Prof. Dr. C. Hartung

Technische Ver– und Entsorgung im Krankenhaus

Vorträge
gehalten anläßlich der
HospiTech '87
15. Kongreß und Ausstellung für Krankenhaustechnik

13. bis 15. Oktober 1987
Messegelände Hannover

Herausgeber und Wissenschaftliche Leitung:
Prof. Dr. C. Hartung, Prof. Dr. O. Anna
Institut für Biomedizinische Technik und Krankenhaustechnik
Medizinische Hochschule Hannover

Durchgeführt in Verbindung mit der
Wissenschaftlichen Gesellschaft für Krankenhaustechnik e.V. (WGKT)
Ordentliches Mitglied der International Federation of Hospital Engineering (IFHE)

Alle Rechte bei den Herausgebern.
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.

Sehr geehrte Tagungsteilnehmer!

Die naturwissenschaftlich betriebene Medizin ist Kernleistung unseres Gesundheitswesens. Wenn ihre Errungenschaften durch die zur Verfügung stehenden, technischen Möglichkeiten angenehm empfunden und freudig entgegengenommen werden, wird kaum noch wahrgenommen, daß hierfür umfangreiche Vorleistungen erbracht werden müssen. Dieser Effekt ist durchaus gewollt, denn Technik im Krankenhaus soll maßgeschneidert und unauffällig funktionieren und soll möglichst nicht das Gespräch zwischen Patient und Arzt unterbrechen.

Die HOSPITECH '87 wird sich im Rahmen eines Kongresses, von Unternehmens-Präsentationen und einer Fachausstellung parallel damit befassen, wie diese Vorleistungen sicher, verfügbar und wirtschaftlich erbracht werden können.

Unter dem Leitthema "Technische Versorgung und Entsorgung im Krankenhaus" sprechen ca. 40 Fachleute über

- Investitionspolitik und -beratung bei der Krankenhaussanierung,
- Kauf- und Vergabemechanismen der öffentlichen Hand,
- Elektrotechnische Versorgung,
- Energie-, Kälte-, Wärme- und Medienversorgung,
- Raumlufttechnik,
- Abfall- und Abwasserentsorgung,
- Strahlen- und Schallschutz,
- Umweltsschutz und Hygiene.

Die Krankenhäuser beliefernde Industrie wird auf der begleitenden Industrie-Ausstellung Produkte und Weiterentwicklungen zeigen und über ihr aktuelles Spektrum im Bereich der technischen Ver- und Entsorgung im Krankenhaus informieren.

Unternehmens-Präsentationen in Form von Vorträgen, Seminaren und Workshops zum Leitthema runden das Programm ab.

Krankenhausingenieure und -techniker, Angehörige der Krankenhausverwaltungen und der ärztlich-pflegerischen Bereiche, freie Planer, Angehörige der Verbände und Organisationen im Gesundheitswesen und der Behörden sowie der befaßten Industrie-und Wirtschaftszweige, ihnen allen bietet die HOSPITECH '87 wieder ein Forum für Diskussion, Information und Beschaffungsentscheidungen.

Den Vortragenden, Vorsitzenden, Ausstellern und Inserenten sei 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

Kongreß-Programm »Technische Versorgung und Entsorgung im Krankenhaus«

Dienstag, 13. Oktober 1987		Mittwoch, 14. Oktober 1987		Donnerstag, 15. Oktober 1987	
Kongreß-Saal 1	**Kongreß-Saal 2**	**Kongreß-Saal 1**	**Kongreß-Saal 2**	**Kongreß-Saal 1**	**Kongreß-Saal 2**
9.30 bis 11.00 Uhr Eröffnung		9.30 bis 11.00 Uhr Energieversorgung	9.30 bis 11.00 Uhr Versorgungsbereich Raumluft	9.30 bis 11.00 Uhr Entsorgungslogistik Krankenhausabfälle	9.30 bis 11.00 Uhr Umweltschutz I
PAUSE					
11.45 bis 13.00 Uhr Elektrotechnische Versorgung ZLT-G	11.45 bis 13.00 Uhr Elektrotechnische Versorgung Ersatzstrom	11.45 bis 13.00 Uhr Wärmeversorgung	11.45 bis 13.00 Uhr Kälteversorgung	11.45 bis 13.00 Uhr Entsorgungspraxis Krankenhausabfälle	11.45 bis 13.00 Uhr Umweltschutz II
MITTAGSPAUSE					
15.00 bis 17.00 Uhr Elektrotechnische Versorgung Vorschriften, Betrieb	15.00 bis 17.00 Uhr Elektrotechnische Versorgung Gefahren und Schutz	15.00 bis 17.00 Uhr Medienversorgung	15.00 bis 17.00 Uhr Kälteanlagen	15.00 bis 17.15 Uhr Abwasserentsorgung	15.00 bis 17.15 Uhr Umweltschutz III

Jahreshauptversammlung der WGKT im Konferenzraum des Bettenhauses der Medizinischen Hochschule Hannover
am Montag, dem 12. Oktober 1987, 17.00 bis 19.00 Uhr

Programm und Inhalt

Montag, 12. Oktober 1987

17.00 Uhr bis 19.00 Uhr
Jahreshauptversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Krankenhaustechnik e.V. im Konferenzraum des Bettenhauses der Medizinischen Hochschule Hannover

Dienstag, 13. Oktober 1987

Kongreß-Saal 1

Eröffnung der HOSPITECH '87

9.30 Uhr Begrüßung der Kongreß-Teilnehmer
O. Anna, Hannover

9.40 Uhr Investitionspolitik und Beratung bei der Krankenhaussanierung
M. Kritzinger, Hannover 1

10.20 Uhr Über die Kauf- und Vergabepraxis der öffentlichen Hand unter Wettbewerbsgesichtspunkten
J.-W. Hohls, Berlin 10

10.40 Uhr Pause

»Elektrotechnische Versorgung / Zentrale Leittechnik (ZLT-G)«

Vorsitz: E. Hadré, Rösrath; E. Frey, Ulm

11.45 Uhr Probleme für Krankenhäuser? Kompatibilität von ZLT-G-Systemen
H. Benez, Karlsruhe 14

12.15 Uhr ZLT-G in einem 600-Betten-Krankenhaus: 4 Jahre Betriebserfahrung
D. Plasa, Kassel 21

12.45 Uhr Diskussion / Mittag

»Elektrotechnische Versorgung / Vorschriften und Betrieb«

Vorsitz: K.-D. Fey, Butzbach; C. Hartung, Hannover

15.00 Uhr Wissenswertes über neue Vorschriften für Bau und Betrieb elektrischer Anlagen im Krankenhaus
E. Pointner, München 31

15.30 Uhr Anlagenaufnahme vor Ort! Unabdingbare Voraussetzung für die geplante Instandhaltung
H.-J. Hack, V. Tobias, Wilhelmshaven 40

16.00 Uhr Instandhaltungsarbeiten an elektrischen Anlagen im Krankenhaus
W. Wawra, Hannover 47

16.30 Uhr Diskussion

17.00 Uhr Ende

Dienstag, 13. Oktober 1987

Kongreß-Saal 2

»Elektrotechnische Versorgung / Ersatzstrom«

Vorsitz: O. Anna, Hannover; W.-E. Menzel, Erlangen

11.45 Uhr Praxis der Ersatzstromversorgung
H. Becker, Hanau 55

12.15 Uhr WGKT-Studie »Sichere Stromversorgung im Krankenhaus«
O. Anna, Hannover 66

12.45 Uhr Diskussion / Mittag

»Elektrotechnische Versorgung / Gefahren und Schutz«

Vorsitz: U. Spindler, Bonn; O. Anna, Hannover

15.00 Uhr Schutzmaßnahmen in elektrischen Netzen
H. Menges, Heidelberg 84

15.30 Uhr Elektrische Schutzmaßnahmen in medizinisch genutzten Räumen
W. Kreinberg, Hannover 99

16.00 Uhr Gefahren und Gefahrenschutz in elektrischen Anlagen
K. Scheuermann, Mannheim 108

16.30 Uhr Diskussion

17.00 Uhr Ende

Mittwoch, 14. Oktober 1987

Kongreß–Saal 1

»Energieversorgung«

Vorsitz: K. Riedle, Wiesbaden; B. Canzler, Mülheim

9.30 Uhr Mindestausstattung an Meßmöglichkeiten für die VER-Bereiche Energie / Wärme
M. Joeschke, L. Rouvel, München 115

9.50 Uhr Energieflüsse im Krankenhaus: Anfall, Beurteilung, Wirtschaftlichkeit, Management
H. Apel, Mülheim 123

10.10 Uhr Ein Jahr Betriebserfahrung mit einem Blockheizkraftwerk
K. Steinel, Gummersbach 136

10.30 Uhr Diskussion / Pause

»Wärmeversorgung«

Vorsitz: B. Canzler, Mülheim; L. Siebert, Düsseldorf

11.45 Uhr Energieeinsparung und Schadstoffreduktion durch prozeß-gesteuerte Wärmerückgewinnung
M. Wiechmann, Hude 145

12.15 Uhr Modernisierung Ihrer Heizungsanlage? — Ausführungsbeispiele in Krankenhäusern
W. Becker, Braunschweig 156

12.45 Uhr Diskussion / Mittag

»Medienversorgung«

Vorsitz: L. Siebert, Düsseldorf; K. Riedle, Wiesbaden

15.00 Uhr Dampfversorgung im Krankenhaus
K. Nienburg, Stuhr 165

15.30 Uhr Brauchwasser-Versorgungsanlagen für Krankenhäuser
H. Schmitz, Braunfels 179

16.00 Uhr Aufbereitung, Schutzschichtbildung und Korrosion in wasserführenden Systemen
O. Wollrab, Kiel 185

16.30 Uhr Diskussion

17.00 Uhr Ende

Mittwoch, 14. Oktober 1987

Kongreß–Saal 2

»Versorgungsbereich Raumluft«

Vorsitz: T. Rakoczy, Köln; K.-D. Fey, Butzbach

9.30 Uhr DIN 1946, Teil 4: »RLT-Anlagen in Krankenhäusern« — Veröffentlichung des Weißdruckes in Sicht
K.-W. Kraupner, Hamburg 191

9.50 Uhr RLT-Anlagen nach der künftigen DIN 1946, Teil 4: anlagentechnische und betriebliche Konsequenzen
P. Schmidt, Reiskirchen 200

10.10 Uhr Welche Energie-Einsparungsmaßnahmen bei RLT-Anlagen im Krankenhaus sind heute realistisch?
H. Esdorn, M. Schmidt, Berlin 210

10.30 Uhr Diskussion / Pause

»Kälteversorgung«

Vorsitz: H. Kruse, Hannover; H. Börner, Hannover

11.45 Uhr Kälteversorgung im Krankenhaus: Arbeitsprinzipien, Konstruktion, Installation, Regelung
H. Haseköster, Ladenburg 222

12.15 Uhr Schäden in der Kälteversorgung
B. Kriewald, Köln 232

12.45 Uhr Diskussion / Mittag

»Kälteanlagen«

Vorsitz: H. Börner, Hannover; H. Kruse, Hannover

15.00 Uhr Kälteanlagen mit Wärmerückgewinnung
J. Paul, Flensburg 239

15.30 Uhr Über Betriebserfahrungen im Allgemeinen Krankenhaus Hamburg-Altona (AKA) nach Umstellung auf Gasmotor-betriebenen Kälte-Wärme-Strom-Verbund
H. Vogel et al., Hamburg 254

16.00 Uhr Kälte-Wärme-Verbund in einem Herzzentrum
B. Göke, Bad Oeynhausen 264

16.30 Uhr Diskussion

17.00 Uhr Ende

Donnerstag, 15. Oktober 1987

Kongreß–Saal 1

»Entsorgungslogistik Krankenhausabfälle«

Vorsitz: H. Rüden, Berlin; C. Hartung, Hannover

9.30 Uhr	Verschärfter Umweltschutz: Auswirkungen auf die regionale Krankenhaus-Abfallbeseitigung in Baden-Württemberg U. Grammel, Stuttgart	271
9.50 Uhr	Entsorgung radioaktiver Abfälle und Abwässer D. Junker, Hannover	281
10.10 Uhr	Interne Entsorgung, Zwischenlagerung und Übergabe von chemischen Sonderabfällen im Krankenhaus D. Reichard, Berlin	295
10.30 Uhr	Diskussion / Pause	

»Entsorgungspraxis Krankenhausabfälle«

Vorsitz: C.-F. Seyfried, Hannover; H. Rüden, Berlin

11.45 Uhr	Erfahrungen mit der regional zentralisierten Abfallbeseitigung im norddeutschen Raum D. Reise, Kiel	305
12.05 Uhr	Sieben Jahre Betriebserfahrungen mit der Naßmüllsterilisation St. Drauschke, Berlin	316
12.25 Uhr	Behandlung von Abfällen aus Krankenhausküchen W. Zillgith, Offenburg	326
12.45 Uhr	Diskussion / Mittag	

»Abwasserentsorgung«

Vorsitz: H. Feurich, Berlin; C.-F. Seyfried, Hannover

15.00 Uhr	Abwasserentsorgung aus Krankenanstalten — neue Vorschriften G. M. Schmidt-Burbach, Lich	332
15.30 Uhr	Abwasserentsorgungsnetze und -anlagen im Krankenhaus K. Rudat, Berlin	342
16.00 Uhr	Erfahrungen mit Abwasserleitungen aus Spezialglas in einem 556-Betten-Krankenhaus L. von Lottner, Worms; H. Ehm, Mainz	358
16.30 Uhr	Diskussion	
17.00 Uhr	Schlußwort O. Anna, Hannover	
17.15 Uhr	Ende	

Donnerstag, 15. Oktober 1987

Kongreß–Saal 2

»Umweltschutz I«

Vorsitz: G. Seetzen, Hannover; K. Weber, Hannover

9.30 Uhr Kompendium für Krankenhäuser derzeit relevanter und neuer Umweltschutz-Bestimmungen
G. Urlaub, Stuttgart 367

9.50 Uhr Der Umweltschutz beginnt beim Einkauf!
W. Riedel, Wolfenbüttel 377

10.10 Uhr Betriebs- und Servicemaßnahmen zur Begrenzung der Schadstoff-Emission Ihrer Heizungsanlage
K. Below, Hamburg 384

10.30 Uhr Diskussion / Pause

»Umweltschutz II«

Vorsitz: J. Drescher, Hannover; G. Seetzen, Hannover

11.45 Uhr Wie können Geräusche technischer Versorgungsanlagen gemindert werden? — Planung und Nachprüfung
E. Sälzer, Wiesbaden 399

12.15 Uhr Strahlenschutz in kleinen und großen Krankenhäusern
D. Junker, Hannover 411

12.45 Uhr Diskussion / Mittag

»Umweltschutz III«

Vorsitz: J. Drescher, Hannover; W. Holländer, Hannover

15.00 Uhr Entsorgung fotochemischer Abwässer
I. Boie, Leverkusen 428

15.30 Uhr Filter in RLT-Anlagen:
Was haben wir aus dem Störfall »Tschernobyl« gelernt?
E. Neudeck, Reinfelden 434

16.00 Uhr OP-Hygiene — elektrisch messen?
J. Schad, Hannover 437

16.15 Uhr Smog und RLT-Anlagen im Krankenhaus
C. Hartung, Hannover 446

16.30 Uhr Diskussion

17.00 Uhr Schlußwort
C. Hartung, Hannover

17.15 Uhr Ende

Verzeichnis der Redner und Vorsitzenden 453

Fachliteratur Krankenhaustechnik 460

INVESTITIONSPOLITIK UND -BERATUNG BEI DER KRANKENHAUSSANIERUNG

von M. Kritzinger, Hannover

INVESTITION UND INVESTITIONSMITTEL

Unter Investition versteht man die Verwendung von Kapital zum Ankauf von Produktionsmitteln. Man unterscheidet dabei die Netto-Investition als Kapitaleinsatz zur Erweiterung und Verbesserung des Produktionsmittelbestandes von der Re-Investition zum Ersatz verbrauchter Produktionsmittel (1). Etwas differenzierter unterscheidet man auch nach dem Zeitablauf (Gründungs- oder Folgeinvestitionen), nach dem Investitionsobjekt (z.B. Sach- oder Finanzinvestitionen), nach dem Investitionszweck (Ersatz-, Erweiterungs-, Umstellungs-, Diversifikations- und Rationalisierungsinvestitionen) sowie - im Krankenhausbereich - nach dem Einsatzbereich (2).

Investitionen im Krankenhaus dienen überwiegend der wirtschaftlichen Sicherung dieser Einrichtungen, sie werden erforderlich bei der Aufrechterhaltung, Verbesserung oder Erweiterung des Leistungsangebotes oder bei der Rationalisierung des Krankenhausbetriebes mit den Zielen die Leistungen zu steigern oder die Betriebskosten zu senken.

Die im Krankenhaus erforderlichen Investitionsmittel werden - im Gegensatz zu anderen Wirtschaftsbetrieben - nicht selbst erwirtschaftet oder auf dem Kapitalmarkt beschafft, sondern überwiegend von der öffentlichen Hand, teilweise aber auch von den Sozialleistungsträgern bereitgestellt oder erstattet. Die duale Finanzierung der Krankenhäuser und damit ihrer Investitionen ist seit 1972 nach dem Gesetz zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze (KHG) geregelt. Hiernach werden die für Investitionen erforderlichen Mittel bzw. Investitionskosten im Hinblick auf bestimmte Fördertatbestände und nach der Mittelherkunft wie folgt unterschieden:

- Investitionskosten für die Errichtung (Neubau, Umbau, Erweiterungsbau) von Krankenhäusern und der Anschaffung der zum

Krankenhaus gehörenden Wirtschaftsgüter.
Diese Kosten werden nach § 9 Abs. 1 Nr. 1 KHG über die Investitionsprogramme der Bundesländer von diesen und - nach Maßgabe der jeweiligen Landesgesetze - auch von den kommunalen Gebietskörperschaften finanziert.

- Investitionskosten für die Wiederbeschaffung von Anlagegütern mit einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von mehr als drei Jahren.
  Von diesen Kosten werden die Kosten für
  - die Wiederbeschaffung kurzfristiger Anlagegüter sowie kleiner baulicher Maßnahmen nach § 9 Abs. 3 KHG durch feste jährliche Pauschalbeträge ebenfalls von den Ländern und - soweit vorgesehen - von den Kommunen finanziert, die Kosten für
  - die Wiederbeschaffung nicht kurzfristiger Anlagegüter werden dagegen wie Anschaffungen gesehen und entsprechend nach § 9 Abs. 1 KHG finanziert.

- Investitionskosten für die Wiederbeschaffung von Wirtschaftsgütern mit einer durchschnittlichen Nutzungsdauer bis zu drei Jahren.
  Nach § 17 Abs. 4 Nr. 1 KHG werden diese Kosten den zwischen den Krankenhaus- und Sozialleistungsträgern vereinbarten Pflegesätzen zugerechnet und entsprechend finanziert.

- Investitionskosten für Maßnahmen, die geeignet sind, alsbald die Leistungen des Krankenhauses kostengünstiger zu erbringen (Rationalisierungsinvestitionen), Umstellungen zu erleichtern oder Überkapazitäten zu beseitigen, können nach § 18 b KHG unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls über die Pflegesätze ganz oder teilweise finanziert werden.
  Von dieser Regelung wurde allerdings in den einzelnen Ländern bisher kaum Gebrauch gemacht.

Für die Investitionsplanung im Krankenhaus ergibt sich daher aus dem Krankenhausfinanzierungsgesetz die Notwendigkeit bei Investitionsentscheidungen sowohl die Mittelherkunft als auch den Zeitpunkt der Bereitstellung der Mittel zu berücksichtigen.

Nur im Bereich von Investitionen, die aus den festen Pauschalbeträgen finanziert werden - also bei kurzfristigen Anlagegütern - kann der Krankenhausträger über betriebswirtschaftlich sinnvolle Investitionen selbst und eigenverantwortlich entscheiden. Bei größeren Sachinvestitionen sind die zuständigen Landesbehörden, bei Instandhaltungsinvestitionen und einem Teil der Widerbeschaffungen sind die Sozialleistungsträger beteiligt, der Krankenhausträger ist insofern von diesen abhängig. Die Schwierigkeiten, die sich hieraus für eine sinnvolle Investitionsplanung ergeben können, sind verständlich. Art, Umfang und Zeitpunkt notwendiger Maßnahmen können daher nicht immer mit dem vorgesehenen Investitionsplan in Einklang gebracht werden. Infolgedessen wird verschiedentlich eine monistische Finanzierung, d.h. Finanzierung der Benutzer- und aller Investitionskosten durch die Sozialleistungsträger, gefordert. Ob damit die Krankenhäuser besser getellt werden können, wird allerdings bezweifelt.

KRANKENHAUS UND KRANKENHAUSSANIERUNG

Mit Stand vom 1. Januar 1987 werden im Niedersächsischen Krankenhausplan insgesamt 215 Krankenhäuser mit 54.877 Planbetten aufgeführt. Darin eingeschlossen sind 8 Psychiatrische Landeskrankenhäuser mit 5.198 sowie die beiden Universitätskliniken in Hannover und Göttingen mit zusammen 2.872 Planbetten. Rechnet man noch 1o Vertragskrankenhäuser nach § 371 RVO mit 377 Betten hinzu, werden in Niedersachsen zurzeit 55.254 Betten vorgehalten. Bei einer Bevölkerung von 7.196.100 Einwohnern am 31.12.1986 stehen in Niedersachsen 7,68 Betten je 1.ooo Einwohner zur Verfügung. Für den Akutbereich verbleiben nach Abzug der Betten für Psychiatrie sowie für Kinder- und Jugendpsychiatrie insgesamt 47.144 Planbetten, entsprechend 6,55 Betten je 1.ooo Einwohner (3,4).

Größere Investitionsmaßnahmen der Landeskrankenhäuser sowie der beiden Universitätskliniken werden in Niedersachsen außerhalb der Investitionsprogramme gefördert. Damit erstreckt sich die Förderung nach § 9 Abs. 1 KHG auf 2o5 Krankenhäuser mit 46.9o7 Planbetten. Die durchschittliche Größe dieser Häuser beträgt

mithin 228 Betten. Allein 5o Häuser haben weniger als 1oo, nur 16 Krankenhäuser verfügen über mehr als 5oo Betten. Auch bei den verbleibenden rund 14o Häusern überwiegen zahlenmäßig die Krankenhäuser mit weniger als 2oo Betten. Während sich die größeren Häuser strukturbedingt in den Ballungsgebieten und Städten wie Hannover, Braunschweig, Osnabrück. Oldenburg, Wilhelmshaven, Göttingen und Lüneburg befinden, übernehmen die kleineren Häuser die Aufgabe einer möglichst wohnortnahen stationären Versorgung eines Flächenstaates.

Ein Teil der Allgemeinen Krankenhäuser sind Neu- oder Ersatzbauten der letzten Zeit. Vielfach finden sich jedoch Altbauten mit zum Teil traditionsreicher Vergangenheit und einer Geschichte, die in das vergangene Jahrhundert reicht. Von den genannten 2o5 Häusern wurden in den Jahren 1962 bis 1972 etwa 3o in Betrieb genommen. Seit 1973 und nach Inkrafttreten des KHG wurden weitere 1o Krankenhäuser als vollständige Neubauten errichtet und bis auf 2 noch im Bau befindliche Häuser in Betrieb genommen. Im Rahmen des KHG wurde darüberhinaus der überwiegende Teil der Altbauten in großem Umfang saniert, sodaß damit die meisten Krankenhäuser in Niedersachsen in den Haupt-Betriebsbereichen einem zeitgemäßem Standard entsprechen. Trotz zahlreicher weiterer kleinerer Maßnahmen in fast allen Krankenhäusern des Landes, die in den vergangenen Jahren durchgeführt wurden oder sich noch im Bau befinden, liegen noch immer Investitionsanträge aller Art mit einem Investitionsvolumen von mehr als 1 Milliarde DM zur Aufnahme in ein Investitionsprogramm des Landes vor.

Auf der Grundlage einer noch nicht abgeschlossenen Erhebung verfügen die genannten Krankenhäuser über ein Flächenangebot von näherungsweise 1,5 Millionen qm Nutzfläche (ohne Flächen für Schulen, Wohnheime oder sonstige, krankenhausfremde Einrichtungen). Dieser Wert entspricht - rechnerisch - einem durchschnittlichen Flächenbestand von etwa 32 qm Nutzfläche je Planbett und weist auf einen z.T. erheblichen Nachholbedarf einer Reihe vorwiegend älterer Krankenhäuser hin, bei denen noch größere Sanierungsmaßnahmen durchzuführen sind.

Dem Zustand der Bausubstanz entspricht vielfach auch der Zustand

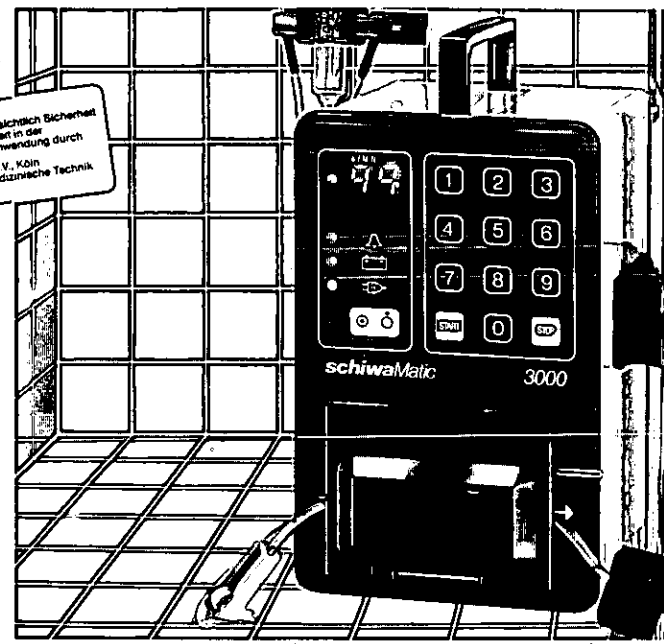
Maßstab für Sicherheit und Wirtschaftlichkeit: Schiwa Infusionspumpen.

*schiwa*Matic 3000

Tropfengesteuerte Infusionspumpe

Bauartgeprüft hinsichtlich Sicherheit und Zuverlässigkeit in der medizinischen Anwendung durch TÜV Rheinland e.V., Köln Prüfstelle für Medizinische Technik

Das Gerät entspricht den Anforderungen der neuen Med GV.

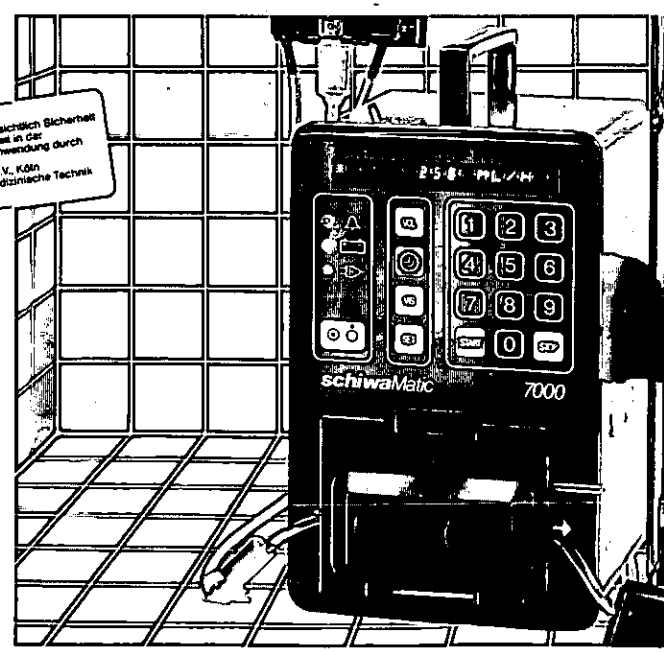


*schiwa*Matic 7000

Volumengesteuerte Infusionspumpe

Bauartgeprüft hinsichtlich Sicherheit und Zuverlässigkeit in der medizinischen Anwendung durch TÜV Rheinland e.V., Köln Prüfstelle für Medizinische Technik

Das Gerät entspricht den Anforderungen der neuen Med GV.



Schiwa Infusionspumpen sind das Ergebnis engster Zusammenarbeit mit der klinischen Praxis. Sie repräsentieren vor dem Hintergrund der aktuellen technisch-ergonomischen Entwicklung ein hohes Maß an Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Bedienungsfreundlichkeit.

schiwaMatic 9000
Volumetrische
Infusionspumpe
Sicherheit
und Präzision
mit der
Technik von
morgen
VOL
1 2 3
4 5 6
7 8 9
START 0 STOP
schiwaMatic 9000
Ihr Partner für
Infusion, Dialyse und
Medizintechnik
schiwa
Das Gerät entspricht den Anforderungen der MedGV.
Knoll Gruppe

der haustechnischen Anlagen. Dringender Sanierung bedürfen dabei die Rohrleitungssysteme, die Elektroversorgung sowie die Anlagen für Raumluft- und Kältetechnik. Es besteht auch Nachholbedarf im Bereich der Nachrichten- und Sanitärtechnik. Die Defizite reichen - um nur einige Beispiele zu nennen - von der erforderlichen Trennung der Abwasserkanalisation, dem Austausch der Kalt- und Warmwasserleitungssysteme, der Anpassung der Eltversorgung an VDE-Bestimmungen, der Erneuerung von Lichtruf- und dem Einbau von Klimaanlagen bis zur Erneuerung von Aufzugsgruppen. Neben notwendigen Maßnahmen zur Sicherung des baulichen Brandschutzes liegen allein im haustechnischen Bereich zahlreiche Projekte im Umfang von rund 4o Millionen DM zur Prüfung vor.

INVESTITIONSPOLITIK UND INVESTITIONSBERATUNG

Ziele

Investitionspolitik, die ein sozial-politisches Ziel verfolgt, stützt sich auf den Grundsatz des Krankenhausfinanzierungsgesetzes. Demnach ist Zweck dieses Gesetzes die wirtschaftliche Sicherung der Krankenhäuser, um eine bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung mit leistungsfähigen, eigenverantwortlich wirtschaftenden Krankenhäusern zu gewährleisten und zu sozial tragbaren Pflegesätzen beizutragen.

Als weiterer Grundsatz ist in der Neufassung des Gesetzes von 1986 zusätzlich die Vielfalt der Krankenhausträger zu beachten. Dabei ist nach Maßgabe des Landesrechtes insbesondere die wirtschaftliche Sicherung freigemeinnütziger und privater Krankenhäuser zu gewährleisten. Außerdem darf die Gewährung von Fördermitteln - also die Finanzierung von Investitionen - nicht mit Auflagen verbunden werden, durch die die Selbständigkeit und Unabhängigkeit von Krankenhäusern über die Erfordernisse der Krankenhausplanung und der wirtschaftlichen Betriebsführung hinaus beeinträchtigt werden (5).

Diesen Grundsätzen der Subsidiarität und Pluralität, zu denen

sich die Niedersächsische Landesregierung bereits seit 1972 bekannte, entspricht auch die Neufassung des Niedersächsischen Gesetzes zum KHG (6). Demnach haben die Landkreise und kreisfreien Städte die Krankenhausversorgung der Bevölkerung als Aufgabe des eigenen Wirkungskreises sicherzustellen und eigene Krankenhäuser zu unterhalten, soweit die Krankenhausversorgung nicht durch andere Träger gewährleistet wird. Entsprechend soll nach diesen Grundsätzen "... auch und gerade in der Krankenhauspolitik die Eigeninitiative, die Selbstverantwortung und Mitverantwortung aller Beteiligten so weit wie irgend möglich gefördert und die staatlichen Eingriffe auf das unverzichtbare Maß begrenzt werden," wie es in der Antwort der Landesregierung auf die Große Anfrage der CDU-Fraktion im Nds. Landtag vom 7. März 1985 formuliert wurde. Das bedeutet, daß nach der Auffassung des Landes die Entscheidung auch über Investitionsmaßnahmen so weit wie möglich dem Krankenhausträger überlassen bleiben soll. In diesem Zusammenhang der zitierten Antwort liegt im Bereich der größeren Investitionen der Schwerpunkt des Mitteleinsatzes nach wie vor bei der Anpassung der medizinischen Funktionsbereiche an einen zeitgemäßen Standard. Neben dem Ersatz veralteter Operationsanlagen und der Einrichtung oder Erneuerung von Intensivstationen werden darüberhinaus "... zunehmend Verbesserungen der oft dringend sanierungsbedürftigen Pflegebereiche in die Förderung einbezogen." Schließlich zählen Maßnahmen mit kostendämpfenden Effekten, wie z.B. die Sanierung und Umstellung von Heizungen, ebenso wie Baumaßnahmen zur Sicherung eines rationelleren Betriebsablaufes zu den dringlichen Aufgaben. Ein erheblicher Teil der Mittel wird für Maßnahmen des baulichen Brandschutzes eingesetzt.

Investitionsbedarf

Unter Beachtung der genannten Investitionsziele lässt sich aus dem Zustand des vorhandenen Angebotes der Krankenhäuser der in den kommenden Jahren erforderliche Investitionsbedarf für die Erhaltung des gegenwärtigen Leistungsangebotes, die Unterhaltung der vorhandenen Anlagegüter, die Maßnahmen zur Anpassung an die medizinische und technische Entwicklung sowie für die Rationalisierung der Krankenhausbetriebe bereits in seiner Dimension erkennen. Allerdings lassen sich Kosten hierfür nicht

ermitteln. Infolgedessen bleibt - nicht nur in Niedersachsen - auch die Frage unbeantwortet, ob und wie weit die jetzt und in den nächsten Jahren insgesamt verfügbaren Mittel - Pflegesätze, Pauschalen, Fördermittel nach § 9 Abs. 1 KHG und Eigenmittel der Krankenhausträger - ausreichen, um den skizzierten Bedarf zu decken.

Da aber die kurzfristige Abwicklung aller für erforderlich gehaltener Investitionen ausgeschlossen werden kann, wird es notwendig sein, innerhalb eines fortwährenden Investitionsprozesses zur Erhaltung, Anpassung und Rationalisierung der Krankenhäuser für die einzelnen Maßnahmen geeignete Prioritäten zu setzen und die Fördermittel gezielt zu plazieren. Dabei sollte angestrebt werden, im Zuge einer Maßnahme möglichst mehrere Ziele gleichzeitig zu erfüllen, wenn es z.B. gelingt, Maßnahmen für den baulichen Brandschutz im Zuge einer Sanierung des Pflegebereiches und bei gleichzeitiger Umstellung der Speisenversorgung durchzuführen. Ob es bei derartigen Maßnahmen möglich ist, diese aus verschiedenen Quellen zu finanzieren, bleibt dem jeweiligen Geschick der Krankenhausträger überlassen.

Investitionsberatung

Für die Aufstellung von Investitionsplänen kann es ein verbindliches Rezept nicht geben. Auf die Probleme der Mittelbeschaffung und Mittelherkunft wurde bereits hingewiesen. Die Landesbehörde ist nach dem Gesetz im wesentlichen nur bei den Investitionen nach § 9 Abs. 1 KHG beteiligt, nur für diesen Bereich soll und kann sie daher bei der Investitionsplanung tätig werden und beratend wirken.

In der Tat hat sich das in Niedersachsen eingeführte Verfahren bei der Förderung von Baumaßnahmen nach § 9 KHG in seiner Anwendung als ein geeignetes Beratungsinstrumentarium erwiesen, das sich in der Praxis hervorragend bewährt hat und nicht selten von Krankenhausträgern bereits im Vorfeld einer Investitionsmaßnahme, nämlich schon bei der eigenen Investitionsentscheidung vor Ort, in Anspruch genommen wird. Die in Niedersachsen eingeführte Förderpraxis weicht teilweise von den Verfahren in anderen Bundesländern ab, weshalb sie in Kürze skizziert werden soll:

Wesentliches Merkmal dieses Verfahrens ist die Übertragung der bau- und betriebstechnischen Beratung der Krankenhausträger und der Prüfung von Investitionsanträgen auf eine für ganz Niedersachen tätige zentrale Prüfstelle bei der Bezirksregierung in Hannover. Diese ist von den finanziellen Vorgaben des Landes frei und vermag demzufolge Art und Notwendigkeit der geplanten Maßnahmen unabhängig zu beurteilen. Andererseits ist sie über die Krankenhausplanung und Programmplanung bei größeren Baumaßnahmen mit dem für die Förderung nach dem KHG zuständigen Sozialministerium aufs engste verbunden, sodaß der Umfang der Maßnahmen und die Reihenfolge der Realisierung mit diesem abgestimmt werden kann.

Vor jeder größeren Baumaßnahme ist daher ein Raum- und Funktionsprogramm aufzustellen, das der Zustimmung des Sozialministers bedarf, es stützt sich in der Regel auf eine detaillierte Bestandserhebung der vorhandenen Einrichtung. Die für die baufachliche Prüfung der Investitionsanträge zuständige Bezirksregierung in Hannover hat nach Genehmigung des Raum- und Funktionsprogrammes die Aufgabe, bei der Vorbereitung der Anträge mitzuwirken und die Krankenhausträger bei der Aufstellung der Bauunterlagen auch inhaltlich zu beraten. Hierfür wurde bereits 1980 eine qualifizierte und für alle bau- und betriebstechnischen Fachbereiche ausreichend besetzte Arbeitsgruppe ausschließlich für den Krankenhausbereich eingerichtet. Auch nach Abschluß der Prüfungen steht diese Arbeitsgruppe während der Durchführung der Baumaßnahme in technischen Fragen und bei der organisatorischen Abwicklung der Investitionsmaßnahmen beratend zur Verfügung.

Die ebenso zweckmäßig wie qualifizierte Gestaltung dieses Beratungsinstrumentariums wird als Beitrag zur Investitionspolitik des Landes gesehen und dient so gleichermaßen den Interessen des Landes wie auch den Interessen der Krankenhausträger bei der Durchführung von Investitionen in eigener Verantwortlichkeit.

* * *

LITERATURVERZEICHNIS

(1) o.V.: dtv-Lexikon, Deutscher Taschenbuchverlag, München, 197o, Band 9, S. 177

(2) o.V.: Rationalisierungsinvestition, Zusammenstellung des Deutschen Krankenhausinstitutes - Institut in Zusammenarbeit mit der Universität Düsseldorf, in: Krankenhaus Umschau Nr. 3/1987, S. 277 - 28o

(3) o.V.: Niedersächsischer Krankenhausplan, Stand: 1. Januar 1987 (2. Fortschreibung), Niedersächsisches Sozialministerium (Hrsg.), Hannover, Mai 1987

(4) o.V.: Schriftenreihe des Statistischen Landesamtes Niedersachsen, Hannover, 1987

(5) Krankenhausfinanzierungsgesetz (KHG) vom 29. Juni 1972 (BGBl. I S. 1oo9) zuletzt geändert durch das Gesetz zur Neuordnung der Krankenhausfinanzierung vom 2o. Dezember 1984 (BGBl. I S. 1716)

(6) Niedersächsisches Gesetz zum Bundesgesetz zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze - Nds. KHG - in der Fassung vom 12. November 1986 (Nieders. GVBl. Nr. 39/1986, S. 343

Verfasser:

Dipl.-Ing. Manfred Kritzinger, Architekt
Referent für Krankenhausbau im
Niedersächsischen Sozialministerium
Postfach
3ooo Hannover

Über die Kauf- und Vergabepraxis der öffentlichen Hand unter Wettbewerbsgesichtspunkten

von J.-W. Hohls, Berlin

1. Die öffentliche Hand und das Kartellrecht

In der Bundesrepublik Deutschland vergeben die Gebietskörperschaften, die Sozialversicherungen, Bundesbahn und Bundespost jährlich Aufträge in einem Gesamtwert von mehr als 250 Mrd DM; das entspricht etwa 15 % des Bruttosozialprodukts. Auch wenn die öffentlichen Hände den größten Teil dieser Güter und Dienstleistungen zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben benötigen, ist der Beschaffungsvorgang selbst in aller Regel kein hoheitlicher Akt.

1. 1. Das Kartellrecht ist auf Unternehmen anzuwenden, soweit sie als Anbieter oder Nachfrager am marktwirtschaftlichen Leistungsaustausch teilnehmen. Eine Anwendung des Kartellrechts ist dann ausgeschlossen, wenn die öffentliche Hand hoheitlich tätig wird. Andererseits sind öffentliche Unternehmen, deren Zweck primär auf die Erfüllung erwerbswirtschaftlicher Ziele ausgerichtet ist, ohne weiteres privaten Unternehmen gleichzustellen. Die Konsequenz dieser grundsätzlichen Einbeziehung der öffentlichen Hand ist, daß sie ebenso wie private Unternehmen den Bestimmungen des Kartellrechts unterworfen ist. Ein Verhalten, das einem privaten Unternehmen als kartellrechtlich unzulässig untersagt werden müßte, kann demnach der öffentlichen Hand nicht deshalb gestattet werden, weil es dem öffentlichen Interesse dient.

1.2. Mit ihrem immensen Beschaffungsvolumen ist die öffentliche Hand absolut gesehen der bei weitem größte Nachfrager nach Gütern und Dienstleistungen. Es bedarf deshalb keiner näheren Begründung, daß die öffentliche Hand in bestimmten Bereichen über eine beträchtliche Nachfragemacht verfügt. Nachfragemacht öffentlicher Auftraggeber wird z.B. regelmäßig oder häufig gegeben sein im

- Baubereich, hier insbesondere im Tief- und Straßenbau,
- Bundeswehrbereich bei der Nachfrage nach Waffen und -systemen,
- im Bereich der Deutschen Bundesbahn z.B. bei der Nachfrage

nach Lokomotiven, Waggons, Gleisen,
- im Bereich der Deutschen Bundespost bei der Nachfrage nach fernmeldetechnischen Einrichtungen.

Marktmacht bzw. Machtvorsprünge gegenüber anderen Marktteilnehmern sind per se noch keine Wettbewerbsbeschränkungen. Jede Ausübung von Macht wird mit einer entsprechenden Einschränkung der Handlungsmöglichkeiten der anderen Marktteilnehmer verbunden sein. Das Problem bei der Unterscheidung von hinnehmbaren und nicht mehr hinnehmbaren Machthandlungen liegt in der dabei notwendigen Feststellung, wann die Einschränkung der Aktionsspielräume der übrigen Marktteilnehmer in eine mit dem Sinn und Zweck des Wettbewerbsrechts unvereinbare Wettbewerbsbeschränkung umschlägt. Bezogen auf Nachfragemacht und Nachfragewettbewerb ist demnach zu prüfen, inwieweit durch die Einschränkung der Aktionsspielräume der Anbieter der nachgefragten Güter und Dienstleistungen bestimmte Sachverhalte der Ausübung von Nachfragemacht der öffentlichen Hand wettbewerbsbeschränkend wirken.

1. 3. Ein weiteres Problem besteht darin, daß diejenigen Bereiche, in denen die öffentliche Hand über keine in den Bestimmungen des Kartellrechts vorausgesetzte Marktmacht verfügt, wesentlich größer sind als die zuvor skizzierten. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob von der öffentlichen Hand, unabhängig von ihrer Normadressateneigenschaft im Sinne der einschlägigen kartellrechtlichen Bestimmungen, ein Verhalten verlangt werden kann, das mit Sicherheit kartellrechtlichen Maßstäben genügt.
Nach ständiger Praxis des Bundeskartellamtes kommt dem Beschaffungsverhalten der öffentlichen Hand auch dann eine Vorbildfunktion zu, wenn der öffentliche Nachfrager nicht marktbeherrschend oder marktstark im Sinne der einschlägigen Bestimmungen der §§ 22, 26 Abs. 2 GWB ist. Allerdings stellt sich in diesen Fällen sofort auch die Frage nach der Durchsetzbarkeit eines solchen kartellrechtlich einwandfreien Verhaltens.

2. Die öffentliche Hand und der Mißbrauch von Nachfragemacht

Im Zuge der Diskussion über den Staat als Nachfrager mit Markt-

macht ist das Bundeskartellamt verstärkt mit Problemen der Nachfragetätigkeit der öffentlichen Hand konfrontiert worden. Gründe hierfür sind insbesondere darin zu sehen, daß in Zeiten knapper Mittel und sparsamer Haushaltsführung gerade die öffentlichen Hände das sog. Sparprinzip, nämlich mit möglichst geringen Mitteln eine angestrebte Leistung zu erreichen, zu Lasten der Marktgegenseite überstrapazieren. Sie sind aber auch darin zu sehen, daß nicht genügend zwischen hoheitlichem Handeln und der Bedarfsdeckung auf Beschaffungsmärkten unterschieden wird. Sie beruhen aber zum Teil auch auf der Privatisierungspolitik der letzten Jahre. Im Zuge der Durchsetzung dieses Konzeptes hat das Bundeskabinett z.B. die Deutsche Bundesbahn aufgefordert, auch im Interesse einer Verminderung der Kostenunterdeckung, eine konsequent unternehmerisch ausgerichtete Bundesbahnpolitik zu betreiben und für die Anwendung marktwirtschaftlicher Prinzipien mehr Raum zu lassen. Die Deutsche Bundespost ist gehalten, vermehrt für eine wettbewerbsorientierte Gestaltung des öffentlichen Auftragswesens Sorge zu tragen. Daß dabei überschießende Reaktionen, die auch in der Inkompetenz der Beschaffungsstellen ihre Ursache haben können, zu verzeichnen sind, liegt auf der Hand.

2. 1. Im Hinblick auf die Vielfalt möglichen Mißbrauchs von Nachfragemacht der öffentlichen Hand steht das Bundeskartellamt aufgrund des relativ kurzen Erfahrungszeitraums und der damit zusammenhängenden begrenzten Fallpraxis noch am Anfang einer systematischen Durchdringung. Aus diesem Grund soll auch bei der nachfolgenden Fallaufzählung auf eine Subsumtion unter die klassischen kartellrechtlichen Begriffe des Ausbeutungs- und Behinderungsmißbrauchs verzichtet werden.

Generell können Fälle unterschieden werden, in denen

- durch Nachfragekonzentration versucht wird, nicht-leistungsadäquate Sondervergütungen zu erreichen,
- durch sog. Besondere bzw. Zusätzliche Vertragsbedingungen die Ausgewogenheit der Verdingungsordnungen gestört wird,
- durch die Einbeziehung vergabefremder Kriterien andere als wirtschaftliche Individualinteressen die Vergabeentscheidung beeinflussen,
- gegen die Bestimmungen der VOB/VOL durch Nichtanwendung,

Abänderung oder fehlerhafte Auslegung verstoßen wird.

Die kartellbehördliche Mißbrauchsaufsicht ist de lege lata durchaus geeignet, auch die Nachfragemachtausübung der öffentlichen Hand entsprechend zu kontrollieren.
Die öffentliche Hand hat im Unterschied zum privaten Unternehmen eine Vielzahl von Vorschriften zu beachten, die ihren Handlungsspielraum bei der Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen begrenzen. Diese sind außer im Haushaltsrecht und im Preisrecht insbesondere in den Verdingungsordnungen zu finden. Schon die abstrakte Fallaufzählung zeigt deutlich den hohen Stellenwert der Verdingungsordnungen bei der Kontrolle der Nachfragemachtausübung. Da die Verdingungsordnungen einen angemessenen Interessenausgleich zwischen den Parteien bewirken sollen, ist nach Ansicht des Bundeskartellamtes jede sachlich nicht begründete Abweichung von diesen selbstgesetzten Regelwerken Indiz für einen Mißbrauch von Nachfragemacht.

2. 2. Die im Vortrag aufgezeigten Fallkonstallationen berichten exemplarisch aus der Praxis der mit dem Projekt "Nachfragemacht der öffentlichen Hand" befaßten 5. Beschlußabteilung des Bundeskartellamtes. Es wird insbesondere Wert darauf gelegt, vor dem Hintergrund der Beschaffungsmärkte der Krankenhäuser aus jeder der hier genannten Fallgruppen Verfahren zu skizzieren.

J.-W. Hohls
c/o Bundeskartellamt
Mehringdamm 129

1000 Berlin 61

Probleme für Krankenhäuser?
Kompatibilität von ZLT-G-Systemen

von H. Benez, Karlsruhe

1. Anforderungen und Trends:

Die allgemeinen Anforderungen an die ZLT-G sind:

1. Das System muß den technischen Gebäudeprozeß sicher, zuverlässig und zeitgerecht überwachen und führen.
2. Das System muß wirtschaftlich sein im Bezug auf Beschaffung, Betrieb, Wartung und Erweiterbarkeit.
3. Das System soll einfach hantier- und wartbar sein.

Als Trend sind gegeben:

- zunehmend Einsatz verteilter Systeme, realisiert in mehreren Automatisierungshierarchien (s. Bild 1).
- größere Vielfalt von Automatisierungsgeräten
- verstärkte Nutzung der DDC-Technik
- Annäherung an industrielle Anforderungen (z. B. Reinstraumtechnik)
- Forderung nach Kompatibilität (offene Systeme).

Die Kommunikation ist dabei das zentrale Thema. Dies um so mehr, als bis heute geschlossene, d. h. herstellerspezifische Systeme im Einsatz sind. Erforderliche Anpassungen an inkompatible Geräte/Systeme sind ein Problem und sind aufwendige, meist projekt spezifische Sonderlösungen.

2. Offene Kommunikation allgemein:

Offene Kommunikationssysteme lassen sich anhand des ISO-OSI-Referenzmodells (International Organization for Standardization, Open System-Interconnection) (siehe Bild 2) beschreiben. Für die einzelnen Schichten besteht bereits eine Normenvielfalt, insbesondere für die ISO-OSI-Schichten 1, 2 und 7. Dabei handelt es sich um Normen der unterschiedlichsten Bereiche (z. B. Telekommunikationsnormen neben Normungen für LAN = Local Area Network). Offene Kommunikationssysteme entstehen, indem für möglichst breite Anwendung Functional Standards gebildet werden. Dies ist eine Auswahl bestehender Normen, die Festlegung von Optionen und Parametern sowie die Anpassung bzw. Ergänzung an die Anforderungen des Anwendungsgebietes.

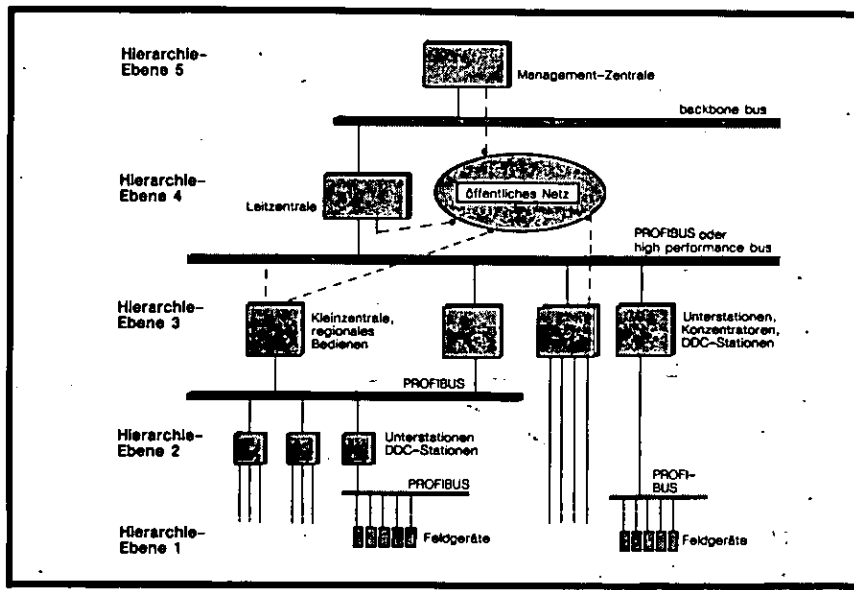


Bild 1: Hierarchie-Ebenen in der Gebäudeautomatisierung , PROFIBUS-Einsatz

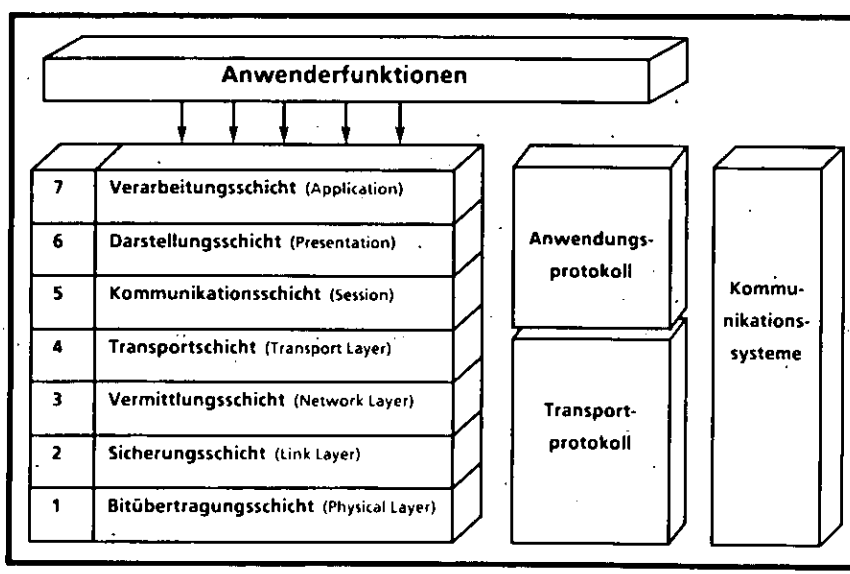


Bild 2: ISO- OSI - Referenzmodell

Als Beispiel für ein offenes System in technischen Anwendungen gilt MAP (Manufacturing Automation Protocol) im Bereich der Fertigungsleittechnik.

Offene Systeme bedeuten, daß Geräte eines Herstellers mit Geräten anderer Hersteller zur Erfüllung definierter Aufgaben zusammengeschaltet werden können. Dies erfordert, daß die Geräte / Systeme

1. funktional aufeinander abgestimmt sind,
2. Kommunikationsprotokolle austauschen können und diese verstehen

Ein besonders wichtiges Thema bei der Entwicklung offener Kommunikationssysteme ist der Offenheitsnachweis (Konformitätstest) und der Funktionsnachweis in Multivendoranlagen (Interoperabilitytest). Diese Tests, die Bereitstellung von Testkonzepten und Testbeds müssen neutral (ähnlich DIN- Prüfstellen) erfolgen, Test-, Wartungs- und Diagnosegeräte allgemein verfügbar sein.

3. Offene Kommunikation in der Gebäudeautomatisierung

3.1 Der PROFIBUS /1/

Das BMFT-Verbundprojekt "Feldbus" schafft ein offenes Kommunikationssystem, (PROFIBUS), welches auch die Anforderungen der Gebäudeautomatisierung erfüllt.

Wesentliche Tätigkeiten im Verbundprojekt sind:

- Realisierung des PROFIBUS-Protokolls
- Entwicklung von Testeinrichtungen für Konformitätstests und Interoperabilitätstests, Durchführung dieser Tests, Schaffung von Wartungs- und Diagnosegeräten
- Erprobung und Demonstration der offenen Kommunikation in Multivendorprojekten (Fertigungsleittechnik und Gebäudeautomatisierung)
- Öffentlichkeitsarbeit (Information von Anwendern und nicht beteiligten Herstellern)
- Einbringen der Ergebnisse in die nationale und internationale Normung.

Am Projekt sind eine Vielzahl namhafter Hersteller und fünf Institute beteiligt.

Das PROFIBUS-Protokoll,Teil 1, ist spezifiziert und umfaßt die Übertragungstechnik, das Buszugriffs- und Übertragungsprotokoll, die Schnittstelle zur Anwendungsschicht und das Management, und damit im wesentlichen die ISO-OSI-Schichten 1 und 2.

Technische Merkmale sind:

- Master-Slave-Zugriffsverfahren mit überlagertem Tokenpassing-Verfahren (s. Bild 3).
- sichere Datenübertragung
- an den Einsatzbereich anpaßbare Übertragungstechnik
- Detaillierte Spezifikation von Network-Managementfunktionen
- Einsetzbarkeit kostengünstiger, verfügbarer Bauelemente.

Im PROFIBUS-Protokoll, Teil 2, werden Vereinbarungen zur Anwendungsschicht (ISO-OSI-Schicht 7) im Rahmen des Verbundprojektes getroffen und realisiert.

3.2 FND 87 /2/

Initiiert aus dem Bereich der öffentlichen Hand wurde eine Spezifikation erarbeitet, welche ein offenes System zwischen Leitzentralen und herstellerspezifischen DDC-Inseln beschreibt (s. Bild 4). Wesentliche Eigenschaften des Lösungskonzeptes sind:

- als Kommunikationsnetz sind beliebige Netze (z. B. LAN, Postnetz) zugelassen
- FND legt die Netzzugangsschnittstelle (FND 87-Standard-Schnittstelle) fest
- die Anpassung dieser Schnittstelle erfolgt im Netzzugangsgerät NZG (Gate)
- der Zugang von den herstellerspezifischen Inselzentralen/Leitzentralen erfolgt über Standard-Schnittstellenadapter SSA (Gateway, evtl. auch in Zentrale integriert)
- der Zugang zu FND 87 von Unterzentralen aus ist nicht vorgesehen.

Als Standardschnittstelle für den Netzzugang auf den ISO-OSI-Schichten 1, 2 und 3 ist der postkonforme Standard X.21/X.25 (Datex P) festgelegt. Diese Schnittstelle ist eine Punkt zu Punkt-Schnittstelle, d. h. nicht busfähig. Damit sind broadcast-Nachrichten nicht möglich. Soll als Netz ein LAN eingesetzt werden, so erfordert dies zwingend Netzübergänge (ein NZG je Teilnehmer), ein nicht unerheblicher Aufwand.

Für die ISO-OSI-Ebene 7 sind bei FND 87 weitgehende Festlegungen getroffen. Einige wichtige Merkmale sind:

- Quittierung aller Telegramme
- Benutzeradressierung reeller oder virtueller Datenpunkte
- Datum- und Uhrzeitübertragung in jedem Telegramm
- exakte Datenpunkt-, Telegramm-, Dimensions- und Attributfestlegungen.

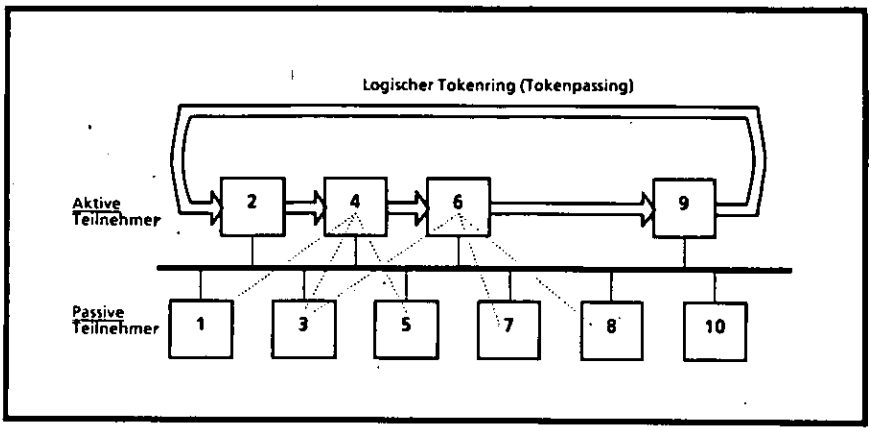


Bild 3: PROFIBUS-Zugriffsverfahren

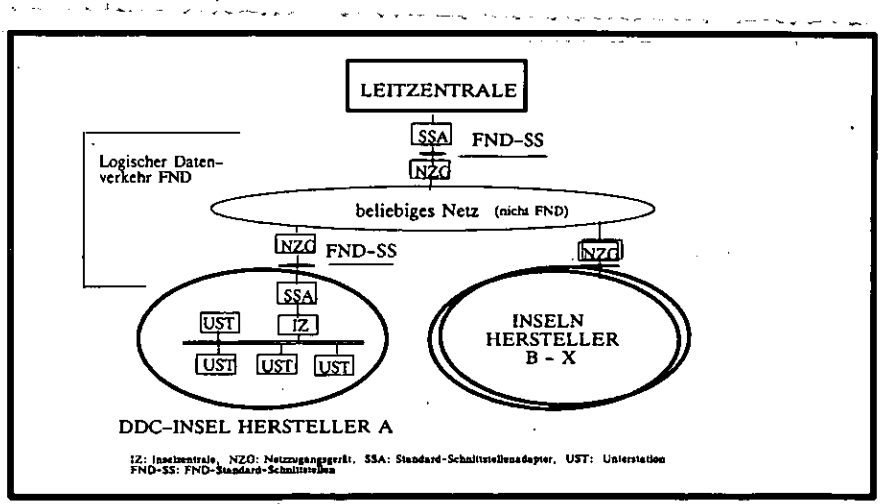


Bild 4: FND-Kommunikationsmodell

4. Wertung, Zusammenfassung

Global betrachtet gehen beide Konzepte in Richtung offene Kommunikation (Vereinbarung der ISO-OSI-Schichten 1, 2 (3) und 7. Bei Betrachtung einzelner, für die offene Kommunikation relevanter Merkmale zeigen sich aber Unterschiede (siehe Tabelle 1).

Merkmal	FND 87	PROFIBUS
Einsatz für Automatisierungshierarchie (entsprechend Bild 1)	4	1 - 4
Netzzugang	Punkt zu Punkt über Netzzugangsgeräte [1]	direkt in Bus
Zugang zu öffentlichem Netz	ja	nein [2]
Anwendungsbereich	öffentliche Hand	Industrie, Banken und Versicherungen, öffentliche Hand
Durchgängigkeit zu / Gemeinsamkeiten mit LAN-Kommunikationssystemen lt. ISO	gering	angestrebt
Testmittel, Konformitätstests, Multivendortests	bislang kein Konzept	PROFIBUS schafft die allen Herstellern zugängliche Infrastruktur
Normung	?	Teil 1 ist DIN-Vornorm

1) keine broadcast Nachrichten
2) Weiterentwicklung möglich

Tabelle 1: Gegenüberstellung FND 87 - PROFIBUS

Abschließend bleibt die Frage zu klären, können diese Systeme die Inkompatibilitäten der ZLT-G lösen:

Beide Konzepte sind ein Schritt in die richtige Richtung, der PROFIBUS-Schritt führt weiter. Ein Problem bleibt aber bei beiden Lösungen: Die Zuordnung der Anwenderfunktionen zu den einzelnen Hierarchieebenen und die zugehörigen Mengen- und Zeitanforderungen sind nicht festgelegt.

5. Perspektiven

Beide Systeme werden durch teils unterschiedliche Hersteller unterstützt. Wie sich die beiden Systeme in der Gebäudeautomatisierung durchsetzen, muß letztendlich der Markt entscheiden.

FND soll Ende 87 endgültig spezifiziert und verabschiedet sein. Da aber die Thematik des Offenheits- und Funktionsnachweises ungeklärt ist, werden auch bei sehr optimistischer Betrachtung frühestens 1989 Produkte verfügbar sein.

Die PROFIBUS-Teil 1-Implementierung wird im 1. Quartal 1988 für Interessenten verfügbar sein. Die Anwendung des PROFIBUS in einer Multivendoranlage soll auf der ISH '89 demonstriert werden. Produkte können 1990 verfügbar sein.

Die angestrebten Fertigstellungstermine beim PROFIBUS dürften gegenüber dem FND 87 gesicherter sein, da die Realisierung auf einer größeren Breite angegangen wird.

Eine Standardisierungs-Abstimmung wäre für alle am Markt Beteiligten sinnvoll und notwendig. Die Fachgemeinschaft Heizungs-, Klima- und Gebäudeautomation im VDMA bemüht sich darum.

Quellen:

/1/ Entwurf FND 87, Stand 20.08.87
/2/ PROFIBUS und BMFT-Verbundprojekt, Stand 20.08.87

Hansjörg Benez
Hardenburgweg 1
6729 Jockgrim

ZLT - G in einem 600-Betten-Krankenhaus - 4 Jahre Betriebserfahrung

Dieter Plasa, Kassel

1. Einleitung

Hauptsächlich aus ökologischen Gründen, nämlich der Energieeinsparung, entschloß sich der Landeswohlfahrtsverband Hessen 1983, als überörtlicher Träger von Krankenhäusern, Jugendheimen und Sonderschulen, als Pilotprojekt das 600-Bettenkrankenhaus in Haina (Kloster), Kreis Waldeck-Frankenberg, mit einer DDC-Energiemanagement-Anlage auszurüsten. Das Psychiatriche Krankenhaus hat eine dezentrale Gebäudestruktur mit Heizzentrale, Wäscherei, Küche und begehbaren Versorgungskanälen. Es verfügt über eine Abteilung für gerichtliche Psychiatrie. OP-Einheiten sind nicht vorhanden.

Das beheizte Bauvolumen beträgt 81.760 m³ mit einer HNF von 26.840 m². Im Jahr werden rd. 1 Mill. l Heizöl und ca. 800.000 kWh Strom verbraucht. Die Wärme wird zentral erzeugt und über Fernleitungen in die Unterstationen über witterungsgeführte Regelungen zu den Verbrauchern geführt. 1983 waren keine Optimierungsgeräte vorhanden. Das Potential für Energieeinsparungen konnte als gering bezeichnet werden, da die herkömmlichen Investitionen (Thermostatventile, Wärmedämmungen usw.) weitestgehend ausgeführt waren.

Elektrisch wird das Krankenhaus EVM-versorgt über eine eigene Trafostation (400 kVA) mit 220/380 V. Darüber hinaus ist eine Dieselnetzersatzanlage (500 kVA) vorhanden.

2. Aufbau und Wirkungsweise der Anlage

Die Anlage ist in 13 Positionen beschrieben:

Position	1	1 Überwachungsstation mit Diskettenlaufwerk
Position	2	1 Energieregeleinheit mit 2 CNC - Schnittstellen, Batteriepufferung
Position	3	1 Lastüberwachungseinheit mit 2 CNC - Schnittstellen Batteriepufferung
Position	4	4 Intelligente Schnittstellen, 16 Ai, 16 Ai
Position	5	3 Intelligente Schnittstellen, 15 Do, 15 Do
Position	6	1 Intelligente Schnittstelle, 8 Di, 8 Do, 14 Di
Position	7	4 Präzisionsfühler für Außentemperatur
Position	8	88 Präzisionsfühler für Innentemperatur
Position	9	20 Präzisionsfühler für Rohrleitungen

Position	10	Software
Position	11.	Inbetriebnahme und Systemkosten
Position	12	Wartungskosten für 1 Jahr
Position	13	Installationskosten

2.1 Das Kommunikationsnetz

Das Kommunikationsnetz ist ein ringförmiges lokales Netzwerk, das dem Datenaustausch der Regeleinheiten sowohl untereinander als auch mit der Überwachungsstation dient. Grundlage des Systems sind die CNC-Bausteine über die die Kommunikationspartner mit dem Ring verbunden sind. Die CNC-Bausteine übernehmen sowohl die Kontrolle über den Datenfluß auf den Ring als auch die Kommunikation mit dem angeschlossenen Gerät. Für die kommunizierenden Geräte ist der Ring transparent, d.h. mit Ausnahme der Zieladressenangabe ist der Datenaustausch identisch mit einer direkten Verbindung. Das Übertragungsprotokoll zwischen Gerät und CNC-Baustein ist unabhängig vom Protokoll des Ringes, dadurch ist es zum Beispiel auch möglich, im Gerät Daten mit 1200 Baud zu einem Drucker senden zu lassen, der nur 300 Baud verarbeitet. Die Geschwindigkeitstransformation findet dann in den beteiligten CNC-Bausteinen statt, die auch die erforderliche Handshake-Signale liefern. Auf den Ring werden die Daten in Form von Datenpaketen übertragen, die von den CNC-Bausteinen mit Sende- und -endzeichen sowie einem Fehlerprüfcode versehen werden. Der sendende CNC wartet mit der Absendung der nächsten Daten auf die Empfangsbestätigung des Empfängers. Ist der angesprochene CNC-Baustein nicht in der Lage,die Daten zu übernehmen, läßt er sie auf dem Ring, so daß sie zum Sender zurückkehren. Nach zehn erfolglosen Versuchen nimmt der sendende CNC die Daten vom Ring und meldet dem angeschlossenen Gerät die Nichtübertragbarkeit der Daten.

Ist der angesprochene CNC-Baustein in der Lage, Daten aufzunehmen, so übernimmt er die Daten vom Ring und setzt eine Empfangsbestätigung ab.

Der CNC-Baustein ist auf einer Platine in Euroformat aufgebaut. Alle Verbindungen sind steckbar ausgeführt. Zentraler Baustein ist der Mikroprozessor 8039, der alle Funktionen durch Software ausführt. Externe Bausteine sind nur die Speicher und die Stromschleifentreiber.

2.2 Die Überwachungsstation

Die Überwachungsstation stellt die Schnittstelle zwischen Benutzer (Bediener) und dem zu regelnden Prozeß dar. Alle Daten und Parameter können hier abgefragt bzw. geändert werden.

Aufgabe der Ü-Station ist es, die Prozeßdaten in Klartextdarstellung zugänglich zu machen bzw. sie in Form von Grafiken oder Tabellen auszugeben.
Sie speichert außerdem die Trenddaten ausgewählter Meßpunkte über einen längeren Zeitraum auf einen nicht flüchtigen Datenträger.

Als Überwachungsstation kommt ein Standard-Rechner zur Anwendung. Durch den grafikfähigen Bildschirm und den separaten Drucker sowie die speziellen Funktionstasten ist der Rechner dialogfähig. Für die Speicherung der Betriebsprogramme ist ein Floppy-Disk-Laufwerk vorgesehen. Je nach Anzahl der gewünschten Trendvariablen werden die Daten mit dem eingebauten Kassettenlaufwerk aufgezeichnet (4 Variable/14 Tage) oder bei einer größeren benötigten Anzahl auf einer Diskette.

Für extreme Datenmengen ist der Anschluß eines Winchesterlaufwerkes vorhanden. Über die eingebauten Schnittstellen ist bei Bedarf der Anschluß von Peripheriegeräten möglich.

2.3 Hauptregeleinheit

Die Hauptregeleinheit führt als Teilnehmer am Kommunikationsring alle Regelungsaufgaben eines Anlagenbereiches selbständig aus. Als Informationsquelle werden die angeschlossenen intelligenten Schnittstellen herangezogen, in denen die digitalen und analogen Meßgrößen und die Zählerwerte bereits vorbereitet zur Verfügung stehen.

Funktionen im einzelnen:

- integrierte (DDC-) Regelung eines Anlagen-Bereiches mit bis zu 40 Regelkreisen
- ein Bereich kann in max. 16 regionale Zonen unterteilt werden
- jede Zone kann mehrere Regelkreise enthalten
- jede Zone besitzt einen eigenen Jahreskalender
- 6 Nutzungszeiten je Tag und Zone

- nach Zonen getrenntes gleitendes Schaltprogramm für optimale Beendigung des geregelten Zustandes mit adaptiver Anpassung an die Gebäudeparameter
- Trendspeicherung der Sensor- und Zählerwerte über vergangene 24 Stunden
- Anlagenüberwachung, Speicherung von Betriebs- und Störmeldungen. Weitergabe an Überwachungsstation
- PID-Optimierungsregelung.

Jede Regeleinheit ist in einem eigenen Wandmontageschrank untergebracht und werkseitig nach den Erfordernissen der vorhandenen technischen Einrichtungen angepaßt. Im Normalbetrieb sind die Regeleinheiten über den Kommunikationsring mit der Überwachungsstation verbunden. Sie arbeiten jedoch nach der Inbetriebnahme selbständig auch ohne Überwachungsstation, solange keine Parameter geändert werden.

2.4 Regeleinheit Spitzenlastüberwachung

Sie ist Teilnehmer am Kommunikationsring und führt alle Schaltfunktionen zur Spitzenlastbegrenzung selbsttätig aus.

Funktionen im einzelnen:

- prioritätsgesteuerte Spitzenlastbegrenzung für bis zu 30 Lasten
- individuelle Priorität für jede Last
- Lasten jederzeit von Hand schaltbar
- Darstellung des aktuellen Stromverbrauchs
- Berücksichtigung der minimalen Ein- und Abschaltzeiten individuell für jede Last
- grafische Lastdarstellung über das Meßintervall
- Speicherung und Darstellung der letzten 24 Stunden-Lastverteilung
- Anlagenüberwachung
- Schutz gegen unbefugte Bedienung durch Schlüsselwörter

2.5 Intelligente Schnittstellen

Sie sind die Verbindung des Rechners mit dem zu regelnden bzw. zu überwachenden Prozeß. Alle analogen Meßwerte, digitalen Schaltzustände und Zählerwerte werden hier aufgenommen und für die Regeleinheit aufgearbeitet. Umgekehrt werden alle Steuerbefehle der Regeleinheit von der Schnittstelle in geeignete Signale - zum Beispiel Relaisspannungen - umgesetzt.

Die Kommunikation zwischen Regeleinheit und Schnittstelle findet über eine Stromschleife statt, an die bis zu 63 einzeln adressierte Schnittstellen angeschlossen werden können.

Jede Schnittstelle ist mit einer Selbstüberprüfungsfunktion ausgestattet, die im Störungsfall die jeweilige Schnittstelle wegschalten und dadurch einen Alarm auslösen soll.

Jede Schnittstelle besteht aus drei Elektronikkarten, zwei Anschlußkarten und der Stromversorgung. Auf ihnen befinden sich der Mikroprozessor mit allen benötigten Speicher-, Eingabe- und Ausgabebausteinen.Aufsteckbar sind 2 Ein-/Ausgangskarten mit maximal je 16 Eingabe-/Ausgabekanälen. Die Kombination ist beliebig.

Auf den beiden Anschlußkarten (1 Je Ein-/Ausgangskarte) sind Schraubklemmen für die Verdrahtung und die für die jeweilige Prozeßanpassung notwendigen Komponenten, wie Relais, Widerstände für die verschiedenen Sensoren usw., untergebracht.

Die gesamte Elektronik ist in einem staubdichten Wandmontageschrank untergebracht.

3. Die Einfahrphase

Anfangs hat der Betrieb mit der Anlage, sie wird von einem Elektroingenieur bedient, ergeben, daß für deren Kontrolle ein erheblicher zeitlicher Abfrageaufwand entstand. Es wurde zuviel Papier produziert und dokumentiert. Wir baten um eine Änderung des Menüs, damit nur die von uns als notwendig erachteten Daten dargestellt wurden. Dabei stellte sich heraus, daß der Drucker zu langsam arbeitete. Praxisfremde Fehlermeldungen störten den Betrieb.

Das Programm für Spitzenlast-Werte in kW war unzulänglich, Spitzenlastwerte von 21.000 kW wurden dargestellt. Darüber hinaus trat ein permanentes Auf- und Abschwingen der Vorlauftemperatur-Anzeige von 15 - 20 K auf. Die akustische Untermalung der Fehlermeldung empfand man als störend, außerdem fehlte eine allgemeine Betriebsanleitung. Zeitweise wurden auf 4 DIN A 4 - Seiten Ausdruck nur 3 für den Betrieb interessante Daten ausgewiesen.

Im praktischen Betrieb zeigte sich, daß es erforderlich war, daß man bei Bedarf einen raschen Überblick über die wichtigsten Betriebsdaten erhält, wie zum Beispiel aktuelle Außen-, Raum- und Vorlauftemperaturen, ohne gezwungen zu sein, ständig im Dialog mit dem Computer stehen zu müssen.

Für die Archivierung wurden alle Außen-, Raum- und Vorlauftemperaturen erfaßt, dafür mußte das Menü geändert werden.

Das Schwingen der Vorlauftemperatur wurde vom Hersteller auf eine noch unzureichende Abstimmung des Systems zurückgeführt. Als Ursache führte man die nicht realen Betriebsverhältnisse während des Systemtests in der Firma an. Vor Ort fand eine zeitintensive Abstimmung statt. Dabei wurden auch die betriebsfremden Fehlermeldungen unterdrückt. Man stellte uns einen schnelleren Drucker und Datenspeicher kostenlos zur Verfügung, auch die Betriebsanleitung wurde nachgereicht.

4. Störungen und ihre Auswirkungen

Beim Einsatz dieser Technik mußte die Versorgungssicherheit stets sichergestellt sein. Dies bedeutete, daß die Anlage im Störfall automatisch auf die "alten" witterungsgeführten Regelgeräte umschalten sollte. Die vorhandene Regelung wird betriebsbereit gehalten, weil zur Zeit noch nicht genügend verläßliche Betriebserfahrungen über die Störanfälligkeit von ZLT - Systemen mit DDC-Technik vorliegen.

Bei Stromausfall sollen die Regeleinheiten automatisch auf Betteriebetrieb umschalten. Es traten aber immer wieder Betriebsstörungen auf, die dem elektrischen oder Softwarebereich zugeschrieben wurden. Seitens des Herstellers ist bei Fehlerortungen viel experimentiert worden.

Aufgrund eines Gewitters kam es zu einer Störung im Schaltschrank, so daß Daten verloren gingen, Batterien fielen aus, Sicherungen brannten durch, mit der Folge, daß die Regelungen einzelner Bereiche von Hand umgeschaltet werden mußten. Darüber hinaus fiel eine Ringleitung aus. Aufgrund eines Kabelkurzschlusses kühlten im Winter 40 % der Häuser aus, die automatische Umschaltung funktionierte nicht.

Im ersten Betriebsjahr wurden Störungen schnell und fachkundig behoben. Für den technischen Betrieb traten sie zu häufig auf, wobei jeder Anlage eine gewisse Anlaufphase eingeräumt wird, bis sie störungsfrei und betriebssicher arbeitet.

5. Akzeptanz und soziale Verträglichkeit

Von verschiedenen Stationen trug das Pflegepersonal zunehmend Beschwerden über technische Mängel vor, die ausnahmslos der neuen Anlage zugeordnet wurden. Nicht ausreichende Beheizung und Warmwasserversorgung sowie Lüftungsprobleme zeigte man an. Es fand sogar eine Betriebsversammlung statt, wo die Beschwerden erörtert und die Wirkungsweise der Anlage eingehend erläutert wurde.

Die Anlage mit ihrer Feinregelung berührte die Behaglichkeitsgrenze der Nutzer und zeigte darüber hinaus technische Mängel auf, die bei der alten Betriebsweise nicht sichtbar wurden. Durch die Zurücknahme der Vorlauftemperatur führte es dazu, daß in verschiedenen Bereichen die Heizflächen vergrößert und differenziertere Heizkreise geschaffen werden mußten. Bei der Warmwasserversorgung kam es wegen der nutzungsgerechten Aufheizung und durch die Abschaltung der Zirkulationspumpen zu Versorgungsstörungen.

Ferner kam es zu Schimmelbildung an Außenwänden von Krankenzimmern, welche neue, dichtschließende Fenster bekommen hatten. Hier trat ein bauphysikalisch technisches Problem auf, hervorgerufen durch bessere Wärmedämmung, niedrigere Vorlauftemperaturen und schlechter Lüftung. Ausnahmslos lastete man alle Mängel und Störungen im technischen Bereich zunächst einmal der neuen Anlage an.

Die Aufklärung des Krankenhauspersonals über die Wirkungsweise der Anlage kann als nur zum Teil als erreicht angesehen werden. Hier benötigt man sehr viel Fingerspitzengefühl und sie hat dort ihre Grenzen, wo das technische Verständnis nicht vorhanden ist und wo schon Beziehungskonflikte zwischen technischem Personal und Pflegepersonal bestehen.

Alleine die Tatsache, daß Räume mit Temperaturfühlern ausgestattet waren, schuf ein gewisses Unbehagen. Frühere Beschwerden des Pflegepersonals über nicht genügend beheizte Krankenzimmer konnten oft aus technischen und zeitlichen Gründen nicht überprüft werden. Jetzt aber gab der Temperatur-Kontrollausdruck Auskunft über die vergangenen 24 Stunden. Darüber hinaus konnten offenstehende Fenster auf den Stationen durch eine Unstetigkeit in der Temperaturkurve nachgewiesen werden.

Hier liegt der kritische Punkt für den erfolgreichen Einsatz derartiger Anlagen. Sind sie sozial verträglich?

6. Energieeinsparung

Gradtagszahl bereinigt sank der Wärmeenergieverbrauch im 1. Jahr um 13 %. Dabei wurde vorher eine Grundlast (Warmwasser und Wirtschaftswärme) abgezogen. Darauf hatte die Anlage keinen Einfluß. Ein spürbarer Minderverbrauch im Elektroenergieverbrauch zeichnete sich zwar anfangs ab, konnte jedoch durch Intervention der Küchenleitung bei der Krankenhausleitung nicht durchgehalten werden. Zwischenzeitlich ist die Küche saniert und mit neuen Geräten ausgestattet. Die Komfortsteigerungen können gerade noch mit der Maximumüberwachungsanlage kompensiert werden.

Während der letzten drei Verbrauchsjahre pendelte sich die Einsparung bei rd. 8 % ein. Mit ein Grund, daß die anfänglich 13 % Einsparung nicht gehalten werden konnte, ist das Nachgeben der technischen, kaufmännischen und ärztlichen Leitung gegenüber den Beschwerden des Pflegepersonals, die Raumtemperaturen auf ihr Behaglichkeitsniveau anzuheben. Dabei wurden gesetzlich festgelegte Werte teilweise erheblich überschritten.

Wirtschaftlich rechnet sich die Anlage nicht über die Energieeinsparung, wobei die ständig fallenden Öl- und Gaspreise diesen Trend noch verstärkten.

7. Anlagenerweiterung und Service

Die Veränderung und/oder Erweiterung der Bausubstanz führt zur Zeit zum 1. Schritt in die Abhängigkeit. Hat schon die Installierung des Systems eine nicht unbedeutende Abhängigkeit vom Projektingenieur aufgezeigt, so verstärkte die fehlende Kompatibilität mit anderen Herstellersystemen dies noch, als ein Neubau angeschlossen werden sollte.

Hier muß, weil der Wettbewerb ausgeschlossen ist, die Industrie zu einer Standardisierung kommen.

Unsere Anlage ist 1984 um eine Regeleinheit, zu angemessenem Preis, erweitert worden. Leider konnte aufgrund der bisher gemachten Betriebserfahrungen auf die zusätzliche Installierung einer herkömmlichen Regelung nicht verzichtet werden. Obwohl noch weitere Gebäude hinzugekommen sind, wurde die Anlage nicht mehr erweitert, weil die Herstellerfirma sich vom Markt zurückgezogen hat und ihr Nachfolger das bisherige System nicht mehr vertreibt. Sie möchte uns ihr neues System zu erheblichen Kosten einbauen.

Mit der Herstellerfirma kam es zu einem Vergleich, wobei ein Rechtsstreit noch gerade vermieden werden konnte.

Erschwerend für unsere Betreuung kommt noch hinzu, daß der Projektingenieur uns nicht mehr zur Verfügung steht, so daß wir servicemäßig von der Hand in den Mund leben.

8. Ausblick

Auf dem Sektor der Mikroprozessor- und Speichertechnik ist die Entwicklung noch nicht abgeschlossen. Es sind weitere Innovationen zu erwarten. Weil die Investitions- und Betriebskosten von betriebstechnischen Anlagen enorm hoch sind, müssen neue Wege gegangen werden, die Betriebskosten zu senken.

Die hier beschriebene DDC-Anlage zeigt, daß noch einiges zu verbessern ist:

- die Versorgungssicherheit ist noch nicht gewährleistet (z.B. doppelte Regelung)
- die Abhängigkeit ist durch mehr Transparenz zu vermindern (Änderungsmöglichkeit der Software)
- Lieferung von Ersatzteilen und Betreuung muß langfristig gesichert sein
- Anpassung an neue Entwicklungen muß nach Möglichkeit gewährleistet werden
- Kompatibilität

Die Anlage sollte von einem Ingenieur überwacht und bedient werden. Von ihr sind zur Zeit noch keine Personaleinsparungen erkennbar. Dies muß zukünftig nicht so bleiben. Freie Kapazitäten gehören dann in eine intensive Wartung und Instandhaltung, damit die Umweltbelastung durch geringeren Energieverbrauch zurückgeht und die Investitionen erhalten bleiben.

Die soziale Verträglichkeit ist durch die zeitnahe Kontrolle von Raumtemperaturen und Zuständen (Ein/Aus) noch nicht nachweisbar. Hier bedarf es geduldiger Aufklärungsarbeit.

Insgesamt warten wir die Entwicklung ab und rüsten unsere Neubauten mit Optimierungsanlagen aus und berücksichtigen bei der Installation die spätere Erweiterung zu einer ZLT.

Herrn
Dipl.-Ing. Dieter Plasa
Landeswohlfahrtsverband Hessen
- Hauptverwaltung -
Ständeplatz 6 - 10

3500 Kassel

Wissenswertes über neue Vorschriften für Bau und Betrieb elektrischer Anlagen im Krankenhaus

von E. Pointner, München

1. Anwendungsbereich der neuen Norm DIN VDE 0107

Das Komitee 227 der Deutschen Elektrotechnischen Kommission wird noch in diesem Jahr einen neuen Entwurf von DIN VDE 0107 verabschieden, der DIN VDE 0107/6.81 ersetzen soll. Die neuen Bestimmungen sollen folgenden Titel erhalten:
"Starkstromanlagen in Krankenhäusern und medizinisch genutzten Räumen außerhalb von Krankenhäusern".
Der Anwendungsbereich erstreckt sich somit auf das Errichten und Instandhalten aller Starkstromanlagen von Krankenhäusern und Polikliniken der Human- und Dentalmedizin. DIN VDE 0107/6.81 gilt bekanntlich nur für elektrische Anlagen in medizinisch genutzten Räumen. Für elektrische Anlagen außerhalb dieser Räume und für Anlagen der Ersatzstromversorgung gelten noch die Festlegungen von DIN VDE 0108/12.79. Die neuen Bestimmungen von DIN VDE 0108, die bereits als Entwurfsfassung veröffentlicht worden sind, werden für Krankenhäuser, Polikliniken und dergleichen keine Gültigkeit mehr besitzen.

Die in DIN VDE 0107 genannten Anforderungen berücksichtigen - je nach Art oder Nutzung der baulichen Anlagen - die mögliche Gefährdung von Personen, insbesondere der Patienten durch

- gefährliche Körperströme bei Anwendung elektromedizinischer Geräte,
- Brände oder Explosionen,
- Ausfall der Stromversorgung notwendiger Sicherheitseinrichtungen, medizinisch-technischer Einrichtungen und von Einrichtungen, die zur Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebes unerläßlich sind.

Die Festlegungen von DIN VDE 0107 gelten zusätzlich zu den Anforderungen nach den Normen der Reihe von DIN VDE 0100 und DIN VDE 0101. Die neuen Bestimmungen stimmen mit den Begriffen dieser Normen überein. Eine Abstimmung war aber auch mit den Begriffen des Entwurfes DIN VDE 0108 Teil 1 erforderlich, weil es im Anwendungsbereich beider Normen Überschneidungen gibt.

2. Bestehende elektrische Anlagen

2.1 Anpassung an neue Normen

Die neue Norm soll keine Forderung mehr enthalten, nach der bestehende Starkstromanlagen an neue Festlegungen angepaßt werden müssen. Einer der Gründe hierfür ist die Tatsache, daß die in DIN VDE 0107/6.81 festgelegte Frist für die Anpassung elektrischer Anlagen in Räumen der Anwendungsgruppen 1 und 2E am 31.05.1986 abgelaufen ist. Zum anderen sind die Anpassungsbestimmungen, die in der zurückgezogenen Entwurfsfassung enthalten waren, von vielen Behörden nicht akzeptiert worden. Es wurden auch Zweifel an der rechtlichen Zulässigkeit von Anpassungsforderungen in VDE-Bestimmungen geäußert.

2.2. Instandhaltung bestehender Anlagen

Im Rahmen der Instandhaltung soll in der neuen Norm unverzüglich die Beseitigung von Mängeln gefordert werden, die zu einer erheblichen Gefährdung von Patienten in Räumen der Anwendungsgruppe 2 führen können. Grundsätzlich gelten Anlagen als mangelhaft, wenn Anpassungsfristen nicht eingehalten worden sind oder wenn eine Änderung der Betriebsbedingungen ohne gleichzeitige Anpassung der elektrischen Anlagen vorliegt. In DIN VDE 0107/12.62 wurde erstmals eine geeignete Notstromversorgung für Operationsleuchten, Beatmungsgeräte und andere lebenswichtige Geräte gefordert. DIN VDE 0107/3.68 forderte eine Besondere Ersatzstromversorgung (BEV) für Geräte zur Aufrechterhaltung lebenswichtiger Körperfunktionen, insbesondere der Atmung oder zur Wiederbelebung. Eine Nutzungsänderung liegt vor, wenn Geräte der genannten Art nach Inkraftsetzen dieser VDE-Bestimmungen in Betrieb genommen worden sind, in denen keine sichere Stromversorgung gewährleistet ist. In der Neufassung von DIN VDE 0107 sollen deshalb Starkstromanlagen in Räumen der Anwendungsgruppe 2 als mangelhaft bezeichnet werden, wenn

- die Schutzmaßnahme "TN-Netz mit Überstromschutzeinrichtung" (Nullung) Anwendung findet,
- in Räumen, in denen intrakardiale Eingriffe vorgenommen werden, höhere Spannungen als 10 mV im Patientenbereich auftreten können,
- lebenswichtige elektromedizinische Geräte, wegen Körperschluß oder Ausfall der allgemeinen Stromversorgung nicht weiterbetrieben werden können.

3. Begriffe

Nicht medizinisch genutzte Räume sind solche, die nicht bestimmungsgemäß bei der Untersuchung und Behandlung von Menschen genutzt werden. Hierzu zählen u.a.

Naßzellen in Bettenräumen, Medizinal-Laboratorien, OP-Waschräume, OP-Sterilisationsräume.
Die medizinisch genutzten Räume werden künftig hinsichtlich des Gefahrenschutzes in die Anwendungsgruppen 0, 1 und 2 eingeteilt.
Räume der Anwendungsgruppe 0 sind Räume, in denen entweder keine netzabhängigen elektromedizinischen Geräte oder nur solche verwendet werden, die den Patienten nicht stärker gefährden können als jedes andere elektrische Gerät.
Die Begriffe der Anwendungsgruppe 1 und 2 sind sinngemäß die gleichen wie die für die Anwendungsgruppen 1, 1E und 2E nach der noch geltenden Norm. Die Zusatzbezeichnung "E" soll allerdings entfallen.

4. Netzformen

In Gebäuden von Krankenhäusern und dergleichen, die medizinisch genutzte Räume der Anwendungsgruppen 1 und/oder 2 enthalten, muß bei Versorgung aus dem Netz das TN-S-Netz angewendet werden. Hierzu müssen vom Gebäudehauptverteiler ab für die Funktionen des Schutzleiters (PE) und des Neutralleiters (N) getrennte Leitungen verwendet werden. Durch diese Maßnahme werden Gebäudestreuströme, die Potentialanhebungen verursachen und empfindliche elektromedizinische Geräte stören können, vermieden.
Für jeden Raum oder jede Raumgruppe der Anwendungsgruppe 2 ist für Stromkreise zur Versorgung elektromedizinischer Geräte für operative und andere lebenswichtige Maßnahmen mindestens ein eigenes IT-Netz erforderlich.

5. Stromversorgung der IT-Netze

Nach den geltenden Bestimmungen müssen Einrichtungen, die der Aufrechterhaltung lebenswichtiger Körperfunktionen dienen, selbsttätig aus einer BEV weiterversorgt werden, wenn die Netzspannung um mehr als 10 % absinkt oder wenn an den Einspeisestellen im zugehörigen Unterverteiler die Spannung mindestens eines Außenleiters ausfällt. (DIN VDE 0107/6.81, Abschn. 8.2.2) Die BEV muß also die Versorgung dieser Geräte sowohl bei gestörter Spannung am Hauptverteiler als auch bei einer Unterbrechung des Leitungsweges zwischen Hauptverteiler und Verteiler für Anwendungsgruppe 2 übernehmen. (Bild 1)
In der neuen Norm soll eine BEV nur noch für OP-Leuchten, jedoch nicht mehr für lebenswichtige Geräte gefordert werden. Der Verzicht war notwendig, weil Behörden in Übereinstimmung mit dem Musterentwurf der Krankenhausbauverordnung eine solche BEV für entbehrlich halten, wenn eine vorschriftsmäßige allgemeine Ersatzstromversorgung vorhanden ist. In der Neufassung von DIN VDE 0107 werden für die Stromversorgung eines IT-Netzes wie bisher zwei Leitungen gefordert.

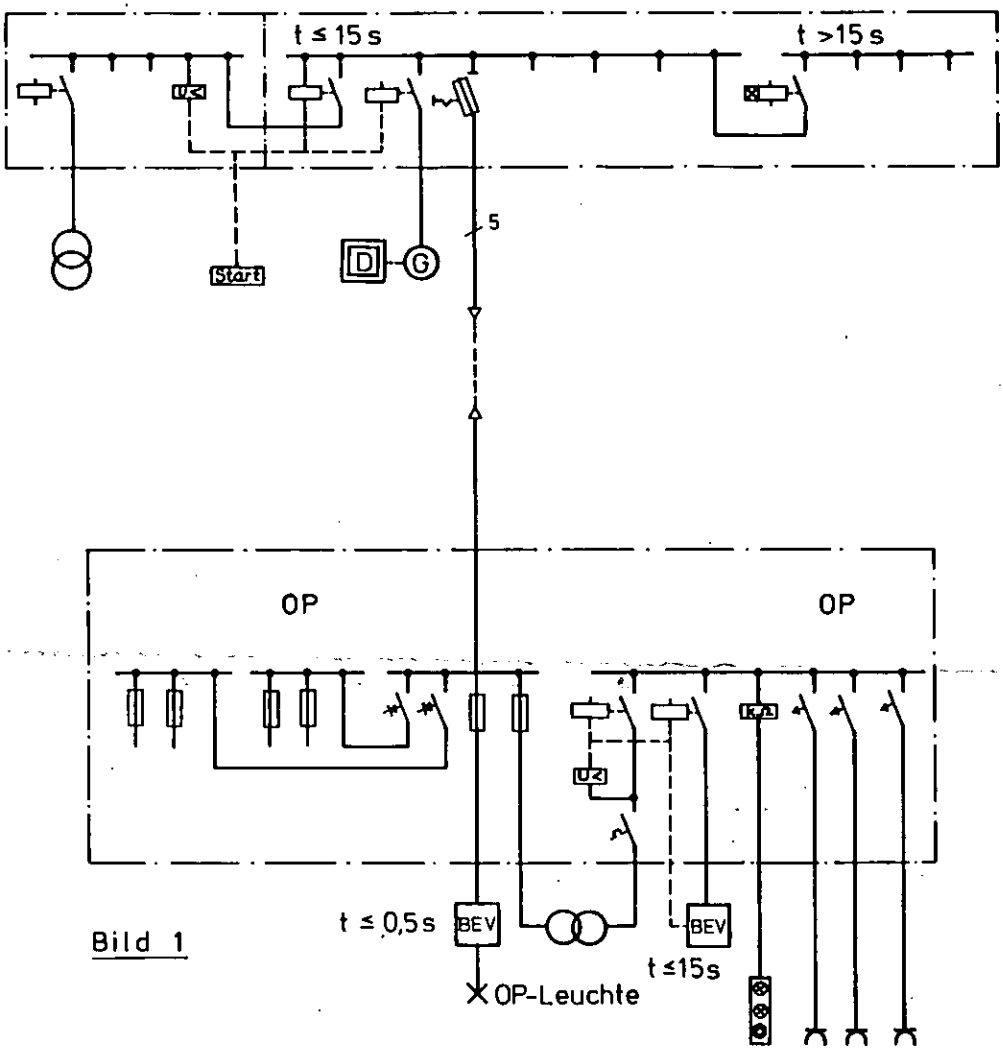


Bild 1

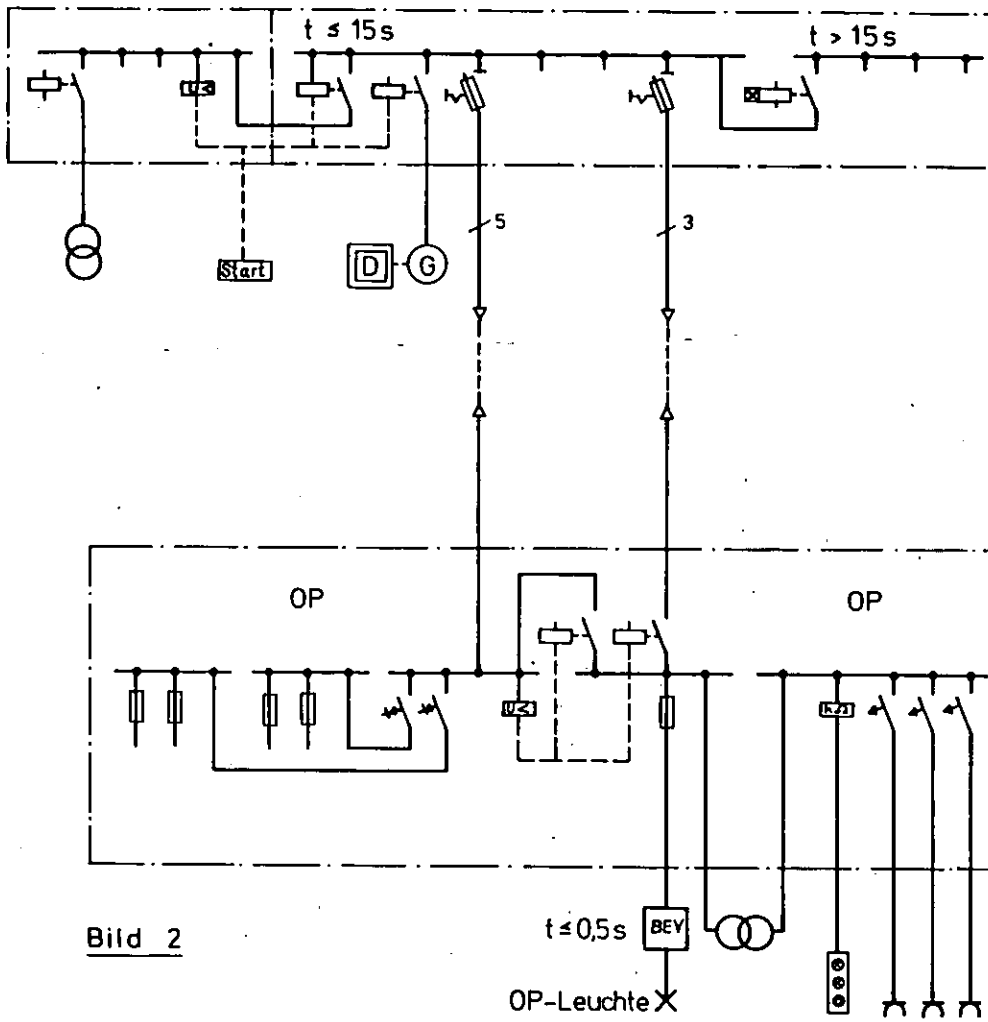


Bild 2

Bei Ausfall der Spannung am Ende der bei ungestörtem Betrieb versorgenden Leitung muß die Stromversorgung selbsttätig auf die zweite Leitung umgeschaltet werden. Beide Leitungen müssen von der Stromschiene des Gebäudehauptverteilers abzweigen, die bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung aus dem Ersatzstromaggregat gespeist wird. (Bild 2) Die Leitung, die im Störungsfall die Versorgung übernimmt, darf natürlich auch wie bisher aus einer BEV gespeist werden.

6. Elektrische Betriebsräume

Die neue Norm wird Festlegungen über die Beschaffenheit von Räumen enthalten, in denen Transformatoren, Schaltanlagen, ortsfeste Stromerzeugungsaggregate, Batterien der Sicherheitsstromversorgung und Hauptverteiler der allgemeinen Stromversorgung sowie der Sicherheitsstromversorgung untergebracht sind. Hierbei wird vor allem auf die Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (EltBauV) verwiesen.

7. Verteiler

Eine nennenswerte Erleichterung werden die neuen Bestimmungen für Verteiler bringen. Eigene Verteiler oder getrennte Verteilerabschnitte werden nur noch für Räume der Anwendungsgruppe 2 gefordert. Die Schiene für den zusätzlichen Potentialausgleich darf auch neben dem Verteiler angebracht werden.

8. Schutz gegen gefährliche Körperströme

8.1 Schutz bei indirektem Berühren in nicht medizinisch genutzten Räumen und Räumen der Anwendungsgruppe 0

Bei Einspeisung aus der allgemeinen Stromversorgung dürfen die in DIN VDE 0100 Teil 410 zugelassenen Schutzmaßnahmen angewendet werden.
Für Anlagen der Sicherheitsstromversorgung ist bei Einspeisung aus dem Ersatzstromaggregat der Schutz durch Meldung mit Isolationsüberwachungseinrichtung im IT-Netz nach DIN VDE 0100 Teil 410, Abschnitt 6.1.5 bevorzugt anzuwenden.

8.2 Schutz bei indirektem Berühren in Räumen der Anwendungsgruppe 1 und 2

In beiden Raumarten sind die Schutzisolierung, die Schutzkleinspannung und die Funktionskleinspannung mit $U \leq 25\ V_{\sim}/60\ V_{\text{—}}$ sowie die Schutztrennung zulässig. Die Schutzmaßnahme "TN-S-Netz oder TT-Netz mit FI-Schutzeinrichtung" (Fehlerstrom-Schutzschaltung) darf in Räumen der Anwendungsgruppe 1 angewendet werden.

Klöckner MOELLER

Klöckner-Moeller beherrscht den Strom – weltweit

Elektrizität und Zuverlässigkeit – Zwei, die zusammengehören.

Deshalb: Wenn es um elektrische und elektronische Anlagen geht, um Systeme und Geräte zur Automatisierung und Energieverteilung: Klöckner-Moeller – Ihr Partner weltweit.

23 Werke und über 350 Vertriebsbüros im In- und Ausland bieten unseren Kunden Produkte und Service in Klöckner-Moeller-Qualität:
leistungsfähig und zuverlässig.

Von der Projektierung bis zur Lieferung, vom handbetätigten Drucktaster bis zur vollautomatischen Steuerungsanlage.

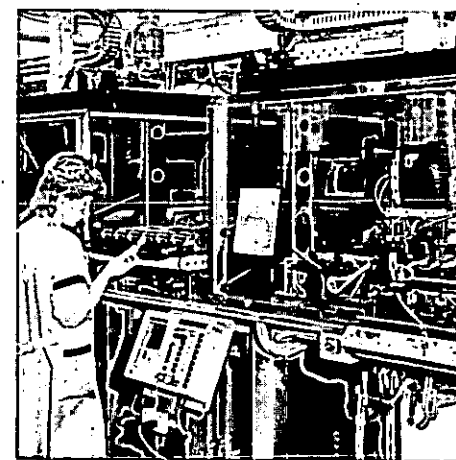
Sie bestellen – wir liefern. So einfach ist das.

