 - 14.15 Eröffnung 14.15 - 15.45 Klima- tisierung, Brandschutz	14.30 - 16.00 Wirtschaft- lichkeit, Energie	14.30 - 16.00 LTA der MHH- Planung, Erfahrungen		
15.45 - 16.30	Pause	16.00 - 16.30	Pause		
16.30 - 18.00 Keimverminde- rung - Maßnahmen	16.30 - 18.00 Vorschriften LTA	16.30 - 18.00 Wirtschaft- lichkeit, Energie	16.30 - 18.00 Abnahme, Kostenent- wicklung		