Internationale Normen? Approbationen? – Kein Problem!

Klöckner-Moeller-Geräte sind in allen Ländern zugelassen. Selbstverständlich auch in den USA – als Sondertypen.

Denn: Flexibilität und Know-how, das sind die Stärken, die Klöckner-Moeller auszeichnen. Als kompetenten Partner für die Märkte der Welt.

Klöckner-Moeller –
Zuverlässigkeit im Umgang mit Elektrizität.



Geräteprüfung im Werk

Verteilen, Schalten, Steuern und Automatisieren

Klöckner-Moeller – das heißt Qualität. Garantiert!

Denn Klöckner-Moeller setzt auf sicheres Beherrschen aktueller, zukunftsweisender Verfahrenstechnik. – In jeder Phase.

Von der Forschung und Planung bis zur Herstellung und Inbetriebnahme. Ob bei der Weiterentwicklung bewährter Produkte oder bei der Verwirklichung neuer Konzeptionen.

Hochqualifizierte Fachleute + modernste Technologie + vorbildliche Produktionsstätten: Das ist unser Konzept.

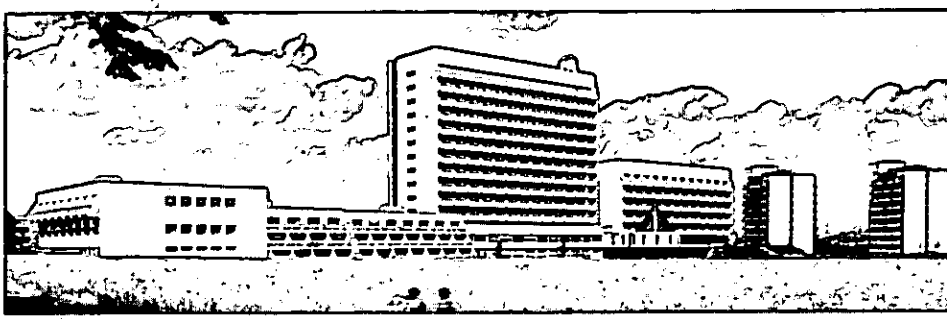
Für den Fortschritt ohne Risiko.

Das Ergebnis sind Produkte, die mehr leisten, einfacher zu handhaben und trotzdem preisgünstig sind. Mit der Garantie für „eingebaute" Zukunftssicherheit.

Denn: Fortschritt hat bei Klöckner-Moeller Tradition. Seit mehr als 80 Jahren.

Unsere Verpflichtung – Ihre Garantie.

Klöckner-Moeller –
Strom sicher beherrschen,
schalten, steuern.



St. Katharinen-Hospital in Frechen bei Köln

Wir forschen, planen, bauen und leisten Kundendienst weltweit

Das St. Katharinen-Hospital in Frechen bei Köln, das ICC in Berlin, die Siliziumfabrik in USA, der Gotthard-Tunnel, die Aluminiumhütte in Australien ...:
Sie alle haben eines gemeinsam:
Klöckner-Moeller steuert den Strom.

Denn Klöckner-Moeller bietet ein komplettes Programm moderner Problemlösungen für Energieverteilung und Automatisierung.

Für jede Branche. Für Projekte jeder Größenordnung.

Von der Tankstelle bis zum Container-Bahnhof.

In Bergwerken ebenso wie bei der Ölverarbeitung oder Papierherstellung.

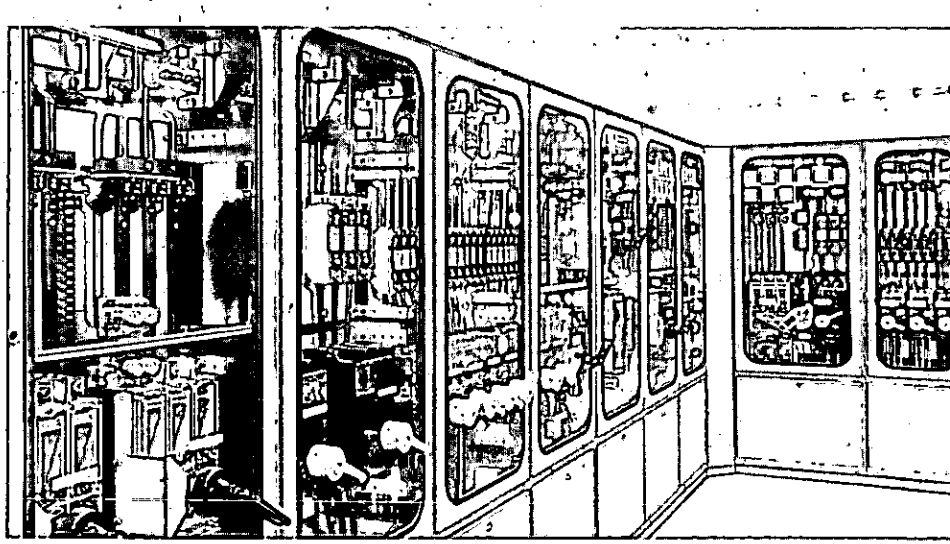
Auf Klöckner-Moeller baut, wem es auf Zuverlässigkeit ankommt.

In Deutschland, in Europa, in der ganzen Welt.

Damit die Räder der Wirtschaft nicht stillstehen.

Klöckner-Moeller –
Ihr Partner für Automatisierung und Energieverteilung.

87/14a



Niederspannungs-Zentralverteiler NZV am Energieübergabegebäude

Klöckner-Moeller, Postfach 1880, D-5300 Bonn 1
Telefon 0228/602-0.

In Räumen der Anwendungsgruppe 2 ist sie für Stromkreise von Röntgengeräten, nicht medizinischen Geräten, Großgeräten und der Raumbeleuchtung erlaubt. Die Schutzmaßnahme "IT-Netz mit Isolationsüberwachungseinrichtung" (Schutzleitungssystem) ist in Räumen der Anwendungsgruppe 2 für Steckdosenstromkreise erforderlich, die der Versorgung elektromedizinischer Geräte für operative und andere lebenswichtigen Maßnahmen dienen.

8.3 Zusätzlicher Potentialausgleich in Räumen der Anwendungsgruppe 1 und 2

Die PE-Schienen der Verteiler, metallene Rohrleitungen, die Ableitnetze leitfähiger Fußböden und die Abschirmungen gegen elektrische Störfelder müssen immer in den Potentialausgleich einbezogen werden. Die Einbeziehung anderer fest eingebauter fremder leitfähiger Teile ist nur dann erforderlich, wenn sie der Patient "im Anwendungsfall" berühren kann. Unter "Anwendungsfall" versteht man die Untersuchung oder Behandlung des Patienten mit elektromedizinischen Geräten. Maßgebend für die Einbeziehung in den Potentialausgleich ist also die Position des Patienten im medizinisch genutzten Raum bei Anwendung elektromedizinischer Geräte. Diese Position ergibt sich aus der Anordnung der OP-Tische, der Krankenbetten und anderer Untersuchungs- und Behandlungseinrichtungen, auf denen sich der Patient befindet. Berührbar sind für ihn dabei die Teile, die von dieser Position aus in einem Umkreis von 1,25 m liegen.

8.4 Schutzleiter und Potentialausgleichsleiter

DIN VDE 0107/6.81 fordert für Räume der Anwendungsgruppe 2, daß der Widerstand von Schutzleitern in Verbraucherstromkreisen und von Potentialausgleichsleitern 0,2 Ohm nicht überschreiten darf. Diese Festlegung soll in der neuen Norm entfallen.

9. Sicherheitsstromversorgung

In jedem Krankenhaus ist eine Sicherheitsstromversorgung erforderlich, die bei Störung der allgemeinen Stromversorgung die Sicherheitsbeleuchtung, notwendige Sicherheitseinrichtungen und medizinisch-technische Einrichtungen mit einer Einschaltverzögerung von nicht mehr als 15 s für die Dauer von mindestens 24 Stunden mit elektrischer Energie versorgt. Diese muß so bemessen sein, daß nach gesichertem Betrieb der genannten Einrichtungen die zur Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebes notwendigen Anlagen zugeschaltet werden können. OP-Leuchten und vergleichbare Leuchten müssen zusätzlich aus einer Besonderen-Ersatz-

stromversorgung (BEV) innerhalb von 0,5 s für die Dauer von mindestens drei Stunden weiterbetrieben werden können. Eine BEV für die zusätzliche Sicherheitsstromversorgung von elektromedizinischen Geräten, die operativen oder anderen lebenswichtigen Maßnahmen dienen, ist erforderlich, wenn sie in baurechtlichen Vorschriften nach Landesrecht oder anderen behördlichen Auflagen gefordert wird.

In allen Stromkreisen der Sicherheitsstromversorgung müssen die Kennwerte der Ersatzstromquellen und der Schutzeinrichtungen sowie die Querschnitte der Leiter so ausgewählt werden, daß bei Kurzschluß an beliebiger Stelle die vorgeschaltete Schutzeinrichtung selektiv innerhalb von 5 s abgeschaltet wird. Diese Bedingung gilt sowohl bei Versorgung aus dem Netz als auch bei Ersatzstromversorgung. Kürzere Abschaltzeiten als 5 s können nach den Festlegungen von DIN VDE 0430 zum Schutz von Leitungen und Kabeln gegen zu hohe Erwärmung erforderlich sein.

Steuerstromkreise der Sicherheitsstromversorgung, z. B. von BEV-Anlagen, müssen so errrichtet sein, daß ein einziger Fehler, mit dessen Auftreten gerechnet werden muß, nicht zum Ausfall der allgemeinen Stromversorgung und der Sicherheitsstromversorgung führt.

10. Brandschutz

Festlegungen für den vorbeugenden Brandschutz gehören zum Zuständigkeitsbereich der Baubehörden. Entsprechende Auflagen werden deshalb in die Baugenehmigungsbescheide aufgenommen. Um zu einer einheitlichen Handhabung zu gelangen, wollen die Bundesländer eine "Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an haustechnische Leitungsanlagen" in Kraft setzen, sobald die Beratungen über die vorliegende, offensichtlich noch umstrittene Entwurfsfassung abgeschlossen sind. Die Richtlinien, auf die in der neuen DIN VDE 0107 verwiesen wird, sollen sich auf folgende Merkmale erstrecken:

- Auswahl und Anordnung von Leitungen, Kabeln und Verteilern in Rettungswegen hinsichtlich der Verringerung der Brandlast,
- Durchführung von Kabeln und Leitungen durch Wände und Decken, die mindestens feuerbeständig sein müssen.
- Funktionserhalt von Teilen der Sicherheitsstromversorgung, die im Falle eines Brandes nicht vorzeitig ausfallen dürfen.

11. Zusammenfassung

Das K 227 der DKE hat sich bei Oberarbeitung von DIN VDE 0107 bemüht, die Mindestanforderungen festzulegen, die das notwendige Sicherheitsniveau gewährleisten, Übereinstimmung mit geltenden Normen zu erreichen und Formulierungen zu wählen, durch die Mißverständnisse vermieden werden.

Dipl.-Ing. E. Pointner
Elektro-Beratung Bayern GmbH
Kaiserstr. 14, 8000 München 40

Anlagenaufnahme vor Ort!
Unabdingbare Voraussetzung für die geplante Instandhaltung

von Dipl.-Wirtschafts-Ing. H.-J. Hack und
Dipl.-Ing. V. Tobias, Wilhelmshaven

1. Einführung

Kennzeichnend für diese wichtige Tätigkeit beim Aufbau eines Instandhaltungssystems ist ihre Unterschätzung, und zwar gleich in zweifacher Hinsicht

- vom Umfang/Aufwand her und
- von ihrer Bedeutung für die geplante Instandhaltung,

deshalb auch der etwas provozierende Untertitel des Vortrags.

Es geht also darum, die Wichtigkeit der Anlagenaufnahme für die geplante Instandhaltung (GI) zu betrachten, obwohl die dabei erarbeiteten Daten natürlich auch für die nicht planbaren Instandhaltungsaufgaben verwendet werden können.

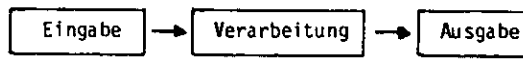
Für die geplante Instandhaltung ist sie aber eine unabdingbare Voraussetzung.

Die Ergänzung "vor Ort" soll darauf hinweisen, daß man die Anlagenaufnahme nicht vom grünen Tisch oder Reißbrett aus durchführen kann, man muß an die Anlage heran oder besser in die Anlage einsteigen.

Es ist also ein sehr praktisches Thema. Deshalb haben wir diesen Vortrag in zwei Teile gegliedert. Nach der allgemeinen Erläuterung des Themas durch mich, wird ein praxiserfahrener Projektleiter - Dipl.-Ing. Volker Tobias - aus verschiedenen Projekten praktische Beispiele aufzeigen, die die generellen Feststellungen erläutern bzw. untermauern.

2. Anlagenaufnahme vor Ort

Bei der Anlagenaufnahme handelt es sich um ein Erarbeiten von Daten, auf deren Grundlage die geplante Instandhaltung durchgeführt wird. Welche Informationen dabei zur Verfügung stehen müssen, kann am einfachsten an dem bekannten EVA-Prinzip erklärt werden:



Ausgangspunkt ist in diesem Fall die "Ausgabe", d. h. die Informationen und Hinweise, die in den Aufträgen der geplanten Instandhaltung und den sie unterstützenden Listen und Aufstellungen benötigt werden.

Es wird Ihnen aufgefallen sein, daß bisher das Wort "EDV" nicht aufgetaucht ist. Ich werde auch nur wenig darauf eingehen, da es im Prinzip unerheblich ist, mit welchen Organisationsmitteln ich die Daten eingebe, verarbeite und ausgebe; ein handgeschriebener Auftrag muß auf die gleichen Informationen zurückgreifen und darstellen, wie der "output" einer EDV-Anlage.

Der Bedarf an Informationen setzt sich grob wie folgt zusammen:

$$\sum I_{GI} = \sum I_{TD} + \sum I_{VO}$$

in Worten

Gesamtheit der Informationen für die geplante Instandhaltung	=	Gesamtheit der Informationen aus der techn. Dokumentation	+	Gesamtheit der Informationen vor Ort

Selbst wenn eine gute technische Dokumentation vorliegen sollte - und sie ist nach meinen Erfahrungen selten gut - muß ein großer Teil der Informationen "vor Ort" gesammelt werden. Die aus den technischen Unterlagen entnommenen Daten - auf die ich in diesem Zusammenhang nicht weiter eingehen werde - müssen

verifiziert und ergänzt

werden.

Bei der Begehung der Anlagen/des Objekts werden sowohl Aktualität und Vollständigkeit der Informationen aus den Unterlagen überprüft als auch Ergänzungen vorgenommen, die nirgendwo stehen. Dies geschieht durch Inaugenscheinnahme der örtlichen Gegebenheiten und durch Einbeziehung des vorhandenen Wissens der mit der Anlage betrauten Mitarbeiter bzw. der Nutzer.

Vor Ort werden folgende Datenbereiche neu aufgenommen bzw. ergänzt:

a) Basisdaten für die Klassifizierung und Identifizierung, wie:

- Modell,
- Typ,
- Leistungsangaben,
- Hersteller,
- Funktionelle Aufgabe.

b) Für die Kapazitätsplanung, personell und materiell

- Wegezeiten,
- Arbeitszeiten (tatsächliche, für GI planbare)
- vorhandene Qualifikationen bzw. Qualifikationseinteilungen
- Vorhandensein und Bedarf für spezielle Hilfsmittel (Leitern, Gerüste u. ä.)
- Werkzeuge und Prüfgeräte
- Ersatzteile

MIZ - Dienstleistungen Krankenhaus

In den vergangenen Jahren wurden im Gesundheitswesen – speziell im Krankenhausbereich – zahlreiche neue Gesetze, Verordnungen und Richtlinien erlassen. Parallel dazu sind unter dem Druck begrenzter finanzieller Mittel Veränderungen in der Aufgabenstellung eingetreten, die vielfach nicht mehr mit den Betriebsstrukturen übereinstimmen.

Für die Lösung dieser Aufgaben in der Medizin- und Haustechnik bieten wir Ihnen:

- Wirtschaftlichkeits- und Organisationsprüfungen
- Analysen und Bewertungen
- Bedarfsgerechte Anpassung bzw. Umstrukturierung mit dem Ziel, Betriebskosten einzusparen
- Durchführung der administrativen Maßnahmen zur Umsetzung der gesetzlichen Verpflichtungen (z. B. MedGV und sonstige Vorschriften)
- Planung, Organisation und Überwachung aller Instandhaltungs-Maßnahmen
- Wertneutrale Budget-Planungen, speziell Investitionsplanungen

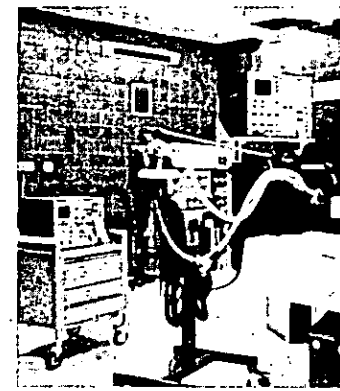
Wir verfügen dafür über ein großes Potential an Fachingenieuren und Betriebsfachleuten.

Materialinformationszentrum Gesellschaft für Logistik mbH
Postfach 967, D-2940 Wilhelmshaven Tel.: 04421/391-1

11/8/87-1,5

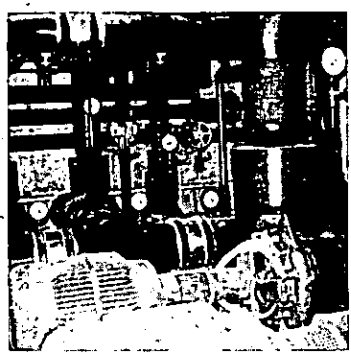
MIZ - Dienstleistungen Krankenhaus

Zur Realisierung unserer Leistungen in Medizin- und Haustechnik kommen folgende EDV-Systeme zum Einsatz.



MIZ- TELBEK ®
für Großrechner und PC's

- Geplante, optimierte Instandhaltung und Betriebsführung
- MedGV
- Anlagenrechnung-Krankenhaus mit Anlagenbuchhaltung



MIZ-BESBET ®
für PC's

- Bestandsführung mit hierarchischer Strukturierung von Anlagen und Geräten
- Planung und Organisation der Instandhaltung

MIZ-MEDGV
für PC's

- Betreuung medizinisch, technischer Anlagen und Geräte unter Berücksichtigung der MedGV §§ 12 und 13

Systemleistungen:

- Analysen und Bewertungen • Wirtschaftlichkeits- und Organisationsprüfungen
- Projektleitung • Schulung • Betreuung • EDV-Programme • Dokumentation
- Organisationsmittel • Schlüsselsysteme

Materialinformationszentrum Gesellschaft für Logistik mbH
Postfach 967, D-2940 Wilhelmshaven Tel.: 044 21/391-1

c). Für die Arbeitsplanung:

- Sicherheitsmaßnahmen, bedingt durch objektspezifische Gegebenheiten (Umwelt, Baubesonderheiten u. ä.)
- besondere Instandhaltungsmaßnahmen, bedingt durch Umwelt, Belastung, etc.
- spezielle Betriebsabläufe, z. B. Belegungspläne für OP's, und der zeitlichen Verteilung
- Verfahren für die Materialwirtschaft
  - Ersatzteilversorgung
  - Beschaffungsablauf
  - Aussonderung.

Ich möchte an dieser Stelle auf den Norm-Entwurf DIN 31053, Teil 1 "Instandhaltung - Informationssystem für die Instandhaltung, Grundlagen -" hinweisen, der sich mit Teilen dieses Themas eingehend befaßt.

3. Generelle Bemerkungen zur Anlagenaufnahme

Was bei der Aufnahme vor Ort an Informationen gesammelt und überprüft wird, ist in Punkt 2 aufgezeigt worden. Damit ist auch klar, warum sie eine unabdingbare Voraussetzung für die geplante Instandhaltung ist.

Man kann in einem System nur die Informationen/Daten verarbeiten und ausgeben, die eingegeben wurden, und die Informationsgewinnung ist in vielen Fällen nur durch die Aufnahme vor Ort möglich.

Als nächstes stellt sich die Frage nach dem "wer macht das"?

Es kann sowohl durch interne als auch durch externe Kräfte geschehen. Um die Vorteile der beiden Alternativen zu nutzen und aus den bisherigen Erfahrungen ist eine weitgehend gemeinsame Durchführung dieser Tätigkeit ratsam.

Nicht zu unterschätzen sind besonders bei komplexen Objekten brauchbare Hilfsmittel, wie

- Materialschlüssel
- Raumschlüssel etc.,

die, falls sie nicht vorhanden sind oder beigestellt werden können, vor dem Beginn der Arbeiten geschaffen werden müssen. Denn ohne solche Systematiken ist eine sinnvolle und überschaubare Gliederung nicht möglich und diese ist in der Planung der planbaren Instandhaltungsmaßnahmen auch eine unabdingbare Voraussetzung.

Die instandhalterischen Betrachtungseinheiten - Geräte, Anlagen, technische Objekte, an denen instandgehalten wird - sind unter diesem Aspekt festzulegen, da spielt die Erfahrung mit solchen Aufgaben eine große Rolle.

Wichtig ist in jedem Fall, daß die Akzeptanz bei allen Beteiligten für das, was getan wird und wofür es benötigt wird, frühzeitig erreicht und gehalten wird. Eine Datenerfassung bedeutet immer für alle Beteiligten viel Arbeit und auch unerfreuliche neue Erkenntnisse, z. T. auch Trennung von liebgewonnenen Vorurteilen.

Die Vorbereitungen für die Aufnahme selber sind also sorgfältig zu planen, sowohl zeitlich als auch materiell, finanziell und personell.

Ich hatte zu Beginn des Referats von der Unterschätzung des zeitlichen Aufwands gesprochen, das bleibt eine Tatsache, auch wenn man ihn "verquetschen" oder sehr lange dehnen kann. Man muß sich jedoch jederzeit klarmachen, daß eine vollständige Nutzung eines Instandhaltungssystems nur dann möglich ist, wenn alle notwendigen Daten zur Verfügung stehen. Anderenfalls kann es zu Fehlentscheidungen kommen, z. B. wenn der Bedarf eines Spezialisten erst durch alle Sparten zusammen und nicht durch eine einzelne gerechtfertigt ist und dann jeweils eine Fremdvergabe vorgenommen wird.

Unter diesem Aspekt und der Notwendigkeit, die Daten aktuell zu halten, sollte ein nicht zu langer Zeitraum für die Aufnahme in Betracht gezogen werden.

Zum Abschluß noch eine Aussage zur Optimierung solcher Systeme. Auch nach Erfassung aller dieser Daten, die vor Ort oft mühselig zusammengetragen werden, dauert es nach dem Systemeinsatz noch eine geraume Zeit bis sie in der Form sind, daß sie das System "rundlaufen" lassen.

Man wird sogar auf einige Daten wieder verzichten können, weil es sich als zweckmäßig erweist, auf einer höheren Ebene die Instandhaltungsmaßnahme zusammenzufassen, andererseits sich auch Verfeinerungen und Ausweitungen vorzunehmen.

Ein Hinweis für alle, die sich mit der Instandhaltung für neue Objekte/Anlagen befassen. Sorgen Sie dafür, daß schon in der Planungsphase die instandhalterischen Forderungen berücksichtigt werden und lassen Sie sich die Daten im Rahmen der abzuliefernden technischen Dokumentation in der Form und in dem Umfang mitliefern, wie Sie ihn anschließend brauchen.

Ein Instandhaltungssystem lebt und ändert sich, wird bei richtiger Pflege immer besser und zeigt dann, daß durch die Aufnahmen vor Ort die richtigen Voraussetzungen geschaffen wurden.

4. Praktische Beispiele

Beispielhaft soll an nachfolgenden Anlagenbereichen die vorstehend gemachten Ausführungen untermauert bzw. erhärtet werden.

Fachbereich	Anlagen-Art	Einsatzbereich
Klima/Lüftung	Luftführungskanäle	Krankenhaus
	Luftförderanlagen	Krankenhaus
	Abluftanlagen	Krankenhaus
Elektrotechnik	Deckenverteiler	Krankenhaus
	Spannungsregelung für Synchrongeneratoren	Kraftwerk
Heizung	Dampfreduzierstationen	Krankenhaus
Sanitär	Wasserversorgung	Krankenhaus
Erdgasförderung	Gasreinigung	Petrochemie

Dipl.-Wirtschafts-Ing. H.-J. Hack
Materialinformationszentrum -
Gesellschaft für Logistik mbH
Gökerstraße 68
2940 Wilhelmshaven

Dipl.-Ing. V. Tobias
Materialinformationszentrum -
Gesellschaft für Logistik mbH
Gökerstraße 68
2940 Wilhelmshaven

Instandhaltungsarbeiten an elektrischen Anlagen im Krankenhaus

W. Wawra, Hannover

Im Krankenhaus ist täglich rund um die Uhr eine sichere Patientenversorgung zu gewährleisten. Hierzu müssen auch die elektrischen Anlagen jederzeit weitesgehend betriebsbereit sein.

Zur Sicherstellung dieser Aufgaben ist bereits bei der Planung der elektrischen Anlagen gemäß den VDE-Bestimmungen 0107 und 0108 auf eine redundante Versorgung zu achten. Da in den VDE-Bestimmungen keine Regelung für die Energieversorgung vom Elektrizitätsunternehmen (EVU) vorgesehen ist, sind mit dem EVU entsprechend der Netzkonfiguration Maßnahmen wie zweite Einspeisung etc. abzustimmen.

Die rasante Entwicklung in der Medizintechnik - als Beipiele nenne ich die jüngsten Entwicklungen in der Computertomographie, Kernspintomographie, Nierenlithotripsie und Laserchirurgie - verlangt eine ausreichende Reserve bei der Planung der Elektroanlagen.

Um bei den ständigen Veränderungen und Erweiterungen des elektrischen Netzes eine Beurteilung über die vorhandene Leistungskapazität abgeben zu können, ist es dringend erforderlich, in den Schwerpunkten der Verteilungen ausreichend BimetallSchleppzeigerinstrumente einzubauen. Dieses gilt vor allem für die AEV- und BEV-Notstromanlagen.

Bei der Abnahme und Übernahme neu erstellter Elektroanlagen sind vom Lieferanten Schaltungsunterlagen zu liefern. Insbesondere müssen

- die Art und der Aufbau der Stromkreise (Verbrauchsstellen, Anzahl und Querschnitt der Leiter, Art der Kabel- und Leitungsverlegung),

- die zur Identifizierung der Schutz-, Trenn- und Schalteinrichtungen erforderlichen Endbuchstaben bzw. Zählnummern sowie die Anordnung dieser Einrichtung,

- die Nennstromstärke der vorgesehenen Schutzeinrichtungen

aus den Schaltunterlagen ersichtlich sein.

Schaltpläne oder Tabellen und die verwendeten Schaltzeichen können den entsprechenden DIN-Normen entnommen werden.

Die vorgenannten Ausführungen sind eine unabdingbare Voraussetzung für den sicheren Betrieb der Elektroanlagen. Hierdurch werden auch die erforderlichen Instandhaltungsarbeiten auf ein Minimum im Umfang und an Zeitaufwand reduziert.

Der Betrieb von Starkstromanlagen, hierzu gehören auch die Instandhaltungsarbeiten, ist in der VDE-Bestimmung 0105 festgelegt.

In der VDE 0105 ist ebenfalls nachzulesen, welche Arbeitskräfte aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen besitzen sowie über entsprechende Kenntnisse der einschlägigen Normen verfügen, um die ihnen übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen zu können.

Zu den Instandhaltungsarbeiten gehören die wiederkehrenden Prüfungen. Prüffristen sind z. B. in den Verordnungen nach § 24 der Gewerbeordnung, in den Bauordnungen der Länder, in den Unfallverhütungsvorschriften der Unfallversicherungsträger und in der Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz festgelegt.

Die Instandhaltungsarbeiten an elektrischen Anlagen gliedern sich in einzelne Bereiche und sind wie folgt aufgeteilt:

1. EVU-Einspeisung und Trafostationen

   Die Stromversorgung der Krankenhäuser erfolgt in den meisten Fällen vom EVU über eine Mittelspannungsversorgung 10 bis 30 KV. Über krankenhauseigene Transformatoren erfolgt dann die Stromversorgung der einzelnen Krankenhausbereiche mit 380/220 Volt.

   Diese EVU-Einspeisungen und Trafostationen sind zwar relativ betriebssicher, tritt jedoch eine Störung auf, ist der gesamte Krankenhausbereich betroffen.

In allen Elektroanlagen entsteht durch die Stromverteilung Wärme. Durch die Thermik werden Dreck und Staub angezogen. Eine regelmäßige Reinigung der Elektroanlagen ist deshalb auch aus Sicherheitsgründen erforderlich, z. B. Überschläge bei hoher Luftfeuchtigkeit.

Folgende regelmäßige Prüfungen sind unerläßlich:

Prüfung der Überwachungseinrichtungen für Transformatoren, z. B. Buchholzschutz, Temperaturmeldung und Kühlung.

Prüfung der Schutzrelais einschließlich Auslösung der Leistungsschalter.

Anmerkung:
Nach jedem Kurzschluß ist eine Überprüfung der Leistungsschalter und Schutzrelais vorzunehmen.

Zu den laufenden Arbeiten gehören die Sichtkontrolle des Anlagenzustandes, z. B. der Mittelspannungsendverschlüsse auf ausreichenden Massestand der Sichtschläuche, der Belüftungsanlagen und Prüfung der Feuerlöscher sowie das regelmäßige Erfassen der Trafobelastung durch Notieren der Bimetallschleppzeigerinstrumente.

Diese Arbeiten erfordern besondere Meßgeräte sowie spezielle Kenntnisse und Erfahrungen, über die der normale Krankenhaus-Elektriker nicht verfügt.

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen besitzen auf diesem Gebiet jahrzehntelange Erfahrungen. Es ist zweckmäßig, mit dem EVU den Überwachungsturnus festzulegen und entweder die Arbeiten vom EVU oder einer entsprechenden Fachfirma durchführen zu lassen.

Die Beistellung eines hauseigenen Elektrikers für diese Wartungs- oder Instandhaltungsarbeiten ist eine Selbstverständlichkeit, um im Notfall auch über das erforderliche Fachwissen zu verfügen.

2. Allgemeine Ersatzstromversorgung (AEV) und besondere Ersatzstromversorgung (BEV)

Eine regelmäßige Wartung der Notstromanlagen ist dringend erforderlich, damit im Notstromfall diese Anlagen auch funktionsfähig sind. Die in der VDE 0107 und VDE 0108 angegebenen Prüfungen stellen ein Minimum dar und sind keinesfalls ausreichend.

Die Bedienungs- und Wartungsanleitungen der Hersteller müssen bei den Anlagen ausgehängt werden. Hierzu gehören natürlich auch die geforderten Verteilungsschemas und Installationspläne.

Außer den monatlichen Funktionsprüfungen mit 50 % Last sind weitere Zustandsprüfungen erforderlich:

a) Dynamische Stromerzeuger
Prüfung der Kühleinrichtung, Kraftstoffversorgung, Kupplung, Keilriemen, Filter, Dichtungen und Starteinrichtung.

In der Wartungsanleitung der Hersteller steht meistens bei Dieselnotstromaggregaten: Ölwechsel nach 500 Betriebsstunden oder halbjährlich. Da die Dieselaggregate in der Regel im halben Jahr höchstens 6 Stunden Probebetrieb gelaufen sind, ist danach ein Ölwechsel noch nicht erforderlich. Mit dem Hersteller ist daher eine Vereinbarung zu treffen, daß das Motorenöl halbjährlich durch den Hersteller geprüft wird und dann gegebenenfalls bei Bedarf ein Ölwechsel vorgenommen wird. Hierbei können dann auch die Garantieansprüche aufrecht erhalten werden, ohne daß halbjährlich ein sehr kostspieliger Ölwechsel durchgeführt werden muß.

b) Statische Stromerzeuger
Hierbei sind besonders Prüfungen an den Batterien vorzunehmen: Elektrolytspiegel, Dichte, Laugenwechsel, Zellenspannung, Ausgleichsladung, Erhaltungsladestrom und Kapazität.

Bei allen Notstromanlagen sind selbstverständlich in den Schaltanlagen auch die Kontakte, Zeitglieder, Sicherungen und Meldeeinrichtungen zu prüfen. Dabei ist zusätzlich die Wartungsanleitung des Herstellers zu beachten.

Mit den Herstellern der Notstromanlagen ist zu vereinbaren, welche Wartungs- und Prüfarbeiten mit eigenem Personal durchgeführt werden und welche Arbeiten durch die Herstellerfirma erbracht werden müssen.

Über die Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten sind Prüfbücher zu führen.

Es ist sehr zu empfehlen, alle ein bis zwei Jahre durch einen gezielten Blackout die Notstromanlagen einschließlich der Verbraucher zu testen. Hierbei wird erkannt, welche Konsequenzen ein längerer Stromausfall des EVU's auf den Krankenhausbetrieb hat. Eine Abstimmung mit den Ärzten und der Verwaltung ist bei diesem Blackout selbstverständlich erforderlich.

3. Medizinisch genutzte Räume

Für den ordnungsgemäßen Betrieb und die wiederkehrenden Prüfungen der elektrischen Anlagen und als Nachweis durchgeführter Erstprüfungen sind dem Betreiber vom Errichter die bereits vorerwähnten Schaltungsunterlagen zu übergeben. Hierzu gehören auch die Bedienungs- und Wartungsanleitungen, insbesondere nach der Verdingungsordnung für Bauleistung VOB/Teil C, nach DIN 18382.

Die Prüfungen der Elektroanlagen vor Inbetriebnahme sind entsprechend den Anforderungen von VDE 0100 durchzuführen. Zusätzliche Prüfungen vor Inbetriebnahme sind nach VDE 0107 durchzuführen. Hierzu gehören die Prüfungen der Widerstände der Schutz- und Potentialausgleichleiter sowie die Prüfungen der Isolationswächter und FI-Schutzschalter in den Räumen der Klasse 2E. Zu den 2E-Räumen gehören u.a. Operationssäle, Operationsaufwachräume, Intensiv-Untersuchungs- und -Behandlungsräume, Herzkatheterräume, Räume für radiologische Diagnostik und Therapie, Angiographie und Endoskopie.

Über die Erstprüfungen sind Prüfprotokolle mit den Ergebnissen aller Prüfungen mit Unterschrift und Firmenstempel anzufertigen.

Die Fristen für die wiederkehrenden Prüfungen sind in den bereits zuvor angegebenen Verordnungen und Bestimmungen festgelegt.

Auch diese Prüfungen sind in den Prüfprotokollen festzuhalten.

Für die Prüfung der medizinisch-technischen Geräte und Anlagen ist die Medizingeräteverordnung (MedGV) gültig, ab 1.1.1986 verbindlich.

4. Allgemeine elektrische Anlagen im Krankenhaus

Bei der Übergabe dieser elektrischen Anlagen sind vom Lieferanten die bereits erwähnten Schaltungsunterlagen zu liefern. Außerdem sind auch hier entsprechend den Vorschriften und Bestimmungen die Erstprüfungen mit den Meßergebnissen in Prüfprotokollen festzuhalten.

Für die folgenden Gebäude- und Anlagenarten gibt es u.a. noch weitere Verordnungen und Bestimmungen:

Hochhäuser, Versammlungsstätten, Großgaragen, Blitzschutzanlagen, Alarm- und Warnanlagen, Aufzug- und Förderanlagen, lüftungstechnische Anlagen. Hierbei sind außerdem die Betriebs- und Wartungsanleitungen der Hersteller zu beachten.

Bei allen elektrischen Anlagen ist regelmäßig eine Sichtkontrolle und Überprüfung der Warnanzeigen in den Schaltschränken durchzuführen. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Schaltungsunterlagen für den jeweiligen Bereich komplett vorhanden sind und Sauberkeit in den Anlagen herrscht.

In besonders gefährdeten Räumen, wie Wäscherei, Küche und explosionsgefährdeten Räumen, sind die Kontrollen häufiger durchzuführen. Außer den allgemeinen Kontrollen der Elektroanlagen sind z. B. bei den Elektromotoren für Klimaanlagen die Bürsten von Kollektormaschinen, die Keilriemen und die Laufgeräusche ständig entsprechend den Betriebsstunden zu kontrollieren.

5. Allgemeine Hinweise

Die Vielzahl der geltenden Vorschriften, Verordnungen und technischen Regeln für elektrische Anlagen im Krankenhaus erfordern ein sorgfältiges Instandhaltungsmanagement.

In größeren Krankenhäusern wird diese Aufgabe ohne EDV-Unterstützung nicht möglich sein. Hierbei werden auch die erforderlichen Prüffristen und Arbeitszeiten an den Anlagen erfaßt. Die benötigten Haushaltsmittel für den Einsatz von Fremdfirmen und der Lagerbedarf für ständig erforderliche Ersatzteile stehen zur Verfügung.

6. Schulung der Elektriker und des übrigen Krankenhauspersonals

Den Elektrikern sind die für ihre Arbeit geltenden Sicherheitsbestimmungen, Betriebsanordnungen und Arbeitsvorschriften bekanntzugeben, zu erläutern und deren Befolgung zur Pflicht zu machen. In regelmäßigen Zeitabständen, die den Betriebsverhältnissen angepaßt sind, ist dies zu wiederholen.

Zum Schutz des Personals und der Anlagen ist besonders auf die fünf Sicherheitsregeln bei Arbeiten an elektrischen Anlagen hinzuweisen:

- Freischalten der Anlage
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

Besondere Störungen an den Elektroanlagen sind mit dem gesamten Elektropersonal zu diskutieren, und ggf. müssen Änderungen in den Betriebsanordnungen durchgeführt werden.

Das übrige Krankenhauspersonal ist in regelmäßigen Abständen zu schulen. Das Personal muß ein Gefühl für die evtl. Gefahren durch defekte Kabel, Stecker und Geräte bekommen. Z.B. besteht bei einem übermäßig warmen Stecker die Gefahr, daß durch eine lockere Schraube ein Lichtbogen entsteht und in Kürze dieser Stecker verbrennt und größere Schäden entstehen. Bei einem defekten Kabel kann u.a. der Schutzleiter unterbrochen sein. Das Gerät funktioniert zwar noch, aber bei einem Isolationsfehler sprechen die Sicherungen und FI-Schalter nicht an.

In jedem Krankenhaus gibt es eine Reihe von defekten Steckern, Kabeln und Geräten. Im Unterricht können diese Teile als Anschauungsmaterial verwendet werden.

Diese Ausführungen sollen der verantwortlichen Krankenhausleitung einen Überblick über die erforderlichen Fachkräfte, die benötigten organisatorischen Hilfsmittel und die dafür bereitzustellenden Haushaltsmittel geben.

Werner Wawra
c/o Medizinische Hochschule Hannover

H. Becker Hanau

Praxis der Ersatzstromversorgung

In Krankenhäusern müssen die für einen zumindest eingeschränkten Normalbetrieb notwendigen Einrichtungen aus Ersatzstromquellen weiterbetrieben werden können. In den z.Zt. geltenden und den zu erwartenden Bestimmungen geht man dabei von einer Betriebsdauer von mindestens 24 Stunden aus.

1. Die Arten der Verbraucher

Die ersatzstromberechtigten Verbraucher werden in vier Gruppen unterteilt (siehe hierzu Tabelle 1):

- Verbraucher, die innerhalb von 15 s betriebsbereit sein müssen.
- Verbraucher die erst nach gesichertem Betrieb der Ersatzstromversorgung zugeschaltet werden müssen.
- Verbraucher, die besonderer Versorgungssicherheit bedürfen und innerhalb von 15 s betriebsbereit sein müssen (in Ausnahmefällen auch schneller).
- Operationsleuchten und vergleichbare Leuchten, die innerhalb von 0,5 s betriebsbereit sein müssen.

Durch diese Gruppierung ist es möglich, die Gesamtanlage sicherer und wirtschaftlich günstiger aufzubauen.

2. Die Arten der Ersatzstromversorgung

Nach den gegenwärtigen Bestimmungen werden folgende Arten der Ersatzstromversorgung unterchieden:

- die Allgemeine Ersatzstromversorgung AEV nach VDE 0108.
  Sie dient der Aufrechterhaltung des allgemeinen Krankenhausbetriebes. Üblicherweise wird sie in Betrieb gesetzt, wenn an der Übergabestelle des EVU, an Unterzentralen oder an Gebäudehauptverteilern die allgemeine Netzversorgung ausfällt.

- Die Besondere Ersatzstromversorgung BEV nach VDE 0107.
  Sie dient der Fortsetzung eines medizinischen Notbetriebes in Operationsräumen und vergleichbaren Räumen und in Intensivpflegeeinheiten.
  Sie wird in Betrieb gesetzt, wenn an dem Unterverteiler der zu versorgenden Räume die Spannung ausbleibt.

In den zu erwartenden Bestimmungen ist vorgesehen, anstelle einer BEV für die besonders sicherheitsbedürftigen Verbraucher - mit Ausnahme von Operationsleuchten - eine Doppelverkabelung von der ersten Einspeisestelle der AEV bis zum Unterverteiler der zu versorgenden Räume zu führen und dadurch auf eine BEV zu verzichten. Beide Lösungen bleiben aber zulässig.

Die Doppelverkabelung ist nur sinnvoll, wenn sie auf getrennten Trassen erfolgt, so daß durch ein Schadensereignis nicht die gesamte Versorgung ausfällt.

In vielen Fällen ist die BEV jedoch sicherer und wirtschaftlich günstiger. Das gilt vor allem in Fällen der Nachrüstung.

Für Operationsleuchten und vergleichbare Leuchten wird ohnehin auch in Zukunft eine BEV gefordert, zum einen wegen der sicheren Stromversorgung, zum anderen auch wegen der Umschaltzeit von max. 0,5 s.
Hierfür sollten jedoch mindestens Gruppenbatterien verwendet werden, damit im Falle von Störungen, Wartungs- und Reparaturarbeiten nicht alle Operationsleuchten gleichzeitig betroffen sind.

3. Die Bauarten der Ersatzstromerzeuger

Für die AEV kommen ausschließlich Verbrennungskraftmaschinen mit Dieselmotoren in Frage.
Für die BEV bieten sich folgende Lösungen an:

- Für Verbrauchergruppen bis ca. 30 kVA: batteriegestützte Anlagen als Kompakteinheiten entweder in statischer Ausführung mit Wechselrichtern oder als rotierende Umformersätze.
- Für größere Einheiten über 30 kVA: Dieselaggregate.

An Batterien für die Zwecke der BEV, einschließlich der OP-Lichtversorgung, sind besondere Anforderungen zu stellen an Lebensdauer, Wiederaufladbarkeit, Zahl der Entladungen, Zuverlässigkeit und dergleichen. Aus diesem Grund sind ausschließlich Bleibatterien der Typen GroE oder OPzS

oder Nickel-Cadmium-Batterien oder vergleichbare Typen zugelassen.

4. Der Leistungsbedarf

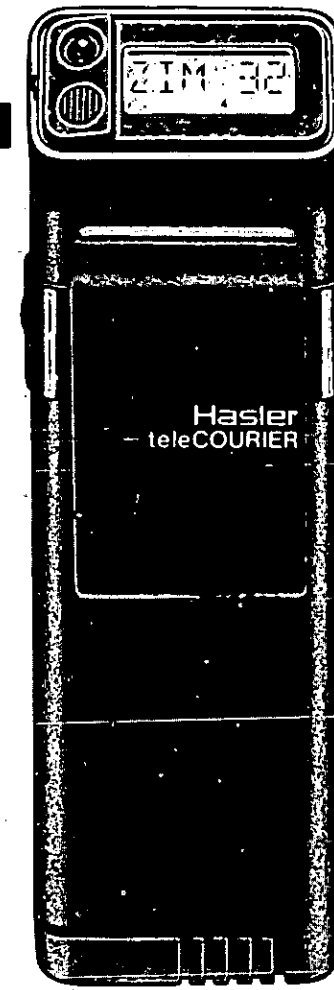
Zur Ermittlung des Leistungsbedarfs sollte eine Energiebilanz erstellt werden. Um eine Überwachung durchführen zu können, sollten Strom- oder Leistungsmesser mit Schleppanzeige in den wesentlichen Verzweigungen eingesetzt werden. In vielen Fällen ist die Ersatzstromversorgung durch den Lastzuwachs nicht mehr betriebsfähig. Bei der AEV läßt sich durch flexible Handhabung der in der ersten Ziffer genannten beiden Verbrauchergruppen oftmals eine Erleichterung erreichen, z. B. durch zeitverzögerte Motorschalter großer Verbraucher oder Verbrauchergruppen.

Im allgemeinen kann ein Ersatzstromerzeuger mit max. 80% seiner Nennleistung beaufschlagt werden. Die Spannung kann dann innerhalb von 0,5 s bis auf ± 3% der Nennspannung und die Frequenz innerhalb von 4 s auf ± 4% der Nennfrequenz ausgeregelt werden. Eine Ausregelung von 100% benötigt nochmals eine Zeit von ca. 5 s. Dann könnten die Umschaltzeiten von 15 s aber nicht mehr eingehalten werden.

Besondere Probleme bereiten die Anlaufströme von Aufzügen und Röntgengeräten. Bei den Röntgengeräten sollten solche für die Unfallaufnahme und Operationsräume Vorrang haben. Dagegen müssen alle Personenaufzüge weiter betrieben werden, Bettenaufzüge vorrangig, andere zeitlich gestaffelt. Es wäre falsch, nur einzelne Aufzüge weiter zu betreiben, weil dann im Notfall eine Evakuierung des Gebäudes behindert oder verzögert würde.

Auch Batterieanlagen sollten mit einer gewissen Reserveleistung ausgelegt werden. Wegen der hohen Kosten ist hier aber eine sorgfältige Planung notwendig.

Draht-los auf Draht.



Hasler

Hasler GmbH · Roggensteiner Str. 19,
8037 Olching · Telefon: 08142/1791
Telex 527955 hasd
Teletex 8/4283 00 haslerd

Damit etwas geschieht, bevor etwas passiert, informiert Sie die Hasler teleCOURIER Personensuchanlage sofort: alphanumerisch, mit 4 Speichern und 2-Ton-Alarmruf. Fordern Sie unseren Prospekt an! **Klare Information.**

5. Praktische Hinweise für die Dimensionierung und die Installation

Ein Ersatzstromerzeuger muß den für die Abschaltung der größten nachgeordneten Sicherungen notwendigen Dauerkurzschlußstrom liefern. Das wird leider allzuoft übersehen. Im Schadensfall schaltet der Stromerzeuger ab, so daß überhaupt keine Verbraucher mehr weiter betreibbar sind. Bei der Beschaffung müssen deshalb dem Hersteller die notwendigen Angaben gemacht werden. Dazu gehören noch Höhe und Dauer der Anlaufströme von Verbrauchern, die größten Einzellasten und dergleichen. Bereits bei der Planung muß ohnehin die selektive Abschaltung im Verbraucher- und Verteilernetz errechnet werden. Die dabei gewonnenen Kennlinien sind mit den Daten der Ersatzstromerzeuger abzustimmen. Es kann notwendig werden, z.B. Verbrennungskraftmaschinen mit höherer Schwungmasse auszurüsten oder ganz allgemein die Stromerzeuger überzudimensionieren. Eine grobe Richtschnur mag sein, daß der Ausgangsstrom mindestens das dreifache des Nennstroms der größten nachgeschalteten Sicherung betragen muß.
Ein Ersatzstromerzeuger muß auch noch bei einer Schieflast von 100% betriebssicher sein, damit bei Ausfall einer Phase auch noch die Wechselstromverbraucher in den anderen Phasen weiter betrieben werden können. Ein Spannungsanstieg darf dabei nicht erfolgen.

Für eine Geräte-BEV werden die Leistungsmaßstäbe durch die Schutzleitungssysteme in den Anwendungsgruppen 2 E geprägt. An diese,wie vor allem aber auch an die Transformatoren im Schutzleitungssystem sind deshalb besondere Anforderungen zu stellen.

Wenn irgend möglich muß die Verkabelung in den besonders sicherheitsstrombedürftigen Anlagenteilen, also den IT-Netzen in den Anwendungsgruppen 2 E und den zugehörigen Ersatzstromerzeugern kurzschluß- und erdschlußsicher verlegt werden. Dann dürfen in diesen Zweigen Überstromschutz-

einrichtungen nicht verwendet werden.

6. Prüfungen vor der Inbetriebnahme

Empfehlenswert ist in jedem Fall eine Vorabnahme im Herstellerwerk mit den Prüfkriterien der DIN 6280 und auch den Anforderungen nach VDE 0107. Dort sollte auch eine Kurzschlußprüfung durchgeführt werden, bei batteriegestützten Anlagen am Ende der vorgesehenen Entladedauer. Auch das Ausregel- und Lastverhalten, Temperaturen und dergleichen lassen sich beim Hersteller prüfen, weil das Verbrauchernetz meist simuliert werden kann. Damit kann man sich teure Lastprüfungen an Ort und Stelle ersparen.

In den betriebsfertig errichteten Anlagen sind dann aber auf jeden Fall alle Schaltfunktionen zu prüfen.

7. Regelmäßige Prüfungen

Mindestens einmal im Monat sind Ersatzstromanlagen mit mindestens 50% ihrer Nennlast einer Prüfung zu unterziehen. Für dynamische Stromerzeuger soll diese Prüfung mindestens 1 Stunde und für statische Stromerzeuger mindestens 15 Minuten dauern.

Diese Prüfungen beschränken sich im allgemeinen auf die optische und akustische Überprüfung und das Durchgehen von Schaltfunktionen. Sinnvollerweise sollte hier aber in jedem Fall ein realistischer Stromausfall der Netzversorgung simuliert werden. Gerade das aber unterbleibt oft, weil das elektro-technische Bedienpersonal alle automatischen Schalteinrichtungen wieder bedienen muß. Die Folge ist, daß Verbrennungskraftmaschinen "versauern", weil die Beharrungs-

temperatur der Maschine nicht erreicht wird. Abhilfe bringt eine Überlappungssynchronisation mit dem EVU-Netz. Für den Fall, daß die Ersatzstromversorgung dezentral erfolgt, empfiehlt sich ohnehin ein Synchronbetrieb. Dieser Maßnahme kommt im praktischen Betrieb allerdings nur Bedeutung bei sektoralen Störungen zu. Die Kurzschlußverhältnisse sind dann vorher nicht berechenbar.

8. Wartungen

Ersatzstronerzeuger und ihre Schalteinrichtungen müssen stets in ordnungsgemäßem Zustand gehalten werden. Das Betriebspersonal ist damit zumeist überfordert. Es ist deshalb anzuraten, Wartungsverträge mit den Herstellern abzuschließen. Für diese und die monatlichen Maßnahmen kann die Tabelle 2 Hinweise geben.

9. Der praktische Betrieb

Außer im Probebetrieb werden die Ersatzstromanlagen nur selten im tatsächlichen Einsatz benötigt.
Im großen Durchschnitt kann mit ca. 2,4 Ausfällen der Mittelspannungsversorgung im Jahr gerechnet werden.
Besondere Probleme bereiten dann möglicherweise die Netzwischer bei Leistungsschaltern mit Federaufzug. Hier können besondere Maßnahmen in der Steuerung notwendig werden.
Die Zahl der sektoralen Ausfälle ist in den verschiedenen Krankenhäusern sehr unterschiedlich und hängt im wesentlichen vom Aufbau des Verteilernetzes ab. Die Versorgungssicherheit kann im praktischen Betrieb nachträglich erhöht werden, falls Kabel auszuwechseln oder zu verstärken sind, gleichgültig aus welcher Veranlassung. Dann sollten zu-

sätzliche Kabel auf getrennter Trasse verlegt werden. Es kann gegebenenfalls an der Gebäudeaußenseite erfolgen, wenn die Nachrüstung in bestehenden Bereichen Schwierigkeiten bereitet.

Der praktische Einsatz der AEV kann bei Eingriffen in das Verteilersystem, vor allem in die Hauptverteilung, erforderlich werden. Für solche Fälle empfiehlt sich die Installation einer außenliegenden "Feuerwehreinspeisung" in der Nähe der Hauptverteilung.

Ein Abfahren der Lastspitzen bedarf einer Vereinbarung mit dem zuständigen EVU. Eine Nachrüstung der technischen Einrichtungen ist oftmals nicht mehr möglich. Dies kann aber die günstigere Maßnahme sein, wenn zeitlich begrenzte Lesitungen zusätzlich zum Normalbedarf anfallen.

Wenn der Treibstoffvorrat für einen Dauerbetrieb nicht ausreichen sollte, kann Heizöl für die AEV verwendet werden, wenn dafür vorher eine entsprechende Rohrverbindung geschaffen wurde. Falls die Steuervergünstigung für Treibstoffe für den Netzersatzbetrieb in Anspruch genommen werden soll, muß zuvor eine Vereinbarung mit dem zuständigen Zollamt getroffen worden sein und möglicherweise auch eine Zähleinrichtung vorhanden sein.

Die Prüfung des Schmierölstandes in den Dieselmotoren sollte bei laufender Maschine möglich sein, ebenso die Handverstellung für Lüftungsjalousien oder der Eingriff auf sonstige Hilfsantriebe.

Jegliche Ersatzstromeinrichtung ist lediglich für den Notfall gedacht, also einen zeitlich begrenzten Einsatz für die notwendigsten Einrichtungen, aber auch mit absoluter Zuverlässigkeit.

Dipl.Ing. Heinz Becker, Breslauer Str. 5, 6450 Hanau /Main

Tabelle 1

I. Verbraucher, die innerhalb 15 Sek. betriebsbereit sein müssen:

1. die Beleuchtung der inneren und ggfs. der äußeren Verkehrswege mit mindestens 1 lx.
2. Die beleuchteten Schilder der Rettungswege.
3. Die Beleuchtung der Räume für Pflege, Untersuchung und Behandlung von Kranken mit mindestens 1 Leuchte.
4. Die vollständige Allgemeinbeleuchtung in Räumen der Anwendungsgruppe 2E.
5. Die Beleuchtung notwendiger Betriebsräume mit mindestens 1 Leuchte.
6. Arbeitsplätze mit erhöhten Unfallgefahren mit mindestens 10% der normalen Beleuchtungsstärke, jedoch mit mindestens 15 lx.
7. Unerläßliche medizinische Geräte und Laboratoriumseinrichtungen.
8. Die medizinische Gasversorgung und deren Überwachungseinrichtungen.
9. Alle Verbraucher in Räumen der Anwendungsgruppe 2E.
10. Die Evakuierung von Aufzügen
11. Sonstige Sicherheitstechnische Einrichtungen

II. Verbraucher, die nach gesichertem Betrieb zugeschaltet werden müssen:

12. Feuerwehraufzüge, Bettenaufzüge und Aufzüge für die Evakuierung des Gebäudes.

Tabelle 1

13. Feuerlösch- und Entrauchungsanlagen
Ladeeinrichtungen von Akkumulatoren für verschiedene Zwecke

14. Haustechnische Anlagen

15. Kühlanlagen für Lebensmittel, Medikamente und Leichen.

16. Kocheinrichtungen für die Notversorgung der Patienten.

17. Notwendige Sterilisationsgeräte

III. Verbraucher die besonderer Sicherheit bedürfen:

18. Lebenserhaltende Geräte, z. B. für die Beatmung, Blutstillung, Reanimation oder die Aufrechterhaltung sonstiger Körperfunktionen innerhalb von 15. Sek., in Einzelfällen ggfs. auch in kürzerer Zeit.

IV. Verbraucher, die sofort weiter zu betreiben sind:

19. Operationsleuchten und vergleichbare Leuchten innerhalb von 0,5 Sek.

Prüfungen der Ersatzstromversorgung

Art der Prüfung	Vor Inbetriebnahme nach Änderungen u. Instandsetzungen	Während des Betriebes monatlich	jährlich	alle 2 Jahre
Funktionsprüfung Stromerzeuger, Stromrichter, Schaltanlagen				
unter Last 50% dynamisch 1 h				
statische 15 min.	E	B	F	
Meldeeinrichtungen:	E	B	F	
Schaltanlagen:	E	B	F	
Kurzschlußprüfung an Ende der Betriebszeit (stat.)				
Regelverhalten	E			F
Zustandsprüfungen				
a) dynamische Stromerzeuger				
Kühlungseinrichtung	E			F
Kraftstoffversorgung, Kerzen pp.	E	B		F
Schmierung, Dichtungen	E	B		F
Kupplung, Keilriemen	E	B		F
Filter und Starteinrichtung		B		F
b) statische Stromerzeuger u. rotierende Umformer				
Elektrolytspiegel, Dichte	E	B	F	
Gefäßreinigung NiCd	E	B		
Polklemmen-Reinigung		B	F	
erH. Elektrolyt		B		F/B
Zellenspannung 15 min. Nennlast	E	B	F	
Ausgleichsladung			F	
Kapazitätsprüfung	E		F	
Erhaltungsladestrom	E	B		
c) Schaltanlagen: Kontakte, Zeitglieder			B	F
Sicherungen,				
Meldeeinrichtungen		B		F

Zusätzliche Wartungsanleitung des Herstellers beachten!

E = Errichter
B = Betreiber
F = Fachmann/Hersteller

ANLAGE 2

WGKT-Studie: "Sichere Stromversorgung im Krankenhaus"
von O.ANNA, Hannover

Die moderne Medizin braucht technische Geräte, und sie braucht sie jederzeit, d. h., die Verfügbarkeit dieser Geräte und Anlagen muß sehr hoch sein.

Das bedeutet einerseits, daß die Geräte in gutem Zustand, also gewartet sein müssen, andererseits muß die nötige Energie zum Betreiben verfügbar sein, insbesondere elektrische Energie, mit der die meisten Geräte betrieben werden.

Die WGKT hat sich mit dem Teilaspekt der sicheren Stromversorgung medizintechnischer Geräte und technischer Anlagen im Krankenhaus, der die Verfügbarkeit dieser Geräte und Anlagen betrifft, befaßt, und ich habe die Ehre, Ihnen nachfolgend die Ergebnisse darzustellen.

Allgemeine Anforderungen an medizintechnische Geräte und technische Anlagen im Krankenhaus:
Die heutige Situation der Medizin erfordert aus ethischen und aus wirtschaftlichen Gründen eine hohe Verfügbarkeit medizintechnischer Geräte und technischer Anlagen im Krankenhaus.

Es geht nicht nur um die Horrorvision des Arztes, daß die Herz-Lungen-Maschine während der Operation stehenbleibt wegen Stromausfall oder die OP-Lampe erlischt, sondern es geht auch darum, daß die Aufzugsanlagen, die Patienten, Essen und Abfälle transportieren sowie Klimaanlagen, Wassererwärmungsanlagen, Kühlanlagen und sonstige unabdingbare Geräte in Betrieb gehalten werden, ohne die ein Krankenhausbetrieb nurmehr über Stunden denkbar ist.

Natürlich steht auch für uns die direkte Versorgung des Intensiv-Patienten bzw. seines lebenserhaltenden Gerätes mit elektrischer Energie im Vordergrund, aber dies ist insofern eine Besonderheit, als nur eine sehr kurze oder gar keine Ausfallzeit toleriert werden kann, während für technische Anlagen Ausfallzeiten von Sekunden,

Minuten oder Stundendauer tolerabel sind. Ein dauernder Ausfall, etwa bis zu einer Reparatur oder bis zur natürlichen Wiederkehr, kann in der Regel nicht verantwortet werden.

Wodurch sind die Anforderungen an die Versorgung, an die Verfügbarkeit der elektrischen Energieversorgung angestiegen?

In den letzen Jahren hat die Schwere des Patientengutes in den Krankenhäusern allgemein zugenommen. Patienten, die heute ohne weiteres in einem normalen Krankenhaus behandelt werden, wären vor 10 oder 20 Jahren als hoffnungslose Fälle überhaupt nicht mehr in das Krankenhaus gekommen und wären wohl akut verstorben. Dieser Fortschritt wurde ermöglicht durch intensivere Anwendung von technischen Einrichtungen, nicht nur von Medizintechnik sondern auch Krankenhaustechnik im Hintergrund, wie oben erwähnte, Versorgungsanlagen.

Dies hat wie in allen anderen Bereichen, z. B. auch in der normalen Haustechnik, Erhöhungen der installierten Leistungen gebracht, von denen wir vor 20 Jahren nur träumen konnten. Die installierten Leistungen in den Krankenhäusern sind in den letzten 20 Jahren um mehr als 200 % gestiegen, ohne daß wesentliche Konsequenzen aus Veränderungen bzgl. der Versorgung mit Notstromanlagen gezogen worden wären.

Als letzter, aber nicht unwichtiger Gesichtspunkt, ist die Verfügbarkeit auch aus wirtschaftlichen Gründen notwendig, denn nicht ausgeführte Operationen, Notmaßnahmen für Wäscherei, Abfallbeseitigung usw. kosten eine Menge Geld, die bei rechtzeitiger Einrichtung mit AEV-Anlagen und deren regelmäßiger Wartung nicht anfallen.

Insgesamt ist es heute unstrittig, daß ein Krankenhaus über eine geeignete Notstromversorgungsanlage verfügen muß, und wir unterscheiden entsprechend den VDE-Normen zwischen der AEV = Allgemeine Energieversorgung und BEV = Besondere Energieversorgung in Krankenhäusern. (neuer Sammelbegriff: Sicherheitsstromversorgung)

Für die große Leistung der haustechnischen Anlagen, die innerhalb von einigen Sekunden wieder zur Verfügung stehen muß, für Aufzugs-, Kälte-, Küchen-, Wäscherei-, Klimanlagen usw. ist eine AEV in der

Regel vorhanden, während die BEV eine sehr schnelle Wiederkehr der elektrischen Energie ermöglicht, die in der Regel unter einer Sekunde liegt. Oft werden unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen installiert.

Wie ist es zu der Studie der WGKT gekommen:

Allgemeine Erfahrungen unserer Mitglieder haben zur Anregung geführt diesen Gesamtkomplex ausführlich darzustellen, um allgemein einheitliche, ausreichende, jedoch nicht maximale Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Die oben angeführte Problematik ist schleichend an den Krankenhäusern vorbeigegangen:
Eine minimale Erhöhung der installierten Leistungen durch ein neues Gerät rechtfertigt noch nicht die Neuanschaffung eines zweiten Diesels oder einer zweiten BEV-Anlage, aber irgendwann wird, ohne daß dies besonders bemerkt wird, die Leistung überschritten und der nächste Notstromfall macht dann die Versäumnisse offenbar.

Weiterhin gibt es verschiedene Bauvorschriften in den verschiedenen Bundesländern, die zu unterschiedlichen Entwicklungen in der Ausstattung der Krankenhäuser mit Notstromamnlagen führen.

Darüberhinaus haben wir festgestellt, daß es an konkreten Vorschriften und Empfehlungen für die Leistung von AEV und BEV-Anlagen in Krankenhäusern mangelt. D. h., der Planer und das Entscheidungsgremium hat keinen Anhalt von fachkompetenter Stelle, in welchen Fällen welche Notstromleistung installiert werden soll.

So haben wir uns entschlossen, eine Befragung aller deutschen Krankenhäuser zu veranstalten, und haben zu diesem Zwecke einen Fragebogen ausgearbeitet, der eine ganze Reihe von Fragen an die Technischen Leiter deutscher Krankenhäuser stellte, die Aufschluß gerade über diesen Komplex der technischen Ausrüstung von Krankenhäusern geben sollen. Um die Größe und die Struktur des Krankenhauses beurteilen zu können, wurden nach der Bettenzahl, aufgeschlüsselt nach den Fachrichtungen, gefragt, sowie nach der installierten Leistung und der maximalen Leistung, die das Krankenhaus pro Tag in der Spitze verbraucht.

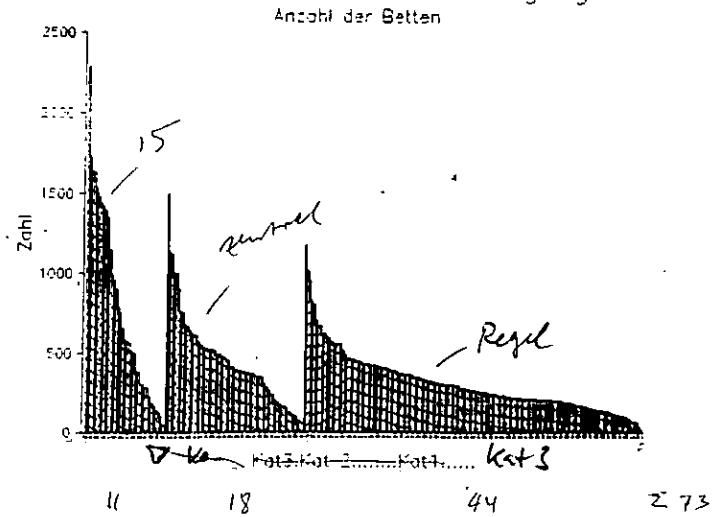
Zum technischen Teil wurden darüberhinaus Angaben über die vorhandenen AEV-Anlagen und BEV-Anlagen erbeten sowie Angaben über die Zahlen der Stromausfälle in den letzten 3 Jahren (1983 - 1985). Ergänzt wurde der Fragebogen durch einige Fragen zur organisatorischen Handhabung und wie der Technische Leiter die Zuverlässigkeit seiner Stromversorgung und seiner Notstrom-Anlagen generell und subjektiv einschätzt.

Die Auswertung geschah an zwei Stellen, im Institut für Biomedizinische Technik und Krankenhaustechnik der MHH durch Auswertung mit einem PC in Form einer Matrix und an der Universität Erlangen, im Institut für Energietechnik, Prof. Dr. Hosemann; er wertete die Angaben nach einigen anderen Kriterien, insbesondere auch nach den verschiedenen Bundesländern aus.

Im folgenden sind die Ergebnisse der Befragung zusammengefaßt:

Die Zahl der versandten Fragebogen betrug 3000. 313 Fragebogen wurden ausgefüllt zurückgegeben; davon waren 247 für die Auswertung brauchbar. Bei den anderen fehlten wesentliche Angaben, so daß die Unterlagen nicht benutzt werden konnten.

Abb. 1 WGKT-Studie Notstromversorgung

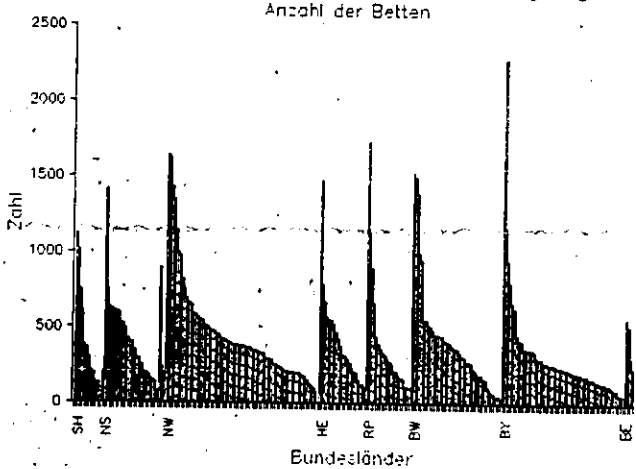


Von den Krankenhäusern, deren Zahlenmaterial auswertbar war, waren 78 von der Kategorie der Spitzenversorgung, davon 8 Universitätskliniken, 104 Krankenhäuser der Zentralversorgung, und weitere 88 waren Krankenhäuser der Kategorie 3 der Regelversorgung.

Das erste Bild zeigt die Verteilung der Anzahl der Betten auf die verschiedenen Kategorien Spitzenversorgung, Zentralversorgung, Regelversorgung.

Das größte Krankenhaus, das an der Aktion teilgenommen hat, verfügt über 2300 Betten.

Abb. 2 WGKT–Studie : Notstromversorgung



Eine interessantere Aufteilung zeigt Bild 2: Anzahl der Betten, aufgezeichnet nach den Bundesländern und sortiert nach der Anzahl der Betten. Hier ergeben sich bei gleichem Sach-Inhalt große Unterschiede - wie man sieht: Die Spitzen werden von den Universitätskliniken gehalten, und man sieht, daß der Schwerpunkt der Krankenhäuser für die repräsentative Studie doch deutlich unter 500 Betten pro Haus liegt.

SIEMENS

Kein Blackout im O

Die Folgen eines Ausfalls der Stromerzeugung wären fatal. Besonders die neuesten Geräte für Diagnose und Therapie sind auf die immer sensiblere Elektronik angewiesen.

Die Qualität der Stromversorgung ist hier entscheidend: Absolut konstante Spannung, ohne Störungen aus der Steckdose – auch wenn mal irgendwo ein Kabel beschädigt wird oder die Netzeinspeisung kurzzeitig ausfällt.
Hier sind auch die Notstromaggregate machtlos – hier hilft nur ein Stromlieferant, der möglichst kurze und eigene Wege geht und absolut zuverlässig immer zur Verfügung steht: die „Besondere Ersatzstromversorgung" (BEV).

Eine Anlage, die nicht erst im Notfall Strom erzeugen muß, sondern bereits gespeicherte Energie sofort abgeben kann. – Vollautomatisch, ausreichend dimensioniert, zu jeder Zeit. Das ist optimale Vorsorge für Behandlungsablauf und maximaler Schutz vor lebensbedrohenden Störungen.

Das klinikeigene Notstromaggregat schützt die ganze Klinik bei längeren Ausfällen des externen Stromnetzes. Die BEV schützt die lebenserhaltenden Bereiche bei kurzen Netzausfällen und internen, hausgemachten Störungen.

Nähere Informationen?
Gern. Bitte wenden Sie sich an:

Siemens AG, Abt. E483
Postfach 3240,
D-8520 Erlangen
Tel. (09131) 7-27318
Fernschr. 62921-512 si d
ttx 9131812 sieerl

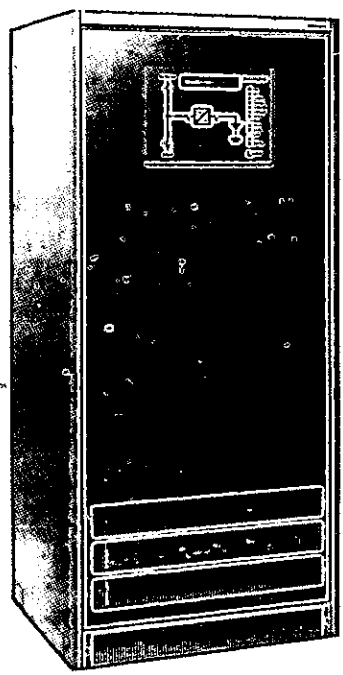
Sichere und konstante Stromversorgung durch BEV-Anlagen von Siemens.

A19100-E483-Z523-V1

Sichere und konstante Stromversorgung durch BEV-Anlagen von Siemens.

Siemens-BEV-Anlagen sind mit statischen Geräten bestückt und haben deshalb ein hohes Maß an Wartungsfreiheit, arbeiten umweltfreundlich und sicher, erzeugen keine Erschütterungen, sind geräuscharm und benötigen keine Fundamente.

Diese umweltfreundlichen Eigenschaften ermöglichen eine Aufstellung der Anlagen in der Nähe des Verbrauchers, z.B. in Räumen, welche auf dem gleichen Flur des OP bzw. der Intensivstation liegen. Siemens-BEV-Anlagen halten die Leistung ständig abrufbereit zur Verfügung. Sie werden nach den neuesten VDE-Bestimmungen gebaut, entsprechen den Bestimmungen und Verordnungen der Funkentstörung nach Funkentstörgrad "N" gem. VDE 0875.



Der Stromrichter ist in moderner Schaltung aufgebaut und arbeitet mit Pulsbreitenmodulation. Für den Leistungsteil werden Hochleistungstransistoren verwendet. Die Taktfrequenz liegt um ein Vielfaches über der Grundfrequenz (Netzfrequenz). Damit ist der Eingriff der Regelung innerhalb einer Halbwelle mehrfach möglich.

Besondere Merkmale dieser Schaltungstechnik sind:

- Hohe Regeldynamik.
- Hoher Wirkungsgrad auch bei Teillast.
- Geringe Abmessungen.
- Geringes Gewicht.
- Niedriger Geräuschpegel.

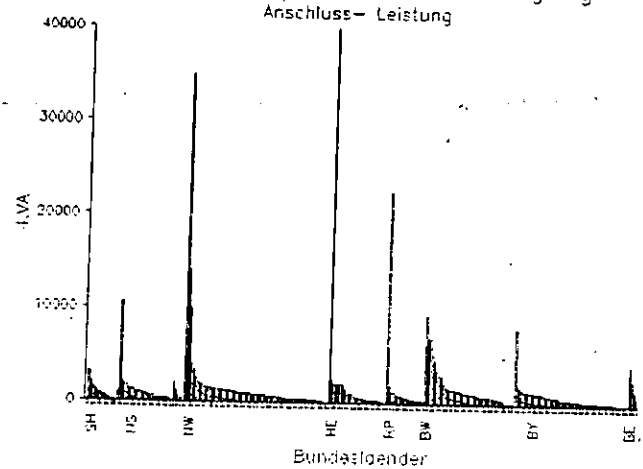
Durch besondere Schaltungsauslegung liefert der Stromrichter bei Wechselrichterbetrieb den geforderten hohen Kurzschlußstrom.

Im Stromrichter sind alle Hilfseinrichtungen, die für den automatischen Betrieb der BEV-Anlage notwendig sind, eingebaut.

Der Betriebszustand der BEV-Anlage wird auf einem Blindschaltbild angezeigt.

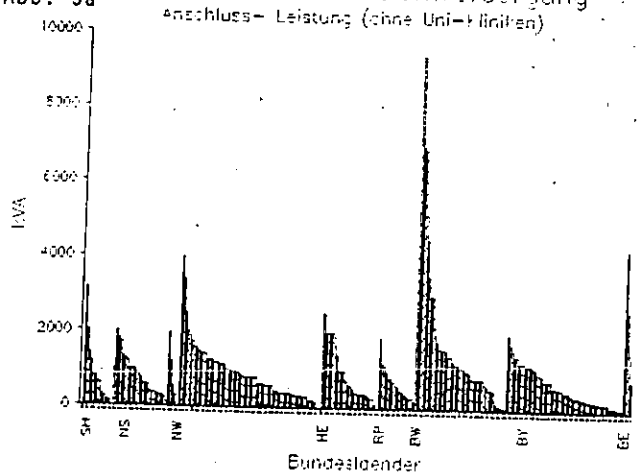
Für die Meßwertanzeige ist ein Digitalsystem mit Mikroprozessor eingesetzt. Die gewünschten Meßwerte können über Drucktasten im Blindschaltbild abgerufen werden. Die Anzeige erfolgt digital auf einem Display.

Abb. 3 WGKT-Studie: Notstromversorgung



Das Bild 3 zeigt die Anschlußleistung, d. h. die Summe der Leistung aller installierten Geräte für die Krankenhäuser wieder aufgegliedert nach Ländern und sortiert nach der Größe dieser Anschlußleistungen. Sie sehen, daß die Spitzen der Universitätskliniken sehr deutlich herausragen und die Beurteilung der übrigen Häuser, die ja die weit überwiegende Zahlen-Mehrzahl bilden, nicht mehr ermöglicht. Deswegen wurden für ein weiteres Bild die Universitätskrankenhäuser herausgenommen.

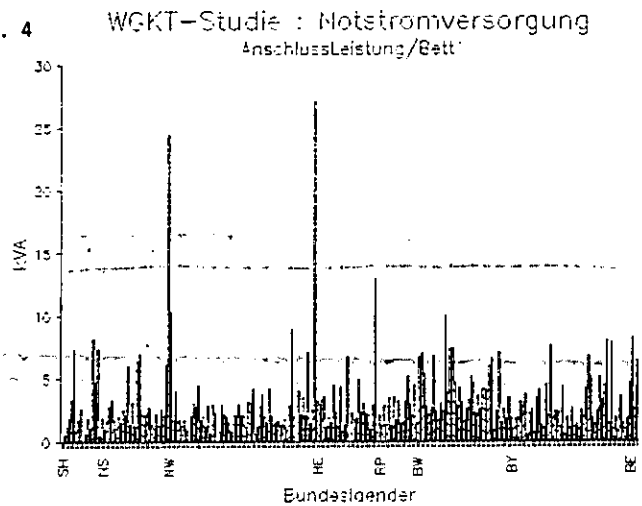
Abb. 3a WGKT-Studie: Notstromversorgung



Im Bild 3 a sehen wir die Anschlußleistungen der Krankenhäuser (ohne Universitätskliniken), die sich dann nur noch bis 10 MVA für das Spitzenhaus bewegen. Sie sehen, daß die weit überwiegende Zahl der Krankenhäuser sich bei 1000 bis 2000 kVA bewegt.

Einen noch deutlicheren Eindruck von der elektrischen Versorgung der Krankenhäuser gibt die Anschlußleistung pro Bett (siehe Bild 4 bzw. 5). Hier ergeben sich, abgesehen von den Spitzenhäusern, spezifische Leistungen im Bereich 3 - 5 kVA, in Einzelfällen bis 10 kVA.

Abb. 4



Zwei einzelne Häuser ragen mit 25 bzw. 28 kVA pro Bett heraus. Daraus kann der Schluß gezogen werden, daß nicht alle Universitätskliniken so hoch installiert sind wie diese beiden Spitzenhäuser.

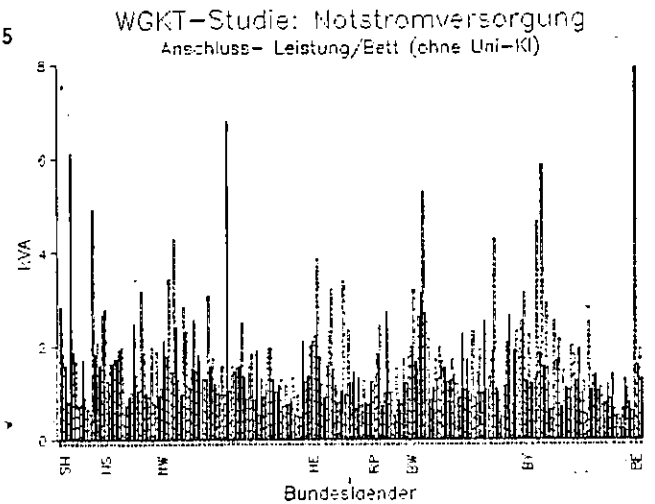
Bild 5 zeigt das gleiche Bild ohne die Universitätskliniken mit Leistungen bis bis zwischen 7 - 10 kVa pro Bett. Es zeigt sich, daß der wesentliche Teil auch hier bei 1 bis 2 kVA pro Bett liegt, ein Wert, der allgemein von den Planern zugrunde gelegt wird.

Einzelne Häuser ragen jedoch bis zu 6 und 7 kVA pro Bett heraus, wobei daran erinnert wird, daß hier Universitätskliniken unberück-

sichtigt bleiben.

Bei den Spitzenhäusern handelt es sich nicht um besonders herausragende Krankenhäuser. Im einzelnen muß noch noch untersucht werden, was die Ursachen für diese hohe Relativ-Leistung ist, jedoch bewegt sich der Wert normalerweise um 1 - 2 kVA pro Bett.

Abb. 5



Dasselbe Diagramm noch einmal unter Weglassung der Universitätskliniken: hier wird die Strukturierung der einzelnen Häuser und die statistischen Abweichungen deutlich. Die entsprechende Maximalleistung zeigen die Bilder 5 und 5a.

Eine besonders aufschlußreiche Ausrechnung ist durch den Quotienten gegeben, der sich aus der Division der Anschlußleistung durch die Maximalleistung ergibt, sozusagen der Wert der Ausnutzung der elektrischen Anlagen. (Bild 7)

Dieser bewegt sich von dem Faktor 1 bis zum Faktor 4, wobei bemerkt werden muß, daß der Faktor 1 eigentlich unrealistisch ist. Das würde bedeuten, daß sämtliche Anlagen rund um die Uhr betrieben werden. Es ist zu vermuten, daß die Begriffe Anschlußleistungen und Maximalleistungen vielleicht von den Bearbeitern der Fragebögen falsch verstanden worden sind. Wegen seines orientie-

renden Charakters werden Schlüsse aus diesem Bild nicht gezogen.

Abb. 5 a WGKT-Studie : Notstromversorgung

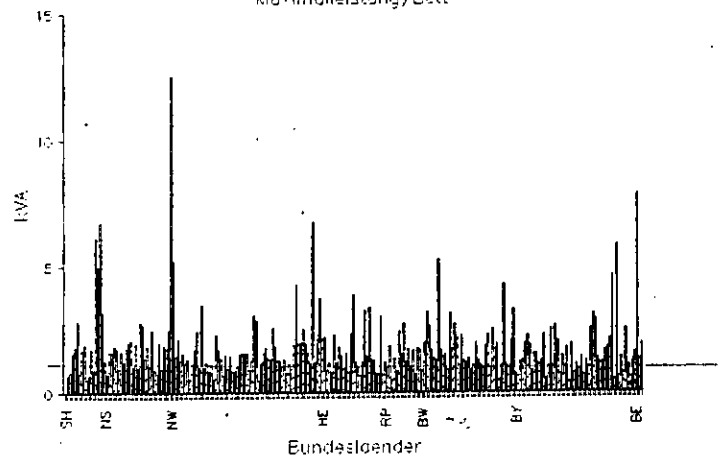


Abb. 6 WGKT-Studie: Notstromversorgung

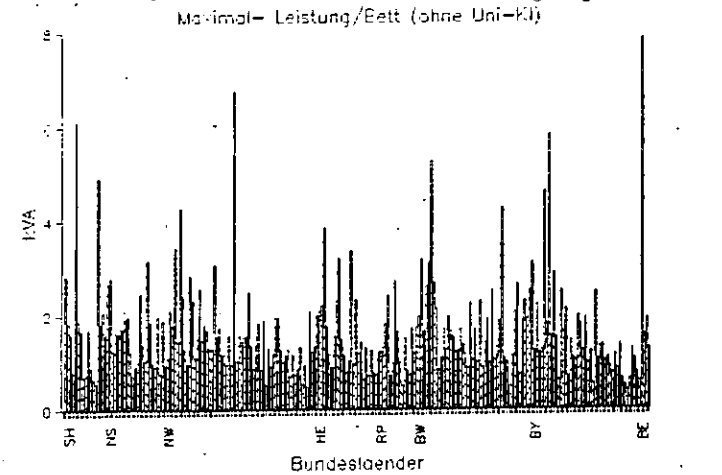
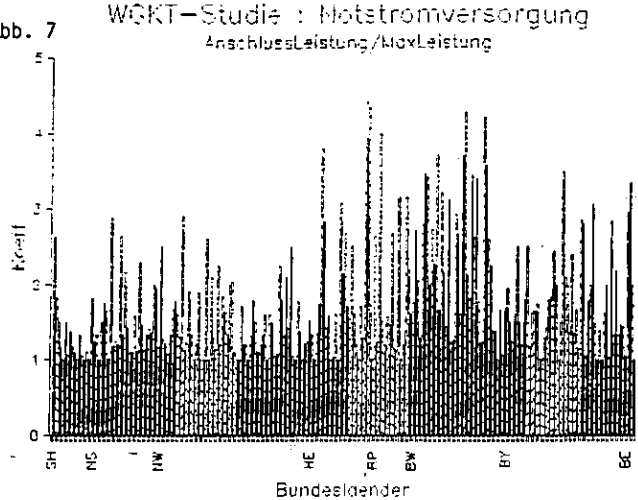


Abb. 7



Da es um die Notstromversorgung geht, ist die Frage der Zuverlässigkeit der Netzstromversorgung wichtig, die sich, wenn überhaupt, nur aus der Erfahrung der Technischen Leiter, untermauert durch Ausfallstatistiken, angeben läßt.

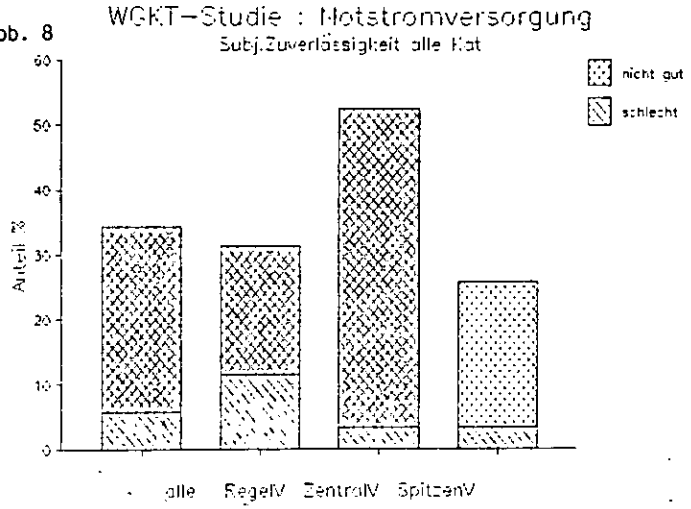
Bild 8 gibt eine zusammenfassende Beantwortung der Frage "Wie beurteilen Sie die Zuverlässigkeit der Versorgungseinrichtungen Ihres Krankenhauses?". Für die gesamten Krankenhäuser insgesamt (1.Block) und für die verschiedenen Kategorien Spitzenversorgung, Zentralversorgung, Regelversorgung in den Blocks 2, 3 und 4 ist erkennbar, daß nur ca. 65 % der Technischen Leiter die Zuverlässigkeit ihrer Anlage als "gut" bezeichnet. Der Rest - und das ist über alles ein Drittel - bezeichnet die Zuverlässigkeit ihrer elektrischen Versorgung als nicht gut bzw.schlecht.

Die Aufgliederung nach den verschiedenen Kategorien (Spitzen-, Zentral- und Regelversorgung) zeigt, daß im mittleren Bereich der Zentralversorgung die Beurteilung der Zuverlässigkeit deutlich besser ist als in den Häusern der Spitzen- und der Regelversorgung.

Wenn die Hälfte der verantwortlichen technischen Leiter die Zuverlässigkeit der Energieversorgung ihres Hauses als "schlecht" oder

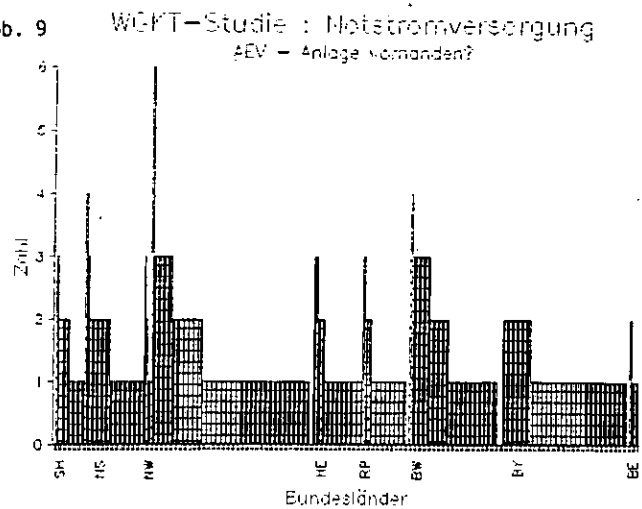
"nicht gut" bezeichnet, dann müßte es eigentlich an der Zeit sein, darüber nachzudenken.

Abb. 8



Auch vor dem Hintergrund der Beantwortung dieser Frage überrascht das Diagrammbild 9. Es zeigt nämlich, daß in fast allen Häusern mindestens eine AEV-Anlage vorhanden ist. Nur ganz wenige Häuser haben keine AEV-Anlage.

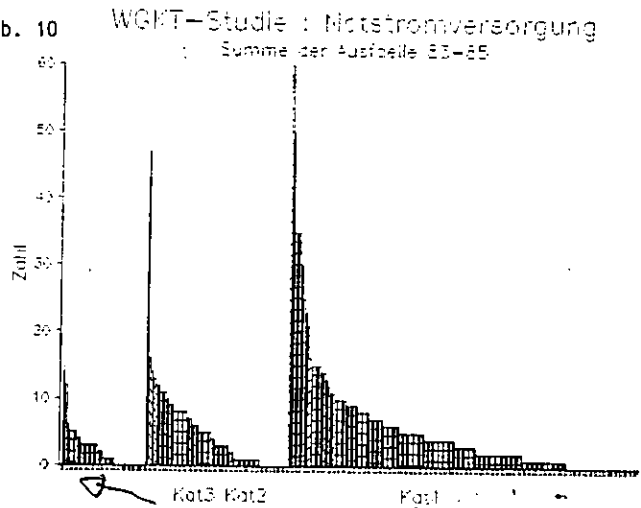
Abb. 9



Vor diesem Hintergrund ist es interessant, die Zahl der Ausfälle

in den Jahren 1983 -1985 zu betrachten. Das Bild 10 zeigt die Summenanzahl der Ausfälle in den Jahren 83/85 für die verschiedenen Kategorien. Es zeigt sich, daß mit abnehmender Intensität der Versorgung die Zahl der Ausfälle stark ansteigt: Häuser der Spitzenversorgung haben deutlich weniger Ausfälle als Häuser der Zentralversorgung und solche der Regelversorgung, wobei einzelne Häuser herausragen, deren Bedingungen noch vielleicht im einzelnen mit den Beteiligten beleuchtet werden müssen.

Abb. 10



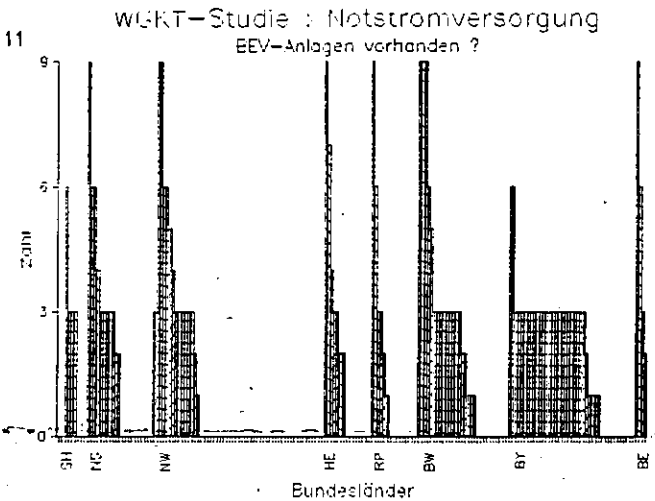
So bringen es die Häuser der Zentralversorgung im Maximum auf 48 Ausfälle und das "unzuverlässigste" Haus der Regelversorgung hatte 1983 - 1985 in der Summe 60 Ausfälle. Dieses sind intolerable Verhältnisse.

Den Ursachen dieser hohen Anzahl von Ausfällen muß nachgegangen werden.

Wie eingangs ausgeführt, bestehen vom Zeitablauf eines solchen Notstromfalls her verschiedene Bedürfnisse nach Notstromanlagen,

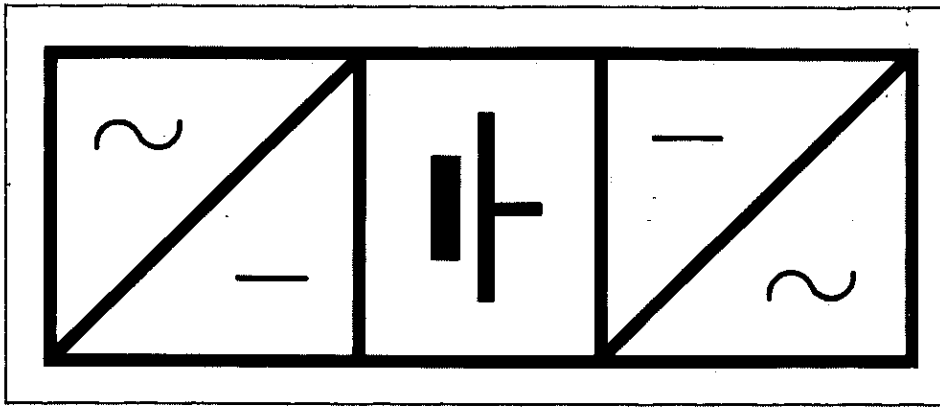
und es erhebt sich die Frage, wie mit den BEV-Anlagen, die im wesentlichen den OP- und Intensivbereich sehr schnell mit Energie im Notstromfall versorgen, bestellt ist. Zu diesem Zwecke wurden die Krankenhäuser herausgesucht, die über Intensivbetten verfügen. Andere wurden aussortiert. Aus diesen Krankenhäusern wurde die Anzahl der vorhandenen BEV-Anlagen aufgetragen. Es zeigt sich, daß BEV-Anlagen bei weitem nicht Standard in den deutschen Krankenhäusern sind. (Bild 11)

Abb. 11



Dies ist eine betrübliche und zum Nachdenken anregende Feststellung, daß Krankenhäuser Intensivstationen und OP's betreiben, ohne über eine geeignete Notstromeinrichtung zu verfügen.

Nicht nur hardwaremäßige Vorkehrungen sind notwendig, um die Sicherheit der Stromversorgung in Krankenhäusern zu gewährleisten, auch organisatorische Vorkehrungen sind notwendig, z. B. muß sich der Technische Leiter laufend darüber im klaren sein, wie die Maximalleistung sich entwickelt, die er im Notstromfall abzudecken hat. Dazu ist eine Prioritätenliste notwendig, die mit allen Beteiligten, insbesondere mit ärztlichem Personal, abgestimmt werden muß.



Wo sichere Stromversorgung „lebenswichtig" ist, können Sie sich auf AEG verlassen. Erst recht im Krankenhaus.

AEG installiert

Die Besondere Ersatzstromversorgung (BEV)

die für Operationsräume und Intensivstationen entsprechend VDE 0107 zwingend vorgeschrieben ist.
Gerade in diesen Krankenhausbereichen muß bei immer größerem Einsatz sensibler Technologie die Strombereitstellung absolut gesichert sein.

Daneben kommt der Informationsaufbereitung und -verarbeitung immer größere Bedeutung zu. Ohne Personalcomputer und Prozeßrechner ist heute eine effektive Patientenbetreuung nicht mehr denkbar.

Die Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)

von AEG übernimmt deshalb bei der

- zentralen Leittechnik im Energiebereich und der
- Organisationstechnik im Verwaltungsbereich

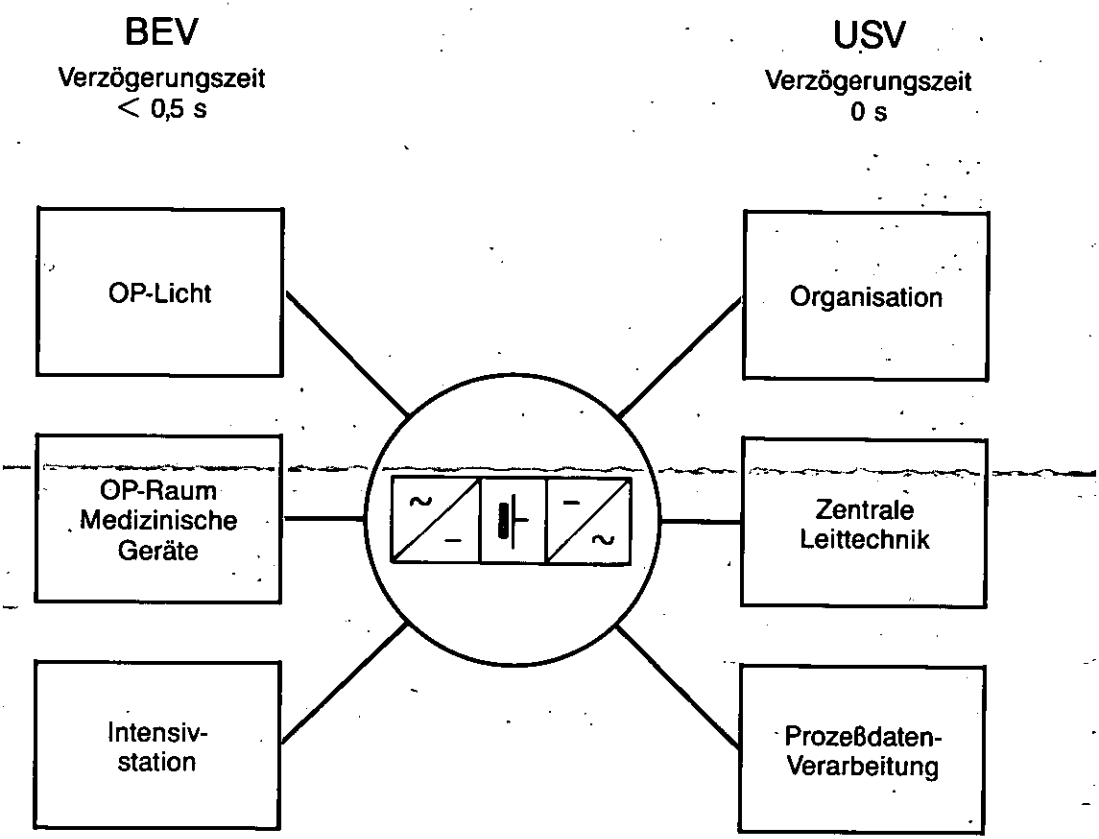
eine wichtige Schlüsselfunktion; denn auch kürzeste Unterbrechungen der Netzstromversorgung können hier unabsehbare Folgen haben:
Datenverluste, Geräteausfall, Programmkonfusion, Übermittlungsfehler.
Das ist mit einer lückenlosen Ersatzstromversorgung vermeidbar.
AEG liefert sie.

Fundierte technische Informationen zu diesem Themenkomplex vermittelt Ihnen unsere „Projektierungsunterlage für Krankenhausstromversorgung" (A512.15.702/0486) und „USV-Systeme Transopuls und Transobloc" (A512.5.707/0787), die wir Ihnen gern zusenden.

AEG Aktiengesellschaft
Industriekomponenten
Postfach 2160
D-4788 Warstein-Belecke
Telefon (02902) 763-0, Fax 763-680
Telex 84821

AEG

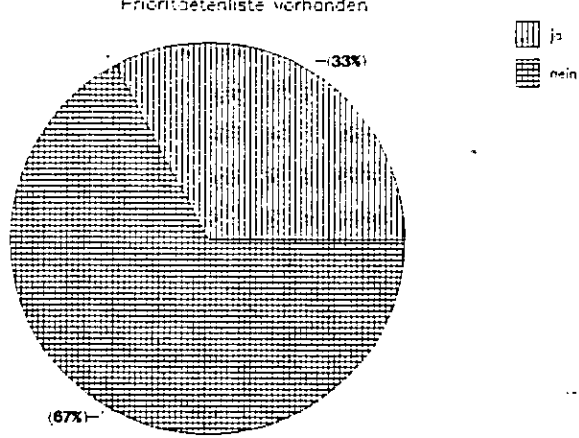
Sicherheitsstromversorgung im Krankenhaus mit bewährter Technik und fundierter Erfahrung von AEG



AEG Aktiengesellschaft
Industriekomponenten
Postfach 2160
D-4788 Warstein-Belecke
Telefon (02902) 763-0, Fax 763-680
Telex 84821

AEG

Abb. 12



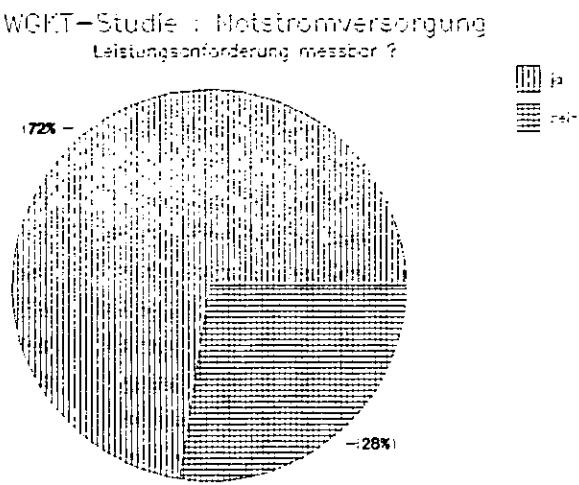
Unsere Frage, ob eine solche Prioritätenliste vorhanden ist, wurden von ca. 1/3 der Befragten mit "ja", von ca. 2/3 mit "nein" beantwortet. D. h., daß im Notstromfall die Priorität der Versorgung der einzelnen Bereiche nicht bekannt ist und von dem Zuständigen von Fall zu Fall und nach seiner eigenen Einschätzung, die u. U. auf mangelnder Information beruht, durchgeführt wird. (Bild 12)

Die notwendigen organisatorischen Vorkehrungen sind ohne große Kosten zu realisieren und eine der Voraussetzungen für den notwendigen Probebetrieb der vorhandenen Anlagen, um die Effektivität der vorhandenen Ausstattung, die - wie wir gesehen haben mindestens was AEV anbetrifft - überwiegend vorhanden ist, auch optimal einzusetzen.

Weitere Voraussetzungen, die eine geringe Aufwendung erfordert, ist die Messung der Leistungsanforderung, die als Tagesgang an das Krankenhaus gestellt wird und nach deren Maximum sich die Leistung der Notstromaggregate bemißt. Nicht ohne weiteres muß bei Überschreiten der Leistungsanforderung über den Notstrombedarf hinaus sofort ein neues Aggregat installiert werden. Oft genügt eine Information über die Notwendigkeiten und über den Einsatz von notstrombefechtigten

Geräten, um die fiktive Notstromleistung herunterzudrücken. Inwieweit diese Forderung erfüllt ist, zeigt Bild 13.

Abb. 13



Es ist häufig gemachte Erfahrung des Verfassers, daß irgendwelche Geräte aus Gewohnheit oder Gedankenlosigkeit in die notstrom-berechtigten Steckdosen gesteckt wurden.

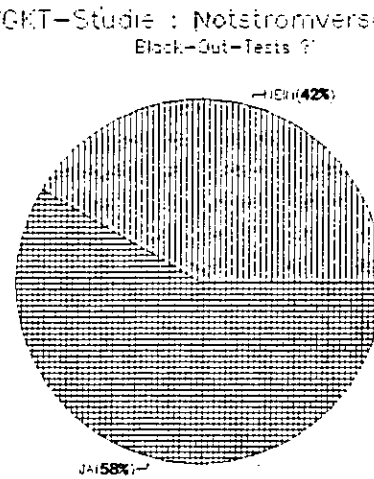
Die dauernde Überwachung der zu erwartenden Belastung der Notstrom-Systeme im Notstromfall ist eine Daueraufgabe für den verantwortlichen Techniker, aber auch für Ärzte und Pflegepersonal.

Nur bei dauernder Sicherstellung der Anpassung der Anforderung an die Möglichkeiten - sei es durch vernünftige Eingrenzung, sei es durch Erweiterung der Kapazität - stellt die Versorgung auch der letzten Position der Prioritätenliste sicher.

Hieraus entstehen dann auch präzise Unterlagen für Erweiterung und Ergänzung der Geräte und der Notstromkapazität.

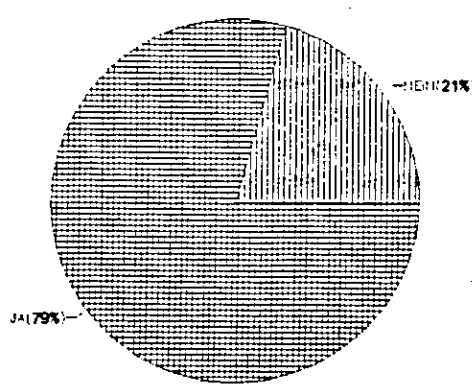
Die interessante Information, ob der geforderte regelmäßige monatliche Probebetrieb durchgeführt wurde, zeigt Bild 14 (Probebetrieb mit/ohne Ankündigung) Hierzu kein Kommentar.

Abb. 14



Organisatorische Schwächen zeigen diese letzten beiden Bilder: Black-out-Tests, d. h. "realistische Stromausfälle" werden simuliert, jedoch - und das ist wichtig - zu einem mindestens dem Management bekannten Zeitpunkt. Dieses wird sicherlich nicht zu einem sehr ungünstigen Zeitpunkt liegen.

Abb. 15



Jedoch machen nur 58 % der Krankenhäuser überhaupt die vorgeschriebenen Tests. Von denen, die den Test machen, kündigen 79 % den Test vorher an. Dies ist dann nur ein blasser Abglanz eines realen Notstromausfalls, da dann wichtige Erschwerungen wie Personalmangel, Unvorbereitetsein, Unkenntnis der normalen Situation, entfallen.

Dauernde Information ist notwendig, um das Personal zu motivieren und die Einsatzbereitschaft der Notstromaggregate zu gewährleisten.

Allgemein leitet die WGKT aus dieser Befragung folgende Empfehlung ab:

1. Eine allgemeine Ersatzstromversorgung müssen Krankenhäuser in aller Regel haben; es sei denn, sie haben besonders günstige Stromversorgungsverhältnisse, die sich anhand von geringen Ausfallzahlen in der Vergangenheit belegen lassen. Unbedingt notwendig sind allgemeine Ersatzstromversorgungen in Häusern, die schlechte Zuverlässigkeit der Stromversorgung haben, etwa weitab liegen, an empfindlichen und störungsanfälligen Kabeln oder deren andere Technik, z. B. Hochhaustechnik, zwingende Vorschriften über die Installation von allgemeinen Ersatzstromversorgungsanlagen haben.

2. Alle Krankenhäuser, die Intensivstationen und OP's betreiben, müssen eine BEV haben.

3. Die Leistung dieser Anlagen ergibt sich aus den durch Prioritätenliste festgelegten Gerätepark, der laufend in seiner Summenleistung überwacht und ggf. reduziert werden muß. Nur so können wahre und praktikable Angaben über die erforderliche Notstromleistung gemacht werden. Planungsdaten sind bei der Breite der Anwendung völlig unzureichende und allenfalls auf Schätzungen beruhende Angaben.

4. Wichtigstes Instrument der Zuverlässigkeit der Notstromversorgungen ist der Probebetrieb nach einer Prioritätenlisten möglichst ohne Ankündigung. Bei den Erfahrungen, die aus

den Probeläufen gezogen werden, können alle Beteiligten lernen und die Zuverlässigkeit ihrer elektrischen Versorgung unter Beweis stellen. Unzulänglichkeiten können so rechtzeitig verbessert werden, und es ist nicht notwendig aus Spontanausfällen zu lernen, die sich irgendwann bei geringer Personalbesetzung ereignen werden.

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Krankenhaustechnik hofft, daß sie damit einen Beitrag zur Klärung dieser Frage leistet und bedankt sich bei allen Krankenhäusern, die sich der nicht geringen Mühe der Ausfüllung dieser Fragebogen unterzogen haben, für ihre Mitwirkung. Allen Krankenhäusern, die geantwortet haben, wird eine Kopie dieses Vortrages zugesandt mit der Erklärung, daß im Einzelfall gerne die Daten mit dem Gesamtkollektiv verglichen und im einzelnen die Situation des Krankenhauses im Vergleich dargelegt werden kann.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr.-Ing. Otto ANNA
Institut für Biomed.Technik
und Krankenhaustechnik
Konstanty-Gutschow-Str. 8
Medizinische Hochschule
3000 Hannover 61

Schutzmaßnahmen in elektrischen Netzen

Hermann R. Menges, Heidelberg

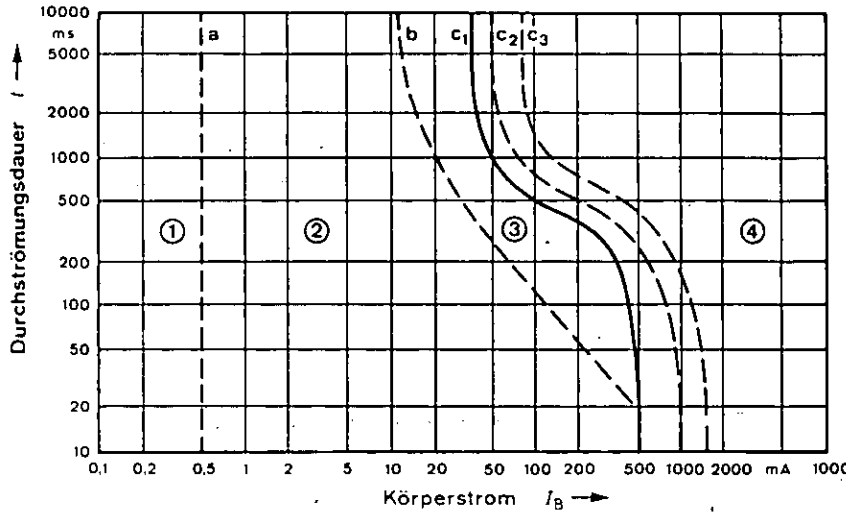
Mit der Anwendung der Elektroenergie zum Nutzen der Menschheit mußte man auch bald erkennen, daß beim Auftreten von Fehlern oder unsachgemäßer Handhabung Schäden verursacht werden können.

Zunächst ging es nur um den Schutz der elektrischen Anlage selbst. Man wollte vor zu hohem Strom schützen, sei es durch Überlastung oder Kurzschluß und installierte Sicherungen. Es folgte der Wunsch, auch Haus und Hof vor den Gefahren des elektrischen Stromes, z. B. Brandschäden, zu schützen. Ursprünglich dachte man nur an zu hohe Erwärmung an den Betriebsmitteln und an Lichtbögen die eine Brandgefahr bilden. Heute kann man auch vor der häufigsten Brandursache, dem Kriechstrom, Schutz bieten. Solche Kriechströme können bereits bei einer Leistung von nur 60 W, das sind bei 220 V 273 mA, Brände entzünden.

Letztendlich erkannte man Möglichkeiten, auch Menschen und Nutztier zu schützen. Hierzu mußte man die vom elektrischen Strom besonders gefährdeten Organe des Menschen und der Nutztiere kennenlernen und die Stromstärke, die diese negativ beeinflussen.

Im Report 479 der Internationalen Elektrotechnischen Kommission IEC, Teil 1, Figur 5, (2. Auflage 1984 bzw. 1985) wird die Wirkung von Wechselstrom 15 bis 100 Hz auf den Menschen dargestellt (Bild 1). Daraus ist zu entnehmen, daß das Herz schon bei so kleinen Stromstärken wie 40 mA ins Herzkammerflimmern geraten kann und die Nerven bereits bei 10 mA den Befehl zum Loslassen an die Hand nicht mehr sicher weiterleiten können. Aus diesen kritischen Strömen und dem elektrischen Widerstand des Menschen von ca. 1.000 Ohm leitete man die maximal dauernd zulässige Berührungsspannung von 50 V ab.

Diese Fakten bilden die Grundlage zu dem inzwischen umfangreichen Gebiet der Schutzmaßnahmen.



Bereich 1 in der Regel keine Reaktion

Bereich 2 in der Regel keine pathophysiologisch gefährliche Wirkung

Bereich 3 Übergangsbereich ohne feste Grenzen
In der Regel keine organischen Schäden; keine Gefahr von Herzkammerflimmern
Muskelreaktionen, Beschwerden bei der Atmung mit steigender Stromstärke und Einwirkungsdauer

Bereich 4 Herzkammerflimmern mit steigender Wahrscheinlichkeit (Kurve c2 Wahrscheinlichkeit kleiner als 5%; Kurve c3 Wahrscheinlichkeit kleiner als 50%)
Mit steigender Stromstärke und Einwirkungsdauer starke pathophysiologische Wirkungen, wie Herzstillstand, Atemstillstand und Verbrennungen. In bezug auf Herzkammerflimmern gelten die Kurven c1 bis c3 für Längsdurchströmung linke Hand-linker Fuß.
Bei Einwirkungsdauern unter 200 ms tritt Kammerflimmern nur in der vulnerablen Phase auf, wenn die Schwellenwerte überschritten werden.

Bild 1 Wirkungsbereiche für Wechselstrom 15 bis 100 Hz nach IEC-Report 479, Teil 1, Figur 5 (2. Auflage 1985)

Während nach den Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V VDE 0100/5.73 der Begriff "Schutzmaßnahmen" nur für die Maßnahmen zum Schutz gegen direktes und bei indirektem Berühren galt, wird dieselbe Bezeichnung heute in DIN VDE 0100 für die gesamte Gruppe 400 angewandt (siehe Beiblatt 2 zu DIN VDE 0100). Hierzu zählen vor allem die bisherigen Schutzmaßnahmen, die jetzt in DIN VDE 0100 Teil 410 erläutert werden und dort unter dem Titel "Schutz gegen gefährliche Körperströme" zusammgengefaßt sind.
Teil 420 trägt die Überschrift "Schutz gegen thermische Einflüsse" und im Teil 430 wird der Überstromschutz behandelt unter dem Titel "Schutz von Leitungen und Kabel gegen zu hohe Erwärmung".
Die weiteren im Entwurfstadium befindlichen Teile der Gruppe 400 "Schutzmaßnahmen" tragen folgende Überschriften:
Teil 443 "Schutz gegen Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse".
Teil 450 "Schutz bei Unterspannungen".
Teil 460 "Schutz durch Trennen und Schalten".
Teil 482 "Auswahl von Schutzmaßnahmen, Brandschutz".

1. Teil 410 "Schutz gegen gefährliche Körperströme"

Im Teil 410 wird auf Schutzklassen und Netzformen Bezug genommen. Nach VDE 0106 Teil 1/05.82 unterscheidet man folgende Schutzklassen:
Schutzklasse I: Anlagen mit Schutzleiteranschluß
Schutzklasse II: Schutzisolierte Anlagen
Schutzklasse III: Anlagen mit Schutzkleinspannung
Nach der VDE-Bestimmung 0100 Teil 300/11.85 wird zur einheitlichen Beschreibung von elektrischen Anlagen im Hinblick auf ihre sicherheitstechnische Konzeption ursprünglich nach 3 Netzformen unterschieden.
Es sind dies das TN-Netz das TT-Netz und das IT-Netz.
Die Schutzmaßnahmen, die Schutz gegen gefährliche Körperströme sowohl im Normalbetrieb als auch im Fehlerfall bieten, sind unter Abschnitt 4 - Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren - zusammengefaßt.

Hierzu zählen:
4.1 - Schutz durch Schutzkleinspannung -
4.2 - Schutz durch Begrenzung der Ladungsenergie -
4.3 - Schutz durch Funktionskleinspannung -
Unter
Abschnitt 5 - Schutz gegen direktes Berühren - sind aufgeführt:
5.1 - Schutz durch Isolierung aktiver Teile -
5.2 - Schutz durch Abdeckung oder Umhüllung -
5.3 - Schutz durch Hindernisse -
5.4 - Schutz durch Abstand -
5.5 - Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen -
Zu Abschnitt 6 - Schutz bei direktem Berühren - zählen:
6.1 - Schutz durch Abschaltung oder Meldung -
6.2 - Schutzisolierung -
6.3 - Schutz durch nichtleitende Räume -
6.4 - Schutz durch erdfreien, örtlichen Potentialausgleich -
6.5 - Schutztrennung -
Bei der Betrachtung der einzelnen Schutzmaßnahmen sollen zugunsten einer leichteren Verständigung nur die wesentlichsten Merkmale hervorgehoben werden.

1.1. Schutz durch Schutzkleinspannung

Schutzkleinspannung ist eine Schutzmaßnahme, bei der Stromkreise mit Nennspannung bis 50 V~ bzw. 120 V⎓ ungeerdet betrieben werden und die Speisung aus Stromkreisen höherer Spannung von diesen galvanisch sicher getrennt sind. Zur Erzeugung der Schutzkleinspannung benötigt man Sicherheitstransformatoren, Umformer mit elektrisch getrennten Wicklungen, Akkumulatoren oder galvanische Elemente. Das durch die Schutzkleinspannung geschützte Netz darf keine Verbindung zur Erde oder anderen Netzen aufweisen. Bisher durfte nach VDE 0100/5.73 § 8 die Nennspannung nicht höher als 42 V sein.

1.2. Schutz durch Funktionskleinspannung

Die in VDE 0100/11.83 neu aufgenommene Funktionskleinspannung ist eine Schutzmaßnahme, die aber nicht die an die Schutzkleinspannung gestellten Forderungen erfüllt und deshalb zusätzlichen

Bedingungen unterliegt.

1.3. Schutz durch Begrenzung der Ladungsenergie

Schutz durch Begrenzung der Ladungsenergie ist eine neu aufgenommene Schutzmaßnahme, bei der in Anlehnung an die Unfallverhütungsvorschrift der Berufsgenossenschaft VBG 4/4.79 die Ladungsenergie auf 350 mJ begrenzt werden soll.

1.4. Schutz durch Isolierung aktiver Teile

Der Schutz durch Isolierung aktiver Teile erfährt gegenüber der VDE-Bestimmung 0100/5.73 § 4 keine Änderung. Die in VDE 0100 Teil 200/04.82 Abschnitt 11.2 definierte Basisisolierung erfüllt die Anforderungen.

1.5. Schutz durch Abdeckungen oder Umhüllungen

Die schon in der VDE-Bestimmung 0100/5.73 § 4 c) aufgeführten Abdeckungen dürfen nach der neuen Bestimmung nur unter bestimmten Voraussetzungen abgenommen werden (Werkzeug, Abschalten der Spannung, Zwischenabdeckung).

1.6. Schutz durch Hindernisse

Bei dem neu in die Bestimmung aufgenommenen Schutz durch Hindernisse dürfen die Hindernisse ohne Schlüssel oder Werkzeug abnehmbar sein. In den Erläuterungen zu 0100 Teil 410/11.83 heißt es, daß die Schutzmaßnahme nur einen teilweisen Schutz gegen direktes Berühren bietet und dehalb nur unter besonderen Bedingungen, z. B. in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten, anwendbar ist.

1.7. Schutz durch Abstand

Bei dem neu in die Bestimmung aufgenommenen Schutz durch Abstand dürfen im Handbereich keine gleichzeitig berührbaren Teile (Abstand 2,50 m) unterschiedlichen Potentials sein. Auch dieser Schutzmaßnahme wird nach den Erläuterungen nur ein teilweiser

Schutz gegen direktes Berühren zugebilligt, weshalb sie nur unter besonderen Bedingungen anwendbar ist.

1.8. Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

Die Aufnahme dieser neuen Schutzmaßnahme ist revolutionierend. Damit wird der hochwirksame Schutz, den Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta N}$ = 30 mA bieten, anerkannt.
Die Schutzmaßnahme "Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen" wird zwar unter der Rubrik "Schutz gegen direktes Berühren" aufgeführt - in Abschnitt 5.5.1 heißt es aber wörtlich: "Die Verwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom von $I_{\Delta N}$ = 30 mA kann zusätzlich ein gewisser Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile sein".
In Abschnitt 5.5.2 wird weiter ausgeführt: "Die Verwendung solcher Einrichtungen als alleiniger Schutz ist nicht zulässig und schließt nicht die Notwendigkeit aus, eine der ersten vier Schutzmaßnahmen des Abschnittes 5 anzuwenden.
Zum zusätzlichen Schutz bei direktem Berühren kann sogar auf den Schutzleiter verzichtet werden. Dagegen muß zum Schutz bei indirektem Berühren nach wie vor der separate Schutzleiter an die Körper angeschlossen werden.

1.9. Schutz durch Abschaltung oder Meldung

Durch den Schutz durch Abschaltung oder Meldung werden die bisherigen Schutzmaßnahmen nach den VDE-Bestimmungen 0100/5.73 § 9 Schutzerdung, § 10 Nullung, § 11 Schutzleitungssystem, § 12 Fehlerspannung (FU)-Schutzschaltung, § 13 Fehlerstrom (FI)-Schutzschaltung abgelöst.
Bei der Schutzerdung und auch bei der Nullung mußte bisher der theoretische Abschaltstrom zum Fließen kommen, der sich aus dem klein k-Faktor aus Tabelle 9-1 der VDE-Bestimmungen 0100/5.73 § 9 ergab. Die Forderung, daß dieser theoretische Abschaltstrom zum Fließen kommen muß, wird nach der neuen VDE-Bestimmung durch die sicherlich sinnvollere Forderung nach Abschaltung innerhalb begrenzter Abschaltzeiten abgelöst.

1.9.1. Schutzmaßnahmen im TN-Netz

Im TN-Netz muß folgende Bedingung erfüllt werden:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

wobei

Z_s = Impedanz der Fehlerschleife

I_a = Strom, der das automatische Abschalten bewirkt

- in Stromkreisen bis 35 A Nennstrom mit Steckdosen innerhalb von 0,2 s,
- in Stromkreisen, die ortsveränderliche Betriebsmittel der Schutzklasse I enthalten, die während des Betriebes üblicherweise dauernd in der Hand gehalten oder umfaßt werden, innerhalb von 0,2 s,
- in allen anderen Stromkreisen innerhalb von 5 s.
  Bei Verwendung einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ist I_a der Nennfehlerstrom $I_{\Delta N}$.

U_o = Nennspannung gegen geerdete Leiter.

Die nun genau definierten Auslösezeiten von 0,2 s bzw. 5 s lösen den bisherigen k-Faktor ab und machen es erforderlich, daß die Auslösekennlinie der jeweiligen Schutzeinrichtung ausgewertet werden muß. Dabei bieten Schutzschalter mit Magnetauslöser gegenüber Schmelzsicherungen erhebliche Vorteile.

Im TN-Netz dürfen folgende Schutzeinrichtungen verwendet werden:

- Überstrom-Schutzeinrichtungen
- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.

Neu und von großem Vorteil ist die Anwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen im TN-Netz. Während bisher manche EVU noch nicht einmal die Verbindung des nach dem Nennfehlerstrom bemessenen Erders mit dem N- oder PEN-Leiter des genullten Netzes erlaubten, darf jetzt der PE-Leiter des Netzes auch ausschließlich zum Anschluß der Körper dienen. Die Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen dürfen dabei im TN-Netz nicht nur zusätzlichen Schutz zum bereits vorhandenen Schutz durch Überstromschutzorgane beim indirekten Berühren übernehmen, sondern dürfen den Schutz bei indirektem Berühren auch allein übernehmen. Die Überstromschutzorgane müssen dann nur entsprechend der VDE-Bestimmung 0100 teil 430/6.81 - Schutz von Leitungen und Kabel gegen zu hohe Erwärmung - dimensioniert werden.

1.9.2. Schutzmaßnahmen im TT-Netz

Im TT-Netz muß folgende Bedingung erfüllt werden:

$$R_A \cdot I_a \leqq U_L$$

wobei

R_A = Erdungswiderstand der Körper

I_a = Strom, der das automatische Abschalten der Schutzeinrichtung bewirkt. Bei Verwendung einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ist I_a der Nennfehlerstrom $I_{\Delta N}$.
Werden in besonderen Fällen Überstrom-Schutzeinrichtungen verwendet, so ist I_a der Strom, der das automatische Abschalten dieser Schutzeinrichtung innerhalb von 5 s bewirkt. In diesem Fall muß auch im Neutralleiter eine Überstrom-Schutzeinrichtung vorgesehen werden, es sei denn,
- der Gesamterdungswiderstand aller Betriebserdungen im Verteilernetz ist nicht größer als 2 bzw.5 Ohm und
- das Auftreten eines Fehlers vernachlässigbarer Impedanz an jeder beliebigen Stelle im Netz bewirkt das Ansprechen der zugehörigen Schutzeinrichtung.

U_L = Vereinbarte Grenze der dauernd zulässigen Berührungsspannung.

Die Formel für das TT-Netz lautet umgestellt

$$R_A \leqq \frac{U_L}{I_a}$$

und gleicht damit nach VDE 0100/5.73 der Formel für die Schutzerdung, wenn der Rückfluß des Erdschlußstromes durch das Erdreich stattfindet.

§ 9 b) 1.:

$$R_S = \frac{65\ V}{I_A}$$

wobei

R_S = Schutzerdungswiderstand am geschützten Betriebsmittel.

I_A = Abschaltstrom des vorgeschalteten Überstromschutzorgans.

65 V = die früher maximal zulässige Berührungsspannung.

Ebenso gleicht die Formel für das TT-Netz der Formel für die Fehlerstrom (FI)- Schutzschaltung.

VDE 0100/5.73 § 13:

$$R_E = \frac{65\ V}{I_N}$$

wobei

R_E = Erdungswiderstand am geschützten Betriebsmittel.

I_N = Nennfehlerstrom (Auslösestrom).

Im TT-Netz dürfen folgende Schutzeinrichtungen verwendet werden:

- Überstrom-Schutzeinrichtungen
- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen
- Fehlerspannungs-Schutzeinrichtungen
  (jedoch nur in Sonderfällen).

1.9.3. Schutzmaßnahmen im IT-Netz

Die Bedingungen für das IT-Netz lösen die bisherigen Bedingungen für das Schutzleitungssystem VDE-Bestimmung 0100/5.73 § 11 ab. Während bisher der maximale Erdungswiderstand aller mit einem Erder verbundenen Körper mit der absoluten Zahl von 20 Ohm angegeben wurde, wird er nach VDE 0100 Teil 410/11.33 wie folgt berechnet:

$$R_A \cdot I_d = U_L$$

wobei

R_A = Erdungswiderstand aller mit einem Erder verbundenen Körper

I_d = Fehlerstrom im Falle des ersten Fehlers vernachlässigbarer Impedanz zwischen einem Außenleiter und einem Körper. Der Wert von I_d berücksichtigt die Ableitströme und die Gesamtimpedanz der elektrischen Anlagen gegen Erde.

U_L = Vereinbarte Grenze der dauernd zulässigen Berührungsspannung.

Dem gefürchteten zweiten Fehler wurde bisher beim Schutzleitungssystem nur damit begegnet, indem über den Schutzleiter nicht nur die Körper der elektrischen Betriebsmittel angeschlossen wurden, sondern alle der Berührung zugänglichen leitenden Konstruktionsteile, metallene Rohrleitungen und sonstige gute Erder.
Diese Art des Schutzes bei indirektem Berühren wird nach der neuen VDE-Bestimmung "Zusätzlicher Potentialausgleich" genannt und stellt nur eine Möglichkeit dar, im Falle des zweiten Fehlers zu schützen.
Neu ist die zweite Art, wonach im Falle des zweiten Fehlers entweder Überstromschutzorgane oder Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen eine automatische Abschaltung herbeiführen.

Im IT-Netz dürfen folgende Schutzeinrichtungen verwendet werden:
- Überstrom-Schutzeinrichtungen
- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen
- Isolations-Überwachungseinrichtungen
- Fehlerspannungs-Schutzeinrichtungen
- (jedoch nur in Sonderfällen).

1.10. Zusätzlicher Potentialausgleich

Zusätzlicher Potentialausgleich ist neuerdings vorzusehen, wenn in einer Anlage die festgelegten Bedingungen für das automatische Abschalten als Schutz bei indirektem Berühren nicht erfüllt werden, oder in bisheriger Funktion in Räumen mit erhöhter Gefährdung z. B. Badezimmer.

1.11. Schutzisolierung

Da die Gefahr besteht, daß die normale Betriebsisolierung durch zu hohe Belastungen zerstört werden kann, wird diese von einer zusätzlichen Isolierung umgeben und somit Schutzisolierung erreicht.

1.12. Schutz durch nichtleitende Räume

Nach der VDE-Bestimmung 0100/5.73 § 6 a) 2.2.2 werden bei Hausinstallationen in Räumen mit isolierendem Fußboden-Schutzmaßnahmen nicht gefordert. Diese nichtleitenden Räume stellen nach der neuen VDE-Bestimmung eine selbständige Schutzmaßnahme bei indirektem Berühren dar.

1.13. Schutz durch erdfreien, örtlichen Potentialausgleich

Diese Schutzmaßnahme war in der VDE-Bestimmung 0100/5.73 nicht aufgeführt. Sie wurde wegen der Harmonisierung der VDE-Bestimmungen mit den Bestimmungen anderer CENELEC-Mitglieder aufgenommem.

1.14. Schutztrennung

Der durch die Schutztrennung geschützte Stromkreis hat keine Verbindung mit der Erde. Dadurch wird verhindert, daß ein Mensch beim Berühren einer Isolationsschadensstelle sich in einem Stromkreis einschaltet. Bei einem zweiten Isolationsfehler tritt diese Gefahr jedoch wieder auf. Aus diesem Grunde muß das durch Schutztrennung geschützte Netz äußerst klein gehalten werden.

1.15. Verwendung von Fehlerspannungs-Schutzeinrichtungen

Gegenüber der Fehlerspannungs (FU)-Schutzschaltung nach den VDE-Bestimmungen 0100/5.73 weist die neue VDE-Bestimmung keine prinzipiellen Unterschiede auf. Die Fehlerspannungs-Schutzeinrichtungen werden jedoch nur noch in Sonderfällen eingesetzt.

1.16. Verwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

In den am weitesten verbreiteten Netzformen TN-Netz, TT-Netz und auch dem vornehmlich in der Industrie angewandten IT-Netz dürfen nach VDE 0100 Teil 410/11.83 nun überall Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen eingesetzt werden. Damit und insbesondere auch mit der Verwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen zum Schutz bei direktem Berühren wird das Überlagern von Schutzmaßnahmen nun auch durch die Errichtungsbestimmungen gutgeheißen.

2. Teil 420 "Schutzmaßnahmen; Schutz gegen thermische Einflüsse"

Hier wird Brandschutz, Schutz gegen Verbrennungen (Brandwunden) und Schutz gegen Überhitzung behandelt.
Im Kapitel "Schutz gegen Verbrennungen" werden in Tabelle 1 die Temperaturgrenzen für berührbare Teile von Oberflächen elektrischer Betriebsmittel im Handbereich bei bestimmungsgemäßem Betrieb angegeben. Je nachdem, ob die zugänglichen Teile beim Betrieb in der Hand gehalten werden, oder nicht berührt zu werden brauchen und ob das Material der zugänglichen Oberfläche metallisch oder nicht metallisch ist, sind maximale Temperaturen zwischen 55° C und 90° C zulässig. Ansonsten ist dieser Teil

sehr allgemein gehalten und enthält wenige durch Zahlen konkretisierte Forderungen.
Eine dieser wenigen konkreten Forderungen, nämlich der zuvor erwähnten maximalen Oberflächentemperatur, widerspricht der Teil 420 A1 und nennt z. B. Elektroherde, wo verständlicherweise zum Kochen für die Herdplatte höhere Temperaturen erforderlich sind.

3. Teil 430 "Schutz von Leitungen und Kabel gegen zu hohe Erwärmung"

Jetzt werden gegenüber der alten Bestimmung VDE 0100/5.73 § 41 die Forderungen durch Formeln begründet. Zum Schutz bei Überlast heißt die Formel:

$$I_B \leqq I_N \leqq I_Z$$
$$I_2 \leqq 1.45\ I_Z$$

I_B = zu erwartender Betriebsstrom des Stromkreises
I_Z = Strombelastbarkeit der Leitung oder des Kabels (siehe DIN VDE 0100 Teil 523)
I_N = Nennstrom des Schutzorganes

Anmerkung:
Bei einstellbaren Schutzorganen entspricht I_N dem Einstellwert.

I_2 = Der Strom, der eine Auslösung des Schutzorganes unter den in den Gerätebestimmungen festgelegten Bedingungen bewirkt (großer Prüfstrom).

Der große Prüfstrom I_2 der verschiedenen Überstrom-Schutzeinrichtungen ist sehr unterschiedlich. Er liegt bei Schmelzsicherungen weit über dem Faktor 1,45 während er bei Sicherungsautomaten in der K=Kraft-Charakteristik nach VDE 0660 beim Faktor 1,2 liegt. Deshalb darf ein und dieselbe Leitung beim Einsatz von Sicherungsautomaten in K-Charakteristik höher abgesichert werden.
Zum Schutz bei Kurzschluß heißt die Formel für Kurzschlüsse bis zu 5 s Dauer:

$$t = \left(k \cdot \frac{S}{I}\right)^2$$

Darin bedeuten:
t = zulässige Ausschaltzeit im Kurzschlußfall in s
S = Leiterquerschnitt in mm^2
I = Strom bei vollkommenem Kurzschluß in A
k = Konstante mit den Werten:
- 115 bei PVC-isolierten Kupferleitern,
- 74 bei PVC-isolierten Aluminiumleitern,
- 135 bei gummiisolierten Kupferleitern,
- 87 bei gummiisolierten Aluminiumleitern,
- 115 bei Weichlotverbindungen in Kupferleitern.

Bei sehr kurzen zulässigen Ausschaltzeiten ($< 0,1$ s) muß das aus der Gleichung zu ermittelnde Produkt $k^2 \cdot S^2$ größer sein als der vom Hersteller angegebene $I^2 \cdot t$-Wert des strombegrenzenden Schutzorganes.
Der Schutz bei Kurzschluß wird ausführlich behandelt und sogar durch Nomogramme die höchstzulässige Leitungslängen für die verschiedenen Querschnitte und die verschiedenen Auslösecharakteristiken dargestellt.

Der Einsatz einer Überstromschutzeinrichtung nur zum Kurzschlußschutz wird aber äußerst selten vorgenommen. In einem solchen Fall müßte für den Überlastschutz eine zweite-Überstromschutzeinrichtung installiert werden. In der Praxis ist es fast ausnahmslos die Regel eine einzige Überstromschutzeinrichtung sowohl für den Kurzschlußschutz wie auch für den Überlastschutz zu verwenden.
Beim "Koordinieren des Schutzes bei Überlast und Kurzschluß", wie das Kapitel im Teil 430 überschrieben wird, geht man davon aus, daß die Überstromschutzeinrichtung zum Schutz bei Überlast richtig auf die höchstzulässige Belastung der Leitung abgestimmt wurde. Dann ist die Abschaltung nicht an 5 s Dauer gebunden. Somit können auch die zuvor erwähnten höchstzulässigen Leitungslängen beliebig überschritten werden. Lediglich das für die Leitung verträgliche Produkt $k^2 \cdot S^2$ muß größer sein als der Durchlaßwert $I^2 \cdot t$ des Überstromschutzorganes. Selbst diese Bedingung entfällt, wenn einer $1,5^2$ Cu-Leitung eine Vorsicherung vorgeschaltet ist von höchstens 63 A Nennstrom.

Der Entwurf Teil 430 A 1 wird in dieser Form nicht zum Tragen kommen, vielmehr sollen die Auslösekennlinien der Überstromschutzeinrichtungen geändert werden.

4. Entwurf Teil 443 "Schutz gegen Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse"

Bezüglich des "Schutzes elektrischer Anlagen gegen Überspannungen infolge atmosphärischer Entladungen" gilt bis heute noch VDE 0100/5.73 § 18. Der neueste Entwurf Teil 443 mit dem Titel "Schutz gegen Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse" stammt vom April 1987. In diesem Entwurf wird besonders ausführlich auf Anforderungen an die Auswahl von Betriebsmitteln unter Berücksichtigung der am jeweiligen Einbauort zu erwartenden, vorübergehenden (=transienten) Überspannungen eingegangen und dazu auch Tabellen aufgeführt. Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Überspannungsschutzeinrichtungen sind u.a. Kombinationen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.

5. Entwurf Teil 450 "Schutz bei Unterspannungen"

Einen Schutz bei Unterspannung war in der Errichtungsbestimmung VDO 0100/5.73 nicht enthalten. Im Entwurf Teil 450 vom Okt. 1983 heißt es: "Wenn ein Spannungseinbruch oder ein Spannungsausfall mit anschließender Spannungswiederkehr zu Gefahren für Personen oder Sachen führen kann, müssen hiergegen geeignete Abhilfemaßnahmen getroffen werden".

6. Entwurf Teil 460 "Schutz durch Trennen und Schalten"

Die gültigen Anforderungen an Trennen und Schalten mit dem Ziel, Gefahren an elektrisch betriebenen Geräten und Maschinen zu verhindern oder zu beseitigen, sind bis heute der Errichtungsbestimmung VDE 0100/5.73 § 31 zu entnehmen. Der Entwurf Teil 46 bzw. 460 vom Juli 1980 ist sinnvoll unterteilt in die Kapitel 1. Trennen, 2. Abschaltung zur mechanischen Wartung, 3. Not-Aus 4. Not-Halt und 5. Betriebsmäßiges Schalten (Steuern).

7. Entwurf Teil 482 "Auswahl von Schutzmaßnahmen, Brandschutz"

Gültig ist bis heute noch die Errichtungsbestimmung VDE 0100/5.73 § 50 und Teil 720 vom März 1983, die beide mit "Feuergefährdete Bestriebsstätten" tituliert sind. Im Teil 482 wird Brandschutz auch außerhalb von den feuergefährdeten Bestriebsstätten, nämlich für Räume mit Menschenansammlungen und zwar je nach der Dichte und dem Schwierigkeitsgrad des Rettungsweges behandelt. Auch im Teil 482 werden Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit I_N = 0,5 A aufgeführt, um Leitungsanlagen gegen die Folgen von (vagabundierenden) Fehlerströmen zu schützen. Es ist jedoch dringend zu empfehlen, über die in Teil 482 geforderte Empfindlichkeit hinaus Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit $I_{\Delta N}$ =300 mA zu installieren. 300 mA-Schutzschalter lösen zwischen 150 mA und 300 mA aus und lösen somit bei Erdschlußströmen von mehr als 273 mA, die Brände anzünden können, aus.

Es sollte das Bestreben einer jeden Elektrofachkraft sein, zur breiten Anwendung der Schutzmaßnahmen auch durch Überlagerung von mehreren Schutzmaßnahmen mit dazu beizutragen, daß die Elektroenergie, die die edelste Energieform ist, auch die sicherste bleibt.

Dipl.-Ing. Hermann R. Menges
Oberingenieur der Brown Boveri AG
Eppelheimer Straße 82, 6900 Heidelberg 1

Elektrische Schutzmaßnahmen in medizinisch genutzten Räumen

W. Kreinberg, Hannover

Angesichts des besonderen Schutzbedürfnisses der Patienten und des ständig steigenden Einsatzes von elektromedizinischen Geräten im Krankenhaus muß der Schutz des Menschen vor gefährlichen Körperströmen besondere Beachtung finden. Solche Gefährdungen sind im Zusammenhang mit dem Entstehen von zu hohen Berührungsspannungen zu sehen und hauptsächlich auf die Fehler "Körperschluß" und "Erdschluß" bei Kabel und Leitungen zurückzuführen. Der Körperschluß stellt eine leitende Verbindung zwischen Körper und aktiven Teilen elektrischen Betriebsmittel dar, ein Erdschluß hingegen zwischen Außenleiter oder betriebsmäßig isoliertem Mittelleiter und Erde oder geerdeten Teilen. Die negativen Auswirkungen dieser Fehlerarten auf den Menschen müssen durch technische Maßnahmen - die Schutzmaßnahmen - begrenzt werden.

1. Allgemeines

Grundsätzliche Anforderungen hinsichtlich der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren werden durch die VDE 0100 /1/ beschrieben und geregelt. Wegen des Schutzbedürfnisses des Patienten reichen diese Maßnahmen nicht aus und werden durch eine eigene VDE - Bestimmung VDE 0107 /2/ enger gefaßt. So wird im Gegensatz zur "normalen Hausinstallation" in medizinisch genutzten Räumen bereits bei einer Spannung von über 24 V (künftig 25 V) zwischen den Außenleitern oder zwischen Außenleiter und Erde die Anwendung von Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Körperströme gefordert und realisiert.
Planer und Errichter von medizinisch genutzten Räumen können in einzelnen Anwendungsgruppen /2/ nach besonderen Kriterien wählen, welche Schutzmaßnahme hier realisiert werden soll.
In den Räumen der Anwendungsgruppen 1 und 1E sind zulässig

- Schutzisolierung
- Schutzkleinspannung (Nennspannung kleiner 24 V)
- Schutzleitungssystem
- Fehlerstromschutzschaltung

In den vom Gefährdungsgrad höher einzustufenden Räumen der Raumgruppe 2E sind grundsätzlich ebenfalls diese Schutzmaßnahmen zulässig, aus Gründen der Geräteverfügbarkeit wird die Maßnahme Fehlerstromschutzschaltung jedoch nur bei Großgeräten mit Nennleistungen über 5 kVA (Röntgengeräte auch darunter), für festangeschlossene elektrische Geräte, die nicht der medizinischen Anwendung dienen und die allgemeine Raumbeleuchtung anzuwenden sein.
Durch die Umstellung der VDE 0100 /1/ bedingt ergeben sich leichte Diskrepanzen in Ausdrucksweise, Benennung und Grenzwerten zwischen VDE 0107 /2/ und Teil 410 der VDE 0100 /4/. Dort werden die Begriffe "Schutzleitungssystem" und "Fehlerstromschutzschaltung" nicht mehr verwendet. Es heißt jetzt "Schutz durch Abschaltung oder Meldung", "Schutzmaßnahme im IT-Netz" und "Schutzmaßnahme im TT-Netz". Dies wird bei der derzeit laufenden Überarbeitung der VDE 0107 berücksichtigt.

2. Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren in medizinisch genutzten Räumen

2.1 Schutzisolierung

Aufgabe der Schutzisolierung ist es, das Auftreten gefährlicher Spannungen an den berührbaren Teilen elektrischer Betriebsmittel zu verhindern.
Sie wird durch folgende Maßnahmen erreicht:

- Verwenden von Betriebsmitteln der Schutzklasse II nach VDE 0106 /5/, erkennbar durch das Symbol
- Anbringen einer zusätzlichen Isolierung an solchen elektrischen Betriebsmitteln, die nur eine Basisisolierung haben.
- Anbringen einer verstärkten Isolierung an nicht isolierten aktiven Teilen. Dies ist nur zulässig, wenn zusätzliche Isolierungen konstruktiv nicht realisierbar sind.

Diese Maßnahmen werden bereits bei der Herstellung der elektrischen Betriebsmittel durch isolierende Gehäuse und Abdekkungen, vollisolierendes Installationsmaterial, isolierende Umpressungen oder Isolierzwischenstücken in Getriebewellen, Gestängen oder Gehäusen vorgenommen.

2.2 Schutzkleinspannung

Bereits das Entstehen von zu hohen Berührungsspannungen soll durch diese Schutzmaßnahme verhindert werden. Darüberhinaus stellt sie nach VDE 0100 Teil 410 /4/ nicht nur den Schutz bei indirektem sondern auch gegen direktes Berühren dar. Die Kleinspannung darf in medizinisch genutzten Räumen 24 V (künftig 25 V) nicht überschreiten. Sie wird aus Sicherheitstransformatoren /6/, Umformern mit galvanisch getrennten Wicklungen /7/, Akkumulatoren /8/ oder sonstigen galvanischen Elementen /9/ erzeugt. Gleichgestellt sind elektronische Geräte, bei denen sichergestellt ist, daß keine höheren Spannungen als 24 V an den Ausgangsklemmen - selbst bei Auftreten eines Fehlers im Gerät - auftreten können.
Schutzkleinspannungsstromkreise müssen sicher von anderen Stromkreisen getrennt sein. Steckdosen und Stecker mit Schutzkleinspannungsstromkreisen dürfen nicht mit denen verwechselt werden können, die zu anderen Schutzmaßnahmen gehören. Steckdosen dürfen keinen Schutzkontakt haben bzw. ein vorhandener Schutzkontakt darf nicht angeschlossen sein. Stecker dürfen nur in Steckdosen gleicher oder kleinerer Spannung passen.

2.3 Schutzmaßnahme im IT - Netz

Das Entstehen zu hoher Berührungsspannungen soll verhindert werden. Das IT - Netz ist gegen Erde isoliert oder über eine ausreichend hohe Impedanz geerdet, wodurch der Fehlerstrom bei Auftreten eines Erdschlusses niedrig sein wird.
Dadurch bedeutet der Erdschluß eines Außenleiters

- keine Beeinträchtigung der Betriebsfähigkeit des Netzes
- keine Gefährdung des Personals durch zu hohe Berührungsspannungen

Eine Gefährdung tritt erst beim Auftreten eines zweiten Erdschlusses auf. Bei dieser Schutzmaßnahme ist sowohl die Geräteverfügbarkeit als auch der Personenschutz gegeben. Der erste Erdschluß muß erkennbar sein, damit nach der Behandlung oder Operation der Fehler beseitigt werden kann. Hierzu dient die Isolationsüberwachungseinrichtung mit optischem und akustischem Signalgeber. Für die Speisung dieser Netze dienen ortsfeste, außerhalb der zu schützenden medizinisch genutzten Räume isoliert aufgestellte Transformatoren. Räume der Anwendungsgruppe 2E werden zu kleinen Raumgruppen zusam-

mengefaßt und erhalten ein eigenes ungeerdetes Netz. Diese Begrenzung schafft überschaubare Bereiche, bei denen Erd- oder Körperschlüsse unwahrscheinlicher sind als in ausgedehnten Netzen.

2.4 Schutzmaßnahmen im TT - Netz mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung

Bei dieser Schutzmaßnahme wird nicht das Entstehen sondern das Bestehenbleiben einer zu hohen Berührungsspannung verhindert, sie stellt eine Schutzmaßnahme bei indirektem Berühren dar. Die heutigen FI-Schutzschalter sind jedoch so empfindlich, daß man auch von einem gewissen Schutz gegen direktes Berühren sprechen kann.
Der Fehlerstromschutzschalter mißt über einen eingebauten Wandler das Stromgleichgewicht zwischen den Strömen, die zum Verbraucher fließen bzw. zurückkommen. Zur Erde abfließende Teilströme stören das Gleichgewicht, der Differenzstrom induziert eine Sekundärspannung, deren Strom die Unterbrechung auslöst. Für eine sichere Funktion sind folgende Bedingungen einzuhalten:

- Es handelt sich um ein TT - Netz, d.h. Sternpunkt des Netzes und die Körper der Betriebsmittel sind separat geerdet.
- Der Gesamterdungswiderstand aller Betriebserder darf 2 Ohm nicht überschreiten.
- Alle Körper, die durch eine gemeinsame Schutzeinrichtung geschützt sind, müssen durch Schutzleiter an den gemeinsamen Erder angeschlossen sein.
- Gleichzeitig berührbare Körper müssen an denselben Erder angeschlossen sein.
- Das Produkt aus Erdungswiderstand und Nennfehlerstrom des FI-Schutzschalters darf 24 V nicht überschreiten.
- Der Nennfehlerstrom beträgt
  30 mA bei Überstromschutzorganen bis 63 A
  300 mA bei Überstromschutzorganen über 63 A
- Die Auslösezeit liegt unter 40 ms im Gegensatz zu sonst üblichen 200 ms.

3. Schutzleiter und besonderer Potentialausgleich

In medizinisch genutzen Räumen kommen dem Schutzleiter und dem Potentialausgleich besondere Bedeutung zu, sichere Funktion der Schutzmaßnahme und Ausgleich von Potentialunterschieden hängen davon ab. Nur durch sorgfältige Herstellung, fachgerechte Auswahl und Zuordnung der Querschnitte ist dieses Ziel zu erreichen.

3.1 Schutzleiter

Ab Gebäudehauptverteiler ist im Krankenhaus zu jedem Stromkreis ein gesonderter Schutzleiter zu verlegen. Eine gemeinsame Verwendung eines Schutzleiters für mehrere Stromkreise ist bei medizinisch genutzten Räumen nicht zulässig. Der Querschnitt ist je nach dem zugehörigen Außenleiter zu bemessen /1/ und /10/. Insbesondere in Räumen der Raumgruppe 2E darf der Widerstand zwischen der letzten Schutzleiterschiene und den Schutzkontakten von Steckdosen oder den Schutzleiteranschlußklemmen fest angeschlossener Verbraucher 0,2 Ohm nicht überschreiten /2/. Selbst bei einem Leiterquerschnitt von 2,5 mm² CU reichen schon relativ kurze Leitungsenden aus (ca 20 m), um den Grenzwert zu erreichen. Daraus ergibt sich der Zwang nach einer möglichst tiefen Staffelung der Unterverteilungen, d.h. Verbindungen mit großen Querschnitten müssen möglichst nah an medizinisch genutzte Räume herangeführt werden, damit die Leitungen mit kleinem Querschnitt möglichst kurz sind.. Die Schutzleitersammelschienen selbst müssen mit mindestens 16 mm² CU an die letzte Unterverteilung angeschlossen werden. Eine eindeutige Zurordnung zu den entsprechenden Stromkreisen und unverlierbare Kennzeichnung ist selbstverständlich.

3.2 Besonderer Potentialausgleich

Neben dem Hauptpotentialausgleich ist in medizinisch genutzten Räumen ein besonderer Potentialausgleich herzustellen. Durch ihn sollen im Fehlerfall auftretende Potentialunterschiede zwischen Körpern und den von Patienten berührbaren leitfähigen Teilen vermieden werden. Dazu gehören nicht nur Teile elektrischer Betriebsmittel sondern auch großflächig (Handgröße) berührbare Gebäudeteile.

Da durch die Grenzwerte in den Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren in medizinisch genutzen Räumen Berührungsspannungen von 24 V (künftig 25 V) bestehen bleiben dürfen, muß der Potentialausgleich diese Potentialdifferenzen verhindern. In Räumen der Anwendungsgruppe 1 und 1E darf kein höherer Strom als der maximal zulässige Ableitstrom bei festangeschlossenen Geräten der Schutzklasse I (3,5 mA) fließen. In Räumen der Anwendungsgruppe 2 E ist der Fibrillationsgrenzstrom von 10 µA als obere Grenze anzusehen.
Solange die erforderliche Strombegrenzung durch die Konstruktion gegeben ist, muß kein berührbares Teil in den besonderen Potentialausgleich einbezogen werden.
In Räumen der Anwendungsgruppe 1 und 1E ist die Grenze des maximal zulässigen Ableitstroms erreicht, wenn der Widerstand von leitfähigen Teilen gegenüber dem Schutzleiter kleiner als 7 kΩ ist. Diese Teile müssen mit dem Potentialausgleich verbunden werden. Grundsätzlich sind folgende leitfähigen Teile an den Potentialausgleich anzuschließen:

- alle metallenen Rohrleitungen
- Abschirmungen und Ableitungsnetze
- Tragschienen elektr. Betriebsmittel und Kanalsysteme
- leitfähige Teile fest eingebauter schutzisolierter Betriebsmittel und solcher mit Schutzkleinspannung
- andere berührbare leitfähige Einrichtungen (z.B. OP-Tische)

Teile, die durch Verkleidungen gegen zufälliges Berühren geschützt sind, brauchen nicht in den Potentialausgleich einbezogen zu werden.
Bei Räumen der Anwendungsgruppe 2E ist der Widerstandsgrenzwert bei 2,4 MΩ erreicht. Alle leitfähigen Teile innerhalb des doppelten (künftig: einfachen) Handbereichs um die zu erwartende Position des Patienten herum mit einem kleineren Widerstand zur Potentialausgleichsleiter-Sammelschiene müssen in den Potentialausgleich einbezogen werden. Dem Anwender muß Gelegenheit gegeben werden, seine ortsveränderlichen elektromedizinischen Geräte an den besonderen Potentialausgleich anzuschließen; daher sind in ausreichender Zahl Anschlußvorrichtungen nach DIN 42801 vorzusehen. Damit kann selbst bei Bruch des Schutzleiters der Geräteableitstrom noch über den Potentialausgleichsleiter fließen.
Darüberhinaus gilt bei Räumen der Anwendungsgruppe 2E die sogenannte "10 mV Bedingung". Bei einem angenommenen Körperwiderstand des Patienten zwischen Herzmuskel und Hautober-

fläche von 1 kΩ fließt der Fibrillationsgrenzstrom bei einer überbrückten Spannung von 10 mV. Damit dürfen keine höheren Spannungen als 10 mV im Umkreis von 2,5 m um den Patienten bestehen bleiben. Üblicherweise ist dies konstruktiv nur zu erreichen, wenn – wie gefordert – bereits sehr früh Schutzleiter und Neutralleiter getrennt werden, um von vornherein Spannungsunterschiede längs des PEN-Leiters zu vermeiden. Sollten trotzdem noch höhere Spannungen als 10 mV auftreten, so können alternativ folgende Maßnahmen ergriffen werden

- Einbau von Isolierstücken oder Muffen
- Isolierende Abdeckungen oder Verkleidungen

Folgende Einzelfestlegungen gelten für den Potentialausgleich

- Schutzleiter- und Potentialausgleichleiter-Sammelschiene sind in einem gemeinsamen Gehäuse anzuordnen und über einen Kupferquerschnitt von mindestens 16 mm² zu verbinden. Zur Vermeidung von Brummschleifen sind die Potentialausgleichsleitungen sternförmig auf die PA-Sammelschiene zu führen.
- Die PA-Leiter sind einzeln, jederzeit zugänglich und übersichtlich anzuschließen. Eine eindeutige und unverlierbare Kennzeichnung ist vorzusehen.
- Die PA-Leitungen müssen bei einem Mindestquerschnitt von 4 mm² grüngelb gekennzeichnet und für eine Nennspannung von 500 V isoliert sein.
- Leitfähige Teile gleicher Art dürfen innerhalb eines Raumes miteinander verbunden und über eine gemeinsame PA-Leitung angeschlossen werden. PA-Schienen zusammengehöriger Räume oder Raumgruppen sollten über eine PA-Leitung von 16 mm² verbunden sein.

Zusammenfassung

Schutzmaßnahmen in medizinisch genutzten Räumen haben zwei wesentliche Funktionen zu erfüllen. Durch erste Fehler in Geräten, Kabeln und Leitungen darf keine direkte Gefahr für Patienten, Benutzer oder Dritte entstehen. Darüberhinaus muß in bestimmten Räumen das Abschalten von Geräten beim Auftreten eines ersten Fehlers unbedingt verhindert werden, wenn ohne diese Geräte keine Behandlung zu Ende geführt oder lebensbewahrende Körperfunktionen unterstützt werden können. Gerätesicherheit und Geräteverfügbarkeit stehen in einem unmittelbaren Zusammenhang. Je nach Anwendungsfall müssen Planer und Errichter unter Einbeziehung der künftigen Nutzer die bestimmungsgemäße Verwendung der Räume ermitteln, festlegen und die adäquate Schutzmaßnahme auswählen.

Dr. Ing. Wolfgang Kreinberg
Zentralabteilung Medizinische Technik
TÜV Hannover e.V.
Am TÜV 1

3000 Hannover 81

Schrifttum

/1/ VDE 0100 / 5.73 (mit Änderungen)
Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

/2/ VDE 0107 / 6.81
Bestimmungen für das Errichten elektrischer Anlagen in medizinisch genutzten Räumen

/3/ VDE 0108 / 12.79
Errichten und Betreiben von Starkstromanlagen in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen sowie von Sicherheitsbeleuchtung in Arbeitsstätten

/4/ DIN VDE 0100 Teil 410 / 11.83
Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V
Schutzmaßnahmen, Schutz gegen gefährliche Körperströme

/5/ DIN VDE 0106 Teil 1 / 5.82
Schutz gegen elektrischen Schlag; Klassifizierung von elektrischen und elektronischen Betriebsmitteln

/6/ DIN VDE 0551 / 5.72
Bestimmungen für Sicherheitstransformatoren

/7/ DIN VDE 0530 Teil 1 / 12.84
Umlaufende elektrische Maschinen; Nennbetrieb und Kenndaten

/8/ DIN VDE 0510 / 1.77
VDE-Bestimmungen für Akkumulatoren und Batterieanlagen

/9/ DIN VDE 0804 / 01.83
Fernmeldetechnik; Herstellung und Prüfung der Geräte

/10/DIN VDE 0100 Teil 540 / 5.86 (11.83)
Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V;
Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel;
Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter

Gefahren und Gefahrenschutz in elektrischen Anlagen

von K. Scheuermann, Mannheim

1 Darstellung der Problematik

Komplexe Systeme, wie elektrische Anlagen, erfordern zur Vermeidung von Gefahren und zur Verhinderung von betrieblichen Ausfällen in hohem Maße ein sicheres Arbeiten.

Eine Analyse des Unfallgeschehens zeigt, daß die Zahlen der durch elektrischen Strom verursachten Unfälle in dem vergangenen Jahrzehnt stetig zurückgegangen sind. Dies gilt sowohl für den Niederspannungs-Bereich bis 1000 V als auch für den Bereich der Mittelpannung über 1 kV. Dennoch ergeben sich nach wie vor Schwerpunkte des Unfallgeschehens bei Arbeiten an elektrischen Anlagen, so beispielsweise Unfälle an Niederspannungsverteilungen.

Durch zunehmende Verkleinerung der Schaltanlagen und Verteilungen sowie höhere Leistungsangebote sind Arbeits- und Bedienvorgänge mit immer größeren Gefahren verbunden. Die Arbeitsvorgänge an elektrischen Anlagen sind vielfältig: Sie umfassen das Ändern, das Inbetriebnehmen und das Instandhalten. Das Instandhalten wiederum umfaßt Arbeiten zum Vermeiden von Störungen und zum Beseitigen von Mängeln. Unter den Begriff "Arbeiten" fallen somit solche Tätigkeiten, die für die Sicherheit und die Funktion der Anlage entscheidend sind und nicht selten ohne vollständigen Berührungsschutz durchgeführt werden müssen, insbesondere beim Instandhalten und Reinigen elektrischer Anlagen und bei der Fehlereingrenzung.

Im Hinblick auf die Arbeitssicherheit verlangen diese Tätigkeitsfelder im Bereich der Elektrotechnik eine Aufteilung der Verantwortung in eine fachliche Verantwortung und eine Organisatorische. Die Berufsgenossenschaften, die entsprechend ihrem gesetzlichen Auftrag mit allen geeigneten Mitteln für den sicheren Ablauf des gesamten Betriebsgeschehens zu sorgen haben, hat entsprechende Regelungen in der Unfallverhütungsvorschrift "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" (VBG 4) getroffen.

2 Grundsatzforderungen der UVV "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel"

Die Unfallverhütungsvorschrift "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" nennt als verantwortliche Personen ausschließlich den Unternehmer und die Elektrofachkraft. Hiermit wird die besondere Verpflichtung des Unternehmers im Hinblick auf seine Organisationsverantwortung sowie im Zusammenhang damit die fachliche Qualifikation der Elektrofachkraft hervorgehoben. Zur Organisationsverantwortung des Unternehmers oder der ihm gleichgestellten Personen zählen beispielsweise die Sorgfalt bei der Auswahl der von ihm be-auftragten Elektrofachkräfte sowie die Verpflichtung, elektrische Anlagen und Betriebsmittel regelmäßig prüfen zu lassen und eine unverzügliche Beseitigung von Mängeln zu veranlassen. Die Elektrofachkraft hat dann aus fachlicher Sicht die notwendigen Maßnahmen einzuleiten bzw. diese dem Unternehmer vorzuschlagen.

Die Elektrofachkraft ist verpflichtet, ihre Tätigkeiten an den besonderen elektrotechnischen Regeln auszurichten. Die Unfallverhütungsvorschrift "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" ist eine Basis-UVV entsprechend der modernen Vorschriften-Konzeption der Berufsgenossenschaften. Sie enthält in erster Linie Sicherheitsmaßstäbe, die in Form von Schutzzielen für eine Gefahrenabwehr beschrieben sind und nimmt zugleich die DIN VDE Normen (VDE-Bestimmungen) sowie DIN IEC- und DIN EN Normen als allgemein anerkannte Regeln

der Technik in Bezug. Durch die Einführung des Begriffs "Elektrotechnische Regeln", ist eine enge Verknüpfung zwischen Unfallverhütungsvorschrift und Normenwerk hergestellt worden. Somit wurden die Voraussetzungen für eine praxisnahe Anwendung geschaffen. Die anerkannten Regeln der Elektrotechnik werden für den Anwender dann verbindlich, wenn die Berufsgenossenschaft in ihrem Mitteilungsblatt darauf verwiesen hat.

2.1 Sicherheitsregeln für das Arbeiten an elektrischen Anlagen

Die Elektrofachkräfte sind bei Arbeiten, insbesondere bei der Fehlersuche an älteren Anlagen, stark gefährdet. Die Unfallverhütungsvorschrift verlangt daher, daß Arbeiten an aktiven Teilen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel nur dann ausgeführt werden dürfen, wenn zuvor die Anlage spannungsfrei gemacht worden ist. Dies hat unter Beachtung der folgenden Sicherheitsregeln zur Herstellung und Sicherstellung des spannungsfreien Zustandes zu erfolgen:

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschrauben.

Diese fünf Sicherheitsregeln gelten grundsätzlich für

- Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt und
- Anlagen mit Nennspannungen über 1 kV

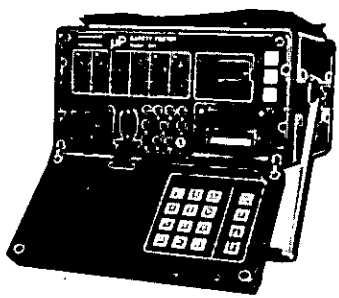
Für Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt gelten einige Erleichterungen. So braucht in Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt nicht geerdet und kurzgeschlossen zu werden, wenn die Arbeitsstelle freigeschaltet, unbefugtes Wiederein-

Das geschlossene Konzept für elektr. Sicherheit...

Sicherheit für elektromedizinische Geräte

BENDER

µP-Sicherheitstester nach VDE 0751 oder IEC 601.1



µP-Sicherheitstester 601

- Messung nach IEC 601.1
- automatischer Prüfablauf
- Messungen unter N.C. und S.F.C.
- Last max. 3.500 VA

µP-Sicherheitstester 751

- Messungen nach VDE 0751 und VDE 0701

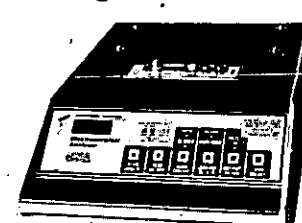
Gemeinsame Merkmale

- Benutzerführung mittels Textdisplay
- Klassifikation der Grenzwerte
- Normalpapier-Drucker
- V24/RS232C-Interface
- automatischer Vergleich Meßwert-Grenzwert
- Speichermöglichkeit

Defibrillator-Tester BDC 50, BDC 51

- Messung der effektiven Energieabgabe
- Impulsabhängige Messung
- Prüfung der Kardioversion
- einfaches Systemkonzept
- Prüfung nach IEC 601-2-4/ VDE 750 T.201
- V24/RS232C-Interface

HF-Chirurgie-Tester 453 A

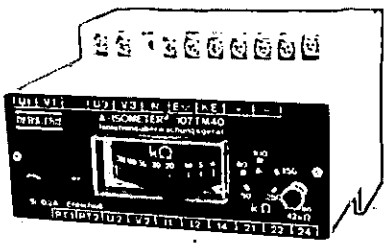


- Messung HF-Ausgangsleistung und HF-Ableitstrom
- Messung Crest-Faktor und Spitzenspannung (Option)
- 15 verschiedene Lastwiderstände
- alphanumerisches Display
- Oszilloskop-Anschluß
- Mikroprozessor-gesteuert
- V24/RS232C-Interface

...mit Perfektion im Detail

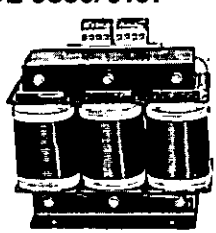
Sicherheit für medizinisch genutzte Räume

A-ISOMETER nach VDE 0107



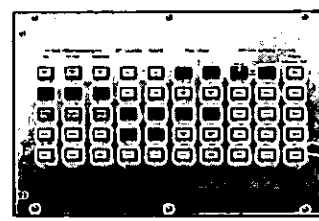
- Isolationsüberwachungsgeräte zur Überwachung von Stromversorgungen nach VDE 0107 mit Nennspannungen bis AC 220 V.
- kOhm-Meßinstrument, Erdschlußmeldeleuchte und Prüftaste eingebaut.
- stufenlos einstellbarer Ansprechwert 50 – 250 kOhm.
- eingebauter Signalspannungstransformator zum direkten Anschluß von drei Melde- und Prüfkombinationen Mk2410.

Transformatoren nach VDE 0550/0107



- Ein- und Dreiphasen-Trenntransformatoren BEV und AEV.
- galvanisch getrennte Wicklungen mit statischer Abschirmung.
- mit herausgeführter Mittelanzapfung bzw. herausgeführtem, sekundärem Sternpunkt.
- Korrosionsschutz durch vollständige Harzimprägnierung.
- Nennleistungen 1,0 bis 10 kVA.

Melde- und Betätigungstafeln



- für den Einbau in Zentralen, Schwesterndienstplätzen, Pförtnerlogen, Op-Räumen, Intensivstationen usw.
- im Fliesenmaß nach individuellen Ansprüchen gefertigt.
- Frontplattenmaterialien eloxiertes Alu, Edelstahl V2A und V4A
- mit Up-Kasten aus Kunststoff
- Einbaumöglichkeiten für Zulieferkomponenten

BENDER

MEDIZINTECHNIK BENDER GmbH+Co.KG
Robert-Bosch-Straße 3 · Postfach 7
D-6310 Grünberg
Telefon (0 64 01) 8 07-70 / Fax 80759
Teletex 6401912 — bender

Hospitech/2.5/8.87

schalten sicher verhindert und der spannungsfreie Zustand festgestellt ist.

Bei Anlagen mit Nennspannungen über 1 kV bis 30 kV muß an Freileitungen mindestens an einer Ausschaltstelle geerdet und kurzgeschlossen werden. Bei Kabelarbeiten darf vom Erden und Kurzschließen an der Arbeitsstelle abgesehen werden, doch muß dann an den Ausschaltstellen geerdet und kurzgeschlossen werden.

Bei Arbeiten an freigeschalteten aktiven Teilen stellen benachbarte unter Spannung stehende Teile eine besondere Gefährdung dar. Von daher sind bei Arbeiten an freigeschalteten aktiven Teilen grundsätzlich auch benachbarte Teile freizuschalten, ausgenommen: sie sind von der Konstruktion oder Errichtung her mit einem Berührungsschutz versehen oder es wird für die Dauer der Arbeiten eine Abdeckung oder eine Abschrankung als Berührungsschutz angebracht.

Bei Nennspannungen bis 1000 V kann davon ausgegangen werden, daß unter üblichen Arbeitsbedingungen ein ausreichender Schutz erreicht wird, wenn mindestens die im Umkreis von 25 cm um die Arbeitsstelle befindlichen aktiven Teile gegen Berühren geschützt sind. Der Wert von 25 cm stellt für den Praktiker eine Entscheidungshilfe dar. Die Elektrofachkraft muß im Einzelfall unter Berücksichtigung der speziellen Verhältnisse die Abstände und Sicherheitsmaßnahmen festlegen.

2.2 Arbeiten in der Nähe von aktiven Teilen

Zu unterscheiden von den Arbeiten an aktiven Teilen sind die Arbeiten in der Nähe von aktiven Teilen, z.B. Bauarbeiten an Traggerüsten einer Schaltanlage.

Die Unfallverhütungsvorschrift verlangt hier folgende Maßnahme:

- Herstellung und Sicherstellung des spannungsfreien Zustandes oder
- Berührungsschutz durch Abdecken oder Abschranken oder
- Einhalten der zulässigen Annäherung

Die Reihenfolge dieser Maßnahmen enthält deren Stellenwert und Wirkungsgrad. Die getroffene Maßnahme ist bei der Auswahl der Arbeitskräfte zu berücksichtigen. Vollständige Sicherheit kann nur durch Freischalten und Sicherstellen des spannungsfreien Zustandes erreicht werden.

Abdeckungen müssen eine ausreichende elektrische Festigkeit besitzen und allen zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen gewachsen sein. Das Einhalten der zulässigen Annäherung ist eine Verhaltensvorschrift, die hohe Achtsamkeit erfordert.

3. Anwendung von Schutzmaßnahmen

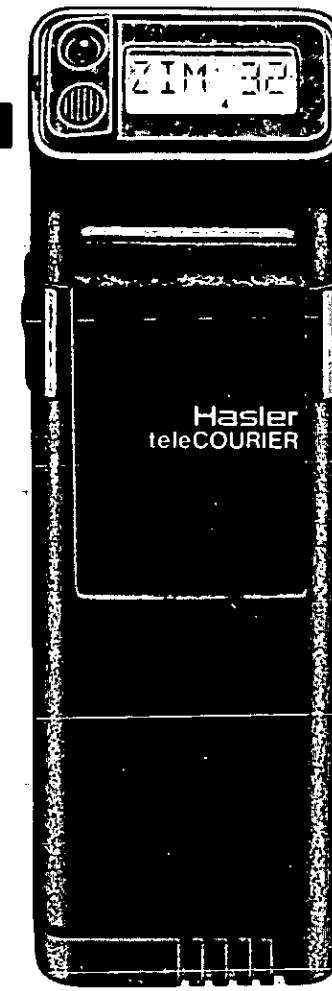
In der seit 01.11.1983 in Kraft befindlichen Norm DIN VDE 0100 Teil 410 sind die elektrotechnisch anerkannten Regeln für Schutzmaßnahmen zum Schutz gegen gefährliche Körperströme bei Starkstromanlagen bis 1000 V festgelegt. Bei der Anwendung von Schutzmaßnahmen wird in DIN VDE 0100 Teil 410 unterschieden in

- Schutz gegen direktes Berühren,
- Schutz bei indirektem Berühren.

3.1 Schutz gegen direktes Berühren

Der Schutz gegen direktes Berühren nach Abschnitt 5 von Teil 410 umfaßt den Schutz durch:

Draht-los auf Draht.



Hasler

Hasler GmbH · Roggensteiner Str. 19,
8037 Olching · Telefon: 08142/1791
Telex 527955 hasd
Teletex 8/428300 haslerd

Damit etwas geschieht, bevor etwas passiert, informiert Sie die Hasler teleCOURIER Personensuchanlage sofort: alphanumerisch, mit 4 Speichern und 2-Ton-Alarmruf. Fordern Sie unseren Prospekt an! **Klare Information.**

- Isolierung aktiver Teile,
- Abdeckung und Umhüllen aktiver Teile,
- Hindernisse gegen Berühren aktiver Teile,
- Abstand zwischen gleichzeitig berührbaren Teilen unterschiedlichen Potentials.

Als Schutz gegen direktes Berühren, der auch als Basischutz bezeichnet wird, gelten mithin alle Maßnahmen zum Schutz von Personen, die sich aus einer Berührung mit aktiven Teilen elektrischer Betriebsmittel ergeben.

3.2 Schutz bei indirektem Berühren

Der Schutz bei indirektem Berühren nach Abschnitt 6 von Teil 410 umfaßt folgende Schutzmaßnahmen:

- Schutz durch Abschalten oder Melden,
- Schutzisolierung,
- Schutz durch nichtleitende Räume,
- Schutz durch erdfreien örtlichen Potentialausgleich,
- Schutztrennung.

Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren umfassen mithin den Schutz von Personen vor Gefahren, die sich im Fehlerfall aus einer Berührung mit Körpern der Betriebsmittel oder fremden leitfähigen Teilen ergeben können (Fehlerschutz). Überwiegend wird der Schutz durch Abschalten oder Melden angewandt und zwar unter Verwendung von Überstrom-Schutzorganen oder Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen. Voraussetzung dabei ist die Durchführung des Hauptpotentialausgleiches.

Der Abschnitt 5.5 von DIN VDE 0100 Teil 410 trägt der technischen Entwicklung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen Rechnung, indem ein zusätzlicher Schutz - bei direktem Berühren aktiver Teile - durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit Nenn-Fehlerstrom $I_{\Delta n}$ = 30 mA unter besonderen Bedingungen anzuwenden ist.

Der erforderliche Schutz ergibt sich aus den einzuhaltenden Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0100 Teil 400 folgende und unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzbereiches nach DIN VDE 0100 Teil 700 folgende. Dabei sind die Möglichkeiten und Grenzen einzelner Schutzmaßnahmen durch systematische sicherheitstechnische Komplexbetrachtungen zu ermitteln und festzulegen.

Technische Ausführungen hierzu werden vorgetragen.

Dipl.-Ing. K. Scheuermann
Steubenstraße 46

6800 Mannheim 1

Mindestausstattung an Meßmöglichkeiten für den Versorgungsbereich im Krankenhaus

von M.Joeschke und L.Rouvel, München

In der Bundesrepublik Deutschland gab es im Jahr 1984 ca. 3100 Krankenhäuser mit insgesamt etwas mehr als 700.000 Planbetten. Die Betriebskosten betrugen etwa 53 Mrd. DM, wovon schätzungsweise 2 Mrd. DM auf die Kosten für die Energieversorgung entfielen. Beim momentanen Stand der Technik erscheinen Energieeinsparungen bis zu 20 % bei nur geringen Investitionen realisierbar. Mit höheren, langfristig ausgelegten Investitionen kann eine noch weitergehende Energieeinsparung erreicht werden.

Zur Erkennung von Potentialen zur Energieeinsparung sind meßtechnische Untersuchungen unerläßlich. Mit ihnen lassen sich die Energieflüsse im Krankenhaus erfassen und analysieren, um anschließend Entscheidungen über Art und Umfang vom Einsparmaßnahmen treffen zu können.

Eine geeignete Meßtechnik ist nicht nur Voraussetzung zur Energiekostensenkung, sondern wird auch benötigt, um energietechnische Anlagen optimal betreiben, Störungen erkennen und Wartungsintervalle festlegen zu können.

Als drittes Argument für den Einsatz einer erweiterten Meßtechnik im Krankenhaus sei die Möglichkeit der innerbetrieblichen Abrechnung genannt. Durch eine Messung der Energieflüsse auch in Teilbereichen lassen sich die Energiekosten verursachergerecht zuweisen und damit auch besser in den Griff bekommen.

Neben diesen unterschiedlichen Gründen der Zielsetzung, Messungen durchzuführen, die sich oftmals mit ein und derselben Meßeinrichtung durchführen lassen, muß man die Messungen in zwei Gruppen einteilen.

Zur ersten gehören Messungen, die kontinuierlich über eine lange Zeit, oft über die ganze Lebensdauer des zu messenden Objektes laufen. Die Geräte dieser Gruppe sind festinstalliert und sind

somit nicht an einer anderen Stelle zusätzlich verwendbar.

Zur zweiten Gruppe gehören Meßeinrichtungen, die an verschiedenen Orten und zur Erreichung einer Vielzahl von Anwendungen verwendbar sind. Hierbei handelt es sich meist um tragbare Geräte oder solche, die z.B. in einen Meßwagen eingebaut sind.

Als weiteres Unterscheidungskriterium sei die Art der Anzeige genannt. Entweder handelt es sich um Geräte, die Momemtanwerte anzeigen oder um registrierende Meßgeräte. Letztere sind in der Regel immer teurer und erfordern einen hohen Aufwand beim Auswerten, ermöglichen aber Aussagen, die mit Momentanwert-anzeigenden Geräten sonst kaum oder nur unter großen Zeitaufwand zu erreichen sind.

Andererseits haben die nicht registrierenden Meßgeräte den Vorteil, daß sie nicht so unhandlich und umständlich zu installieren sind. Man erhält somit schnell Ergebnisse, was besonders für Kontrollen oder für die Fehlersuche von Vorteil ist.

Anhand der Hauptenergieträger im Krankenhaus soll nun auf die notwendige und ergänzende Meßtechnik eingegangen werden. Die genauere Struktur der Energieflüsse wird im Vortrag "Energieflüsse im Krankenhaus" von Herrn Apel behandelt.

Als erster Hauptenergieträger sei der elektrische Strom genannt. In der Regel speist das örtliche EVU an einem Punkt in das Krankenhaus ein. Da es dies natürlich nicht umsonst macht, sind hier die ersten Meßgeräte installiert, in den meisten Fällen je ein Wirkarbeitszähler, ein Blindarbeitszähler und ein Maximummeßgerät. Sie ermöglichen dem Stromversorger die Abrechnung nach Arbeits- und Leistungspreis.

Diese Geräte reichen jedoch nicht aus, um eine Überwachung des Betriebes im Krankenhauses zu ermöglichen. Hierzu wären registrierende Meßgeräte für Blind- und Wirkleistung erforderlich, wobei einfache Linienschreiber oder Punktdrucker meist ausreichen. Anhand dieser Aufzeichnungen läßt sich z.B. einfach die

zeitliche Lage und jeweilige Höhe der Leistungsspitze ermitteln. Mit der Kenntnis der Leistungsanforderung der Hauptverbraucher und deren zeitlichen Lage lassen sich z.B. Tagesspitzen bis zu den Verursachern zurückverfolgen und evtl. nur durch zeitliche Umorganisation vermeiden. Durch eine kontinuierliche Messung der Wirkleistung lassen sich auch neu entstehende Spitzen, hervorgerufen durch Strukturänderung, erkennen. In Bild 1 ist der Tagesgang der elektrischen $^1/_4$ h-Leistung aufgetragen. Die Meßwerte wurden durch Abtasten der Zählerscheibenumdrehungen des Hauptzählers mittels einer Lichtkanone erhalten.

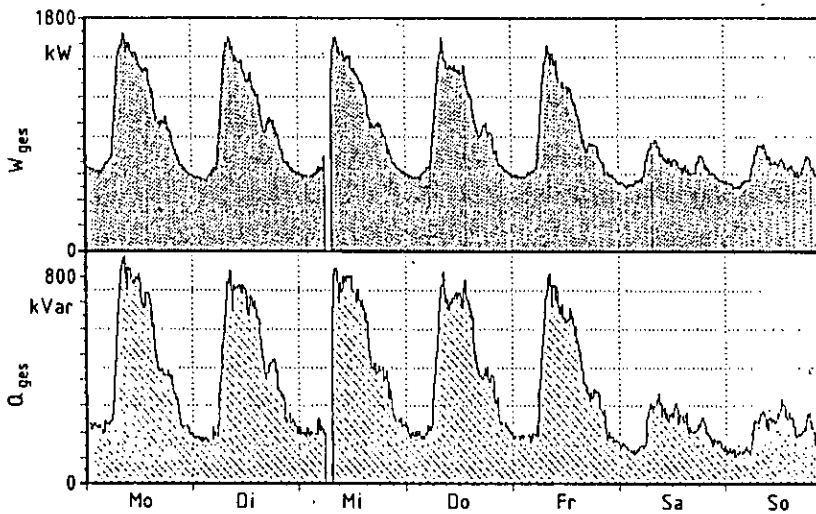


Bild 1 Elektrischer Leistungsgang

Je nachdem, wie der Stromliefervertrag abgeschlossen ist, dient als Maß für den Leistungspreis nicht die Wirkleistungsspitze, sondern die Scheinleistungsspitze. Sie berechnet sich aus dem Quotienten: P_{max}/cos phi, weshalb auch ein Cos Phi Messer von Nutzen ist. So entstanden z.B. in einem untersuchten Klinikum bei einem cos phi von kleiner als 0.9, der nur in einem Monat im Jahr auftrat, Blindarbeitskosten von 156 DM. Jedoch mußten ca 15 TDM mehr an Leistungspreis bezahlt werden im Vergleich zu einem cos phi von 0,94 bis 0,95, der mit einer zu installierenden Kompen-

sationsanlage erreicht werden kann.

Die Messungen, welche in der Einspeisungsverteilung vorhanden sind, sollen auch in den Hauptverteilungen wiederholt werden. Meist sind in den Hauptverteilungen Meßgeräte für Spannung und Strom installiert, jedoch keine für elektr. Arbeit. Solche Arbeitszähler kosten nicht viel, erleichtern aber die innerbetriebliche Überwachung und Kostenumlage, da hiermit die Energiekosten den Verursachern zugeordnet werden können. Eine nachträgliche Installation ist mit häufig vorhandenen Wandlern der Strommesser leicht durchzuführen.

Falls aus Kostengründen keine registrierenden Meßgeräte eingebaut werden können, sollten Zähler mit Impulsausgang verwendet werden, um z.B. mittels Stichproben- oder Kurzzeitmessungen bei der Suche nach Verursachern von Spitzen auch durch den Anschluß von registrierenden Geräten indirekt auf den Leistungbedarf (¹/₄ h-Leistung) zugreifen zu können.

Neben diesen fest eingebauten Meßinstrumenten zur Langzeitmessung sollte jede Betriebswerkstatt mit Meßgeräten ausgerüstet sein, die Strom, Spannung, Cos phi, Wirk- und Blindleistung sowie Wirk- und Blindarbeit erfassen können. Es gibt auf dem Markt Meßgeräte, die alles in einer einzigen Einheit zusammenfassen. Im Lieferumfang sind meist eine bzw. drei Stromzangen zum unterbrechungsfreien Aufschalten der Meßströme enthalten. Ein Drucker zur Registrierung der Meßwerte erleichtert kurzfristige Untersuchungen.

Mit solchen Geräten läßt sich auf der einen Seite ein aufgetretener Fehler schnell eingrenzen. Auf der anderen Seite sind auch Maßnahmen zur Betriebsoptimierung durchführbar, wie z.B. das Aufspüren von Schieflasten oder starken Blindlasten.

Bei der Wärmeversorgung muß man unterscheiden, ob die Wärme als Heißwasser, Heizwasser oder Dampf übernommen wird oder ob sie aus der chemischen Bindungsenergie von fossilen Brennstoffen gewonnen wird. Bei letzteren können mit einfachen Mengenmessungen und der täglichen Registrierung dieser Werte Lastgänge und energetische

Abhängigkeiten ermittelt werden. Meist liegt jedoch das Angebot als Heiz- bzw. Warmwasser oder Dampf vor. Auch hier sollten nicht nur die Übergabestation gemessen werden, sondern auch die Hauptverteilungen, wobei die wichtigsten Meßgrößen die Energiemenge und die Temperaturen der verschiedenen Medien sind.

Moderne Wärmemengenrechner benötigen Meßfühler für Durchsatz, Temperaturen und Zustandgrößen wie Druck und Dichte des Wärmemediums und bieten meistens auch einen Ausgang für die aktuelle Leistung an, der dann für kurzzeitige Untersuchungen Verwendung findet. Um längerfristig Ergebnisse erzielen zu können, sind regelmäßige Ablesungen der eingebauten Zähler z.B. im Rahmen von Betriebskontrollgängen, teilweise täglich, erforderlich.

In Bild 2 sehen Sie die täglichen Energiemengen über der täglichen mittleren Außentemperatur aufgetragen. Solche Bilder sind sehr hilfreich bei der Optimierung von Reglerkennlinien. Um im Fehlerfall den Fehler schnell einkreisen zu können, sind Meßstellen der Temperatur eine nützliche Hilfe, geben aber keinerlei Aufschluß über die Energiemenge, die im System transportiert wird.

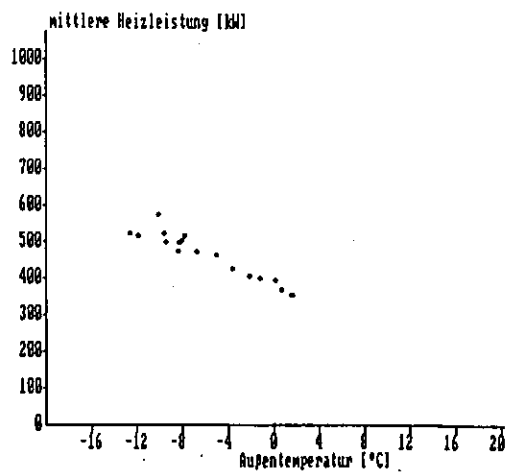


Bild 2 Kennlinie der Heizleistung

Um einzelne Heizkreise bewerten zu können, wäre auch hier die Wiederholung einer Wärmemengenmessung notwendig. Aber aufgrund der hohen Kosten einer solchen Meßanlage läßt sich dieses meist nicht realisieren. Um jedoch im Einzelfall solche Messungen ohne große Umbauaktionen durchführen zu können, sollten wenigstens bei der Planung der Verrohrung an allen erforderlichen bzw. sinnvollen Stellen herausnehmbare Rohrstücke mit der Möglichkeit der Abschieberung und eventuell Umgehung vorgesehen werden, damit für Kurz- oder Langzeitmessungen Geräte problemlos einbaubar sind. Auch sollten bereits genormte Flansche eingeschweißt sein, so daß man die für die Energiemessung notwendigen Volumenmessgeräte schnell einbauen und somit die Einzelkomponenten leicht auf ihren Energieverbrauch überprüfen kann.

Bei Lüftungsanlagen ist es nur mit großem technischem Aufwand möglich, die Luftmenge zu bestimmen, so daß eine kontinuierliche Messung deshalb nicht sinnvoll ist und so nur bei Abnahmemessungen durchgeführt wird. Wenn sich bei Lüftungsanlagen die Volumenströme nur in definierten Stufen ändern, kann jedoch selbst bei Messungen über längere Zeiträume die kontinuierliche Erfassung des Volumenstroms unterbleiben. Voraussetzung für dieses Verfahren ist jedoch die genaue Kenntnis von Schaltzeiten, wobei man mittels geeigneter Meßmittel, z.B. Flügelradanemometer oder Ventilatorspannung, diese Zeiten überprüfen sollte. Eine Überprüfung der Luftmengen ist notwendig. Ansonsten reichen für gewöhnlich die Temperaturen der Luft in den einzelnen Anlageteilen, um auf die Wärmemengen schließen zu können.

Daß es sich durchaus lohnt, Lüftungsanlagen in größeren Abständen auch mittelfristig -also über 24 Stunden- zu untersuchen, zeigt folgendes Beispiel. In einem meßtechnisch untersuchten Krankenhaus wurde die Lufttemperatur über 24 Stunden mitgeschrieben. Das Ergebnis war, daß während der Nacht die Temperaturen auf 70 °C anstiegen. Eine nähere Untersuchung ergab, daß aus Energieeinsparungsgründen die Anlage nach Dienstschluß durch einen Hauptschalter stillgesetzt und vor Dienstbeginn wieder angefahren wurde. Dabei wurde aufgrund der Verschaltung die komplette Regelung ausgeschaltet, so daß die pneumatischen Regelventile an

den Heizregistern voll öffneten. Durch den thermischen Auftrieb herrschten in den senkrechten, nach oben gehenden Kanälen Strömungsgeschwindigkeiten von ca. 1-2 m/sec. Der sich daraus berechnete Energiekostenverlust betrug ca. 28 TDM pro Jahr. Da dieser Umstand nur während der Nachtstunden -also außerhalb der normalen Dienstzeit- auftrat, fiel dies lange keinem auf.

Zur Beurteilung des Raumklimas sollte jede Betriebswerkstatt mehrere Thermohygrographen besitzen. Die Geräte sind leicht zu bedienen und schnell in den zu messenden Räumen aufzustellen und zeichnen über einen längeren Zeitraum z.B. eine Woche Temperatur und Feuchte auf.

Zum Abschluß sei noch erwähnt, daß in Lüftungsanlagen Druckmessungen wertvolle Kenntnisse über Filterzustand und Keilriemenfunktion geben können, auch wenn dies nicht unbedingt zur Energiekostensenkung beiträgt.

In Tabelle 1 sind noch einmal alle wesentlichen Meßgeräte auf einem Blick zusammengefaßt.

Dipl. Ing. Michael Joeschke
Forschungsstelle für Energiewirtschaft
Am Blütenanger 71
8000 München 50

Tel. 089 / 150 20 77

Tabelle 1 Übersicht über die notwendigen Energiemeßgeräte im Krankenhaus

	Hauptverteilung	Unterverteilung	mobil
Strom	Wirkarbeitszähler mit getrennter Zählung von Hochtarif und Niedertarif evtl. cos phi	Wirkarbeitszähler mit getrennter Zählung von Hochtarif und Niedertarif	cos phi kW,kVar,kVA U,I kWh

	Hauptverteiler Unterverteiler	mobil
Heißwasser	Wärmemengen Wärmeleistung Temperatur	Thermometer
Dampf	Wärmemengen Durchflußzähler Dampfleistung Druck Temperatur	Thermometer
Kälte	Kältemengenmesser Leistung Temperatur	Thermometer
Gas/Öl	Brennstoffzähler	
Heizung	Meßstrecken vorbereiten	Thermometer
Lüftungen		Thermometer Feuchte Betriebszeiten Anemometer

ENERGIEFLÜSSE IM KRANKENHAUS:

Anfall, Beurteilung, Wirtschaftlichkeit, Management

von H. Apel, Mülheim

1. Grundlagen

Um Energieflüsse beurteilen, steuern, wirtschaftlich verändern und ein erfolgreiches Energiemanagement betreiben zu können, müssen wir diese zumindest im wesentlichen kennen und einen groben Überblick über die Leistungs- und Verbrauchsanteile der wichtigsten Betriebsbereiche, Module und Verbrauchergruppen eines Krankenhauses haben.

Oft bedient man sich dabei spezifischer und allgemeiner Erfahrungswerte. Diese können jedoch nur die Grundlage für eine sehr grobe Abschätzung sein, da sie nicht die Eigenheiten des jeweiligen Hauses berücksichtigen. Sowohl der bauliche Zustand und die Betriebsweise, als auch der Grad der technischen Ausstattung der einzelnen Abteilungen sowie des gesamten Krankenhauses können jedoch sehr stark den spezifischen Verbrauch bei den einzelnen Energieträgern beeinflussen.

Die folgende Tabelle mit spezifischen Werten von fünf näher untersuchten Krankenhäusern mag dies verdeutlichen:

	KRANKENHAUS				
	1	2	3	4	5
Planbetten	434	852	600	399	560
Brennstoff/Wärme kWh/Bett/d	76,6	83,4	74,4	54,2	90,1
elektr. Strom kWh/Bett/d	15,9	19,3	11,6	7,7	30,3
kWh/Pflegetag	19,4	24,5	12,5	9,3	34,5

Ein realistisches Bild des Energieflusses eines bestimmten Krankenhauses läßt sich daher nur durch entsprechende Leistungs- und Verbrauchsmessungen gewinnen, wobei eine überlegte Auswahl der Module den Maßaufwand in einem vertretbaren Rahmen halten kann.

Auf diese Weise abgeleitete spezifische Werte können dann eine große Hilfe bei der weiteren Beurteilung des Hauses sein. Sie dürfen aber auch dann nicht alleine betrachtet werden, sondern nur in Verbindung mit dem Standard, dem Umfang der technischen Anlagen und der Betriebsführung des Hauses bzw. mit den Veränderungen derselben.

2. Zusammensetzung des Energieverbrauches

Leider gibt es nur sehr wenige Krankenhäuser, in denen Leistungen und Energieverbräuche so differenziert gemessen worden sind, daß sich der Energiefluß insgesamt ausreichend detailliert darstellen läßt. Im Regelfalle werden nur die Anteile der Energieträger und evtl. noch der ganz großen Verbrauchergruppen erfaßt.

Die nachfolgenden Beispiele ergeben sich im wesentlichen aus zum Teil sehr detaillierten Messungen in vier annähernd vergleichbaren Allgemeinkrankenhäusern in relativ kompakter Bauweise:

- Haus A = 852 Planbetten, Fertigstellung 1974
- Haus B = 600 Planbetten, Fertigstellung 1977
- Haus C = 434 Planbetten, Fertigstellung 1969
- Haus D = 259 Planbetten, Fertigstellung 1979

Das Haus B nimmt hier eine gewisse Sonderstellung ein: Es ist mit einer Wärmepumpenanlage ausgerüstet. Als Energieträger ist ausschließlich elektrischer Strom vorhanden, wodurch eine nahezu lückenlose, kontinuierliche Erfassung aller wichtigen Energieverbraucher möglich ist. Ansonsten entsprechen die Häuser der zu ihrem Erstellungszeitpunkt üblichen Ausführung.

INGENIEURGESELLSCHAFT für GEBÄUDEAUTOMATION

3250 Hameln · Wehler Weg 14 · Telefon (0 51 51) ~~72 42~~ · Telex 92 822 zachd

7474

15. Kongreß und Ausstellung für Krankenhaustechnik
HospiTech Hannover
13. bis 15. Oktober 1987

INGA

Ihr kompetenter Partner
für angepaßte Problemlösungen
der DDC-Technik und der ZLT-G

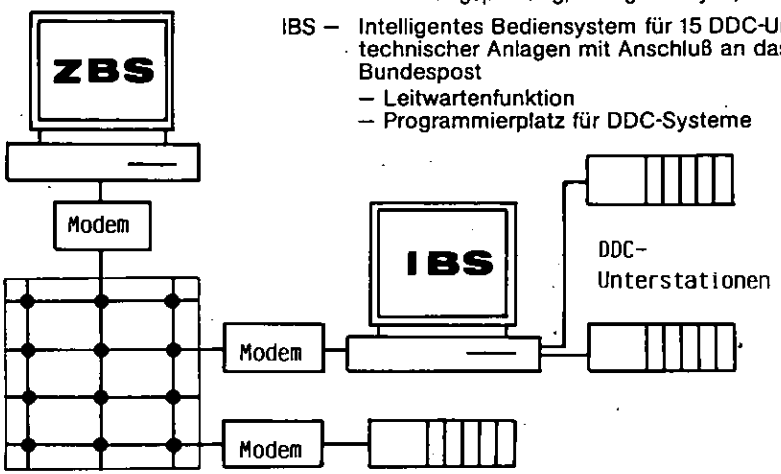
Unser Tätigkeitsprogramm:

- Gesamtkonzepte für Gebäudeleittechnik
- Kundenspezifische Systemlösungen mit handelsüblichen DDC-Fabrikaten
- Spezialsoftware für Sonderprobleme
- Energieverbrauchsanalysen
- Energiemanagement
- Fernüberwachungen der gesamten Gebäudetechnik
- Schaltschrankbau mit CAD-Dokumentation

Zwei Beispiele aus unserer Produktentwicklung:

ZBS – Zentrales Bediensystem zur Fernüberwachung, Parametrierung und Programmierung der DDC-Systeme haustechnischer Anlagen über das Telefonnetz der Bundespost
- zentrale Störmeldeerfassung
- Dokumentation von Anlagenzuständen
- Wartungsplanung, Energieanalyse, Abrechnung

IBS – Intelligentes Bediensystem für 15 DDC-Unterstationen haustechnischer Anlagen mit Anschluß an das Telefonnetz der Bundespost
- Leitwartenfunktion
- Programmierplatz für DDC-Systeme



INGENIEURGESELLSCHAFT für GEBÄUDEAUTOMATION

3250 Hameln · Wehler Weg 14 · Telefon (0 51 51) 72 42 · Telex 92 822 zachd

Das **BILD 1** zeigt den kompletten Energiefluß des Hauses B. Zu beachten ist hier, daß ein großer Teil des Wärmebedarfes für die Raumlufttechnischen (RLT-)Anlagen durch die Wärmepumpe, d. h. interne Energieverschiebung gedeckt wird.

Die **BILDER 2 bis 4** geben Aufschluß über die Aufteilung des mittleren täglichen Wärme- bzw. Stromverbrauches in den Häusern A und C.

Die Verbrauchergruppen

- Raumkonditionierung (Heizung und RLT)
- motorische Antriebe (Heizung und RLT)
- Licht und medizinische Geräte

stehen ganz klar im Vordergrund.

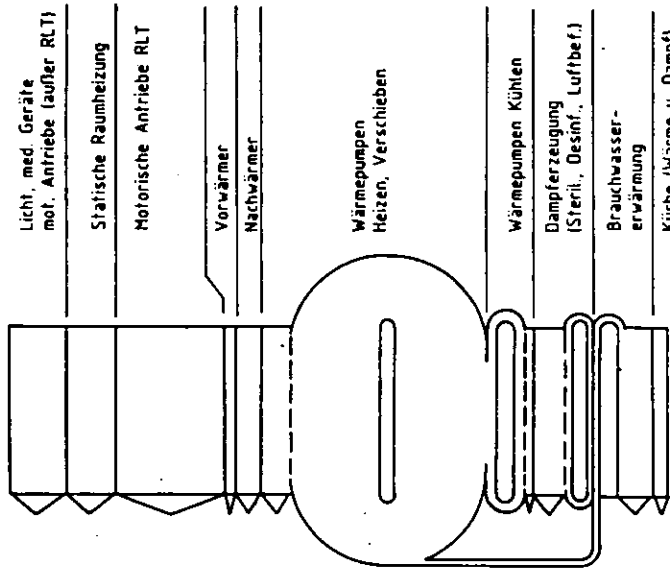


BILD 1: Struktur des Jahresenergieverbrauches (Krankenhaus B)

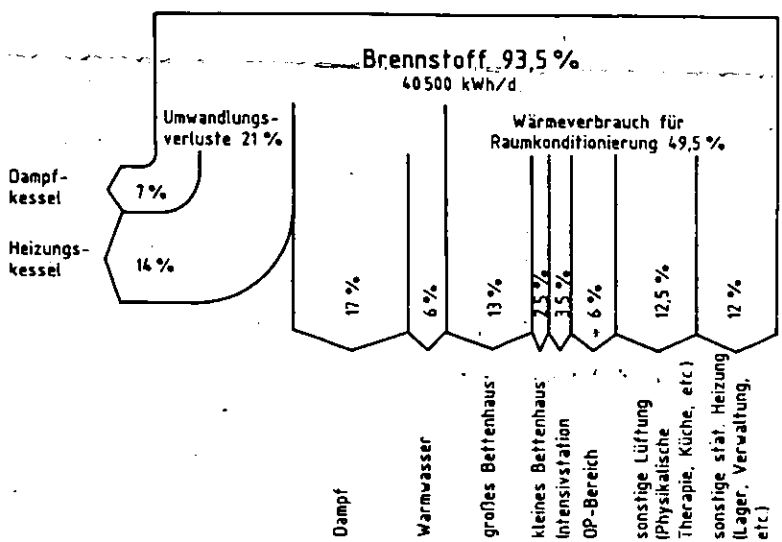


BILD 2: Struktur des täglichen Wärmeverbrauches eines Werktags bei ca. t_A=5°C (Krankenhaus C)

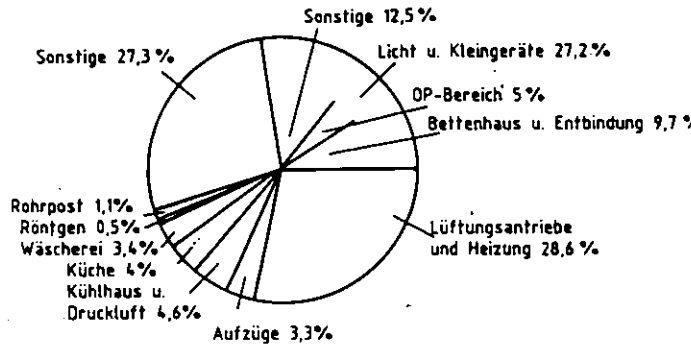


BILD 3: Struktur des mittleren täglichen Stromverbrauches für Werktage (Krankenhaus A)

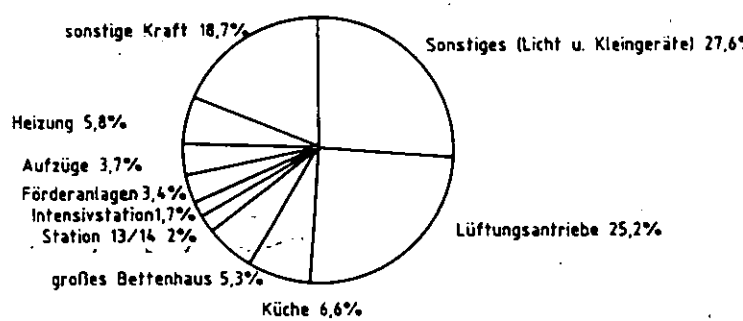


BILD 4: Struktur des mittleren täglichen Stromverbrauches für Werktage (Krankenhaus C)

Es folgt dann eine Vielzahl von kleinen Verbrauchergruppen, deren Anteile in der Regel jeweils weit unter 10 % liegen. Das **BILD 5** zeigt den geringen Anteil verschiedener Module am Gesamtenergieverbrauch.

Die in den **BILDERN 6 bis 10** dargestellten Tagesgänge der elektrischen Leistungen, der prozentualen Heizleistung und des Warmwasserverbrauches für einzelne Module und das Gesamtkrankenhaus zeigen typische Verläufe, die sich weitgehend aus dem betrieblichen Ablauf im Krankenhaus ergeben.

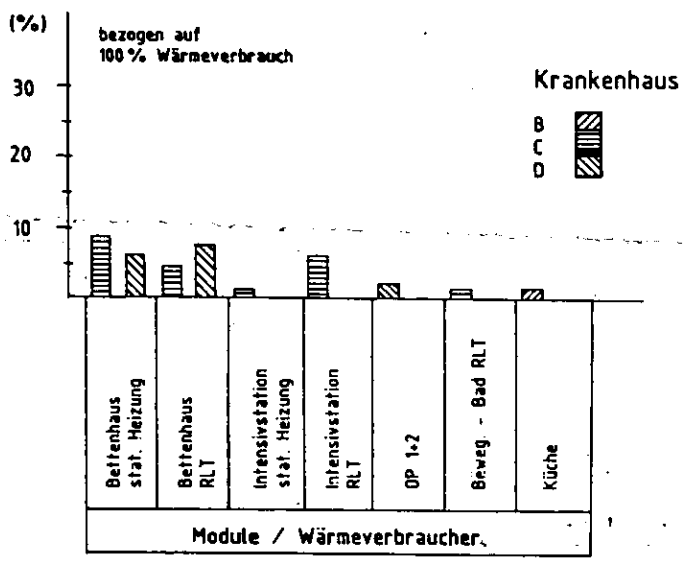


BILD 5: Anteile verschiedener Module am Jahreswärmeverbrauch

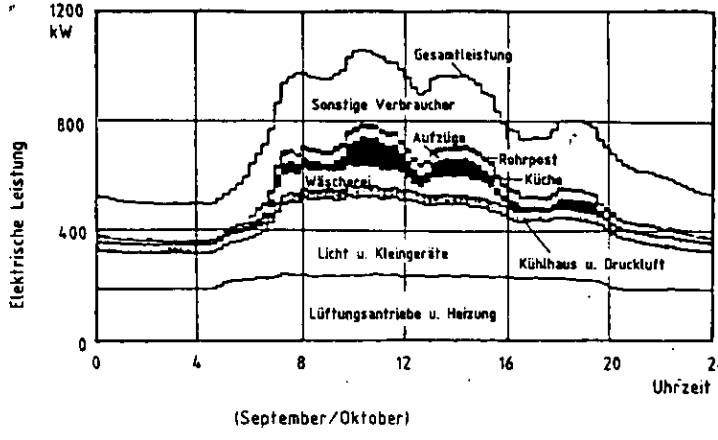


BILD 6: Mittlerer Tagesgang der elektr. Leistung für Werktage (Krankenhaus A)

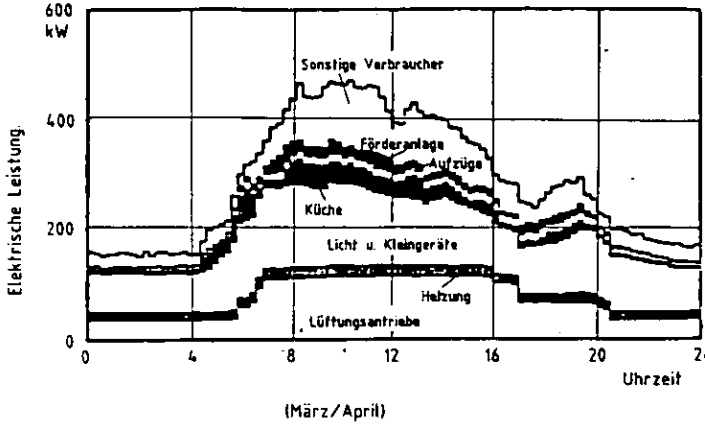


BILD 7: Mittlerer Tagesgang der elektr. Leistung für Werktage (Krankenhaus C)

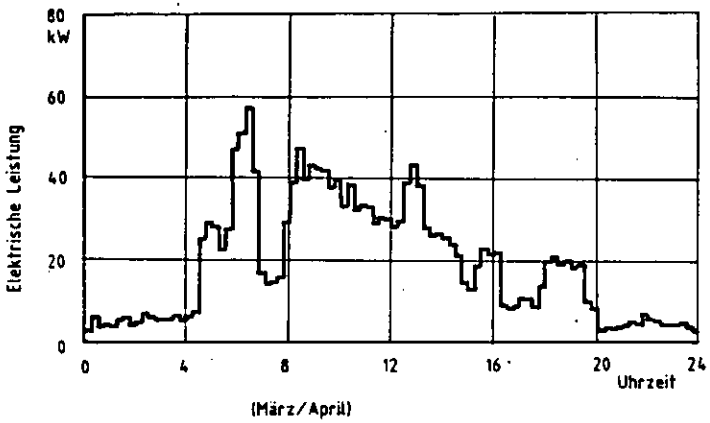


BILD 8: Mittlerer Tagesgang der elektr. Leistung (Werktage) für die Küche (Krankenhaus C)

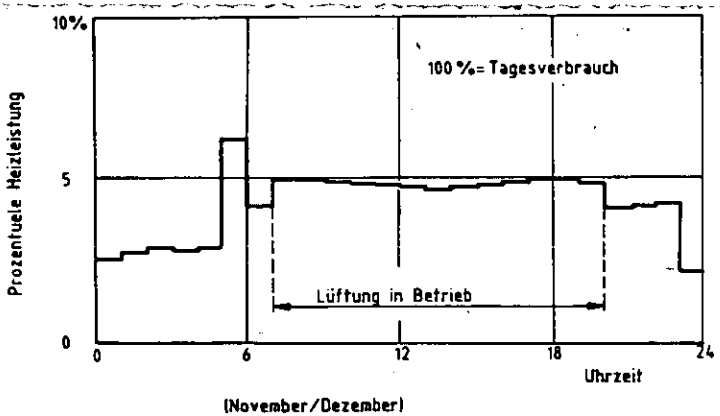


BILD 9: Mittlerer prozentualer Tagesgang der Heizleistung einschl. Lüftung für das Bettenhaus (Krankenhaus C)

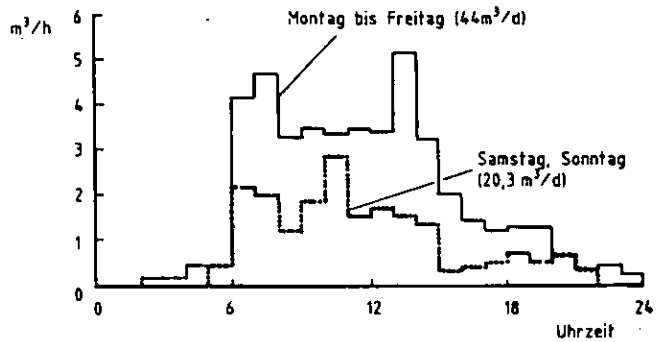


BILD 10: Mittlerer Tagesgang des Warmwassersverbrauches
(Krankenhaus C)

3. Bewertung von Leistungen, Verbräuchen und möglichen Maßnahmen

Die im vorhergehenden Kapitel dargestellten Meßergebnisse lassen den Schluß zu, daß sowohl bei den Energieflüssen, als auch bei den Tagesgängen bestimmte Tendenzen vorhanden sind:

Einerseits gibt es die großen Verbrauchergruppen, wie

- Raumkonditionierung, Heizungs- und RLT-Antriebe, Licht und medizinische Geräte,

deren Anteil insgesamt allgemein bei ca. 2/3 des Gesamtenergieverbrauches liegt und daneben eine Vielzahl von kleinen Verbrauchergruppen bzw. Betriebsbereichen, wie z. B.

- Warmwassererwärmung, Aufzüge, Küche, Wäscherei, Förderanlagen,

andererseits zerfällt bei einer modulweisen Betrachtung auch die erste Gruppe in eine Vielzahl kleinerer Verbraucher (-grup-

pen), deren Anteil in den meisten Fällen jeweils unter 10 % liegt. Diese Erkenntnis ist wichtig, da hierdurch eine Überbewertung einzelner Betriebsbereiche oder Verbraucher vermieden wird, wie dies z. B. oft bei der Küche, der Wäscherei, den OP-Räumen oder der Intensivpflege der Fall ist.
Sicher ist, daß bei der erstgenannten Gruppe das größere Energieeinsparpotential zu finden ist, z. B. durch

- Reduzierung des Komforts bei der Raumkonditionierung auf das vertretbare und zulässige Mindestmaß
- Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen
- Einsatz von energiesparenden Leuchten
- Anpassung der RLT-Antriebe an den Leistungsbedarf; Abschaltung und Leistungsreduzierung der RLT-Anlagen außerhalb der Betriebszeiten, soweit zulässig
- Abbau von Leistungsspitzen durch kurzzeitige Abschaltung von Verbrauchern oder Verschiebung bestimmter Arbeitsgänge.

Dies sind zwar allgemein bekannte Maßnahmen, ihr Erfolg hängt jedoch weitgehend von dem Kriterium

- Effizienz bzw. Verhältnis zum Gesamtenergieeinsatz ab.

Das ist jedoch nur dann möglich, wenn man bei der Auswahl von Maßnahmen bzw. der hierfür in Frage kommenden Verbraucher die Verbrauchsstruktur und die Tagesgänge ausreichend kennt.

Ein Vergleich der Bilder 6 und 7 zeigt z. B. im Haus C ganz klar die Zeit des Voll- und Teilbetriebes der RLT-Anlagen. Im Haus A dagegen sind diese kaum erkennbar, d. h. die Anlagen wurden über 24 h nahezu mit voller Leistung betrieben. Es konnte hier eine mögliche Einsparung von ca. 1.800 kWh/d ermittelt werden (ca. 10 % des täglichen Stromverbrauches).

Grundsätzlich gilt, daß Maßnahmen im Bereich der Haustechnik so zu wählen sind, daß die Gesamtwirtschaftlichkeit verbessert wird und nicht Einzelmaßnahmen, deren Gesamteffizienz in vielen Fällen gering ist, große Erfolge vortäuschen.

4. Management und Vorgehensweise

Ein "praktisches", erfolgreiches Energiemanagement beginnt damit, daß wir uns ein Bild über die Energieflüsse, die Betriebsweise und den Zustand der technischen Anlagen des Hauses machen. Hierzu bedarf es einer Mindestausstattung an Meß-, Steuer- und Überwachungseinrichtungen.

In einer ersten Phase sollte dann der Soll-Zustand geschaffen werden. Das ist praktisch ohne größere Investitionen durch die Korrektur von Fehleinstellungen, Anpassung des Betriebes von Anlagen an den tatsächlichen Bedarf und die Modernisierung kleiner Anlagenkomponenten möglich. Einsparungen zwischen 10 und 20 % sind so zu erreichen. Dieser Zustand muß beibehalten werden, d. h. es sind stetige Betriebsüberwachung, -anpassung und -modernisierung erforderlich. Den Erfolg eines solchen Managements zeigt das **BILD 11.**

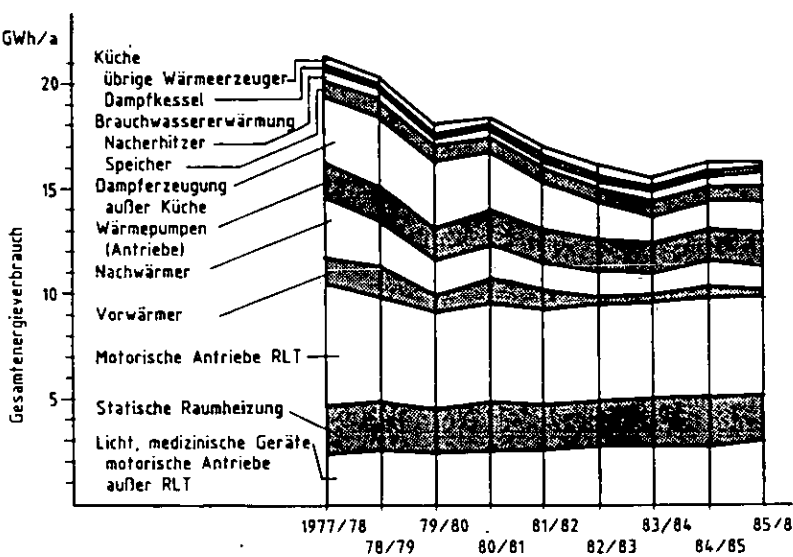


BILD 11: Reduzierung des Energieverbrauches durch ständige Verbesserung des Betriebes der haustechnischen Anlagen (Krankenhaus B)

Ist der Soll-Zustand hergestellt, so kann der "verbesserte Soll-Zustand" angestrebt werden. Für dieses Ziel ist ein kurz-/mittelfristiger Finanzierungsplan erforderlich, denn die Maßnahmen reichen jetzt vom Austausch größerer Anlagenkomponenten bis zur Sanierung und Modernisierung kompletter Anlagen.

Letzter Schritt ist die Verwirklichung des "optimalen Soll-Zustands". Dies ist im Regelfall nur mittel-/langfristig möglich, da hier z. B. die Anpassung der Erzeugersysteme unter Berücksichtigung absehbarer Veränderungen des Gebäudes, der Nutzung und der Betriebsabläufe vorzunehmen ist.

Diese Vorgehensweise, nämlich zunächst den Verbrauch zu minimieren, ist von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes und der durchzuführenden Verbesserungsmaßnahmen. Das umgekehrte Verfahren hätte beträchtliche Fehlinvestitionen zur Folge. Es kann z. B. ein neu installierter, moderner, dem Ist-Zustand angepaßter Wärmeerzeuger nicht wirtschaftlich sein, wenn sich seine Leistung durch anschließende kleine Verbesserungsmaßnahmen immer weiter vom Bedarf entfernt.

5.0 Schlußbetrachtung

Obwohl es das "verbrauchstypische Krankenhaus" schlechthin nicht gibt, lassen sich doch Tendenzen und typische Strukturen bei den Energieflüssen und Leistungsgängen feststellen. Diese Kenntnis alleine ist jedoch nicht für die Beurteilung der Energiehaushalte, der Wirtschaftlichkeit des Betriebes und von Energieeinsparmaßnahmen ausreichend. Spezifische Werte sind hier auch wenig hilfreich, da sie die Besonderheiten eines bestimmten Krankenhauses nur unzureichend berücksichtigen.

Die jeweils einzelne Erfassung der Energieverbrauchsstruktur eines Krankenhauses auf meßtechnischem Wege ist deshalb unerläßlich. Nur auf dieser Grundlage läßt sich ein erfolgreiches Energiemanagement durchführen und ein wirtschaftlicher Betrieb der haustechnischen Anlagen verwirklichen.

LITERATUR:

Canzler, B.: Energierückgewinnung im Marienhospital Gelsenkirchen (Tagungsband "Fachtagung Krankenhaustechnik" 1979; "Das Krankenhaus", Sept. 1979)

Dittmann/Tamm: Energiebedarfsreduzierung bei einem Krankenhausneubau ("Sanitär- und Heizungstechnik", 10.1980)

Esdorn/Jahn: Untersuchungen zur Energie- und Kosteneinsparung in einigen Großkliniken (Tagungsband "Fachtagung Krankenhaustechnik", 1985)

Flaschar/Gossenberger/Markgraf: Analyse des Energieeinsatzes in einem Krankenhaus ("Brennstoff-Wärme-Kraft", 6.1977)

Graff, K. W.: Energieverbraucher Krankenhaus: Bedarf - Verbrauch - Kosten (Tagungsband "Fachtagung Krankenhaustechnik", 1983)

Klaus/Schemkes: Energiehaushalt in neuzeitlichen Krankenhäusern ("Elektrowärme International", 5.1977)

Nietsch, K.: Zentrale Leittechnik - ein Instrument zur Kostenoptimierung ("Elektrowärme International", 5.1977)

Pinter, T: Verbrauch und Einsparung von Energie in Krankenhäusern ("Das Krankenhaus", 5.1983)

ERIK - Energierationalisierung im Krankenhaus (Forschungsbericht BMFT -FB 03E - 5340 - A / 1985)

Anschrift des Verfassers:
Dipl.-Ing. Hansjürgen Apel,
Canzler Ingenieure GmbH, Viehgasse 10,
4330 Mülheim an der Ruhr 13

Ein Jahr Betriebserfahrung mit einem Blockheizkraftwerk K. Steinel, Gummersbach

1. Versorgungsobjekt

Neubau Kreiskrankenhaus Gummersbach

Ein Krankenhausneubau der Spitzenversorgung mit 582 Betten und zwölf Fachabteilungen, Allgemeinchirurgie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Innere Medizin, Frauenheilkunde und Geburtshilfe, Kinderheilkunde, Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Neurologie, Psychiatrie, Röntgendiagnostik, Strahlentherapie, Nuklearmedizin, Anästhesie und Intensivmedizin sowie ein Pathologisches Institut. Nach einem etwa 20jährigem Planungsstadium wurde im April 1980 der erste Spatenstich vollzogen. Fertigstellung und Inbetriebnahme am 01. Juni 1985.

Vom Bautyp dem Breitfuß zuzuordnen hat das Gebäude zehn Ebenen und ist als Hochhaus einzustufen. Ebene 1 - Wirtschafts- und Versorgungsbereich, Ebene 2 - Diagnostik Notversorgung, Ebene 3 - Haupteingang, Diagnostik und Verwaltung, Ebene 4 - OP-Bereiche, Intensivpflege, Ebene 5 - Technik-Geschoß, Komunikation, Ebene 6 bis Ebene 9 - Bettenhaus, Ebene 10 - Technikgeschoß, zentrale Lüftungsdecke, Wärmerückgewinnung, Aufzugsmaschinenräume. Bedingt durch die Hanglage sind alle Ebenen natürlich belichtet. Umbauter Raum 203.999 m^3, Nutzfläche 50.737 qm.

Der Baukörper für das Blockheizkraftwerk wurde aus Gründen der Schallemission weitgehend in das Erdreich eingebracht. Im Betriebsjahr 1986 hatte das Krankenhaus eine Auslastung von % Fallzahl 13.000 Verweildauer etc.

2. Konzeption der Energieversorgung

Im Planungszeitraum 1979/1980 war die Energiewirtschaft gekennzeichnet durch Ölpreiskrisen. Der Preis für Rohöl und dessen Produkte stieg schlagartig in die Höhe. Diese Ölpreiskrisen haben zu einer tiefgreifenden Bewußtseinsänderung geführt und machten deutlich, die Endlichkeit fossieler Energieträger. Dies zwang zu Oberlegungen, das Wirtschaftsgut Energie sparsam einzusetzen. Eine Möglichkeit mit den begrenzten Vorräten an fossi len Energieträgern sparsamer umzugehen, ist die Wärmekraftkopplung. Dann, wenn es gelingt, die bei der Stromerzeugung zwangsläufig entstehende Wärme wieder sinnvoll einzusetzen. Somit ergibt sich eine wesentlich bessere Ausnutzung der eingesetzten Brennstoffe. Diese Kopplung von Kraft und Wärme wurde im Neubau des Kreiskrankenhauses Gummersbach durch Einbau eines Blockheizkraftwerkes realisiert. Das Blockheizkraftwerk vervollständigt neben drei gasmotorisch betriebenen Wärmepumpen und zwei Warmwasser-Spitzenkesseln die Energieversorgung des Krankenhauses, Bild 1 (Energieflußbild). Insgesamt wurde mit folgenden Höchstleistungen und Verbräuchen im Jahresbetrieb gerechnet:

Statische Heizung, Brauchwasser und Klima/Lüftung

Bedarf:	16.200 MWh/a
Leistung:	6.700 kW

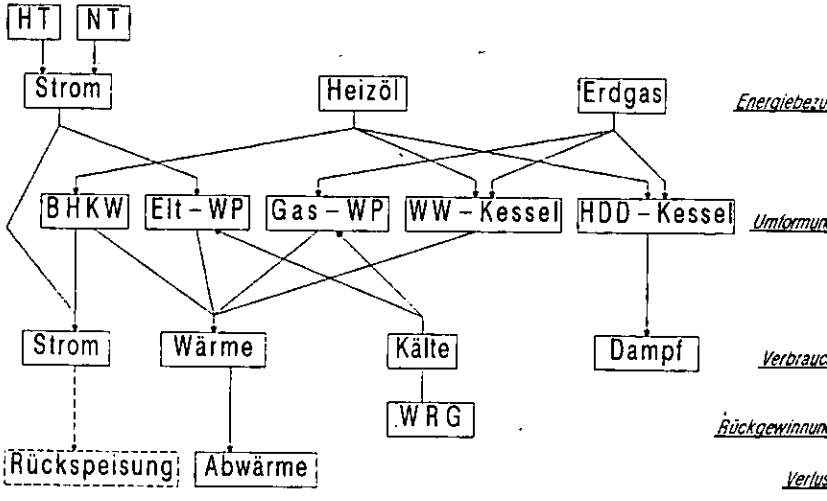
Strom

Bedarf:	6.500 MWh/a
Leistung:	1.400 kW

Kälte

Bedarf:	2.700 MWh/a
Leistung:	1.540 kW

Bild 1

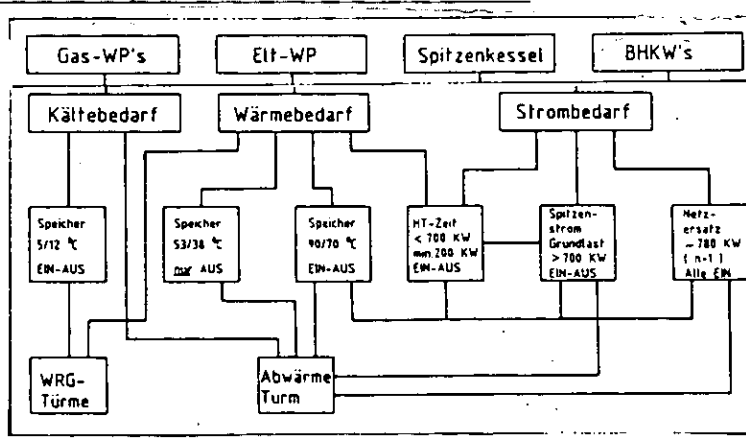


Energie-Flußbild

Zur Deckung der geforderten Leistungen werden die Energieerzeuger unter Verwendung der Primärenergien Erdgas und Heizöl wie folgt betrieben: Das Blockheizkraftwerk, bestehend aus vier 12Zylinder aufgeladener Dieselmotoren mit je 275 kW sowie vier Syncron-Generatoren, maximale elektrische Leistung je 240 kW, kann zur Spitzenlastabdeckung des Strombedarfes eingesetzt werden sowie zur Wärmebedarfsdeckung in der Hochtarifzeit als auch wärmeführend. Dieser Systemat ik ist generell der Netzersatzbetrieb übergeordnet. Im Rahmen der Spitzenlastabdeckung ist gemäß der Vereinbarung mit dem örtlichen EVU eine Leistung von 700 kW bestellt. Die darüber hinaus gehende Leistung wird durch eigene Stromerzeugung gedeckt. Durch einen Reservestromlieferungsvertrag kann in

Störungsfällen eine Leistung von zusätzlich 580 kW zu entsprechenden Konditionen beim EVU gezogen werden. Die beim Betrieb anfallende Wärme im Bereich der Motorkühlung und des Abgases wird über Wärmetauscher Gesamtleistung 1.600 kW der 90° Schiene Heizungssystem und Brauchwasserbereitung zugeführt. Zu Zeiten von minderem Wärmeverbrauch wird die entstehende Abwärme in zwei 90° Pufferspeicher geführt; Speicherinhalt 50 m^3. Die gasmotorisch betriebenen Wärmepumpen bestehen aus drei 8Zylinder Erdgasmotoren; Leistung je 147 kW und je einem Kolbenverdichter, werden zur Deckung des Klima-Kältebedarfs sowie zur Wärmerückgewinnung eingesetzt. Bei der Kälteerzeugung wird die Wärme aus der Motorkühlung und den Abgasen über Wärmetauscher der 90° Schiene zugeführt. Die Niedertemperaturwärme - 53° - gewonnen aus der Kondensatorabwärme, dient als Grundlastwärmeerzeugung für Lüftungs- und Klimaanlagen. Nach dem gleichen Prinzip wird verfahren beim Umschalten auf Wärmepumpenbetrieb. Als Wärmequelle dient hierbei die Fortluft sämtlicher Lüftungs- und Klimaanlagen. Die Fortluft wird auf Ebene 10 in einer zentralen Lüftungsdecke gesammelt und durch Wärmerückgewinnungstürme unter Entziehung eines erheblichen Teils an Wärmeinhalt wieder an die Außenluft abgegeben. Als Wärmeträger kommt hier ein Wasserkreislauf zum einsatz. Gesamtleistung der Wärmerückgewinnung ca. 2.770 kW, Gesamtarbeit 11.600 MWh/a. Zur Spitzenabdeckung des Wärmebedarfs werden zudem moderne Warmwasserkessel - Gesamtleistung 5.000 kW - eingesetzt. Um auch hier den Wirkungsgrad zu optimieren, ist hinter jedem Kessel ein Rauchgas-Optimator geschaltet.

Bild 2 Prinzipschaltbild Wärme- und Kälteverbund



3. Praxis

Die Integration des Blockheizkraftwerkes in den gesamten Wärmeverbund brachte es mit sich, daß die Energiezentrale heute nach Fertigstellung an das Innere eines U-Bootes erinnert. Diese Bedingungen werden uns als Betreiber zukünftig insbesondere bei großen Instandsetzungsarbeiten noch Kopfzerbrechen bereiten.

Zur Enge beigetragen haben besondere Maßnahmen wie separate Verbrennungsluftzuführung, ein Brennstofftank für den 24stündigen Vorrat gemäß Krankenhausbauverordnung, zwei getrennte Schmieröltanks für die zentrale Schmierölversorgung der Motoren, da das Festhalten der Motorhersteller an bestimmte Ölsorten eine gemeinsame Schmierölversorgung nicht zuließ. Umfangreiche Schallschutzmaßnahmen, zu meist auch raumgreifend, verhindern erfolgreich, daß die Patienten von der doch imposanten Geräuschkulisse verschont bleiben. Die räumlich angrenzende Niederspannungshauptzentrale ließ eine günstige Einbindung des Blockheizkraftwerkes zur Stromversorgung zu. Die in der zentralen Schaltwarte untergebrachte BHKW-Schaltanlage dient zur Steuerung und Überwachung der vier Diesel-Aggregate sowie zur Ansteuerung des Netzkuppel- und Verbraucherabgangsschalter. Ferner ist ein Netzausfall-Erfassungssystem eingebaut. Die Steuerung und Regelung der gesamten Anlage ist in einen Mikro-Computer zusammengefaßt. Mittels eines Schlüsselschalters können die vier Betriebsarten des Blockheizkraftwerkes vorgewählt werden. Betriebsart 1 Wärmebedarfsdeckung mit gleichzeitiger Stromerzeugung. Die Aggregate werden in diesem Falle von der Wärmeanlage angefordert; bei dieser Betriebsart werden die Aggregate auf 100 % Nennleistung ausgeregelt, wobei auch eine Rückspeisung ins öffentliche Netz auftreten kann. Betriebsart 2 Spitzenstromabdeckung mit gleichzeitiger Wärmeerzeugung. Die Anforderung des ersten Aggregates erfolgt durch zwei Kriterien

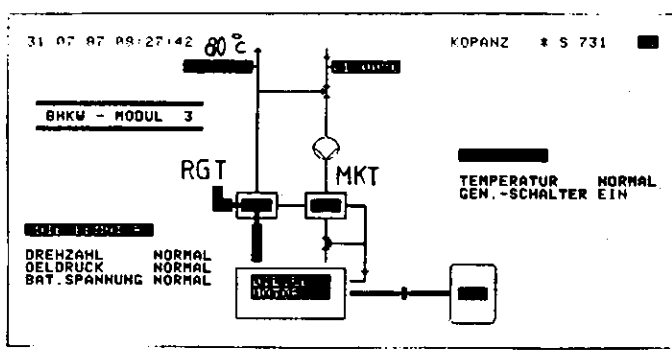
a) Wenn der IST-Wert den SOLL-Wert des Netzmaximumwächters überschritten hat, bzw.

b) Die Netzbezugsleistung von 700 kW um eine eingegebene Zeithöhe liegt. Nach Parallelschalten mit dem Netz wird das Aggregat in seiner Leistung so ausgeregelt, daß die Netzbezugsleistung zwischen den Werten 700 kW bis 680 kW liegt, mindestens aber 25 % Nennleistung. Sind die unter a) und b) angegebenen Kriterien nach einer eingegebenen Zeit immer noch überschritten, bzw. ist die Aggregatleistung über 80 % Nennleistung, wird das zweite nach nochmaligem Ablauf einer bestimmten Zeit bzw. Überschreiten der Aggregateleistung von je 90 %, das dritte Aggregat angefordert. Mit diesen drei Aggregaten ist die Aufgabe der Stromerzeugung sowie auch die Aufgabe des Netzersatzes erfüllbar. Das vierte Aggregat steht dann jeweils zu Wartungszwecken zur Verfügung. Sinkt die Verbraucherleistung, wird auch die Leistung der Aggregate gesenkt. Wird bei drei Aggregaten die Leistung jeweils um 55 % unterschritten, folgt die Abwahl des dritten Aggregates bei weiterer Verringerung der Leistung wird nach Unterschreitung von jeweils 35 % der Nennleistung das zweite Aggregat abgewählt. Das letzte verbliebene Aggregat wird abgewählt, wenn dieses einen bestimmten Zeitraum auf minimaler Leistung läuft bzw. wenn die Gesamtleistung unter 700 kW liegt. Betriebsart 3 Wärmebedarfsdeckung mit gleichzeitiger Stromerzeugung in Hochtarifzeit. Die Hochtarifzeit wird über einen externen Kontakt in die Anlage

eingegeben. Geht dieser Kontakt an, ist die Netzleistung über 200 kW und liegt die Wärmeanforderung der Wärmeanlage an, wird das erste Aggregat angefordert. Nach Parallelschalten mit dem Netz wird das Aggregat in seiner Leistung so ausgeregelt, daß die Netzbezugsleistung zwischen den Werten 60 kW bis 40 kW liegt. Die weiteren Aggregate werden nur angefordert, wenn hierfür eine Belastung von 80 % der Nennleistung gewährleistet ist und die Wärmeanforderung von zwei bzw. drei Aggregaten anliegt. Der Betriebsart 3 ist die Betriebsart 2 übergeordnet, damit die Netzbezugsleistung nicht überschritten wird. In der NT-Zeit der Betriebsart 3 ist die Betriebsart 2 wirksam. Betriebsart 4 Netzersatzbetrieb. Der Netzersatzbetrieb ist allen anderen Betriebsarten übergeordnet. Bei der Vorwahl dieser Betriebsart sind die anderen Betriebsarten unwirksam. Bei einem auftretenden Netzausfall wird sofort der Netzkuppelschalter ausgeschaltet. Sind zuvor drei Aggregate mit dem Netz im Parallelbetrieb gewesen, wird sofort der Notstrombetrieb aufgenommen. Das vierte einsatzbereite Aggregat wird gestartet und zu den anderen synchronisiert. Befanden sich vor dem Netzausfall weniger als drei Aggregate im Netzparallelbetrieb, wird zusätzlich der Verbraucherabgangsschalter ausgeschaltet. Die laufenden und die stehenden Generatoren werden entregt, die Generatorschalter eingeschaltet und die Aggregate gestartet. Nach Ablauf der ersten Anlaßzeit wird ausgewertet welche Aggregate angelaufen sind. Bei den nicht angelaufenen Aggregaten wird der Generatorschalter ausgeschaltet. Die Generatorvorerregung wird nun mit der ersten Stufe nach einer vorgegebenen Zeit die zweite Stufe eingeschaltet. Nach Erreichen der Generator-Nennspannung werden die Erregung und die Vorerregung ausgeschaltet. Nach Ablauf einer bestimmten Zeit wird der Abgangsschalter eingeschaltet und der Netzersatzbetrieb aufgenommen. Später anlaufende Aggregate werden dem System nach Synchronisierung zugeschaltet. Nach Netzwiederkehr läuft eine Rückschaltzeit, danach wird der vorgewählte Betrieb wieder aufgenommen. Die Integration der Aufgabenstellung der Netzersatzversorgung hat in den ersten Betriebsmonaten zu erheblichen Störungen geführt, so daß im ersten Halbjahr nur die Betriebsart Nr. 4 (Netzersatz) gefahren werden konnte. Die Störungen waren insbesondere Oberlastung der Generatoren, Pendelverhalten der Generatoren, Kurzschluß auf der EN-Schiene durch fehlendes Isolierstück bei gleichzeitiger Zerstörung der Generator-Sicherheitsorgane, Oberlastung des Netzkuppelschalters. Alle diese Störungen betrafen jeweils insbesondere die notstromberechtigten Verbraucher. Für die zuständigen Techniker bedeutete dies viele Nachtarbeitsstunden für Umbauarbeiten und Schalterprobungen, da der Betrieb in dem zu diesem Zeitpunkt schon vollbelegten Haus, keine Beeinträchtigung erfahren sollte. Nach Einbau von cos - Reglern und Umbau wichtiger Schaltorgane sowie einer Notstromregelung für die Großverbraucher, Aufzüge, lüftungstechnische Einrichtungen, konnte eine Besserung der Situation herbeigeführt werden. Ab diesem Zeitpunkt mit ca. einem halben Jahr Verspätung, konnte das BHKW auch in anderen Betriebsarten gefahren werden.

Seit diesem Zeitpunkt wurden alle Aggregate zur Spitzenlastabdeckung bei gleichzeitiger Wärmeerzeugung eingesetzt, denn durch einen Programmierfehler in der Schaltung Betriebsart 3 (Wärmebedarfsdeckung in der Hochtarifzeit) wurde der übergelagerte IST- und SOLL-Wert-Vergleich des Netzmaximumwächters nicht berücksichtigt. Dies und auch andere Störungen führten oft zur Inanspruchnahme der Reservestromleistung des EVU. Die Betriebsart Spitzenlastabdeckung begünstigt den Einsatz des Betriebspersonals dahingehend, daß gemäß Tagesgang der elektrischen Leistung (Bild 4 Werktag, Bild 5 Sonntag) durch Einrichtung eines versetzten Dienstes während der Betriebszeit des BHKW, Anwesenheit garantiert werden kann. 1986 wiesen die BHKW-Motore eine Laufzeit von 2.400 Stunden auf. 2.400 Stunden = km. Erzeugt wurden 1.414.000 kWh und 769 MWh/a wurden zur Wärmebedarfsdeckung beigetragen, dies bei einem Heizöleinsatz von 390.000 Ltr. Wartungen wurden im Intervall von 200 Stunden durch Eigenleistungen und im Intervall von 400 Stunden durch Fremdleistung durchgeführt. Kosten für Fremdleistung bei einer Teilwartung 68.000,-- DM/Jahr. Die notwendigen Instandsetzungsmaßnahmen konnten bisher im Rahmen der Gewährleistung bzw. durch Eigenleistung abgewickelt werden. Es zeigte sich, daß die Wärmetauscher rauchgasseitig in einem Intervall von 400 Stunden zu reinigen sind, da ansonsten die Wärmeausbeute nicht mehr gewährleistet ist. Dies trifft insbesondere im Teillastbetrieb der Betriebsart 2 zu.

Bild 6 Aggregat mit Wärmetauschern



Besonders zu beachten ist der Aufbau der Rauchgasklappen, denn bei Abgastemperaturen von 540° C und der doch erheblichen Vibration der Aggregate, waren häufige Defekte und Undichtigkeiten zu verzeichnen. Außerdem wurden durch Vibrationen die Elektronikteile der notwendigen Reglermotore beschädigt. Da im Netzparallelbetrieb besondere Bedingungen bei Netzausfall und Netz-KU-Schaltungen zu beachten sind, wurden Oberwachungseinrichtungen wie Spannungs- und Frequenzwächter sowie Netzwächter gefordert und eingebaut. Bei Ansprechen

Bild 4

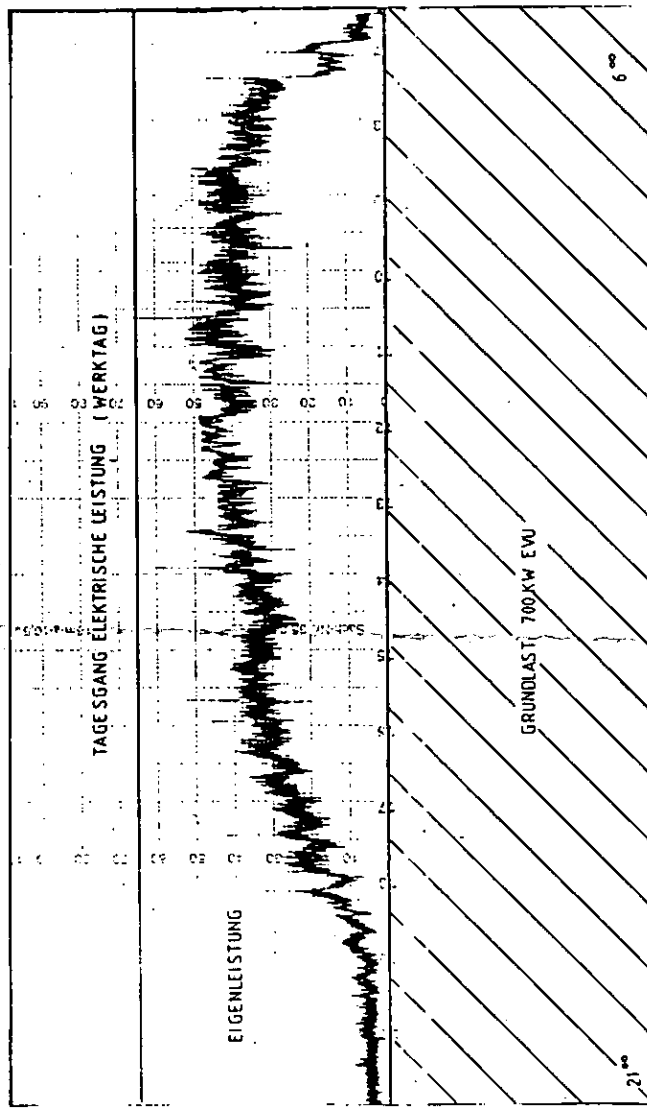
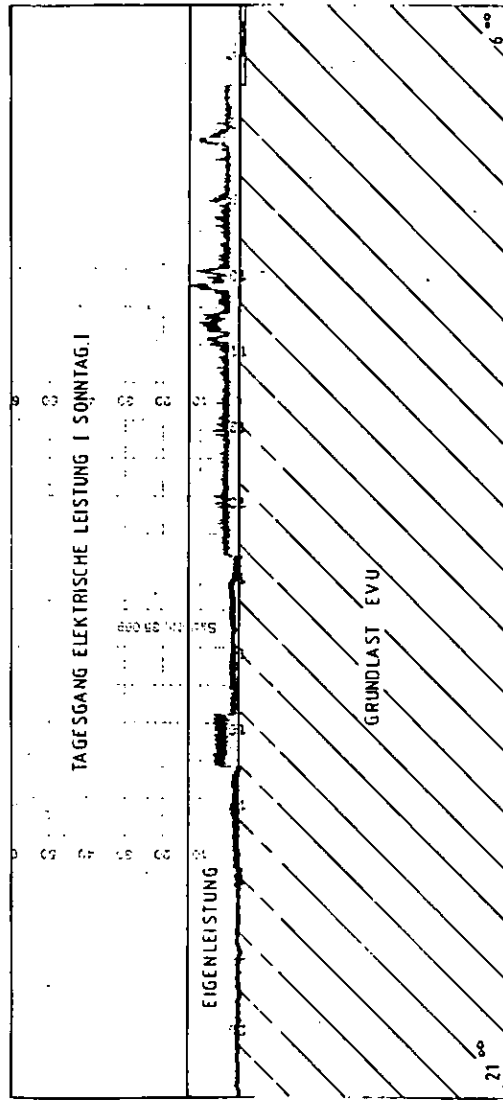

TAGESGANG ELEKTRISCHE LEISTUNG (WERKTAG)
EIGENLEISTUNG
GRUNDLAST 700 KW EVU
6 ∞
21 ∞

Bild 5

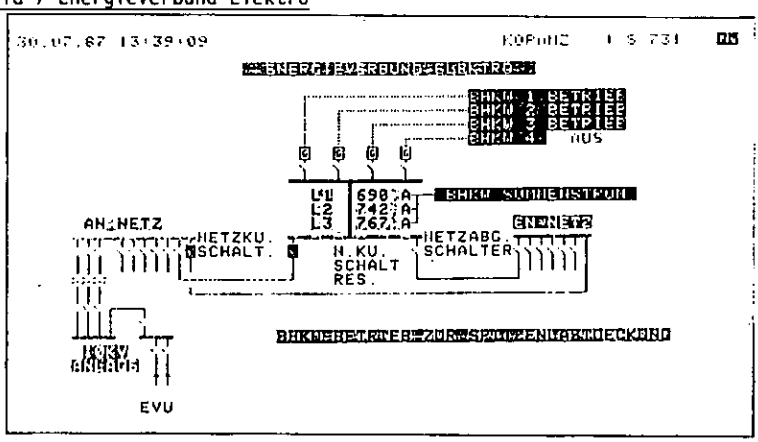

TAGESGANG ELEKTRISCHE LEISTUNG I SONNTAG.I
EIGENLEISTUNG
GRUNDLAST EVU

dieser Schutzorgane kommt es zum Auslösen des Netzkuppelschalters und somit zur Aufnahme des Netzersatzbetriebes mit all' seinen Störungen des Normalbetriebes wie Abschalten sämtlicher Wärmeerzeuger, Evakuierung der Aufzüge, Ansprechen der Rauchschutzzentralen der einzelnen Brandabschnittstüren. Alle diese Störungen wären bei einem solchen Sonderfall zu verkraften, wenn ein Ansprechen der Schutzorgane nicht bei jedem Gewitter sowie jeder Schaltung des EVU an der Tagesordnung wären. Allein im Juli diesen Jahres kam es zu acht Netzersatzanforderungen,ausgelöst durch die erwähnten Spannungsfrequenz- und Netzwächter und dies trotz einer eingestellten Zeitverzögerung. Hier muß noch nach einer befriedigenden Lösung gesucht werden.

3. Schlußbemerkung

Ich hoffe, daß ich mit meinen Ausführungen Ihnen einen Einblick in die Betriebsweise unseres BHKW geben konnte. Um die Frage nach der Wirtschaftlichkeit vorwegzunehmen, ist zu erwähnen, daß der Neubau eines Krankenhauses voll in der Förderung des Landes steht. Die Kosten für die Einrichtung des BHKW sind mit 2,5 Mio DM zu beziffern. Aus diesem Grunde sind für den Betreiber nur die Betriebskosten wesentlich. Hier wirken sich die niedrigen Brennstoffkosten positiv aus, dagegen zeigt der Strompreis aus den Ihnen bekannten Gründen weiterhin steigende Tendenz an. Es ist zu erwähnen, daß eine dezentrale Energieversorgung heute mehr denn je im Zukunftstrend liegt.

Bild 7 Energieverbund Elektro



Dipl.-Ing. Klaus Steinel, 5270 Gummersbach
Ing.-Büro R. Krawinkel, Krefeld, Planer
ROM/Krantz, Düsseldorf, ausführende Firma

Energieeinsparung und Schadstoffreduktion durch prozeßgesteuerte Wärmerückgewinnung

Vortragender: M. Wiechmann, Hude

1. Einleitung

Aus den vielen Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung soll hier das Gebiet der Wärmerückgewinnung aus den Abgasen von Heizungs- und Dampfkesselanlagen im latenten Bereich (Brennwert) behandelt werden.

Da die Theorie bereits in vielen Veröffentlichungen behandelt wurde, ist diese hier nur kurz dargestellt. Schwerpunkte sind die praktischen Überlegungen der Planer und Betreiber im Krankenhaus und Klinikbereich.

2. Verbrennung, Heizwert (Hu), Brennwert (Ho), Kondensat

2.1. Bei der Verbrennung entsteht durch die Verbindung von Wasserstoff mit Sauerstoff Wasser (H2O). Dieses befindet sich infolge der Temperatur im Aggregatzustand Wasserdampf im Abgas.

Die Menge Wasser, welche bei dem Verbrennungsprozeß entsteht, hängt vom Wasserstoffgehalt des Brennstoffes ab. Aus 1 g Wasserstoff entstehen 9 g Wasser.

Z. B. Heizöl EL hat ca. 13 % Wasserstoff, das ergibt bei einer Dichte von ca. 0,82 kg/dm3 eine Wassermenge von 1 x 0,82 x 0,13 x 9 = 0,96 kg/l (dm3).

Erdgas hat je nach Zusammensetzung ca. 21 % Wasserstoff bei einer Dichte von ca. 0,8 kg/Nm3. Entstehende Wassermenge somit 1 x 0,8 x 0,21 x 9 = 1,5 kg/Nm3.

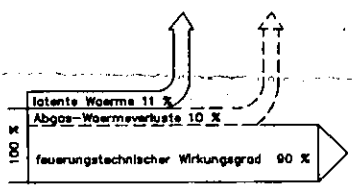
Berücksichtigt man die Feuchtigkeit der Verbrennungsluft nicht, so sind dieses die maximalen Kondensatmengen bei totaler Kondensation. Diese durch die Verbrennung entstehende Wassermenge befindet sich als Wasserdampf im Abgas.

Die Verdampfungsenthalpie des Wassers beträgt bekanntlich 2.500 kJ/kg. Durch Abkühlung der Rauchgase unterhalb des Taupunktes und der Kondensation des Wasserdampfes wird diese Energie wieder frei.

Bei der bisherigen feuerungstechnik wurde diese Energiemenge nicht berücksichtigt, da sie ohnehin nicht nutzbar war, weil sie erst unterhalb des Taupunktes gewonnen wird und der Taupunkt aufgrund von Schäden an den Heizungsanlagen und Schornsteinen nicht gewünscht war. Deshalb wurde bei der Betrachtung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades immer nur die maximal erreichbare trockene (sensible) Wärmemenge zugrundegelegt und mit 100 % angesetzt. Wird nun zusätzlich die Verdampfungswärme (latente Wärme) durch Kondensation der Abgase gewonnen, so ist die gesamte Energiemenge dann über 100 %. Da aber Wirkungsgrade von über 100 % nicht möglich sind, erscheint diese Aussage als unkorrekt.

Würde man aber die sensible und latente Wärme mit gesamt 100 % ansetzen, so ergibt sich bei normalen Heizkesseln ein feuerungstechnischer Wirkungsgrad von nur ca. 80 % und dieser dürfte nach den Heizungsanlagenverordnungen nicht mehr betrieben werden.

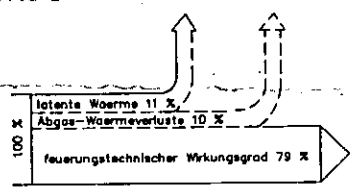
Bild 1



trockene Wärme Hu = 100 %

(Heizwert)

Bild 2



trockene und latente Wärme Ho = 100 %

(Brennwert)

Bild 1 und 2 zeigen die Auswirkungen auf den feuerungstechnischen Wirkungsgrad, wenn statt des Heizwertes (Hu) der Brennwert (Ho) mit 100 % angesetzt wird.

Tabelle 1

	Heizöl/l		Erdgas/Nm3	
Energiemenge trocken Hu	35.000	kJ	31.700	kJ
entstehende Wassermenge	0,96	kg	1,5	kg
Verdampfungsenergie	2.400	kJ	3.750	kJ
Gesamtenergie (tr. + lat.) Ho	37.400	kJ	35.450	kJ
Verhältnis Ho/Hu ca.	1,06		1,11	

Diese Werte ergeben sich aufgrund der vorne durchgeführten Berechnungen der entstehenden Wassermenge.

2.2. Taupunkt und Wärmerückgewinnleistung

In Teil 2.1. wurde die bei der Verbrennung entstehende Wasserdampfmenge ermittelt. Wenn diese Wasserdampfmenge in unterschiedlich großen Abgasmengen vorhanden ist, so ergibt sich logischerweise auch ein unterschiedlicher Feuchtigkeitsgehalt des Abgases und damit unterschiedliche Taupunkte.

Die entstehende Abgasmenge ist abhängig von dem Luftüberschuß bei der Verbrennung. Eine Maßeinheit ist der prozentuale CO2-Anteil im Abgas, da sich die insgesamt anfallende CO2-Menge ebenfalls auf unterschiedliche Abgasmengen verteilt. Ist der CO2-Gehalt niedriger, bedeutet dieses einen höheren Luftüberschuß. Die Verbrennung mit der minimalsten erforderlichen Verbrennungsmenge wird stöchiometrische Verbrennung genannt und mit Luftüberschußfaktor 1 angegeben. Die nachstehende Tabelle 2 gibt die Zusammenhänge wieder.

Tabelle 2: Zusammenhänge bei unterschiedlichen Luftüberschußfaktoren

	je Nm3 Erdgas		je kg Heizöl EL	
	stöch.	tatsächl.	stöch.	tatsächl.
CO2 %	11,73	10	15,18	11
Luftüberschußfaktor	1	1,15	1	1,35
Verbrennungsluft Nm3	8,425	9,755	11,342	15,36
Abgasmenge Nm3	9,531	10,875	12,233	16,29
Taupunkt	59,5	56,8	52,3	47

Es wird deutlich, je größer der Luftüberschußfaktor, desto größer die Abgasmenge und umso niedriger der Taupunkt.

Eine größere Abgasmenge bedeutet immer höhere Verluste. Ein niedriger Taupunkt hat bei der Brennwertnutzung zur Folge, daß die Abgase tiefer heruntergekühlt werden müssen, bevor es zur Kondensation kommt und die Verdampfungswärme (Brennwert) gemessen wird. In der Praxis lassen sich für niedrige Temperaturen aber immer schwieriger geeignete Abnehmer finden.

Beispiel 1: Wärmerückgewinnleistung bei unterschiedlichen Abkühltemperaturen
Kesselleistung 1.000 kW, Abgastemp. 200 oC, bei Erdgas CO2 10 %, bei Heizöl CO2 11 %, alle Daten je Vollaststunde

Abgasabkühlg. oC	Erdgas WR in kW	Erdgas Kondens. l	Heizöl WR in kW	Heizöl Kondens. l
200 - 120	41,84	0	47,4	0
120 - 60	30,92	0	34,99	0
60 - 56,8 (TP)	2,05	0		
60 - 47 (TP)			7,67	0
56,8 - 50	45,36	59,14		
50 - 40	43,442	31,17		
47 - 40			34,33	42,47
40 - 30	26,47	31,17	32,43	38,2
30 - 20	17,01	18	20,84	22,06
aufh. 20 auf 50	12,76		15,68	
Ges. Netto WR	194,33		127,65	
Kondensat		162,22		102,73

Folgende wichtige Erkenntnisse lassen sich hieraus ableiten:

a) Aufgrund des Wasserstoffgehaltes liegt der Taupunkt beim Erdgas mit 56,8 oC erheblich höher als beim Heizöl mit 47 oC.

b) Ein normaler, heute üblicher, Abgastauscher mit einer Abkühlung bis 120 oC bringt nur einen Bruchteil der möglichen Wärmerückgewinnleistung beim Erdgas z. B. nur 41,84 kW von möglichen 194,33 kW.

c) Auch ein neuer Brennwertkessel mit der üblichen Abgastemperatur von 60 oC bringt nur einen zusätzlichen Wärmegewinn von 72,76 kW. Hier kommt allerdings noch eine zusätzliche Wärme durch eine geringe Oberflächenkondensation innerhalb der nachgeschalteten Heizfläche bzw. des Tauschers. Diese ist unterschiedlich und hängt von der Konstruktion ab.

d) Bei Unterschreiten des Taupunktes erfolgt durch zusätzliches Freiwerden der Verdampfungwärme ein sprunghafter Anstieg der Wärmerückgewinnleistung. Bei Erdgas werden bei Abkühlung von 200 oC auf 60 oC, also um 140 oC, nur 72,76 kW gewonnen. Bei der Abkühlung von 56,8 oC auf 40 oC, also um nur 16,8 oC, dagegen 88,8 kW.

e) Eine höhere und somit wirtschaftlichere Abgas-Brennwert-Wärmerückgewinnung ist auf jeden Fall bei Erdgas möglich. Hinzu kommt, daß die Anlagen preiswerter und die Kondensatbehandlung problemloser ist.

3. Planung und Durchführung von Abgas-Brennwert-Wärmerückgewinnung

3.1. Wichtigste Parameter bei der Planung

a) Verwendungsmöglichkeit insbesondere der im niedrigen Temperaturniveau (unterhalb des Taupunktes) anfallenden hohen Wärmemenge.

b) Wärmeanfall - Wärmeverwendung unter Berücksichtigung der Temperaturhöhen und Wärmemengen.

c) Zusätzlicher Widerstand durch Tauscher, Umlenkungen usw. bei gleichzeitiger Verminderung des thermischen Auftriebes. Besondere Berücksichtigung verdient auch die veränderte Gesamtwiderstandskurve bei unterschiedlichen Brenner-Leistungsstufen, Rückkopplung auf die Verbrennungsqualität.

d) Die gesamte Heizungsanlage, Verbrennung, Wärmeabnehmer ist ein durch viele Parameter ständig veränderlicher Prozeß, welcher Rückwirkungen auf die Wärmerückgewinnung hat, andererseits aber ständig unterschiedlich durch die Wärmerückgewinnung beeinflußt wird.

e) Beachtung des Schornsteines, Bauart, Dimensionen, Isolierung, Taupunkt und Zugverhältnisse.

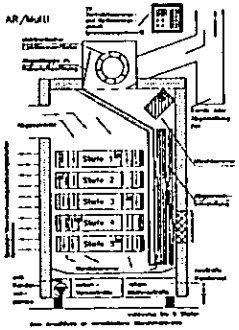
f) Unterschiedliche Brennstoffe durch Abschaltvertrag bzw. Versorgungsauftrag.

g) Prioritätenvorgabe, auch bei Ausfall einzelnen Komponenten muß der Versorgungsauftrag erfüllt werden.

h) Kondensatbehandlung und Entsorgung

i) Korrosionen und Lebensdauer abgas-, kondensat- und wasserseitig.

3.2. Lösungs- und Einsatzmöglichkeiten der unter 3.1. genannten Punkte durch Einsatz einer prozeßgesteuerten Brennwert-Abgas-Wärmerückgewinnungsanlage AR/Multi



zu 3.1.a) Aus dem Beispiel wird klar ersichtlich: im höheren Temperaturbereich ist relativ wenig Wärme zurückzugewinnen. Diese kann daher unproblematisch dem Wärmeprozeß wieder zugeführt werden. Die Haupt-Energiemenge fällt in dem Temperaturbereich unterhalb des Taupunktes an. In nahezu keinem Falle kann hierfür ein Abnehmer gefunden werden, welcher zu jeder Zeit (d.h. immer, wenn der Brenner läuft) die Wärme nützlich übernehmen kann. Hier bietet die AR/Multi-Anlage die Verwendung mehrerer Abnehmerkreise und Stufen.

Beispiel: Stufe 1 Abgasabkühlung von 200 auf 75 oC. Wärme auf den Heizungsrücklauf mit 70 oC
Stufe 2 Abgasabkühlung von 75 auf 40 oC. Wärme auf einen Niedertemperaturheizkreis, auf die Lüftung der Vorerwärmung
Stufe 3 Abgasabkühlung von 40 auf 35 oC, Wärme auf Beckenwasser oder Brauchwasser
Stufe 4 Abkühlung von 35 auf 20 oC. Wärme auf Brauchwasser usw.

Wichtig ist: Die Tauscherflächen und Geometrie muß sicherstellen, daß sich eine niedrige Differenztemperatur zwischen Wassereintritt und Abgasaustritt einstellt. Bei einer Wassertemperatur von z. B. 40 oC muß die Abgasaustrittstemperatur 42 - 43 oC erreichen. Beispiel 1 zeigt deutlich, gerade unterhalb des Taupunktes ist jedes Grad mehr Abkühlung barer Gewinn.

Die einzelnen Wärmerückgewinnungsstufen müssen vom aufnehmenden Medium direkt durchflossen werden. Jeder Zwischentauscher vergrößert die Temperaturdifferenz und verschlechtert die Rückgewinnleistung.

zu 3.1.b) Kann ein Wärmeverbraucher keine zurückgewonnene Energie aufnehmen, muß diese automatisch auf die übrigen Verbraucher abgegeben werden. Jede Stufe muß nahezu alleine die gesamte Rückgewinnenergie aufnehmen können. Andererseits muß aber sichergestellt sein, Energie, welche im hohen Temperaturbereich anfällt, sollte auch hier Verwendung finden, damit die niedrigen Temperaturabnehmer für den Anfall der großen Energiemenge in diesem Temperaturbereich zur Verfügung stehen.

zu 3.1.c) Ob ein ganz einfacher Wärmetauscher oder eine kompl. Anlage wie die AR/Multi-Anlage, abgasseitig entsteht ein zusätzlicher abgasseitiger Widerstand, welcher überbrückt werden muß. Aufgrund unterschiedlicher Abgasmenge, Schornsteinzugschwankungen usw. ist dieser Widerstand ebenfalls sehr stark schwankend.

Es ist nicht nur von der Funktion her, sondern auch von der Wirtschaftlichkeit her dringend erforderlich, diesen Widerstand zu eliminieren. Dieses erfolgt durch prozeßabhängige stufenlose Steuerung des Ejektionsventilators. Wird dieses nicht ausreichend exakt durchgeführt, so sind neben Störungen an der Anlage erhebliche negative Beeinflußungen der Wirtschaftlichkeit die Folge, da durch schlechtere Verbrennung große Einsparpotentiale wieder aufgehoben werden.

zu 3.1.d) Neben den eben genannten Beeinflußungen durch den abgasseitigen Widerstand treten ebenso ständige Veränderungen der Temperaturen, mögliche Energieaufnahmemengen, Durchflußmengen und weitere Parameter auf. Diese müssen ständig erfaßt, überwacht und im Hinblick auf die jeweils mögliche Energierückgewinnmenge optimal angepaßt werden, ohne negative Rückkopplungen zu bewirken.

zu 3.1.e) Wenn die Anlage richtig eingeplant und optimiert ist, kann bei vorhandenen Schornsteinen eine Sanierung in der Regel entfallen. Ausnahmen bilden hier die mit einem unterirdischen Fuchs verbundenen freistehenden, runden, gemauerten Kamine; aber auch hier gibt es Lösungen. Durch die Kondensation (Trocknung) der Abgase, anschließender Nachbehandlung sowie leichten Nacherwärmung werden diese mit ca. 50 oC und einer relativen Feuchte von ca. 30 % in den Kamin gegeben. Also wesentlich trockener als die Außenluft. Da die Überwindung aller Widerstände sowie der evtl. erforderliche Kessel-Zugbedarf durch die Steuerung und den Ejektionsventilator gewährleistet ist, braucht der Rest-Schornsteinauftrieb nur noch für den Transport der Abgase innerhalb des Kamines zu sorgen.

zu 3.1.f) Bei Anlagen, welche z. B. für Erdgas ausgelegt sind, erfolgt bei Heizölbefeuerung automatisch eine Umlenkung der Abgase an die AR/Multi-Anlage vorbei, direkt in den Schornstein. Eine andere Möglichkeit bietet der Einsatz von Anlagen, welche sowohl für gas- als auch für heizölbefeuerte Anlagen geeignet sind.

zu 3.1.g) Bei Versagen einzelner Komponenten z.B. Pumpen, Ventilator o. ä., erfolgt automatisch Umschaltung auf Bypaßbetrieb und Störmeldung.

zu 3.1.h) Bei Erdgasbefeuerung erfolgt die Neutralisation durch eine integrierte Neutralisationsstufe auf Calciumcarbonatbasis, pH-Wert 7,2 - 7,5. Auch nach den (zur Zeit Gelbentwurf) neuesten ATV-Richtlinien ist eine Einbindung ohne weitere Behandlung zulässig. Die in dieser Richtlinie ausgesprochene Warnung vor Schwermetallausschwemmungen aus dem Tauscher trifft hier nicht zu, da diese Stufen mit einer speziell gesinterten Kunststoffbeschichtung versehen sind, so daß Ausschwemmungen nicht möglich sind.

zu 3.1.i) Anlagen, welche seit ca. 6 Jahren in Betrieb sind, zeigen keine Korrosionsspuren aufgrund der Tauscher (siehe 3.1.h) sowie des Gehäuses aus hochwertigem Edelstahl und Isolierung mit Dampfsperre.

3.3. Wirtschaftlichkeit

Gerade im Krankenhaus- und Klinikbereich ist die wirtschaftliche Wärmeerzeugung innerhalb der Gesamtbetriebsführung eine wesentliche Herausforderung. Sie trägt zur Kostensenkung und damit Wettbewerbsfähigkeit des Hauses bei. Durch Einsatz der AR/Multi-Anlagen wurden in der Praxis Ersparnisse zwischen 20 und 35 % erreicht. Aus dem Beispiel 1 wird deutlich, welche unterschiedlichen Erfolge sich gerade in der Abgas- und Brennwert-Wärmerückgewinnung einstellen können. Werden dann noch die unter Punkt 3.1. genannten Planungsparameter betrachtet, so wird klar: Der Erfolg bei der Abgaswärmerückgewinnung hängt nicht alleine von dem Tauscher ab, sondern ebenso wichtig ist es, eine Gesamtanlage zu konzipieren, die durch Optimierung und Steuerung in Abhängigkeit des Gesamtprozesses arbeitet.

Zu leicht wird sonst das Einsparpotential durch Rückkopplung und Nachteile bei den übrigen Anlagen wieder zunichte gemacht. Hier darf nicht am falschen Platz gespart werden.

Die Planung und der Aufbau der prozeßgesteuerten Anlage erfordert allerdings ein erhebliches Wissen und große Erfahrung auf diesem Sektor, garantiert dann aber hohe Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit.

Gerade jetzt, wo die Energiepreise wieder günstig sind, sollten die eingesparten Gelder für solche Energiesparmaßnahmen eingesetzt werden, um bei steigenden Preisen dann kostengünstig heizen zu können.

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI 2067 beträgt lt. Anhang 4, Tabelle 2 die Nutzungsdauer 30 Jahre und der Instandsetzungssatz 1 %, dieses ergibt bei der Annuitätsmethode nach Tabelle 7, bei einem Zinssatz von 8 % eine Belastung von 8,88 % jährlich.

3.4. Umweltschutz

Es ist bekannt, nicht verbrannter Brennstoff ist nicht nur eine hohe Ersparnis, sondern auch der beste Umweltschutz. Durch die Extremkondensation der Tauschergeometrie, der Verweilzeiten usw. werden die bei der Verbrennung entstehenden Schadstoffe wie CO2, Schwefel, Stickoxide usw. mit dem Kondensat herausgewaschen und durch die Neutralisation behandelt. Das Kondensat darf nach den ATV-Richtlinien M251 in die Kanalisation eingeleitet werden. Zuständig ist in der Regel die Untere Wasserbehörde und es besteht eine Anzeigepflicht. Ländereigene oder Sonderregelungen können jedoch bestehen, so daß dieser Punkt jeweils gewissenhaft untersucht werden muß. In der Praxis gab es bislang keinerlei Probleme.

Um eine verbindliche Aussage über die Höhe, der durch die AR/Multi-Anlagen herausgereinigten Schadstoffe zu machen, liegen noch nicht genügend genaue Messungen vor. Legt man die vom TÜV Bayern ermittelte Kondensatanalyse bei Heizöl zugrunde und rechnet diese über das mol-Gewicht um, so ergeben sich pro l Kondensat ca. 90 mg Stickstoff (aus NO2 und NO3) und ca. 2.100 mg Schwefel (aus SO3 und SO4). Bei einem Schwefelgehalt von 0,5 % im Heizöl sind dieses immerhin 40 %.

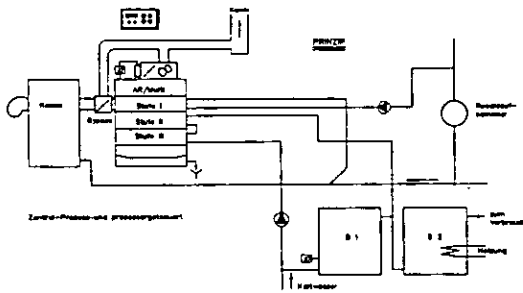
Durch die Ersparnis werden ca. 30 % weniger verbraucht. Nimmt man an, daß die Restabgase um ca. 30 % gereinigt werden, so ergibt das eine Schadstoffreduzierung von insgesamt ca. 50 %. Das bedeutet, äquivalent zur Schadstoffmenge werden durch einen 1.000 kW Erdgaskessel bei 3.000 Vollaststunden/a 3.800.000 Bm3 schadstoffbeladene Abgase weniger in die Atmosphäre eingeleitet. Rund 486.000 l schadstoffbeladenes saures Kondensat fällt dabei an und wird neutralisiert.

Da in der Wirtschaftlichkeit alle Anschaffungen und Unterhaltungskosten voll angesetzt werden, ist die erreichte Umweltentlastung ein kostenloser Zusatzeffekt, der durchaus Gewicht hat.

4. Einsatzbeispiele

4.1. Einsatz im Krankenhaus an einem Warmwasserkessel

Vorh. Daten: Kesselleistung 4.650 kW, Abgastenperatur 150 oC, 10 % CO2 Heizungsrücklauftemp. im Mittel 55 oC, Heiztage 250 d/a Heizperiode 273 d/a, gem. Erdgasverbrauch Vollast 459 m3/h Vollaststunden gem. 436 h/a, Erdgasverbrauch 1.093.800 m3/a Preis 0,055 DM/kWh Ho, Brauchwasserbedarf 86 m3/d, Warmwasser 50 oC



Ergebnis:

Wärmeverwendung in Stufe 2 und 3 nur Brauchwasser 86 m3/d. Ab einer Vollastlaufzeit von 7,5 h/d kann das gesamte Brauchwasser über die AR/Multi-Anlage erwärmt werden. Bei zusätzlichen täglichen Laufzeiten ist nur die Wärme aus Stufe 2 verwendbar.

Stufe 1:	Heizungsrücklauf	531.600 kWh/a
Stufe 2 und 3:	Brauchwasser	1.049.466 kWh/a
Gesamtersparnis		1.581.066 kW/a

Jahresersparnis in DM	96.524,-- DM
./. Betriebs- und Neutralisationskosten	4.400,-- DM
Nettoersparnis	92.124,-- DM
Investitionskosten	309.776,-- DM

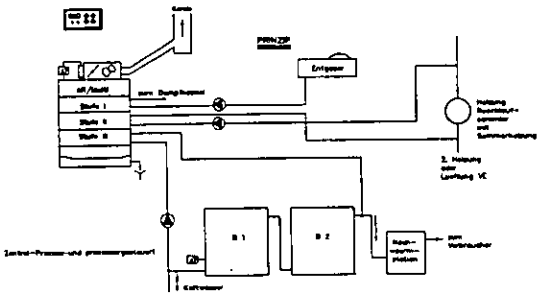
$$\text{Amortisatiton} = \frac{\text{Kosten}}{\text{Gewinn}} = \frac{309.776,--}{92.124,--} = 3,36 \text{ Jahre}$$

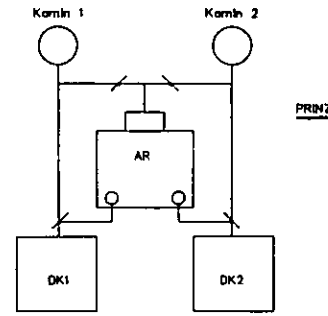
Annuität bei Zinsen 7 %: jährl. 8,06 % Annuitätssatz

Ersparnis	92.124,-- DM/a
./. Instandsetzung	3.098,-- DM/a
./. 8,06 %	24.968,-- DM/a (von 309.776,-- DM)
Nettoersparnis	64.058,-- DM/a, somit eine Amortisation von 4,84 Jahren

4.2. Einsatz im Krankenhaus an zwei Dampfkesseln

Vorh. Daten: Kesselleistung je 6 to, 10 bar, Abgastemperaturen 240 oC, CO2 10 %, Vollaststunden 2.600 h/a, Erdgasverbrauch pro Vollaststunde 504,96 m3, Wärmepreis 65,-- DM/MW. Brauchwasserbedarf 5 d/w je 30 m3 mit 55 oC. 2 d/w je 6 m3 mit 55 oC





Ergebnis:

Wärmeverwendung in Stufe 1 im Druckbereich auf Kondensat aus dem Entgaer mit einer Wassereintrittstemperatur von 104 oC, Rückgewinnleistung 273 kW/h. Stufe 2 auf Heizungsrücklauf, in Übergangs- und Sommerheizung Rücklauf 45 oC, Rückgewinnleistung 345 kW/h, Winter: Rücklauf 60 oC, Rückgewinn 95 kW/h. Stufe 3 auf Brauchwasser, Übergangsz.: Rückgewinn 242 kW/h, Winter: 92 kW/h. Wenn die Wärme auf das Brauchwasser nicht mehr abgegeben werden kann, erfolgt auch keine Rückgewinnung mehr.

Jahresersparnis in DM	96.800,-- DM
./. Betriebs- und Unterhaltungskosten	4.950,-- DM
Nettoersparnis	91.850,-- DM
Investitionskosten	265.000,-- DM

$$\text{Amortisatiton} = \frac{\text{Kosten}}{\text{Gewinn}} = \frac{265.000,--}{91.850,--} = 2{,}88 \text{ Jahre}$$

Annuität bei Zinsen 7 %: jährl. 8,06 % Annuitätssatz

Ersparnis	91.850,-- DM/a
./. Instandsetzung	2.650,-- DM/a
./. 8,06 %	21.359,-- DM/a (von 265.000,-- DM)
Nettoersparnis	67.841,-- DM/a, somit eine Amortisation von 3,9 Jahren

Autor: Manfred Wiechmann, 2872 Hude 2, Tel. 04434/1234

Modernisierung Ihrer Heizungsanlage?
- Ausführungsbeispiele in Krankenhäusern
von W. Becker - Braunschweig

Meine Damen und Herren,

die Modernisierung Ihrer Heizungsanlage erfordert zunächst eine umfassende Untersuchung der angeschlossenen Wärmeabnehmer und danach als 2. Schritt Überlegungen zur Modernisierung der Wärmeerzeugeranlage.

An Hand durchgeführter oder auch noch in der Durchführung befindlicher Beispiele möchte ich versuchen, Ihnen Wege und Probleme aufzuzeigen.

1.0 Untersuchung der Wärmeverbraucher

1.1 Die Raumheizungsanlagen

Die Heizflächen der Raumheizungsanlagen wurden überwiegend als Glieder- oder Plattenheizkörper vorgefunden; selten sind Deckenstrahlungsheizungen vorhanden.

Thermostatventile sind meist nicht vorhanden oder nur in einzelnen Heizungsgruppen; witterungsabhängige Temperaturvorregelungen und Gruppen-Unterteilungen sind fast immer vorhanden. Fast alle Häuser versorgen auch externe Abnehmer wie Schwesternwohnheime, Kindergärten, Seniorenwohnanlagen, Arzthäuser usw. Wärmemengenzähler fehlen häufig, entsprechend schwierig fällt der Verwaltung die Wärmekostenverteilung.

In allen technischen Abteilungen der Krankenhausverwaltungen liegen Betriebserfahrungen bezüglich der Raumheizung vor, aus denen der Ingenieur Schlüsse ziehen kann. Im wesentlichen ergeben sich daraus folgende Erkenntnisse:

Große Regelabweichungen bei nachgerüsteten Thermostatventilen, weil die Ventilautorität nicht beachtet wurde, instabile Vorregelungen, weil die Stellantriebe überdimensioniert wurden. Zu hohe Vorlauftemperaturen im Verhältnis zur Außentemperatur, mangelhafte Erwärmung bei Windanfall, Luftstörungen im Wärmeverteilnetz, Bauschäden.

Mit Hilfe von Bauingenieuren wurde zunächst der Umfang der Bauschäden mit Abschätzung der Auswirkung auf die Raumheizung ermittelt.

Im wesentlichen waren dies folgende Schäden:
Unwirksame, durchfeuchtete Dachisolierungen, unwirksame Wandelementisolierungen, Fugenundichtigkeiten an Fassadenelementen, undichte Fenster, Betonschäden.

Sofern finanziell durchführbar, wurden zunächst die Bauschäden beseitigt, wobei der Wärmeschutz der Gebäude dann insgesamt erhöht wurde.

Danach ist es empfehlenswert, eine Wärmebedarfsberechnung aufzustellen, auch dann, wenn keine Bauschäden vorliegen. Die Neuberechnung des Wärmebedarfs ergibt Heizleistungsreduzierungen, die bei etwa 20 % liegen. In den Fällen einer Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäude sind insgesamt Reduzierungen bis 40 % eingetreten. Die Kosten der Bauschadenbeseitigung waren so hoch, daß sie mit den Heizkostenersparnissen nicht kapitalisiert werden konnten. Die Reduzierung der Raumheizungsleistung fordert im Vergleich mit der Größe der vorhandenen Heizflächen eine Reduzierung der Heizungswasser-Vorlauftemperatur und eine Volumenstromanpassung. Um der eintretenden Temperaturschichtung in vertikal angeordneten Raumheizflächen zu begegnen, ist es ratsam, die Heizungswasser-Umlaufmenge möglichst nicht zu klein zu wählen. Besser ist eine Verringerung der Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf. Dies ist dann auch hilfreich bei der Auslegung der Thermostatventile.

Die nachfolgenden Heizungsbauarbeiten waren beispielsweise, von Fall zu Fall verschieden, im wesentlichen:

Anpassungsmaßnahmen der Pumpenleistungen und der witterungsabhängigen Temperaturvorregelungen, Nachrüsten von Vorregelungen, Einbau von Thermostatventilen, Verbesserungen der Rohr-Wärmedämmung, Nachrüsten von Armaturendämmungen.

Die Bearbeitungsschwierigkeiten waren unterschiedlich groß. Bestandspläne sind häufig nicht vorhanden oder entsprechen nicht mehr den angetroffenen Anlagen. Oft sind Heizungsvor- und Rückäufe vertauscht vorzufinden, so daß Geräusche in den Thermostatventilen auftreten. Die notwendigen Ingenieurarbeiten müssen oft nach Erfahrungen und Schätzungen erfolgen. Die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Raumheizungsmodernisierung ergaben jährliche, durchschnittliche Wärmeersparnisse von rd. 5 - 10 %, je nach Güte des Wärmeschutzes der Gebäude.

1.2 Brauchwassererwärmung

In den hier als Beispiel geltenden Häusern, die durchschnittlich für rd. 400 Betten konzipiert sind, sind Brauchwasser-Erwärmungsanlagen überwiegend als Speichersystem oder als Speicher-Durchflußsystem vorhanden. Speicherkapazitäten von 10 bis 15.000 Liter sind die Regel. Die Brauchwassererwärmer wurden überwiegend mit einer einheitlichen Brauchwasser-Temperatur um 60 °C betrieben und beziehen in der Hälfte aller Fälle ihre Wärme aus der Dampfschiene der zentralen Wärmeversorgungsanlage.

Hohe Bereitschaftsverluste der Wärmeerzeuger und der Verteilungs- und Zirkulationsleitungen waren anzutreffen. Je nach Eingangswasserqualität waren in mehreren Fällen starke Kalkablagerungen anzutreffen, deren Folge wiederkehrende Betriebsstörungen durch Ausfall innenliegender Rohrbündel-Wärmeaustauscher waren.

Welche Maßnahmen konnten durchgeführt werden: Es gelang überwiegend, die Brauchwasser-Erwärmungsanlage in zwei Brauchwasser-Temperaturzonen aufzuteilen, und zwar in ein Speichervolumen für Heißwasserverbraucher, z.B. die Topfspülen der Küche, und in ein Speichervolumen für alle übrigen Brauchwasserabnehmer des Hauses, wobei eine Speichertemperatur von 42 bis 45 °C als ausreichend erkannt wurde.

In allen Fällen wurde die Wärmeversorgung der Brauchwassererwärmer von der Dampfschiene getrennt und auf die jeweils vorhandene Niederdruck-Heißwasserschiene verlegt. Bevorzugt wurde der Wärmeaustausch durch extern angeordnete Wärmeaustauscher vorgenommen und die Wärmeübertragung im Speicherdurchflußsystem geschaltet. Die Temperaturregelung der Brauchwassererwärmung wurde geändert mit dem Ziel, die Heizwassertemperatur auf max. 70 °C im Vorlauf zu begrenzen und die vorgesehene Brauchwasserzapftemperatur konstant zu halten.

Die Umstellungsmaßnahmen an der Brauchwasser-Erwärmungsanlage hat in fast allen Fällen auch zu einer Reduzierung der Wärmeleistung geführt. Die durchschnittliche Reduzierung liegt oft bei 300 bis 500 kW.

Lohnend ist auch eine Untersuchung der vorhandenen Brauchwasser-Zirkulationsanlage. Die Trennung der Brauchwasser-Erwärmungsanlage in zwei bedarfsgerechte Temperaturzonen erfordert auch eine Trennung der vorhandenen Zirkulationskreise. Fast immer gelingt die Trennung innerhalb der Brauchwasserzentrale ohne bedeutenden Aufwand.

Die Wasserzirkulation zu den Verbrauchern im Wirtschaftsbereich läßt sich durch Zeituhrschaltung in den Nachtstunden unterbrechen. Die Zirkulationsleistung der Pumpen für die übrigen Zapfstellen eines Hauses muß überprüft werden, weil oft die Umwälzleistung zu hoch ist.

1.3 Wärme für raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen)

Ohne Übertreibung ist zu sagen, daß in allen Häusern die zentralen raumlufttechnischen Anlagen unter Platzmangel installiert sind. Der Platzmangel behindert die Wartungs- und Reinigungsarbeiten, so daß die hygienischen Forderungen, die an solche Arbeiten zu stellen sind, mit Sicherheit nicht erfüllbar sind. In allen Fällen war festzustellen, daß die Heizleistung der

Luftvorwärmer auch mit ca. 80 °C entgegen der ursprünglichen Auslegung erbracht werden konnte..

Welche Maßnahmen wurden nun durchgeführt?
Etwa die Hälfte aller bearbeiteten Häuser wurde öffentlich gefördert. In Übereinstimmung mit der Trägerschaft, der Verwaltung, der Ärzteschaft und der zuständigen Hygieniker und in Abstimmung mit den Prüfinstanzen des Sozialministeriums wurden - meist betraf es die Funktionstrakte - energiesparende RLT-Anlagen dem heutigen Stand der Technik entsprechend konzipiert, die im wesentlichen bereits dem neuen Entwurf der DIN 1946 Blatt 4 folgen.

In einem Fall, in dem die Finanzierung durch den Krankenhausträger gegeben war, wurde analog zu dem Vorhergesagten verfahren, und zwar in Anlehnung an den vom Sozialministerium öffentlich geförderten Standard und mit Bekanntgabe der in Aussicht genommenen Maßnahmen an die Prüfungsinstanz des Sozialministeriums.

In den übrigen Fällen wurde ein Modernisierungskonzept entworfen und entsprechend der Finanzierungsmöglichkeit der Trägerschaft die notwendigsten Schritte unternommen.

Das waren: Überprüfung der volumetrischen Leistung der raumlufttechnischen Anlagen, Abbau überhöhter volumetrischer Leistungen mit Anpassung der Zuluftdurchlässe in den Räumen und - soweit konstruktiv möglich - Erneuerung der Außenluft-Filteranlagen, Nachrüstung von Bedarfsschaltungen für alle geeigneten Anlagen, Prüfung, ob konstruktiv Wärmerückgewinnungsanlagen nachrüstbar sind. Fast ausnahmslos war dies, bedingt durch den Platzmangel, nicht der Fall.

Durchführbar waren Modernisierungsmaßnahmen im Bereich der Regelungstechnik durch Nachvollzug der Heizregisterleistungen und Anpassung der Stellglieder an die tatsächlich benötigte Wärmeleistung. Insofern entstanden auch an diesen Anlagen Ersparnisse, unbedeutend in der Wärmeleistung, aber spürbar im Jahres-Wärmeverbrauch durch die Wirkung der bedarfsgerechten Betriebsweise mit Abkehr vom Dauerbetrieb.

1.4 Wirtschaftswärme - Hochdruckdampf

In fast allen zu untersuchenden Fällen ergaben sich im Bereich der Wirtschaftswärme die größten Veränderungen. Dies war bedingt durch Ablauf der Nutzungsdauer der angeschlossenen Wärmeverbraucher oder durch funktionale Änderungen wie z.B. die hygienische Trennung in der Zentralsterilisation und im Wäschereibereich oder durch Erneuerung der Küchenanlage.

In den Fällen, in denen der Wäschereibetrieb gänzlich aufgegeben wurde, bot es sich an, den Betriebsdruck der Dampferzeuger um etwa 5 bar zu senken. In den Fällen, in denen eine neue Kücheneinrichtung installiert werden mußte, war anhand einer Energiebilanz zu errechnen, ob die Küche vollelektrisch oder - wie gehabt - teilweise mit Dampf weiterbetrieben werden konnte.

In den Fällen, in denen die Dampferzeugeranlage ohnehin erneuert werden mußte, bedurfte es einer sorgfältigen Untersuchung, ob eine Erneuerung wirtschaftlich darstellbar ist.

In vielen Häusern der Größenordnung zwischen 200 bis 300 Betten sind die vorhandenen Sterilisations- und Desinfektionsgeräte ohnehin mit Elektro-Eigendampferzeugern ausgestattet. Wäschereien sind in diesen Fällen selten vorhanden. Die Dampferzeugeranlage ausschließlich für die Küchennutzung zu erneuern, war wirtschaftlich dann nicht nachweisbar.

In etwa 30 % aller untersuchten Fälle waren Modernisierungsmaßnahmen am Dampf- oder Kondensatnetz der Häuser erforderlich.

So mußten Dampfleitungs-Entwässerungen nachgerüstet werden, um zu vermeiden, daß Anfahrkondensat in die Sterilisationsapparate gelangt. Weiterhin waren Maßnahmen zu ergreifen, um den Sterilisationsdampf aus dem Überhitzungsbereich in den Sattdampfbereich zurückzuführen. Weiterhin wurden zur Vermeidung unnötiger Bereitschaftsverluste fernbedienbare Zentralabsperrungen in die Dampfleitung eingebaut, die verhindern, daß in den Betriebspausen ein ständiges Kondensieren in den teilweise sehr langen Dampfzuleitungen, z.B. zur Zentralsterilisation, eintritt.

Unnötige Kondensat-Zwischenstationen konnten aufgelöst werden, wenn die Kondensatrückführung mit Hilfe des Dampfdruckes möglich war. Dampfschläge, die durch das Zusammenführen verschieden hoch temperierter Kondensatmengen entstanden, wurden durch geeignete Einrichtungen beseitigt.

Kondensatkühlschlangen wurden vorgesehen und den Brauchwassererwärmern vorgeschaltet, um eine Auskühlung der hochtemperierten Kondensatmengen bis auf die Entgasungstemperatur zu erreichen.

Dampfdruck-Reduzierstationen mußten teilweise vergrößert, teilweise verkleinert werden, weil die Dampfanfahrleistung der Sterilisationsapparate bei der ursprünglichen Auslegung entweder nicht bekannt oder falsch eingeschätzt wurde.

Untersucht werden mußte auch, ob unter Druck stehende vorhandene Dampfleitungssysteme noch genutzt wurden. So konnten in einigen Fällen Betriebsdampfleitungen entfernt werden, z.B. für nicht mehr genutzte Milchvorwärmer im Bereich der Kinderabteilung, für Steckbecken-Desinfektion oder für Infusionslösungssterilisation im Apothekenlabor.

Mit den Untersuchungsergebnissen der Wärmeabnehmer kann der 2. Schritt, nämlich die Untersuchung der Wärmeerzeugungsanlage, folgen.

2.0 Untersuchung der Wärmeerzeugung

Die Modernisierung der Wärmeerzeugeranlage sollte sich nach dem Grundsatz richten, Wärme nur auf dem Temperaturniveau zu erzeugen, wie die angeschlossenen Wärmeabnehmer dies mindestens benötigen, niemals höher. Diesem Grundsatz entsprach keine der angetroffenen Wärmeversorgungsanlagen.

Viele Wärmeerzeugungsanlagen wurden als einschienige Hochdruckdampfanlagen vorgefunden. Sie wurden mit Betriebsdrücken zwischen 8 und 12 bar Überdruck betrieben, mitunter auch ohne Wäschereibetrieb, weil dieser aufgegeben war.

In anderen Häusern wurden zweischienige Wärmeversorgungsanlagen vorgefunden, und zwar Hochdruckdampf neben Hochdruck-Heißwasser mit 130 °C Vorlauftemperatur.

Andere Wärmeversorgungsanlagen wiederum wurden dreischienig vorgefunden, Hochdruckdampf neben Niederdruckdampf und Niederdruck-Heißwasser.

Es wurden auch Anlagensysteme angetroffen, die zweischienig arbeiten und neben Hochdruckdampf mit einem Niederdruckdampf/Niederdruckheißwasser-Zweikreissystem ausgestattet sind. Sehr alte, häufig erweiterte Krankenhäuser verfügen über mehrere Kesselanlagen, den jeweiligen Bauabschnitten folgend. Zwei dezentrale Anlagen treten oft auf. In einem Fall sind 5 Anlagen an verschiedenen Standorten vorhanden. In den Fällen, in denen hohe jährliche Kesselreparaturen aufgewandt wurden, die darauf hindeuteten, daß das Ende der Nutzungszeit der Wärmeerzeuger erreicht war, wurden die Kesselanlagen erneuert.

Die Kesselleistung wurde dem tatsächlichen Verbrauch angepaßt, und zwar nach dem Ergebnis aus der Untersuchung der Wärmeverbraucher.

Für die Dampferzeugung empfiehlt sich, je nachdem, welche Verbraucher versorgt werden müssen und in welcher Betriebszeit diese Wärme abnehmen, eine Zweikesselanlage mit differenzierter Leistung.

Das Leistungsverhältnis ist von Fall zu Fall über die Gleichzeitigkeit der Dampfinanspruchnahme zu ermitteln. Zum Beispiel wird die Spitzenleistung mehrerer, parallel aufgestellter Sterilisationsapparate nicht gleichzeitig abgefordert. Außerdem können die Aufheizprogramme der Sterilisationsapparate, um wenige Minuten voneinander versetzt, gegenseitig verriegelt werden.

Falls Luftbefeuchtungseinrichtungen in den Klimaanlagen durch Dampf betrieben werden, so ist dieser Betrieb ausschließlich ein Winterbetrieb, und wenn die Krankenhausküche mit Dampf betrieben wird, so ist die Dampfabnahme der Küche nach 14.00 Uhr beendet. Somit entstehen viele Dampfkessel-Betriebsstunden mit verminderter Leistungsanforderung, die von dem kleineren Kessel der beiden gewählten Einheiten abgedeckt werden können.

Zweikesseleinheiten mit dem Vorteil der gegenseitigen Ersetzbarkeit sind empfehlenswert zur Erhöhung der Sicherheit der Dampfversorgung bei Brennerausfall, bei Kesselreparaturen und den wiederkehrenden gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsinspektionen.

Für den Niederdruck-Heißwasserbereich der Wärmeerzeugeranlage empfiehlt sich eine Mehrkesselanlage, wobei sich die Wahl der Kesselanzahl ebenfalls wie beim Hochdruckdampf nach dem Verbraucherverhalten richtet.

Eine exakte Leistungsanpassung an das Ergebnis der Untersuchung der Wärmeverbraucher ist meist nicht möglich, da für die Übergangszeit bis zum Abschluß aller Modernisierungsmaßnahmen - immerhin Zeiträume von 5 und mehr Jahren - zusätzlich Kesselleistung vorgehalten werden muß.

Die Kessel können im Niederdruckbereich mit Kesseltemperaturen unter 100 °C, von Fall zu Fall verschieden, ausgelegt werden. Falls Hochdruck-Heißwasserbetrieb, z.B. für eine noch vorhandene und weiter zu nutzende Kücheneinrichtung, nötig ist, so empfiehlt es sich, bis zur Neuanschaffung der Küche die Hochdruck-Heißwassererzeugung über einen Gegenstromapparat, primärseitig versorgt von der Hochdruckdampf-Kesselanlage, aufrechtzuerhalten.

Die Niederdruck-Heißwasser-Wärmeerzeuger wurden in eine Kesselkaskade eingebunden und witterungsabhängig gleitend bis auf ca. 70 °C Kesseltemperatur gefahren. Entsprechend war die vorhandene Schornsteinanlage an diesen Betrieb anzupassen. In den Fällen, in denen die Kesselanlagen noch nicht ausgetauscht werden konnten, wurde sinngemäß, wie vorstehend beschrieben, verfahren.

Die Kesselfeuerung stellt die Frage nach dem Brennstoffeinsatz. Alle Häuser, die ihren Standort innerhalb von Großstädten haben, erhielten keine neue Niederdruck-Heißwassererzeugeranlage. Sie wurden an die vorhandenen Fernwärmenetze angeschlossen.

Alle anderen Häuser, die in der Nähe von Gasversorgungsleitungen ihren Standort haben, erhielten Zweistoff-Feuerungen, Oel als Spitzenbrennstoff und Gas als Grundlastbrennstoff mit einem unterbrechbaren Gaslieferungsvertrag, der in aller Regel dann leistungspreisfrei gestaltet ist.

Dabei zeigt die Erfahrung, daß nicht mehr als 3 bis 5 % aller Jahres-Kesselbetriebsstunden im Oelfeuerungsbetrieb erarbeitet werden; entsprechend wurde die Oelbevorratung reduziert.

Den Abschluß des Brennstoff-Liefervertrages muß der Ingenieur zur Unterstützung der Verwaltung mitbearbeiten, um zu vermeiden, daß die Mindestabnahmeklausel für die Brennstoff-Jahresmenge zu hoch angesetzt wird. Es ist ratsam, mit dem Energieversorgungsunternehmen einen Beobachtungszeitraum von mindestens 2 Jahren abzusprechen und danach die Mindestabnahmeklausel festzusetzen. Der Vertrag muß auch so gestaltet sein, daß Bezugsmengen-Reduzierungen und Reduzierungen der Mindestabnahme jährlich neu vereinbart werden können, damit der wirtschaftliche Effekt aus zukünftigen Wärmeschutzmaßnahmen oder Wärmerückgewinnungsmaßnahmen auch finanziell erreicht wird.

Für die Brennstoff-Preisgestaltung ist es zum Angebotszeitpunkt hilfreich, eine Parallelbetrachtung mit einer festbrennstoffgefeuerten Kesselanlage anzustellen.

In Anbetracht des höheren Investitionsaufwandes für eine Festbrennstoff-Kesselanlage und auch höherer, betriebsgebundener Kosten ist beim derzeitigen Oel/Gaspreis ein Wettbewerbserfolg nicht zu erwarten; dies war aber der Fall, als der Oelpreis bei ca. 65,00 DM/hl lag.

3.0 Schlußbetrachtung

Wie Sie meinen Ausführungen entnehmen können, ist die Modernisierung der Heizungsanlage auch gleichzeitig ein allumfassendes Sanierungs- und Reparaturprogramm, dessen kurzfristige Durchführung finanziell meist nicht möglich ist. Es müssen viele, kleine Schritte in sinnvoller Reihenfolge gegangen werden. Dabei lassen sich Kompromißlösungen nicht vermeiden.

Die Ingenieurleistungen, die zur Erarbeitung des Modernisierungskonzeptes erforderlich sind, sollten daher kurzfristige, mittelfristige und langfristige Maßnahmen anbieten.

Das Konzept muß in enger Zusammenarbeit mit der Krankenhausverwaltung und der Trägerschaft erarbeitet werden, damit der Ingenieur die betriebswirtschaftlichen Entscheidungen der Verwaltung erkennt, z.B. die wärmewirtschaftlichen Auswirkungen bei anstehenden Veränderungen im Küchen- und Wäschereibetrieb oder in den Sterilisations- und Desinfektionsbereichen des Hauses. Die Erarbeitung eines Heizungs-Modernisierungskonzeptes bedarf auch der Kenntnis des Abnehmerverhaltens des Hauses im Stromverbrauch und der Leistungsinanspruchnahme der Elektro-Versorgung. Wärmetechnische Verlagerungen von der Heizungsschiene auf die Stromschiene können zu sehr hohen Betriebskosten führen, vor allem dann, wenn die Leistungsinanspruchnahme des Netzes steigt.

Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit.

Werner Becker
Bammelsburger Str. 13
3300 Braunschweig

Dampfversorgung im Krankenhaus

K. B. Nienburg, Bremen

Über Dampferzeuger, Dampfarten und Energie-Einsparung ist bereits in vorhergehenden Artikeln referiert worden. Hierbei hat so manch 'alter Hase' wundersame neue Dampfarten kennengelernt. Kannte er bisher nur Naß-, Sattdampf oder gar noch überhitzten Dampf, so kennt er nun auch Reindampf und Reinstdampf. Es ist hierbei nicht an eine Verunglimpfung der Reinheitsforderungen an den Dampf gedacht, aber es zeigt Probleme auf, die in der Dampfversorgung immer vorkommen. Dampf selbst ist steril und rein, aber es werden durch ungeeignete Gerätschaften Wassertröpfchen und Feststoffe mitgerissen, die eben die Dampfqualität herabsetzen.

Aus unserer Tätigkeit erleben wir sehr häufig Störungen am Dampfsystem, die sich durch korrekte Befolgung der Regeln der Technik glatt vermeiden ließen.

1. Dampf-Grundlagen
2. Luft und CO_2 im Dampf
3. Dampfreinheit (durch richtige Trocknung unter 3µ)
4. Dampfdruckreduzierung = Überhitzung ?
5. Störungen / Ursachen
   - 5.1 Dampfkessel, Wasseraufbereitung
   - 5.2 Dampftauscher
   - 5.3 Rohrleitungen, Dampfverteiler
   - 5.4 Dampfheizregister, Heißwasser-Erzeuger
   - 5.5 Wasserschläge
6. Kondensatableiter
7. Befeuchter
8. Hydrazin und Beseitigung
9. Energie-Ausnutzung (Entspanner, Kaskaden)
10. Mit Training zum Erfolg (Video, Labor, Literatur)

1. Dampf-Grundlagen

Sattdampfkurven, Tabellen und Handbücher gibt es etliche. Hierüber wird an dieser Stelle nicht berichtet, dafür gibt es bessere Werke. - An und für sich ist die Handhabung des Dampfes nicht so problematisch, wie es vielfach erscheint, aber es werden häufig bekannte Tatsachen -so scheint es uns- außer acht gelassen.

Dampf ist leichter als Kondensat

Natürlich ist es jedem Techniker bekannt, daß Dampf als irreales Gas leichter als Wasser ist - bis hin zur kritischen Grenze. Weshalb aber werden Dampfleitungen häufig von der Seite oder gar von unten angezapft?

Dampf nimmt einen viel größeren Raum ein als Wasser

Beim Dampfdruck von 2 bar ist das Volumen 900 l/kg, ergo fast 1:1000. Dieses mag zur Vorstellung dienen, daß Dampf durch Kondensation transportiert wird. Kondensation erzeugt praktisch Vakuum, wenn kein Dampf nachfließen würde.

Trockener Sattdampf enthält meistens 10% Wasser

10 % Wasser sind 0.1 Liter : 899 Liter Dampf (bei 2 bar). Ist das vom Volumen her betrachtet viel?

Fast jede Dampfleitung führt Kondensat mit

Dampfleitungen sollten ausreichend bemessen sein und bei den kritischen Stellen bzw in ausreichendem Abstand entwässert werden - mit dem richtigen Kondensatableiter-Typ =mechanisch.

Jede Kondensatleitung ist praktisch eine Dampfleitung

Kondensatleitungen werden häufig als Wasserleitungen angesehen und sind damit zu klein. Es wird der entstehende Entspannungsdampf vielfach nicht berücksichtigt.

Dampfdruck in mmWS ist nur die Hälfte wert

Mit je 1 bar-ü Dampfdruck = 10'000 mmWS kann man Kondensat praktisch nur 5m anheben; Rohrreibungen verzehren praktisch die andere Hälfte. Ableiter mit Rückschlagventil verhindern das Rückfließen vom Kondensat.

2. Luft und CO_2 im Dampf

Unerwünschte Inerte finden sich in jedem Dampfsystem. Luft ist beim Anfahren vorhanden und wird auch während des Betriebes durch das Kesselsystem ins Dampfnetz gebracht -keine Entgasung kann 100% wirken-.

Luft im Dampf hat zwei Auswirkungen:

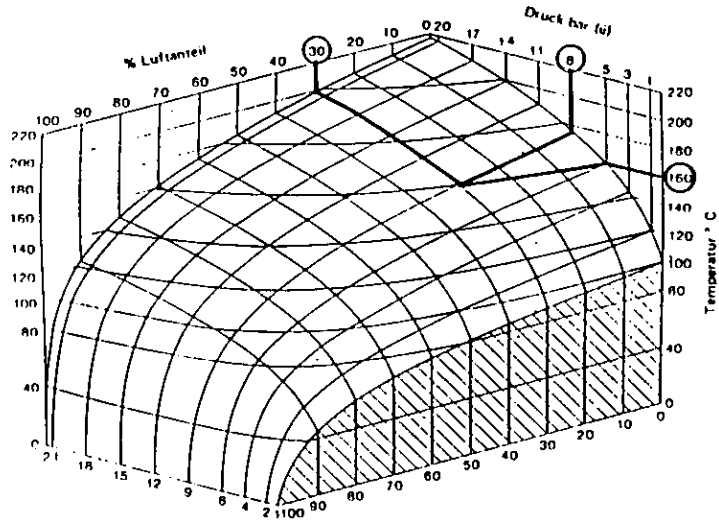
1. Sie ist ein ausgezeichneter Isolator. Bei Wärmetausch ist dies aber überhaupt nicht erwünscht. Während Dampf kondensiert, bleiben die Luftbläschen an den Tauscherflächen übrig, zunächst wenige Luftteilchen und im Laufe der Zeit werden es immer mehr. So kann ein Luftanteil von ca 1/2% den Wirkungsgrad um 50% herabsetzen.

2. Sie setzt je nach Anteil die Sattdampftemperatur herab, siehe Grafik -folgende Seite. Eine Mischung aus Luft und Dampf gibt Wärme gemäß dem partiellen Dampfdruck ab.

Dampf	Luft	Druck Gesamt	Dampfdruck partiell	Temperatur
100%	0%	9 bar-ü	9 bar-ü	180°C
90%	10%	9 bar-ü	8 bar-ü	175°C

Das heißt, die Luft muß raus, aber wo? Ist sie nun leichter oder schwerer als Dampf? Oder hat diese Physik hierbei keine Gültigkeit? Die **Inertgas-Konzentration ist an Stellen mit geringster Strömung am wahrscheinlichsten!**. Und dort muß sie raus. Thermisch.

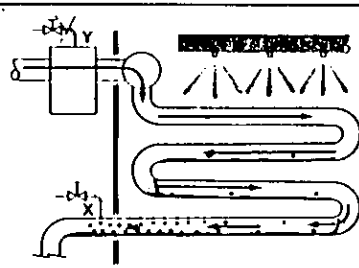
CO_2 ist gut bei Erfrischungsgetränken, im Dampf können die Auswirkungen nicht erfrischend wirken. Mit Kondensat reagiert die Kohlensäure zu H_2CO_3 - und ist korrosiv. Thermisch und schon gar unterkühlend kann sie nicht entfernt werden. Die CO_2-Ableitung ist nach unseren Forschungen nur durch Glockenableiter möglich.

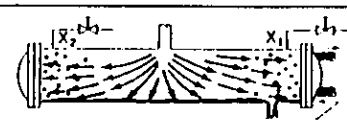


Temperaturabfall, hervorgerufen durch unterschiedliche Mengen Luft und bei verschiedenen Drücken. An dieser Grafik kann man ersehen, wie Dampfdruck, Luftanteil und Temperatur zusammenhängen, indem die Schnittpunkte gesucht werden.

Dampfluftgemisch

Nehmen Sie beispielsweise an, der Druck einer Dampfleitung sei 8 bar (ü) und die Temperatur 160° C. Aus der Grafik geht hervor, daß 30 Volumen % Luft im Dampf sind.





In diesen Zeichnungen bedeuten lange Pfeile hohe Gasgeschwindigkeiten. Die Länge der Pfeile nimmt mit der Gasgeschwindigkeit ab und zwar in Richtung auf die ruhigen Zonen. Ansammlungen von Luft werden durch schwarze Punkte markiert.

3. Dampfreinheit (durch richtige Trocknung unter 3µ)

Bereits 1973 gab es eine wissenschaftliche Untersuchung über die Dampfreinheit vom 'Illinois Institut of Technical Research'. Man stellte zusammengefasst fest, daß Dampf vom Kesselhaus durch einen Trockendampfbefeuchter getrocknet wesentlich weniger Partikel im Befeuchtungsdampf enthält, als der von einem Elektro-Kessel gelieferte Dampf.

ERGEBNISTABELLE

Teilchenzählung im Dampf aus einem ARMSTRONG-Dampfluftbefeuchter ARM-32-DM

Datum	Dampf-erzugung	vor Befeuchtung °C	vor Befeuchtung r.F.	nach Befeuchtung °C	nach Befeuchtung r.F.	Befeuchtung Dampfmenge kg/h x)	Gezählte Teilchen pro 100 ltr. Luft 0,3-0,6 µ	0,6-1,5 µ	1,5-3,0 µ xx)	3,0 µ	Bemerkungen
täglich	keine	—	—	—	—	0	< 2	0	0	0	
1.9.	Elekt.-Dampf	32	35	32	55	12,5	2820	880	300	0	
2.9.	Kesselhaus	31	40	32	64	15,8	564	300	176	0	
24.9.a	Kesselhaus	30	39	31	53	8,3	782 Teilchen > 0,3 µ (unbeheizt)				Probe durch Erhitzen, ob Wassertröpfchen (Aerosole) bei den Teilen sind
24.9.b	Kesselhaus	30	39	31	53	8,8	780 Teilchen > 0,3 µ (beheizt)				
29.9.a	Kesselhaus	28	34	28	52	9,3	176 Teilchen > 0,3 µ (Royco)				Vergleich zwischen Royco und Casella Methode
29.9.b	Kesselhaus	28	34	28	52	9,3	204 Teilchen > 0,3 µ (Impactor)				
30.9.a	Kesselhaus	25	42	28	57	9,1	81 Teilchen > 0,3 µ				In den Versuchskanal wurde für die letzten 3 Messungen Raumluft angesaugt
30.9.b	Kesselhaus	25	34	28	54	11,4	109 Teilchen > 0,3 µ				
23.10.	Kesselhaus	24	43	28	58	11,1	422	141	35	0	

x) Luftmenge 1800 m³/h

TABELLE II

	Dampfkondensat entnommen vor dem Befeuchter	Dampfkondensat entnommen aus dem Befeuchtungsdampf
SiO_2	2,0 ppm	0,35 ppm
Ca	< 0,4	< 0,4
Mg	< 0,4	< 0,4
Na	0,23	0,04
HCO_3	5.0	7.0
CO_3	5.0	0
C_l	8.0	3.0
SO_4	< 1.0	< 1.0
NO_3	1,0	1.0
Morpholin	10,0 ppm	5.0 ppm
pH	9,2	7,9
p Alkalinity	4,0	0
m Alkalinity	12,0	6.0
Gesamthärte	< 1 ppm	< 1 ppm
Spezifische Leitfähigkeit	< 7 µ mho (Siemens)	6 µ mho (Siemens)

4. Dampfdruckreduzierung = Überhitzung ?

Unter Ziffer 1 ist bereits aufgeführt, daß ≙ 10% Wasser im Dampf enthalten sind, und das ist keine Seltenheit. 10% Gewichtsanteil sind beim Niederdruckdampf ca 0,01% Volumen. Dieser Anteil genügt, um jede Überhitzung zu vermeiden. Man muß ergo nicht bei jeder Dampfdruckreduzierung gleich Wasser in den Dampf spritzen, um eine vermeintliche Überhitzung zu vermeiden. Das Beispiel aus der 5.FKT-1978 sei hier wieder aufgeführt:

Dampfdruckreduzierung z.B.

von			auf		
11 bar	184°C		3 bar	133.5°C	
Anteil		kj/kg	kj/kg	Anteil	kj/kg
100%	Dampf	2780	100%	Dampf	2725
90%	Dampf	2502	93.4%	Dampf	2543
10%	Wasser	78	6.6%	Wasser	37
=		2580			2580

Die Dampfqualität hat sich verbessert, aber man kann hier von keiner Überhitzung sprechen.

5. Störungen / Ursachen

Wasser spritzt aus den Befeuchtern, Mangeln kommen nicht auf Leistung, Wärmetauscher saufen ab. Was können korrekt ausgewählte Ableiter oder Befeuchter dafür? Oder ist die Ursache im Dampfsystem zu suchen?

5.1 Dampfkessel, Wasseraufbereitung

In etlichen Fällen ist die Kessel-Leistung durch spätere Erweiterungen zu klein geworden. Ein untrügliches Zeichen für 'gestörte' Funktion ist ein tanzender Wasserspiegel oder schwankender Dampfdruck. Kann gar die Speisewasser-Pumpe den vermeintlichen Dampfdruck halten? Gelegentlich fanden wir, daß fehlerhafte Dosierungen der Wasseraufbereitung zum Schäumen führte. Wir finden, wenn der Dampfdruck konstant ist und der Spiegel steht wie angenagelt, dann scheint der Kesselbetrieb i.O. zu sein.

An einem Zwangsdurchlauf-Kessel hat man nun kein Schauglas, aber sie fahren aufgrund ihrer Konstruktionsart mit einem Wasserüberschuss. Und das sollte an einem Dampfverteiler mit Trocknungseigenschaft abgeleitet werden.

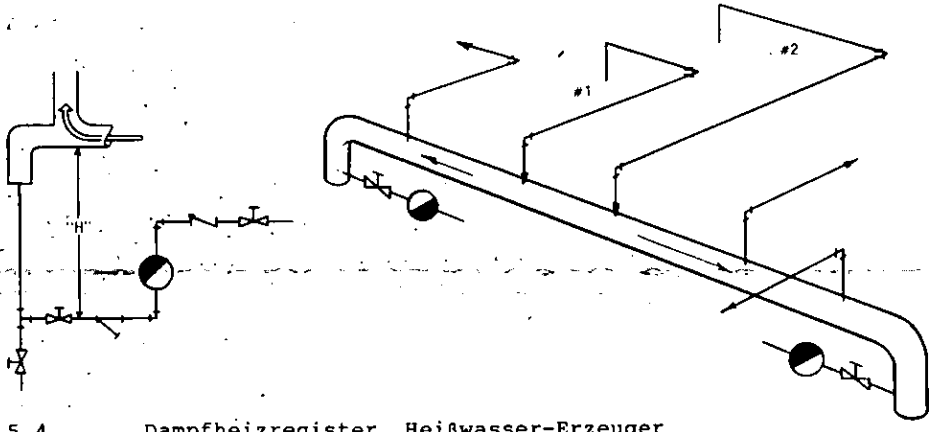
5.2 Dampftauscher

Dampf/Dampf- oder Heißwasser/Dampf-Tauschern ist eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Kann man bereits solide Dampfkessel mit einem Schnellbedarf von 40% der Nennlast zum 'Spucken' bringen, so ist die Anfälligkeit der Dampftauscher ein vielfaches höher. Tauscherflächen werden durch Ablagerungen (auf zwei Seiten) verkleinert, der K-Wert verschlechtert sich, und man hat wieder Probleme.

Sollte man dann, wenn man sich schon mit diesen Geräten plagen muß, Dampfblenden zur Begrenzung der Abgabemenge einbauen? Können häufigere Inspektionen Fehlfunktionen vermeiden?

5.3 Rohrleitungen, Dampfverteiler

Dampfverteiler fanden wir meistens groß genug dimensioniert -für den Dampf. Für die Kondensatableitung hat man oft ein Röhrchen von 3/4" direkt unter dem Dampfeintritt vorgesehen. Warum kann das nicht funktionieren? Kondensat wird durch den Dampfdruck vorangetrieben. Zur Verdeutlichung: 20 m/s ist bereits Sturm. Sollte man eine Absackmöglichkeit schaffen? Am Ende des Verteilers und am besten in gleicher Dimension des Verteilers. Mit einem Blindflansch kann man gelegentlich Ablagerungen entfernen. Am Sackrohr angebaut erfüllt ein mechanischer Ableiter seine Funktion. Sollte man nicht auch in ähnlicher Weise Hauptdampfleitungen und Nebenstrecken führen und entwässern? Nachfolgend ein paar Schemen.

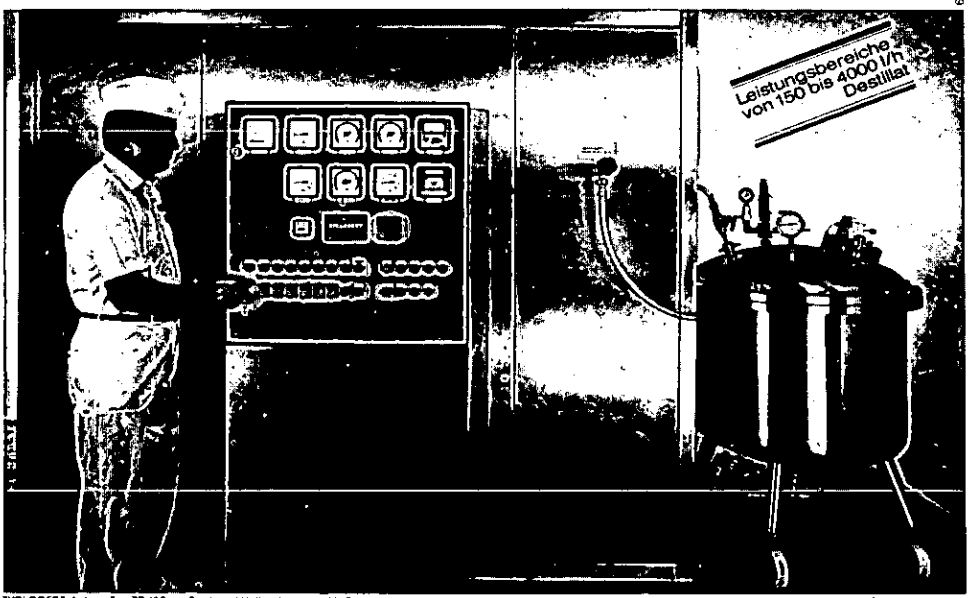


5.4 Dampfheizregister, Heißwasser-Erzeuger

Tauscher, die mit einem konstanten Dampfdruck fahren, stellen im allgemeinen keine Probleme dar, jedoch sind es die temperaturgeregelten Wärmetauscher oder Lufterhitzer. Ist der Vordruck vor dem Regelventil auch im Tauscher so hoch, daß kein Vakuum entsteht? Oft läßt die Kondensations-Kapazität des Tauschers den Dampfdruck, der noch am Anfang des Gerätes ist, recht bald zusammenbrechen. Aus dem folgenden Nomogramm kann man erkennen, daß bei 50% Last der Dampfdruck bereits im Vakuum ist.

Gibt es eine Lösung? Fließt Wasser bergauf? Die Ableitungsempfehlung finden Sie nachfolgend.

Bei Wasserdestillations-Anlagen können Sie sich für SCHOTT „System ZYCLODEST®“ entscheiden. Oder für höhere Energiekosten.



ZYCLODEST-Anlage Typ ZD 150 mit Edelstahl-Vollverkleidung für Schall- und Wärmeisolation

Der Name ZYCLODEST® kennzeichnet unsere Grundidee: Mit Hilfe eines Zyklons wird destilliertes Wasser von höchster Reinheit erzeugt.

Wodurch erreichen wir die einwandfreie Qualität?

Der im System ZYCLODEST® erzeugte Destillatdampf wird mittels eines Zyklons von allen noch in ihm befindlichen mitgerissenen Tröpfchen bis zu einer Größe von etwa 0,5 µm gereinigt.

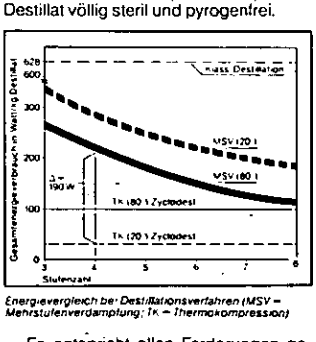
Aufgrund der hohen Geschwindigkeit entsteht an der Zyklonwand ein Wasserfilm, der den direkten Kontakt des aus dem Zyklon austretenden Destillatdampfes mit der Wandung verhindert. Somit wird ein Mitreißen von Schwermetallionen durch das Destillat in den Kondensator vermieden.

Konsequente Trennung des Destillates vom Wärmepumpen-Kreislauf.

Das konsequent angewandte Zweikreissystem der SCHOTT-Wasserdestillations-Anlage ZYCLODEST®, System Dr. Hoiss, trennt das Destillat völlig vom Wärmepumpen-Kreislauf und vermeidet so alle bewegten mechanischen Teile im Destillatkreislauf.

Destillat-Qualität entspricht allen Anforderungen.

Durch die Destillation im einstellbaren Temperaturbereich von 100–135 °C und der hohen Verweilzeit (ca. 20 Min.) ist das Destillat völlig steril und pyrogenfrei.



Energievergleich bei Destillationsverfahren (MSV = Mehrstufenverdampfung; TK = Thermokompression)

Es entspricht allen Forderungen gemäß EP, USP und den einschlägigen Pharmakopöen und erfüllt darüber hinaus die noch wesentlich höheren Anforderungen der Gesetzesentwürfe zur internationalen Regelung für Arzneimittel und Kosmetika (GMP).

Höchste Wirtschaftlichkeit durch Rückgewinnung der Energie.

Das Destillat, das ZYCLODEST® liefert, ist in den Temperaturen nur ca. 5 °C höher als das eintretende Rohwasser. Da fast alle im Erzeugnis steckende Energie mittels Wärmepumpe und Wärmeaustausch zurückgewonnen wird, arbeitet das System besonders wirtschaftlich.

Kühlwasser wird nicht benötigt. Der Gesamtenergieaufwand der ZYCLODEST®-Anlage beträgt nur 0,03 kWh pro Liter Destillat.

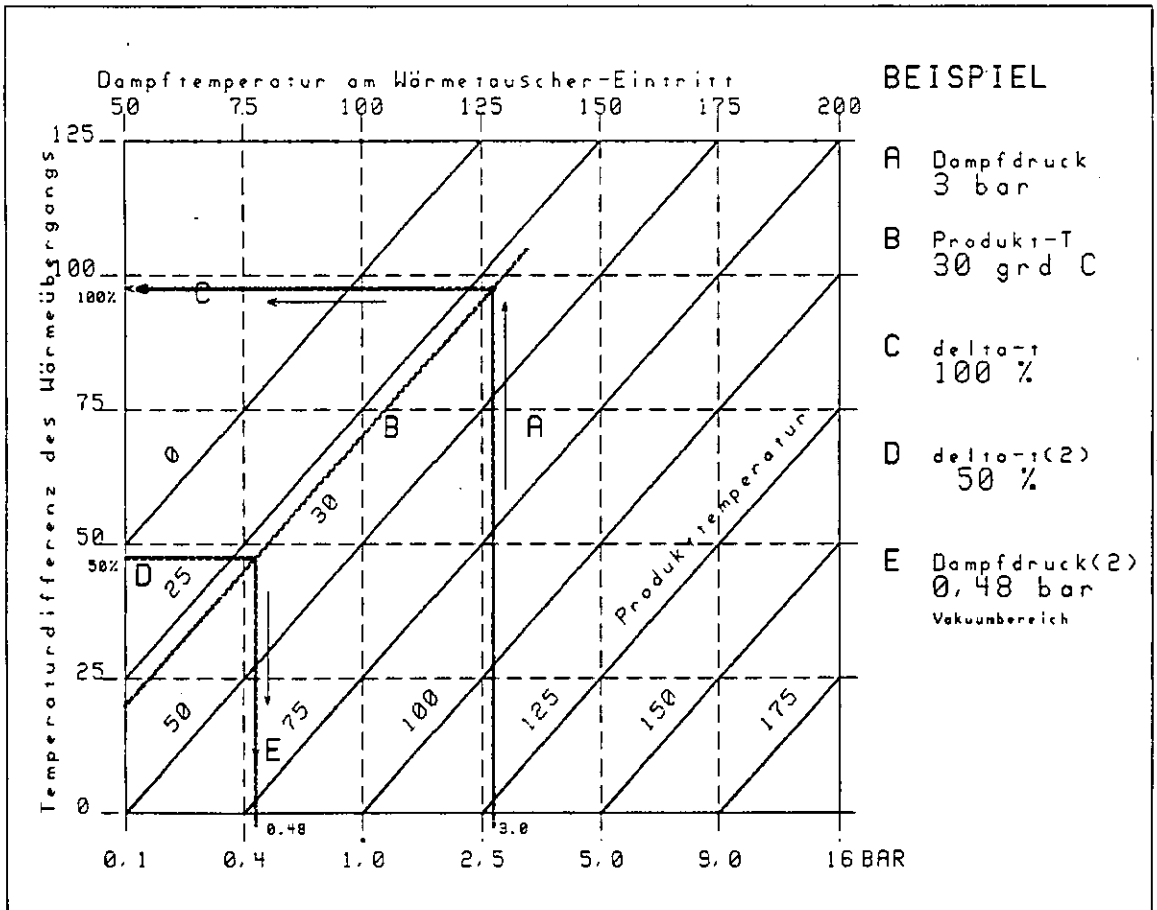
Für Entwicklung, Konzeption und Inbetriebnahme Ihrer ZYCLODEST®-Anlage steht Ihnen bei uns ein erfahrenes Team von Fachleuten zur Verfügung.

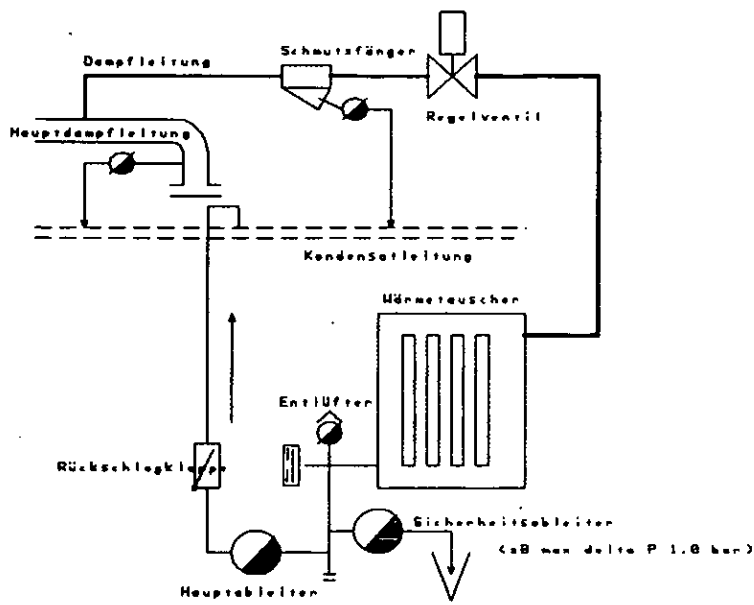
SCHOTT

SCHOTT GLASWERKE
Geschäftsbereich Chemie,
Produktgruppe Apparate- und Rohrleitungsbau,
Postfach 2480, D-6500 Mainz 1,
Tel. (0 61 31) 66 37 88,
Telex 4 1879 230 sm d

SCHOTT GRUPPE

ZYCLODEST, eingetragenes Warenzeichen der Fa. SCHICO, München


Dampftemperatur am Wärmetauscher-Eintritt
50
75
100
125
150
175
200
Temperaturdifferenz des Wärmeübergangs
125
100
75
50
25
0
100%
50%
C
D
B
A
E
0
30
25
50
75
100
125
150
175
Produkttemperatur
0.48
3.0
0,1
0,4
1,0
2,5
5,0
9,0
16 BAR
BEISPIEL
A Dampfdruck 3 bar
B Produkt-T 30 grd C
C delta-t 100 %
D delta-t(2) 50 %
E Dampfdruck(2) 0,48 bar
Vakuumbereich



Entwässerung von geregelten Wärmetauschern

5.5 Wasserschläge

Wasserschläge entstehen generell

1. durch abruptes Unterbrechen eines Wasserstromes oder anderer inkompressibler Medien,
2. durch Aufprall von heißem Kondensat auf kaltes Wasser
3. Einspülen von Dampfblasen in die Kondensatoberfläche =Implosionen (hierüber gibt es eine TÜV-Untersuchung)
4. durch Druck/Vakuum-Beschleunigung von Wassertropfen

Alles ist schädlich, aber die meisten Ursachen lassen sich so einigermaßen in den Griff bekommen.

1. (Ist nur vollständigkeitshalber aufgeführt.)

2. Es wird empfohlen, kein Hochdruckkondensat in eine Niederdruck-Kondensatleitung einzuführen. Die HD-Kondensat-Leitung ist separat zum Kondensatgefäß zu führen. Das HD-Kondensat ist notfalls mittels einer Lanze 'unter Wasser' in das Sammelgefäß einzuleiten.

3. Dieses Phänomen tritt zB bei Wärmetauschern auf, bei denen Kondensat anstaut. Die Erscheinungen an den zerstörten Rohrbündeln wurden zunächst als Sauerstoff-Korrosion gedeutet. Eingehende Untersuchungen ergaben, daß Implosionen von Dampfblasen, die in dem angestauten Kondensat eingespült waren, die Magnetitschicht der Tauscher-Rohre lösten. Durch Neubildung dieser Schicht und wiederum Ablösung kam es zum Bruch. Abhilfe war, die thermische Ableitung durch eine nichtanstauende zu ersetzen. Würden Sie dann auch mechanische Ableiter (Glocken- oder Kugelschwimmer) einsetzen?

4. Kondensat, das sich in Leitungen (auch ohne Durchhang) sammeln kann, wird durch den mit hoher Geschwindigkeit darüberhin blasenden Dampf zu Wellen aufgetürmt. Ein Pfropfen verschließt die Rohrleitung. Im nachfolgenden Rohrteil sorgt die (dauernde) Kondensation für Unterdruck. Dieser Pfropfen wird dann mit der enormen Druckdifferenz 'abgeschossen'. Wie groß müssen dann die Dampfleitungen sein, daß keine Propfen entstehen? Sollte man das Kondensat rechtzeitig ableiten?

6. Kondensatableiter

Kein Ableiter kann alles. Keine Unterkühlung ohne Anstau. Keine thermische Ableitung ohne Regelstrecke. Es lassen sich noch mehr Sätze bilden.

Jeder der größeren Ableiter-Hersteller produziert heute alle Ableiter-Typen. Eine Firma, die früher in großen Artikeln erläutert hat, weshalb sie keinen Glockenableiter bauen, ist heute dabei.

Ableiter lassen sich in folgende Kategorien einstufen:

1.	mechanisch	Glockenableiter, Kugelschwimmer
2.	thermisch	Faltenbalg, Kapsel, Bi-Metall
3.	thermodynamisch	TD's oder DC's

Wärmetauscher sollten ohne Anstau gefahren werden (wie vorher aufgeführt), es sei denn, diese Geräte sind extra für eine Anstau-Regelung gebaut. Mechanische Ableiter 'erkennen', ob Wasser abzuleiten ist. Für eine ausreichende Druckdifferenz muß gesorgt sein.

Aus Dampfleitungen soll das Kondensat entfernt werden. Wasser ist schwerer als Dampf. Ist es daher nicht folgerichtig, daß ein Ableiter, der die spezifischen Wichte erkennt hierfür eingesetzt wird? Z.B. mechanische Ableiter. Warum werden häufig thermische Ableiter eingesetzt? Sind das Preisgründe? Hat der Betreiber bei Folgeproblemen dann nicht die Zeche zu zahlen?

Bei der Auswahl der Ableiter ist die Betriebszuverlässigkeit und die Energiehaushaltung über die Lebensdauer von mind. 3-Jahren heranzuziehen. Eine Betriebs und Funktionsgarantie für diesen Zeitraum sollte gegeben sein.

Es gibt langlebige Ableiter, doch nichts ist von Dauer. Gelegentlich sollten alle Ableiter auf ihre Funktion hin überprüft werden. Hierfür gibt es Ultraschall-Prüfgeräte.

7. Befeuchter

Über Ultraschallbefeuchter hat kürzlich die CCI berichtet.

Wasser der Wäscher oder Kontakt-Befeuchter kann man durch UV-Lampen bestrahlen. Sind diese Geräte so wirksam, und wie lange? Man kann das Wasser auch mit Chemie keimfrei machen. Kann man Chemie bedenkenlos einsetzen? Oder stimmt der Satz von meinem Lehrmeister Horst Wieber:

Was gut ist gegen Bakterien ist auch gut gegen Menschen.

Bekannterweise ist Dampf keimfrei. Sollte man dann nicht immer Dampfbefeuchter einplanen? Und welche Anforderungen sollen an solche Befeuchter gestellt werden, um den Aspekten

Hygiene Abwasser-Vorschriften Wartung

gerecht zu werden?

Die Bauart der Dampfbefeuchter soll so beschaffen sein, daß der Dampf innerhalb des Gerätes nicht auf kalte Flächen trifft und dort kondensieren kann. Die Nachtrocknung soll so erfolgen, daß Partikel über 3µ entfernt sind. Die Regelung soll sehr genau sein. Und dann sollen die Geräte auch ganz lange halten. Das Kondensat sollte wieder zurückgeführt werden. Also alles in allem:

umweltfreundlich, energiesparend und praktisch ohne Wartung

8. Hydrazin und Beseitigung

Kann man oder will man auf die großen Vorteile von Hydrazin als Korrosionsschutzmittel nicht verzichten und Dampf zur Befeuchtung einzetzen, so muß kein teurer und empfindlicher Dampf/Dampf-Tauscher eingesetzt werden. Es bietet sich der Einbau eines Aktiv-Kohle-Filters an in dem zur Klimaanlage führenden Dampfstrang. An Aktivkohle zerfällt Hydrazin spontan in glatter Reaktion in Ammoniak und Stickstoff.

$$3N_2H_4 \text{ ----> } 4NH_3 + N_2$$

Die Lebensdauer der Aktivkohle ist begrenzt durch Abrieb und Feststoff-Eintrag. Fachgutachten und Broschüren sind bei uns erhältlich.

9. Energie-Ausnutzung (Entspanner, Kaskaden)

Für die Befeuchtung benötigt man die Wärme, um aus Wasser Luftfeuchte zu machen. Nicht-Befeuchten heißt aber auch, Energie verschwenden -hierüber ist bereits berichtet worden.

Im Dampf steckt viel Energie. Ca 2100 kJoule sind mehr, als man in andere Wärmeträger einbringen kann. Dampfregister sind etliches kleiner als andere.

Verdampfungs- und Restwärme aus Kondensat kann man bei sinnvoller Anwendung für weitere Zwecke bei niedrigeren Drücken verwenden, z.B. zum Heizen, Kochen oder Waschen. Können Sie sich vorstellen, daß man mit Dampf kühlen kann? Auch wir können entsprechende Vorschläge unterbreiten .

Es lassen sich derartige Investitionen oft in weniger als einem Jahr amortisieren.

10. Mit Training zum Erfolg (Video-Labor-Literatur)

Teilen Sie unser Wissen , dieses ist ein wichtiger Schritt zur Energie-Nutzung.

Es werden Seminare zur Dampf- und Kondensatwirtschaft angeboten. Video-Lehrfilme zeigen Probleme und Lösungen auf. Literatur ergänzt das Training und frischt das Wissen auf.

Sollten Sie nicht in Ihrem Betrieb -wenn man auch das Krankenhaus so sieht- sich oder einen wichtigen Mitarbeiter zum 'Energie-Minister' machen? Und warum sollten auch Sie nicht die Möglichkeiten nutzen, die die Großindustrie bereits seit langem in Anspruch nimmt.

Karl B. Nienburg
GF und Inh. der Fa

ASA Horst Wieber GmbH
Dampftechnik
Nikolaus-Otto-Str. 20
2805 Stuhr 1 0421-56831

Dipl. Ing. Heribert Schmitz Braunfels

Brauchwasser- Versorgungsanlagen für Krankenhäuser

• Definition - Nomenklatur

Bei der Analyse der Bezeichnungen für das warme Wasser, das vom Menschen zu Zwecken der Hygiene benutzt wird, stellt man fest, daß zwischenzeitlich nicht nur bei Laien, sondern auch bei Fachleuten einegroße Verwirrung vorliegt.
Die ursprüngliche Bezeichnung für erwärmtes Trinkwasser, nämlich **Warmwasser** ist einfach deshalb nicht mehr anwendbar, weil diese Bezeichnung in der Zentralheizungstechnik den Wärmeträger definiert und dieses warme Wasser in Heizungsanlagen mit Sicherheit keine Trinkwasserqualität besitzt. Genauso ungeeignet ist der Begriff **Heißwasser** weil auch er in der Heizungs- und Verfahrenstechnik für Heizmedien oberhalb einer bestimmten Betriebstemperatur verwendet wird und auch hier keine Trinkwasserqualität mehr vorliegt. Warmwasser und Heißwasser sind demzufolge in die Kategorie **Nichttrinkwasser** einzuordnen.
Der vor einigen Jahren geprägte Begriff des **Brauchwassers** erscheint auch dann, wenn einige Fachleute meinen es gäbe Verwechselungen mit Betriebswässern der geeigneteste Begriff, der sich auch im Sprachgebrauch bestens eingeführt hat. Er ist zwischenzeitlich auch in die verschiedensten Gesetze und Verordnungen eingegangen.
Ferner sind Ausdrücke wie **bereiten** oder **erhitzen** nicht zutreffend, bei der Zufuhr von Wärme wird Wasser **erwärmt**, demzufolge kann eine Wortkombination für das beabsichtigte Verfahren auch nur lauten: **Brauchwassererwärmung**.

• Aufgabe der Brauchwassererwärmung

Alle Brauchwasserversorgungsanlagen müssen unabhängig vo ihrer Art oder von ihrem System folgende Hauptaufgaben erfüllen:

- Brauchwaserversorgungsanlagen müssen von der Investitions- wie auch Betriebskostenseite her wirtschaftlich ausgeführt werden. Hier gilt auch im Krankenhausbereich die Betriebswirtschaftlichkeit und nicht die Volkswirtschaftlichkeit.

- Die für den Krankenhausbereich ermittelten Brauchwasserbedarfsmengen müssen verzögerungsfrei und kontinuierlich mit der erforderlichen Brauchwassertemperatur zur Verfügung gestellt werden.
- Brauchwasserversorgungsanlagen müssen jederzeit betriebssicher arbeiten und leicht bedienbar sein.
- Das zur Verwendung kommende Material für Rohrleitung, Behälter Armaturen etc. muß bei der Brauchwasserversorgungsanlage dauerbeständig ausgewählt werden.
- Das an den Entnahmestellen austretende Brauchwasser muß jederzeit hygienisch unbedenklich sein und Trinkwasserqualität besitzen.
- Brauchwasserversorgungsanlagen müssen den einschlägigen Sicherheitsbestimmungen entsprechen.

Auch unter Beachtung dieses umfangreichen Aufgabenkataloges lassen sich **wirtschaftliche** und **komfortable** zentrale Brauchwassersysteme erstellen.
Es dürfte wohl ohne besondere Betonung feststehen, daß der Mensch im letzten Viertel des 2o. Jahrhunderts insbesondere im Krankenhausbereich einen Anspruch auf immer ausreichende Brauchwasserdarbietung hat, auch dann, wenn allgemein die Energiepreise steigen und die Angebotsmengen weltweit zurückgehen, darf die Hygiene des Menschen nicht darunter leiden. Hygiene ist aber zweifelsfrei heute untrennbar mit täglichem gründlichem waschen und mehrmalig wöchentlichem Dusch- oder Wannenbad verbunden. In Zeiten, da die Hygiene noch nicht den heutigen Stand hatte, rafften Krankheiten die Menschen dahin.

• Ausreichende Versorgung mit Brauchwasser.
Sicher ist die Frage nach der ausreichenden Versorgung mit Brauchwasser zunächst eine relative Größe, die jedoch heute an den Leistungen der Auslaufarmaturen gemessen werden kann. Brausearmaturen in Duschen, sowie Wannenfüll- und brausebatterien haben heute durchaus Zapfmengen mit Leistungen von 2o....25 l/min und mehr. Die erforderliche Benutzungstemperatur ist mit 35.....4o °C anzusetzen. Diese Auslaufmengen sind nicht willkürlich sondern berücksichtigen eine kurze Benutzungsperiode, insbesondere auch im Pflegebereich.
Diese Entnahmemengen von lokal installierten Brauchwasserwärmern zu verlangen, hieße Energieanschlußwerte zu fordern

die besonders ,gemessen an den Möglichkeiten leitungsgebundener Energien fast utopisch sind.So wäre z.B. bei einer Brauchwasserentnahmemenge von 2o l/min und einer Brauchwassertemperatur von 4o °C bei einem Elektrodurchlauferhitzer eine Anschlußleistung von über 4o kW notwendig.Aus diesem Grund scheiden Einzelbrauchwassererwärmer im Krankenhausbereich grundsätzlich aus, bzw. ihr Einsatz ist von untergeordneter Bedeutung.Diese Zusammenhänge sollen aber keinesfalls zu dem Schluß führen,daß die Einzelbrauchwassererwärmung gänzlich ungeeignet sei,jedoch müssen bei der Anwendung dieser Ausführungsart die Einsatzgrenzen deutlich gesehen werde.
Die Verbrauchzahlen für den Brauchwasserbedarf im Krankenhausbereich schwanken sehr stark und lassen sich in Durchschnittswerten mit Mengen von 1oo bis 3oo Liter / Tag und Patient, bei einer Brauchwasssertemperatur von 6o °C ab Erzeuger belegen. Da alleine für medizinische Bäder Durchschnittsverbrauchswerte zwischen 2oo und 4oo Liter / Tag und Patient vorliegen wird deutlich,daß die zu projektierende Brauchwasserversorgungsanlage speziell auf den Krankenhaustyp hin abgestimmt sein muß, abgesehen davon,daß die Größe und der Umfang der Nebenbetriebe erheblichen Einfluß haben können.

• Systeme der zentralen Brauchwassererwärmung

Je nach technischem Aufbau der Brauchwasserversorgung müssen folgende Systeme unterschieden werden:
-- das Durchflußsystem
-- das Speichersystem
Bei beiden Systemen wird nach der Art der Wärmeübertragung unterschieden nach:
-- mittelbarer Erwärmung
-- unmittelbarer Erwärmung
Hierbei bedeutet unmittelbar,die direkte Wärmeübertragung vom Brennstoff bzw. von der Energie auf das Brauchwasser.Bei mittelbarer Erwärmung ist zwischen Brennstoff und Brauchwasser ein Wärmeträger geschaltet,hier im Regelfall Wasser bzw. Dampf. Für die Brauchwassererwärmung kommen feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe zur Anwendung.Dort wo Fernheizanschlüsse vorliegen wird man sich dieser bedienen.In besonders gelagerten Fällen kann auch Sonnenenergie und Wärmepumpenbetrieb sinnvoll sein, aber gerade hier sind Kosten/Nutzenrechnungen vor der Ausführung vorzunehmen.

Alle Anlagenarten arbeiten im geschlossennen System und stehen unter dem Druck des öffentlichen Trinkwasserversorgungsnetzes, wenn nicht objektbezogene Druckerhöhungsanlagen arbeiten.Für die Brauchwassererwärmung kommt natürlich auch nur Trinkwasser zur Anwendung.

Das **Durchflußsystem** ist heute bei der auch im Krankenhausbereich eingesetzten zentralen Brauchwassererwärmung kaum noch in Anwendung, wenn , dann sind Durchflußerwärmer direkt in entsprechend dimensionierten Heizwasserspeichern mit unterschiedlichen Inhalten eingebaut.Da diese Systeme jedoch zur Sicherstellung einer ausreichenden Versorgung ständig mit hoher Heiztemperatur betrieben werden müssen,sind zwangsläufig auch die Bereitschaftsverluste hoch,wie auch eine exakte Regelung der Brauchwassertemperatur nicht bei allen Durchsatzmengen gegeben ist.Eine in letzter Zeit verschiedentlich aufgestellte Behauptung,im Durchflußsystem bestünde weniger die Gefahr der Legionella ist unzutreffend.

Beim **Speichersystem** werden mehr oder weniger große gespeicherte Wassermengen erwärmt,die dann bei Bedarf aus dem angelegten Vorrat abgezapft werden.Natürlich wirkt auch gerade im Krankenhaus das große Rohrnetz als Speicher.Der wesentliche Vorteil des Speichersystems ist in der Tatsache zu sehen,daß an einer oder mehrerer Verbrauchsstellen kurzfristig große Mengen an Brauchwasser abgerufen werden kann ohne, daß dadurch erhöhte Anschlußleistungen oder Brennstoffmengen erforderlich sind.

Auch können mit geringen Anschlußleistungen unter Berücksichtigung entsprechender Aufheizzeiten und Speicherinhalte große Brauchwassermengen dargestellt werden., was gerade bei Spitzenentnahmenzeiten wie im Krankenhausbereich von besonderer Bedeutung ist.

Naturgemäß lassen sich aus Durchflußsystemen und Speichersystemen auch Kombinationen bilden, wie selbstverständlich auch Systeme aus mehreren Speichereinheiten bestehen können, hierbei müssen nicht unbedingt dann alle Speicher auch mit einer entsprechenden Heizfläche ausgestattet werden, man bezeichnet solche Speicher als Ladespeicheranlagen.

● Dimensionierung von Brauchwasserversorgungsanlagen

Zur Größenbestimmung von Brauchwasserversorgungsanlagen sind einerseits spezifische Verbrauchsmengen von Interesse, zum anderendie unter Berücksichtigung der Herstellerangaben entstehenden

Armaturenleistungen. Für die Berechnung der Aggregate im Wohnungsbau gibt es die Berechnung des Brauchwasserwärmebedarfes nach DIN 4708, aber im Gegensatz zum Wohnungsbau muß für Krankenhäuser, Gewerbe und Industrieanlagen die Dimensionierung unter Abschätzung der möglichen gleichzeitigen Benutzung aller Entnahmestellen durchgeführt werden und ein Betriebszeitplan verfaßt werden.

Einzelreinigungsvorgänge	Sanitärobjekte				Brauchwasserrichtwerte		
	Waschtisch	Bidet	Brause	Badewanne	Wassermenge (Liter)	Temperatur [°C]	Ben.Zeit (min)
Hände waschen	x				5	40	4
Gesicht waschen	x				5	37	4
Zähne putzen	x				1	37	4
Füße waschen		x	x	x	25	37	10
Oberkörper waschen	x				10	37	10
Unterkörper waschen		x	x		10	37	10
Körper ganz waschen			x		50	40	15
Kopfdusche	x		x		15	37	10
Kinderbad			x	x	50	40	10
Vollbad				x	150	40	20
Sitzbad			x	x	50	40	15
Fußbad		x	x		25	40	15
Naßrasur	x				1	37	5

Tabelle 1 Spezifische Brauchwassermengen für Einzelreinigungsvorgänge bei verschiedenen Sanitärobjekten.

Ein erheblicher Spitzenbedarf tritt im allgemeinen bei Krankenhäusern in Vormittagsstunden auf wenn die Patienten versorgt werden und zusätzlich ggf. Küchenbetrieb, Wäscherei etc. mit warmem Wasser versorgt werden müssen. Extrem hoher Spitzenbedarf natürlich dort wo warmes Wasser zu Behandlung z.B. im hydotherapeutischen Bereich benötigt wird.
Alle diese Einzelentnahmen werden zur Berechnung des Systems zeitlich gewichtet und nach einem Summenlinienverfahren in die

Dimensionierung der Geräte, hier insbesondere Speicher,Heizleistung und Heizflächen eingebracht.

- **Einflüsse auf die Wirtschaftlichkeit von Brauchwasserversorgungsanlagen**

Auf die Wirtschaftlichkeit von Brauchwasersystemen nehmen verschiedene Einzelkomponenten Einfluß.Hier sind zu nennen:
- die Wärmeerzeugung
- die Wärmeverteilung
- die Wärmespeicherung

Bei der Wärmeerzeugung ist die Darstellung eines hohen Jahresnutzungsgrades von hoher Bedeutung , dieser ergibt sich dann, wenn die erzeugte Wärme dem tatsächlichen Bedarf möglichst genau angepaßt wird, d.h. nur geringe Stillstandsverluste entstehen.Natürlich muß dabei auch der optimale Feuerungsprozess ablaufen.Die Wärmeverteilung sollte wie auch die Wärmespeicherung möglichst ohne Verluste ablaufen.Auch hier im Krankenhausbereichist in die Überlegung zur zentralen Brauchwassererwärmung gleichgültig bei welcher Energieart auch die kritische Betrachtung der Zirkulationsleitung einzubeziehen.Zu den Auskühlverlusten der Rohrleitungen sind auch vielfach erhebliche Kosten für den Pumpenantrieb zu berücksichtigen.
Zirkulationsleitungen sind deshalb auf die tatsächlich notwendigen Fälle zu beschränken und es ist in jedem Fall zu prüfen,ob ein zeitgesteuerte Pumpenbetriebszeit infrage kommt.
Alle Betriebskosten die in Verbindung mit der Brauchwassererwärmung stehen sind laufend zu kontrollieren, Abweichungen gegenüber Vorjahreszahlen müssen zur Anlagen- oder Verbrauchsüberprüfungen führen.

Aufbereitung, Schutzschichtbildung und Korrosion in wasserführenden Systemen

O. Wollrab, Kiel

1. Aufbereitung

Der Nutzung von Wasser zu Trink- aber auch zu technischen Zwecken sind durch seine, für viele Mineralien und organischen Verbindungen hervorragenden Lösungs- und Dispergiereigenschaften z.T. enge Grenzen gesetzt, die durch natürliche, insbesondere aber künstliche Beeinflussung.(beispielsweise Verschmutzung durch Industrie- und Haushaltswasser) bestimmt werden. Wasser ist deshalb in der Regel aufzubereiten, wobei die Aufbereitung einerseits sowohl in hygienischer als auch in korrosionstechnischer Hinsicht zu erfolgen, andererseits aber auch die jeweilige Nutzung zu berücksichtigen hat. Von den im Wasser gelösten bzw. in Schwebe gehaltenen Stoffen sind dabei die mineralischen Verbindungen von Calcium und Magnesium (Härtebildner) sowie Natrium, Eisen und Mangan als Chlorid, Sulfat, Nitrat und Carbonat bzw. Hydrogencarbonat, ferner gelöstes Kohlendioxid und freier Sauerstoff von besonderem Interesse. Bei den organischen Verbindungen kann es sich sowohl um abgestorbene und lebende Substanz pflanzlichen oder tierischen Ursprungs als auch um synthetische Produkte handeln.

Zur Aufbereitung wird das Wasser, insbesondere wenn es aus sogenannten Tiefbrunnen gewonnen wird, belüftet, d.h. mit Luftsauerstoff angereichert. Auf diese Weise werden durch Oxidation die gelösten Eisen- und Manganverbindungen als Oxidhydrate ausgefällt, ein Großteil des gelösten Kohlendioxids ausgetrieben und gleichzeitig mit dieser Sauerstoffanreicherung Voraussetzungen für Deckschichtbildungen im Rohrnetz bzw. in den Hausinstallationen geschaffen. Anschließend wird das Wasser filtriert, wobei neben Eisen und Mangan ein Großteil der organischen Suspensionen abgetrennt werden, so daß antibiotische Maßnahmen (Chloren, Ozonisieren u.ä.) die Ausnahme darstellen.

Bei sauerstoffhaltigem Talsperren- und Flußwasser erfolgt die Aufbereitung vielfach durch alkalisierende Zusätze in Form von Kalkmilch, Natronlauge o.ä., zum Teil nach vorhergegangener Behandlung mit Flockungsmitteln wie Eisen- oder Aluminiumsalzen, oder es wird mit alkalisierenden Filtermassen gearbeitet. Darüberhinaus besteht in jedem Fall die Möglichkeit zusätzlicher Impfmaßnahmen mit Phosphaten und Silikaten als Korrosionsprophylaxe.

Insbesondere bei Kesselspeisewasser ist eine separate Nachbehandlung erforderlich, die sich von Enthärtungsmaßnahmen bis zur Vollentsalzung vornehmlich mittels Austauscherharzen, bei gleichzeitiger Impfdosierung erstrecken kann. Gleiches gilt bei speziellen Heizungs- und Klimaanlagen.

2. Schutzschichtbildung

Schutzschichten stellen zusammenhängend deckende, dichte Schichten auf den Innenwänden von Rohrleitungen und Behältern dar, die (in der Regel) neben der räumlichen Trennung von Wasser und Metall elektrisch nichtleitend sind (Passivschichten) und somit Korrosionen der von ihnen überlagerten Metallwandungen unterbinden. Sie können sowohl künstlich erzeugt wer-

den (Kunststoffbeschichtung, Bituminierung, Eloxierung) als auch auf natürlichem Wege entstehen. Im letztgenannten Fall ist ihre Bildung grundsätzlich primär mit einer flächigen Korrosion verbunden. Dabei kommt den im Wasser gelösten Salzen und Gasen qualitativ und quantitativ eine je nach Werkstoff unterschiedliche Bedeutung zu. Wesentliche Voraussetzungen für die gleichmäßige Schutzschichtbildung sind weitgehend glatte und fremdstofffreie Wandungen sowie Wasserfluß.

Von den Wasserinhaltsstoffen vermag das gelöste Kohlendioxid (in Verbindung mit Wasser: Kohlensäure) Eisenwerkstoffe und Zink direkt, sowie Kupfer, bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sauerstoff, indirekt anzugreifen, d.h. zu korrodieren; und, obwohl die Kohlensäure nur in sehr geringem Umfang dissoziiert ist, bestimmt sie in erster Linie den pH-Wert eines Wassers.

Von den Mineralsalzen ist den Calcium- und Magnesiumverbindungen (Erdalkalien) besondere Beachtung zu schenken. Sie bilden einerseits mit Seife schwerlösliche Verbindungen, so daß der gewünschte Schaumeffekt erst eintritt, wenn sie restlos abgebunden sind, und andererseits scheiden sich insbesondere die Kohlensäureverbindungen des Calciums beim Erwärmen als Kruste auf den Wandungen (Kesselstein) ab, was nicht nur in Dampfkesselanlagen zu erheblichen Problemen führen kann. Man bezeichnet diese Salze als Härtebildner und ihre Maßeinheit als Härtegrad (1 Grad deutscher Härte entspricht dem Äquivalent von 10 mg Calciumoxid pro Liter bzw. dem summarischen Erdalkaliengehalt von 0,1785 mmol pro Liter). Dem Härtegrad des Wassers entsprechend, unterscheidet man dabei zwischen folgenden Wasserbeschaffenheiten

°dH	mmol/l	Wasserbeschaffenheit	Härtebereich
< 7	< 1,25	weich	1
7 - 14	1,25 - 2,5	mittelhart	2
14 - 21	2,5 - 3,75	hart	3
> 21	> 3,75	sehr hart	4

Darüber hinaus differenziert man zwischen der sich beim Erwärmen frühzeitig ausscheidenden Karbonathärte (KH) und der relativ leicht löslich bleibenden oder Nichtkarbonathärte (NKH).

Bei der Karbonathärte handelt es sich um Erdalkaliverbindungen der Kohlensäure, wobei bemerkenswerterweise in beiden Fällen lediglich die Hydrogencarbonate, nicht jedoch die einfachen Verbindungen wasserlöslich sind und ferner nur das Magnesiumhydrogencarbonat kaltwasserstabil ist. Das Calciumhydrogencarbonat hingegen bedarf zu seiner Lösung zusätzlicher Kohlensäure, wobei der Gehalt an sog. zugehöriger Kohlensäure überproportional zum Gehalt des Calciumhydrogencarbonats steigt. Zwangsläufig bewirkt der steigende Kohlensäuregehalt ein Absenken des pH-Wertes bis in den leicht sauren Bereich, ohne daß jedoch das Wasser einen aggressiven Charakter bekäme. Ist der Gehalt an Gesamtkohlensäure größer als der der zugehörigen, ergeben sich insbesondere bei Eisenwerkstoffen Probleme bei der Ausbildung wirksamer Schutzschichten, ist er geringer, tendiert das Wasser bereits in kaltem Zustand zu Kalkausscheidungen, d.h. es besteht die akute Gefahr eines Zuwachsens der Rohrleitungen.

Karbonathärte (°dKH)	freie zugehörige Kohlensäure (mg CO_2/l)	pH-Wert
2,55	0,44	8,48
5,1	1,83	8,17
10,2	11,7	7,66
20,4	113	6,97
25,5	200	6,82

Bei der Nichtkarbonathärte handelt es sich um z.T. leicht lösliche Verbindungen der Erdalkalien mit Chlorid, Sulfat und Nitrat. Alle diese Salze hydrolisieren in Wasser sauer und beeinflussen somit zusammen mit der Kohlensäure den pH-Wert.

Nichtkarbonathärte als Claciumchlorid (°dNKH)	pH-Wert
2,55	6,71
5,1	6,51
10,2	6,35
20,4	6,25
25,5	6,23

Analog Kohlensäure sind sie daher in der Lage Metalle anzugreifen, wobei ihre Aggressivität durch hohe Karbonathärteanteile deutlich gemindert wird (Pufferwirkung). Die Gleichgewichtswerte (Sättigungsindex) der Karbonathärte (zugehörige Kohlensäure und pH-Wert) erfahren dadurch entsprechende Absenkungen.

An der Deck- bzw. Schutzschichtbildung ist bevorzugt die Karbonathärte beteiligt, wobei ein Mindestcalciumgehalt von 0,5 mmol/l, ein ausgeglichener Sättigungsindex und eine weitgehende Sauerstoffsättigung angezeigt sind. Als klassisches Beispiel mag dabei die Schutzschichtbildung in einem Eisenrohr gelten:

Es erfolgt zunächst eine flächige Korrosion der Rohrwand durch die zugehörige Kohlensäure der Karbonathärte, wobei als Produkt Eisen-II-hydrogencarbonat entsteht, das in der weiteren Folge durch den im Wasser gelösten Sauerstoff oxidiert und als Eisen-III-oxidhydrat unmittelbar auf der Rohrwandung abgeschieden wird. Die wieder freiwerdende Kohlensäure bewirkt dabei einen erneuten Korrosionsvorgang. Durch den primären Korrosionsangriff wird jedoch das Kohlensäureverhältnis gestört, mit der Folge, daß sich die jetzt überschüssige Karbonathärte in Form von feinverteiltem Calciumcarbonat ausscheidet, sich in kristalliner Form in die sich bildende Schicht von Eisen-III-oxidhydrat einbettet und somit in relativ kurzer Zeit eine weitgehend undurchlässige, elektrisch nichtleitende Deckschicht aufbaut, die jede weitere Korrosion unterbindet.

Wie bereits erwähnt, setzt die gleichmäßige Ausbildung dieser Deckschicht ein fließendes Wasser voraus, eine Bedingung, die in Hausinstallationen nur zeitweise erfüllt wird. Aus diesem Grund werden Stahlrohre für Trinkwasserinstallationen mit einer Zinkschicht versehen, die sich in karbonathaltigem Wasser schnell mit einem unlöslichen Gemisch von basischem Zink-

carbonat und Eisen-III-oxidhydrat überzieht, so daß auch hier ein wirksamer Korrosionsschutz gegeben ist.

Kupfer als Halbedelmetall wird im Gegensatz zu Eisen und Zink von Kohlensäure nicht angegriffen, wohl aber vom gelösten Sauerstoff des Wassers, wobei sich zunächst eine dünne, fest anhaftende Kupfer-I-oxidschicht bildet, die bereits eine Schutzfunktion besitzt. Im Gegensatz zu Schutzschichten auf Eisen- und Zinkwandungen ist sie (im gleichen Medium) jedoch noch reaktiv und vermag sich, unter gleichzeitiger Neubildung, in Kupfer-II-oxid und dieses in basische Salze, vornehmlich der Kohlensäure umzuwandeln.

In sämtliche Deckschichten vorgenannter Arten sind neben Karbonaten in der Regel auch die übrigen mineralischen Wasserinhaltstoffe in unterschiedlichen, aber deutlich geringeren Mengenverhältnissen eingebunden. Überschüssige freie Kohlensäure verhindert oder beeinträchtigt den Aufbau von Schutzschichten bzw. vermag bestehende Schutzschichten abzubauen bzw. zu zerstören, sofern sich die Wasserbeschaffenheit entsprechend verändert. Das gilt in besonderem Maße für das Mischen von Wässern mit deutlich unterschiedlicher Karbonathärte und für basensaustauscherenthärtetes Wasser, da in beiden Fällen, selbst bei gleichgewichtsstabilen Ausgangswässern, überschüssige Kohlensäure erhalten wird. Entsprechende neutralisierende Nachbehandlungen sind also angezeigt. Deckschichten in ausschließlich nichtkarbonathaltigem Wasser besitzen keine Schutzfunktion. Edelstahlrohre weisen eine hauchdünne "natürliche" Passivschicht auf, die nur von stark chloridhaltigen Oxidationsmitteln zerstört wird und die daher in der Regel jede Korrosion unterbindet. Es bilden sich zwangsläufig auch keine korrosionsbedingten Deckschichten.

3. Korrosion

Bei der Korrosion ist zwischen einem flächigen und einem lokal verstärkten Werkstoffangriff zu unterscheiden. Die vorstehend beschriebene Schutzschichtbildung stellt dabei einen speziellen, von selbst zum Stillstand kommenden Fall des flächigen Angriffs dar. Im Regelfall steht die flächige Korrosion in direktem Zusammenhang mit einer Übersäuerung des Wassers und bewirkt einen zwar erheblichen, aber auf die gesamte Rohrwand gleichmäßig verteilten Materialabtrag, so daß u.U. ein großer Zeitraum verstreichen kann, bevor sich Rohrbrüche einstellen. Ungeachtet dessen, sind in diesem Zusammenhang jedoch Dampfkesselkondensate hervorzuheben, die sich unter bestimmten Voraussetzungen, selbst bei stark alkalischem Kesselwasser in erheblichem Maße mit Kohlendioxid anzureichern vermögen, so daß sie deutlich sauer reagieren und ihre Rücklaufleitungen innerhalb kurzer Zeit zerstören können.

Wesentlich kritischer ist der lokal verstärkte Werkstoffangriff zu beurteilen, der sich als Mulden- und als Lochkorrosion äußert. Insbesondere die Lochkorrosion vermag gegebenenfalls innerhalb kurzer Zeit Rohrbrüche hervorzurufen. Ihr Auftreten ist grundsätzlich von 3 Parametern abhängig: Ein ausreichend hoher Elektrolytgehalt (Salze und CO_2) des Wassers, ein ausreichend hoher Sauerstoffgehalt des Wassers und die Anwesenheit auslösender Korrosionselemente. Wird eine Voraussetzung nicht erfüllt, kann keine lokal verstärkte Korrosion eintreten. Ihr Auftreten stellt darüber hinaus lokale Störungen der Schutzschichtbildungen bzw. lokale Zerstörungen bestehender Schutzschichten dar. Sie kann sowohl mit der Qualität des verwendeten Werkstoffes, als auch mit der Verarbeitung und mit den jeweiligen Betriebsbedingungen einschließlich der Wasserbeschaffenheit im Zusammenhang stehen.

Die Qualität des jeweiligen Werkstoffes kann sich dabei sowohl begünstigend als auch auslösend auswirken. Hinsichtlich des Kupfers ist auf die begünstigenden bzw. beschleunigenden Eigenschaften fertigungsbedingter, filmförmiger Kohlenstoffrückstände auf den Rohrwandungen zu verweisen, deren Anwesenheit in direktem Zusammenhang mit der Entstehung von Loch- und Muldenkorrosion in Kaltwassersystemen stehen kann. Bei geschweißten und verzinkten Stahlrohren liegen korrosionsauslösende Mängel gegebenenfalls in der Ausführung der inneren Schweißnaht oder in der Feuerverzinkung begründet. Rohre und Zubehör unterliegen daher einer umfangreichen Normung und einem ausführlichen Regelwerk des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW).

Gleiches gilt auch für die Verarbeitung, wobei hier bereits in der Planung gravierende Fehler, beispielsweise durch falsche Dimensionierung der Rohrleitung (Erosionen in Warmwasserleitungen mit Zwangsumwälzung) begangen werden können. Aus Fehlern in der Verarbeitung resultieren sowohl unmittelbare (mangelhafte Ausführung von Rohrverbindungen) als auch insbesondere mittelbare Schäden in Form von Flußmittelkorrosion, Lochfraß als Folge nicht beseitigter Säge- oder Schneidspäne, Kupferoxidschuppen, Gratbildung, Mischinstallation o.ä. Insbesondere bei Kupferrohren machen sich längere Stillstandszeiten zwischen der Fertigstellung der Installation, einschließlich der Dichtprüfung und der Inbetriebnahme negativ bemerkbar. Das gilt in besonderem Maße für die Rohrsohlen zwischenzeitlich entleerter waagerechter Leitungen, bei denen verbleibendes Restwasser durch Korrosion an der Dreiphasengrenze (Wasser, Luft, Metall) entscheidende Störungen der Schutzschichtbildung hervorruft.

Es gibt Wässer, bei denen nur verzinkte Strahlrohre in Mitleidenschaft gezogen werden, bei anderen treten Beeinträchtigungen nur bei Kaltwassersystemen aus Kupfer auf, oder auch nur bei Warmwassersystemen. In einigen Fällen ereignen sich Korrosionsschäden bei beiden Werkstoffen. Dem stehen wiederum Wässer gegenüber, bei denen selbst schwerwiegende Leistungsmängel keine Korrosion hervorrufen. Wasserseitig steht die lokal verstärkte Korrosion dabei in einem direkten Zusammenhang mit der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung seiner mineralischen Inhaltstoffe, wobei in vielen Fällen eine Abhängigkeit vom Verhältnis Nichtkarbonathärte zu Karbonathärte sowie deren Größenordnung erkennbar ist. Vielfach ergeben sich Zusammenhänge mit Veränderungen der Wasserbeschaffenheit durch natürliche Einflüsse oder auch durch Erschließung weiterer Brunnen (Ausweitung des Versorgungsbereiches). Aufbereiten dieser Wässer, beispielsweise durch Teilenthärtung in Basenaustauschern, führt nicht in jedem Fall zum Erfolg; in der Regel ist eine zusätzliche Impfdosierung von Phosphaten und/oder Silicaten erforderlich.

Während hartes, weitgehend neutrales Wasser Lochkorrosionen in kupfernen Kaltwasserinstallationen begünstigt (Typ I), kann weiches saures Wasser gleiches bei entsprechenden Warmwasserinstallationen bewirken (Typ II). Zink erfährt bei Temperaturen oberhalb von 60°C eine überhöhte "Passivschichtbildung", woraus sich zwangsläufig eine Gefährung der zu schützenden Stahlwandungen ergibt, sofern die Betriebstemperatur diesen Grenzbereich nennenswert überschreitet. Ebenfalls infolge zu hoher Betriebstemperaturen ausgeschiedene Gasblasen können, insbesondere in Neuinstallationen, zu schadenursächlichen Störungen der Schutzschichtbildung führen, gleichermaßen wie aus dem Rohrnetz eingespülter Eisen- und Manganoxidhydrat-Schlamm (Feinfilter!).

Bei Einspeisung von weichem Talsperrenwasser sind einzelne Fälle von Korrosionsschäden in Warmwasserinstallationen aus Kupferrohren bekannt, die in Zusammenhang mit der Stoffwechseltätigkeit latent eingeschleppter Mi-

kroorganismen stehen.

In Ganzmetall-Heizungsanlagen wird der Sauerstoff des eingefüllten Wassers relativ schnell verbraucht, so daß Korrosionen hier von selbst zum Stillstand kommen. Erfolgt jedoch ein kontinuierlicher Sauerstoffeinbruch, beispielsweise in Form ständig nachgefüllten Wassers als Folge von Leckverlusten oder wird durch die Umwälzpumpe Luftsauerstoff injiziert, kommt es zwangsläufig zu einem Wiederbeginn der Korrosionsvorgänge.

Literaturhinweis

(1) DIN Taschenbuch Nr. 12, Normen über Wassergewinnung und Wasseraufbereitung
(2) DIN Taschenbuch Nr. 62, Normen über Rohre und Formstücke
(3) DIN 1988, Trinkwasser-Leitungsanlagen in Grundstücken
(4) DIN 2000, Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser
(5) DIN 50900, Korrosionen der Metalle
(6) DIN 50930, Korrosionsverhalten von metallischen Werkstoffen gegenüber Wasser
(7) DVGW-Arbeitsblatt G.W.2, Verbinden von Kupferrohren für die Gas- und Wasserinstallation
(8) DVGW-Arbeitsblatt G.W.392, Nahtlosgezogene Rohre für die Gas- und Wasserinstallation

Otto Wollrab
Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung
der öffentlich-rechtlichen Versicherer e.V. - IfS -
Preetzer Straße 75, 2300 Kiel 14

DIN 1946 Teil 4 "RLT-Anlagen in Krankenhäusern" - Veröffentlichung des Weißdruckes in Sicht

von K.-W. Kraupner, Hamburg

1 Vorbemerkungen

1.1 Stand der Bearbeitung

Der Entwurf für die Neufassung dieser Norm (nachfolgend als "Entwurf 1987" bezeichnet) ist im Mai 1987 veröffentlicht worden. Die Einspruchsfrist gegen diesen Entwurf endete am 31.8.1987. Da über Einsprüche *) noch nicht beraten und entschieden worden ist, ist nicht auszuschließen, daß die endgültige Neufassung gegenüber dem Entwurf noch einige Änderungen erfährt.

1.2 Gliederung

Durch die Neuordnung der Gesamt-Norm DIN 1946 entfällt zukünftig deren bisheriger Teil 1 "Grundlagen". Daher kann die Neufassung des Teiles 4 auch keine Ergänzung mehr zum Teil 1 bleiben, sondern muß eine selbständige Norm werden. Dabei wurde deren Gliederung weitgehend demjenigen der DIN 1946 Teil 2 "Gesundheitstechnische Anforderungen" vom Januar 1983 angepaßt. Abweichungen gegenüber diesem Teil 2 ergeben sich durch die besonderen Anforderungen an raumlufttechnische (RLT-) Anlagen in Krankenhäusern und eine aus Gründen einer besseren Übersicht vorgenommene weitestmögliche Zusammenfassung von zu einem Komplex gehörenden Aussagen an nur einer Stelle.

1.3 Grundsätzliches über die im Entwurf 1987 enthaltenen Anforderungen

Ziel der Überarbeitung der z.Z. noch gültigen Fassung dieser Norm vom April 1978 (nachfolgend als "Fassung 1978" bezeichnet) war

- die Auswertung der zwischenzeitlich damit gewonnenen Erfah-

---

*) z.Z. der Abfassung dieses Referates ist über Umfang und Inhalt von Einsprüchen noch nichts bekannt

rungen und deren Berücksichtigung,

- die Überprüfung der darin enthaltenen Anforderungen auf ihre Notwendigkeit generell oder im Einzelfall,
- die Berücksichtigung aller neueren medizinischen und technischen Erkenntnisse und damit
- eine einheitliche Anwendung einer Neufassung.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß die nach der Fassung 1978 erstellten RLT-Anlagen insbesondere in hygienischer Hinsicht die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen, diese Norm sich also insofern gut bewährt hat. Die Praxis hat jedoch auch gezeigt, daß auf einige Forderungen ganz oder unter bestimmten Voraussetzungen verzichtet werden kann. Diesem Umstand trägt die Fassung 1978 bereits dadurch Rechnung, daß sie unter bestimmten Voraussetzungen Ausnahmen ausdrücklich zuläßt. Es hat sich allerdings herausgestellt, daß über solche Abweichungen unterschiedliche Auffassungen bestehen und bei einigen Abweichungen die Erreichung des Schutzzieles nicht mehr gewährleistet ist.

In den Entwurf 1987 sind daher diejenigen Anforderungen, die sich bewährt haben und die für unverzichtbar gehalten werden, übernommen worden. Soweit bisherige Forderungen unter bestimmten Bedingungen eingeschränkt werden können, sind sie mit entsprechenden Angaben darüber übernommen worden. Es sind aber auch bisherige Forderungen ganz entfallen.

Nachfolgend wird über die wichtigsten im Entwurf 1987 enthaltenen Forderungen und gegenüber der Fassung 1978 enthaltenen Änderungen berichtet.

2 Beteiligung eines Facharztes für Hygiene

Es wird zunächst empfohlen, die gesamte Planung des Krankenhauses und damit auch die der RLT-Anlagen von Beginn an durch einen Facharzt für Hygiene (nachfolgend als "Hygieniker" bezeichnet) beratend begleiten zu lassen. Durch diese, aus den praktischen Erfahrungen resultierende Empfehlung soll die Berücksichtigung hygienischer Belange bereits ab Planungsbeginn erreicht werden.

Gefordert wird die Beteiligung des Hygienikers bei vorgesehe-

WEISS TECHNIK

Spezialklima in jeder Dimension.

Ihr kompetenter Partner für angepaßte Klimabedingungen im Krankenhaus

WEISS-Hygiene-Klima-System in Alt- und Neubauten

- Patentierte OP-Zuluftdecke mit Stützstrahl
- Hygiene-Klima-Kompaktgerät
- Wand- und Deckenverkleidung mit integrierter Umfeldbeleuchtung
- Kostengünstige Installation
- Minimale Betriebskosten

Ein anpassungsfähiges Konzept von Einzelkomponenten bis zu kompletten Klimaanlagen, mit ausgereifter, zukunftsorientierter Technik.

Informationscoupon:
☐ OP-Klima ☐ Allgemeine Klimatechnik
Stempel/Ansprechpartner:

WEISS KLIMATECHNIK GMBH
GERÄTE- UND ANLAGENBAU
D-6301 REISKIRCHEN 3 (LINDENSTRUTH) · TELEFON (0 64 08) 84 71 · TELEX 4 821 015 wtr d

nen Abweichungen von dieser Norm und bei der Auswahl des Verfahrens für die zur Sicherstellung der toxischen Unbedenklichkeit der Zuluft erforderliche Wasserbehandlung bei Umlaufsprühbefeuchtung. Außerdem kann nur und muß daher auch der Hygieniker festlegen,

- welche Räume bei Verwendung von Umluft (siehe nachfolgend unter 3.2.5) als zur selben Raumgruppe gehörend zu behandeln sind, und
- ob für Bettenzimmer der Intensivkrankenpflege für bestimmte aerogen übertragbare Krankheiten aus infektionsprophylaktischen Gründen eine RLT-Anlage unentbehrlich ist (siehe nachfolgend unter 3.2.7).

3 Physiologisch-hygienische Anforderungen

3.1 Thermische Behaglichkeit

Besondere Anforderungen werden nur in den Fällen gestellt, in denen aus krankenhausspezifischen Gründen von den in DIN 1946 Teil 2 enthaltenen Werten abgewichen werden muß, sowie für darin nicht aufgeführte krankenhausspezifische Räume.

Für die Raumluft- T e m p e r a t u r in Op.-Räumen werden folgende, von der Fassung 1978 abweichende Werte gefordert:

- Maximaler Temperatur-Sollwert 26 °C statt bisher 24 °C auf medizinische Empfehlung zur Berücksichtigung der thermischen Labilität einzelner Patienten. Die hierdurch entstehenden Mehrkosten sind praktisch vernachlässigbar.
- Minimaler Temperatur-Sollwert 22 °C statt bisher 21 °C aus Gründen einer gewissen Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten der Kälteanlage. Ferner kann der Bemessung der Kälteanlage zur Senkung ihrer Investitionskosten eine gegenüber den Angaben in der Richtlinie VDI 2078 "Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume" um 4 K niedrigere Außentemperatur zu Grunde gelegt werden. Dadurch wird lediglich die Anzahl der Stunden im Jahr etwas erhöht, in denen der minimale Temperatur-Sollwert wegen extrem hoher Außentemperatur nicht erreicht werden kann.

Die bisherige Forderung nach freier wählbarkeit der Temperatur in Op.-Räumen ist beibehalten worden, um eine aus physio-

logischen Gründen notwendige individuelle Anpassung der Raumtemperatur an die wechselnden Bedürfnisse der jeweiligen Patienten und des Op.-Teams zu ermöglichen.

Für die Raumluft- G e s c h w i n d i g k e i t gelten grundsätzlich die Werte der DIN 1946 Teil 2. Für Räume mit hohem Luftwechsel und/oder hoher thermischer Belastung, wie z.B. Op-Räume, lassen sich die dort festgelegten Behaglichkeitskriterien häufig nicht einhalten; dort ist der weitgehenden Herabsetzung des Keimgehaltes in der Raumluft sowie der Wärmeabfuhr Vorrang vor der durch die Raumluftgeschwindigkeit beeinflußten thermischen Behaglichkeit gegeben worden.

Für die Raumluft- F e u c h t e ist aus medizinischen Gründen eine besondere Forderung nur noch für Bettenzimmer der Frühgeborenenstationen erhoben worden. Im übrigen wird nur angegeben, für welche Raumarten die in DIN 1946 Teil 2 festgelegten Werte einzuhalten sind.

3.2 Luftqualität

3.2.1 R a u m k l a s s e n

Die bisherigen Raumklassen I und II sind zur neuen Raumklasse I zusammengefaßt worden, da - mit Ausnahme der Op.-Räume selbst - an die diesen zugeordneten Räume keine unterschiedlichen Anforderungen an die Keimarmut zu stellen sind. Bei den Op.-Räumen muß wegen der bei einigen Operationen besonders schwerwiegenden Folgen einer Infektion weiterhin zwischen solchen mit besonders hohen Anforderungen an die Keimarmut und solchen mit hohen Anforderungen für alle anderen Operationen unterschieden werden.

Die bisherigen Raumklassen III bis V sind zur neuen Raumklasse II zusammengefaßt worden, weil für die dort zugehörigen Räume grundsätzlich keine unterschiedlichen hygienischen Anforderungen bestehen.

3.2.2 Z u o r d n u n g der verschiedenen R a u m a r t e n zu den neuen R a u m k l a s s e n

Gegenüber der Fassung 1978 sind verschiedene Räume niedriger eingestuft worden, weil für diese aus hygienischer Sicht

keine höheren Anforderungen an die Keimarmut als für die zur neuen Raumklasse II gehörenden Räume für erforderlich gehalten werden. Dazu gehören u.a. ein Teil der Intensivpflegeräume, die Entbindungsräume, alle Räume der Neugeborenen- und der Säuglingspflege.

3.2.3 Reinigung der Luft

An der bisherigen Forderung nach einer mindestens 2-stufigen Filterung der Zuluft für Räume der neuen Raumklasse II und einer 3-stufigen Filterung für Räume der neuen Raumklasse I wird festgehalten, weil nur so die jeweils notwendige Keimarmut gewährleistet werden kann.

Für die 3. Filterstufen werden - abweichend von der Fassung 1978 - ausschließlich Schwebstoffilter der Klasse S gefordert, obwohl hinsichtlich der Keimabscheidung aus der Sicht der dem Arbeitsausschuß "DIN 1946 Teil 4" angehörenden Hygieniker - abgesehen von Op.-Räumen mit besonders hohen Anforderungen an die Keimarmut - Schwebstoffilter der Klasse Q ausreichen würden. Nach DIN 24 184 "Typprüfung von Schwebstoffiltern" wird jedoch weder für Filter der Klasse Q noch für Filter der Klasse R eine Leckprüfung durchgeführt; eine solche ist aber für alle Bereiche, für die eine 3-stufige Filterung gefordert wird, unverzichtbar. Nennenswerte Mehrkosten entstehen durch die Verwendung von S-Filtern nicht.

3.2.4 Außenluft- und Zuluftvolumenstrom

Abweichend von der Fassung 1978 werden nur noch Volumenströme in $m^3/(m^2 \cdot h)$ angegeben, nicht mehr auch Luftwechselzahlen, da der Bedarf an Außenluft und Zuluft im allgemeinen nicht vom Inhalt des Raumes abhängt, sondern nur von dessen Nutzung, nach der die Raumfläche bemessen wird.

Für folgende Räume werden für die Schadstoffabfuhr bzw. Lufterneuerung geringere Mindest-Außenluftvolumenströme als in der Fassung 1978 gefordert für ausreichend gehalten: sonstige Räume der Op.-Abteilung, Räume der Frühgeborenenpflege, der Neugeborenenpflege und der Säuglingspflege. Für die Sterilisation - und ebenso für die Bettenaufbereitung und die Wäscheaufbereitung/Wäscherei - ist der Mindest-Außenluftvolumenstrom zukünftig nach der Schadstoffbilanz zu ermitteln, weil diese sehr unterschiedlich sein kann.

Im übrigen darf bei bestimmten, einem aseptischen Op.-Raum direkt zugehörigen Räumen bis zu 50 % des geforderten Mindest-Außenluftvolumenstromes durch Überströmluft aus dem Op.-Raum gedeckt werden, weil die Luftqualität im Op.-Raum vor und nach der Operation gut ist.

Ganz neu geregelt sind die Bestimmungen über die Zuluftvolumenströme für Op.-Räume. Von den hier von den RLT-Anlagen zu erfüllenden Aufgaben ist die besonders wichtige der Begrenzung des Luftkeimpegels in den Gefährdungsbereichen - Operationsfeld und Instrumentenablagen - in hohem Maße von der Art der Zuluftführung abhängig, nicht dagegen von der Größe des Op.-Raumes. Daher wird - statt des bisher auf die Grundfläche bzw. den Inhalt des Op.-Raumes bezogenen Mindest-Zuluftstromes - zunächst ein auf den Op.-Tisch und die Instrumentenablagen bezogener Norm-Zuluftvolumenstrom von 2400 m^3/h gefordert. Außerdem wird ein die Qualität der Zuluftführung berücksichtigender Kontaminationsgrad eingeführt.

Der Norm-Zuluftstrom von 2400 m^3/h darf im Verhältnis des Kontaminationsgrades des gewählten Luftführungssystems zum jeweils zulässigen Kontaminationsgrad vermindert werden. Hierdurch wird berücksichtigt, daß die Luftkeime im Op.-Raum im wesentlichen von den dort anwesenden Personen freigesetzt werden und mit Luftführungssystemen mit Verdrängungscharakteristik in den Gefährdungsbereichen niedrigere Luftkeimpegel erzielt werden können, als durch solche mit idealer Durchmischung des Raumes. Außerdem werden hierbei bessere, aber in der Investition etwas teurere Luftführungssysteme durch eine entsprechende, die laufenden Betriebskosten senkende Reduzierung des erforderlichen Zuluftvolumenstromes honoriert, insgesamt also noch Kosten gespart.

Zur Begrenzung der Narkosegaskonzentration wird aus den nachfolgend unter 3.2.5 genannten Gründen für die Zuluft ein Mindest-Außenluftvolumenstrom von 1200 m^3/h gefordert.

3.2.5 U m l u f t

Gegen die Verwendung von Umluft bestehen in hygienisch-infektiologischer Hinsicht keine Bedenken mehr, wenn die Umluft über die 2. und 3. Filterstufe geleitet wird und demselben Raum bzw. derselben Raumgruppe wieder zugeleitet wird, der

sie entnommen wurde. Sie wird daher entgegen der Fassung 1978 unter den vorgenannten Bedingungen zugelassen.

Probleme können bei Schadgasen, insbesondere Narkosegasen in der Abluft entstehen: Nach bisherigen Ermittlungen betragen die trotz Narkosegas-Absaugsystem entstehenden Emissionen z.B. für Halotan bis zu 500 ml/h, weswegen für Op.-Räume ein Mindest-Außenluftvolumenstrom von 1200 m^3/h gefordert wird. Dann liegt die Spitzenkonzentration in Emissionsnähe noch unterhalb des MAK-Wertes. Ist eine Narkosegasabsaugung nicht möglich, muß die Unbedenklichkeit von Umluft durch ei- Hygieniker nachgewiesen werden.

3.2.6 L u f t f ü h r u n g zwischen R ä u m e n

An der schon bisher bestehenden Forderung, daß aus hygienischen Gründen eine Luftströmung nur von Räumen mit höheren Anforderungen an die Keimarmut nach solchen mit geringeren Anforderungen erfolgen darf, wurde festgehalten. Für bestimmte Räume der Raumklasse I wird eine ständige Überwachung dieser Strömungsrichtung gefordert.

3.2.7 N o t w e n d i g k e i t von R L T - A n l a g e n

RLT-Anlagen werden für alle Räume der neuen Raumklasse I und für einige Räume der neuen Raumklasse II als unentbehrlich bezeichnet. Gegenüber der Fassung 1978 werden RLT-Anlagen jedoch für eine Reihe von Raumarten nicht mehr als unentbehrlich, sondern freie Lüftung als ausreichend angesehen, so z.B. für einen Teil der Bettenzimmer der Intensivmedizin und deren sonstige Räume, Entbindungsräume, Räume der Infektionskrankenpflege.

4 Technisch-hygienische Anforderungen

4.1 Bauteile der RLT-Anlagen

Luftdichte A b s p e r r k l a p p e n zur weitestmöglichen Verminderung eines hygienisch nicht zulässigen Luftaustausches zwischen verschiedenen Krankenhausbereichen bei Stillstand der RLT-Anlage werden weiterhin gefordert, bei mehrere Geschosse versorgenden Anlagen in allen Geschoßabzweigen jedoch nur noch dann, wenn ein Betrieb mit längeren Stillstandszeiten auf Dauer nicht sicher ausgeschlossen wer-

den kann. Bei längeren Stillstandszeiten sind Absperrklappen auch an den Geschoßabzweigen erforderlich, weil der durch unerwünschte Druckdifferenzen bedingte Luftaustausch über vertikale Schachtverbindungen in der langdauernden kälteren Jahreszeit besonders intensiv ist.

Für W ä r m e r ü c k g e w i n n e r , bei denen konstruktionsbedingt oder auf Grund von Beschädigungen eine Übertragung von Partikeln von der Fortluft auf die Zuluft nicht ausgeschlossen werden kann, konnte die bisher zugelassene Übertragungsrate von Partikeln $\leq 0{,}5$ µm von $1 : 10^4$ auf $1 : 10^3$ vergrößert werden. Dieser Wert gilt auch für die Übertragung von Gasen; damit werden die für den Nachweis der Unbedenklichkeit solcher Wärmerückgewinner notwendigen Messungen vereinfacht.

An L u f t l e i t u n g e n , L u f t b e f e u c h t e r , L u f t k ü h l e r und S c h a l l d ä m p f e r werden auf Grund zwischenzeitlicher Erfahrungen die bisherigen Anforderungen noch erweitert bzw. präzisiert.

4.2 Betrieb von RLT-Anlagen in besonderen Fällen

4.2.1 B e t r i e b a u ß e r h a l b d e r N u t z u n g s z e i t e n

Die bisherige Forderung, RLT-Anlagen in Op.-Abteilungen durchgehend, d.h. auch außerhalb der Op.-Nutzungszeiten zu betreiben, ist als zur Vermeidung einer Kontamination der Op.-Abteilung unverzichtbar beibehalten worden. Statt der bisher zugelassenen Reduzierung der Luftvolumenströme bis zu 50 % der Nennluftvolumenströme wird nur noch die Gewährleistung einer - im einzelnen angegebenen - Luftströmung von Räumen mit höheren Anforderungen an die Keimarmut nach Räumen mit geringeren Anforderungen und bei nicht endständigen 3. Filterstufen eine mittlere Mindestgeschwindigkeit in den Zuluftleitungen hinter diesen Filterstufen gefordert. Bei endständigen 3. Filterstufen brauchen somit einzelne Räume nur noch passiv durchflutet zu werden. Damit lassen sich ohne Gefahr einer Kontamination größere Einsparungen erzielen als bei den bisherigen Regelungen.

4.2.2 Betrieb bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung

Bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung ist nicht nur der Betrieb der RLT-Anlagen für Op.-Abteilungen sicherzustellen, sondern auch derjenige für die Bettenräume der Intensivmedizin, soweit für diese RLT-Anlagen unentbehrlich sind.

5 Abnahmeprüfungen und Wartungen

Die bisherigen Bestimmungen über Abnahmeprüfungen sowie - die nach der Inbetriebnahme für eine störungsfreie Funktion der RLT-Anlagen und damit für einen sicheren klinischen Betrieb unerläßlichen - Wartungen und Kontrollen sind auf Grund von in der Praxis gewonnenen Erfahrungen erweitert und durch Empfehlungen ergänzt worden.

6 Schlußbemerkungen

Der Neufassungs-Entwurf ermöglicht unter Wahrung der unverzichtbaren hygienischen Anforderungen eine so auf den Einzelfall abgestimmte Planung der RLT-Anlagen, daß die Gesamt-Kosten aus Investition und Betrieb ein Minimum werden. Voraussetzungen dafür sind jedoch, daß

- der Hygieniker nicht nur über umfassende Kenntnisse auf dem Gebiet der Krankenhaushygiene und des Krankenhausbetriebs verfügt, sondern auch über ausreichende Kenntnisse über die Wirkungsmöglichkeiten von RLT-Anlagen, und
- der die RLT-Anlagen planende Fachingenieur nicht nur über umfassende Erfahrungen auf diesem speziellen Gebiet verfügt, sondern auch ausreichende Kenntnisse über die hygienischen Anforderungen besitzt und erforderlichenfalls mehrere Lösungsmöglichkeiten untersucht.

Welche Probleme sich bei der Planung einer optimalen RLT-Anlage ergeben können, zeigt das Referat "RLT-Anlagen nach der künftigen DIN 1946 Teil 4: anlagentechnische und betriebliche Konsequenzen".

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. K.-W. Kraupner
Kirchenredder 10
2000 Hamburg 63

RLT-Anlagen nach der künftigen DIN 1946, Teil 4: anlagentechnische und betriebliche Konsequenzen

von Dr.-Ing. Peter Schmidt, Reiskirchen

1. Einführung

Der vorliegende Neuentwurf der DIN 1946, Teil 4 "Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern" /1/ sieht einige wesentliche Änderungen der Festlegungen für die RLT-Anlagen in OP-Räumen gegenüber der bislang gültigen Normfassung /2/ vor, deren mögliche Auswirkungen auf die Anlagenplanung im folgenden diskutiert werden sollen. Diese Änderungen ergeben sich vor allem aus:

- der Einführung eines Mindest-Zuluftvolumenstromes abhängig vom Kontaminationsgrad des verwendeten Luftführungssystemes und abhängig vom hygienischen Standard des OP-Raumes,
- der Zulassung von Umluft aus der gleichen OP-Einheit und
- der Reduzierung der Zuluftvolumenströme außerhalb der Nutzungszeit auf ein Maß, daß bei endständigen S-Filtern nur die geforderte Luftströmung zwischen den Räumen ("Druckhaltung") aufrecht erhalten bleibt.

Diese Festlegungen haben erheblichen Einfluß auf die zukünftigen Anlagenkonzepte, wenn die Möglichkeiten der Energieeinsparung ausgenutzt werden sollen, die damit gegenüber der bisherigen Praxis bestehen.

2. Ermittlung des Mindest-Zuluftvolumenstromes

Der Neuentwurf DIN 1946, Teil 4, sieht vor, daß der Mindest-Zuluftvolumenstrom für OP-Räume nach folgender Beziehung ermittelt wird:

$$\dot{V}_{ZU,min} = \dot{V}^*_{ZU} \cdot \mu_{LS} / \mu_{LS,max} \qquad (1)$$

mit:

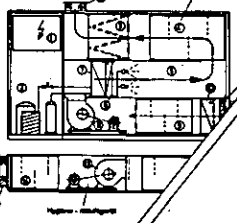
$\dot{V}_{ZU,min}$	Mindest-Zuluftvolumenstrom
$\dot{V}^*_{ZU}$	Bezugs-Zuluftvolumenstrom (2.400 m³/h)
μ_{LS}	Kontaminationsgrad des verwendeten Luftführungssystems nach DIN 4799
$\mu_{LS,max}$	maximal zulässiger Kontaminationsgrad (1.0 für "normale" OP's 2/3 für "hochaseptische" OP's)

Die Unterscheidung des Normentwurfes nach OP-Räumen mit hohen bzw. besonders hohen Anforderungen an die Keimarmut ist hier durch "normale OP's" und "hochaseptische

WEISS TECHNIK

Spezialklima in jeder Dimension.

Ihr kompetenter Partner für angepaßte Klimabedingungen im Krankenhaus



WEISS-Hygiene-Klima-System in Alt- und Neubauten

- Patentierte OP-Zuluftdecke mit Stützstrahl
- Hygiene-Klima-Kompaktgerät
- Wand- und Deckenverkleidung mit integrierter Umfeldbeleuchtung
- Kostengünstige Installation
- Minimale Betriebskosten

Ein anpassungsfähiges Konzept von Einzelkomponenten bis zu kompletten Klimaanlagen, mit ausgereifter, zukunftsorientierter Technik.

Informationscoupon:
☐ OP-Klima ☐ Allgemeine Klimatechnik
Stempel/Ansprechpartner:

WEISS KLIMATECHNIK GMBH
GERÄTE- UND ANLAGENBAU

D-6301 REISKIRCHEN 3 (LINDENSTRUTH) · TELEFON (0 64 08) 84 71 · TELEX 4 821 015 wtr d

OP's" ersetzt. Dieses erscheint auch dann einfacher, wenn diese Begriffsbildung nicht ganz korrekt ist.

Die Anwendung dieser Vorschrift setzt voraus, daß der Kontaminationsgrad des vorgesehenen Luftführungssystems bekannt ist. Die Kontaminationsgrade kennzeichnen die Verdrängungseigenschaften der jeweiligen Luftführung. Sie können generell nur experimentell ermittelt werden. Derzeit wird zu deren Messung eine Norm erarbeitet, die später die Nummer DIN 4799 haben soll.

Die durch Gl. (1) gegebene Beziehung ist in Bild 1 graphisch dargestellt. Eine untere Begrenzung des Zuluftvolumenstromes ist durch den Mindest-Außenluftvolumenstrom von 1.200 m^3/h gegeben, den der Neuentwurf vorschreibt. Gleichfalls besteht eine obere Grenze des Kontaminationsgrades bei 1.0 bzw. 2/3. Die dargestellten Kurven begrenzen folglich alle zulässigen Betriebspunkte nach oben. Der Kontaminationsgrad μ_{LS} ist im allgemeinen kein konstanter Wert, sondern im wesentlichen eine Funktion des Zuluftvolumenstromes:

$$\mu_{LS} = f(\dot{V}_{ZU}) \qquad (2)$$

mit: μ_{LS} Kontaminationsgrad
$\dot{V}_{ZU}$ Zuluftvolumenstrom

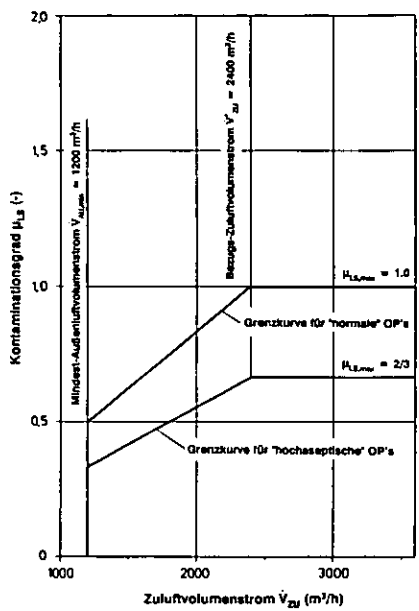


Bild 1: Ermittlung des Mindest-Zuluftvolumenstromes für Luftführungssysteme mit Verdrängungscharakter nach DIN 1946, Teil 4, Entw. 5.87

Entsprechend Gl. (2) ergibt sich für den Kontaminationsgrad eines jeden Luftführungssystems eine Kennlinie im μ_{LS}-$\dot{V}_{ZU}$-Diagramm. Dabei ist im allgemeinen zu erwarten, daß diese Kennlinie ein Minimum aufweist. Dieses ergibt sich aus der Überlegung, daß einerseits mit einer weiteren Verringerung des Zuluftvolumenstromes über einen bestimmten Wert hinaus die Strömung des Zuluftstrahles aerodynamisch instabiler wird, wodurch auch deren Verdrängungswirkung reduziert wird. Der Kontaminationsgrad nimmt folglich zu. Andererseits kommt es im allgemeinen bei einer weiteren Erhöhung des Zuluftvolumenstromes zu einer größeren Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem Zuluftstrahl und der Raumluft, so daß dort eine stärkere Induktion von Raumluft eintritt. Dieses hat gleichfalls eine Erhöhung des Kontaminationsgrades zur Folge.

Diese Zusammenhänge sind bislang noch nicht restlos geklärt, weil in der Vergangenheit Kontaminationsgrade praktisch nur im Rahmen von Gutachten und meist nur für konstanten Zuluftvolumenstrom gemessen wurden. Es ist nur eine systematische Untersuchung von ESDORN & NOURI /3/ bekannt. Über eine Abhängigkeit des Kontaminationsgrades vom Zuluftvolumenstrom hinaus ist weiterhin eine Abhängigkeit von der Kühllast bzw. von der Zulufttemperaturdifferenz zu erwarten, die für verschiedene Luftführungsprinzipien unterschiedlich zu sein scheint.

Unter Beachtung der aerodymamischen Prinzipien und der Marktverbreitung erscheint es ausreichend, zwei grundsätzlich unterschiedliche Luftführungssystem zu betrachten:

- großflächige Zuluftdecken mit einem spezifischen Zuluftvolumenstrom von ca. 250 $m^3/(h \cdot m^2)$, bei denen eine aerodynamische Stabilisierung des Zuluftstrahles durch Stützstrahlen erreicht wird, und
- kleinflächige Zuluftdecken mit einem spezifischen Zuluftvolumenstrom von mindestens 900 $m^3/(h \cdot m^2)$, bei denen die aerodynamische Strahlstabilität vor allem durch den Austrittsimpuls der Luft am Deckendurchlaß erreicht wird.

Für letztere wird häufiger irreführend der Begriff "laminar flow" verwendet, obgleich dieses für diese Anwendung nicht dem angelsächsischen Wortgebrauch entspricht und obgleich die Strömung im aerodynamischen Sinne niemals laminar ist.

Für das Prinzip großflächiger Zuluftdecken ist in Bild 2 eine OP-Zuluftdecke mit Stützstrahl mit üblichen Abmessungen gezeigt. Das dabei eingesetzte Stützstahl-Prinzip ist patentrechtlich geschützt. Das aerodynamische Prinzip der OP-Zuluftdecke OPL 2/4 (kleines Deckenfeld) in Bild 3 wird auch in den Systemen einer Reihe von Wettbewerbern realisiert.

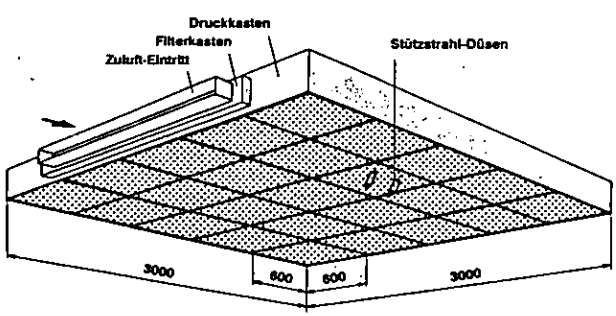


Bild 2: OP-Zuluftdecke mit Stützstrahl

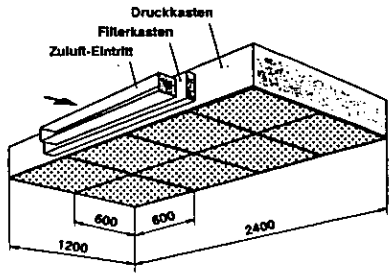


Bild 3: OP-Zuluftdecke OPL 2/4

Beide Systeme werden bisher für etwa gleiche Zuluftvolumenströme eingesetzt. Der unbedingt erforderliche hohe spezifische Zuluftvolumenstrom des in Bild 3 gezeigten Systemes bedingt bei üblichen Zuluftvolumenströmen eine vergleichsweise kleine Fläche des Deckenluftdurchlasses, so daß auch das Wirkfeld dieser Luftführung sehr begrenzt ist. Auf die Vor- und Nachteile beider Luftführungssysteme kann hier nicht im Detail eingegangen werden, siehe dazu z. B. SCHMIDT /4/.

Zur Angabe von Kennlinien des Kontaminationsgrades für diese beiden grundsätzlichen Prinzipien der Luftführung besteht im Augenblick die Schwierigkeit, daß nicht nur die Durchführung systematischer Messungen noch am Anfang steht, sondern daß auch die Meßbedingungen bis zur Fertigstellung der DIN 4799 noch nicht eindeutig festliegen.

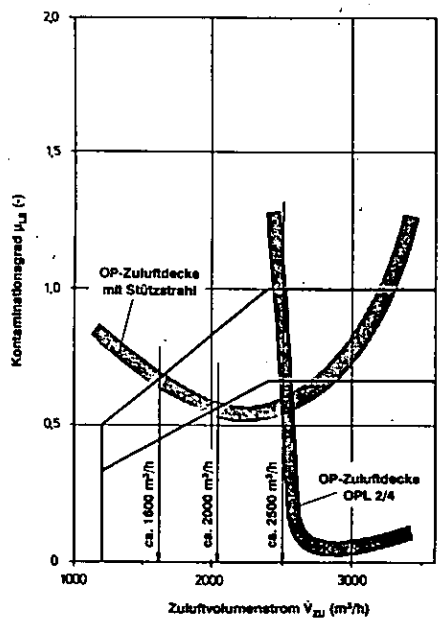


Bild 4: Mindest-Zuluftvolumenstrom für übliche Luftführungssysteme mit Verdrängungscharakter

In der Vergangenheit durchgeführte Messungen wurden einerseits nicht unter streng gleichen Randbedingungen vorgenommen. Der erhebliche Meßaufwand macht es andererseits unumgänglich, daß bei späteren Messungen nach DIN 4799 einzelne Einflußgrößen konstant gehalten werden. Die Angabe von Kennlinien des Kontaminationsgrades in Bild 4 enthält daher im Augenblick noch eine geringe quantitative Unsicherheit. Die Zusammenhänge sind allerdings qualitativ richtig dargestellt.

Aus den bereits genannten Gründen haben beide Kennlinien ein Minimum. Für die OP-Zuluftdecke mit Stützstrahl ergibt sich dieses bei ca 2.200 m^3/h. Für die Anwendung des Neuentwurfes DIN 1946, Teil 4, sind jedoch vor allem die Schnittpunkte dieser Kennlinie mit den Grenzkurven nach Bild 1 von Interesse. Diese kennzeichen den jeweils minimal zulässigen Zuluftvolumenstrom des Luftführungssystems für "normale" bzw. für "hochaseptische" OP-Räume. Dieses sind bei der OP-Zuluftdecke mit Stützstrahl ca. 1.600 m^3/h in "normalen" OP's, und ca. 2.000 m^3/h in "hochaseptische" OP's.

Die Kennlinie des Kontaminationsgrades für Luftführungssysteme mit kleinem Deckenfeld, wie z. B. der OP-Zuluftdecke OPL 2/4, ist davon deutlich unterschiedlich, jedoch für alle diese System gleich. Hier liegt das Minimum bei ca. 2.800 m^3/h. Das aerodynamische Prinzip dieser Luftführung erfordert zur Stabilisierung des Zuluftstrahles eine mittlere Mindest-Austrittsgeschwindigkeit der Zuluft aus dem Deckenfeld von ca. 0.25 m/s, entsprechend einem spezifischen Zuluftvolumenstrom von ca. 900 $m^3/(h \cdot m^2)$. Unter sehr günstigen Randbedingungen mag es im Labor gelingen, diese Mindest-Austrittsgeschwindigkeit geringfügig zu reduzieren. Eine weitere Verringerung des Zuluftvolumenstromes führt jedoch unweigerlich dazu, daß der Zuluftstrahl aerodynamisch völlig instabil wird, welches sich in Bild 4 durch einen fast senkrechten Anstieg des Kontaminationsgrades ausdrückt. Beim Einsatz dieses Funktionsprinzipes mit größeren Deckenfeldern ist davon auszugehen, daß sich die Kennlinie in waagerechter Richtung parallel verschiebt. Man erkennt an Bild 4, daß der Mindest-Zuluftvolumenstrom bei diesen Systemen für "normale" und für "hochaseptische" Op-Räume praktisch gleich ist und daß er bereits bei der sehr kleinen Deckenfeldabmessung von 1.20 x 2.40 m ca. 2.500 m^3/h beträgt.

Die Darstellung in Bild 4 macht insgesamt deutlich, daß die Angabe eines Kontaminationsgrades für ein Luftführungssystem allein nicht ausreichend ist, sondern daß zumindest angegeben werden muß, bei welchem Zuluftvolumenstrom dieser ermittelt wurde. Insbesondere ist es notwendig, den Kontaminationsgrad bei dem reduzierten Zuluftvolumenstrom nachzuweisen, der nach Gl. (1) in Anspruch genommen werden soll. Für die Ausschöpfung der Möglichkeiten des Neuentwurfes DIN 1946, Teil 4, ist es daher viel interessanter, wenn der minimal mögliche Zuluftvolumenstrom für "normale" und für "hochaseptische" OP-Räume angegeben wird. Nach dem bisherigen Überblick sind dabei mit einer OP-Zuluftdecke mit Stützstrahl die niedrigsten Zuluftvolumenströme für alle bekannten System mit abwärts gerichteter Luftführung erreichbar.

3. Anlagenbetrieb außerhalb der Nutzungszeit

Für die RLT-Anlagen in den OP-Abteilungen sind heute endständige S-Filter als Stand der Technik anzusehen. In dem Neuentwurf DIN 1946, Teil 4, ist festgelegt, daß dann außerhalb der Nutzungszeit der OP-Räume nur noch die Luftströmung zwischen den Räumen in der geforderten Richtung aufrecht gehalten zu werden braucht. Diese Aufgabe wird in der Klimatechnik etwas irreführend häufig mit "Druckhaltung" bezeichnet.

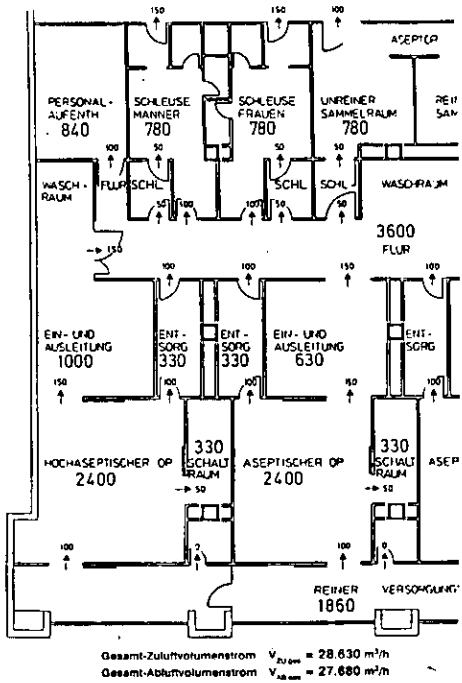


Bild 5: Zuluft- und Überströmvolumenströme während der Betriebszeit für eine OP-Abteilung (Ausschnitt)

Die Auswirkung dieser Festlegung auf die Anlagenplanung läßt sich nicht generalisierend darstellen. Sie muß in jedem Einzelfall anhand des vorgegebenen Grundrisses der OP-Abteilung untersucht werden. In Bild 5 ist beispielhaft der Ausschnitt einer größeren OP-Abteilung gezeigt. Es handelt sich dabei um die Planung eines bekannten Ingenieurbüros. Mit großen Ziffern sind für alle Räume die Zuluftvolumenströme in m³/h angegeben. Die geforderten Luftströmungsrichtungen zwischen den Räumen sind mit Pfeilen in den einzelnen Türen gezeigt und dazu die der Projektierung zugrunde gelegten Überströmvolumenströme in m³/h angegeben. Die OP-Abteilung, von der hier nur ein Teil gezeigt ist, hat insgesamt einen Zuluftvolumenstrom von 28.630 m³/h und einen Abluftvolumenstrom von 27.680 m³/h. Bei Anwendung der bislang gültigen Normfassung verringerten sich diese Volumenströme in der Außerbetriebszeit der OP-Abteilung auf 50%.

Die Festlegung des Neuentwurfes ermöglicht jedoch außerhalb der Nutzungszeit eine Reduzierung des Zuluftvolumenstromes auf 1.200 m³/h und des Abluftvolumenstromes auf 250 m³/h, wie Bild 6 zeigt, in dem die Volumenströme in gleicher Weise wie zuvor angegeben sind. Der Zuluftvolumenstrom beträgt danach in der Außerbetriebszeit nur noch ca. 4%. Diese Möglichkeit eröffnet erhebliche Betriebskosteneinsparungen im Vergleich zu der bislang gültigen Normfassung.

Dieses ist natürlich zunächst nur realisierbar, wenn die RLT-Anlagen in der Außerbetriebszeit nicht für die Abfuhr thermischer Lasten benötigt werden, z. B. zum Heizen außenliegender Räume, wozu dann gegebenenfalls höhere Zuluftvolumenströme erforderlich sein können. In jedem Fall kann jedoch der Außenluftvolumenstrom in der Außerbetriebszeit entsprechend reduziert werden, dessen Aufbereitung im allgemeinen den größten Betriebskostenanteil darstellt.

Der vorliegende Grundriß ermöglicht noch eine weitere Vereinfachung dadurch, daß Zuluft zur "Druckhaltung" nur noch in den reinen Versorgungsflur gefördert wird, und zwar 1.200 m^3/h. Die Überströmvolumenströme an den Türen zu den einzelnen OP-Räumen würden sich dann zwar auf 300 m^3/h erhöhen, wesentlich ist jedoch, daß die Richtung der Strömung bestehen bleibt. Ob eine solche Möglichkeit besteht, hängt von dem jeweiligen Grundriß und Raumprogramm der OP-Abteilung ab. Die erforderlichen Überlegungen müssen jeweils neu angestellt werden.

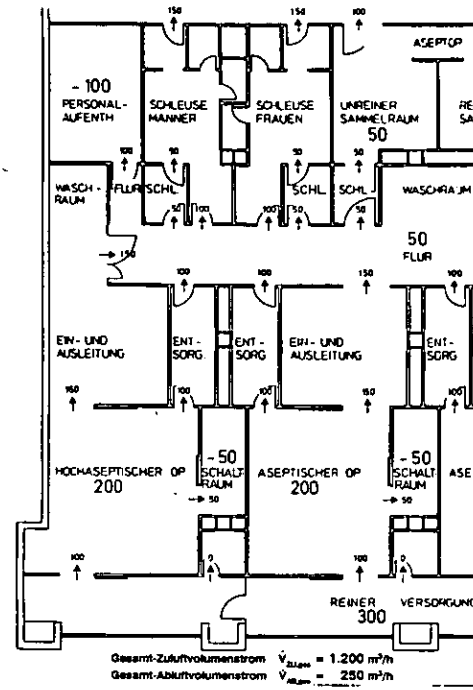


Bild 6: Zuluft-Volumenströme zur "Druckhaltung" während der Außerbetriebszeit für eine OP-Abteilung (Ausschnitt)

4. Neue Anlagenkonzepte

Bei der Anwendung des Neuentwurfes DIN 1946, Teil 4, ergeben sich damit für die Konzeption der Anlagen folgende Gesichtspunkte:

- Die Verwendung von Umluft erfordert dezentrale Anlagen, d. h. jede OP-Einheit hat eine eigene Zuluftaufbereitung, da als Umluft nur die Abluft der gleichen OP-Einheit verwendet werden darf.
- Der Zuluftvolumenstrom außerhalb der Nutzungszeit ist sehr klein gegenüber demjenigen in der Nutzungszeit.

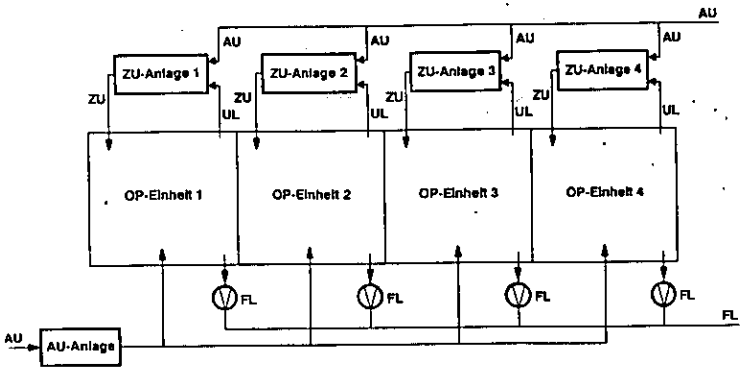


Bild 7: Anlagen-Konzeption für eine OP-Abteilung mit mehreren OP-Einheiten

Diese Bedingungen legen ein Anlagenkonzept nahe, wie es in Bild 7 skizziert ist. Dabei hat jede OP-Einheit ihre eigene Zuluftaufbereitung in der der mögliche Umluftanteil berücksichtigt ist. Unabhängig von diesen Anlagen existiert eine gemeinsame Außenluftanlage für alle OP-Einheiten der OP-Abteilung, die nur der "Druckhaltung" dient. Während diese Anlage zur "Druckhaltung" ständig in Betrieb ist, können die Zuluftanlagen der einzelnen OP-Einheiten je nach Nutzung des OP-Raumes ein- oder ausgeschaltet werden. Dieses kann für jede OP-Einheit völlig unabhängig vom Betrieb der übrigen OP-Einheiten erfolgen. Die Wirkungen der Zuluftanlagen und der "Druckhalte"-Anlage überlagern sich während der Betriebszeit der OP's. Das Abschalten einzelner Zuluftanlagen hat jedoch keinen Einfluß auf die "Druckhaltung".

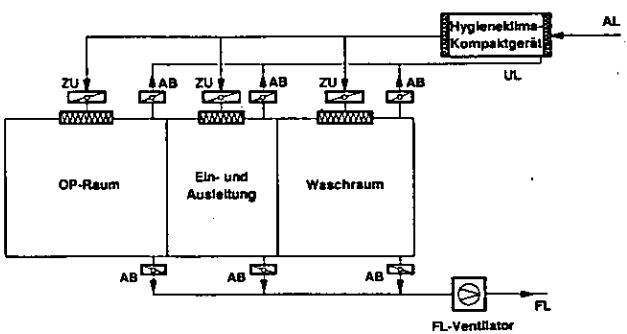


Bild 8: Dezentrale Zuluft-Luftaufbereitung für eine OP-Einheit

Ein solches Anlagenkonzept ermöglicht den Anlagenbetrieb mit den geringst möglichen Betriebskosten. Die Betriebskostenvorteile dezentraler Anlagenkonzepte wurden bereits mehrfach dargestellt, siehe z. B. JAHN /5/ und ESDORN & JAHN /6/. Wenn in der Außerbetriebszeit allerdings die Möglichkeit ausgenutzt werden soll, daß nur noch die zur "Druckhaltung" erforderlichen Zuluftvolumenströme gefördert werden, so ist es generell unumgänglich, daß alle Zu- und Abluftdurchlässe, wie in Bild 8 gezeigt, mit luftdichten Absperrklappen ausgerüstet werden, die bei Stillstand der Zuluftanlage geschlossen sind, um ein Überströmmen der "Druckhalte"-Volumenströme über die Türen und nicht beispielsweise über den Fortluftkanal sicherzustellen. Ob dieser anlagentechnische Mehraufwand durch Betriebskosteneinsparungen gerechtfertigt werden kann, läßt sich nicht generalisierend untersuchen. Hierzu ist in jedem Einzelfall eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung notwendig.

Bei der Projektierung solcher Anlagenkonzepte, wie sie in Bild 7 gezeigt sind, besteht im Augenblick eine nicht unerheblich Gefahr der Fehldimensionierung für die Außenluftanlagen zur "Druckhaltung". In der Vergangenheit wurden der Projektierung Überströmvolumenströme zugrundegelegt, wie es beispielsweise in Bild 5 dargestellt ist. Bekanntermaßen sind solche Annahmen sehr unsicher. Bei der Inbetriebnahme der Anlagen wurde daher an den Türen die Strömungsrichtung mittels Rauchproben festgestellt und gegebenenfalls der Zuluftvolumenstrom erhöht oder der Abluftvolumenstrom gedrosselt. Die Überströmvolumenströme selbst können praktisch nicht gemessen werden. Die notwendigen Änderungen der Volumenströme waren jedoch gering gegenüber den Nennvolumenströmen. Nehmen wir für die OP-Abteilung in Bild 5 beispielhaft an, der Zuluftvolumenstrom mußte um 1.000 m^3/h von 28.630 m^3/h auf 29.630 m^3/h erhöht werden. Dieses ist ohne Probleme möglich.

In gleicher Situation existiert für ein Anlagenkonzept entsprechend Bild 7 jedoch eine Außenluftanlage zur "Druckhaltung" mit einem Volumenstrom von 1.200 m^3/h, deren Leistung nun auf 2.200 m^3/h erhöht werden muß. Dieses ist aus bekannten Gründen nicht ohne weiteres möglich. Aufgrund dieser Zusammenhänge bedarf es zunächst erheblicher Überlegungen bei der Dimensionierung solcher "Druckhalte"-Anlagen, wie auch die Dichtheit der Räume der OP-Abteilung untereinander deshalb eine größere Bedeutung gewinnt, weil unbeabsichtigte Undichtigkeiten eher zu Tage treten.

5. Zusammenfassung

Der Neuentwurf der DIN 1946, Teil 4, enthält insbesondere für den OP-Bereich einige Festlegungen, die unter dem Gesichtspunkt einer Senkung der Betriebskosten interessante anlagentechnische Möglichkeiten eröffnen. So wird es zukünftig möglich sein, bei Verwendung geeigneter Zuluftsysteme mit Verdrängungscharakteristik den Zuluftvolumenstrom zu reduzieren. Nach dem bisherigen Überblick ermöglicht die OP-Zuluftdecke mit Stützstrahl von allen bekannten Systemen mit abwärtsgerichteter Luftführung die geringsten Zuluftvolumenströme.

Die mögliche Verwendung von Umluft aus der gleichen OP-Einheit ist ein weiterer Anreiz für den Einsatz dezentraler Anlagen. Zusammen mit der Möglichkeit bei endständiger Filterung nur noch die sogenannte "Druckhaltung" in der Außerbetriebszeit aufrecht zu halten,

bietet sich zudem eine anlagenmäßige Trennung der Klimatisierungsaufgabe und der "Druckhaltung" an, die vor allem das Ein- und Ausschalten der Anlagen einzelner OP-Einheiten unabhägig von den übrigen OP-Einheiten ermöglicht und die die "Druckhaltung" unter allen Betriebsbedingungen aufrecht erhält.

6. Literatur

/1/ DIN 1946, Teil 4: Raumlufttechnik - Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern, Entw. Mai 1987

/2/ DIN 1946, Teil 4: Raumlufttechnik - Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern, Ausg. April 1978

/3/ H. ESDORN & Z. NOURI: Vergleichsuntersuchungen über Luftführungssysteme mit Mischströmung in Operationsräumen, HLH 28 (1977), Nr. 12, Seite 427/37

/4/ P. SCHMIDT: Zur Luftführung in Operationsräumen, HLH 38 (1987), Nr. 3, Seite 145/53

/5/ A. JAHN: Voraussetzungen für kostengünstiges Betreiben von RLT-Anlagen, VDI-Bericht Nr. 542 (1984), Seite 169/81

/6/ H. ESDORN & A. JAHN: Untersuchungen zur Energie- und Kosteneinsparung in einigen Großkliniken, Fachtagung Krankenhaustechnik Hannover 1985, Tagungsband Seite 251/65

Dr.-Ing. Peter Schmidt
c/o WEISS KLIMATECHNIK GmbH
Greizer Straße 41-49
6301 Reiskirchen 3 (Lindenstruth)

Welche Energieeinsparmaßnahmen bei RLT-Anlagen im Krankenhaus sind heute realistisch ?

Von o. Prof. Dr.-Ing. H. Esdorn und Dr.-Ing. M. Schmidt, Berlin

1. Welche Kosten entstehen heute für die Klimatisierung von Großkliniken ?

Der nachfolgenden Betrachtung liegen Untersuchungen von vier Großkliniken zugrunde. Die Untersuchungen umfaßten jeweils folgende Einzelaspekte :

- Analyse der Ist-Situation der gebäudetechnischen Anlagen (Anlagenstatus)
- Analyse der Ist-Situation des Anlagenbetriebes (Betriebsstatus)
- Analyse der Ist-Situation des Energieverbrauches und der Energiekosten (Energiestatus)
- Energetisch-wirtschaftliche Optimierung der gebäudetechnischen Anlagen, Entwicklung und Untersuchung von Sanierungsmaßnahmen, Erarbeitung eines Investitionsplanes

Die jeweilige Größenordnung der hier betrachteten Objekte sei wie folgt gekennzeichnet :

- Bau-Volumen : 0,6 ... 1,1 Mio m^3 BRI
- Bettenzahl : 1200 ... 1600
- Energiekosten : 13 ... 25 Mio DM/a

Es handelt sich um Universitätskliniken; demzufolge entstehen nennenswerte bauliche, anlagentechnische und letztlich auch kostenmäßige Aufwendungen für Forschung und Lehre neben denen für Behandlung und Pflege.

Eine Verteilung der angegebenen Energiekosten auf die wichtigsten Verbrauchsgruppen zeigt Tabelle 1. Die gebäudetechnischen Anlagen (RLT-, Heiz-, Warmwasser-, Beleuchtungsanlagen) bilden mit 70 ... 80 % die eindeutig dominierende Kostengruppe. Von den Energiekosten der gebäudetechnischen Anlagen wiederum entfallen

60 ... 80 % allein auf die RLT-Anlagen, entsprechend 40 ... 60 % der gesamten Energiekosten. Sollen energiesparende Maßnahmen im gesamten Kostenrahmen merkbar sein, müssen sie demnach zuerst bei den RLT-Anlagen ansetzen. Die absoluten Energiekosten für RLT-Anlagen in den hier betrachteten Objekten betragen :

5 ... 15 Mio DM/a

Hier fällt angesichts der Relationen von Bettenzahlen und Bauvolumina die große Spanne auf. Diese wird nachfolgend analysiert.

2. Einflußfaktoren auf die Energiekosten für die RLT-Anlagen

Die RLT-Kosten werden durch folgende Faktoren bestimmt :

- Bauliche Gegebenheiten
- Anlagenkonzeption
- Betriebsführung der Anlagen
- Energiepreise

In der Entstehungsgeschichte der RLT-Kosten stehen die baulichen Gegebenheiten am Anfang. Mit dem Gebäudeentwurf werden wesentliche, im allgemeinen danach unverrückbare, bauliche Randbedingungen geschaffen. Diese führen z.B. über den Anteil von Innen- und Außenzonen zu Lüftungsnotwendigkeiten und damit zu einem entwurflich bedingten Mindest-Klimatisierungsgrad. Der wirkliche Klimatisierungsgrad ergibt sich dann bekanntermaßen aus der Beachtung einschlägiger Vorschriften und in gewissem Grade auch aus Komfortansprüchen der Nutzer. Als Maß für den Klimatisierungsgrad sei hier der mittlere Gebäudeluftwechsel, gebildet aus dem Verhältnis des gesamten Zuluftstromes zum Brutto-Rauminhalt, angeführt. Er liegt für die hier betrachteten Objekte bei

$1{,}6 \ldots 3{,}2\ h^{-1}$,

steht also im Verhältnis 1 : 2.

Für einen gegebenen Entwurf werden die RLT-Kosten wesentlich durch folgende Parameter bestimmt :

- Zuluftstrom, ev. Außenluft- bzw. Umluftanteil
- Förderdrücke (Ausdehnung der Netze, Platzangebot)
- Prozeßführung,
- Steuerung und Regelung

Für die betrachteten Objekte betragen die Zuluftströme

1,0 ... 3,7 Mio m^3/h.

D.h. sie stehen im Verhältnis 1 : 3,7.

Die Güte der Prozeßführung, der Steuerung und Regelung kann in erster Näherung durch die volumenstrombezogenen RLT-Kosten gekennzeichnet werden. Dabei sind natürlich die unterschiedlichen Energiepreise zu berücksichtigen. Die volumenstrombezogenen RLT-Kosten betrugen :

- ohne Wärmerückgewinnung 4,50 ... 5,50 (DM/a)/(m^3/h)
- mit Wärmerückgewinnung 3,50 (DM/a)/(m^3/h)

Die Kosten stehen damit in einem Verhältnis von 1 : 1,6. Die genannten Kosten ergaben sich für Anlagen ohne wesentliche zeitliche Abschaltungen bzw. Volumenstromabsenkungen. Drei der Objekte verfügen nicht über eine Wärmerückgewinnung. Der genannte Kostenunterschied spiegelt nicht grundsätzlich das Einsparpotential durch Wärmerückgewinnung wieder.

Auch bei verbrauchsgünstig konzipierten RLT-Anlagen kommt der Betriebsführung der Anlagen erhebliche Bedeutung zu. Hier besteht die Aufgabe darin,

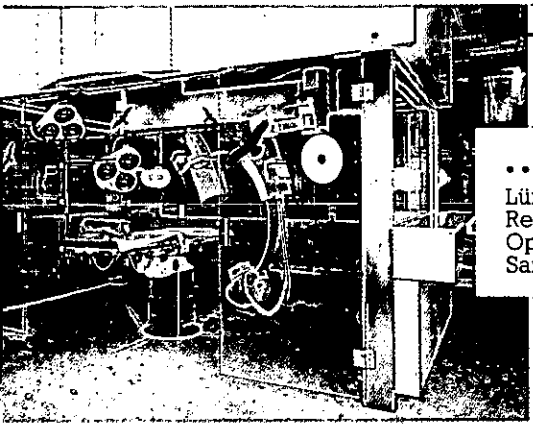
- verbrauchsgünstige Prozeßführungen und Regelungen der Anlagen zu erhalten,
- unnötige Raumkonditionen zu vermeiden,
- die Betriebszeiten an die wirklichen Nutzungen anzupassen.

Die hier betrachteten Objekte haben, wie eingangs gezeigt, ähn-

SULZER

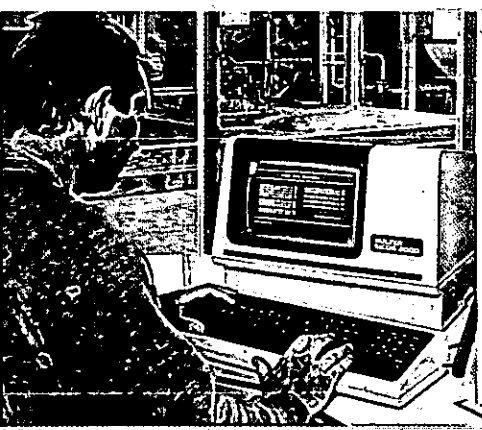
Technik für eine menschliche Umwelt

Maßgeschneiderte Lösungen für den Krankenhausbereich z. B.



... SULZER-Lufttechnik

Lüftungs- und Klimaanlagen,
Reinraumtechnik für hochaseptische Operationsräume in Krankenhäusern,
Sanierung von Altanlagen



... SULZER-SICOS 2000 – Gebäudeautomation für Gebäude und Prozesse

Selbständige Steuerung, Regelung, Optimierung und Überwachung von betriebstechnischen Anlagen mit autonomen Unterstationen (DDC)

... SULZER-DIFOBAR – elektronische Drehzahlregelsysteme für Pumpen und Ventilatoren

mit Motor-Wellenleistungen bis 75 kW, volltransistorisiert (keine Störeinflüsse!), mindern Rohrnetz- und Luftkanalgeräusche

Tätigkeitsprogramm

Beratung, Planung, Ausführung und Kundendienst

Technische Gebäudeausrüstung,

Umwelttechnik,

Energietechnik,

Fernwärmetechnik,

Gebäudeautomation,

Leistungselektronik,

Wasser- und Abwassertechnik

Sulzer Anlagen- und Gebäudetechnik GmbH

Hauptverwaltung
Postfach 1303, 7000 Stuttgart 1
Telefon (0711) 6484-0
Telex 723630, Telefax 6484-248

Zweigniederlassungen und Büros in Augsburg, Berlin, Butzbach, Dortmund, Düsseldorf, Frankfurt, Freiburg, Hamburg, Hannover, Karlsruhe, Ludwigshafen, Mannheim, München, Nürnberg, Singen, Stuttgart 80, Ulm, Würzburg

SULZER ANLAGEN- UND GEBÄUDETECHNIK GMBH

liche Größenordnung. Die genannten Energiekosten weisen sie alle als große Energieverbraucher aus. Sie liegen zwar in verschiedenen Bundesländern und in unterschiedlich großen Gemeinden, aber die beobachteten großen Unterschiede in den Energiepreisen sind dennoch überraschend. Tabelle 2 gibt für die wesentlichen Energieträger die Preisspannen an. Danach lagen die Strom- und Fernwärmepreise im Verhältnis 1 : 1,5 und die Eigendampfpreise 1 : 2,1. Bildet man nach den Verbräuchen gewogen einen Mischpreis aus den jeweiligen Einzelpreisen aller Energieträger, so ergab sich eine Spanne von

98 ... 122 DM/MWh,

bzw. ein Verhältnis von 1 : 1,25. Es findet demnach bei den untersuchten Objekten ein gewisser Ausgleich dadurch statt, daß für das Einzelobjekt die Preise für die verschiedenen Energien teilweise gegenläufige Tendenz haben.

Als Kenngröße für den Klimatisierungsaufwand, die die vorgenannten Einflußgrößen mit enthält, kann man die jährlichen RLT-Kosten pro m^3 BRI ansehen. Sie betrugen

8,1 ... 15,5 DM/(a * m^3),

d.h. sie lagen im Verhältnis 1 :1,9.

3. Maßnahmen zur Energiekostensenkung an bestehenden RLT-Anlagen

3.1 Übersicht

Bei bestehenden Objekten sind eine Reihe von Parametern im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen nicht zu verändern. Hierzu gehören in der Regel alle baulichen Gegebenheiten. Der grundsätzliche Anlagenaufbau ist üblicherweise nicht zu verändern. Das gleiche gilt für die Kanal- und Rohrnetze. Folgende Veränderungen sind dagegen meistens möglich :

- Anpassung der Volumenströme an die Lastbedingungen

- Verbesserung der Prozeßführung, Regelung und Steuerung
- Anpassung der Anlagenbetriebszeiten an die Nutzungen
- Verbesserung der Energielieferverträge

3.2 Anpassung der Volumenströme

Alle hier betrachteten Objekte wurden, von unbedeutenden Ausnahmen abgesehen, mit Konstant-Volumenstrom-Systemen betrieben. Volumenstromveränderungen erfolgten nur für OP-Räume u.ä. durch Reduzierung außerhalb der Nicht-Nutzungszeiten.

Bezogen auf den gesamten Zuluftstrom machen auch in Großkliniken die Räume, die nach DIN 1946 Teil 4 /1/ nicht von Festlegungen für den Luftwechsel betroffen sind, einen bedeutenden Anteil aus. Für diese Räume ist häufig festzustellen, daß bei der Planung zu hohe Werte für die abzuführenden Lasten zugrundegelegt werden. In der Realität sind die Lasten meist wesentlich geringer, was sich im Betrieb an den vergleichsweise kleinen Temperaturdifferenzen zwischen Zu- und Abluft zeigt. In solchen Fällen kann mit Umstellung auf VVS-Betrieb eine entsprechende Anpassung des Zuluftstromes vorgenommen werden. Die dazu erforderlichen Umbau-Maßnahmen sind in der Regel durchführbar und haben nur örtlich und zeitlich begrenzte Betriebsbeeinträchtigungen zur Folge.

In solchen Fällen wurde der Betrieb der Kliniken unter Berücksichtigung aller baulichen, anlagentechnischen, nutzungsbedingten und meteorologischen Gegebenheiten mit der Methode der Computersimulation über jeweils ein Betriebsjahr untersucht. Dabei wurde zunächst die Ausgangsbasis durch Computersimulation der Ist-Situation gesetzt. Anschließend wurden mögliche Varianten vorerst jeweils für sich allein, dann für die erfolgsträchtigen in der Summe untersucht. In einem typischen Fall ergab die alternative Untersuchung eines VVS-Betriebes für alle Räume ohne hygienische Anforderungen :

- Mögliche Energiekosteneinsparung : 3 Mio DM/a
- erforderliche Investitionskosten : 3,3 Mio DM

Bezogen auf die gesamten RLT-Kosten entsprach das einer Einsparung von 20 %.

3.3 Verbesserung der Prozeßführung, Regelung und Steuerung

Von den hier betrachteten Objekten verfügen drei nicht über eine Wärmerückgewinnungsanlage. Die nächstliegende Maßnahme könnte demnach die Nachrüstung von Wärmerückgewinnungen sein. Die dazu erforderlichen Umbau-Maßnahmen sind in der Regel durchführbar, da sie auf die RLT-Zentralen und eventuell auf Schächte beschränkt sind. Die Betriebsbeeinträchtigungen sind bei entsprechender Planung begrenzt und akzeptabel.

Hier ergab die Untersuchung für einen typischen Fall (kreislaufverbundenes System, Rückwärmzahl bei Auslegungszustand 0,55) :

- Mögliche Energiekosteneinsparung : 2,8 Mio DM/a
- Erforderliche Investitionskosten : 5,8 Mio DM

Bezogen auf die gesamten RLT-Kosten entsprach das einer Einsparung von knapp 20 %.

Die möglichen Verbesserungen der Regelung und Steuerung sind sehr von den jeweiligen Gegebenheiten abhängig. Hier sei deshalb als Beispiel eine Maßnahme angeführt, die relativ häufig realisiert werden kann. Bei den hier betrachteten Objekten erfolgt die raumweise Regelung, wie bisher praktisch immer bei entsprechenden Anlagen, auf feste Sollwerte der Raumtemperatur. Die Umstellung auf ein Toleranzband der Raumtemperatur ermöglicht deutliche Einsparungen. Dabei wurde z.B. für den Kühlfall ein Sollwert von 24 °C, für den Heizfall von 22 °C eingeführt. Zwischen 22 und 24 °C kann die Raumtemperatur frei schwingen. Die Betriebsbeeinträchtigungen durch die erforderlichen Umbau-Maßnahmen an den Regelanlagen sind bei entsprechender Planung nicht gravierend. Die Untersuchung eines typischen Falles ergab für die Einführung eines Toleranzbandes der Raumtemperatur in allen Räumen der Bereiche Untersuchung, Behandlung und Forschung, die nach DIN 1946 Teil 4 /1/ nicht von Festlegungen für den Luft-

wechsel betroffen sind :

- Mögliche Energiekosteneinsparung : 0,5 Mio DM/a
- Erforderliche Investitionskosten : 0,7 Mio DM

Bezogen auf die gesamten RLT-Kosten entsprach das einer Einsparung von 3 %.

3.4 Anpassung der Anlagenbetriebszeiten

Bekanntermaßen erbringt eine ausgeschaltete Anlage die größten Einsparungen. Daß diese triviale Erkenntnis häufig im praktischen Anlagenbetrieb nicht umgesetzt werden kann, hat in der Regel folgende Ursachen :

- Das bestehende Anlagenkonzept ist derart vermascht, daß Abschaltungen nicht möglich sind.
- Die Nutzer stellen zu weit gehende Forderungen bezüglich der Betriebsbereitschaft von Räumen.

Zur Verdeutlichung von Einsparmöglichkeiten sei hier folgendes Beispiel angeführt: Nach Analyse der Raumnutzung konnte für hygienisch unbedenkliche Räume außerhalb der Nutzungszeiten ein bedeutender Teil der RLT-Anlagen abgeschaltet werden. Der Zuluftstrom betrug danach nachts nur noch knapp 60 % des Tageswertes. Im Mittel über 24 Std. wurde damit der Zuluftstrom auf knapp 80 % gesenkt. Nutzungseinschränkungen ergaben sich hieraus nicht. Die Maßnahme wurde dadurch begünstigt, daß in dem betreffenden Klinikum keine weiträumige Vermaschung von RLT-Anlagen gegeben war. Vielmehr waren im wesentlichen Einzelanlagen mit nutzungsbezogenen Versorgungsbereichen gegeben. Die Untersuchung der Maßnahme ergab :

- Mögliche Energiekosteneinsparung : 1,1 Mio DM/a
- Erforderliche Investitionskosten : prakt. 0 Mio DM

3.5 Verbesserungen der Energie-Lieferverträge

Wie zuvor gezeigt, waren in den bestehenden Objekten die Energiepreise deutlich unterschiedlich. Würde man beispielsweise aus den vorliegenden Energiepreisen die minimalen und die maximalen kombinieren, so stünden die daraus folgenden Mittelpreise im Verhältnis 1 : 1,55. Bei der Verhandlung der Energielieferkonditionen wird demnach über eine wesentliche Randbedingung der RLT-Kosten entschieden. Setzt man für alle Energieträger die vorliegenden Minimalpreise an, so ergäben sich daraus für die betrachteten Objekte Potentiale für Einsparungen der RLT-Kosten von

0,8 ... 2,7 Mio DM/a ,

entsprechend 6 ... 26 % der derzeitigen Kosten.

Der Realisierung vorstehender Einsparpotentiale stehen in der Regel sehr langfristige vertragliche Bindungen entgegen. Im Hinblick auf die bemerkenswerten Kostenauswirkungen sollte trotzdem versucht werden, mindestens nach Ablauf bestehender Verträge, die Lieferkonditionen zu verbessern.

Die vorliegenden Untersuchungen haben, entgegen den gehegten Erwartungen, bisher selten wirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen zur Kostensenkung durch Spitzenbrechung ergeben. Der Grund hierfür war in der Regel darin zu suchen, daß auch die Spitzen großer Einzelverbraucher nicht hinreichend signifikant auf das Abnahmeprofil des versorgten Gesamtkomplexes durchschlagen.

3.6 Gesamt-Einsparpotentiale

Das Einsparpotential von Einzelmaßnahmen ist nicht zu einem Gesamtpotential addierbar, da sich die Maßnahmen gegenseitig beeinflussen. Aufschluß kann hier nur die gleichzeitige Gesamtbetrachtung aller Maßnahmen z.B. mittels Computersimulation geben. Die Untersuchung des Einsparpotentials durch Maßnahmen nur an

den RLT-Anlagen eines Klinikums ergab beispielsweise :

- Mögliche Energiekosteneinsparung : 6,8 Mio DM/a
- Erforderliche Investitionskosten : 15,1 Mio DM

Das Einsparpotential machte ca. 45 % der derzeiten RLT-Kosten bzw. knapp 30 % der gesamten Energiekosten aus. Im genannten Fall war in den Maßnahmen auch die Nachrüstung der bisher nicht vorhandenen Wärmerückgewinnung enthalten.

Erweiterte man die Maßnahmen an den RLT-Anlagen auf solche an den Energieversorgungsanlagen, der Leittechnik und der Betriebsorganisation, so ergab sich für obiges Beispiel :

- Mögliche Energiekosteneinsparung : 9,1 Mio DM/a
- Erforderliche Investitionskosten : 22,5 Mio DM

Dabei sind in beiden Fällen keine Potentiale möglicher Vertragsverbesserungen erfaßt.

4. Probleme der Realisierung von Maßnahmen zur Energiekosteneinsparungen

Bei Maßnahmen zur Energiekosteneinsparung in Kliniken muß von einer sehr langen Bearbeitungszeit ausgegangen werden. Erfahrungsgemäß haben sich folgende Bearbeitungsschritte als erforderlich erwiesen :

- Untersuchung zur Verbrauchs- und Kostenstruktur (Status)
- Abschätzung des Einsparpotentials
- Untersuchung zur energetisch-wirtschaftlichen Optimierung der gebäudetechnischen Anlagen bei erfolgversprechendem Einsparpotential
- Untersuchung organisatorisch-administrativer Maßnahmen zur Energiekosteneinsparung und zur Kostenkontrolle (Energiebuchhaltung)
- Erstellung eines Investitionsplanes
- Planung der Maßnahmen
- Baudurchführung

Für diesen Leistungsumfang ergibt sich aus den Erfahrungen bearbeiteter Objekte, beginnend mit der ersten Angebotsabgabe und endend mit dem Abschluß aller Maßnahmen, ein Zeitraum von 5 bis 10 Jahren.

Resultierend aus der langen Bearbeitungsdauer, ergeben sich folgende Probleme :

- Die Energiepreise können sich, wie in letzter Zeit, auch nach unten entwickeln. Es ist mit Rücksicht auf die lange Realisierungsdauer nicht ratsam, hieraus aufgrund vermeintlich aktualisierter Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Investitionsentscheidungen immer wieder in Frage zu stellen. Bei den hier anstehenden Investitionen zur Energiekosteneinsparung ist vielmehr eine langfristige Betrachtung anzuraten.
- Objekte wie große Kliniken sind nicht als statisch zu betrachten. Über die mehrjährige Bearbeitungszeit ergeben sich Veränderungen in der Raumnutzung und damit in der Anlagentechnik oder auch in der Betriebsführung. Um hier die aktuellen Bedürfnisse befriedigen zu können, sind Systemlösungen mit guter Anpassungsfähigkeit notwendig.

5. Zusammenfassung

Wie die Erfahrung aus der Untersuchung vieler großer Kliniken gezeigt hat, sind die Potentiale für Energie- bzw. Energiekosten-Einsparungen bei RLT-Anlagen besonders groß. Grundlage der Planung entsprechender Maßnahmen muß dabei immer eine möglichst detaillierte, an die vorliegenden Betriebsbedingungen angepaßte, Analyse des Ist-Zustandes und des zu erwartenden Einsparpotentials sein. Diese ist mit den heutigen Methoden der Computersimulation sehr genau durchführbar.

Die realisierbaren Einsparpotentiale bei RLT-Kosten großer Kliniken können wie folgt umrissen werden :

- Technische Sofort-Maßnahmen mit Investitionskosten, die sich in weniger als einem Jahr amortisieren :
  Einsparpotential 5 ... 10 %
- Technische Maßnahmen mit Investitionskosten, die sich in maximal fünf Jahren amortisieren :
  Einsparpotential 25 ... 45 %
- Verbesserungen der Energielieferverträge :
  Einsparpotential 10 ... 25 %

6. Literatur

/1/ DIN 1946 Teil 4 : Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern, April 1978

Anschrift der Autoren :

o.Prof.Dr.-Ing. H. Esdorn
Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik
Technische Universität Berlin
Marchstr. 4, 1000 Berlin 10

Dr.-Ing. M. Schmidt
KLIMASYSTEMTECHNIK Esdorn Jahn Ingenieurgesellschaft mbH
Keplerstr. 8 - 10, 1000 Berlin 10

Energie-verbraucher	Energiekostenanteil in %
RLT-Anlagen	41 ... 62
Beleuchtung	5 ... 14
Warmwasserber.	3 ... 6
Heiz-Anlagen	2 ... 12
sonstige	18 ... 31
geb.techn. Anlagen	69 ... 82
davon anteilig RLT-Anlagen	59 ... 83

Tabelle 1 Anteile wesentlicher Verbrauchsgruppen an den Energiekosten großer Kliniken

Energieträger	Preisspanne DM/MWh	Preisverhältnis
Strom	155 ... 235	1 : 1,5
Fernwärme	66 ... 100	1 : 1,5
Eigendampf	46 ... 95	1 : 2,1
Mittelwert	98 ... 122	1 : 1,3

Tabelle 2 Preisspannen für wesentliche Energieträger in großen Kliniken

KÄLTEVERSORGUNG IM KRANKENHAUS

Arbeitsprinzipien, Konstruktion, Installation, Regelung

Horst Haseköster, Ladenburg

1. Wo sind Kälteanlagen im Krankenhaus erforderlich ?

1.1 Klimaanlagen
Kühlung und Entfeuchtung der Raumluft für Behandlungs- und Aufenthaltsräume.

1.2 Kücheneinrichtungen
Normal- und Tiefkühlräume für die Lagerung von Lebensmitteln, sowie Frostereinrichtungen.

1.3 Kühlräume, Kühlzellen und Kühlschränke
Hierzu gehören Leichenkühlräume, Blutbanken und Laboreinrichtungen.

2. Anforderungen an die Kälteversorgungseinrichtungen
Die speziellen Bedürfnisse der Krankenhaustechnik stellen folgende Hauptforderungen an die installierten Kälteversorgungseinrichtungen:

- Hohe Betriebssicherheit
- Wirtschaftlicher Betrieb
- Gefahrlose Arbeitsweise
- Einfache Bedienung
- Genaue Einhaltung der Temperatur-Toleranzen
- Servicefreundliche Bauweise

3. Die unterschiedlichen Arbeitsprinzipien von Kälteanlagen

3.1 Theoretische Grundlagen

3.1.1 Die Kältetechnik basiert auf 2 Hauptsätze der Thermodynamik und zwar:
Der erste Hauptsatz der Thermodynamik besagt:
"Es gibt keine Maschine, die dauernd Arbeit erzeugt ohne, daß ein gleichwertiger Betrag einer anderen Energieform verbraucht wird." Ein Perpetuummobile erster Art ist unmöglich.

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik lautet:
"Wärme kann nicht von selbst von einem kälteren auf einen wärmeren Körper übergehen."

Hieraus ergibt sich, daß ohne Energiezufuhr Wärme nicht von einem niedrigen auf ein höheres Niveau zu fördern ist.

3.1.2 Carnot-Prozeß

Der ideale Kreisprozeß einer Kälteanlage ist der Carnot-Prozeß, der aus je 2 Isothermen und Isotropen besteht. Der Carnot-Prozeß erbringt den größtmöglichen Wert für das Verhältnis von erzieltem Nutzen an Aufwand und wird deshalb als Vergleichsprozeß verwendet.

3.1.3 Kaltdampfmaschine

Die Kaltdampfmaschine ist die gebräuchlichste der Kältemaschinen-Bauart. Hier wird die beim Übergang vom flüssigen in den dampfförmigen Zustand bei niedriger Temperatur benötigte Verdampfungsenthalpie eines verflüssigten Gases (Kältemittel) zur Kälteerzeugung ausgenutzt. Der Kältemitteldampf wird dann auf einen höheren Druck verdichtet und anschließend unter Abführung der Verflüssigungswärme an die Umgebung verflüssigt.

In der Kältetechnik ist es üblich, diesen Arbeitsprozeß in dem lgp,h Diagramm zu verwenden, in welchem der Druck (p) über der Enthalpie (h) des Kältemittels aufgetragen ist. (s.Abb. 1)

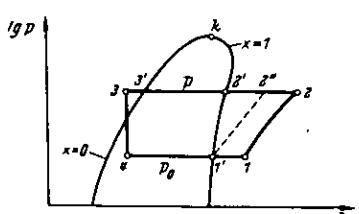


Abb. 1

Der Kaltdampfmaschinenprozeß im lg *p*, *h*-Diagramm:

Verdampferwärme (Kälte)	$h_1 - h_4$
Verdichterenergie	$h_2 - h_1$
Überhitzung	$h_2 - h_2'$
Kondensationswärme	$h_2' - h_3'$
Unterkühlung	$h_3' - h_3$
Drosselung	$h_3 - h_4$

Die Hauptbestandteile einer Kaltdampfkälteanlage sind:

- Verdichter
- Verflüssiger
- Drosselorgan
- Verdampfer

Im Verdichter wird das aus dem Verdampfer abgesaugte kalte Kältemittelgas auf Verflüssigungsdruck verdichtet und dem Verflüssiger zugeleitet. Hier erfolgt die Abkühlung und Verflüssigung des heißen Kältemittelgases mittels Kühlluft oder Kühlwasser. Das Drosselorgan entspannt das flüssige Kältemittel auf den niedrigeren Verdampferdruck. Gesteuerte Entspannungsgeräte (Schwimmer, Expansionsventile) regulieren darüber hinaus die Menge des Kältemittelflusses. Im Verdampfer verdampft das flüssige Kältemittel unter Aufnahme von Wärme aus dem umgebenden Medium, welches hiermit abgekühlt wird. (s. Abb. 2)

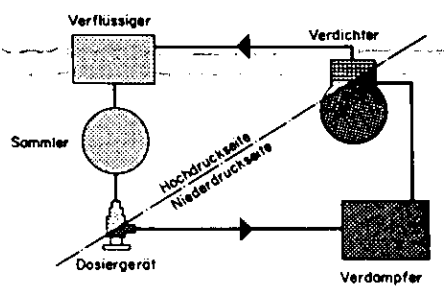


Abb. 2
Der Hoch- und Niederdruckteil im Kältemittelkreislauf

3.1.4 Wärmepumpe

Bei der Wärmepumpe findet physikalisch der gleiche Kreisprozeß wie bei einer Kälteanlage statt. Im Gegensatz zur Kälteanlage wird hier jedoch der Hochdruckteil, d.h. die Verflüssigungswärme wirtschaftlich genutzt. Im Arbeitsprinzip gibt es keine Unterschiede zur eigentlichen Kälteanlage.

3.1.5 Absorptionskältemaschine

Im Gegensatz zur Kaltdampfmaschine wird bei der Absorptionskältemaschine der mechan. Kompressor durch einen thermischen Kompressor ersetzt, d.h. die Kältemitteldämpfe werden im Absorber von der kältemittelarmen Lösung absorbiert und im Austreiber unter höherem Druck aus der reichen Lösung ausgetrieben.
Die reiche Lösung wird mit Hilfe einer Pumpe vom Absorber zum Austreiber gepumpt und fließt von dort als arme Lösung wieder in den Absorber zurück.

Alle übrigen Teile der Kältemaschinen wie Kondensator, Regelventil und Verdampfer, bleiben in der Form und Wirkungsweise wie bei einer Kompressionskältemaschine bestehen. (s.Abb. 3)

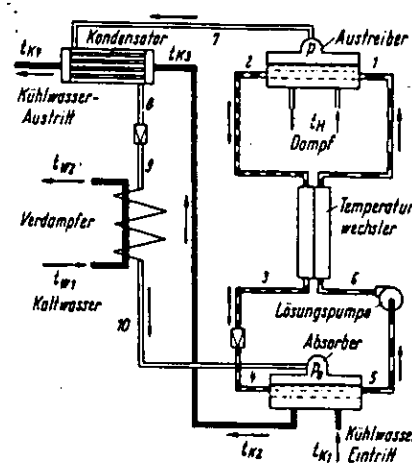


Abb. 3
Schaltschema der Absorptionskältemaschine

3.2 Kältemittel

3.2.1 Anforderungen an das Kältemittel

- Das Kältemittel sollte nicht brennbar, explosiv oder giftig sein.
- Das Kältemittel sollte leicht feststellbar sein, damit Undichtheiten gefunden werden können.
- Der Kältemitteldampf sollte ein niedriges spezifisches Volumen haben, um Kompressionsgröße und Kompressorhub klein zu halten.
- Das Kältemittel sollte eine gute Verträglichkeit mit normalem Schmiermittel besitzen.
- Das Kältemittel sollte gegen Werkstoffe, die in der Kälteanlage verwendet werden, nicht aggressiv und chemisch stabil sein.
- Das Kältemittel sollte billig und leicht zu handhaben sein.
- Die Drücke des Kältemittels sollten im Arbeitsbereich der Kältemaschine immer über atmosphärem Druck liegen, um das Eindringen von Luft der Anlage zu verhindern.
- Die den Kondensationstemperaturen entsprechenden Drücke sollten nicht zu hoch sein, um kostspielige Konstruktionen der Kältemaschine zu vermeiden.

3.2.2 Gebräuchliche Kältemittel

Gemäß der DIN 8975 und VBG 20, werden die Kältemittel in 3 Gruppen eingeteilt:

Gruppe I - Kältemittel nicht brennbar, ohne oder mit geringer toxischer Wirkung

Gruppe II - Kältemittel mit toxischer oder ätzender Wirkung, bzw. solche, deren Gemische mit Luft nur in engen Grenzen brennbar und explosiv sind

Gruppe III - Kältemittel, welche mit Luft leicht brennbare und explosive Gemische bilden.

Im Bereich der Krankenhaustechnik kommen vorwiegend Kältemittel der Gruppe I zur Anwendung. Dies sind Kältemittel auf Basis der Fluorkohlenwasserstoffe (FKW).

Zum Beispiel:

R 11, hierbei handelt es sich um ein Niederdruck-Kältemittel, welches überwiegend bei Turbokälteanlagen größerer Leistung eingesetzt wird.

R 12, zur Raumkühlung und Klimatisierung und zum Einsatz in Kälteanlagen mit Turboverdichtern und Wärmepumpen.

R 22, findet Verwendung in gewerblichen Kühlanlagen, Gefrieranlagen für Lebensmittelkonservierung, Flüssigkeitskühlern und in industriellen Großkälteanlagen.

R502, infolge ihrer hohen thermischen Stabilität, wird dieses Kältemittel bei Tiefkühlanlagen verwendet.

Die Kältemittel R 11, R 12 und R 113 wurden von der UNEP, einer Arbeitsabteilung der UNO als umweltgefährdend eingestuft. Es ist damit zu rechnen, daß die Herstellung und Anwendung dieser Kältemittel langfristig ausgeschlossen wird.

3.3 Arten der Kälteversorgung

3.3.1 Kühlanlagen mit direkter Verdampfung

So bezeichnet werden Kälteanlagen, in denen das Kältemittel mit einem Wärmeaustauscher (Verdampfer) direkt im Wärmeaustausch mit dem zu kühlenden Medium steht.
Hierzu gehören insbesondere Kühl- und Tiefkühlräume, Raum- und Schrankklimageräte sowie große Luftkühlanlagen. (s. Abb. 4)

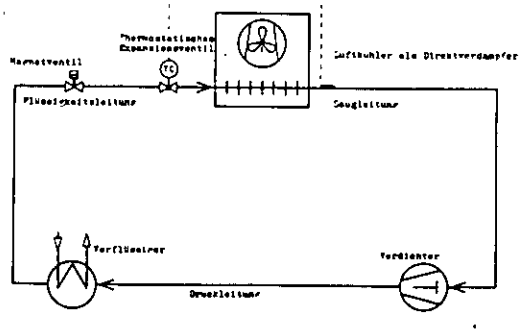


Abb. 4
Luftkühlanlage mit direkter Verdampfung

3.3.2 Kühlanlagen mit indirekter Verdampfung

Diese Kälteanlagen benötigen zur Kühlung des Mediums einen Wärmeträger. Dies kann im Kältebereich Wasser und in tieferen Temperaturbereichen eine Sole sein. Anwendung finden sie bei standardisierten Kaltwassersätzen für die Klimatechnik, sowie Solekühlanlagen für Kühl- und Klimazellen. (s. Abb. 5)

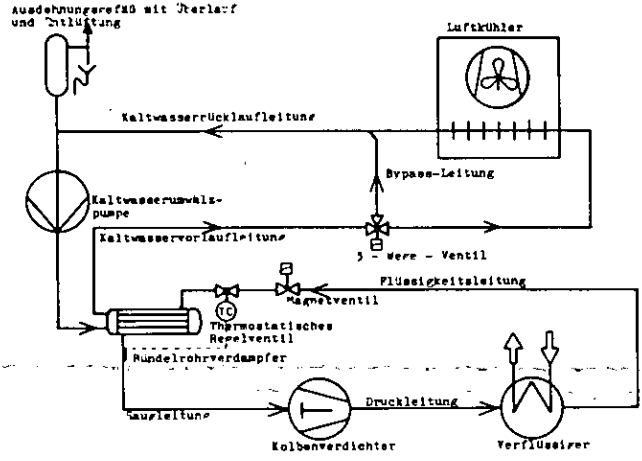


Abb. 5
Luftkühlanlage als Kaltwasseranlage mit Bündelrohrverdampfer

4. Kälteverdichter für Kaltwassersätze und Wärmepumpen

Wir unterscheiden hier die unterschiedlichsten Verdichterbauarten, z.B.:

- Vollhermetische Kolbenverdichter (Kapselverdichter)
- Halbhermetische Kolbenverdichter
- Offene Kolbenverdichter mit Keilriemen oder Direktantrieb
- Offene Schraubenverdichter
- Offene Turboverdichter
- Hermetische Turboverdichter

Bei Vollherm. Maschinen ist der gesamte Verdichtersatz bestehend aus Motor, Getriebe und Verdichter, in einem geschlossenen Gehäuse untergebracht.
Bei Halbherm. Maschinen befindet sich der Motor nach wie vor im Kältekreislauf, ist jedoch mit einer Flanschverbindung, lösbar an den Verdichter, gekoppelt.
Offene Verdichter sind von ihrer Antriebsmaschine getrennt, sie werden entweder durch einen Elektromotor direkt oder mittels eines Riementriebes angetrieben. Die Abdichtung zur Kältemittelseite erfolgt durch eine Wellenabdichtung auf der Verdichterwelle. (s. Abb. 6)

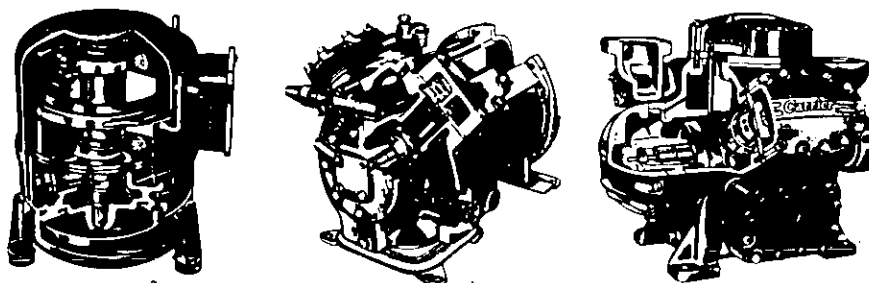


Abb. 6
Kolbenverdichter in hermetischer (a), halbhermetischer (b) und offener Bauweise (c)

5. Zentrale u. dezentrale Kälteversorgung in Kompaktbauweise

5.1 Kälteversorgung für Klimaanlagen

Bei größeren komplexen Gebäuden ist es üblich, eine zentrale Kälteversorgung in einer Kältezentrale zu installieren. Die Verteilung der Kältemittelträger erfolgt dann über Rohrleitungssysteme zu den einzelnen Kühlregistern in den verschiedenen Klimazentralen. Diese Einrichtung hat sich als wirtschaftlich erwiesen, da die gesamte Kälteversorgung mit Kältemaschinen großer Leistung (Turbo- oder Absorptionsmaschinen) erzeugt werden kann. Die Verteilung und Regulierung der einzelnen Bedarfsstellen ist unproblematisch.

5.2 Kühlräume

Wenn nicht nur 1 oder 2 Räume zu kühlen sind, bietet sich auch hier die kompakte vorgefertigte Integralanlage an. Hierbei werden verschiedene Kühlstellen von einer zentralen Kälteanlage versorgt. Da der Kältebedarf nicht überall gleichzeitig auftritt, kann die installierte Leistung gegenüber Einzelanlagen wesentlich verringert werden.

6. Regelung von Kältesystemen

6.1 Leistungsregelung der Verdichter

Die Anpassung an die jeweils geforderte Kälteleistung, die sich auf den jeweiligen Bedarf einstellen soll, kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Intermittierender Betrieb, d.h. Zu- und Abschalten des Verdichters
- Stufenabschaltung von einzelnen oder mehreren Arbeitszylindern bei Kolbenverdichtern
- Drehzahlregelung bei Kolben- und Turboverdichtern
- Leitschaufelverstellung bei Turbomaschinen

6.2 Heißgas-Bypass-Regelung

Bei kleineren Einheiten mit Kolbenverdichtern, hat sich in weiten Bereichen die Bypass-Regelung bewährt, d.h. bei geringerer Leistung wird ein gewisser Teil des Hochdruckgases zum Verdampfer geleitet.
Hierdurch kann eine relativ genaue Temperaturregelung erfolgen, was jedoch mit einer geringeren Wirtschaftlichkeit erkauft werden muß.

6.3 Gasdruckregelung

Mit einer Verdampferdruckregelung kann der Verdampfungsdruck unabhängig von der momentanen Kälteleistung konstant gehalten werden. Somit wird eine zu tiefe Temperaturabsenkung vermieden.

Eine Kondensatordruckregelung hält den Kondensationsdruck konstant, um auch bei tiefen Temperaturen einen Mindestkondensationsdruck aufrecht zu erhalten.
Die gleiche Wirkung kann mit einer Anstauregelung erreicht werden, indem durch Abstauen des Kältemittelstandes die Verflüssigungsfläche variiert wird.

6.4 Temperaturregler

Die Einhaltung der gewünschten Raum- oder Mediumtemperatur kann auf unterschiedliche Weise erreicht werden.
Gebräuchlich sind hierfür:

- Zweipunktregler
- Proportional-Thermostate
- Elektronische Regeleinrichtungen

Je nachdem, welche Anforderung an die Regelgenauigkeit gestellt werden, müssen die entsprechenden Regelsysteme ausgewählt werden. Hierbei sollte man nur die unbedingt notwendige Toleranz fordern, da jede Einengung Auswirkungen auf den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage ausübt, d.h. je größer der Toleranzbereich ist, desto wirtschaftlicher kann die Kälteanlage betrieben werden.

Horst Haseköster
Oberingenieur

BROWN BOVERI - YORK
Kälte- und Klimatechnik GmbH
Wallstadter Str. 65

6802 Ladenburg

Schäden in der Kälteversorgung

von B. Kriewald, Köln

1. Einleitung

In Krankenhäusern werden eine Vielzahl von Kälteanlagen unterschiedlicher Größe und Leistung betrieben, beginnend bei dem Kühlschrank für kurzzeitig aufzubewahrende Lebensmittel bis zur Kältezentrale der Klimaanlagen. Ich möchte hier nicht die Kühl- und Tiefkühlgeräte ansprechen, die als steckerfertige Einheiten bezogen werden können, sondern mich auf Anlagen konzentrieren, die eine individuelle Planung erfordern. Zur Vermeidung von Schäden in der Kälteversorgung solcher Anlagen ist es erforderlich, im Bereich der Planung, der Installation und des Service Fachfirmen einzuschalten, die das erforderliche Know-how besitzen, regelmäßig ausbauen und ergänzen.

2. Planungsaufgaben

Schäden in der Kälteversorgung werden bereits häufig im Planungsstadium programmiert. Entscheidende Kriterien sind:

2.1 Wahl des Kältemittelverdichters
(Hubkolben-, Schrauben- oder Turboverdichter)

2.2 Wahl des Kältemittels

2.3 Entscheidung über direkte oder indirekte Kühlung

2.4 Nutzung von Wärmerückgewinnung und Einbindung in das Heizungssystem

2.5 Einsatz luft- oder wassergekühlter Kondensatorsysteme

Planungsmängel zeigen sich in hohen Energiekosten, geringer Betriebssicherheit und damit hohen Servicekosten.

2.1 Wahl der Art und Anzahl des Kältemittelverdichters

Die Festlegung des Kältemittelverdichters als Herz der Kälteanlage, als im Normalfall größter Energieverbraucher, als Einzelkomponente, die einen hohen Wert darstellt und die hohe Servicekosten erfordert, bedarf großer Sorgfalt. Sicherlich bestimmt in einigen Fällen die zu erbringende Kälteleistung, ob Hubkolben-, Schrauben- oder Turboverdichter verwendet werden müssen.

In einer Vielzahl von Fällen, in denen zwei oder mehr Möglichkeiten gegeben sind, müssen für die Festlegung eine große Anzahl von Kriterien überprüft werden wie

- Schwankungen des Kältebedarfs
- Schwankungen der Betriebsbedingungen
- Toleranzen bei der Einhaltung vorgegebener Kenngrößen
- Betriebssicherheit
- Investitionskosten
- Servicekosten
- Energiekosten
- Bedien- und Überwachungskosten
- Externe Auflagen
  (z.B. Geräusche, Anlaufkriterien für Antriebsmotor)

Beim Einsatz von Schraubenverdichtern werden gegenüber Hubkolbenverdichtern sicherlich die Servicekosten geringer sein, die Energiekosten allerdings höher, insbesondere bei häufigem Betrieb im Teillastbereich. Die Wahl von Turboverdichtern schließt von vornherein den Einsatz bestimmter Kältemittel aus, fordert gleichzeitig im Normalfall wegen der erforderlichen großen Kälteleistung die Wahl zentraler Kälteerzeugungsanlagen. Die Entscheidung über den Kältemittelverdichtertyp beeinflußt damit gleichzeitig die Frage, ob große, zentrale Kälteanlagen, wo Kälteverbraucher mit ähnlichem Temperaturniveau von einer Kältezentrale versorgt werden oder ob dezentral arbeitende, kleinere Anlagen eingesetzt und verwendet werden. Allerdings sind heute Kältemittelverdichterzentralen mit mehreren Verdichtern, sogenannte Verbundsätze, durchaus eine sinnvolle Lösung.

2.2 Wahl des Kältemittels

Sie haben mit Sicherheit die derzeitige Diskussion über CFKW-Kältemittel verfolgt. Wenn in der Vergangenheit im wesentlichen die thermodynamischen Unterschiede der gebräuchlichen verschiedenen CFKW-Kältemittel - NH_3 fällt für den Einsatz im Krankenhausbereich wegen seiner Giftigkeit aus - die Entscheidung beeinflußte, sind heute Umweltfragen ein wichtiges Kriterium. R12 und R11 als durchaus gebräuchliche Kältemittel im Krankenhausbereich werden verdächtigt, entscheidend zur Zerstörung der Ozonschicht beizutragen. Wenn auch der Anteil der Kälteindustrie am Gesamtverbrauch dieser Kältemittel gering ist, so müssen wir uns darauf einrichten, daß Beschränkungen bei der Verwendung dieser Kältemittel erfolgen werden. Solche Beschränkungen werden ggf. die Einsatzmöglichkeiten von Turboverdichtern einschränken.

2.3 Direkte oder indirekte Kühlung

Indirekte Kühlung erfordert den Einsatz von Kälteträgern. Für Tieftemperaturanlagen stehen geeignete Kälteträger nicht zur Verfügung, für Klimaanlagen ist Wasser hervorragend geeignet und wird häufig verwendet. Die Energiekosten der Kälteanlage bei Einsatz von Kälteträgern sind normalerweise höher, da die Kälte auf einem niedrigeren Niveau erzeugt werden muß. Die sich daraus ergebende, vom Kältemittelverdichter zu erbringende größere Druckdifferenz führt im Durchschnitt gleichzeitig zu höheren Servicekosten. Allerdings kann der Nachteil höherer Energiekosten teilweise oder völlig ausgeglichen werden durch die Planung von Kältespeichern, so daß Kälte in Zeiten geringer Energiekosten (Nachtstrom) erzeugt werden kann. Solche Kältespeicher können gleichzeitig die Größe der Kältezentrale reduzieren, weil sie nicht entsprechend dem maximalen Kältebedarf dimensioniert werden muß.

Kälteanlagen mit direkter Kühlung und einem verzweigten Kältemittelleitungsnetz erfordern eine genaue Dimensionierung der Rohrleitungen. Hier ist sicherzustellen, daß einerseits ein Minimum an Druckverlusten in den Kältemittelleitungen bei

Vollastbetrieb auftritt, zum anderen muß im Teillastbetrieb die Geschwindigkeit des Kältemittels im Rohr so groß sein, daß eine sichere Ölrückführung gewährleistet ist. Diese Aufgabe kann optimal heute nur mit Hilfe von Rechenprogrammen erfüllt werden.

Der Umweltgesichtspunkt spielt bei dieser Frage heute sicherlich auch eine Rolle. Ein verzweigtes Rohrleitungsnetz erfordert eine wesentlich größere Betriebs-Kältemittelmenge und vergrößert erheblich die Gefahr von Undichtigkeiten gegenüber einem Kompaktaggregat, das komplett in einem Werk zusammengebaut werden kann und darüber hinaus dort geprüft und getestet wird.

2.4 Wärmerückgewinnung

Mir scheint, daß in diesem Bereich häufig die gravierendsten Fehler in Bezug auf Betriebssicherheit, Energie- und Kosteneinsparung gemacht werden. Heizungs- und Kälteanlage werden häufig separat geplant und vergeben, die Kälteanlage oft gezwungen, im Heizungsbau durchaus übliche, aber für eine Kälteanlage schwierige Bedingungen zu erfüllen. Eine Abstimmung zwischen Kälteanlagen- und Heizungsbauer erfolgt frühestens zum Zeitpunkt der Installation oder sogar erst bei der Inbetriebnahme. Die Verantwortlichkeiten bei Störungen werden hin- und hergeschoben. Eine betriebssichere Kälteanlage, denn dort machen sich negative Auswirkungen im Normalfall bemerkbar, ist nicht gegeben.

Darüber hinaus ist zu prüfen, ob Wärmerückgewinnung in Form von Nutzung der Kondensatorwärme überhaupt eingesetzt werden soll. Sicherlich ist die Wahrscheinlichkeit der Wirtschaftlichkeit sehr groß, dennoch sollte von Fall zu Fall ermittelt werden, welche höhere Energiekosten ggf. die Kälteanlage durch Anheben der Kondensationstemperatur aus Wärmerückgewinnungsgründen erfordert.

2.5 Kondensatorsystem

Die Höhe der Kondensationstemperatur bestimmt weitgehend die Energiekosten; gleichzeitig belasten hohe Kondensationstemperaturen wegen der dabei auftretenden höheren Drücke und höheren

Verdichtungsendtemperaturen die Kälteanlagen weit mehr als niedrige. Nun treten in unseren Breiten hohe Umgebungstemperaturen nur einige Stunden im Jahr auf, so daß luftgekühlte Kondensatorsysteme aus diesem Gesichtspunkt nur kurzzeitig Nachteile aufweisen. Besondere Aufmerksamkeit bei luftgekühlten Kondensatoren erfordern allerdings auch Zeiten mit sehr niedrigen Umgebungstemperaturen. Lösungen für einen sicheren Betrieb während dieser Jahreszeit werden häufig durch Flutung der Kondensatoren erreicht, was allerdings umweltpolitisch ungünstig große Kältemittelmengen erfordert.

Bei wassergekühlten Systemen mit Rückkühlwerk ist zur Vermeidung größerer Schäden eine regelmäßige Kontrolle der umlaufenden Wasserqualität erforderlich. Auch die Bildung von Nebel und Rückkondensation in der näheren Umgebung von Rückkühlwerken ist von Nachteil.

Aufgrund der vielfältigen, komplexen Abhängigkeiten lassen sich Lösungen für die verschiedenen Planungsalternativen nur mit Hilfe einer Matrix erarbeiten. Dabei müssen Vor- und Nachteile verschiedener Lösungen kostenmäßig abgeschätzt werden, um für einen bestimmten Bedarfsfall die optimale Anlage zu erhalten.

3. Installation

Die Durchführung der Installation einer Kälteanlage liegt im Normalfall in der alleinigen Verantwortung des Auftragnehmers. Selbstverständlich werden auch hier Fehler gemacht, die zu Schäden in der Kälteversorung führen. Wegen der eindeutigen Verantwortlichkeit möchte ich hier diesen Bereich nicht weiter behandeln.

4. Service

Anders ist die Situation beim Service und bei der Betreuung der Anlagen. Im Normalfall werden die installierten Anlagen vom Betreiber betrieben, d.h. er nimmt sie inbetrieb, er setzt sie außerbetrieb, er bedient die Anlagen durch Einstellung und

Überwachung. Eine wesentliche weitere Aufgabe, die Instandhaltung, nämlich Maßnahmen durchführen, die zur Erhaltung eines sicheren und funktionstüchtigen Betriebes notwendig sind, sollte Fachfirmen übertragen werden.

Die DIN 31051 definiert die erforderlichen Maßnahmen im Rahmen der Instandhaltung. Diese beinhalten:

4.1 Wartung
4.2 Inspektion
4.3 Instandhaltung

Innerhalb der Wartung werden die Einzelmaßnahmen Prüfen, Nachstellen, Auswechseln, Ergänzen, Schmieren, Konservieren und Reinigen, innerhalb der Inspektion Prüfen, Messen und Beurteilen, innerhalb der Instandsetzung die Einzelmaßnahmen Ausbessern und Austauschen durchgeführt.

Schäden in der Kälteversorgung werden programmiert, wenn Maßnahmen der Wartung und Inspektion gar nicht oder von Nichtfachfirmen durchgeführt werden. Alle diese Maßnahmen erfordern den Einsatz von Fachfirmen. Auch der Gesetzgeber fordert, allerdings mehr aus Gründen des Umweltschutzes, im Wasserhaushaltsgesetz, daß Kälteanlagen nur von Fachbetrieben instandgehalten, instandgesetzt und gereinigt werden dürfen. Für den Betreiber von Kälteanlagen bedeutet diese Regelung, daß er entsprechende Arbeiten nur an Betriebe mit Fachbetriebsnachweis vergeben darf oder bei Eigenleistung selbst einen Fachbetriebsnachweis haben muß.

Fachbetriebe haben das Fachpersonal mit den notwendigen Werkzeugen und Geräten, nicht mehr verwendungsfähiges Kältemittel und Kältemaschinenöl zu sammeln und einer geordneten Entsorgung zuzuführen.

5. Zusammenfassung

Zur Vermeidung von Schäden in der Kälteversorgung ist bereits im Planungsstadium ein enger Kontakt mit den kälteanlagenbauenden Firmen empfehlenswert. Im Bereich des Service bieten diese Firmen Instandhaltungsverträge an, die für den technisch einwandfreien und wirtschaftlichen Betrieb von Kälteanlagen die Grundlage bilden.

Dipl.-Ing. Berndt Kriewald
Am Burgfeld 30
5042 Erftstadt

KÄLTEANLAGEN MIT WÄRMERÜCKGEWINNUNG

Joachim Paul, Flensburg

1. EINLEITUNG

Nachdem die Kälteversorgung von Krankenhäusern seit langem mit energiesparenden Maßnahmen betrieben wird - namentlich mit Wärmerückgewinnung - sei im folgenden Beitrag auf die Grundlagen der Wärmerückgewinnung verzichtet. Vielmehr konzentrieren sich die nachfolgenden Betrachtungen auf praxisnahe Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung, neue Verfahren und auf Erfahrungen.

2. DAS "KLASSISCHE" VERFAHREN

Der allgemeine Zusammenhang zwischen Antriebs-, Kälte- und Heizleistung als Funktion der Kaltwasser- und Kühlwasser-Eintrittstemperatur ist in Bild 1 für zwei Kaltwassersätze mit Kolben- und Schraubenmaschine dargestellt. Man kann in Krankenhäusern davon ausgehen, daß der größte Teil der Leistung für Zwecke der Klimatisierung aufgewendet wird, weshalb Bild 1 auf die Kaltwasserversorgung mit Wasser von + 2 °C eingeht.

Ältestes und gebräuchlichstes Verfahren der Wärmerückgewinnung ist der Betrieb einer Kälteanlage mit erhöhter Kondensationstemperatur, wobei im Beispiel eine Warmwassertemperatur von 55 °C als Maximum angenommen ist, praktisch lassen sich Temperaturen bis 120 °C nach dem Stand der Technik erreichen. Beim Betrieb mit erhöhter Kondensationstemperatur muß die Anlage von vornherein größer konzipiert werden, damit die gewünschte Kälteleistung erbracht werden kann. Ebenfalls im Bild eingezeichnet ist im unteren Teil der Verlauf der Leistungszahl für den Kaltwassersatz und den Wärmepumpenbetrieb, wo sehr deutlich wird, daß mit zunehmender Kondensationstemperatur der Kolbenverdichter besser wird, während die Schraube im konventionellen Kältebetrieb Vorteile aufweist.

Die Fortentwicklung des konventionellen Betriebs mit erhöhter Kondensationstemperatur zeigt Bild 2, wo eine Kälteanlage mit zwei Kondensatoren dargestellt ist. Für den Fall, daß ausgesprochen saisonaler Betrieb vorliegt (z.B. Winter- und Sommerbetrieb), ist es dringend ratsam, den Kondensator für Kühlturmbetrieb vom Kondensator für Wärmerückgewinnung zu trennen,

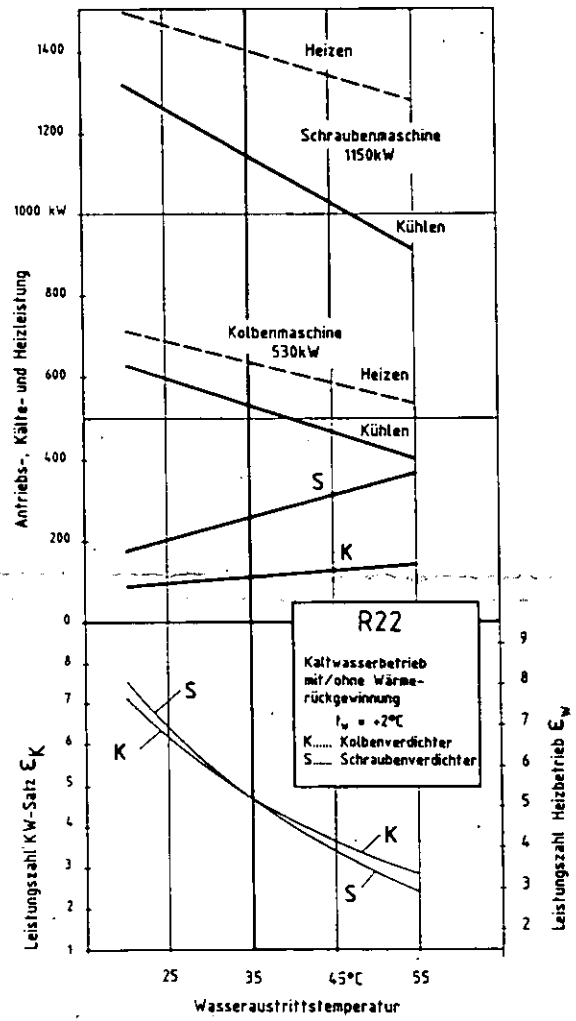


Bild 1: Antriebs-, Kälte- und Heizleistung sowie Leistungszahlverlauf für Kaltwassersätze mit und ohne Wärmerückgewinnung bei veränderlicher Wasseraustrittstemperatur des Kondensators

da eine Kontamination des Wärmeverbraucherkreislaufs im Winterbetrieb unausweichlich wäre. Über entsprechende Umsteuerregelung, kälteseitige Installationen (Sammler, Abpumpschaltungen usw.), läßt sich z.B. ein Kaltwassersatz problemlos und vollautomatisch vom Kühlturmbetrieb auf Heizbetrieb umschalten. Besonders der Sommer/Winter-Betrieb dürfte für diese Schaltung typisch sein, da zu Zeiten des Heizwärmebedarfs in der Regel auch der Kältebedarf kleiner werden kann.

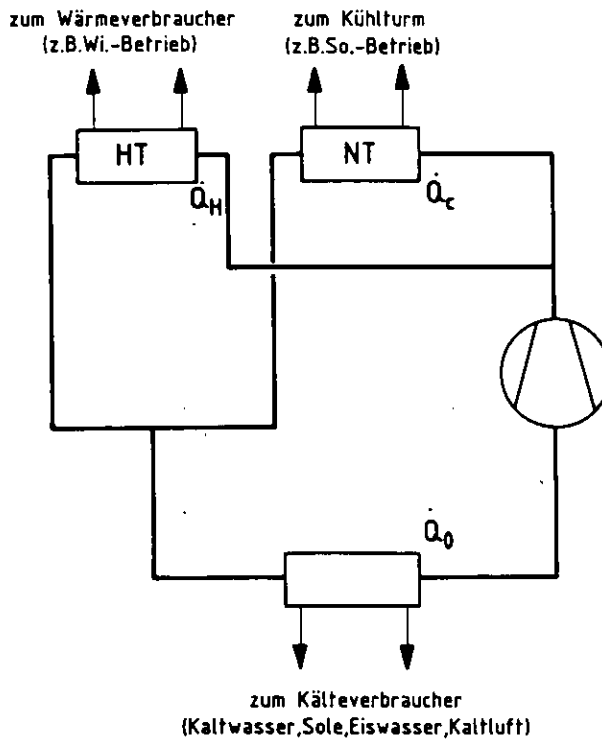


Bild 2: Kälteanlage mit zwei getrennten Kondensatoren für Winter-(Wärmerückgewinnungs-)-Betrieb und Sommer-(Kühlturm-)-Betrieb

3. "DEDIZIERTE" WÄRMERÜCKGEWINNUNGSVERFAHREN

In diesem Abschnitt werden zwei Verfahren vorgestellt, welche die Wärmerückgewinnung etwas "ernster" nehmen und nicht als "sowieso vorhandene Eigenschaft". Es handelt sich hierbei um die direkte und indirekte Kaskadenschaltung und um mechanische Dampfverdichter.

Bild 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau von Kaskadenschaltungen, wo Wärmerückgewinnung nicht über erhöhte Kondensationstemperatur einer Kälteanlage betrieben wird, sondern maschinelle Einrichtungen zum Wärmerückgewinnungsbetrieb vorgesehen sind.

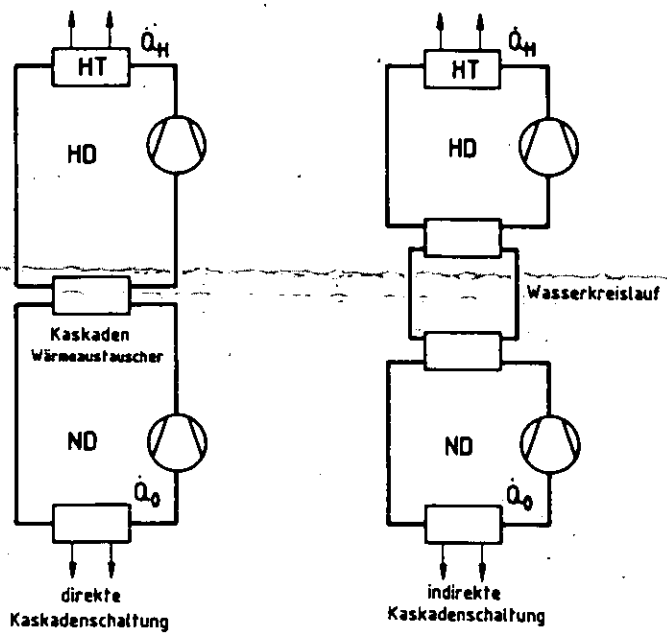


Bild 3: Kaskadenschaltungen von Kälteanlage und Wärmerückgewinnungsanlage

Vergegenwärtigt man sich die funktionalen Zusammenhänge von Kälteleistung und Wasseraustrittstemperatur (Bild 1), so erkennt man, daß die verfügbare Kälteleistung mit sinkender Wasseraustrittstemperatur ansteigt. In vielen Fällen wird es vorkommen, daß in Krankenhäusern installierte Kälteanlagen nicht

mehr genügend Leistung haben und erweitert werden müssen. Dabei stellt sich die Frage, ob man eine weitere Kältemaschine (evtl. mit Wärmerückgewinnung) nachrüstet, oder ob über einen Kaskadenbetrieb eine Erhöhung der Kälteleistung nicht sinnvoller ist. Im Kaskadenbetrieb - sei es direkt oder indirekt - wird durch den aufgeschalteten Hochdruckkreislauf (obere Bildhälfte) die Kondensations- bzw. Wassertemperatur der Kälteanlage abgesenkt, wobei die Kälteleistung des Niederdruck-Kreislaufes - wie in Bild 1 beispielhaft dargestellt - ansteigt. Vorhandene Installationen lassen sich so "boosten". Kaskadenschaltungen bieten den Vorteil, daß der aufgeschaltete Hochdruck-Kreislauf zweckmäßigerweise so ausgelegt wird, daß eine entsprechende Wärmeversorgung bei gewünschtem Temperaturniveau möglich ist. Bei der direkten Kaskadenschaltung muß die bestehende Anlage um einen Kaskaden-Wärmeaustauscher ergänzt werden, der anstelle des vorherigen Kondensators zugeschaltet wird. Bei der indirekten Kaskadenschaltung wird der vorhandene Kondensator weiterbetrieben, ein Wasserkreislauf transportiert Wärme zur Hochdruckstufe, in der praktischen Ausführung sicherlich die "unblutigste" Maßnahme. Es wird sicher Verschmutzung und Alter des Kondensators mit ausschlaggebend sein, für welche Betriebsweise man sich entscheidet.

In beiden Fällen der Kaskadenschaltung lassen sich auf der Hochdruckstufe auch Aggregate mit anderen Kältemitteln als in der Kälteanlage verwenden. Dann spricht man besser von Hochtemperaturstufe. Es sind Installationen getätigt worden, wo Kältemittel wie R 22 oder NH3 in der Kälteanlage eingesetzt worden und auf der Hochtemperaturseite Kältemittel wie R 12 oder R 114 Verwendung gefunden haben. Neben der Erhöhung der Kälteleistung der bestehenden Anlage kann man hier zielgerichtet und mit hohem Freiheitsgrad Wärmerückgewinnung betreiben.

Krankenhäuser, die über eigene Dampfversorgung verfügen, bzw. Dampf benötigen (Wäschereien, Sterilisierung), können auch auf wärmerückgewinnende Maßnahmen mit mechanischen Dampfverdichtern (sogenannte MVR-Anlagen) zurückgreifen. Bild 4 zeigt die indirekte und direkte Betriebsweise von energierückgewinnenden Dampfanlagen. Der bei der Dampfanwendung freiwerdende Abdampf (sogenannter "Brüden") wird von einem Dampfverdichter angesaugt, auf höheren Druck - damit auf höhere Temperatur - gebracht und steht zur indirekten (Wärmeaustauscher) oder direkten (Einspritzung) Wiedererwärmung zur Verfügung. Die in Bild 4 dargestellte Prinzipskizze soll nur dem Verständnis dienen und beinhaltet - wie auch die Bilder vorher - keine Details, sondern soll das Verständnis des Verfahrens fördern.

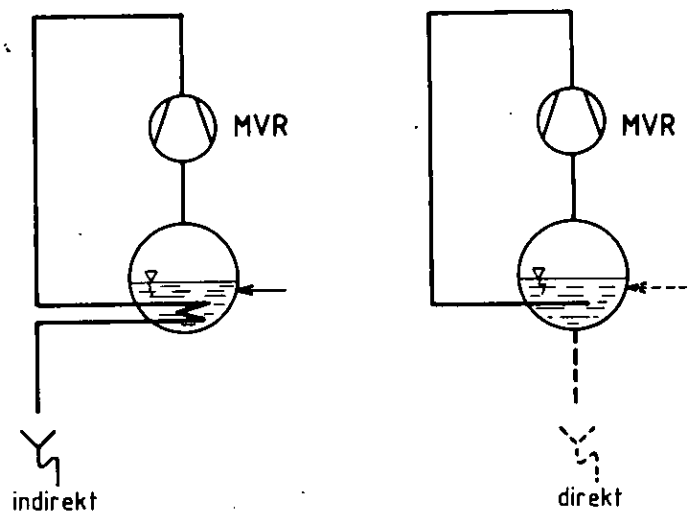


Bild 4: Mechanische Dampfverdichter für die Brüden-Rückverdichtung (MVR...mechanical vapour recompression)

Mechanische Dampfverdichter werden in der Regel ölfrei ausgeführt, weshalb das direkte Verfahren bei hygienisch unkritischen Anwendungen ohne weiteres eingesetzt werden kann. Das indirekte Verfahren, welches auf keinen Fall durch irgendwelche maschinellen Einrichtungen kontaminiert werden könnte, läßt sich auch im Bereich der Sterilisation anwenden. Lediglich bei "dampflosen" Krankenhäusern ist für das Anfahren solcher Prozesse ein Dampferzeuger vorzusehen, ansonsten läuft das Verfahren autark.

4. NEUE VERFAHREN DER WÄRMERÜCKGEWINNUNG

Das zuerst beschriebene Verfahren wird mit dem Namen "Vakuumeis-Anlage" bezeichnet. Bei diesem Verfahren wird die Eigenschaft des Tripelpunktes von Wasser ausgenutzt, d.h. die unmittelbare Nachbarschaft der festen, flüssigen und dampfförmigen Phase (bei reinem Wasser ca. 6 mbar und 0 °C). Bild 5 zeigt diesen Zusammenhang schematisch.

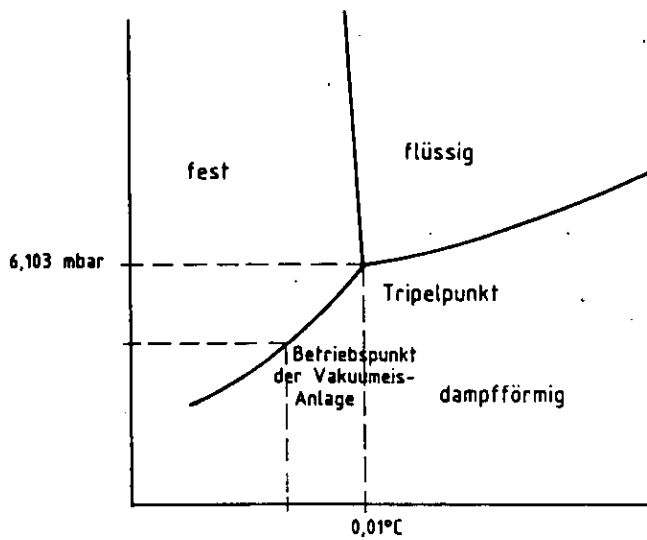


Bild 5: Tripelpunkt des Wassers und Betriebspunkt einer Vakuumeis-Anlage

Es ist möglich, durch Verdampfen von Wasser unmittelbar Eis herzustellen, was in einem Vakuumeis-Erzeuger geschieht (Bild 6). Zu kühlendes Wasser wird in einen Tank eingebracht und versprüht. Durch die Druckabsenkung (vgl. Bild 5) wird ein Teil des Wassers verdampft, die dazu notwendige Verdampfungsenthalpie wird dem anderen Teil des zugeführten Wassers entzogen, wodurch dieses Wasser gefriert. Im Tank wird sich demnach ein Wasser/Eis-Gemisch bilden, welches abgeführt wird und einem Kälteverbraucher (Kaltwasserverbraucher) zugeführt werden kann. Der vom Dampfverdichter abgesaugte Wasserdampf wird verdichtet und anschließend in einem Dampfkondensator durch eine konventionelle Kälteanlage gekühlt.

Warum dieses scheinbar aufwendige Verfahren? Eine Vakuumeisanlage ist ein Wasserkühler, wodurch die gleichzeitige Präsenz von Wasser und Eis sicherstellt, daß Wasser bei Schmelztemperatur des Eises (ca. 0 °C) permanent vorhanden ist, sofern sich noch ein Eiskristall im Wasser befindet. Der erste Vorteil ist demnach, daß - selbst bei größeren Rohrstrecken bzw. Isolationsverlusten - stets Wasser bei 0 °C vorliegt, wodurch die Wärmeaustauscherflächen an Luftkühlern, Wasserkühlern, o.ä. sehr genau - und vor allem klein - dimensioniert werden

können. Als zweiter Vorteil des Verfahrens zeichnet sich ab, daß durch den kurzzeitigen Betrieb bei Vakuum das zugeführte Wasser weitgehend oder vollständig von Organismen gereinigt wird, was besonders im Krankenhausbetrieb von Interesse sein könnte. Dazu laufen derzeit Versuche an, welche diese Eigenschaften quantifizieren sollen. Der dritte Vorteil ist, daß das Wasser/Eis-Gemisch auf Konzentrationen bis zu 60/70% Eisgehalt eingedickt werden kann, wobei dieser Eisbrei immer noch pumpfähig bleibt und in konventionellen Apparaten und Rohrstrecken förderbar bleibt. Dadurch lassen sich bei gegebenem Rohrquerschnitt sehr hohe Leistungen transportieren bzw. bei gegebener Leistung die Rohrdimensionen drastisch verringern. Zuletzt sei nicht unerwähnt, daß mit diesem Verfahren billiger Nachtstrom genutzt werden kann, da mit dem Eis/Wasser-Gemisch eine thermische Energiespeicherung durchgeführt werden kann, die für den Spitzenlastbetrieb herangezogen wird.

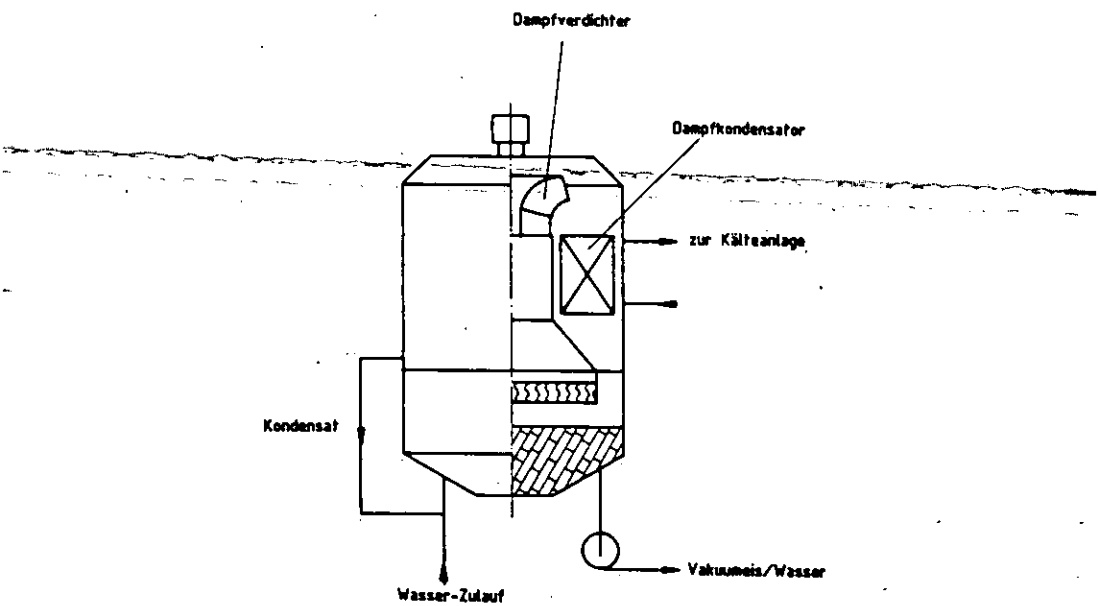


Bild 6: Schematischer Aufbau des Vakuumeis-Tankes mit Sumpf, Demister, Verdichter und Kondensator - Betriebspunkt des Tanks beim Tripelpunkt des Wassers

Auf der Druckseite des Dampfverdichters wird bei einer Verdampfungstemperatur an den Schmelzpunkt des Eises dieser Wasserdampf kondensiert. Hierbei handelt es sich um destilliertes Wasser, welches sozusagen "kostenlos" anfällt. Über eine konventionelle Kälteanlage kann über klassische oder dedizierte Verfahren der Wärmerückgewinnung die Energie bei der Eis/Wasser-Herstellung als Nutzenergie verfügbar gemacht werden.

Den Gesamtaufbau einer Vakuumeisanlage zeigt Bild 7, man erkennt den Vakuumeis-Erzeuger. Dessen Aufbau ist sehr einfach. In der rechten Bildhälfte ist die Kälteanlage dargestellt, die konventionell mit den üblichen Komponenten der Kältetechnik ausgestattet wird.

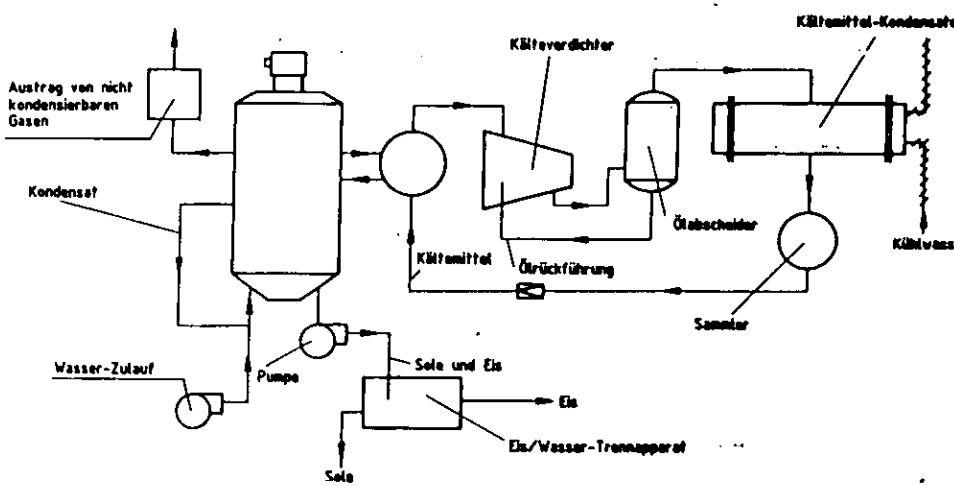
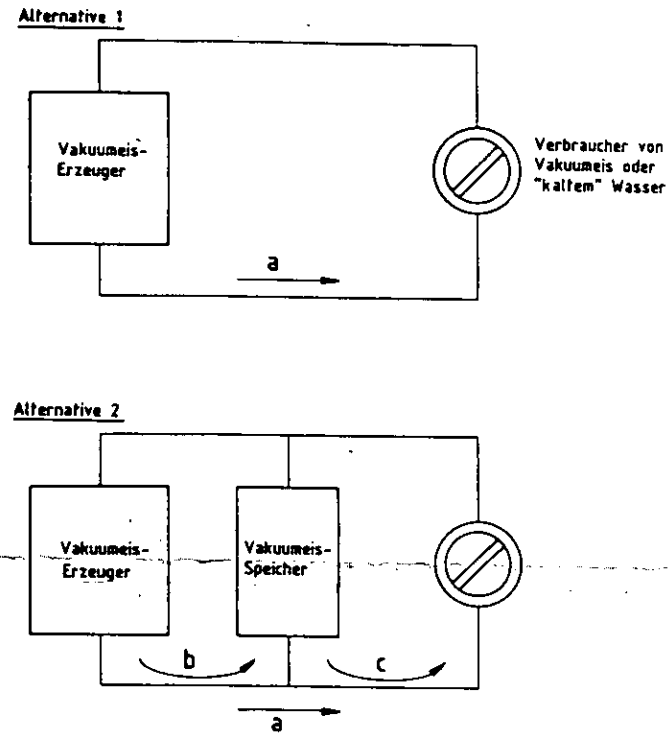


Bild 7: Aufbau einer Vakuumeis-Anlage mit Eistank, Kälteanlage und Eis/Wasser-Nachbehandlung



a ... Direktbetrieb

b ... Laden des Vakuumeis-Speichers

c ... Entladen des Vakuumeis-Speichers

... a und b (oder a und c)
können auch parallel betrieben werden

Bild 8: Betriebsweisen für Vakuumeis-Anlagen mit und ohne Speicher

Bild 8 zeigt als Alternative 1 und 2 den Betrieb einer Vakuumeisanlage im direkten Betrieb (Alternative 1) und Lade-, Entlade- und Speicherbetrieb, wie dies beispielsweise bei thermischer Speicherung notwendig ist. Man wird in Krankenhäusern sicherlich die Alternative 2 bevorzugen, gibt es doch starke Schwankungen des Energiebedarfs über den Tag und über die Jahreszeit.

Die erste, größere Anlage dieser Art wurde im letzten Jahr gebaut. Sie ist als Wärmepumpe mit Gasmotorantrieb ausgeführt. Die Leistung des Vakuumeis-Erzeugers liegt bei 175 to Eis pro Tag, die Kälteleistung liegt bei 1 MW und die Gesamtheizleistung bei 2,7 MW. Bild 9 zeigt ein Schema dieser Anlage, selbstverständlich wird die Abwärme des Gasmotors mit im Heizkreislauf genutzt.

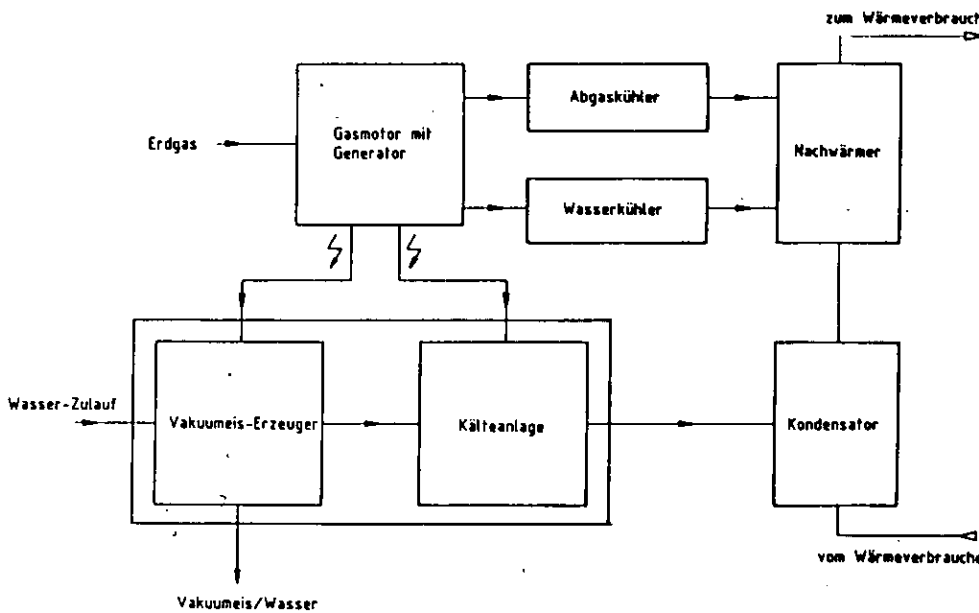


Bild 9: Schaltung der ersten Vakuumeis-Wärmepumpe mit 2,7 MW Gesamtheizleistung - Antrieb durch Gasmotor

Beim Betrieb von Kälte- und Klimaanlagen mit Verbrennungsmotoren läßt sich zur Energierückgewinnung auch der ORC-Prozeß einsetzen, d.h. die anfallende Abwärme des Motors läßt sich in mechanische oder elektrische Energie umwandeln, sofern die Abwärme nicht benötigt wird oder genutzt werden kann (ausgeglichene Wärmebilanz des Krankenhauses). Das ORC-Verfahren ist ein Kraftwerksprozeß im kleineren Maßstab, welcher bei geringerer Leistung als die üblichen Kraftwerke und niedrigerer Temperatur diese Energieumwandlung ermöglicht. Besonders Motoren mit Heißkühlung (verdampfendes Kühl"wasser") lassen sich so auf höhere Wellen- oder Generatorleistung bringen. Der Wirkungsgrad eines Gasmotors von beispielsweise 30% in der Normalausführung läßt sich durch ORC-Anlagen auf 38% steigern, d.h. um 27%! Bild 10 zeigt das Schema einer ORC-Anlage. Die Leistung solcher Systeme ist nach unten beschränkt und lohnt sich bei Verbrennungsmotoren mit Wellen-Nennleistungen (ohne ORC-Energierückgewinnung) erst ab ca. 100 kW aufwärts.

5. AUSFÜHRUNG UND BETRIEB VON ENERGIERÜCKGEWINNENDEN KÄLTEANLAGEN IN KRANKENHÄUSERN

Krankenhausbetrieb von technischen Einrichtungen unterscheidet sich von anderen Anwendungen durch die Forderung nach niedrigem Geräuschpegel, hoher Verfügbarkeit, einfachem Betrieb, einfacher Wartung und Ungefährlichkeit in jeder Hinsicht. Tafel 1 stellt die üblichen Verdichterbauarten, Kolben-, Schrauben- und Turboverdichter, hinsichtlich relevanter Eigenschaften gegenüber. Hinsichtlich des verwendeten Kältemittels ist festzustellen, daß die fluorierten Kohlenwasserstoffe (FKW-Kältemittel) derzeit heftig in der Diskussion sind, sich aber als Alternative derzeit in der praktischen Anwendung nur FKW-Kältemittel oder Ammoniak anbieten. Ammoniak ist kältetechnisch sicherlich das interessanteste und beste aller Kältemittel, für dichtbebaute Krankenhausanlagen oder Maschinenräume im Inneren von Gebäudenkomplexen, wird man besonders im Krankenhaus Ammoniak nicht gerade vorziehen. Es wäre demnach sinnvoll, vor allem bei Neubauten den Maschinenraum so entfernt wie möglich einzuplanen, damit das umweltfreundliche und effiziente Ammoniak eingesetzt werden kann. Selbstverständlich ist es weiterhin möglich, FKW-Kältemittel einzusetzen, wobei unser heutiges Umweltbewußtsein es notwendig macht, die Anlage hinsichtlich ihrer Dichtheit zu planen, auszuführen und sehr genau zu beobachten, um Kältemittelverluste an die Umgebung zu vermeiden. Recyclingmaßnahmen der einschlägigen Industrie erlauben es heute, FKW-Kältemittel einem Wiederaufbereitungsprozeß zuzuführen, so daß die Umweltverträglichkeit gewährleistet ist.

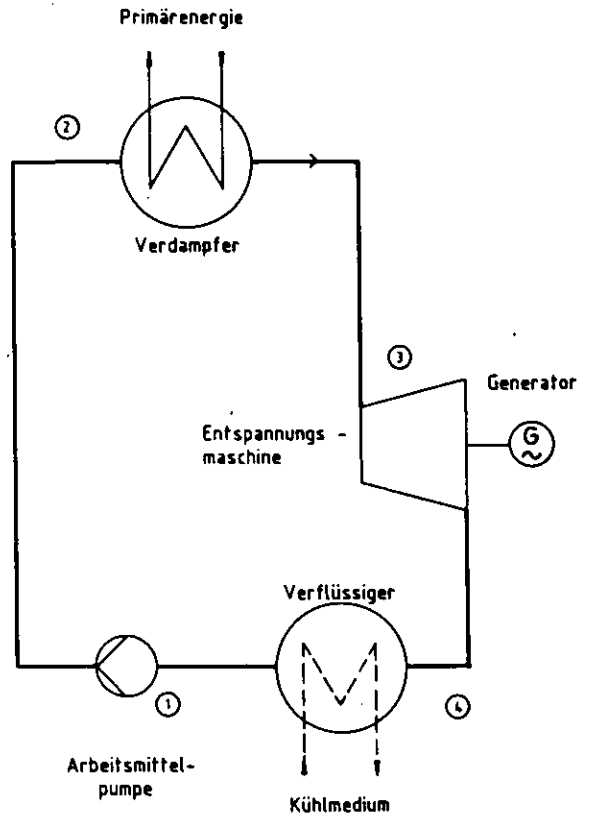


Bild 10: Schematischer Aufbau einer ORC-Anlage

Was die Ausführung der Kälteanlage betrifft, ist mit der Erfahrung vieler Installationen festzustellen, daß "einfache" Anlagen immer noch langfristig die besten und billigsten sind. Der besondere Ehrgeiz, technisch aufwendige und komplizierte Anlagen für die Krankenhaus-Praxis zu entwerfen, ist sicherlich nicht vom gewünschten Erfolg gekrönt gewesen. "Simple is beautiful" könnte die Devise lauten, welche autonome, vor allem kältemittelseitig entkoppelte und einfach zu regelnde Anlagen umschreibt.

Verdichterart	Kolben	Schraube	Turbo
typischer Kälteleistungsbereich pro Maschine	< 1.000 kW	300 bis 5.000 kW	2.000 bis 10.000 kW
übliche Betriebsweise der Kälteanlage	alle Betriebsarten (Einspritzverdampfer, überfluteter Verdampfer, Pumpenbetrieb)		überfluteter Verdampfer
Anpassungsfähigkeit an veränderliche Betriebsbedingungen (z.B. Winter/Sommerbetrieb)!	uneingeschränkt	bei konstantem vi: - leicht eingeschränkt bei regelbarem vi: - uneingeschränkt	stark eingeschränkt
Leistungsregelung	in kleinen Stufen	stufenlos	stufenlos
Geräuschverhalten	leise	laut	sehr laut
Servicehäufigkeit	jährlich	ca. 20.000 h	> 30.000 h
Serviceaufwand	gering (vor Ort)	mittel bis hoch (Werksüberholung)	hoch
Eignung im WWÜ-Betrieb	hervorragend	gut bis sehr gut	gut

! im Rahmen der zulässigen Einsatzgrenzen

Tafel 1: Eigenschaften von Kolben-, Schrauben- und Turboverdichtern für den Betrieb in Krankenhäusern

Man tut dem Krankenhaus-Betreiber keinen Gefallen, scheinbar effiziente und in der Praxis kaum beherrschbare Anlagen mit hohem Regelungs- und Wartungsaufwand anzuempfehlen. Der eigentliche Zweck des Krankenhauses ist der Betrieb als Krankenhaus und nicht der Betrieb von Kälteanlagen.

Einfache, autonome Einheiten lassen sich auch sehr einfach regeln, sei es konventionell über Schaltschränke, dezentral über Microprozessoren oder über zentrale Leitwerke. Da die zur Anwendung kommenden Komponenten und Verfahren hinsichtlich ihrer Regelbarkeit kaum Wünsche offenlassen, läßt sich einfach und energiesparend eine Regelung und Energierückgewinnung durchführen.

Derart gestaltete Anlagen erfordern nicht den Spezialisten und dessen permanente Präsenz bei der Anlage, sie machen durch störungsarme Betriebsweise und einfache Handhabung den Betrieb, den Service und die Wartung einfach und kostengünstig.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Energierückgewinnung in Kälteanlagen für Krankenhäuser läßt sich auf vielfache Weise durchführen. Neben den klassischen Verfahren des Betriebs mit erhöhter Kondensationstemperatur, der Kaskadenschaltung und dem Betrieb mit zwei Kondensatoren, lassen sich auch mechanische Dampfverdichter und Vakuumeisanlagen vorteilhaft einsetzen. Die erreichbaren Temperaturniveaus für die Wärmerückgewinnung liegen typischerweise in Stufen (kältemittelabhängig) bei ca. 55 °C, 80 °C, 120 °C und 170 °C, wobei alle Verfahren einfach und betriebssicher ausgeführt werden können und sollen! Für den Fall einer ausgeglichenen Wärmebilanz läßt sich für hochtemperierte Abwärme ein energierückgewinnender ORC-Prozeß einsetzen, welcher diese Abwärme in elektrische oder mechanische Energie umwandelt.

Joachim Paul
Sabroe Kältetechnik GmbH, 2390 Flensburg

Über Betriebserfahrungen im Allgemeinen Krankenhaus Hamburg - Altona (AKA) nach Umstellung auf Gasmotor-betriebenen Kälte - Wärme - Strom - Verbund

Hans Vogel, Hamburg

1. Entstehung und Planungsgrundlage des AK Altona

Autofahrer, die von Norden kommen, können bevor sie in den Elbtunnel einfahren zur Linken den Hochbau des Allgemeinen Krankenhauses Altona sehen. Nach einem Architektenwettbewerb mit 53 Teilnehmern im Jahre 1959 wurde das Büro Kallmorgen ausgewählt. Von der Grundsteinlegung im Jahre 1961 bedurfte es bis zur Übergabe an den Bedarfsträger, die Gesundheitsbehörde Hamburg, noch einer Bauzeit von 10 Jahren.

Das Hauptgebäude besteht aus dem Bettenhochhaus mit 21 Geschossen und 107 000 m^3 umbauter Raum für 1072 Betten und dem Funktionsgebäude (135000 m^3 umbauter Raum). Ferner sind auf dem Grundstück (14o 000 m^2) zwei 10 - geschossige Schwesternhäuser, eine Schwesternschule mit Schülerinnenwohnheim, Wohnbauten für Mitarbeiter und Assistenten, ein Parkhochhaus, das Wirtschaftsgebäude, das Werkstattgebäude und die Heizzentrale errichtet worden. Ein Kühlsee rundet das äußere Erscheinungsbild ab.

Die Gesamtbaukosten betrugen zu damaliger Zeit 150 Mio DM. Davon entfielen auf die Einrichtungsgegenstände mit der Erstausstattung an Betten und medizinischem Gerät 18 Mio DM und auf die Baunebenkosten 12 Mio DM.

2. Das Versorgungskonzept bei Erstellung

Das Hochhaus hat durch eine Ost - West - Lage nach Süden ausgerichtete Bettenzimmer, die wie große Teile des Funktionsgebäudes mit raumlufttechnisch behandelter Frischluft versorgt werden. Die Heizenergie wurde in drei Heißwasserkesseln von je 8,37 MW mit 180° C erzeugt. Für die Kühlung (6/12° C) sind zwei Absorptionskältemaschinen von je 2,088 MW aufgestellt worden, für deren Abwärme der Kühlteich mit einem ausfahrbaren Düsensystem zur Verfügung steht.

Das Heißwasser und das Kühlmedium werden zu Unterzentralen in den Versorgungsschwerpunkten geführt. Dort wurde Betriebsdampf 3,5 und 0,5 bar oder die Heizwärme (90 / 70° C) mit Wärmetauschern gebildet. Die Klimazentralen für das Hochhaus befinden sich im 3. und 19. Obergeschoß. Über ein Vier - Rohr - System werden die Induktionsgeräte unter den Fenstern der Bettenzimmer versorgt. Über einen Wärmetauscher in Plattenform wird die Raumluft der Primärluft aus dem Verteilsystem zugemischt und bei Bedarf gekühlt oder gewärmt. Jedes Gerät ist über Sollwerteinsteller, Raumfühler und Ventile individuell einstellbar.

Die Hamburgischen Electricitäts - Werke (H E W) liefern den Strom. Für die Allgemeine Ersatzstromversorgung (A E V) wurden zwei Dieselaggregate von je 400 kVA / 380 V aufgestellt. Eine zentrale Überwachungsstelle (ZÜST) mit den platzbeanspruchenden Bauelementen der damaligen Zeit gibt eine Betriebsübersicht.

3. Zielsetzungen des neuen Planungskonzeptes

Folgende Ziele werden angestrebt:

3.1. Energieeinsparung

3.1.1. Vermindern des Primärenergiebedarfes für den Kesselbetrieb.
3.1.2. Herabsetzen des spezifischen Wärmebedarfes für die Kühlung. Der Wärmebedarf lag im Sommer bei 28° C mit 14,5, MW höher als im Winter bei -12° C mit 11 MW.
3.1.3. Herabsetzen der Verteilungsverluste im Gebäude und Gelände.
3.1.4. Nutzung der Sonneneinstrahlung auf der Südseite des Bettenhochhauses.
3.1.5. Nutzung der Fortluftwärme aus den RLT - Anlagen.
3.1.6. Vermindern des Elektroenergiebedarfes für den Antrieb von Pumpen.
3.1.7. Herabsetzen des Energiebedarfes für die Stromerzeugung durch Abwärmenutzung.
3.1.8. Optimieren des Anlagenbetriebes für einen niedrigen Energiebedarf.

3.2. Kosteneinsparung

3.2.1. Vermindern der Primärenergiekosten im Verbund von Wärme, Kühlung und Strom als Grundlage der Wirtschaftlichkeit.
3.2.2. Minimieren der Personal- und Wartungsmehrkosten für die neuen Anlagentechniken und Einsparen von Personalkosten durch die neuen Baumaßnahmen.
3.2.3. Einsparen von Investitionskosten für Leistungsverbesserungen in den Anlagenbereichen durch Einbinden in das Gesamtkonzept.

3.3. Anlagenverbesserung

3.3.1. Erhöhen der Kälteleistung und Erneuern der Maschinentechnik.
3.3.2. Ertüchtigen der elektrischen Schaltanlagen.
3.3.3. Erhöhen der elektrischen Leistung im Ersatzstromfall.
3.3.4. Umstellen der vorhandenen zentralen Überwachungsstation auf ein rechnergeführtes Leitsystem in DDC - Technik.

3.3.5. Vermindern der Schadstoffemissionen.

3.3.6. Vermindern der Lärmemissionen bei Ersatzstrombetrieb.

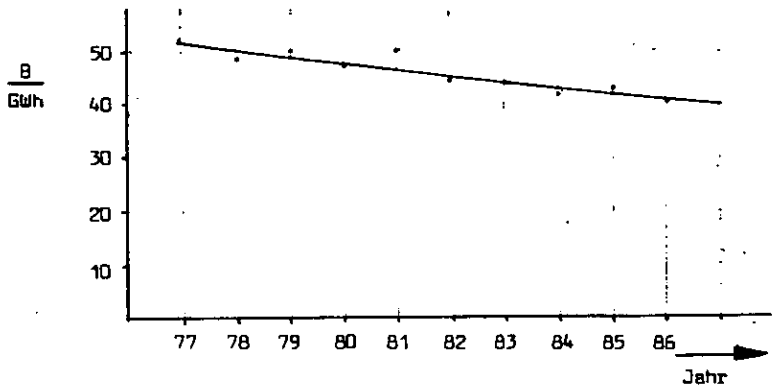


Diagramm 1 : Jahresbrennstoffverbrauch B im AK Altona

4. Baumaßnahmen

4.1. Heizzentrale

Bereits zur Heizperiode 1985 /1986 wurden zwei der vorhandenen drei Heißwasserkessel von 180° C auf Hochdruck 12 bar und 145° C umgestellt. Die Temperatur ist durch die Absorptionskältemaschinen festgelegt. Der dritte Kessel wurde von 180° C gleichfalls auf 145° C, jedoch Heißwasser, umgerüstet. Als weitere Verbesserungsmaßnahmen wurden ausgeführt:

4.1.1. Warmhaltung des jeweils nicht betriebenen Dampfkessels über Rohrschlangen, die vom Absalzwasser des anderen Kessels gespeist werden. Eine Isolierung von 240 mm Dicke sorgt für geringere Verluste. Der Reservekessel wird so auf ca. 3 bar startbereit gehalten.

4.1.2. Thermische Entgasung des Kondensates und Vorwärmung des Speisewassers von 102 auf 140° C aus den Rauchgasen bei Gasbetrieb mit Taupunktüberwachung am Schornsteinkopf.

4.1.3. Vorwärmung der Verbrennungsluft auf 35° C aus dem Rücklauf des Niedertemperatur - Heizkreise (NT) und lastabhängige Regelung des Volumenstromes der Verbrennungsluft. Damit wird der Wirkungsgrad der Kesselfeuerung verbessert und elektrische Energie bei der Förderung der Verbrennungsluft eingespart.

4.1.4. Einbau eines Dampf - Wärmetauschers (3,5 bar) zur Erzeugung von Heizwasser 145° C, um die Versorgungssicherheit zu erreichen, da nur ein Heißwasserkessel installiert ist.

4.1.5. Jeweils eine der Umwälzpumpen für Kaltwasser (68 kW) und für Heizwasser (22 kW) wurde zur Einsparung von elektrischer Energie auf HD - Turbinenantrieb (12 / 3,5 bar) umgerüstet.

4.2. Verteilernetze

Abgestimmt auf die Änderungen in der Heizzentrale wurden insbesondere die Verteilernetze zu den Unterzentralen während des laufenden Krankenhausbetriebes umgestellt. Wurden vorher der jeweilige Betriebsdampf und die Heizwärme dezentral in den Unterstationen erzeugt oder umgewandelt, wurde auch im Hinblick auf einen Wärmepumpenbetrieb auf direkten Anschluß an die Heizzentrale übergegangen. Das Primärnetz mit konstanten 170° C wurde aufgegeben.

4.2.1. Das neue Hochtemperaturnetz (HT) wird abhängig von der Außentemperatur nur noch bis zu 130° C gleitend gefahren. Es kann die Abwärme aus dem Kühlwasser (Heißkühlung 110° C) von Gasmotoren (496 kW) und deren Abgase (265 kW) aufnehmen. Das Netz versorgt das Niedertemperaturnetz.

4.2.2. Das Niedertemperaturnetz (NT) mit 65 / 50° C ist auch für die Abwärmeaufnahme von Motorölkühlung (69 kW), Getriebeölkühlung (bis zu 13 kW) und der Ölkühlung von Schraubenverdichtern (132 kW) geeignet. Die Angaben beziehen sich jeweils auf ein Aggregat. Es mußten neue Leitungen von den Unterzentralen zur Heizzentrale verlegt werden.

4.2.3. Das Dampfnetz (3,5 bar) zur Versorgung der dezentralen Dampfverbraucher (Küche, Sterilisation, Dampfbefeuchtung) bedingte neue Rohrleitungen für Dampf und Kondensat zwischen der Heizzentrale und den Unterstationen.

4.2.4. Das Kaltwassernetz (6 /12° C) stellt die Kühlung für die Raumluft bereit, entzieht der Fortluft Abwärme und kann im Rücklauf (12° C) als Wärmequelle für Wärmepumpenbetrieb dienen, d.h. es wird Kälte erzeugt.

4.2.5. Der Kühlwasser - Kreislauf (25 / 30° C) ist vorrangig zum Betrieb der Absorptionskältemaschinen erforderlich, dient jedoch auch zum Abführen von Überschußwärme aus dem Niedertemperaturnetz und zur eventuell erforderlichen Zusatzkühlung bei Wärmepumpenbetrieb. Die Kühlleistung des Teiches kann über

das Versprühen von Kühlwasser erhöht werden.

4.2.6. Das Stromversorgungsnetz wird im Ersatzstromfall in zwei Inseln aufgeteilt. Eine der Inseln wird zur Zeit aus der 380 V - Schiene versorgt, während in die andere Insel direkt aus Mittelspannungsgeneratoren eingespeist wird.

4.3. Tandem - Heiz - Kraft - Werk (THKW)

Sowohl die anfänglich erstellte Ersatzstromanlage kann nur etwa die Hälfte der elektrischen Leistung zur Verfügung stellen als auch die Kälteleistung der Absorptionskältemaschinen (AKM) erforderte allein im Hinblick auf deren Lebensdauer eine Reserveleistung für eine Maschine von etwa 2088 kW. Da für Generatoren und Kältemittelverdichter unterschiedliche Drehzahlen optimal sind, führte die Lösung der Aufgabenstellung zu einem Getriebe mit zwei Ausgangswellen. Der Schraubenverdichter, Kältemittel R 12, kann über eine Schaltkupplung zu- oder abgeschaltet werden, während der Generator permanent angetrieben wird. Als Antriebsaggregat wurde ein Waukesha - Gasmotor ohne Aufladung mit einer mechanischen Wellenleistung von 460 kW gewählt. Da zwei Einheiten einer solchen Tandem - Anlage (THKW) aufgestellt wurde, stehen maximal etwa 1100 kVA oder 2500 kW Kälteleistung zusätzlich zur Verfügung. Die Anlage konnte weitgehend in dem nicht mehr benötigten unterirdischen Raum einer stillgelegten Müllverbrennungsanlage untergebracht und im Mai 1986 in Betrieb genommen werden.

4.4. Leittechnik und Prozeßführung

Die Kesselleitwarte und die vorhandene zentrale Überwachungsstation (ZÜST) für die technischen Anlagen des Krankenhauses werden in "direct - digital - control" - Technik (DDC) zusammengefaßt. Die Prozeßführung der gesamten Anlagentechnik wird gleichfalls in DDC - Technik ausgeführt. Die Programme sollen über die Bediengeräte gezielte Informationen speichern und ausdrucken und den optimalen Einsatz der Energieträger ermöglichen.

5. Technische Erfahrungen

5.1. Meßeinrichtungen

Neben der ausreichenden Bestückung mit Meßgeräten, hier besteht noch ein Nachholbedarf für die Messung der elektrischen Arbeit einzelner Verbraucher, ist die Genauigkeit der Meßgeräte mehr zu beachten. Mögliche Fehler multiplizieren sich in der Hintereinanderschaltung. Die Toleranzen führen zu Ungereimtheiten

in den Energiebilanzen.

5.2. Brennstoffverbrauch

Eine Verminderung des spezifischen Verbrauches war mit der Änderung des Übersetzungsverhältnisses des Getriebes verbunden. Um den Motor nicht zu überlasten konnten die Schraubenverdichter zuvor nur in einer Regelstellung betrieben werden.

5.3. Ersatzstrombetrieb

Bei Übergang von Wärmepumpenbetrieb auf Ersatzstrombetrieb und bei Hochlauf des Aggregates ist eine vermehrte Zahl von Meß- und Schalthandlungen zu durchlaufen. Bei Erprobungen in der Anfangsphase werden verborgene Fehler der verschiedensten Ursachen aufgedeckt. Es bedarf zusätzlicher Überwachungs- und Automationshilfen, die bei Inbetriebnahme noch nicht zur Verfügung gestellt werden konnten.

5.4. Absorptionskältemaschinen

Das unterstellte selbsttätige Ausregeln in Abhängigkeit von der Last bei Übernahme der Grundlast durch die Wärmepumpenanlage erfolgte nicht. Bei Rückgang des Bedarfes behielt die Absorptionskältemaschine die eingestellte Last und die Wärmepumpenanlage regelte aus. Maßnahmen zu einer entsprechenden Betriebsführung der Absorptionskältemaschinen sind geplant.

5.5. Rücklauftemperatur des Heizkreislaufes 50 / 65° C

Bei niedrigen Außentemperaturen (ca. -7° C) stieg der Sammelrücklauf über die Betriebstemperatur 50° C auf über 53° C an. Dies führte zur Abschaltung der Wärmepumpenanlage. Zusätzliche Wärmetauscher zur besseren Auskühlung des Rücklaufwassers in den Versorgungsschwerpunkten sind geplant.

6. Betriebliche Erfahrungen

6.1. Gesamtabluftmenge

Durch betriebliche Sparmaßnahmen an den RLT - Anlagen wurde auch die nutzbare Abwärme vermindert. Dies läßt vorerst nur den Betrieb eines Aggregates als Wärmepumpe zu.

6.2. Ganzjähriger Kaltwasserbetrieb

Wurden die Absorptionskältemaschinen früher nur von Mai bis Oktober betrieben, kann jetzt durch die Wärmepumpenanlage Kälte für die RLT - Anlage ganzjährig genutzt werden. Diese Komfortverbesserung hat die Klagen über die RLT - Anlagen beendet.

6.3. Betrieb des T H K W

Stromnetzbetrieb und Wärmepumpenbetrieb mit einem Aggregat ist nicht sinnvoll. Der Schraubenverdichter zieht unbelastet bei Schieberregelung schon 60% der Nennleistung.

Mit dem Betrieb einer Anlage als Wärmepumpe und der anderen Anlage als Stromerzeuger konnte der Heizwärmebedarf ohne zusätzliche Kesselleistung bis zu einer Außentemperatur von $+5^{\circ}$ C erfüllt werden.

6.4. Stromnetz - Parallelbetrieb und Ersatzstrombetrieb

Zusätzliche Auflagen des Energieversorgungsunternehmens bei Netzparallelbetrieb und die besonderen Betriebsbedingungen einer Tandem - Heiz - Kraft - Anlage führen gegenüber einer konventionellen Ersatzstromanlage zu einem komplizierterem Erscheinungsbild. Die praktischen Betriebserfahrungen mit einem täglich sich erprobenden Aggregat müssen erst das notwendige Vertrauen herbeiführen. Es bedarf sicher auch einer veränderten Risikoabschätzung für den Ersatzstromfall.

7. Energiewirtschaftliche Betriebsergebnisse

Die einzelnen energietechnischen Ziele werden von anderen Einflüssen überlagert und lassen sich nur schwer im Gesamtergebnis nachweisen. Es werden daher in den nachfolgenden Diagrammen die Langzeiteffekte durch Jahreswerte und die vorwiegend klimatisch beeinflußten Ergebnisse durch Monatswerte aufgezeigt. Dabei wird auch deutlich wie schwierig die verschiedensten Erwartungen durch die praktischen Ergebnisse auf der Kostenseite zu belegen sind.

7.1. Jahresbrennstoffverbräuche

Als Primärenergie werden Erdgas und Öl eingesetzt. Der Verbrauch wurde, auch zur Vergleichbarkeit gegenüber der elektrischen Energie, auf den unteren Heizwert H_u umgerechnet, da der Gaslieferant über den oberen Heizwert abrechnet.

Wird der klimatische Jahresverlauf mit Hilfe der Gradtage berücksichtigt, ergibt sich gegenüber der rechnerischen Kurve für 1985 ein Mehrverbrauch von 200 MWh und für 1986 ein Minderverbrauch von 380 MWh. Dies liegt im Trend.

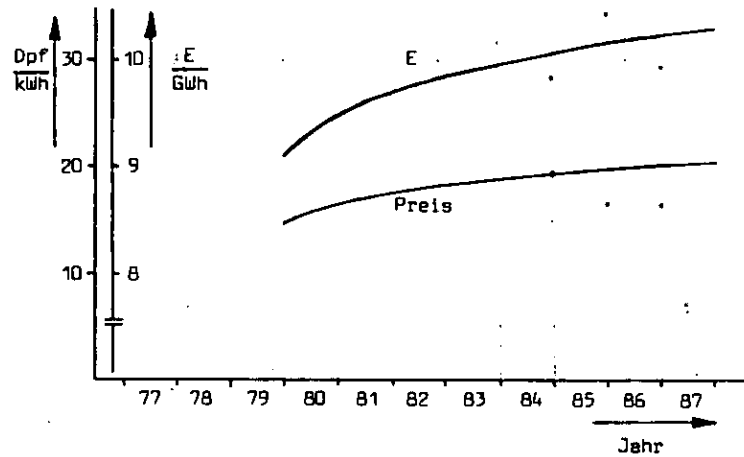


Diagramm 2 : Elektrische Jahresarbeit E und Strompreis im AK Altona

7.2. Elektrische Jahresarbeit

Die Jahreswerte der elektrischen Arbeit E wurden ebenfalls auf eine nichtlineare Ausgleichskurve zurückgerechnet (Diagramm 2). Einem erhöhten Istwert für den Abrechnungszeitraum 1985 / 86 steht ein niedrigerer Wert für 1986 / 87 gegenüber. Auffällig ist der für beide Zeiträume niedrige durchschnittliche Strompreis mit 16,44 und 16,26 Dpf / kWh. Die rechnerische Ersparnis gegenüber dem Langzeittrend beträgt für 1986 /87 etwa DM 400.000,--. Hier dürften sich betriebliche Einspareffekte überlagern.

7.3. Monatliche elektrische Leistung

Der Stromtarif greift bei den Monatswerten der Leistung. Es wird der Durchschnitt der höchsten Leistungswerte in der Starklastzeit gebildet. Im Diagramm 3 sind die Werte für die Starklastzeit und die Schwachlastzeit aufgetragen. Mit der Stromerzeugung wurde im Winter 1986 begonnen. Die Leistungsmaxima der Starklastzeit fallen bereits unter den 0,8-fachen Wert der Schwachlastzeit. Damit werden letztere beim Leistungspreis berücksichtigt. Der Abrechnungswert ist zwar um ca. 100 MW gefallen und hat sich von den Sommermonaten auch in die Wintermonate verschoben. Es ist für den Betrieb eine reizvolle Aufgabe durch

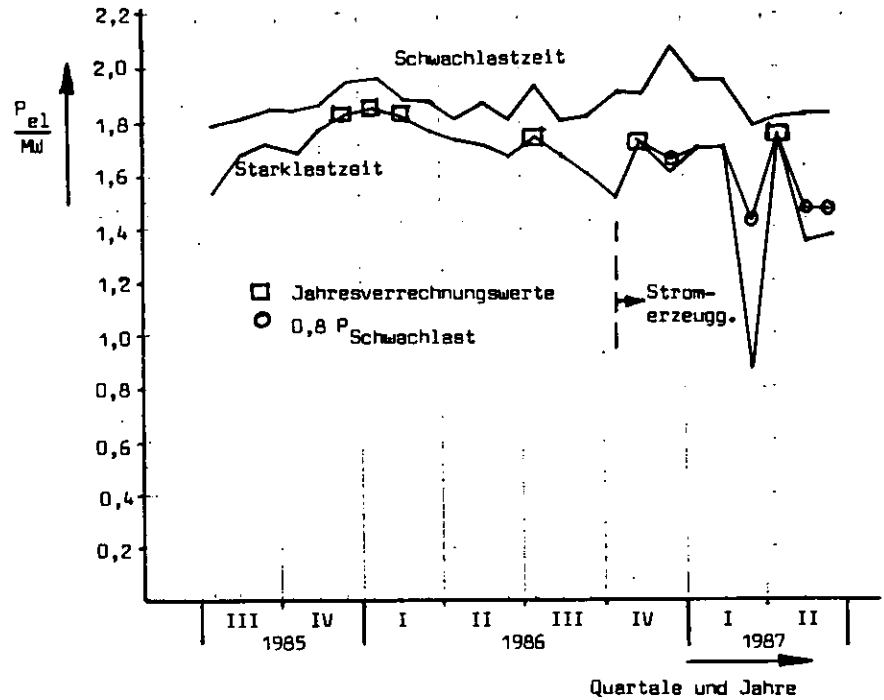


Diagramm 3 : Monatliche elektrische Leistungsmaxima P_{el} im AK Altona

geeignete Fahrweise das zur Verrechnung kommende Minimum herauszufahren.

7.4. Monatlicher Brennstoffverbrauch

Der Vergleich der Jahre 1985 und 1986 im Diagramm 4 läßt die veränderten Wärmebedarfe vor allem im Sommer erkennen. Wurde der Brennstoffbedarf bis 1985 für die Monate Mai bis Oktober durch die Absorptionskältemaschine bestimmt, hat die Wärmepumpe 1986 zu einem deutlichen Abfall geführt.

8. Abschließende Bemerkungen

Nach zweijähriger Bauzeit und mehr als einjähriger Betriebszeit hat das Tandem-Heiz - Kraft - Werk einen gewissen Beharrungszustand des Betriebes erreicht. Es wurden durch den Umbau Schwachstellen und Stärken des Betriebes aufgedeckt. Eine intensivere Vorbereitung und Analyse der vorhandenen Anlage wäre gut gewesen. Wir wären andererseits mit dieser Pilotanlage noch nicht in der Erprobung.

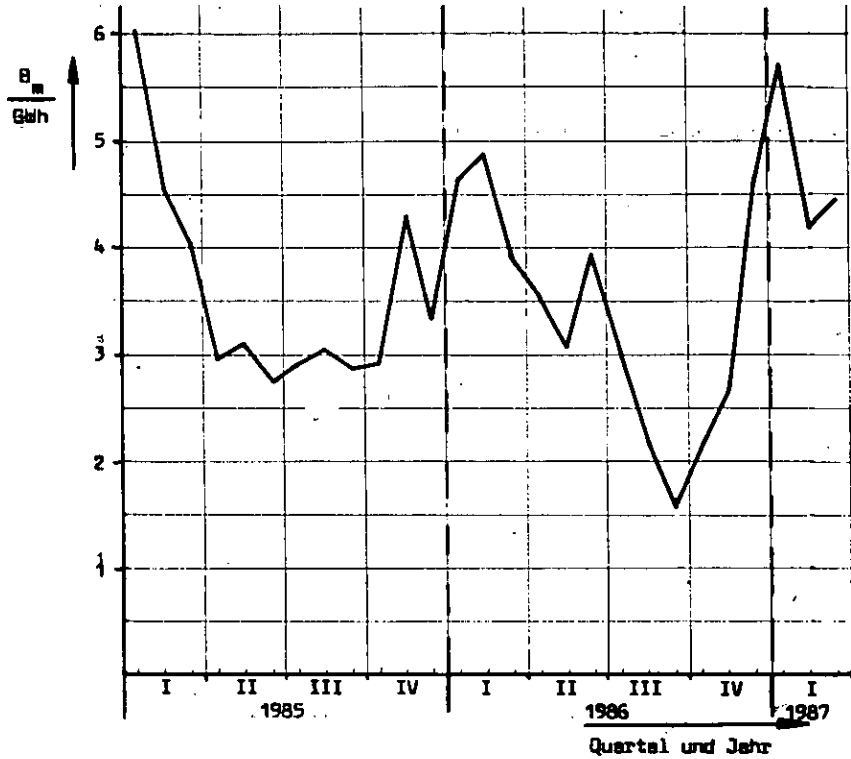


Diagramm 4 : Monatlicher Brennstoffverbrauch B_m im AK Altona

Mit den begrenzten Bau- und Planungsmitteln einer öffentlichen Verwaltung wurde ein neues Konzept der Energieversorgung im Kälte - Wärme - Strom - Verbund verwirklicht. Dem Einsatz aller Beteiligten ist zu danken.

Literatur: Anlegenprospekt der Firma Stienemeier - Anlagenbau
"Gasmotor - Wärmepumpe, Kraft - Wärme - Kopplung und intelligentes Energie Management im 1280 Betten - Krankenhaus AK Hamburg Altona"

Anschriften:
Hans Vogel, Sootweg 19 A, 2000 Hamburg 71
Wolfgang Bleul, Osterfeldweg 53, 2000 Hamburg 90
Horst Bobis, Hamburger Str. 149, 2070 Ahrensburg
Heinrich Plegge, Otto Schumann Str. 25 A, 2070 Ahrensburg
Siegfried Pyko, Waldgrafenstr. 13, 2051 Brunsdorf

Kälte-Wärme-Verbund in einem Herzzentrum

von B. Göke, Bad Oeynhausen

1.0 Einleitung

Für das Herzzentrum wurden zwei gasmotorisch getriebene Kolben-Kältemittelverdichter sowie zwei Heizkessel im sogenannten bivalenten Heizbetrieb und zur Kaltwassererzeugung gewählt. Die notwendige Heiz- und Kälteleistung des Hauses wurde mit 2800 kW Heizleistung und 840 kW Kälteleistung ermittelt. Das Anlagenkonzept wurde von einem namhaften Ingenieurbüro im Jahre 1980 begleitet durch steigende Öl- und Gaspreise (Ölkrise) entwickelt. Die Notwendigkeit zur Einsparung von Primärenergie und gleichfalls eine Reduzierung der Umweltbelastung durch Schadstoffe war Leitgedanke der Planung.
Notwendig wurde der Einsatz einer neuen modernen Technologie, zum Beispiel der Einsatz von Gasmotoren.
Das zur Diskussion stehende Anlagenkonzept wurde vom planenden Ingenieurbüro wirtschaftlich untersucht und das Ergebnis der Genehmigungsbehörde zur Freigabe vorgestellt.
Die Wirtschaftlichkeit der Anlage war durch die vorgelegten Daten belegt, so daß auch behördlicherseits die Anlagenkonzeption "Kälte-Wärme-Verbund" mittels Gasmotor genehmigt wurde.

2.0 Anlagenbeschreibung

Im Kaltwasserkreis wird der Energieträger (Sole) im Sommer von +12°C auf +6°C in parallel geschalteten Verdampfern (2 Kältemittelverdichter) abgekühlt und über das zugehörige Versorgungsnetz den Klima- und Lüftungsanlagen zugeführt. Zur Sicherstellung der Mindestumlaufmenge in den Verdampfern ist eine Bypass-Regelstrecke Anlagenbestandteil.

Im Übergangs- und Winterbetrieb mit überwiegender Wärmeanforderung wird der Energieträger (Sole) über den Fortluftwärmetauscher der raumlufttechnischen Anlagen geführt.
Dem v.g. Fortluftwärmetauscher ist ein rekuperatives Wärmerückgewinnungssystem (Bestandteil der lüftungstechnischen Anlage) vorgeschaltet.
Die Anlage kann im Winterbetrieb bis zu einer Fortlufttemperatur von ca. -3°C wirtschaftlich betrieben werden. Der v.g. Kreislauf ist Basis der Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage.

Im Heizwasserkreislauf (Kühlwasserkreislauf) wird der Energieträger Wasser in parallel geschalteten Kondensatoren bis auf ca. 47°C erwärmt. Leistungsspitzen werden im Standspeicher gepuffert. Bei einem Überangebot an Wärme (Sommerfall) werden die installierten Rückkühlaggregate zur Wärmeabführung zugeschaltet. Die durch den Gasmotor erzeugte Hochtemperatur mit (Motor-/Abgaskühler ca. 500 kW) einer Temperatur von ca. 60°C dient vorrangig der Warmwassererzeugung. Ein mögliches Überangebot im Sommerbetrieb wird über die Rückkühlaggregate abgeführt. Die Wärmepumpen werden vom Kalt- bzw. Heizwasserkreislauf geregelt, zu- und abgeschaltet. Der Kreislauf mit der dominierenden Last (Signalausgang am Regler) übernimmt die Regel- und Schaltfunktionen.

3.0 Anlagendaten

Aufgrund der benötigten Leistung wurde die Kälteanlage im Wärmeverbund mit den nachfolgenden Daten gewählt:

3.1 Verdampfer

Leistung im Kühlfall je 450 kW
Leistung im Heizfall je 330 kW
Kältemittel R 22
Kaltwasserkreislauf (Sole) ca. 20% Antifrogen
Kaltwassertemperatur im Kühlfall 6°C
Kaltwassertemperatur im Heizfall -1°C

3.2 Kondensator

Leistung im Kühlfall je 560 kW
Leistung im Heizfall je 530 kW
Kühlwassertemperatur im Kühlfall 41°C
(Entspr. Heizwasser-Niedertemperatur im Sommer)
Kühlwassertemperatur im Heizfall 47°C
(Entspr. Heizwasser-Niedertemperatur im Winter)

3.3 Gasmotor

Leistungsabgabe an Welle	je	145 kW
Motornenndrehzahl		1800 min
Bohrung		121 mm
Hub		152 mm

Verdichtungsverhältnis	8 : 1
Wärmeabgabe an Motorwasser-Wärmeaustauscher	ca. 140 kW
Wärmeabgabe an Abgas-Wärmeaustauscher	ca. 110 kW

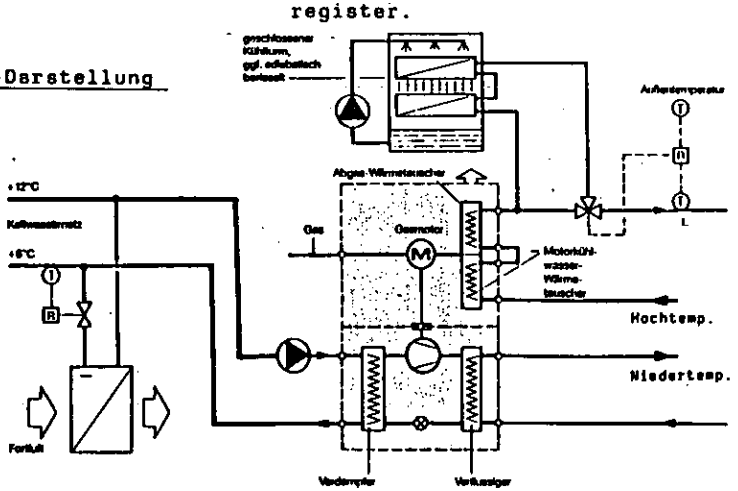
3.4 Verdichter

Offener Kolbenverdichter, 12 Zylinder

3.5 Notwendige Nebenaggregate

Gasverdichter:	Volumenstrom ca. 100 m³/h Druckdifferenz 700 m bar mit vorgeschaltetem Gaskühler
Maschinenraumkühler: (als Umluftkühler)	Kühlleistung ca. 60 kW Kühlmedium Kaltwasser 6/12°C
Maschinenraumentlüftungsanlage:	ca. 8000 m³/h
Kühl-/Kaltwasserpumpen:	auf System abgestimmt
Fortlüftkühler:	dient der Wärmerückgewinnung und ist im Fortluftstrom der raumlufttechnischen Anlagen der rekuperativen WRG-Anlage nachgeschaltet.
Rückkühlwerke:	2 Einheiten, in der Leistung auf die Daten der Kältemischinen abgestimmt, mit geschlossener Bauweise mit besprühtem Rohrregister.

4. System-Darstellung



5. Grundlage der Anlagenkonzeption und erste Betriebsergebnisse

Der Berechnung lag Variante I (Heizkesselanlage und Elektromotor für Kältemaschinen) sowie Variante II (Heizkesselanlage und ausgeführte Gasmotoren-Wärmepumpenanlage) zugrunde.

5.1 Vorausberechnung der Betriebskosten (Kostenstand 1980)

	Variante I (Vorausberechnung)		Variante II (Vorausberechnung)	
Gasverbrauch	975.000	m³/a	586.900	m³/a
Stromverbrauch	228.900	kWh/a	275.550	kWh/a
Gaspreis	0,328	DM/m³	0,328	DM/m³
Strompreis	0,16	DM/kWh	0,16	DM/kWh
Gaskosten	319.300,--	DM/a	197.700,--	DM/a
Stromkosten	36.620,--	DM/a	44.100,--	DM/a
Energiekosten (ges.)	355.920,--	DM/a	241.800,--	DM/a
Einsparung	--		114.120,--	DM/a

Anmerkung zu v.g. Ergebnissen:
Die Variante II zeigt eine Einsparung an Betriebskosten in Höhe von ca. 114.000,-- DM/a, wobei dieser Betrag um den erhöhten Aufwand an Kapital- und Wartungskosten zu mindern ist. Für das Projekt Herzzentrum wurde der korrigierte Betrag in Höhe von 32.500,-- DM/a ausgewiesen. Das Berechnungsergebnis führte zur Ausführung der Variante II (Gaswärme-Pumpenanlage).

5.2 Betriebskosten der Anlage im Wirtschaftsjahr 1986

(Variante II)

Gasverbrauch	795.352	m³/a
Stromverbrauch	300.000	kWh
Gaspreis	0,598	DM/m³
Strompreis	0,201	DM/kWh
Gaskosten	361.074,--	DM/a
Stromkosten	55.110,--	DM/a
Gesamtenergiekosten	416.184,--	DM/a

5.3 Vergleichsberechnung bei Installation einer konventionellen Anlage im Wirtschaftsjahr 1986 (Variante I)

- fiktive Annahme -

Gasverbrauch	975.000	m³/a
Stromverbrauch	228.900	kWh/a
Gaspreis	0,598	DM/m³
Strompreis	0,201	DM/kWh
Gaskosten	583.050	DM/a
Stromkosten	45.780	DM/a
Gesamtenergiekosten	628.830	DM/a

5.4 Anmerkung zu den Ergebnissen:

Im Wirtschaftsjahr 1986 wurde eine Einsparung der Gesamtenergiekosten in Höhe von 212.646,-- DM im Vergleich zur fiktiven Anlage erzielt. Der Betrag ist um den erhöhten Aufwand an Kapital- und Wartungskosten mit ca. 121.000,-- DM/a für die Gasmotorenanlage zu reduzieren, so daß insgesamt sich noch eine Einsparung in Höhe von ca. 91.000,-- DM ergibt.
Ein Vergleich der vorgenannten Berechnungswerte zeigt, daß das gute Betriebsergebnis in direkter Abhängigkeit zum hohen Gaspreis im Betriebsjahr 1986 steht.
Für das laufende Betriebsjahr mit einem mittleren Gaspreis von ca. 0,28 DM/m³ sind Einsparungsmöglichkeiten nicht mehr zu erwarten.

6. Beurteilung des Betriebsergebnisses

Die Gaswärmepumpenanlage wurde im Herbst 1984 in Betrieb genommen. Das Herzstück der Anlage, die Gasmotoren, sind bisher mit ca. 8000 Betriebsstunden (je Maschine) eingesetzt worden. Die "Kinderkrankheiten" konnten innerhalb der ersten 6 Monate nach Inbetriebnahme weitgehend beseitigt werden. In dieser Zeit wurden kleinere Systemänderungen vorgenommen.
Hier einige Beispiele:

- eine direkte Verbrennungsluftzuführung zu den Motoren
- eine direkte Kurbelraumentlüftung mit Ölabscheider
- eine strömungstechnisch günstigere Kältemittelführung
- eine bessere schallschutztechnische Schwingungsdämpfung des Aggregates (Vermeidung von Körperschallübertragung!)

Nach Auswertung der Betriebsbücher (Zeitraum 1.10.84 bis 30.6.87) waren nennenswerte Entstörungseinsätze notwendig. Diese konnten teilweise durch eigenes Bedienungspersonal beseitigt werden. In vielen Fällen mußte jedoch der Kundendienst der Lieferfirma gerufen werden, wobei eine schnelle Hilfe wesentlich von der hausinternen Diagnose bestimmt wurde. An dieser Stelle ist festzustellen, daß drei Spezialgebiete in der Anlage vereint sind:

- Gasmotoren-Technik
- Kälte-Technik
- Steuerungs- und Regelungs-Technik

Die notwendigen Entstörungseinsätze (nach Abruf innerhalb von 2 Stunden vor Ort) teilen sich in folgende Gruppen auf:

- Gasmotor	53 Einsätze
- Kältemittelverdichter	21 "
- Steuerungs-/Regelungstechnik	15 "
- Sonstiges (z. B. Kühlsystem)	26 "

Besonders gravierend waren Motorschäden, die sich am 27.6.86 (Maschine I) und am 4.7.86 (Maschine II) nach ca. 5600 Betriebsstunden ereigneten. Bei der notwendigen Werkstattreparatur mußten festgebrannte und teilweise abgerissene Auslaßventile mit hohem Kostenaufwand ersetzt werden.
In der entsprechenden Reparaturzeit (jeweils 7 Tage) stand dem Haus bei Außentemperaturen von ca. 30°C nur noch 50% der notwendigen Kälteleistung zur Verfügung. Die Aufrechterhaltung des Betriebes erforderte die Aufstellung eines Notversorgungsprogrammes.
Im nachhinein ist festzustellen, daß die Durchführung der Reparaturarbeiten eine Meisterleistung war. Der Gasmotor (Gewicht ca. 1000 kg) mußte unter beengten Verhältnissen ohne Einsatzmöglichkeit von Hebezeugen vom Aggregateblock gehoben werden. Gleichfalls ist die notwendige Ersatzteilbeschaffung, die Reparatur selbst sowie der Rücktransport und die Wiedermontage aus Sicht des Betreibers als überzeugende Leistung der Lieferfirma herauszustellen.
Nach Aussage des Gas-Motorenherstellers sind im Rahmen der Reparaturarbeiten "modifizierte" Ventile neu eingebaut worden, so daß ein Motorschaden in der dargestellten Form unwahrschein-

lich werde. Die Kosten der Reparaturarbeiten waren dem Betreiber nicht anlastbar, da Gewährleistungspflicht zum Zeitpunkt der Störung durch den Anlagenersteller bestand und teilweise noch heute besteht.

7. Schlußbetrachtung

Der wirtschaftliche Einsatz einer Gaswärmepumpe (Kälte-Wärme-Verbund) ist direkt mit dem Preis des Brennstoffes (Gaspreis) verknüpft. Diese Aussage wird durch die Vergleichsdarstellung (Vorausberechnung Stand 1980) mit dem ausgewerteten Betriebsjahr 1986 und der Prognose für 1987 sichtbar. Vorbehalte sind jedoch nach unserem derzeitigen Kenntnisstand gegeben, wenn Störungsfälle nicht auf ein vertretbares Maß dauerhaft ausgeschaltet werden. Ein Hochleistungskrankenhaus benötigt eine zuverlässige Kälteanlage, und hier ist die Industrie (Hersteller von Gasmotoren) aufgefordert, mögliche Entwicklungslücken kurzfristig zu schließen.
Als Betreiber der Kälte-Wärme-Verbundanlage vertrauen wir auf die optimistischen Aussagen des Anlagenerstellers, der versichert, daß nunmehr die Probleme der Vergangenheit dauerhaft gelöst wurden.
Unter den genannten Voraussetzungen ist der Betrieb der Anlage sinnvoll und entspricht den Vorstellungen von Anlagenplaner und Anlagenbetreiber. In der Anlage kann Primärenergie wirtschaftlich zur Erzeugung von Kälte- und Wärmeenergie zum Nutzen für alle eingesetzt werden.

B. Göke
Krankenhausbetriebsgesellschaft
Bad Oeynhausen mbH
Wielandstraße 23
4970 Bad Oeynhausen

Verschärfter Umweltschutz: Auswirkungen auf die regionale Krankenhaus-Abfallbeseitigung in Baden-Württemberg

U. Grammel, Stuttgart

1. Einleitung

1.1. Zielsetzung

Im März 1987 hat der Ministerrat des Landes Baden-Württemberg einem Entwurf des Teilplans Krankenhausabfall zugestimmt, der vorsieht, die Beseitigung infektiöser Abfälle nach übergebietlichen Gesichtspunkten durchzuführen. Die Planung entspricht den Regelungen des AbfG. Es ist vorgesehen, die infektiösen Abfälle in bereits bestehenden modernen Verbrennungsanlagen für infektiöse Abfälle, die entsprechend nach- bzw. ausgerüstet werden, zu verbrennen. Die übrigen alten Anlagen sollen stillgelegt werden. Diese 6 Anlagen reichen aus, die im Lande anfallenden infektiösen Abfälle in einer Menge von etwa 3600 t/a - auch bei Totalausfall einer Anlage - geordnet zu entsorgen. Eine Nachrüstung aller derzeit noch bestehenden etwa 30 Anlagen zur Entsorgung infektiöser Abfälle nach dem jeweiligen Stand der Technik erscheint weder technisch sinnvoll noch wirtschaftlich tragbar; bei einer großen Anzahl dieser Anlagen handelt es sich um technisch veraltete Systeme mit ganz geringer Verbrennungskapazität. Auf den Weiterbetrieb von Anlagen mit geringer Verbrennungskapazität soll - auch in Übereinstimmung mit den Vorschlägen einer von der Landesregierung eingesetzten Arbeitsgruppe - verzichtet werden; der Weiterbetrieb dieser Anlagen - auch nach entsprechender Umrüstung - würde den Zielsetzungen einer übergeordneten, umweltgerechten Abfallplanung nicht entsprechen.

1.2. Anfallstellen, Definition und Entsorgung der Abfälle

In Baden-Württemberg fallen in 221 öffentlichen und 37 privaten Krankenhäusern, 2 Bundeswehrkrankenhäusern und 17 Dialysestationen Abfälle an, die besonders entsorgt werden müssen. Unter die Kategorie dieser besonders zu entsorgenden Abfälle werden folgende Abfallarten eingereiht:

- Abfälle nach § 10a BSeuchG;
- Abfälle aus Dialyseanlagen, in denen Hepatitiskranke behandelt werden;
- Abfälle aus mikrobiologischen und klinisch-chemischen Laboratorien und aus Blutbanken;
- Versuchstiere, soweit deren Beseitigung nicht durch das Tierkörperbeseitigungsgesetz geregelt ist;
- Streu und Exkremente von Versuchstieranlagen, bei denen durch die Versuchsanordnung eine Vertretung von Krankheitserregern zu besorgen ist.

Diese Abfälle sind entweder zu verbrennen oder vor der Endbeseitigung mit gespanntem, gesättigtem Wasserdampf zu desinfizieren. Nach einer solchen Behandlung können die Abfälle wie Hausmüll entsorgt werden. Körperteile und Organabfälle sind ausschliesslich zu verbrennen.

Diese Regelung ist als Verwaltungsvorschrift in Baden-Württemberg verbindlich eingeführt (GABl. 1984 Seite 197).

1.3. Abfallmenge

Die aufgrund dieser Regelungen zu entsorgende Abfallmenge wurde zu etwa 3600 t/Jahr ermittelt. In Krankenhäusern mit Grundversorgung ist mit einer Abfallmenge von 0,08 kg/Bett und Tag, mit Zentralversorgung von

0,16 kg/Bett und Tag und mit Maximalversorgung von 0,26 kg/Bett und Tag zu rechnen.

1.4. Entsorgungsanlagen (Stand 1987)

Die anfallenden Abfälle werden derzeit nur noch in etwa 30 Anlagen - von ursprünglich etwa 220 Anlagen - teilweise mit sehr geringer Leistungsfähigkeit und veralteten Systemen verbrannt. Daneben werden drei Sterilisationsanlagen betrieben. Von allen im Lande derzeit noch betriebenen Verbrennungsanlagen für infektiöse Abfälle sind nur zwei Anlagen mit Einrichtungen zur Minderung der Emissionen an Chlorwasserstoff (HCl) ausgerüstet. Nur mit derartigen speziellen Einrichtungen ist der Grenzwert der TA Luft 1986 von 50 mg/N m^3 für HCl einhaltbar. Dementsprechend liegen die HCl-Emissionen der meisten Anlagen bis zum Faktor 10 über diesem Wert. Auch der neue Grenzwert für Staub in Höhe von 30 mg/N m^3 ist nach den vorliegenden Meßberichten meist, teilweise sogar bis zum Faktor 10, überschritten.

2. Planung

2.1. Gesetzliche Grundlagen

Nach § 6 des Abfallgesetzes stellen die Länder für ihren Bereich Pläne zur Abfallentsorgung nach überörtlichen Gesichtspunkten auf. In diesen Abfallentsorgungsplänen sind geeignete Standorte für Abfallentsorgungsanlagen festzulegen. Nach § 3 des Landesabfallgesetzes können in diesen Plänen Einzugsbereiche der Abfallbeseitigungsanlagen nach wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten ausgewiesen werden.

Ein im März 1987 dem Ministerrat vorgelegter Planentwurf entspricht diesen Vorgaben. Dieser Planentwurf sieht vor,

die infektiösen Abfälle künftig in 6 Verbrennungsanlagen an 5 Standorten zu entsorgen. Die im Planentwurf vorgesehenen 6 Verbrennungsanlagen sind an den Standorten Heidelberg, Stuttgart (2 Anlagen), Schwäbisch Hall, Ulm, Villingen-Schwenningen bereits vorhanden. Die Planfeststellungsbehörden werden nun prüfen, ob die erlassenen Planfeststellungsbeschlüsse ausreichend sind, um die Entsorgung aller Abfälle des jeweils zugeordneten Einzugsgebietes zu gewährleisten. Erforderlichenfalls müssen durch entsprechende Änderungen der Zulassungen die notwendigen Voraussetzungen geschaffen werden. Bei den vorgesehenen Anlagen werden die technischen Einrichtungen und Systeme zur Annahme der Abfälle, Behälterdesinfektion, Ofenbeschickung, Rauchgasreinigung und Emissionsmessung der verstärkten Abfallbeschickung und den neuen Luftreinhaltevorschriften angepaßt und in einen technischen Zustand versetzt werden, der eine hohe Betriebssicherheit und Verfügbarkeit gewährleistet. Außerdem müssen die Annahmeeinrichtungen der einzelnen Anlagen auf einen "Ausfallverbund" zwischen den Anlagen abgestimmt werden.

2.2. Emissionen

Vor allem seit den siebziger Jahren, als im Filterstaub und in den Rauchgasen von Verbrennungsanlagen PCDD und PCDF nachgewiesen wurden, werden gegen den Betrieb aller Verbrennungsanlagen erhebliche gesundheitliche Bedenken geäußert. Um allgemeine Kenntnisse über die Emissionen der zum Weiterbetrieb vorgeschlagenen Verbrennungsanlagen und über den Gehalt an polychlorierten Dioxinen und Furanen (PCDD/PCDF) zu erhalten, wurden an verschiedenen Anlagen des Landes auch die Emissionen dieser Stoffe gemessen. Die Meßwerte liegen für 2,3,7,8-TCDD (sog. "Seveso"-Dioxin) zwischen 0,008 und 0,87 ng/m^3 und für alle PCDD und PCDF insgesamt im Bereich von 185,4 bis 1901,1 ng/m^3.

Emissions- oder Immissionsgrenzwerte für das 2,3,7,8-TCDD bzw. die Summe der PCDD und PCDF sind in der TA Luft nicht festgesetzt. Allerdings gibt das Umweltbundesamt in seinem Bericht "Sachstand Dioxine" (5/85) als Erfahrungswert für Hausmüllverbrennungsanlagen Emissionskonzentrationen von 0,1 bis 1 ng/m^3 für das 2,3,7,8-TCDD sowie von 300 bis 500 ng/m^3 für die Summe aller PCDD und PCDF an.

Der mit der Durchführung der Untersuchungen beauftragte Gutachter hat dargelegt, daß die PCDD/PCDF-Emissionskonzentrationen für die untersuchten Verbrennungsanlagen für infektiöse Abfälle in der gleichen Größenordnung liegen, wie sie von ihm bisher auch an Hausmüllverbrennungsanlagen ermittelt wurden.

2.3. Reststoffentsorgung

In den Rückständen der Rauchgasreinigung bei Klinikmüllverbrennungsanlagen können PCDD/PCDF-Spurenkonzentrationen nachgewiesen werden. Durch die Herausgabe von "Hinweisen zum Umgang mit Filterstäuben aus Verbrennungsanlagen für infektiöse Abfälle" wurden spezielle Regelungen des Landes für den gefahrlosen Umgang und die geordnete Entsorgung dieser Rückstände getroffen.

3. Beförderung infektiöser Abfälle

3.1. Gesetzliche Regelungen

Infektiöse Abfälle sind gefährliche Güter im Sinne des Gesetzes über die Beförderung gefährlicher Güter. Die Beförderung solcher Güter richtet sich nach den auf diesem Gesetz beruhenden Gefahrgutverordnungen. Im Straßenverkehr gilt die Gefahrgutverordnung Straße (GGVS) bzw. die eigens dafür geschaffene Regelung Nr. S 61 der Straßengefahrgut-Ausnahmeverordnung. Diese Regelung ist

in erster Linie dahingehend konzipiert, infektiöse Abfälle in dafür geeigneten Verpackungen zur Entsorgung zu befördern.

Die Regelungen der GGVS werden vom Bundesminister für Verkehr als sicherheitstechnischer Fortschritt gewertet. Generell werden Ein- und Mehrwegbehälter verwendet; Einwegbehältnisse, die den Vorschriften der GGVS entsprechen (vollwandig, dicht verschließbar, formstabil und freitragend) - überwiegend für sogenannte "Naßabfälle".

Wo für den Transport von "Trockenabfällen" noch Mehrwegbehältnisse - genormte Abfallbehälter mit bis zu 1,1 m^3 Inhalt - wegen der nur auf solche Behältnisse eingerichteten Annahmeeinrichtungen verwendet werden müssen, werden im Rahmen der Konzentration auf die 6 zentralen Anlagen entsprechende Änderungen vorgesehen.

4. Entsorgungssicherheit

Bei jedem technischen System ist mit Ausfällen zu rechnen. Die Lebenserfahrung zeigt, daß es "absolute" Sicherheit nicht gibt. Ein "Restrisiko" wird auch bei sorgfältigster Planung bleiben. Die mit der bisherigen Zentralisierung gemachten Erfahrungen zeigen aber, daß die Betreiber der Anlagen flexibel genug sind, um keine Entsorgungsschwierigkeiten - das gilt für die Beförderung und die Verbrennung - eintreten zu lassen. Im Entwurf des Teilplans Krankenhausabfall ist geregelt, wie ein "Ausfallverbund" zwischen den zentralen Anlagen beim Totalausfall einer bestimmten Anlage kurzfristig durchgeführt werden kann.

Wirtschaftlichkeits - Vergleich einer "Haus"- und "Zentral"- Anlage

Kostengrundlagen: FE-Bericht 103 02 106 "Ausgangsdaten Krankenhausabfälle"; Preisstand 1980

Spezifizierung		Hausanlage Sammlung in: Säcken	Hausanlage Sammlung in: Kompaktbeh.	Zentralanlage Sammlung in: Säcken	Zentralanlage Sammlung in: Kompaktbeh.
Ofengröße	kg/h	1 × 25		2 × 350	
Nennleistung (7 Std./Tag, 250 Arbeitstage, 75%)	kg/a	32 800		920 000	
Auslastungsgrad (gem. Statistik bzw. Zuordnung)	%	10		75	
rechn. Verbrennungsleistung	kg/a	3 280		690 000	
Auslastungsunabhängige Kosten:					
Spezifische Kosten für					
1. Sammelbehälter	DM/kg	0,17	2,20	0,17	2,20
2. Rücklaufbehälter	DM/kg	0,03	0,05	0,05	0,08
3. Wasch- u. Desinfektionsanlage	DM/kg	0,97	0,09	0,05	0,05
4. Externer Fahrverkehr	DM/kg	-	-	0,85	0,69
Zwischensumme	DM/kg	1,17	2,34	1,12	3,02
Auslastungsabhängige Kosten					
1. Kapitalkosten					
1.1 Verbrennungsanlage	DM/a	26 097		248 769	
1.2 Tankanlage	DM/a	-		11 213	
1.3 Gebäude	DM/a	8 121		218 760	
1.4 Abgaswaschanlage	DM/a	- *)		140 000	
2. Betriebskosten					
2.1 Personalkosten	DM/a	6 500		82 000	
2.2 Betriebsmittel	DM/a	2 700		153 300	
2.3 Wartung	DM/a	2 500		11 000	
2.4 Instandhaltung	DM/a	6 100		75 500	
Summe der Verbrennungskosten					
a) ohne Abgaswäsche	DM/a	52 018		800 542	
b) mit Abgaswäsche	DM/a	- *)		940 542	
Spezifische Kosten der Verbrennung a)	DM/kg	15,86		1,16	
b)	DM/kg	- *)		1,36	
Summe der spezifischen Kosten a)	DM/kg	17,03	18,20	2,28	4,18
b)	DM/kg	- *)	- *)	2,48	4,38
Spez. Beseitigungskosten (Mittelwert aus beiden Sammelsystemen; Hausanlage ohne, Zentralanlage mit Abgaswäsche)	DM/kg	17,61		3,43	
Kostenverhältnis	-	5 : 1			

*) Abgaswäsche nicht durchführbar

Anm.: Bei der Zentralanlage ist eine Wärmenutzung nicht berücksichtigt.

Anlage 1

5. Kosten der Entsorgung

Der Planung des Landes wurde eine Kostenrechnung (Anlage 1) zugrundegelegt. Einzelne der dort angeführten Kostenanteile haben sich inzwischen verändert, die generelle Tendenz ist erhalten geblieben. Die Kosten für die dargestellten Maßnahmen im Rahmen der Zentralisierung auf 6 Anlagen werden derzeit auf etwa 12 Millionen DM geschätzt.

6. Abfallvermeidung

Während die Diskussion um die Abfallvermeidung im Hausmüllbereich breiten Raum einnimmt, ist die Abfallvermeidung im Krankenhaus offenbar außerhalb der Betrachtungen geblieben, obwohl gerade dort - wahrscheinlich im Gegensatz zum Hausmüllbereich - ein viel größeres Einsparpotential vorhanden ist. Daschner (1987) hat allein aus dem Verbrauch von PVC-Einweghandschuhen im Universitätsklinikum Freiburg 18,4 t/Jahr PVC-Abfälle errechnet und dies als "besonders krasses Beispiel unnötiger Müll- und Umweltbelastung"bezeichnet. Das Land hat der Universität Freiburg einen Auftrag unter dem Arbeitstitel "Untersuchungen zur Verminderung bzw. Vermeidung von Abfällen im klinischen Bereich" erteilt. Im Rahmen dieser Untersuchung soll geprüft werden, inwieweit bei gleicher hygienischer Sicherheit Abfälle vermieden und Kosten eingespart werden können.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Aus Gründen des Umweltschutzes und hinsichtlich der Kosten liegt es im Interesses des Landes, die Entsorgung infektiöser Abfälle auf wenige leistungsfähige Anlagen

zu konzentrieren. Das darauf aufgebaute Entsorgungskonzept in Baden-Württemberg, wie es im Teilplan Krankenhausabfall vorgelegt wurde, bietet größtmögliche Entsorgungssicherheit.

Die TA Luft 1986 stellt an Verbrennungsanlagen für infektiöse Abfälle so weitreichende Forderungen zur Begrenzung der Emissionen von Luftschadstoffen, daß sie nur mit Rauchgasreinigungsanlagen nach dem heutigen Stand der Technik eingehalten werden können. Nur zentrale, leistungsfähige Anlagen mit hoher Durchsatzkapazität ermöglichen den wirtschaftlich vertretbaren Einsatz von modernen Rauchgasreinigungsverfahren.

Der Einführungssatz der BGA-Richtlinie, daß die Erfahrungen aus der Praxis bestätigen, daß von Abfällen aus dem medizinischen Bereich bei sachgemäßer Handhabung keine größeren Gefahren ausgehen als von ordnungsgemäß beseitigtem Hausmüll und sonstigen Siedlungsabfällen, bestätigt sich auch in Baden-Württemberg. Voraussetzung dafür ist, daß die getrennte Erfassung der infektiösen Abfälle bereits an den Anfallstellen entsprechend der vorgesehenen Form der Entsorgung erfolgt und die Abfälle nach den zur Infektionsverhütung im Krankenhaus und für die Beförderung notwendigen Vorgaben verpackt und zur Entsorgung bereitgestellt werden. Eine Gefahr bzw. eine mögliche Gesundheitsbelastung der mit der Zwischenlagerung und der Beförderung beschäftigten Arbeitnehmer ist nicht gegeben.

Die Regelungen der GGVS - Ausnahme S 61-sind einhaltbar.

Die vom Bundesminister für Verkehr beabsichtigte Einbeziehung der Gruppen A und B der BGA-Richtlinie in

die Gefahrgutvorschriften wird nicht für erforderlich gehalten. Im Rahmen der landesplanerischen Vorgaben des Teilplanentwurfs Krankenhausabfall werden infektiöse Abfälle überwiegend durch private Unternehmen oder öffentliche Einrichtungen, die sich privater Dritter bedienen, befördert.

Der Entwurf des Teilplans Krankenhausabfall wurde den Beteiligten im Frühjahr 1987 zur Kenntnisnahme und gegf. Stellungnahme übermittelt, um eine möglichst breite Meinungsbildung vor der Einleitung des förmlichen Verfahrens zu ermöglichen. Der Plan soll nach Abschluß des förmlichen Verfahrens für verbindlich erklärt werden.

Ulrich Grammel
Umweltministerium Baden-Württ.
7000 Stuttgart

ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE UND ABWÄSSER

D. Junker, Hannover

1. Einleitung

Die Beseitigung krankenhausspezifischer Abfälle ist durch die Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen (1) sowie durch das Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen - Abfallgesetz (2) geregelt worden. Dabei sind für alle Abfallarten bis auf eine Ausnahme, die krankenhausspezifisch anfallen, Abfall- und Entsorgungspfade aufgezeigt worden. Eine Ausnahme davon ist durch Krankenhausabfälle gegeben, die gleichzeitig radioaktiv sein können. Für diese Abfallart gilt deshalb neben den Bestimmungen des Abfallgesetzes zusätzlich die Strahlenschutzverordnung (3), und für die Einleitung möglicherweise chemisch belasteter Abwasser das Abwassergesetz.

In der Klinik fallen radioaktive oder radioaktiv kontaminierte Krankenhausabfälle sowohl in der Therapie mit offenen radioaktiven Stoffen, in der nuklearmedizinischen in vivo-Diagnostik, in der Labordiagnostik, der sogenannten in vitro-Diagnostik und in der medizinisch-biologischen Forschung an. Nicht alle o.a. Bereiche werden in kleineren Krankenhäusern vorhanden sein. Aber zumindest die nuklearmedizinische Ambulanz und die nuklearmedizinische Labordiagnostik findet man häufig auch in kleineren Einheiten, da eine moderne Labordiagnostik nicht mehr ohne spezifische Untersuchungsmethoden der Endokrinologie, z.B. der sogenannten RIA-Methode (Radio-Immuno-Assays) denkbar sind. Größere Krankenhäuser haben dagegen häufig eine weitgesteckte Anwendungspalette an medizinischen Untersuchungsmethoden und Therapien anzubieten. Damit hängt natürlich auch der Umfang der Entsorgungsproblematik radioaktiver Abfälle zusammen. Kleinere Krankenhäuser haben schon durch die begrenzte Anwendungsbreite der Diagnostik und Therapie einen geringeren Anfall an radioaktiven Abfällen, wenngleich häufig durch Mangel an Erfahrung und Unkenntnis der vorgegebenen Entsorgungspfade zumindest Unsicherheit der Behandlung derartiger Abfallarten auftreten können. Deshalb sind die wichtigsten klinisch relevanten Anwendungsbereiche radioaktiver

Stoffe mit den entsprechenden Abfallarten und den Entsorgungskonzepten zusammengestellt.

2. Labordiagnostik

In der Labordiagnostik werden radioaktive Stoffe häufig als Marker für organische Verbindungen benutzt. Beispielsweise ersetzt man bei der sogenannten Markierung ein nicht radioaktives Atom in einer organischen Verbindung durch ein radioaktives Atom (z.B. H-3, C-14, J-125) und erhält so eine radioaktiv markierte (gekennzeichnete) Verbindung, die dann in einem biochemischen Nachweisprozeß im Labor, also außerhalb des Körpers des Patienten, nachgewiesen werden kann. Ist eine solche Laboruntersuchung abgeschlossen, bleiben radioaktiv kontaminierte krankenhausspezifische Abfälle zurück, die unter Beachtung des § 46 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchVO) und des Krankenhausabfallgesetzes beseitigt werden müssen. Es muß nun zwischen den einzelnen Radionukliden, die in den Laborabfällen kontaminiert vorliegen können, unterschieden werden.

2.1. Abfälle, die aus den Laboruntersuchungen mit der sogenannten Liquidszintillation-Methode anfallen und überwiegend mit H-3 (Tritium) oder C-14 (Kohlenstoff) kontaminiert sind

Da die Patientenproben mit Lösungsmittel, z.B. Toluol oder Cumol aufgeschlossen werden müssen, fallen diese Abfälle unter die brennbaren, flüssigen radioaktiven Abfälle. Die Probenröhrchen der Labordiagnostik enthalten also die Patientenprobe, die Szintillationsflüssigkeit und das Lösungsmittel. Im Labor werden nun im Abzug das Probenröhrchen und die radioaktiv kontaminierte Flüssigkeit getrennt. Die leeren Plastikröhrchen können dabei normal entsorgt werden, da praktisch im Abfallgut keine Radioaktivität mehr vorhanden ist. Sowohl das H-3 als auch das C-14 haben mit 12,3 Jahren und 5736 Jahren eine relativ lange physikalische Halbwertszeit, so daß der Versuch durch Liegenlassen (Abklingen lassen) der Radioaktivität in der Klinik keine deutliche Reduktion der Radioaktivität erreicht werden kann. Deshalb müssen diese Abfälle nach der Konditionierung fremdentsorgt werden, falls die spezifische Aktivität nach § 4 der StrlSchVO oberhalb von 10^{-4} x Freigrenze pro Gramm Abfall liegt. Da die Frei-

grenze von H-3 bei 3,7 MBq (100 µCi) und von C-14 bei 0,37 MBq (10 µCi) liegt, bedeutet dies, daß radioaktive Abfälle aus der Labordiagnostik mit spezifischen Aktivitäten oberhalb 370 Bq/g Tritium und 37 Bq/g C-14 in jedem Falle einer Fremdentsorgung zugeleitet werden müssen. Dies geschieht durch Sammeln der flüssigen lösungsmittelhaltigen Laborabfälle in Behältern, Ausmessen der Aktivitäten, Konditionierung (z.B. Verhinderung von Ausfällungen während der Sammelzeit und durch Umrühren und notfalls durch Zugabe von Lösungsmittel) mit anschließender Fremdentsorgung. Auch hier sind am allgemeinen Grenzwerte nach oben vorgegeben. Häufig darf der Aktivitätsgehalt 0,92 GBq/m³ (25 mCi/m³) nicht überschreiten. Im allgemeinen wird die zuständige Aufsichtsbehörde es sich vorbehalten, eine Kontrolle der abgeführten Radioaktivitäten durch eine Probenmessung mit Aktivitätsbestimmung durchzuführen. Die anschließende Entsorgung dieser speziellen niedrig aktiven Abfälle durch Fremdfirmen erfolgt fast ausschließlich durch Verbrennen im Bypaß mit anderen nicht radioaktiven Flüssigkeiten oder Gasen unter Beachtung des Emissionsschutzgesetzes. Für diesen Entsorgungsvorgang müssen die Fremdfirmen eine Genehmigung der staatlichen Aufsichtsämter besitzen.

2.2. H-3 und C-14 haltige Abfälle aus der Labordiagnostik, deren spezifische Aktivität unterhalb der Grenzwerte des § 4 der Strahlenschutzverordnung liegt

Für den Fall, daß die spezifischen Radioaktivitäten der Laborabfälle, die mit Tritium und C-14 kontaminiert sind unterhalb von 10^{-4}x Freigrenze/g liegen, gibt es nach § 4 und § 46 der StrlSchVO die Möglichkeit, durch die Behörde die radioaktiven Laborabfälle wegen der geringen spezifischen Aktivität aus dem Atomgesetz zu entlassen. Dies trifft in der Tat auf eine neue Generation von sogenannten Minivials zu.Neben der geringen Radioaktivität konnte auch das Probenvolumen auf ca. 1 - 2 ml reduziert werden. Da die manuelle Entfernung der Probenflüssigkeit aus den Probenröhrchen auf Grund der Beschaffenheit dieser ohnehin nicht mehr quantitativ erfolgen kann, würde ein großer Teil der radioaktiven Flüssigkeit mit dem festen Abfall abgeführt werden. In einigen Bundesländern wird genehmigungsrechtlich die Möglichkeit eingeräumt, wie oben bereits angedeutet, den Abfall nach § 4 der StrlSChVO zu entsorgen. Dabei muß durch eine genaue

Kontrolle des Aktivitätsflusses sichergestellt sein, daß der angegebene Grenzwert von H-3 und C-14 im Mittel im Abfall nicht überschritten wird. Der Laborverantwortliche und der Strahlenschutzbeauftragte des Krankenhauses ist verantwortlich für die Einhaltung der Ablieferungsbedingungen. Er muß insbesondere darauf achten, daß evtl. vorhandene Hinweise auf den ursprünglichen Aktivitätsgehalt auf den Abfallsäcken vor der Entsorgung entfernt werden müssen. Da auch diese Abfälle nicht ohne Probleme der normalen Mülldeponie zugeführt werden können, ist es vorteilhaft, auch hier eine Fremdentsorgung mit anschließender Verbrennung der Abfälle vorzusehen.

2.3. J-125 haltige Abfälle aus der Labordiagnostik

Organische Verbindungen, die in der Labordiagnostik eingesetzt werden, die mit J-125 markiert worden sind, werden nicht wie die Beta-Strahler H-3 und C-14 mittels einer Szintillationsmethode nachgewiesen. Sie können, da sie direkt Gammastrahlung und Röntgenfluorenszensstrahlung aussenden, direkt im Gammaprobenwechsler ausgemessen werden. Dies bedeutet, daß diese Proben praktisch frei von brennbaren Lösungsmitteln sind. Aus ökonomischen Gesichtspunkten ist es sinnvoll, wenn kleinere Krankenhäuser auch diese Abfallart durch eine Fremdfirma entsorgen lassen. Dieser Entsorgungspfad ist aber relativ teuer, so daß bei größeren Abfallmengen eine Selbstentsorgung wie an der Medizinischen Hochschule Hannover angestrebt werden sollte. Zunächst werden die Abfälle in den Labors nach Radionuklidart getrennt gesammelt und den Abklingräumen des Kontrollbereiches der Klinik zugeführt. Da die physikalische Halbwertszeit des J-125 ca. 60 Tage beträgt, bedeutet dies, daß die Abfälle bei höheren Kontaminationen mit J-125 relativ lange liegen müssen. Nach 10 Halbwertzeiten = 600 Tagen Liegezeit ist die Aktivität erst auf ein Promille der ursprünglichen Radioaktivität abgeklungen. Man sieht deutlich, daß dieses Entsorgungskonzept wirklich nur für größere Krankenhäuser und Kliniken in Frage kommt, da genügend Raum für die Zwischenlagerung geschaffen werden muß. Nach der vorgegebenen Abklingzeit, die sich allein nach dem Abklingen der Radioaktivität bis unterhalb der Werte nach § 46 der StrlSchVO richtet, müssen die Abfälle nochmals auf Restaktivität überprüft werden. Dies geschieht in einem separaten Raum, um einen möglichst geringen Einfluß der Üb-

rigen eingelagerten Aktivität auf das Meßsystem zu erhalten. Nach der Freigabe des Abfallsackes muß die Radioaktivitätskennzeichnung auf den Abfallsäcken und evtl. auf dem Probenmaterial entfernt werden. Dies geschieht am einfachsten und elegantesten durch Zerkleinern (Shreddern) des Abfallgutes. Aus hygienischen und personalrechtlichen Gründen sollte aber vorher eine Desinfektion des Abfallgutes erfolgen, obwohl nach dem Krankenhausabfallbeseitigungsgesetz dies nicht zwingend notwendig wäre. In diesem Fall wird aber der Abfall konditioniert. Ein manueller Umgang mit dem Abfall ist nicht völlig auszuschließen. Aus personalrechtlichen Gründen wird deshalb vorher eine Desinfektion des Abfallgutes empfohlen. An der Medizinischen Hochschule Hannover ist dieser Desinfektionsprozeß durch die Behörden als Auflage für den Selbstentsorgungspfad vorgegeben. Nach der Desinfektion und nach dem Zerkleinern des Abfalls kann dieser dann dem normalen Müll beigemengt werden. Ständige Kontrolle des Strahlenschutzbeauftragten und genaue Buchführung über die abgegebenen Mengen gewährleisten die einwandfreie Durchführung des Entsorgungsvorganges.

2.4. Wäßrige Abfälle, die mit mittel- bis kurzlebigen Gammastrahlern kontaminiert sind

Wäßrige radioaktive Abfälle wie z.B. Urinproben, Spülflüssigkeiten, die Gammastrahler wie z.B. J-125 enthalten, werden in Plastikbehältern gesammelt und ebenfalls zum Abklingen der Radioaktivität eingelagert. Wie unter 2.3. beschrieben müssen die Abfallbehälter bis zum Abklingen der Radioaktivität meistens ein bis zwei Jahre im Abklingkeller verbleiben, um durch Abklingen der Radioaktivität unterhalb der Grenzwerte der StrlSchVO § 46 eine Freigabe der Abfälle zu erreichen. Nach einer grob abgeschätzten Abklingzeit müssen die Behälter auf den restlichen Gehalt an Radioaktivität ausgemessen werden. Bei Freigabe der wässrigen nicht mehr radioaktiven Flüssigkeiten wird aus personalrechtlichen Gründen dringend empfohlen, eine thermische Desinfektion der Flüssigkeiten anzuschließen, da eine manuelle Entleerung der Behälter nicht völlig auszuschließen ist. Die Flüssigkeiten werden nach der thermischen Desinfektion der normalen Kanalisation zugeführt, während die Behälter zerkleinert dem normalen Hausmüll beigemengt werden können.

3. Nuklearmedizinische Diagnostik und Therapie

3.1. Feste Abfälle, kontaminiert mit kurzlebigen Radionukliden

In der Nuklearmedizinischen in vivo Diagnostik fallen naturgemäß diverse radioaktiv kontaminierte Abfälle wie Spritzen, Kanülen, Tupfer, Papier oder Glasampullen an. Da die in der Nuklearmedizin eingesetzten Radiopharmaka zur Reduktion der Patientendosis ohnehin bis auf wenige Ausnahmen kurzlebig sind, ist schon bei den meisten Radionukliden nach kurzer Zeit der Grenzwert der StrlSchVO unterschritten. Allen Krankenhäusern ist deshalb bei dieser Abfallart empfohlen, möglichst eine Selbstentsorgung durchzuführen. Die Abfälle werden nach Radionuklidart und damit nach physikalischer Halbwertzeit entweder in Plastiksäcken oder in Plastiktonnen gesammelt und nach Kennzeichnung im Abklingkeller eingelagert. Zu beachten dabei ist, daß die Kanülen von den Spritzen aus Unfallverhütungsgründen selbstverständlich separat in kleinen Kartons oder Plastikbehältern gesammelt werden sollten. Nach einer vorgegebenen Abklingzeit werden die Abfälle im geschlossenen Abfallsack oder in den Tonnen auf Restaktivität geprüft. Werden die Grenzwerte unterschritten, kann wie bei den Labordiagnostikabfällen unter 2.3. verfahren werden. Auch hier ist eine Sterilisation nicht generell vorgeschrieben, es wird jedoch dringend empfohlen, diese konsequent durchzuführen, da beim Shreddern der Abfälle für das Personal größte Infektionsgefahr besteht. Nach dem Shreddern kann dieser Abfall dem normalen Müll beigefügt werden. Selbstverständlich können auch hier kleinere Krankenhäuser diesen Abfall als Sonderabfall durch eine Fremdfirma entsorgen lassen.

3.2. Pathologische Abfälle, die mit kurzlebigen Radionukliden kontaminiert sind

Pathologisch radioaktiv kontaminierte möglicherweise infektiöse Abfälle wie z.B. Blut oder Blutproben sind in separaten Behältern zu sammeln und in größeren Einmalplastiktonnen in Tiefkühlräumen zwischenzulagern. Nach Abklingen der Radioaktivität und Freigabe durch den Strahlenschutzbeauftragten werden die Tonnen geschlossen einer Fremdfirma zum Verbrennen übergeben. Bei diesen Schutzmaßnahmen handelt es sich vor allem um den Schutz des im medizinischen Bereiches tätigen Personals. Hier sei besonders

auf die Infektionsgefahr durch Hepatitis B und die Möglichkeit immunologischer Erkrankungen hingewiesen.

3.3. Laborwasser, das mit kurzlebigen Radionukliden belastet ist

Möglicherweise radioaktives Laborabwasser der nuklearmedizinischen Diagnostik wird einer separaten Laborabwasseranlage zugeführt. In kleineren Krankenhäusern können die Laborabwasser auch in separaten Auffangbehältern oder in speziellen Kanistern aufbewahrt werden. Größere Krankenhäuser verfügen im allgemeinen über eine separate Laborabwasseranlage. Das Abwasser wird nach Erreichen eines eingestellten Füllstandes mittels eines hochempfindlichen Detektors auf Restaktivität geprüft. Werden die Grenzwerte des § 46 der StrlSchVO unterschritten, so kann das Abwasser in die normale Kanalisation abgepumpt werden. Liegen die spezifischen Konzentrationen oberhalb der Grenzwerte, so muß das Abwasser zum Abklingen auf Werte unterhalb der vorgegebenen Werte zurückgehalten werden.

3.4. Radioaktiv kontaminierte Abwasser aus der nuklearmedizinischen Therapie

Funktionsgestörte Schilddrüsen werden heute üblicherweise durch eine orale Gabe von J-131 behandelt. Die eingesetzten Aktivitäten liegen bei dieser Therapie zwischen 74 - 370 MBq (2 und 10 mCi). Im Gegensatz dazu ist zur Nachbehandlung total thyreoidektomierter Schilddrüsen-Ca eine wesentlich höhere Therapieaktivität von 3,7 - 18,5 GBq (100 - 500 mCi) erforderlich. Bei der Ca-Therapie ist gegenüber der Behandlung funktionsgestörter Schilddrüsen die Ausscheidungsrate des Therapeutikums beim Patienten relativ hoch, so daß auch die ausgeschiedene Radioaktivität groß ist. Aus Gründen des Umweltschutzes und des Strahlenschutzrechtes müssen diese Radioaktivitäten aufgefangen werden. Die Reduktion der Radioaktivität erfolgt durch Zerfall der Radionuklide in einer Auffanganlage. Eine solche Anlage zur Speicherung von Abwasser unter gleichzeitiger Reduktion der Radioaktivität wird Abklinganlage genannt.

Betrachtung einzelner Ableitungspfade

a) Fäkalabwasser

Fäkalabwasser (d.h. Urin, Fäkalien und Spülwasser der WC's) ent-

halten den größten Teil des von Patienten abgegebenen J-131. Bei Ca-Patienten erreicht der Ausscheidungspfad ca. 75 - 85% der applizierten Aktivität.

b) Waschwasser

Die Hospitalisierung von Patienten bringt auch den Anfall von Waschwasser (Abwasser der Waschbecken, Duschen sowie des Geschirrspülers) mit sich. Der Aktivitätsanteil der mit dem Waschwasser der Patienten abgeleitet wird, ist relativ hoch. Je nach Patientengut kann sich dieser Anteil zwischen 1,5 und maximal 9,5% der applizierten Aktivität bewegen. Als Mittelwert der Ableitung kann man 4 - 5% der applizierten Aktivität annehmen.

Sowohl das Fäkalabwasser als auch das benutzte Waschwasser der Patienten wird nun einer Abklinganlage zugeführt. Je nach Größe dieser Anlage wird ein bestimmter Reduktionsfaktor der Aktivität durch Abklingen erreicht. Welcher Aktivitätsanteil nun in die öffentliche Kanalisation abgeleitet werden kann, mit anderen Worten, wie groß die Abklinganlage konzipiert werden muß, richtet sich nach den Genehmigungsbedingungen der Behörden. Im allgemeinen werden für größere Kliniken Sonderregelungen vereinbart werden müssen. Kleinere Krankenhäuser werden auf die Behandlung der Ca-Patienten verzichten, weil das Erstellen von Abklinganlagen relativ teuer ist. Deshalb werden - wie heute schon häufig praktiziert - kleinere nuklearmedizinische Kliniken nur Therapien von funktionsgestörten Schilddrüsen (Hyperthyreosen) durchführen und auf die Behandlung von Schilddrüsen-Carzinom-Patienten verzichten. Diese werden in größeren Krankenhäusern oder medizinischen Zentren therapiert.

4. Radioaktive Abfälle aus dem Forschungsbereich

Im Forschungsbereich fallen häufig radioaktive Abfälle an, die mit Tritium und C-14 kontaminiert sind. In diesen Fällen wird deshalb auf das Entsorgungskonzept der Labordiagnostik, Kapitel 2 verwiesen. Des öfteren werden aber auch in der medizinisch-biologischen Forschung Radionuklide verwendet, für die unter Umständen bisher kein Entsorgungskonzept existiert. In diesen Fällen muß schon bei der Erteilung der Umgangsgenehmigung dem Anwender deutlich gemacht werden, daß seine Versuche u.U. sehr kostenträchtig sein können, falls ausgefallene langlebige Radionuklide verwen-

det werden. Für Krankenhäuser, aber auch für größere Kliniken wird eine Fremdentsorgung, u.U. auch eine Rückgabe und Konditionierung der Abfälle durch die Lieferfirma finanziell vorteilhaft sein, wenn es sich um kleinere Abfallmengen handelt. Dabei sollte dem Anwender die Problematik der Entsorgung deutlich gemacht werden und in Erwägung gezogen werden, ob die Untersuchung nicht mit einem weniger kritischen Radionuklid durchgeführt werden kann. Häufig kann das Entsorgungsproblem schon an dieser Stelle gelöst werden. Sind allerdings Untersuchungen mit toxischen, langlebigen Radionukliden notwendig, so müssen die Abfälle konditioniert entweder einer Landessammelstelle oder einer Entsorgungsfirma zugeleitet werden. Radioaktive Tierkadaver stellen naturgemäß den Anwender und Entsorger vor große Probleme. Tierkadaver mit kurzlebigen Radionukliden werden in verschließbaren Plastiktonnen in Tiefkühlräumen bis zum Abklingen der Aktivität eingelagert und dann einer Verbrennungsanlage zugeführt. Wichtig dabei ist, daß die Ablieferungsbedingungen der Verbrennungsanlagen, z.B. die Einhaltung der Begrenzung des Gewichtes, eingehalten werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Anwendung radioaktiver Stoffe und Radiopharmaka in der Klinik bedingt auch den Anfall von radioaktiven Abfällen. Die Entsorgung kurzlebiger radioaktiver Abfälle ist im allgemeinen unproblematisch, wenn die entsprechenden Entsorgungspfade und Genehmigungsvoraussetzungen geschaffen werden. Längerlebige radioaktive Abfälle stellen - besonders wenn es sich um brennbare Flüssigkeiten oder pathologische Abfälle höherer Aktivität handelt - ein großes Entsorgungsproblem dar. Deshalb sind in diesen Fällen Anwender und Strahlenschutzverantwortliche besonders aufgerufen, über alternative Möglichkeiten der Versuchsdurchführung oder Behandlung nachzudenken. Die Entsorgung toxischer, langlebiger Radionuklide ist nicht allein nur ein Umweltschutzproblem, sondern vor allem auch für eine Klinik eine ökonomische Frage.

Die Ableitung radioaktiver Abwasser ist nach § 46 der Strahlenschutzverordnung geregelt. Es gilt das Prinzip der Minimalisierung der Abgabe. Darüberhinaus kann nach § 46 Abs. 5 in besonderen Fällen im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eine Sonderregelung mit den Behörden abgesprochen werden. Generell müssen für

das Auffangen und Zwischenlagern von radioaktiven Abwassern in Kliniken Abklinganlagen vorhanden sein.

LITERATUR

1. Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen. Heraugegeben vom Bundesgesundheitsamt Berlin, Stand 1986, Gustav Fischer Verlag, 1986

2. Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallgesetz) vom 27. August 1986, Bundesgesetzblatt, Teil I, 1986

3. Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung) vom 20. Oktober 1976, Bundesgesetzblatt, Teil I, 1976

4. Junker, D., Fitschen, J.: J-131 Abgabe aus Schilddrüsenkarzinom-Therapiestationen. Überlegungen zur Verbesserung des Schutzes der Umwelt und der Oekonomie. NUC-Compact 17 (1986), 13 - 18.

Anschrift des Verfassers:
Dr. rer. nat. D. Junker
Medizinische Hochschule Hannover
Konstanty-Gutschow-Straße 8
3000 H a n n o v e r 61

RADIOAKTIVE ABFÄLLE AUS DER LABORDIAGNOSTIK

ABSCHNITT	ABFALLART	SPEZIFISCHE AKTIVITÄT	SAMMELN	ABKLINGEN LASSEN	MESSUNG DER RADIOAKTIVITÄT	STERILISATION	SHREDDERN	HAUS-ENTSORGUNG	FREMD-ENTSORGUNG
2.1.	Probenröhrchen mit brennbaren Flüssigkeiten (Toluol, Cumol) ^{3}H und ^{14}C-haltig	nach Trennung: nichtaktive Probenröhrchen $< 10^{-4}$ x Freigrenze pro g Abfall	in Plastiksäken	nein	ja	Sterilisation nicht notwendig; aber dringend empfohlen	ja	ja	nein
		nach Trennung: radioaktive Lösungsmittel $> 10^{-4}$ x Freigrenze pro g Abfall	in 200 l Fässern	nein	ja	nein	nein	nein	ja
2.2.	Probenröhrchen mit brennbaren Flüssigkeiten (Toluol, Cumol) ^{3}H und ^{14}C-haltig	$< 10^{-4}$ x Freigrenze pro g Abfall	in geschlossenen Kunststoffbehältern	nein	nein, nur Stichproben	nein	nein	nein	ja
2.3.	Feste Abfälle, z.B. Polystyrolröhrchen mit wäßrigen Lösungen (^{125}J-haltig	$\gg 10^{-4}$ x Freigrenze pro g Abfall	in Plastiksäken oder Tonnen	ja	ja	Sterilisation nicht notwendig; aber dringend empfohlen	ja	ja	nein
2.4.	Wäßrige, flüssige Abfälle, z.B. Spülflüssigkeiten (^{125}J-haltig	$\gg 10^{-4}$ x Freigrenze pro g Abfall	Plastikbehälter (2-5 l)	ja	ja	Thermische Desinfektion nicht notwendig; aber dringend empf.	nein	ja	nein

RADIOAKTIVE ABFÄLLE IN DER NUKLEARMEDIZINISCHEN DIAGNOSTIK

ABSCHNITT	ABFALLART	SPEZIFISCHE AKTIVITÄT	SAMMELN	ABKLINGEN LASSEN	MESSUNG DER RADIOAKTIVIÄT	STERILISATION	SHREDDERN	HAUSENTSORGUNG	FREMDENTSORGUNG
3.1.	Spritzen, Kanülen, Tupfer, Papier, Zellstoff, Glasampullen, kontaminiert mit kurzlebigen Radionukliden wie Tc 99 m, J 131, etc.	$\gg 10^{-4}$ x Freigrenze pro g Abfall	ja, getrennt nach HWZ	ja, im Abklingkeller	ja, nach Lagerzeit	Sterilisation nicht notwendig; aber dringend empfohlen	ja, zur Entfernung der Kennzeichnung	ja	nicht notwendig
3.2.	pathologische, infektiöse Abfälle, z.B. radioaktives Blut, etc., kontaminiert mit kurzlebigen Radionukliden wie z.B. Tc 99 m, J 131, etc.	$\gg 10^{-4}$ x Freigrenze pro g Abfall	Sammeln in kleineren Behältern (in Einmal-Plastiktonnen) verschlossen lagern	ja, in Tiefkühlräumen	ja, nach Lagerzeit	nein	nein	nein	ja

MÖGLICHERWEISE RADIOAKTIVES ABWASSER DER NUKLEARMEDIZINISCHEN DIAGNOSTIK

AB-SCHNITT	ABFALLART	SPEZIFISCHE AKTIVITÄT	SAMMELN	ABKLINGEN LASSEN	MESSUNG DER RADIOAKTIVITÄT	ENTSORGUNG
3.3.	möglicherweise radioaktiv kontaminiertes Laborabwasser, kontaminiert mit kurzlebigen Radionukliden	Grenzwerte durch den § 46 der Strahlenschutzverordnung nuklidspezifisch vorgegeben	In kleineren Krankenhäusern in Kunststoffbehältern sammeln	ja, wenn notwendig	ja	Bei Unterschreitung der Grenzwerte Abgabe in die Kanalisation. Bei Überschreitung der Grenzwerte erneut zum Abklingen einlagern.
			In größeren Kliniken in einer separaten Laborabwasseranlage	ja, wenn notwendig	ja	

RADIOAKTIVES ABWASSER AUS DER NUKLEARMEDIZINISCHEN THERAPIE

ABSCHNITT	ABFALLART	SPEZIFISCHE AKTIVITÄT	SAMMELN	ABKLINGEN LASSEN	MESSUNG DER RADIOAKTIVITÄT	ENTSORGUNG
3.4.	Fäkalabwasser von Schilddrüsen- (Ca-Patienten) kontaminiert mit J-131	sehr hoch, da 75 - 85% der applizierten Aktivität vom Patienten wieder ausgeschieden werden	Auffangen in einer speziellen Abklinganlage siehe Text	ja	ja	Abgabe an die Kanalisation unter Berücksichtigung und Einhaltung der Grenzwerte nach § 46 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchVO)
	Waschwasser der Patienten	sehr hoch, das Waschwasser enthält bei den Ca-Patienten im Mittel 4 - 5% der applizierten Aktivität	Auffangen in einer speziellen Abklinganlage, evtl. Rückführung des gereinigten Wassers und Wiederverwendung dieses als Spülflüssigkeit für WC's	ja	ja	Abgabe an die Kanalisation unter Berücksichtigung und Einhaltung der Grenzwerte nach § 46 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchVO)

Interne Entsorgung, Zwischenlagerung und Übergabe von chemischen Sonderabfällen im Krankenhaus

D. Reichard, Bonn

Vorbemerkung

Neben den krankenhausspezifischen Abfällen mit den Abfallschlüssel-Nummern 97 101, 97 102 und 97 103 entstehen noch eine Reihe von Abfällen, die im Hinblick auf Art, Menge und Gefährdungspotential nicht als Hausmüll, sondern als gesondert zu behandelnde Abfälle nach den Grundsätzen des Abfallgesetzes (AbfG) zu entsorgen sind.

Das vorliegende Referat gibt einen Überblick über die im Krankenhaus zu erwartenden Abfallarten sowie die notwendigen internen organisatorischen und verfahrenstechnischen Maßnahmen. Radioaktive Abfälle werden hierbei nicht berücksichtigt.

1. Entstehungsort und Einteilung der chemischen Sonderabfälle

Aufgrund mehrjähriger Erfahrung bei der Entsorgung von Krankenhäusern und Kliniken können die in Tabelle 1 aufgeführten Abfallarten als Abfall-Hauptgruppen genannt werden.
Entstehungsorte sind hierbei folgende Arbeitsbereiche:

- Stationen
- Untersuchungsräume und -laboratorien
- klinische Forschungslaboratorien
- Fotolaboratorien
- Werkstätten
- Vorratsläger

Zur Ermittlung der tatsächlich anfallenden und zu erwartenden Abfälle und zur Vorbereitung eines geregelten Entsorgungsablaufs empfiehlt es sich, eine Überprüfung der einzelnen Arbeitsbereiche vorzunehmen mit dem Ziel, die aus den im Umgang befindlichen Stoffen resultierenden Abfälle zu definieren.

Sinnvoll ist es dabei, sachkundigen Mitarbeitern diese Aufgabe zu übertragen. Gleichzeitig sollten bereits in diesem Organisationsstadium Kontakte mit Entsorgungs-Fachfirmen bzw. kommunalen

Zweckverbänden aufgenommen werden, um die interne Klassifizierung und Sammlung mit den oftmals noch unterschiedlichen Anforderungen dieser Institutionen abzustimmen.
Die abfallrelevanten Stoffe und Lösungen müssen im Hinblick auf ihre spätere Weitergabe an den Beseitiger bestimmten Abfallarten zugeordnet werden. Hinweise für die Praxis sind der Spalte "Definition, Herkunft" der Tabelle 1 zu entnehmen.

Da in vielen Fällen die in den Krankenhäusern anfallenden Abfälle nicht mit der offiziellen Nomenklatur der Abfallartenliste der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) übereinstimmen (Beispiel: Formaldehyd), können auch in diesem Fall die Beratungsgespräche mit dem Abfallbeseitiger wertvolle Hilfestellung geben.

Eine exakte Ermittlung und Klassifizierung der Abfälle ist geboten, um die Sammlung, die spätere Abgabe sowie Abfallbehandlung zu erleichtern bzw. erst zu ermöglichen und um Störreaktionen und Unfälle durch Fehlmischungen untereinander unverträglicher Abfälle zu vermeiden.

Nicht in der Liste der Abfallarten (Tab. 1) aufgeführt, gleichwohl aber ein häufig auf den Stationen anzutreffendes Abfallproblem, stellt metallisches Quecksilber aus zerbrochenen Thermometern dar.
Mittels eines Schnellabsorbens können die Quecksilberreste gebunden werden. Das so belastete Absorbens kann zur Aufarbeitung an die Herstellerfirmen eingeschickt werden.

2. Beschreibung der Behältersysteme

In Abhängigkeit der einzelnen Abfallarten und ihrer Stoffeigenschaften müssen geeignete Behälter für die Sammlung am Entstehungsort verwendet werden. Die gesetzlichen Verpflichtungen, lediglich geeignete, d.h. den zu erwartenden chemischen Beanspruchungen standhaltenden Behältermaterialien zu verwenden, sind aus der Verordnung brennbare Flüssigkeiten (§ 4 Abs. 2) sowie der Gefahrstoffverordnung (§ 24 - Aufbewahrung, Lagerung) abzuleiten.

2.1 Kombinationsbehälter (wiederverwendbar)

Speziell bei der Sammlung organischer Lösemittelabfälle (z.B. aus

histologischen Laboratorien) ist hinsichtlich der brennbaren Eigenschaften dieser Lösungen die richtige Behälterauswahl entscheidend. Empfohlen wird dafür ein HDPE-Enghals-Einstellbehälter (Kombibehälter) mit einem Nennvolumen von 10 l. Dieser Behältertyp hat sich aufgrund seiner Bauart für die Sammlung von organischen Lösemittelgemischen bestens bewährt. Darüber hinaus kann er in denjenigen Arbeitsbereichen eines Krankenhauses eingesetzt werden, die unter den Geltungsbereich der Richtlinie für Laboratorien fallen, da in derartigen Arbeitsbereichen lediglich Behälter bis zu einem maximalen Füllvolumen von 10 l eingesetzt werden dürfen. Darüber hinaus kann ein derartiger Kombinationsbehälter bestimmter Bauart nach entsprechender Spülung und Reinigung erneut eingesetzt werden, ein nicht zu unterschätzender Gesichtspunkt im Hinblick auf die ohnehin nicht geringen Entsorgungskosten.

2.2 Kunststoffbehälter (Einwegbehälter)

Für diverse wäßrige Abfälle (Tabelle 1, Positionen 5, 7, 10, 11) können Kunststoffbehälter eingesetzt werden. Als Behältergrößen haben sich hierbei 10, 20 und 30 l fassende Gebinde bewährt. Auch bei der Produktauswahl dieser Kunststoffbehälter ist nach dem Grundsatz zu verfahren, daß das Behältermaterial den zu erwartenden Beanspruchungen durch die Füllgüter standhalten muß. Die einzelnen Anbieter übersenden auf Anforderung sogenannte Beständigkeitslisten, aus denen die Einsatzmöglichkeiten derartiger Behälter abgelesen werden können. Im Normalfall handelt es sich bei Kunststoffbehältern um Einwegbehälter.

2.3 Weithalsgefäße / Hobbocks (teilweise wiederverwendbar)

Zur sachgerechten Verpackung bestimmter Abfallarten haben sich Weithalsgefäße unterschiedlicher Größenordnungen (30 l, 60 l) bewährt. Altmedikamente und Zytostatikaabfälle können in diesen Gebinden in loser Schüttung gesammelt werden.

Im Hinblick auf die spätere Beförderung sind sie gleichzeitig als Versandgefäß einzusetzen, d.h. einzelne Gebinde, beispielsweise an Laborchemikalien und Reagenzien, können in ihnen unter

Verwendung von Dämmstoffmaterial (Vermiculite) verpackt werden. In Kliniken mit medizinischen Forschungslaboratorien, die einen nicht unerheblichen Durchsatz an Laborchemikalien und chemischen Reagenzien haben, fallen von Zeit zu Zeit Altbestände an, die unter der Abfallgruppe "Laborchemikalienreste" entsorgt werden müssen. Zur Vermeidung von Transportschäden empfiehlt es sich gerade in diesem Fall, eine Unterteilung dieser Abfallart in verschiedene Verpackungsgruppen vorzunehmen. Getrennt nach diesen einzelnen Verpackungsgruppen (s. dazu Tabelle 2: Einteilung der Abfallart "Laborchemikalienreste" nach Verpackungsgruppen) werden, wie bereits erwähnt, die Einzelgebinde in diesen Weithalsgefäßen verpackt.

2.4 Weitere Kriterien für die richtige Behälterauswahl

Oberster Grundsatz bei der Behälterauswahl ist die bereits erwähnte Eignung des Behältermaterials. In Abhängigkeit des Abfalldurchsatzes der einzelnen Arbeitsbereiche ist die Behältergröße festzulegen. Die einzelnen Behälter müssen im gefüllten Zustand von den in den einzelnen Arbeitsbereichen Beschäftigten noch sicher transportiert werden können; darüber hinaus sollten längere Standzeiten der Sammelbehälter möglichst vermieden werden. Die einzelnen Behälter müssen im Hinblick auf den späteren Transport flüssigkeits- und gasdicht verschließbar sein. Sogenannte Secondhand-Behälter (z.B. alte Putzmittelbehälter) sind ungeeignet, da sie lediglich als Einweggebinde und nicht für die erneute Füllung, besonders von Abfallösungen, konzipiert sind.
Da der Abfallerzeuger bis zur endgültigen Vernichtung seiner Abfälle verantwortlich ist, müssen auch aus diesem Grund an die Sammelbehälter hohe Anforderungen gestellt werden.

Sicherste Methode, um Störfälle aufgrund ungeeigneter Behälter zu vermeiden, ist die Verwendung von baumustergeprüften und somit für die Sammlung und den Versand von Gefahrstoffen geeigneten Gebinden dringend zu empfehlen. Die jeweilige Zulassung erstreckt sich auf bestimmte Stoffgruppen, so daß auch aus diesem Grund eine genaue Kenntnis über die anfallenden Abfälle, ihre Hauptinhaltsstoffe sowie ihre Eigenschaften unumgänglich wird.

Zugelassene und baumustergeprüfte Behälter erkennt man an einer am Behälter eingeprägten Kennung (s. Abb. 3 und 4).

3. Darstellung der internen Entsorgungsabläufe

Zur Sicherstellung geregelter Entsorgungsabläufe empfiehlt es sich, einem zentralen Arbeitsbereich des Krankenhauses oder der Klinik die Organisation und die Durchführung der Entsorgung zu übertragen. Folgende Aufgaben gehören dazu:

- Auswahl, Beschaffung und Verteilung von Leergut
- Auswahl und Beauftragung geeigneter Entsorgungsfirmen bzw. Abfallbeförderer
- Koordinierung der internen Sammlungen
- Führung der Nachweisbücher gemäß Abfallgesetz

Speziell in kleineren Krankenhäusern läßt sich diese zusätzliche Aufgabe bestehenden Arbeitsbereichen, z.B. dem technischen Betriebsdienst, übertragen.

Die dazu erforderliche Sachkunde des oder der betreffenden Mitarbeiter(s) kann durch entsprechende Schulungen, von den bekannten Weiterbildungsinstitutionen angeboten, erworben werden.

In geeigneter Weise (z.B. durch Hausmitteilungen, Rundschreiben oder gar durch eine interne Richtlinie für die Sammlung von Abfällen) ist der grobe Verfahrensablauf der Entsorgungsorganisation den einzelnen Arbeitsbereichen bekanntzugeben. Enthalten muß diese Mitteilung u.a. folgende Punkte:

- Auflistung der Abfallarten
- Hinweise zur Kennzeichnung
- Beschreibung der Sammelgefäße
- Regelung für die Zwischenlagerung bzw. Abgabe der Abfälle

Zusätzlich sollten durch interne Schulungen oder Belehrungen, z.B. anläßlich von Arbeitsbesprechungen einzelner Arbeitsgruppen, die Verantwortlichen und Mitarbeiter auf Einhaltung der Entsorgungsvorschriften verpflichtet werden.

Diese erwähnte zentrale Entsorgungsstelle des Krankenhauses oder der Klinik ist somit Knotenpunkt für die interne Entsorgungsorganisation.

Um die Arbeitsfähigkeit der einzelnen abfallerzeugenden Bereiche nicht zu beeinträchtigen und um eine Überlagerung von Abfällen am Entstehungsort zu vermeiden, müssen die Sammelgefäße nach Befüllung gegen neue Leergebinde ausgetauscht werden.

Der zuständigen Stelle des Krankenhauses / der Klinik obliegt es nunmehr, eine den jeweiligen Bedürfnissen entsprechende verbindliche Regelung zu treffen.

Folgende Möglichkeiten bieten sich dabei an:

a) betriebsinterne Zwischenlagerung
b) direkte Überführung der Abfälle vom einzelnen Abfallerzeuger zu einer zugelassenen Beseitigungsanlage

4. Zwischenlagerung von Abfällen

Die Abfälle werden in einem vorhandenen oder noch zu errichtenden krankenhausinternen Abfallager zwischengelagert. Dieses Lager muß jedoch bestimmten baulichen und sicherheitstechnischen Anforderungen genügen, eine abfallrechtliche Zulassung ist weiterhin erforderlich.

Ein derartiges Zwischenlager besitzt die Vorteile

- der kontinuierlichen Entsorgung einzelner abfallerzeugender Bereiche

und

- durch die Zusammenfassung größerer Chargen wirtschaftlich vertretbare Sammeltransporte durchführen zu lassen.

Bei der Übernahme der Abfälle in ein Zwischenlager sind die einzelnen Abfallchargen nach Abfallart, -menge und -erzeuger zu erfassen (z.B. durch einen internen Entsorgungsantrag).

5. Kennzeichnung der Abfälle

Um Verwechslungen am Aufstellungsort, bei der Zwischenlagerung sowie beim Transport und bei der Beseitigung zu vermeiden, ist eine ausreichende Kennzeichnung der Abfallbehälter erforderlich.

Notwendige Angaben bei der Kennzeichnung:

a) Abfallart / Abfallschlüssel-Nr.
b) genaue Herkunft des Abfalls

Zusätzlich zu den vorgenannten Angaben müssen diese Abfälle, soweit es sich um Gefahrstoffe oder Lösungen und Gemische von Gefahrstoffen handelt, bei der Aufstellung am Entstehungsort gemäß der Gefahrstoffverordnung mit Gefahrensymbolen und -bezeichnungen gekennzeichnet werden. Werden, wie in vielen Fällen, die Sammelgefäße im weiteren Verlauf auch als Transportgefäße benutzt, so ist eine Kennzeichnung mit Gefahrzetteln gemäß der Gefahrgutverordnung Straße vorzunehmen. Anhaltspunkte für die Einstufung und Kennzeichnung der in Rede stehenden Abfallarten sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

6. Übergabe der Abfälle

Verfügt das Krankenhaus / die Klinik nicht über ein zugelassenes Zwischenlager, müssen die Abfälle direkt aus dem Arbeitsbereich heraus zu einer Beseitigungsanlage gebracht werden.

Folgende Alternativen sind dabei möglich:

a) Regelmäßige Abholung der Abfälle aus den einzelnen Arbeitsbereichen durch ein zugelassenes Entsorgungsunternehmen bzw. einen Abfallbeförderer. Der Entsorgungszyklus ist abhängig von den zu erwartenden Abfallmengen.

b) Wie a), jedoch durch die eigene Fahrbereitschaft zwecks Anlieferung der Abfälle an eine zugelassene Beseitigungsanlage.

Sinnvoll wäre es in diesem Zusammenhang jedoch, wenn sich die Kommunen und Städte bereit erklären könnten, sogenannte Kleinmengen bei den oftmals bereits bestehenden kommunalen zentralen Sammelstellen für Sondermüll (aus Haushaltungen) anzunehmen. Damit würden in vielen Fällen Entsorgungsengpässe vermieden, eine somit sinnvolle Dienstleistung der öffentlichen Verwaltung.

Einige grundsätzliche Aspekte bei der Abgabe von Abfällen in den vorgenannten Fällen (a, b) wie auch bei der Übergabe der Zwischenlagerbestände sind zu berücksichtigen:
Eine exakte Aufgliederung der entstehenden Abfälle nach einzelnen Abfallarten, die Vermeidung von sogenannten Problemabfällen, die durch das wahllose Zusammengießen verschiedener Abfallarten entstehen sowie durch eine gute Dokumentation über die aus den einzelnen Abfallbereichen entgegengenommenen Abfälle erleichtern die Beauftragung eines entsprechenden Entsorgungsunternehmens bzw. die Abgabe an eine Abfallbeseitigungsanlage.

Vor Abgabe der Abfälle an eine dieser externen Institutionen muß dem Abfallerzeuger eine schriftliche Erklärung der Beseitigungsanlage darüber vorliegen, daß er die in Rede stehenden Abfälle entgegennehmen und ordnungsgemäß beseitigen kann.

Soweit die einzelnen Krankenhäuser und Kliniken der Abfallnachweispflicht unterliegen, ist für die Übergabe das sogenannte Begleitscheinverfahren zwingend vorgeschrieben. Mit Hilfe dieser Begleitscheine wird die ordnungsgemäße Abgabe, Beförderung und Vernichtung der Abfälle dokumentiert. Die einzelnen Ausfertigungen der Begleitscheine, die beim Abfallerzeuger verbleiben bzw. ihm nach Vernichtung der Abfälle übersandt werden, müssen als Beleg im Nachweisbuch 3 Jahre vom Datum der letzten Eintragung an aufbewahrt werden.

Durch die ihm zugewiesene Verkehrssicherungspflicht hat sich der Abfallerzeuger im Rahmen seiner Möglichkeiten davon zu überzeugen, daß das von ihm gewählte Entsorgungsunternehmen auch objektiv in der Lage ist, die übergebenen Abfälle ordnungsgemäß zu beseitigen. Dies beinhaltet eine große Sorgfaltspflicht im Hinblick auf die Auswahl der entsprechenden Entsorgungsunternehmen, soweit er nicht über einen Anschlußzwang an kommunale Zweckverbände angeschlossen ist.

Grundsätzlich gilt, daß der Abfallerzeuger bis zur endgültigen und nachgewiesenen (Erhalt der Begleitscheinausfertigung Nr. 5) Beseitigung für die von ihm produzierten Abfälle verantwortlich ist.

Dipl.-Ing. D. Reichard
c/o Universität Bonn
Sicherheitstechnische Abteilung
Regina-Pacis-Weg 3

5300 Bonn 1

Tabelle 1

Einteilung der Abfallarten aus Krankenhäusern und Kliniken

(ausgenommen krankenhausspezifische und radioaktive Abfälle)

POS.	ABFALLART	DEFINITION (D) / HERKUNFT (H)	ABFALLSCHLÜSSEL-Nr.	KENNZEICHNUNG GefStoffV	KENNZEICHNUNG GGVS
1	Altbestände an Schädlingsbekämpfungsmitteln	D: je nach Inhaltsstoffen: Alt- und Restbestände von Desinfektionslösungen, ansonsten s. POS. 9	53 103	T	6.1
2	Altmedikamente	H: Stationen, Apotheke	53 501	-	-
3	Altöl, verunreinigt	D/H: stark verunreinigte Pumpenöle und Heizbadfüllungen, daher nicht für die Aufarbeitung geeignet	54 102	F	3
4	Batterien	D: verbrauchte Zink-, Nickel- oder Cadmiumbatterien	35 325		
5	Entwickler	H: Photolaboratorien	52 723	-	-
6	Laborchemikalienreste	D: Altbestände an Reagenzien und Chemikalien, H: Untersuchungslaboratorien, Werkstätten	59 302	Kennzeichnung je nach Verpackungsgruppe, s. Tabelle 2	
7	Laugengemische		52 402	C	8
8	Leuchtstoffröhren	D: enthalten Schwermetalle, z.B. Quecksilber, Blei, Cadmium, Thallium	31 433		
9	Lösemittelgemische, halogenhaltig halogenfrei	D: Einzelkomponenten und Gemische von organischen Lösemitteln (Ethanol, Toluol, Xylol etc.), formaldehydhaltige Lösungen H: Histologische Laboratorien, Pathologie, Werkstätten	55 220 55 370	F + T	3 + 6.1
10	Säuregemische		52 102	C	8
11	Spül- und Waschwässer, metallsalzhaltig	D: wäßrige, metallsalzhaltige Lösungen, Analysenreste und -mischungen	52 720	T	6.1
12	Zytostatikaabfälle	D: Zytostatika und zytostatikakontaminierte Gegenstände (Kanülen, Schläuche, Tupfer, abgebrochene Infusionen)	53 501	-	-
13	Chromschwefelsäure	H: spez. Reinigung von Glasgeräten und -teilen Achtung: Verpflichtung zur Einführung von ungefährlichen Ersatzstoffen, soweit möglich	52 105	C	8

Tabelle 2

Einteilung der Abfallart "Laborchemikalienreste"
nach Verpackungsgruppen

Lfd. Nr.	Verpackungsgruppe	Kennzeichnung GefStoffV	Kennzeichnung GGVS
1	organische Altchemikalien	F + T	3 + 6.1
2	anorganische Altchemikalien	O + T	5.1 + 6.1
3	organische Peroxide	O	5.2
4	anorganische Peroxide	O	5.1
5	organische Säurechloride	C	8
6	anorganische Säurechloride	C	8
7	Perchlorsäure, wäßrige Lösungen mit höchstens 50 % reiner Säure	C	8
8	Perchlorsäure, 50- - 72,5-%-ig	O + C	5.1
9	Hydride	F	4.3
10	Alkali-/Erdalkalimetalle	F	4.3

Erfahrungen mit der regional zentralisierten Abfallbeseitigung im norddeutschen Raum, von D. Reise, Kiel

1.Vorgeschichte

Mit dem Inkrafttreten des Bundesseuchengesetzes vom 18.Juli 1961 entstanden in fast allen Krankenhäusern Verbrennungsanlagen, in denen praktisch alles verbrannt wurde, was an Abfällen beseitigt werden mußte. Allein im Land Schleswig-Holstein bestanden im Jahr 1975 etwa 94 Verbrennungsanlagen, die sich auf 54 öffentliche Krankenhäuser und 31 Privatkliniken (für sogen. Akutkranke) sowie auf etwa 124 Sanatorien, Pflege- und Altenheime verteilten.

2.Ziel der Neuordnung

Alle Anlagen auf den Stand der Technik umzurüsten, war nicht finanzierbar. Mit dem Erscheinen des ZfA-Merkblattes Nr. 8 im Jahr 1974 hat sich die Meinung über den Ort der Vernichtung grundlegend geändert. Danach müssen die Gegenstände nicht mehr am Entstehungsort vernichtet werden. Darüber hinaus unterteilt das Merkblatt die Abfälle in solche, die jeder Beseitigungsmethode zugänglich sind (Gruppe 5.1 des Merkblattes), also gemeinsam mit Hausmüll beseitigt werden können, solche, die im allgemeinen verbrannt werden müssen (Gruppe 5.2) und solche, die einer besonderen Behandlung (Gruppe 5.3) bedürfen.
Entsprechend der Forderung des Bundesseuchengesetzes müssen im wesentlichen die Abfälle der Gruppe 5.2 durch Spezialanlagen beseitigt werden. Hinzu kommen lediglich einige Abfälle der Gruppe 5.3, soweit sie in großen Mengen auftreten (Flüssigkeiten, Medikamente).

3.Ermittlung der Abfallmenge

Zur Ermittlung der Abfallmenge und der daraus abzuleitenden Entscheidung über Anzahl und Standort der Verbrennungsanlagen, wurde im jahr 1975 vom Sozialministerium eine Befragung bei Krankenhäusern und Pflegenheimen durchgeführt.

Gefragt wurde nach der Gesamtmenge aller anfallenden Abfälle und dem Anteil der Gruppe 5.2. Da nach der Schleswig-Holsteiner Auffassung Abfälle der Gruppe 5.2 nur in sog. Akutkrankenhäusern anfallen, wurden bei der Auswertung der Fragebögen Pflegeheime und Krankenhäuser für psychisch Kranke nicht berücksichtigt, selbst wenn Mengenangaben zur Gruppe 5.2 gemacht worden waren.
Für 12.284 von 12.604 Betten in 54 Akutkrankenhäusern betrug die Gesamtmenge an Abfällen im Jahre 1975 mit 10.102 t rd. 822 kg pro Bett und Jahr. In die weiteren Berechnungen nicht miteinbezogen wurden 7 Häuser mit 2.284 Betten, deren Mengenangaben zu weit von diesem Durchschnitt entfernt lagen. Für die Wertung verblieben 9.949 Betten mit 8.606 t Abfällen. Der sich daraus ergebende Mittelwert von 865 kg pro Bett und Jahr paßt in das Bild der bis dahin vorliegenden Erhebungsergebnisse aus anderen Bundesländern und konnte als realistisch angesehen werden.
Für 12.250 Betten lagen Mengenangaben für Abfälle der Gruppe 5.2 von 633 t für das Jahr 1975 vor. Daraus errechnete sich ein Durchschnittswert von 54 kg pro Bett und Jahr. Nach Streichung von 6 Häusern, deren Mengen im Verhältnis zum Gesamtabfall zu hoch erschienen, verblieben 10.577 Betten mit 166 t pro Jahr. Das ergab einen Mittelwert von 16 kg pro Bett und Jahr. Bezogen auf 865 kg Gesamtabfall pro Bett und Jahr wären damit 1,8 % der Abfälle der Gruppe 5.2 zuzurechnen. Auch dieser Wert paßte in das Bild der bisher veröffentlichten Erhebungen, er lag jedoch an der untersten Grenze. Für die weiteren Bemessungen wurden daher 3 % zugrundegelegt, so daß mit einem Aufkommen an Abfällen der Gruppe 5.2 von 26 kg pro bett und Jahr gerechnet wurde. Die Gesamtabfallmenge der Gruppe 5.2 errechnete sich damit zu 327,7 t jährlich.
Nachdem die anlage in Kiel-Wellsee über fünf Jahre in Betrieb ist, zeigte sich, daß
1. nicht annähernd die Mengen (ausgedrückt in Behälterzahlen) anfallen, mit denen gerechnet worden ist;
2. einige bei der Fragebogenaktion erfaßte Krankenhäuser gar keine Abfälle liefern;

3. das Behältersoll lediglich von dem Klinikum der Universität Kiel, dem Bundeswehrkrankenhaus Kronshagen bei Kiel, von einem Kreiskrankenhaus und von einem Forschungsinstitut mit Krankenhaus deutlich überschritten wird. Nur in einem weiteren Fall entspricht die Behälterzahl dem rechnerisch zugrundegelegten Soll.
4. In der großen Mehrzahl der Fälle werden die der Bemessung der Anlage in Kiel zugrundegelegten Werte nicht erreicht, so daß man davon ausgehen muß, daß das Aufkommen der Abfälle der Gruppe 5.2 eher, wie es sich aus der Fragebogenaktion herleiten ließ, nach 1,8 % als nach 3 % tendiert.
Am Beispiel von 3 willkürlich ausgesuchten Krankenhäusern ist die Tendenz der Abfallmengenentwicklung aufgezeigt.

	1982	1983	1984	1985	1986
1.	100	111	127	164	221
2.	100	75	67	76	68
3.		100	237	162	115

4.Anzahl der Standorte der notwendigen Anlagen

Aufgrund der Schwerpunkte des Abfallaufkommens erschien es sinnvoll, Anlagen in Kiel und Lübeck zu errichten. Wegen der erkennbaren Nebenschwerpunkte Flensburg und Pinneberg wurden diese beiden Standort ebenfalls in die Untersuchung einbezogen. Diese Führte zu dem Ergebnis, daß die Variante 1 (1 zentrale Anlage Kiel) gegenüber allen anderen Varianten die kostengünstigste Lösung darstellte und die Neuordnung sich mit zunehmender Zahl der Verbrennungsanlagen (2 bis 4) verteuerte.
Es wurde deshalb entschieden, nur eine Anlage in Kiel zu errichten, diese aber aus Gründen der Sicherstellung der permanenten Funktionsfähigkeit mit zwei getrennten Verfahrenszügen auszustatten.

5.Träger und Betreiber der Anlage

Von den 12.604 Betten in Akutkrankenhäusern entfallen auf

das Land Schleswig-Holstein	2.981 Betten =23,7%
die Kommunen	8.159 Betten =64,7%
die Zweckverbände	657 Betten = 5,2%

die Kirchen 807 Betten = 6,4%

Damit kam als Träger der Maßnahme das land als anteilig größter Einzelträger (rd. 24 %) von Abfällen i.S.d. § 3 Abs. 3 AbfG in Betracht, zumal das Land wegen der Schließung der Anlage im Universitätsklinikum Kiel ohnehin eine neue Anlage errichten mußte. Die übrigen Beseitigungspflichtigen i.S.d. § 3 Abs. 4 AbfG wurden verpflichtet, sich der zentralen Anlage des Landes zu bedienen. Das Land bedient sich gemäß § 3 Abs. 2 Satz 2 AbfG eines Dritten, welcher Planung, Bau und Betrieb der Anlage sowie das Einsammeln, Befördern und Beseitigen der Abfälle übernimmt. Das Land Schleswig-Holstein hat mit diesem Dritten einen entsprechenden Vertrag geschlossen.

Ausgenommen von dieser Lösung ist die Insel Sylt, auf der in der Nordseeklinik Westerland/Sylt sporadisch Abfälle der Gruppe 5.2 entstehen. Die Mengen sind jedoch so gering, daß ein Transport nach Kiel nicht gerechtfertigt erscheint. Die Abfälle werden daher weiterhin in der klinikeigenen Verbrennungsanlage verbrannt. Der Träger der Klinik ist nach § 3 Abs.4 AbfG selbst beseitigungspflichtig. Zum Ende dieses Jahres wird die Anlage in Westerland aufgrund der zu hohen Emissionen stillgelegt. Dann wird auch dieses Krankenhaus an die zentrale Anlage angeschlossen werden, da eine Umrüstung der vorhandenen Verbrennungsanlage bzw. ein Neubau Investitionen von 1,0 - 1,5 Mio DM erfordern würde.

Rechtliche Absicherung

Die Landesverbände der kommunalen Spitzenverbände sowie die Krankenhausgesellschaft Schleswig-Holstein, die auch die konfessionellen Krankenhäuser vertritt, sind rechtzeitig gehört worden. Sie haben der Konzeption des Landes zugestimmt und zugesagt, sich dieser zentralen Analge zu bedienen.

Durch die "Landesverordnung über den Abfallbeseitigungsplan für Abfälle, die besonders zu beseitigen sind" (Sonderabfallbeseitigungsverordnung -SAbfVO-) vom 11. August 1981 (GVOBI für Schl.-H.S. 143) wird bestimmt, daß Abfälle aus Krankenhäusern, aus ärztlichen, zahnärztlichen und tierärztlichen Praxen, aus Apotheken und sonstigen Einrichtungen des medi-

zinischen Bereichs aus Schleswig-Holstein ohne die Insel Sylt in der Verbrennungsanlage Kiel-Wellsee zu beseitigen sind. Die Beseitigung nach dieser Verordnung umfaßt nur das Behandeln, Lagern und Ablagern, nicht den Transport.

6.Sammlung und Transport

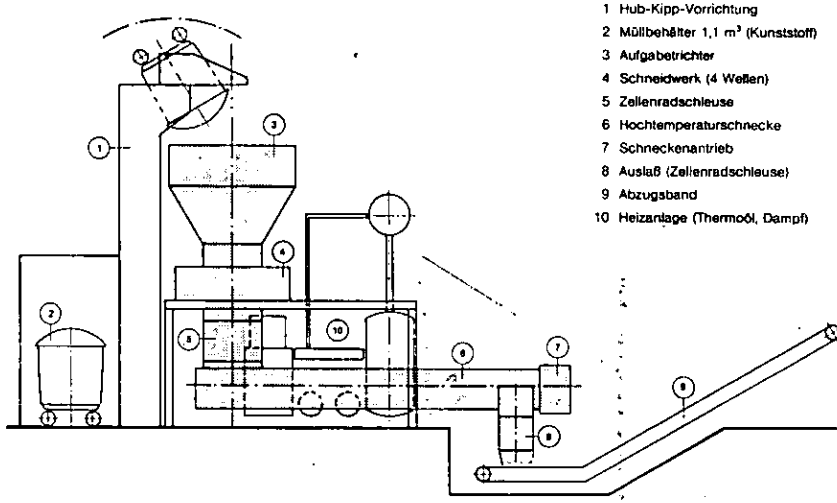
Ein System der Sammlung und des Transportes in diesem Bereich muß insbesondere gewährleisten, daß die Abfallstoffe vom Entstehungsort bis zur Beseitigung nicht mehr mit der Außenwelt in Berührung kommen können. Darüber hinaus ist - unter Würdigung der wirtschaftlichen Belange - den krankenhausinternen und verbrennungstechnischen Erfordernissen Rechnung zu tragen.
Bei dem eingesetzten System werden die Abfallstoffe am Anfallort in standardisierten Einwegbehältern aus Kunststoff mit etwa 60 l bzw. 30 l Volumen gesammelt und die Behälter nach der endgültigen Befüllung flüssigkeitsdicht verschlossen. Durch die gewählte Ausbildung des Verschlußes wird dabei zusätzlich sichergestellt, daß die Behälter nicht mehr ohne gewaltsame Zerstörung geöffnet werden können. Damit sind die Abfallstoffe einem Zugriff durch Unbefugte entzogen.
Die Behälter werden aus Polyäthylen gefertigt, so daß sie sich umweltfreundlich - ohne schadgasbildung - verbrennen lassen. Durch diese Materialwahl wurde erreicht, daß die Behälter gegen Spritzen, Einweg-OP-Bestecke stichfest sind und außerdem eine weitgehende Beständigkeit gegen sonstige mechanische Beanspruchungen, wie Stoß und Fall, aufweisen. Der letzte Punkt ist besonders wichtig für den Transport der Abfälle zur zentralen Beseitigungsanlage. Diese Anforderungen an die Verpackung wurden mit Einführung der Ausnahme S 61 der Gefahrgutausnahmeverordnung sowie der DIN V 30739 im Jahr 1986 allgemeinverbindlich eingeführt.
Darüber hinaus werden die in Kunststoff-Einwegbehältern verpackten Abfälle bei der Verbrennung spontan für die thermische Umsetzung freigegeben. Gegenüber anderen vorgeschlagenen Behälterarten (z.B.Papptrommeln) zeichnen sich diese Einwegbehälter weiterhin durch raumsparende Stapelbarkeit sowie

durch besonders einfache praxisgemäße Handhabung aus.
Nach der Befüllung auf den Stationen werden die Abfallbehälter bei den Krankenhäusern in zentralen Kühlräumen oder Kühlzellen zwischengelagert, um einer Zerstörung der Abfallstoffe entgegenzuwirken.
Die Zwischenläger der Krankenhäuser sind so angelegt, daß sie direkt mit den Transportfahrzeugen angefahren werden können. Die Größe der gekühlten Läger in den Krankenhäusern ist dem zweifachen Volumen der tourenmäßig abzuholenden Menge bemessen. Von den zentralen Sammelstellen der Krankenhäuser werden die Behälter in einem mit den Krankehäusern abgestimmten festen Abholrhythmus durch spezielle Transportfahrzeuge abgeholt und der zentralen Anlage in Kiel-Wellsee zugeführt.
Die Abholung erfolgt in der Regel einmal in der Woche. Auf besonderen Wunsch einzelner Häuser ist auch ein 14-tägiger Rhythmus eingeführt worden. Bei bestimmten Einrichtungen erfolgt die Abholung auf Abruf innerhalb der nächsten fünf Arbeitstage.
Die zu entsorgenden Einrichtungen werden mit einem Vierteljahresbedarf an Leerbehältern ausgestattet, der monatlich entsprechend der beseitigten Menge wieder aufgefüllt wird. Es ist damit sichergestellt, daß in den Krankenhäusern immer eine ausreichende Anzahl an Behältern zur Verteilung auf die einzelnen Bereiche zur Verfügung steht. Auch bei unvorhergesehenen Mehrbedarf müssen außerplanmäßig keine Behälter nachgeliefert werden.
Das Sammelgebiet umfaßt das Bundesland Schleswig-Holstein, die Freie und Hansestadt Hamburg, Teile Nordniedersachsens, die Hansestadt Bremen sowie Berlin und ist eingeteilt in 13 feste Touren. Die Sammlung wird durchgeführt mit drei Fahrzeugen, die eine Nutzlast von ca. 1-4 t haben.
Die Tourenplanung richtet sich nach der Abfallmenge und der Entfernung. Die durchschnittliche Tourenlänge liegt zwischen 280 km und 350 km. Es werden je Tour etwa acht bis zwölf Abfallerzeuger angefahren. Die Touren sind so geplant, daß während eines normalen Arbeitstages möglichst eine Auslastung des Fahrzeuges erfolgt.
Sammeltouren, die außerhalb des Bundeslandes Schleswig-Holstein liegen, werden mit größeren Fahrzeugen, die einen gekühlten

Frühbis + Silber
Entsorgungstechnologien

Hochtemperatur - Desinfektionsanlage

mit Eigendesinfektion - Aspiration und Umluftsystem



Gesteuerte zirkulare Luftströmung zur Sicherstellung eines **definierten Desinfektionsklimas** in der Desinfektionsstrecke bei Anlagenbetrieb.

Gesteuerte Luftströmung beim Befüllen der Anlage. Erzeugung eines leichten Vacuums im Einfüllbereich zur **Vermeidung von Emmissionen in die Außenluft** (Staub, Krankheitserreger).

Gesteuerte Umluftströmung zur **Eigendesinfektion** der beim Betrieb kontaminierten inneren Anlagenteile. In den Desinfektionsprozeß werden Schneidwerk, Einfülltrichter, Schnekke und Übergangsstücke einbezogen. Die Temperatur liegt zwischen 137° und max. 300° C. Die Zeitdauer ist frei wählbar.

Verfahrensablauf

Der gesammelte Abfall wird in den Einfülltrichter der Anlage verbracht und dieser verschlossen. Der Abfall wird jetzt definiert fraktioniert. Der fraktionierte Abfall gelangt durch einen Übergang in die Desinfektionsstrecke.

Um ein schnelles Durchheizen des Abfalls zu erreichen, wird im Einlaufbereich die relative Feuchtigkeit geregelt. Die Prozeßtemperatur in der indirekt beheizten Desinfektionsstrecke beträgt 137°-140° C, max. 300°. Der Abfall wird zeitlich geregelt durch die Desinfektionsstrecke gefördert. Hierbei wird der fraktionierte Abfall ständig umgewälzt und einer heißen zirkularen Luftströmung entgegen der Förderrichtung ausgesetzt.

Über einen Systemtrenner wird der jetzt desinfizierte Abfall ausgetragen.

Der Abfall ist:
- desinfiziert
- volumenreduziert
- hat kein krankenhausspez. Aussehen mehr

Kostenentlastung im Entsorgungsbereich – **Sicherheit** bei der Entsorgung von Problemmüll, ohne aufwendiges u. unsicheres Sortieren nach Gruppe B oder C (BGA Richtlinien)

– Die optimale Ensorgungstechnologie –

Patent Nr. 360 45 82

Wir bieten mehr als nur Anlagen.

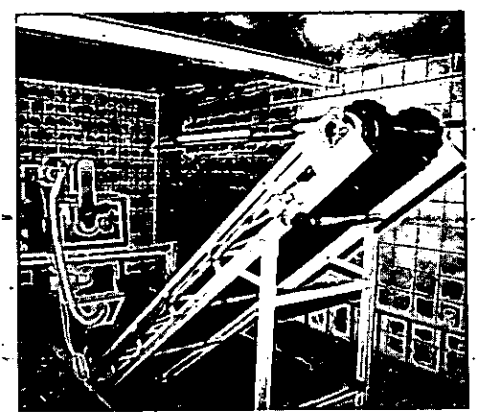
Wir bieten:

- **Entsorgungskonzepte**
- **Schlüsselfertige Problemlösungen**
- **Umfassenden Entsorgungsservice**
- **Betreiben der Anlagen**
- **Finanzierung und Vermietung von Entsorgungsanlagen**

Unser Arbeitsgebiet: Entwickeln, Planen und Realisieren von Entsorgungstechnologien für

- Haus-, Büro, Krankenhausmüll
- Industrieabfälle
- Aufbereitung von schwach radioaktiven Stoffen
- Förder- und Transportanlagen

Wir stehen Ihnen mit 15jähriger Erfahrung zur Seite.



Frühbis + Silber — Entsorgungstechnologien

Ludweilerstraße 61-77 · 6620 Völklingen
Telefon 0 68 98 / 20 07 - 0

— ein Unternehmen der Frühbis-Gruppe —

Sonderaufbau haben, durchgeführt. Bei Transportentfernungen wie z.B. Brmen und Berlin, ist eine Auslastung des Fahrzeuges erforderlich, um einen kostendeckenden Transport durchzuführen.
Alle Fahrzeuge sind mit einer Kühleinrichtung ausgestattet und mit einer Innenisolierung versehen. Die Kühlung erfolgt wie bei der Lagerung im Temperaturbereich + 5° bis + 8°C. Der Innenausbau der Fahrzeuge wurde als GFK-Schale hergestellt. Dadurch wurde eine Dichtigkeit gegen Feuchtigkeit erreicht, und durch die glatte Oberfläche, den abgerundeten Kanten und Ecken ist eine problemlose prophylaktische Desinfektion des Fahrzeuges möglich
Zum Umfang der Dienstleistung gehört auch die Gestellung der gemäß Abfallnachweisverordnung vom Abfallerzeuger auszustellenden Begleitscheine.
Mit Änderung der Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (GGVS) zum 1.9.83, unterliegt der Transport von spezifischen Krankenhausabfällen den Bestimmungen dieser Verordnung, die im Einzelnen in der Ausnahme S 61 "Beförderung von ansteckungsgefährlichen Abfällen sowie Anforderungen an die Verpackung" der Gefahrengutausnahmeverordnung geregelt sind. Die Fahrzeuge sind daher mit den erforderlichen Kennzeichnungen versehen und haben die vorgeschriebene Anzahl von Unfallmerkblättern über das richtige Verhalten bei Unfällen und die erforderlichen Hilfsmittel an Bord.
Die Anlieferung der Abfälle an der Anlage erfolgt in der Regel am Nachmittag, so daß die Einwegbehälter nach der Eingangskontrolle in dem zur Anlage gehörenden Kühlraum zwichengelagert werden. Der Kühlraum ist von der Größe her ausreichend, um einen 5-Tagesbedarf der Verbrennungsanlage zwischenzulagern.

7.Betrieb und System der Verbrennungsanlage

Am 1. Okt. 1981 nahm die Sonderabfallverbrennungsanlage für medizinische Sonderabfälle in Kiel ihren Betrieb auf. Die Anlage ist in ihrer Auslegung bemessen worden zur Beseitigung der medizinischen Sonderabfälle gem. 5.2 ZVA-Merkblatt

Nr. 8 bzw. der jetzigen Gruppe C der Anlage zu Ziffer 6.8 der "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen". Außerdem sollen in der Anlage die Altmedikamente beseitigt werden, deren anderweitige Beseitigung nicht sichergestellt ist.
Die Anlage wurde nach nur 6-monatiger Bauzeit in einem Industriegebiet am Südostrand von Kiel, völlig separat von irgendwelchen Einrichtungen des medizinischen Bereichs, errichtet.
Um eine 100%ige Entsorgungssicherheit für die medizinischen Sonderabfälle zu gewährleisten, wurden in Abstimmung mit dem Land Schleswig-Holstein, zwei völlig gleiche Anlagen unter einem Dach errichtet. Jede ist in der Kapazität so ausgelegt worden, daß in einem einschichtigen 5-Tage/Woche Betrieb die Abfälle beseitigt werden können. Es ist durch die Konzeption sichergestellt, daß eine permanente Beseitigungsmöglichkeit besteht. Diese Lösung war erforderlich, da in erreichbarer Entfernung keine Anlagen zur Verfügung stehen, die diese Abfälle, insbesondere unter Beachtung der Hygienesicherheit, beseitigen können.
Außer Verfahren der konventionellen Verbrennung sind System mit pyrolytischen Umsetzungsvorgängen für die Beseitigung von Krankenhausabfällen bekannt. Kennzeichnend für diese Verfahren ist, daß in einer Schwelkammer, die nahstöchiometrisch betrieben wird, eine Vergasung der Abfälle erfolgt. Der Ausbrand dieser flüchtigen Bestandteile findet in einem separaten Nebenbrennraum statt. Diese beiden Teile der Anlage werden mit unterschiedlichen Temperaturen gefahren. Der exotherme und der endotherme Vorgang werden nach Bedarf durch Zusatzfeuerung unterstützt.
Die Abfallbehälter werden, bevor sie der Verbrennung zugeführt werden, auf einer Plattformwaage verwogen, um einen Parameter für den Beschickungszyklus zu erhalten. Beschickt wird die Anlage mit 3-5 Behältern je Beschickung. Die Abfallbehälter werden mechanisch über eine Beschickungsschleuse in den Brennraum aufgegeben. Die Beschickungsschleuse ist thermisch verriegelt, damit die Anlage bei unterschreiten der vorgeschriebenen Nachverbrennungstempe-

ratur von größer 1200°C nicht beschickt werden kann.
In der nahstöchiometrisch betriebenen Schwelkammer erfolgt die Vergasung und völlige Veraschung der Abfälle. Der Ausbrand der flüchtigen Bestandteile wird in einem separaten Nachbrennraum, dem sogenannten Thermoreaktor, bei einer Mindesttemperatur von 1200°C durchgeführt. Die Vergasung und der Ausbrand werden jeweils nach Bedarf durch Gaszusatzfeuerung unterstützt. Bei ausreichendem Heizwert ist es möglich, die Anlage während des Beschickungszeitraumes ohne Primärenergie zu betreiben.
Die zwei völlig voneinander getrennten Verfahrensstränge haben eine maximale Feuerungsleistung von je 5,6 GJ/h. Bei einem mittleren Auslegeheizwert für Abfälle und Behälter von 16.000 kJ/kg entspricht dies einer Nennleistung von 350 kg/h je Verfahrenslinie.
Wird die Analge nicht mehr mit Abfällen beschickt, erfolgt nach dem Austreiben der flüchtigen Bestandteile in der Schwelkammer die Umsetzung des fixen Kohlenstoffes. Während dieses Vorganges steigt die Temperatur in der Schwelkammer, die bis dahin bei ca. 600-700°C lag, je nach Befüllungsgrad der Anlage, bis auf 1200°C an. Nach kurzer Verweilzeit in diesem Temperaturbereich fällt die Temperatur dann wieder schnell ab. Dieser Vorgang, der sogenannte Nachlauf, dauert etwa 3-4 Std. Danach wird die Anlage ausgekühlt, so daß sie zu Beginn der nächsten Tagesschicht entascht werden kann. Verfahrensspezifisch bei dem eingesetzten Verfahrens ist, daß die Anlage kontinuierlich über den Beschickungszeitraum beschickt wird, die Entaschung aber einmal je Anlagenzyklus erfolgt.
Die Entaschung erfolgt aus der Schwelkammer in Norm-Abfallbehälter mit 1,1 m^3 Fassungsvermögen, die von der Kieler Stadtreinigung entleert werden. Der Reststoffanteil beträgt etwa 10 Gewichtsprozent.
Die aus dem Thermoreaktor austretenden Rauchgase werden in einem Warmwasser-Wärmetauscher auf 250-300°C gekühlt und dann in einem Naßabsorber von Schadgasen und Feststoffpartikeln gereinigt. Der Naßabsorber wird mit Wasser betrieben und im sauren Bereich gefahren.

Ein aus dem Naßabsorber kontinuierlich abgezogener Teilstrom des Waschwassers wird in einer nachgeschalteten Neutralisationsanlage unter Zugabe von Natronlauge und $FeCl_3$ neutralisiert. Der sich absetzende Schlamm wird mit einer Kammerfilterpresse entwässert, so daß er eine deponierfähige Konsistenz erreicht und zur Deponierung auf einer Sonderabfalldeponie bereitgehalten.
Die durch das Rauchgasreinigungsverfahren zu erreichenden Emissionswerte richten sich nach der TA-Luft 1986.
Der in der nachgeschalteten Neutralisationsanlage gewonnene Abwasserschlamm der Rauchgasreinigung, der einer Sonderabfalldeponie zugeführt wird, hat folgenden Gehalt an umweltrelevanten Schwermetallen:

Chrom	(Cr)	mg/kg TS	157
Kupfer	(Cu)	-"-	149
Nickel	(Ni)	-"-	106
Zink	(Zn)	-"-	5090
Cadmium	(Ca)	-"-	305
Eisen	(Fe)	-"-	21100
Mangan	(Mn)	-"-	122
Blei	(Pb)	-"-	1170
Aluminium	(Al)	-"-	620
Zinn	(Sn)	-"-	1190
Quecksilber	(Hg)	-"-	2220

8.Kosten

Die entstehenden Gesamtentsorgungskosten belaufen sich bei völlig freier Finanzierung aller Maßnahmen unter Zugrundelegung der Abfallmenge 1983 und 13.105 angeschlossenen Krankenhausbetten aus Schleswig-Holstein auf 0,21 DM/Bett und Tag, so daß sich lediglich relativ geringfügige Auswirkungen auf die Tagespflegesätze ergeben.
Bei dieser Kostenbetrachtung ist nicht berücksichtigt, daß den vorstehenden Aufwendungen, Einsparungen in Höhe der bisherigen Verbrennungskosten für die Beseitigung der Abfälle in krankenhausinternen Anlagen gegenüberstehen. Dabei ist zu beachten, daß in diesen Anlagen in der Regel die im Krankenhaus anfallenden Abfallstoffe - auch die haus-

müllähnlichen Abfallstoffe - auf einem hohen Kostenniveau beseitigt werden.

9.Schlußbetrachtung

Mit dem integrierten Gesamtsystem Schleswig-Holstein
-Sammlung der Abfälle in Einwegbehältern aus Kunst - stoff an den Anfallstellen in den Krankenanstalten
-turnusmäßige Abholung der gefüllten Abfallbehälter mit Spezialtransportfahrzeugen
-Verbrennung der Abfälle in einer Zentralanlage mit hohem umwelttechnischen Standard

wurde erstmals in der Bundesrepublik Deutschland die Krankenhausabfallbeseitigung für ein gesamtes Bundesland neu und umfassend, nach zeitgemäßen Kriterien, geregelt.

Anschrift des Verfassers
Dipl.-Ing. D. Reise
Krankenhaus-Abfallbeseitigung
Schleswig-Holstein GmbH
Edisonstr. 13
2300 Kiel 14

Sieben Jahre Betriebserfahrung mit der Naßmüllsterilisation

Referent: Stefan Drauschke, KEG Berlin

1. Geschichtlicher Überblick der Krankenhausabfallbeseitigung in Berlin

1.1. Ausgangssituation

Mitte der siebziger Jahre gab es in Berlin mehr als 60 eher schlecht funktionierende Klein-Verbrennungsanlagen, die dezentral auf die verschiedenen Krankenhäuser verteilt waren.

Diese hatten eine Durchsatzleistung von ca. 100-200 kg/h und konnten nur mit vielen Unterbrechungen, über kleine Zeiträume diskontinuierlich betrieben werden, da sie von den Küchenabfällen über hausmüllähnliche Abfälle bis hin zu den chirugischen Abfällen alles aufnehmen mußten. Es gab vielfältige Schwachstellen, von denen hier nur einige genannt werden können:

- Das Beschicken und Entaschen erfolgte manuell.
- Betrieb und Wartung wurden durch ungenügend geschultes Personal durchgeführt.
- Durch die zu kleinen Brennkammern kam es zu unzureichenden Verweilzeiten der Rauchgase; die zulässige Aufnahmemenge wurde überschritten.
- Durch den häufig auftretenden Luftmangel kam es häufig zu Rußbildung.
- Sowohl in der Schlacke als aber auch in der Asche war der Anteil des Unverbrannten verhältnismäßig hoch, und damit kam es zu mangelhafter Sterilität der Endprodukte.
- Die Auflagen der TA-Luft wurden nicht annähernd erfüllt.

Diese Probleme führten vielfach zur Schließung von Anlagen, so daß Ende der siebziger Jahre noch ca. 35 der krankenhauseigenen Verbrennungsanlagen in Betrieb waren.
In diese noch verbliebenen Anlagen wurde der Problemabfall sämtlicher Krankenhäuser transportiert und verbrannt, zusammen mit ca. 8.000 t/a der hausmüllähnlichen Abfälle.
Die restlichen ca. 9.000 t/a hausmüllähnlichen Abfälle wurden zentral bei den Berliner Stadtreinigungs-Betrieben (BSR) beseitigt.

1.2. Ansätze einer Neuordnung

Die Neuordnung sah eine getrennte Beseitigung von Problem- und hausmüllähnlichen Krankenhausabfällen vor.
Die zentrale Beseitigung der ca. 17.000 t/a hausmüllähnlichen Krankenhaus-

abfälle sollte auch nach der Neuordnung beibehalten werden.
Die Beseitigung der Problemabfälle sollte neu geregelt werden.
Um sämtliche Kleinverbrennungsanlagen auf den Stand der Technik umzurüsten, wäre ein erheblicher finanzieller Aufwand notwendig gewesen. Aber damit wären auch die Probleme, die mit der begrenzt kleinen Kapazität und der Bedienung und Wartung zusammenhängen, noch lange nicht gelöst.
In der Systemstudie "Krankenhausabfallbeseitigung in Berlin" vom Referat Wissenschaftliche Planung der Berliner Stadtreinigungs-Betriebe vom Oktober 1977 wurde auf der Grundlage mehrerer in den Jahren 1968 - 1976 durchgeführter Erhebungen die Abfallmenge der Krankenhäuser näherungsweise geschätzt. Diese wurden unterteilt in ca. 446 t/a Trockenabfall und ca.275 t/a Naßabfall.
Folgende Lösungsmöglichkeiten für die Neuordnung der Beseitigung der Problemabfälle Berliner Krankenhäuser wurden diskutiert.

1. gemeinsame zentrale Verbrennung der infektiösen Trockenabfälle und der Naßabfälle bei den BSR mittels neu zu errichtender Sondermüllverbrennungsanlage.
2. Vorbehandlung der infektiösen Trockenabfälle im Krankenhaus durch Autoklavierung; Zentrale Verbrennung der Naßabfälle in einer Sondermüllverbrennungsanlage, die im Gebäude einer alten, stillgelegten Krankenhausverbrennungsanlage errichtet werden sollte.
3. Getrennte zentrale Vorbehandlung der infektiösen Trockenabfälle und der Naßabfälle mit jeweils anschließender Verbrennung in der Hausmüllverbrennungsanlage der BSR.

1.3. Ist-Zustand 1987

Die Entscheidung fiel in Berlin nicht für eine der genannten Möglichkeiten, sondern sie wurde auf die jeweiligen Krankenhäuser verlagert. Für die gemeinsame zentrale Verbrennung der nassen und trockenen Problemabfälle werden die Abfälle von Berlin nach Kiel transportiert.
Einige Krankenhäuser autoklavieren die inf. Trockenabfälle selbst und lassen die Naßabfälle zentral entweder in Berlin behandeln oder in Kiel verbrennen.
Die dritte Möglichkeit der getrennten Umwandlung des Problemmülls in Hausmüll stellt die kostengünstigste Lösung dar und wird dementsprechend bereits vom größten Teil der Berliner Krankenhäuser in Anspruch genommen.
Diese Lösungsmöglichkeit wird im weiteren "das Berliner Verfahren" genannt. Die in der oben bereits genannten Systemstudie "Krankenhausabfallbeseitigung in Berlin" ermittelten Mengenangaben bezüglich der Problemabfälle stellten sich bereits nach kurzer Zeit als zu hoch heraus.

Das liegt zum einen daran, daß die Meinungen über die hygienische Gefährlichkeit von Krankenhausabfällen sehr unterschiedlich sind und zum anderen auch daran, daß bei der Erhebung eher obere Grenzen angegeben worden sind. Die Schwankungsbreite selbst der Mengenangaben des Gesamtabfalls aus dieser Zeit lassen die Vermutung zu, daß durch das bisherige Verfahren der "hauseigenen" Beseitigung der Abfälle ein fehlendes Problem-,bzw. Mengenbewußtsein vorhanden war.
Heute kann man von durchschnittlich ca. 0,1 kg/B. Problemabfall am Tag in einem Krankenhaus ausgehen, wobei zu beachten ist, daß Körperteile und Organabfälle in ca. 80% der Krankenhäuser anfallen und kleinere Krankenhäuser in der Regel sehr geringe spezifische Abfallmengen produzieren, während in Universitätskrankenhäusern sehr hohe Mengen anfallen.

2. Beschreibung des Berliner Verfahrens

Die Abfälle werden im Krankenhaus getrennt nach eher nassen Abfällen, wie Körperteile und Organabfälle aus dem Bereich der Pathologie, Chirugie,Gynäkologie, Blutbank; Abfälle aus Laboratorien, in denen serologisch oder mikrobiologisch gearbeitet wird, infektiöse Speise- und Küchenabfälle und eher trockenen, infektiösen Abfällen. Zu den letztgenannten gehören Spritzen, Tupfer, Verbände u.ä., sofern sie nach 10a BSeuchG behandelt werden müssen .
Da nach dem Berliner Verfahren eine getrennte Behandlung der nassen und der trockenen Abfälle erfolgt, werden diese bereits im Krankenhaus getrennt gesammelt.

2.1. Transport und Behandlung der Abfälle; Reststoffentsorgung

2.1.1. sog. Trockenabfälle

Die Trockenabfälle werden auf den Stationen in dreilagigen Papiersäcken, die innen mit Kunststoff beschichtet sind, gesammelt. Diese sind lange Zeit in der Medizinischen Hochschule Hannover erprobt worden und haben sich für die Sterilisation bewährt.
Für die Sammlung der Tüten aus dem Gesamtbereich Krankenhaus werden 1,1m³ Müllnormcontainer verwandt, die gesondert gekennzeichnet und abschließbar sind. Von einer zentralen Sammelstelle im Krankenhausgelände aus wird der Abfall auf Abruf vom Transportsterilisator übernommen. So ist eine von der Abfallmenge relativ unabhängige Entsorgungsmöglichkeit für das Krankenhaus gegeben mit der größtmöglichen Flexibilität für die jeweiligen Gegebenheiten.
Der beladene Transportsterilisator fährt nun zu der stationären Kraftsta-

tion, bestehend aus Vakuumpumpe, Dampfversorgung, Kondensatableitung, Schaltschrank, Meß- und Regeltechnik.
Nach dem Anschließen des Druckbehälters an die Kraftstation erfolgt die Desinfektion des Abfalls mittels Dampfbehandlung bei ca. 110° C/ 1000 mbar und 4 Evakuierungsphasen bei jeweils 100 mbar. Insbesondere zwei Bedingungen sind für die Wirksamkeit des Dampfes zur Desinfektion der Trockenabfälle zu erfüllen:
- die Durchdringung des Desinfektionsgutes bis in den Kern,
- die ausreichende Kontaktzeit in Abhängigkeit von der Dampftemperatur.
Der Apparat ist so ausgelegt, daß auch eine Sterilisation bei 134° C und 4000 mbar möglich ist.
Das An- und Abkoppeln an die Kraftstation und der eigentliche Behandlungsvorgang nehmen ca. 55 Minuten in Anspruch.
Erst nach Ablauf des VDV-Verfahrens gibt die automatische Prozeßsteuerung die Entleerung des Druckbehälters frei.
Ohne Umladen kann der nun entkeimte Trockenabfall als hausmüllähnlicher Krankenhausabfall in die Müllverbrennung bzw. auf die Deponie gelangen.

2.1.2. sog.Naßabfall

Die Sammlung der Naßabfälle erfolgt ebenfalls direkt am Anfallort in wasserdichten, verschließbaren Behältern der Größe 60l oder 30l.Sowohl für die Sicherheit des Krankenhauspersonals, aber auch für den Transport der Abfälle auf der Straße, der von der GGVS geregelt wird,sind die Behälter so ausgerichtet, daß sie stichfest gegen Spritzen und Einweg-OP-Bestecke sind und sich wasserdicht verschließen lassen. Der Transport der Naßabfälle erfolgt in einem Spezialtransporter, der zwei Kofferaufbauten hat. Im vorderen Teil werden die sauberen Behälter transportiert. Der hintere Teil ist abnehmbar, isoliert und mit Metallbügelfächern ausgebaut, so daß die Behälter umsturzsicher transportiert werden.
Nach der Einsammlung und dem Transport zu der zentralen Sterilisationsanlage wird der hintere Kofferaufbau automatisch zu der Befüllöffnung abgehoben und hydraulisch entleert.
Der Naßabfallsterilisator hat ein Fassungsvermögen von ca.einer Tonne/ Charge. Das entspricht der Füllung mit ca.60 Behältern, die wiederum jeweils mit ca. 20 kg Abfall befüllt sind. Er ist doppelwandig gebaut und mit einem heizbaren Rührwerk versehen; die thermische Behandlung erfolgt mit Sattdampf von 134° C und 4000 mbar.

Auch die nassen Krankenhausabfälle werden einer Desinfektion/Sterilisation unterzogen - zum einen - um nicht die Nachteile und Probleme einer modernen Sondermüllverbrennungsanlage in Kauf nehmen zu müssen - und zum anderen - um im Entsorgungskonzept nicht von bestimmten Abfallmengen in bestimmten Portionen und Zeiten abhängig zu sein.
Da die nassen Krankenhausabfälle aus den unterschiedlichsten Bereichen kommen (Labor, Pathologie, Mikrobiologie u.v.m.), ist verständlich, daß für diese Abfallart die einfache Entkeimung schon aus ethischen Gründen nicht ausreichend sein kann.
Deshalb findet **während** des Sterilisationsprozesses im Autoklaven eine Homogenisierung der Abfälle statt, und zwar vorwiegend indirekt physikalisch durch Einwirkung von Druck und Temperatur im flüssigen Medium. Zusätzlich ist der Sterilisator mit einem ebenfalls beheizten sehr kräftigen Rührwerk ausgestattet. Das bietet den Vorteil, daß die Durchdringung des Sterilisationsgutes besser gewährleistet ist. Der Sterilisationsprozeß dauert mindestens 20 Minuten und erfolgt bei mindestens 134° C und 4 bar.
Nach der Entkeimung mit gleichzeitiger Homogenisierung erfolgt noch eine Phase der Trocknung, so daß aus dem klinischen Naßabfall ein von selbst brennbares oder deponierbares neutrales Material entsteht. Der Brennwert ist mit 24 Mj/kg festgestellt worden.
Die Einwegbehälter unterwerfen sich dem Granulationsprozeß, ohne daß es zu Einschlüssen kommt. Die beschriebene thermische Behandlung ist eine vorteilhafte Alternative zur direkten Verbrennung von unbehandelten Naßabfällen, einschließlich Organteilen. Der Reststoff, ein torfmullähnliches Granulat, wird als hausmüllähnlicher Abfall von den BSR verbrannt und liefert somit die Energie für den eigenen Behandlungsprozeß. Es ist aber auch deponierfähig. Der gesamte Behandlungsprozeß dauert ca.4 Std. Gegenüber den ursprünglichen Krankenhausabfälle ist das Volumen um ca. 50 % reduziert; der Restwassergehalt beträgt ca. 10 %.

3. Kosten der zentralen Krankenhausabfallbeseitigung

Die Trennung der voluminösen, aber vom Gewicht her sehr leichten, trockenen Krankenhausabfälle von den kleinvolumigen, aber schweren Naßabfällen sowohl bei der Sammlung, aber auch bei der Behandlung hat sich für die Krankenhäuser als sehr kostengünstig erwiesen.
Durch diese Trennung ergibt sich bei der Spezialautoklavierung mit geringen spezifischen Behandlungskosten der zusätzliche erhebliche Kostenvorteil gegenüber der Sonderabfallverbrennung von Naß- und Trockenabfäl-

len, weil die verwendeten Behälter optimal genutzt werden können. Der Investitionsaufwand für eine Krankenhausabfallbehandlungsanlage nach dem Berliner Verfahren ist im Vergleich zu einer Sondermüllverbrennungsanlage deutlich niedriger, so daß sich bezogen auf die Beseitigungskosten auch hier günstigere Werte ergeben.

Darüberhinaus ist das Genehmigungsverfahren für eine solche Anlage weniger aufwendig, weil eine Behandlungsanlage kein Planfeststellverfahren benötigt, sondern nach Bundesemissionsschutz genehmigungsbedürftig ist. Abluft und Abwasser müssen lediglich unter Geruchsgesichtspunkten und nicht wegen hoher Schadstofffrachten behandelt werden, da während der physikalischen Behandlung bei 134° C kaum chemische Reaktionen ablaufen.

Die in Berlin eingesetzten Behälter für Naßabfälle, die überwiegend auch nur Naßabfälle enthalten, haben ein durchschnittliches Füllgewicht von 15 - 23 kg.

Für die Trockenabfälle, die in den Spezialtüten verpackt sind, stehen 1.1m³ Container zur Verfügung, die ein durchschnittliches Füllgewicht von 80 - 120 kg haben.

Umgerechnet auf einen kg-Preis, ergeben sich in Berlin Kosten von DM 1,85 bis DM 2,80 für Naßabfälle und DM 2,08 bis DM 3,-- für Trockenabfälle, je nach Füllungsgrad der Behälter, und zwar incl. Sammlung, Transport, Behandlung und Beseitigung der Reststoffe.

4. Ausblick

Nach sechs Jahren Erfahrung mit der zentralisierten Krankenhausabfallentsorgung hat sich diese Entsorgungsart als kostengünstiger für die Krankenhäuser erwiesen als die Verbrennung in hauseigenen, dezentralen Anlagen,

4.1. weil durch die Schließung der Anlagen Kosten eingespart werden konnten (Bedienung, Wartung, Reparaturen, Anschaffung etc.)

und

4.2. weil in den eigenen Anlagen gewöhnlich der gesamte im Krankenhaus anfallende Abfall beseitigt wurde, auch die hausmüllähnlichen Stoffe, wobei das Kostenniveau im Vergleich zur herkömmlichen Hausmüllbeseitigung erheblich höher ist.

Die zentralisierte Entsorgung von Krankenhausabfällen ist ein Schritt, der es ermöglicht, aufwendige Beseitigungsverfahren punktuell abhängig vom jeweiligen Abfall anzuwenden, d.h. spezifische, aufwendige Beseitigungsverfahren werden nur für diejenigen Abfallarten eingesetzt, die

diese auch benötigen.
Krankenhausspezifische Abfälle gelten dann als Sonderabfall, der nicht mit Hausmüll gemeinsam beseitigt werden darf, wenn er mikrobiologische Gefahren birgt oder ethisch bedenklich bzw. ekelerregend ist. Die hier beschriebene Sonderabfallbehandlung wandelt den krankenhausspezifischen Abfall zu hausmüllähnlichen Abfall um, indem sowohl die infektiösen als auch die ekelerregenden Merkmale beseitigt werden und ist also auch für die bisher im Regelfall zu verbrennenden Organabfälle einzusetzen.
Das hier behandelte Verfahren zur Behandlung von nassen und trockenen Krankenhausabfällen mit den Schwerpunkten Desinfektion, Trocknung und Homogenisierung kann somit einen wertvollen Ansatz zur Entlastung der Sondermüllverbrennungsanlagen bieten,da hiermit Verbrennungskapazitäten freigemacht werden können für Problemabfall, der nach Gesichtspunkten des Umweltschutzes die Hochtemperatur - Verbrennung unbedingt benötigt, was auf viele Industrieabfälle zutrifft.
Eine Kombination des Berliner Verfahrens mit einer Hausmüllverbrennungsanlage großer Kapazität wie in Berlin dürfte eine optimale Lösung der regionalen Krankenhausabfallbeseitigung darstellen. In diesem Fall findet zwar eine Verbrennung des Abfalls statt, aber in einem vorbehandelten Zustand, der den Verbrennungsaufwand und die damit verbundenen Kosten minimiert.
Die Kostendifferenz zwischen Sonderabfallverbrennung und Hausmüllverbrennung ist dabei erheblich größer als die Behandlungskosten der Spezialautoklavierung selbst. Die bei der Verbrennung freigesetzte Energie kann zur Vorbehandlung der Abfälle verwendet werden.
Insgesamt bietet diese Verbundlösung erhebliche technische Vorteile mit Kosteneinsparungen zur Sonderabfallverbrennung und erfaßt das gesamte Spektrum der medizinischen Sonderabfälle.
Zusätzlich zur zentralisierten Entsorgung bietet das Berliner Verfahren durch die getrennte Sammlung und Behandlung von Naß- und Trockenabfällen einen wesentlichen Kostenvorteil durch optimale Behälterauslastung der jeweiligen Abfallarten.

Obwohl in den Naßmüllsterilisatoren auch eine Verarbeitung der eher trockenen Abfälle möglich ist, wird die Trennung der Abfälle, wie oben bereits ausgeführt, in Berlin aus Kostengründen weiterhin durchgeführt. Es ist aber durchaus denkbar, daß Krankenhäuser, die sich aufgrund einer sehr ungünstigen Lage nicht einer Zentralentsorgung anschließen können oder wollen, hier eine Alternative zu der hauseigenen Verbrennung finden.

Die Anschaffung und das Betreiben eines Kleinsterilisators nach dem Berliner Verfahren, das heißt Desinfektion sowohl der trockenen als aber auch der nassen Krankenhausabfälle im eigenen Haus ist durch ständige konstruktive Weiterentwicklung in der KEG - Berlin ohne den erheblichen gesetzlichen und apparativen Aufwand einer Kleinverbrennungsanlage möglich geworden.

Stefan Drauschke, Werkring 1, 1000 Berlin 20

Literaturhinweise

1. Anna, O.: Modell zur Entsorgung von Problemabfällen im Krankenhaus
in: Recycling International, E.Freitag
Verlag für Umwelttechnik, Berlin 1982, S. 919-921

2. Anonym: Problemabfälle im Krankenhaus
in: Umweltmagazin, 7/1986, S. 20-22

3. Anonym: Krankenhausentsorgung sicher und wirtschaftlich
in: Krankenhaustechnik, 7/1984, S. 42 - 44

4. Anonym: Richtlinie: Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhaus-Infektion
in: Bundesgesundheitsblatt 26,Nr. 1, 1/1983

5. Barniske, L.: Merkblatt M 8 der Zfa; Die Beseitigung von Abfällen aus Krankenhäusern, Arztpraxen und sonstigen Einrichtungen des medizinischen Bereiches
in: Das Krankenhaus, 1983, S.67.72

6. Birkholz, C., Drauschke S.: Neues Verfahren zur Beseitigung von Krankenhausabfall
in: Das Krankenhaus, 12/1983, S. 515-519

7. Drauschke, A.: Betriebsbeschreibung der Gebäude und Einrichtungen der Krankenhausentsorgungsanstalt Berlin
in: unveröffentlichtes Manuskript 1980

8. Forschungsvorhaben: Darstellung und Vergleich von Sonderabfällen in der Bunderepublik Deutschland einschließlich der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen. Beispiel: Krankenhausabfälle,
GEWU Consult-Gesellschaft für Energie, Wirtschaft und Umwelt m.b.H.
Berlin, 1986

9. Hueber, D.: Methoden und Kosten der Beseitigung von Krankenhausabfällen
in: Müll und Abfall, 10/1982, S.262 - 268

10. Kuhnert: Möglichkeiten der thermischen Behandlung von krankenhausspezifischen Abfällen in Verbrennungsanlagen
aus: Fortbildung des Hauses der Technik in Essen,
" Beseitigung von Krankenhausabfällen", 7./8.4.1981

11. Schindel, H.J.: Hygienische Aspekte bei der Beseitigung von Krankenhausabfällen
aus: Fortbildung des Hauses der Technik in Essen
"Beseitigung von Krankenhausabfällen", 7./8.4.1981

12. Der Senator für Gesundheit und Umweltschutz
Wirtschaftlichkeitsberechnung und alternativer Kostenvergleich
BSR/Drauschke

13. Sierig, G., Mosch, H., Bothe, R., Gebhard,W.:
Überlegungen zur Neuordnung der Krankenhausabfallbeseitigung in Berlin
in: Der Städtetag 33, Mai 1980, S. 333 - 338

14. Systemstudie Krankenhausabfallbeseitigung in Berlin
Berliner Stadtreinigungs-Betriebe, Oktober 1977

Behandlung von Abfällen aus Krankenhausküchen

Von W. Zillgith, Offenburg

In den letzten 10 - 20 Jahren wurde uns in nie erwartender Rasanz und kaum noch zu überbietender Deutlichkeit Fortschritt, vor allem technischer Fortschritt, beschert.
Nicht zu Unrecht wurden wir in diesem Zeitraum mit dem schmückenden Beiwort "Wegwerfgesellschaft" bedacht. Dies ist ohne Zweifel auf die erheblichen Aktivitäten der Verpackungsindustrie zurückzuführen, die seit vielen Jahren Einwegverpackungen in erheblichem Umfang auf den Markt wirft.

Die daraus entstehenden Probleme der Abfallentsorgung haben dazu geführt, daß die anfängliche Euphorie sehr schnell einer skeptischen Einschätzung gewichen ist. Man sucht mittlerweile nach Wegen, die Probleme der Energieversorgung, Rohstoffverknappung und auch Müllentsorgung in den Griff zu bekommen. Ein neuer Umweltrealismus, der in der Ölkrise begründet war, führte zu der Erkenntnis, daß unser Planet nicht groß genug ist, um ungeniert und uneingeschränkt als riesige Müllkippe mißbraucht zu werden.

Leider hat der Anstieg des Müllvolumens auch in Krankenhausküchen angehalten. Gerade hier, wo ein 100 %iger Hygienestandard aufrechterhalten werden muß, war in der Vergangenheit ein deutlicher Schwachpunkt zu erkennen. Speziell die Behandlung und Entsorgung des Küchennaßmülls gab immer wieder zu Beanstandungen Anlaß.

Von der einfachen Mülltonne bis zu teuren und aufwendigen Müllsauganlagen werden von der Industrie die unterschiedlichsten Problemlösungen angeboten. Alle Systeme haben den Nachteil, daß sie nur für einen begrenzten Einsatzzweck geeignet sind. Es gibt z.B. kein System, das für Naß- und Trockenmüll gleichermaßen gut geeignet ist. Alle Systeme kranken daran, daß bei einem größeren Anfall von Naßmüll, also Küchenabfällen, Essenresten usw. ihre Nutzung mit erheblichen Problemen verbunden war. Die darin enthaltene Flüssigkeit verursachte Schwierigkeiten bei Sammlung, Transport, Lagerung und Verdichtung, und zwar bezüglich der Dichtigkeit der Behältnisse, der Hygiene, des Ungeziefers und der Geruchsentwicklung.

1. Gesetze / Verordnungen

1.1 Durch Neufassung der DIN 1986 wurden 1970 die bis dahin oft eingesetzten Naßmüllzerkleinerer verboten. In diesen Geräten wurden or-

ganische Reste mit Wasser zerkleinert und ins Kanalnetz abgeleitet.

1.2 Durch die DIN-Norm 4040-4042 wurden Abscheider für Fett, Stärke und absetzbare Stoffe vorgeschrieben und Grenzwerte für die Abwässer gesetzt.

1.3 Am 14. Februar 1985 verbot Schleswig-Holstein das Verfüttern von Speiseresten an Tiere (Schweinepest-Verordnung).

1.4 Ähnliche Verordnungen werden zur Zeit auch in anderen Bundesländern diskutiert.

2. Entsorgungssysteme

2.1 Müllbehälter / Müllcontainer

- Edelstahl- oder Kunststoffbehälter im Küchen/Spülküchenbereich für Naßmüll geeignet, jedoch Geruchs-, Transport- und Reinigungsprobleme.
- Im Müllraum i.d.R. lackiert oder verzinkt, also nicht korrosionsfest. Daher nur für Trockenmüll geeignet. Naßmüll muß in separaten korrosionsfesten Behältern gelagert und abgefahren werden. Je nach Abfuhrintervallen muß Naßmüll gekühlt gelagert werden.

2.2 Müllpressen / Presscontainer

- Für großvolumigen Trockenmüll wie Blechdosen, Obststeigen, Kartonagen.
- Nicht geeignet für Naßmüll (Verschmutzung, Korrosion) oder Einweggeschirr.

2.3 Müllzerkleinerer / Shredder

- Geeignet für Dosen, Kartonagen, Obststeigen. Hoher Verdichtungsgrad durch Zerkleinerung.
- Ungeeignet für Naßmüll wegen extremer Verschmutzung.

2.4 Verbrennungsanlagen

- Durch neue Verordnung (TA-Luft) kaum noch im Einsatz.
- Außerdem ungeeignet für Naßmüll.
- Anteil unbrennbarer Abfälle zu hoch.

2.5 Müllsauganlagen

- In Verbindung mit Zerkleinerern geeignet für Trockenmüll.
- Ungeeignet für Glas und Naßmüll.
- Zeitliche Einschränkungen durch zyklische Entsorgung.

2.6 Naßmüllentsorgungsanlagen

- Geeignet für Küchennaßmüll, Papier, Kartonagen, Einweggeschirr und ähnliches.
- Nicht geeignet für Festmüll wie Dosen, Holz, Glas.

Die von der Industrie angebotenen Naßmüllentsorgungsanlagen sind etwa seit 1976 auf dem Markt und haben sich in vielen Bereichen der Gemeinschaftsverpflegung bewährt.
Es werden sowohl Kompaktanlagen für den dezentralen Einsatz im Küchen- oder Spülküchenbereich, als auch vollautomatische Modulsysteme mit mehreren Eingabestellen angeboten.

3. Funktionsbeschreibung

Über eine Einwurfschute oder Einschwemmrinne gelangen die Abfälle in den Zerkleinerer. Er besteht aus einem Zerkleinerungstank, darunter liegt die Zerkleinerungstrommel mit einer drehenden Mahlscheibe. Auf dieser Scheibe sind Mahl- und Schneidezähne aus einem der härtesten Metalle, dem Wolframkarbid, angebracht. Die Wandung der Zerkleinerungstrommel besteht aus einem Siebring, durch den die zerkleinerte Masse geschwemmt wird.
Die Abfälle rutschen während des Zerkleinerungsvorganges in den mit Wasser gefüllten Tank. Die hohe Umdrehungszahl der Mahlscheibe verursacht einen starken Sog in der Mitte des Tanks und zieht die Abfälle auf die Mahlscheibe herunter. Hier werden die Teile zerfasert, härtere Teile zerschlagen. Der Wasserstrudel wirbelt die zerkleinerten Teile wieder nach oben - sie gelangen wieder in den Sog - und werden in diesem Kreislauf solange zerkleinert, bis sie durch die Öffnungen im Siebsystem der Zerkleinerungstrommel passen. Die starke Strömung des Wassers schwemmt die zerkleinerten Teilchen nun zur Wasserpresse, wobei eine Förderschnecke die Masse durch einen Siebzylinder nach oben transportiert. Dabei wird durch einen Presskonus ein Großteil des Wassers ausgepreßt. Das Wasser fließt zum Zerkleinerer zurück. Die Abfälle selbst werden in stark reduziertem Volumen über eine Auswurfschute direkt in einen bereitgestellten Container ausgeworfen.

Bei einer Kompaktanlage sind die beiden Komponenten, nämlich Zerkleinerer und Presse, direkt miteinander gekoppelt. Es gibt jedoch auch ein sogenanntes Modulsystem, dessen Basis die Entkoppelung von Zerkleinerer und Presse ist. Ganz individuell können also mehrere Zerkleinerer zu einem geschlossenen System mit einer Wasserprese zusammengefügt werden. Die Abfälle werden dabei über ein Rohrleitungssystem mit Hilfe von Umwälzpumpen weitertransportiert. Dies bedeutet, daß der Abfall zwar noch am Entstehungsort zerkleinert wird, aber zentral an einer Stelle - möglichst im müllsammelraum - entsorgt wird.

4. Abfallarten

4.1 Was kann zerkleinert werden?

Organische Teile
- Speisereste
- Lebensmittelabfälle

Anorganische Teile
- Einweggeschirr
- Kunststoffe (Polystyrol, Styropor)
- Plastikbestecke und Einwegbecher
- Folien aus Plastik und Aluminium
- Milchtüten, Joghurtbecher
- Papier
- Obststeigen

4.2 Was kann nicht zerkleinert werden?

- Blechdosen
- andere Metallteile
- Glas in größeren Mengen
- massives Holz
- Röhrenknochen
- Textilien
- sonstige nicht zerfaserbare Materialien

5. Technik - Bedienung - Reinigung

5.1 Wasserkreislauf

Das Wasser zirkuliert im System, damit der Verbrauch gering bleibt. Bei einem dreistündigen, täglichen Betrieb werden für eine Kompaktanlage etwa 500 l Wasser benötigt. Bei Modulanlagen werden bei den gleichen Voraussetzungen täglich etwa 2 cbm Wasser verbraucht. Diese Angaben enthalten die notwendige Wassermenge für Füllung, Regenerierung und Reinigung des Systems. Die Regenerierung des Wassers geschieht vollautomatisch, unnötiger Wasserverbrauch wird also verhindert. Das Wasser aus den Anlagen sollte täglich abgelassen werden und über die üblichen Kläreinrichtungen des Gebäudes abgeleitet werden.

5.2 Bedienung und Reinigung

Zwei Bereiche, die sicherlich interessant und auch nicht kompliziert sind:

Inbetriebnahme:
- Hauptschalter einschalten
- Wasserzufuhr öffnen
- Ein-/Aus-Drucktaster betätigen

Reinigung und Außerbetriebsetzen:
Reinigungsprogramm (ca. 10 Minuten) duchlaufen lassen, d.h. jetzt keinen Abfall mehr eingeben.
Dabei das Gerät mit dem Wasserschlauch ausspritzen.
Wasser ablassen.
Wasserpresse durch die Reinigungstür ausspritzen.
Metallsammelkasten für irrtümlich eingegebene Metallteile entleeren.
Maschine ausschalten.

6. Systemvorteile

6.1 Wirtschaftlichkeit

6.1.1 Volumenreduzierung bis durchschnittlich 1 : 7 (85 %), je nach Abfallmischung.

6.1.2 Verzicht auf Abfallkühlräume, die häufig in Großküchen und Großhotels anzutreffen sind.

6.1.3 Kleinere oder weniger Müllcontainer.

6.1.4 Insgesamt weniger Lagerfläche.

6.1.5 Minderung des innerbetrieblichen Aufwandes für Sammlung, Transport und Lagerung - und damit natürlich Ersparnis an Personal, Zeit und Geräteschaften.

Da die Müllabfuhrkosten fast überall nach Volumen abgerechnet werden, führt die Volumenreduzierung durch Abfallzerkleinerung zu einer erheblichen Senkung der Müllabfuhrkosten.

6.2 Problemlosigkeit

6.2.1 Zerkleinerung direkt am Ort der Abfallentstehung erspart mehrfaches Umladen der Behälter, innerbetriebliche Behältertransporte, Zwischenlagerungen und viel Handarbeit.

6.2.2 Erleichterung durch sofortige Zerkleinerung durch Wegfall der zuvor beschriebenen Tätigkeiten. Darüberhinaus entfällt die vielleicht notwendige Kühlung des Abfalls. Weiterhin entfallen herumstehende, zahlreiche Abfalltonnen, Kartons und sonstige Verpackungsmaterialien.

6.2.3 Aufwendige Sortiervorgänge können entfallen, wenn eine Wiederverwendung einzelner Abfallarten nicht gefordert ist.

6.2.4 Planungsfreundlichkeit durch viele Einbauvarianten.

6.3 Hygiene

6.3.1 Die Vielzahl mehr oder weniger offener Abfalltonnen und sonstiger Behälter entfällt.

6.3.2 Abfälle werden aus Spülküchen oder sonstigen Vorbereitungsräumen sofort entsorgt und bei Modulsystemen direkt im Müllraum ausge-

worfen.

6.3.3 Das überbleibende Granulat ist weitgehend frei von Zersetzungsprozessen und Geruchsentwicklung. Dies wird möglich durch Zugabe von Desinfektionsmitteln in den Wasserkreislauf.

6.3.4 Auch Ungeziefer wird durch Zugabe von Desinfektionsmitteln ferngehalten.

Autor: Wolfgang Zillgith
Storchenweg 11
7602 Oberkirch

Abwasserentsorgung aus Krankenanstalten
Vorschriften, hygienische und chemisch-physikalische Gesichtspunkte

von G.M. Schmidt-Burbach, Lich/Gießen

"Ab-Produkte" fallen in gasförmiger, flüssiger oder fester Phase an. Hierbei gibt es zwischen Abfall und Abwasser auch fließende Übergänge, z.B. im medizinischen Bereich bei der Entsorgung von Blut. Nach dem durch die LAGA-Arbeitsgruppe fortgeschriebenen Abfallkatalog (Entwurfsfassung vom 17.7.86) kann die Art der Entsorgung von Blut strittig sein, da Blut per definitionem unter "Organe" einzustufen ist und damit in der Entsorgung dem Abfall unter der Abfallschlüssel-Nr. 97104 des Abfallkataloges zuzuordnen ist. Als einzig zugelassene Beseitigungsart hierfür ist die Sonderabfall-Verbrennung (SAV) ausgewiesen. In der Praxis findet diese Entsorgungsart aber nur bei größeren Blutmengen Anwendung, wogegen kleinere Mengen, z.B. aus dem Operationsbereich oder dem Labor eines Krankenhauses in der Regel über das Abwasser entsorgt werden, unabhängig davon, ob evtl. eine mikrobiologische Belastung des Blutes vorliegt oder nicht (z.B. Hepatitis B, AIDS). Dies gilt auch für erkannte Fälle einer "übertragbaren Erkrankung" im Sinne des § 3, BSeuchG (1), bei denen nach § 10a BSeuchG verfahren werden muß (vgl. unten).

Dieses Vorgehen zeigt u.a. auch die heutige Einschätzung des mikrobiologischen Gefährdungspotentials eines klinischen Abwassers, wie es aus dem Merkblatt 2 zur "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen" (2) und der DIN 19520 (3) hervorgeht.

Diese beiden Publikationen, nämlich DIN 19520 und das Merkblatt M 2 der BGA-Richtlinie bilden die zentralen Grundlagen zur mikrobiologischen Beurteilung bzw. Behandlung eines Abwassers aus dem Krankenhausbereich und stellen damit die entsprechenden normativen und quasi-gesetzlichen Grundlagen (i.S. des § 36 BSeuchG) dar. Es wird hierbei von der Erkenntnis ausgegangen, daß Ausscheider pathogener Keime nur zu einem geringen Teil in einer Krankenhausbehandlung sind und damit ein aus diesem Bereich stammendes Abwasser zumindest nicht mehr belastet ist als ein aus Wohnbereichen stammendes. Als Beispiel für die häufigsten im Abwasser auftretenden human-pathogenen Keime seien Salmonellen, Hepatitis-A-Viren, entero-pathogene Viren, wie Rota-Viren, weiterhin Campylobacter und Yersinia enterocolitica genannt.

Diese hygienische Einschätzung eines Abwassers kann auch aus dem Bundes-Seuchen-Gesetz heraus interpretiert werden. So müssen Krankheitserreger übertragbarer Erkrankungen im Abwasser allein durch ihr Vorhandensein noch keine besonderen Gegenmaßnahmen auslösen. § 10a BSeuchG läßt dem jeweils zuständigen Gesundheitsamt einen großen Ermessensspielraum:
Über das alleinige Vorhandensein solcher Keime hinaus muß auch "ein Auftreten bzw. Verbreiten dieser Krankheitserreger zu befürchten sein". Nur im letzteren Fall, nämlich wenn ein Auftreten oder Verbreitung einer Erkrankung zu befürchten ist, "sind die notwendigen Maßnahmen zur Abwendung der hierdurch drohenden Gefahren zu treffen". Diese Aussage im BSeuchG gilt allgemein für "Gegenstände", wobei die amtliche Begründung zum 4. Änderungsgesetz des BSeuchG unter dem Begriff "Gegenstände" ausdrücklich auch Ausscheidungen umfaßt!

Diese Einschätzung bzw. Beurteilung eines Abwassers hinsichtlich der Keimbelastung gilt für alle Bereiche eines Krankenhauses, somit auch für Infektionsstationen, so daß in der Regel eine irgendwie geartete Behandlung, d.h. Aufbereitung des Abwassers vor Einleitung in die Kanalisation entbehrlich ist. Im Zweifelsfall bleibt für das Gesundheitsamt abzuwägen, inwiefern im Abwasser einer Klinik massiv, d.h. über das übliche Maß hinaus Erreger übertragbarer Erkrankungen enthalten sind und ob diese nach Art und Lage des Krankenhauses, nach der Ableitung des Abwassers, der Situation der Kanalisation bzw. des Vorfluters, der Verdünnung des Abwassers im Leitungsnetz, etc. zu einer "Verbreitung", d.h. zu möglichen Infektionen führen können.

Aus den vorliegenden Erkenntnissen, die auf gezielten Untersuchungen u.a. des Bundesgesundheitsamtes beruhen, ist man davon abgegangen, das Abwasser bestimmter Krankenhausbereiche, z.B. der Infektionsstation innerhalb der Klinik getrennt abzuführen und über eine "Zentraldesinfektion" aufzubereiten. Dort, wo man solche Anlagen gebaut hat, wurden sie bald wieder stillgelegt. Zum Teil haben sie auch nie richtig funktioniert.

Anders zu beurteilen sind aber gewisse klinische Sondereinrichtungen, z.B. große Infektionskrankenhäuser mit überdurchschnittlich hoher Keimbelastung des Abwassers oder ein belastetes klinisches Abwasser, das direkt in ein Gewässer oder einen offene Vorfluter eingeleitet wird. Im letzteren Fall ist eine eventuelle Abwasserdesinfektion in die wasserrechtliche Erlaubnis der Einleitung einzubeziehen.

Bei solchen, quasi Ausnahmefällen ist eine Desinfektion des Abwassers über Erhitzung oder Chlorung nach biologischer Vorreinigung entsprechend DIN 19520 durchzuführen. Im Falle der Erhitzung sind 100-105° C über $\geq$ 15 min. Einwirkzeit anzuwenden, um das Wirkungsspektrum ABC entsprechend der Nomenklatur des Bundesgesundheitsamts zu erreichen. Dieses umfaßt die Inaktivierung aller vegetativen bakteriellen Keime einschließlich Mycobakterien, Pilze, die Inaktivierung von Viren sowie die Abtötung von Sporen des Erregers des Milzbrandes.

Wird eine Desinfektion des Abwassers für notwendig erachtet und wird diese nach einem der beiden Verfahren nach DIN 19520 durchgeführt, dann bedarf es nach (4) ständiger mikrobiologischer Kontrollen, mindestens wöchentlich durchgeführt, bei denen die Koloniezahl bei 8 von 10 vorzunehmenden Proben 0/ml betragen muß. Es ist jeweils eine Probe von 10 ml zu ziehen, unterteilt in 10 Proben a 1 ml.

Aus Gründen des Infektionsschutzes innerhalb des Krankenhauses, in seltenen Fällen auch aus Gründen der Abwasserhygiene, kann eine Desinfektion von Stuhl und Urin auf Station notwendig sein und entsprechend angeordnet werden. Als Beispiele für den letzten Fall sei das Vorhandensein von Cholera-Vibrionen oder Erreger des hämorrhagischen Fiebers genannt. Die Desinfektion solcher Ausscheidungen wird nach den Vorschriften des Bundesgesundheitsamtes in Abschnitt 3.8 der Anlage "Desinfektion" zur BGA-Richtlinie (5) durchgeführt.

Aus dem oben Gesagten geht hervor, daß Abwasser auch aus Kliniksbereichen durchaus nennenswerte Mengen an human-pathogenen Keimen - vorwiegend von Ausscheidungen - enthalten kann. Da z.B. das Reinigungs- oder Reparatur-Personal an/in Abwassernetzen einem Kontakt dieses Abwassers ausgesetzt ist oder zumindest sein kann, sollten aus prophylaktischen Gründen die möglichen Infektionswege anal/oral bzw. bei Hautverletzungen eine Sepsisgefahr beachtet werden. Je nach Art und Dauer des Kontaktes mit Abwasser aus einem Kliniksbereich sollten daher zumindest Handschuhe, evtl. Schutzanzüge getragen werden.

Ein weiterer Aspekt, der auch im Zusammenhang mit dem Krankenhausabwasser immer mehr in den Vordergrund tritt, ist der des Umweltschutzes bzw. der Umwelthygiene. Ein Beispiel soll dies belegen: Im Rahmen einer Diplomarbeit (6) wurden dem Entwässerungsnetz einer Universitätsstadt nahezu 100 Abwasserproben entnommen und hinsichtlich mikrobizider Wirkstoffe (Formaldehyde, Phenol und Chlor) untersucht. Diese Umwelt-relevanten Chemikalien ließen sich in unterschiedlich hoher Konzentration an jedem Entnahmeort nachweisen, mit den höchsten Werten an Phenol (40-550 ug/l), Formaldehyd (0,2-13,3 mg/l) und Gesamtchlor (100 mg/l) an der Einleitstelle des Abwassers aus der Universitätsklinik.

Die Abbildungen 1 - 4 zeigen die Formaldehyd-Konzentrationen an den jeweils angegebenen Entnahmestellen:

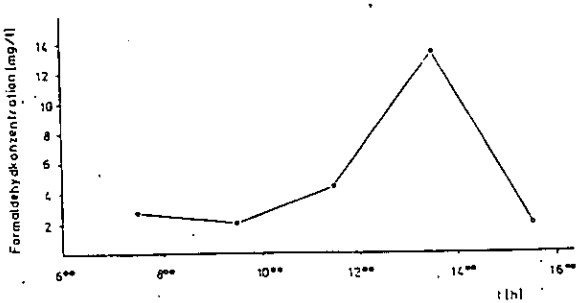


Abb. 1: Tagesganglinie für Formaldehyd der Zentralküche des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Giessen vom 08.01.86 (6)

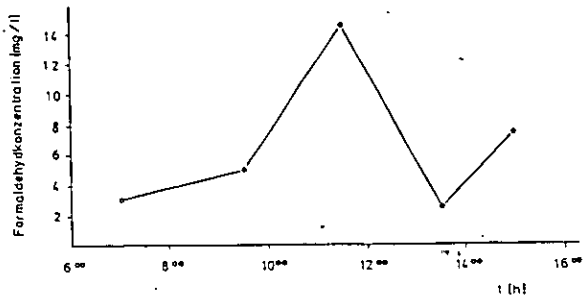


Abb. 2: Tagesganglinie für Formaldehyd des Abwasserkanals "Frankfurter Straße" (Abwasserschacht: Ecke Frankfurter Straße/Friedrichstraße) der Stadt Giessen vom 12.03.86 (6)

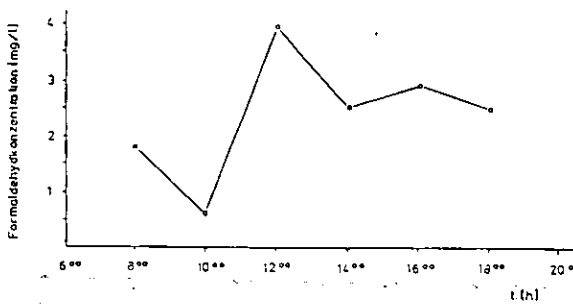


Abb. 3 : Tagesganglinie für Formaldehyd des Sammlers "Hollerweg" der Stadt Giessen vom 12.03.86 (6)

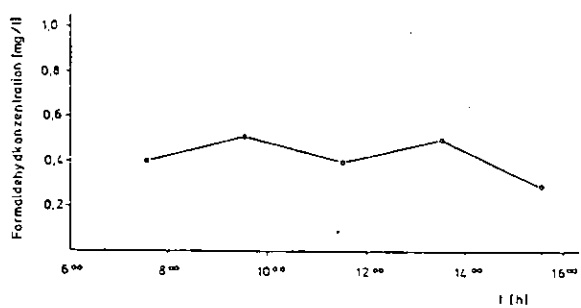


Abb. 4: Tagesganglinie für Formaldehyd eines Wohngebietes des Stadtteils Wieseck (Kontrollschacht "Steinbrücke") vom 09.04.86 (6)

Phenolhaltige Desinfektionsmittel finden heute nur noch wenig Anwendung, so daß die Phenolwerte eher auf menschliche Ausscheidungen zurückzuführen sein dürften. Präparate mit Aldehyden als Wirkstoff finden im Kliniksbereich dagegen verbreitete Anwendung, ähnlich wie auch organische Chlorabspalter, die zur Wäschedesinfektion, als Spülmittelbestandteil etc. Einsatz finden. Insofern sind auch die anfangs hohen Meßwerte verständlich, die im Abwasser aber bis zur Kläranlage abnahmen und dort z.T. weit unter dem Schwellenwert lagen, bei dem der Belebtschlamm geschädtigt werden kann (Schwellenkonzentration, ermittelt mit dem Dehydrogenaseaktivitätstest). Besondere Bedeutung ist hierbei offensichtlich dem Chlor beizumessen, das im Abwasser mit organischen Substanzen reagiert, wobei halogene Kohlenwasserstoffverbindungen entstehen, ein Vorgang, der weiterer Untersuchungen bedarf.

Generell unterliegt eine Einleitung von Abwässern hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Belastungen den sich aus dem Wasserhaushaltsgesetz und den Wassergesetzen der einzelnen Bundesländer ableitenden Bestimmungen und Einschränkungen. Auf dieser Basis haben die Kommunen Abwasser-Satzungen mit Anschlußrecht bzw. Anschlußzwang für alle potentiellen Einleiter - d.h. auch für die Krankenhäuser - erlassen. Diese Satzungen beinhalten sowohl Einleitbedingungen, wie auch Nutzungsbeschränkungen. Letztere umfassen Grenzwerte für einige chemischen und physikalischen Parameter, wie z.B. pH-Wert, Temperatur, mineralische Öle und Fette, Quecksilber und Silber, um nur einige für Kliniken wichtige Werte zu nennen. Die sich hieraus evtl. ergebende Notwendigkeit für Neutralisationsanlagen, Fettabscheider nach DIN 4040/4041 (7), ebenfalls Kartoffelstärkeabscheider in den Küchen lt. DIN 1986 (8) seien hier erwähnt. Die häufigsten Grenzwertüberschreitungen beim Kliniksabwasser werden beim pH-Wert durch Desinfektions- und Waschpräparate und bei Temperatur und Fetten durch Wäschereien und Küchen festgestellt. Es sei aber einschränkend erwähnt, daß Messungen einer Abwasserüberwachung nur in den seltensten Fällen vorgenommen und somit Grenzwertüberschreitungen festgestellt werden.

Werden Beanstandungen, d.h. Grenzwert-Überschreitungen z.B. beim pH-Wert festgestellt, dann in der Regel solche, die ebenfalls in jedem Haushaltswasser durch Spül-, Reinigungs- und Waschpräparate gemessen werden würden. In solchen Fällen wird es dann häufig notwendig Wasch- und Spülmaschinen, die in gleicher oder ähnlicher Form in jedem Haushalt stehen, stillzulegen oder mit einer integrierten Neutralisation zu versehen.

In den oben erwähnten Abwasser-Satzungen ist häufig der allgemein gehaltene Passus zu finden, daß Stoffe, die geeignet sind, die mit der Wartung und Instandsetzung der Entwässerungsanlagen beauftragten Personen gefährden, nicht eingeleitet werden dürfen. Diese Aussage (als Vertragsbestandteil) verleitet manche Kommune dazu für ein Krankenhausabwasser diverse Desinfektionsmaßnahmen zu fordern, die aus den bereits oben dargelegten Gründen nicht notwendig, ja sogar Abwasser-schädlich wären. Insofern muß solchen Forderungen entschieden widersprochen, eine gewisse mikrobiologische Gefährdung in Kauf genommen und das Personal entsprechend unterrichtet und geschützt werden.

Als gravierende Verschärfung der bisherigen Grenzwert-Angaben bzw. der Stoff-Auflistung in den kommunalen Einleitbedingungen ist eine Liste chemischer Substanzen anzusehen, die auf der EG-Gewässerschutzrichtlinie basiert und die zumindest in der hessischen Version 111 chemische Substanzen enthält, deren Einleitung nach dem Hessischen Wassergesetz (HWG) verboten bzw. für eine Übergangszeit genehmigungspflichtig ist. Wenn solch eine Liste in der Regel ohne jeden sachlichen Kommentar über die Regierungspräsidenten oder die Landkreise an die Krankenhäuser mit einer Erklärungsverpflichtung geschickt werden, so dient ein solches Vorgehen sicherlich nicht einer Verbesserung der Abwasserqualität oder einer Umwelthygiene, sondern führt nur zur Verunsicherung der Betroffenen und wird in dieser Form mit Sicherheit keinerlei Erfolg haben! Auch die größte Klinik wird mit einer solchen Liste überfordert sein, ganz zu schweigen von den Kosten für eine gezielte diesbezügliche Abwasseruntersuchung!

Kopfsatz

Werden Beanstandungen, d.h. Grenzwert-Überschreitungen z.B. beim pH-Wert festgestellt, dann in der Regel solche, die ebenfalls in jedem Haushaltswasser durch Spül-, Reinigungs- und Waschpräparate gemessen werden würden. In solchen Fällen wird es dann häufig notwendig Wasch- und Spülmaschinen, die in gleicher oder ähnlicher Form in jedem Haushalt stehen, stillzulegen oder mit einer integrierten Neutralisation zu versehen.

In den oben erwähnten Abwasser-Satzungen ist häufig der allgemein gehaltene Passus zu finden, daß Stoffe, die geeignet sind, die mit der Wartung und Instandsetzung der Entwässerungsanlagen beauftragten Personen gefährden, nicht eingeleitet werden dürfen. Diese Aussage (als Vertragsbestandteil) verleitet manche Kommune dazu für ein Krankenhausabwasser diverse Desinfektionsmaßnahmen zu fordern, die aus den bereits oben dargelegten Gründen nicht notwendig, ja sogar Abwasser-schädlich wären. Insofern muß solchen Forderungen entschieden widersprochen, eine gewisse mikrobiologische Gefährdung in Kauf genommen und das Personal entsprechend unterrichtet und geschützt werden.

Als gravierende Verschärfung der bisherigen Grenzwert-Angaben bzw. der Stoff-Auflistung in den kommunalen Einleitbedingungen ist eine Liste chemischer Substanzen anzusehen, die auf der EG-Gewässerschutzrichtlinie basiert und die zumindest in der hessischen Version 111 chemische Substanzen enthält, deren Einleitung nach dem Hessischen Wassergesetz (HWG) verboten bzw. für eine Übergangszeit genehmigungspflichtig ist. Wenn solch eine Liste in der Regel ohne jeden sachlichen Kommentar über die Regierungspräsidenten oder die Landkreise an die Krankenhäuser mit einer Erklärungsverpflichtung geschickt werden, so dient ein solches Vorgehen sicherlich nicht einer Verbesserung der Abwasserqualität oder einer Umwelthygiene, sondern führt nur zur Verunsicherung der Betroffenen und wird in dieser Form mit Sicherheit keinerlei Erfolg haben! Auch die größte Klinik wird mit einer solchen Liste überfordert sein, ganz zu schweigen von den Kosten für eine gezielte diesbezügliche Abwasseruntersuchung!

Zum Schluß soll noch ein weiterer Aspekt angesprochen werden, nämlich das Abwasser-Abgabengesetz AbwAG (9). Sinn eines solchen Gesetzes ist es, nach dem Verursacherprinzip Einleitungen in einen Vorfluter entsprechend der Verunreinigungsfracht gebührenmäßig zu belasten. Da aber nach § 2, Abs. 2 dieses Gesetzes nur das unmittelbare Verbringen eines Abwassers in ein Gewässer verstanden wird, kann z.Zt. eine angepaßte Abwassergebühr für Untereinleiter, somit auch für Krankenhäuser rechtlich nicht durchgesetzt werden. Die von den Kommunen oder Abwasserverbänden zu entrichtenden Abwasser-Abgaben werden somit z.Zt. über die Gebührenordnungen unter "Kanalbenutzung" pauschal über den Wasserverbrauch erhoben. Damit wird für die Untereinleiter der eigentliche Sinn dieses Gesetzes unterlaufen. Es ist aber damit zu rechnen, daß eine Novellierung dieses Gesetzes auch Untereinleiter zumindest ab einer bestimmten Größenordnung erfassen wird, so daß dann auch die meisten Kliniken der Deklarationspflicht und einer Gebührenentrichtung nach dem AbwAG unterliegen werden.

Literaturverzeichnis

(1) Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten beim Menschen i.d.F. vom 18.12.1979; Bundesgesundheitsblatt I, S. 2262, bzw. 1980: I, S. 151)

(2) Merkblatt 2 zur "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen", Bundesgesundheitsamt (Hrsg.), Bundesgesundheitsblatt 19, 1976,1 bzw. Bundesgesundheitsblatt 20, 1978, 34

(3) DIN 19520 vom Mai 1964:
"Abwasser aus Krankenanstalten - Richtlinien für die Behandlung"

(4) Merkblatt: Einleitung von Krankenhausabwasser in Kanalisation oder Gewässer; Bundesgesundheitsamt (Hrsg.), Bundesgesundheitsblatt 21, Nr. 2 vom 20.1.1978, S. 34

(5) "Durchführung der Desinfektion", Anlage zur Ziffer 7.2. der "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen", Bundesgesundheitsblatt 23, 1980, 356

(6) Jordan, Berthold; Nachweis mikrobizider Wirkstoffe im Abwasser der Stadt Gießen vom Einleitungsort bis zum Klärwerk und Untersuchung ihrer Toxizität auf die Belebtschlammbiocoenose mit dem Dehydrogenaseaktivitäts-Test.
Zs. für Krankenhaushygiene und Infektionsverhütung, Verlag für Medizin, Heidelberg, im Druck.

(7) DIN 4040 vom Januar 1957: Fettabscheider-Baugrundsätze
DIN 4041 vom Januar 1957: Fettabscheider-Einbau, Größe und Schlammfänge -Richtlinien

(8) DIN 1986
Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke.

(9) Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer, Bundesgesundheitsblatt I, 1976, 2721

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. G. M. Schmidt-Burbach
Institut für Krankenhaushygiene
und Infektionskontrolle
Neuwiesenweg 1

6302 Lich 1

Abwasserentsorgungsnetze und -anlagen im Krankenhaus

von K. Rudat, Berlin

1 Einleitung

Kommunale Entwässerungssysteme dienen seit jeher der Sammlung, Ableitung und Reinigung der häuslichen Abwässer von Siedlungsgebieten. Werkstoffe und Bauelemente der Ortsentwässerung einschließlich der Einrichtungen zur Abwasserreinigung richten sich deshalb in erster Linie nach der Beschaffenheit des in Wohnbauten anfallenden sog. häuslichen Abwassers.

Abwässer aus Krankenhäusern können prinzipiell den häuslichen Abwässern zugeordnet werden. Allerdings wird in Teilbereichen des Entwässerungssystems Schmutzwasser abgeführt, dessen Beschaffenheit eine Aufbereitung noch vor der Einleitung in die Ortsentwässerung notwendig macht. Die **Tabelle 1** zeigt krankenhaustypische Abwässer auf, die i. d. R. einer Behandlung zu unterziehen sind. Ausnahmen sind immer dann gegeben, wenn durch Mischung mit anderen Abwässern die Konzentration der Schmutzstoffe o.ä. unter die zulässigen Grenzwerte sinkt. Das setzt natürlich voraus, daß daraus keine anderen Nachteile entstehen. Beispielsweise muß fetthaltiges Abwasser einem Abscheider unmittelbar zugeführt werden, während Abwasser aus Infektionsabteilungen unter Umständen nicht aufbereitet werden muß, da durch Verdünnung im Entwässerungssystem des Grundstückes die Keimkonzentration auf Werte abfällt, die keinesfalls höher liegen als die der kommunalen Abwässer.

2 Leitungssysteme

Die Abführung von Schmutz- und Regenwasser erfolgt in getrennten Leitungssystemen sowohl im Gebäude als auch auf dem Grundstück, auch da, wo die öffentliche Entwässerung im Mischverfahren erfolgt. Das hat den Vorteil, daß bei späterer Systemänderung der kommunalen Entwässerung eine Umstellung nur im Straßenbereich erfolgen muß.

Abwasserart	Krankenhausbereich	Aufbereitungsverfahren (Anlage, Einbauteil)
Schmutzwasser		
häuslich	alle Bereiche mit Ausnahme der folgenden:	———
fetthaltig	Großküche (Spülmaschinen etc.)	Fettabscheider (Trennung durch Aufschwimmen)
stärkehaltig	Großküche (Kartoffelschälmaschine)	Stärkeabscheider (Trennung durch Absetzen)
ölhaltig	Heizzentrale (Ölfeuerung)	Heizölsperre (Verschluß bei Ölanfall)
aggressiv (i.d.R. sauer)	Labor	Neutralisationsanlage (pH-Wert abhängige NaOH, bzw. HCl-Zugabe)
infektös	Infektionsabteilung, Pathologie, Prosektur	Thermische Desinfektion (Erwärmung mit Dampf auf ca. 100° C)
radioaktiv	Nuklearmedizin (Therapie)	Auffanganlage, Abklinganlage (Speichern, bis die Aktivität hinreichend klein ist)
temperiert (ϑ > 35°C)	Wäscherei	Wärmerückgewinnung (Wärmeaustauscher, Wärmepumpe)
Regenwasser	Dach- und befestigte Grundstücksflächen	———

Tabelle 1	Krankenhausabwasser	Rudat 1987

Eine wesentliche Bezugsfläche für die Konstruktion des Abwasserrohrnetzes ist die Rückstauebene. Deren Höhe wird i. d. R. von der örtlichen Behörde festgelegt. In Bild 1 ist dargestellt, welche Einflußgrößen von Bedeutung sind und wie beispielsweise für Berlin die Rückstauebene bestimmt wird. Als rückstausicher gelten Ablaufstellen, wenn der Wasserspiegel im Geruchverschluß über der Rückstauebene liegt.
Die Forderung nach Rückstausicherheit führt zu zwei Entwässerungsbereichen, die voneinander zu trennen sind:

Ablaufstellen
a) oberhalb und
b) unterhalb

der Rückstauebene.

Im ersten Fall wird das Abwasser in natürlichem Gefälle und möglichst auf kürzestem Wege dem Straßenkanal zugeführt. Dagegen werden Abläufe im zweiten Fall über eine Hebeanlage (in Krankenhäusern der Regelfall) oder in Ausnahmefällen über rückstausichere Verschlüsse entwässert.

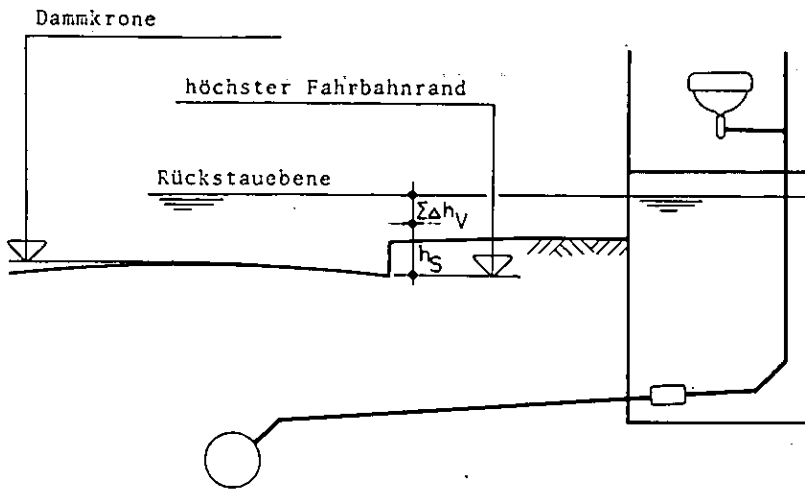
2.1 Entwässerung oberhalb der Rückstauebene

Grundsätzlich können abhänging von der Orientierung einer Abwasserleitung zwei Leitungsarten voneinander unterschieden werden:

a) Falleitung
b) liegende Leitungen (i.d.R. sog. Sammel- bzw. Sammelanschlußleitungen, siehe (1))

Analog dazu kann ein ganzes Entwässerungssystem falleitungs- oder sammelleitungsorientiert ausgebildet sein (7).

Charakteristisch für ein falleitungsorientiertes System (siehe Bild 2) ist die hohe Anzahl von Falleitungen, die über möglichst kurze Einzel- oder Sammel-Anschlußleitungen die sanitären Einrichtungsgegenstände entwässern.



DIN 1986 Teil 1 (1)

Die Rückstauebene wird von der örtlichen Behörde festgelegt. Sofern von der zuständigen Behörde (Ortssatzung) die Rückstauebene nicht festgelegt worden ist, gilt als Rückstauebene mindestens die Straßenhöhe an der Anschlußstelle.

Senator für Bau- und Wohnungswesen, Berlin

$h_R = h_F + h_S + \Sigma\Delta h_V$ in m über NN

mit

h_R = Höhe der Rückstauebene in m über NN

h_F = vor dem Grundstück befindlicher höchster Fahrbahnrand in m über NN

h_S = Stauwert in m = 0,25 m bei Anschluß an Regen- oder Mischwasser
= 0,10 m bei Anschluß an Schmutzwasser

$\Sigma\Delta h_V$ = Fließhöhenverlust in m

Bild 1	Festlegung der Rückstauebene	Rudat 1987

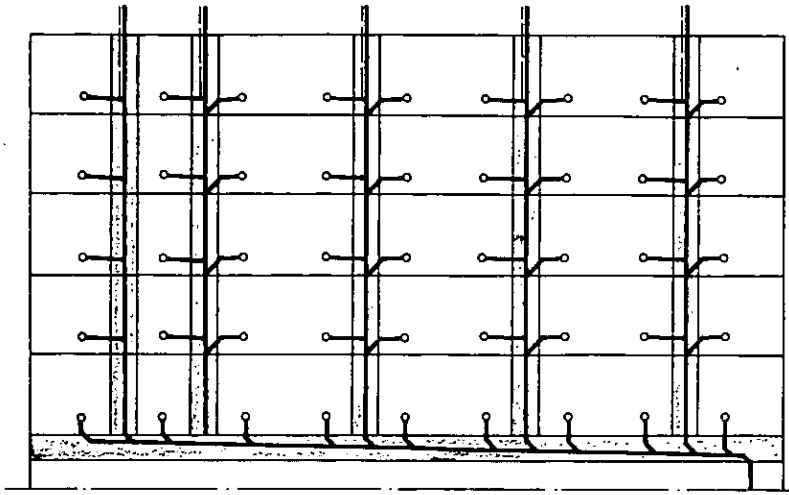


Bild 2	Falleitungsorientiertes Abwassersystem	Rudat 1987

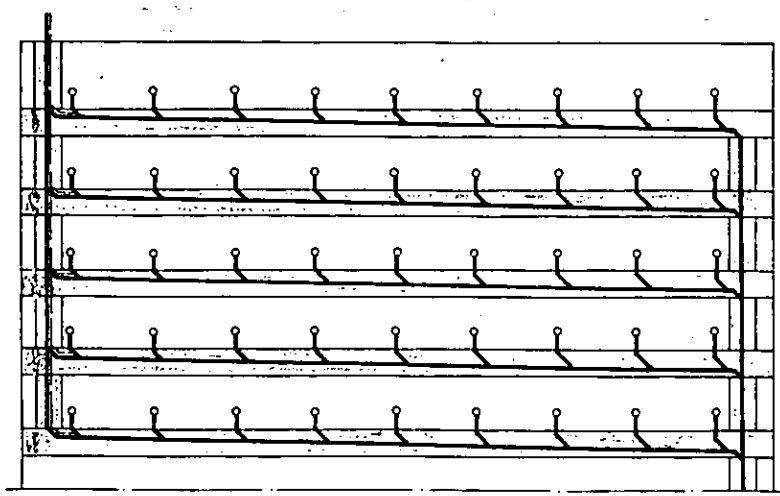
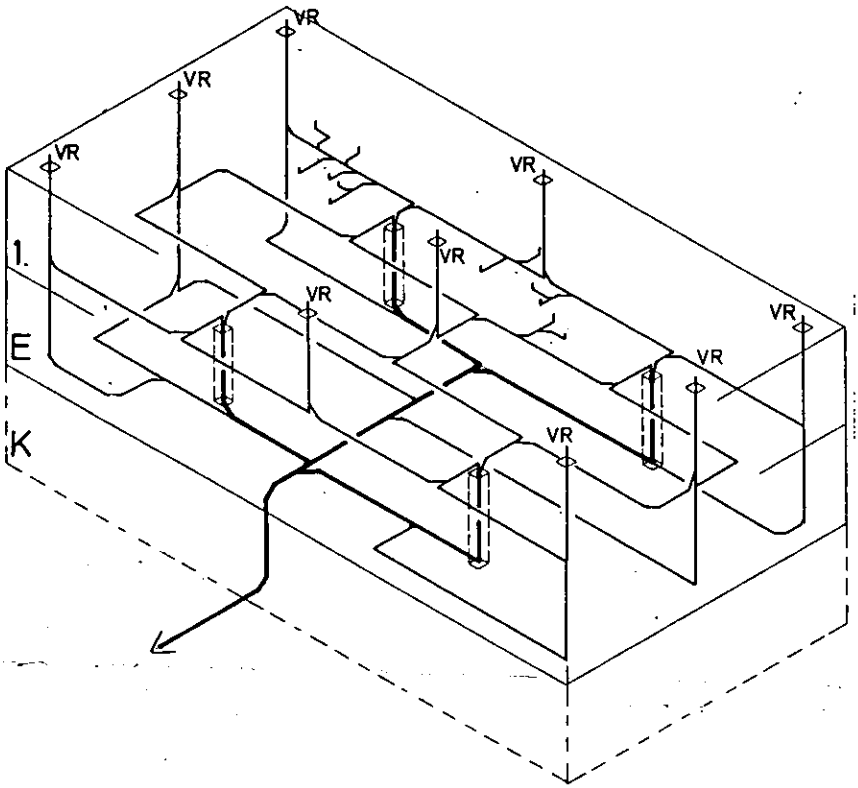


Bild 3	Sammelleitungsorientiertes Abwassersystem	Rudat 1987

Im Krankenhaus wird dieses System im Pflegebereich, sofern es sich um ein mehrgeschossiges Bettenhaus mit übereinanderliegenden Sanitärräumen handelt, in aller Regel angewendet.
Wodurch zeichnet sich diese Standardkonstruktion aus und wo sind die Grenzen in ihrer Anwendung? Relativ kurze Wege für die horizontalen Anschlußleitungen reduzieren die Verstopfungsgefahr erheblich und ermöglichen auch eine leichte Abhilfe bei Verstopfungen. Darüberhinaus und das ist aus architektonischen und baukonstruktiven Gründen ein wichtiges Argument, kann aus sanitärtechnischer Sicht bis auf Ausnahmefälle (z.B. Stationsbad mit etwa raummittig vorgesehener Fußbodenentwässerung) auf eine Abhängung verzichtet werden. Dies setzt natürlich voraus, daß die Anordnung des vertikalen Installationsschachtes und der sanitären Einrichtungsgegenstände zueinander eine entsprechende Leitungsführung zuläßt.
Ist der Pflegebereich nur eingeschossig oder aber, und das gilt fast ausnahmslos für alle anderen Bereiche im Krankenhaus, die sanitären Räume liegen nicht an durchgehenden Installationsschächten, dann wird das Entwässerungssystem vorwiegend sammelleitungsorientiert (siehe **Bild 3**) ausgebildet. Das Abwasser der Einrichtungsgegenstände in einem Geschoß wird Sammelleitungen zugeführt, die im darunterliegenden Geschoß an der Decke liegen. Diese werden zusammen mit anderen versorgungstechnischen Leitungen in Abhängungen zugänglich untergebracht. Dabei ist zu beachten, daß die Abwasserleitungen mit einem Mindestgefälle zu verlegen sind und dadurch die horizontale Länge der Sammelleitungen begrenzt wird, will man vertretbare Abmessungen für die Abhängung nicht überschreiten.
Schmutzleitungen innerhalb des Krankenhauses werden in einem Mindestgefälle von 1 : 50 (bis DN 100) bis herunter zu 1 : DN/2 (ab DN 200) verlegt. Das bedeutet beispielsweise, daß für eine Sammelleitung DN 100 mit einer Länge von 20 m allein für das Gefälle ein Bedarf an Installationshöhe von 40 cm besteht.
Die installationstechnische Konsequenz daraus ist, daß in horizontaler Richtung ausgedehnte Krankenhäuser im Behandlungsbereich mehrere Schächte (die sinnvollerweise auch für andere Versorgungsleitungen genutzt werden) für die Hauptfalleitungen aufweisen müssen (siehe **Bild 4**). Sinngemäß gilt das auch für das falleitungsorientierte System (siehe **Bild 5**).



VR = Ventilationsrohr

= Hauptfalleitungen

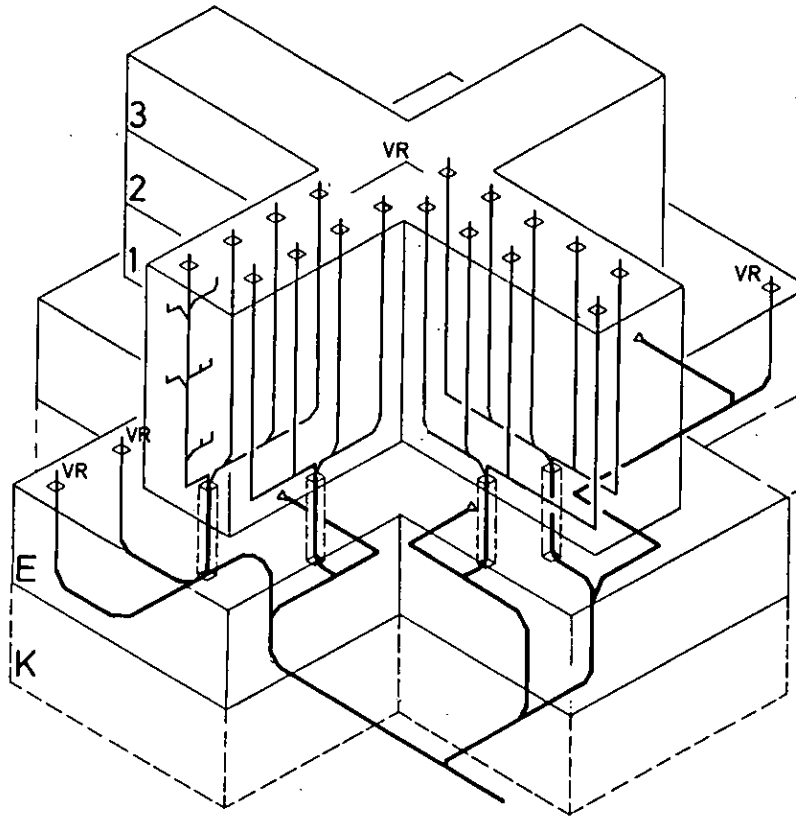
= Hauptsammelleitungen

= übrige Anschluß-, Sammel- oder Lüftungsleitungen

E = Erdgeschoß

K = Kellergeschoß

Bild 4	Sammelleitungsorientiertes System im Behandlungsbereich eines Krankenhauses	Rudat 1987



VR = Ventilationsrohr

= Hauptfalleitungen

= Hauptsammelleitungen

= übrige Anschluß-, Sammel- oder Lüftungsleitungen

E = Erdgeschoß

K = Kellergeschoß

Bild 5	Falleitungsorientiertes System im Pflegebereich (Bettenhaus) eines Krankenhauses	Rudat 1987

Besondere Aufmerksamkeit ist bei beiden Entwässerungssystemen auf den Anschluß der Entwässerungsgegenstände und auf die Lüftung dieser Leitungen zu richten.
Der Grund liegt darin, daß bei jeder Abwassereinleitung eine Luftzufuhr erforderlich ist, um unzulässige Druckabsenkungen (Leersaugen von Geruchverschlüssen) in der Leitung zu vermeiden. Um eine Größenordnung zu nennen: In einer Falleitung beispielsweise ist das Verhältnis von Luft- zu Abwasservolumenstrom etwa 10 bis 35 (5), abhängig von der Nennweite und der Belastung der Leitung.
Andererseits sind bestimmte Leitungsbereiche anschlußfrei zu halten, da Überdrücke auftreten. Dazu gehören beispielsweise Falleitungsumlenkungen in Bettenhäusern, wenn diese mehr als 8 Geschosse haben oder die Falleitung länger als 22 m ist.

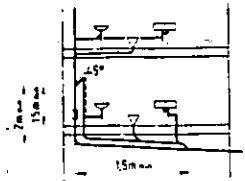
Konstruktionsdetails für den Anschluß der Entwässerungsgegenstände (stichpunktartig)

a) Anschluß an Falleitungen
- Einzelanschlußleitungen bevorzugen (d.h. geringe Belastung am Einlaufabzweig in die Falleitung)
- bei hoher Beanspruchung und konst. Rohrdurchmesser für Fall- und Anschlußleitung (z.B. WC): Einleitung unter 45°
- bei Falleitungen, die mehr als 3 Geschosse durchlaufen, sind Anschlüsse im Bereich von Umlenkungen nur beschränkt möglich (siehe **Bild 6**)
- Fremdeinspülungen vermeiden bei benachbarten Anschlußleitungen (1)

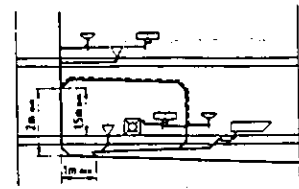
b) Anschluß an Sammelleitungen
- Einleitung unter $\leq 45°$
- Länge und Höhe von unbelüfteten Einzel- und Sammelanschlußleitungen begrenzt (2)

Übergang einer Falleitung in eine Sammel- oder Grundleitung

mit Umgehungsleitung

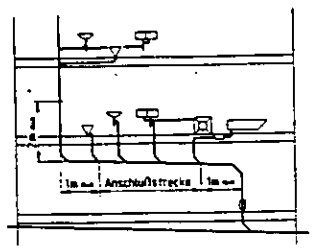


mit Umlüftung

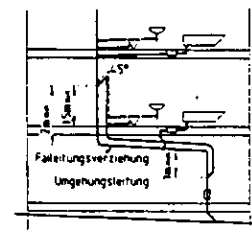


Falleitungsverziehung

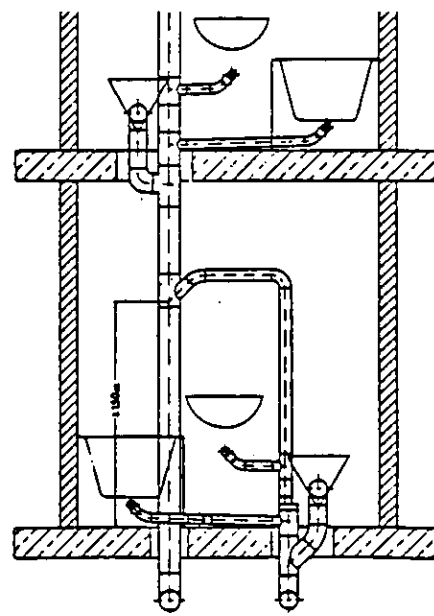
ohne Umgehungsleitung



mit Umgehungsleitung



Ausführungsbeispiel für die Umlüftung am Fußpunkt einer Falleitung



Übergang in eine liegende Leitung

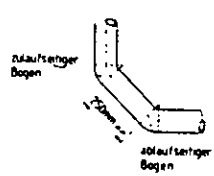


Bild 6	Falleitungsumlenkungen (1,7)	Rudat 1987

Konstruktionsdetails für die Lüftung

- möglichst kurze, gerade Lüftungsleitungen (Sammel-Hauptlüftungen vermeiden)
- Falleitungen mit Einzel-Hauptlüftung (EHL) versehen
- Sammelanschlußleitungen mit indirekter Nebenlüftung (IDNL) versehen.

2.2 Entwässerung unterhalb der Rückstauebene

Niederschlagswasser von Flächen, die unterhalb der Rückstauebene liegen, müssen über eine automatisch arbeitende Hebeanlage der örtlichen Kanalisation zugeführt werden (Ausnahme siehe (1); für Krankenhäuser nicht relevant)

Ebenso ist Schmutzwasser über automatisch arbeitende Hebeanlagen rückstaufrei abzuführen. Das gilt auch für Abwässer, die über Rückstauverschlüsse mit natürlichem Gefälle abgeleitet werden könnten, denn im Krankenhaus ist davon auszugehen, daß bei Rückstau auf die Benutzung der Ablaufstellen nicht verzichtet werden kann.

3 Abwasseraufbereitung

In verschiedenen Bereichen des Krankenhauses sind Abwässer zu erwarten, die hinsichtlich bestimmter Stoffkonzentrationen, der Temperatur, des pH-Wertes oder der Aktivität von radioaktiven Substanzen eine Behandlung erfordern, sofern nicht unter bestimmten Voraussetzungen durch Mischung mit sog. häuslichem Schmutzwasser zulässige Grenzwerte eingehalten werden. So wird z.B. das relativ hoch temperierte Schmutzwasser im Bereich der Wäscherei durch das übrige Abwasser des Krankenhauses heruntergekühlt, wenn durch eine entsprechende Leitungsführung die Mischung ermöglicht wird. Der theoretische Nachweis über die Mischtemperatur kann sehr einfach durch eine Energiebilanz im Mischpunkt erfolgen.

Von den in Tabelle 1 genannten Aufbereitungsverfahren sollen im folgenden nur die etwas ausführlicher besprochen werden, die vom Sanitäringenieur bemessen und ausgewählt werden, also der Fett- und Stärkeabscheider.[1)]

Die drei anderen Verfahren, also

- Neutralisation
- Thermische Desinfektion
- Auffang- und/oder Abklinganlage

sollten immer in Zusammenarbeit mit Herstellern solcher Anlagen in ihrer Art und Größe bestimmt werden. Aufgabe des Planers ist es hier vor allem, die Input-Daten beim Bauherrn zu beschaffen und ggf. zu ergänzen, also Angaben über den Tagesgang des Schmutzwasserablusses, Konzentration der unerwünschten Stoffe, Temperatur etc.

3.1 Fettabscheider

Krankenhausküchen, in denen täglich mehr als 200 Portionen warmes Essen abgegeben werden, müssen nach DIN 4041 (3) einen Fettabscheider erhalten. Durch Vorschaltung eines Schlammfanges werden Sinkstoffe zurückgehalten.
Die Entleerung und Reinigung von Schlammfang und Fettabscheidern ist bei herkömmlichen Anlagenarten mit starken Geruchsbelästigungen verbunden, zumal die Reinigungsintervalle relativ kurz sind. Die Deckel beider Einrichtungen müssen dazu abgenommen werden und die dann austretenden Gase führen in Krankenhäusern zu Belästigungen, die als unzumutbar angesehen werden (4, 6).
Beim Einbau von Fettabscheidern mit Entleer- und Spüleinrichtung und integriertem Schlammfang treten die o.g. Probleme nicht auf. Darüberhinaus werden die Arbeitsgänge beim Entleeren und Spülen vereinfacht, zudem wird eine hygienisch unbedenklichere Durchführung der Wartung gewährleistet. Die Anlage muß in einem frostgeschützten Raum untergebracht werden (siehe Bild 7).

---

1) Natürlich auch die Heizölsperre.
Sie ist allerdings hier nicht von interpretatorischem Wert.

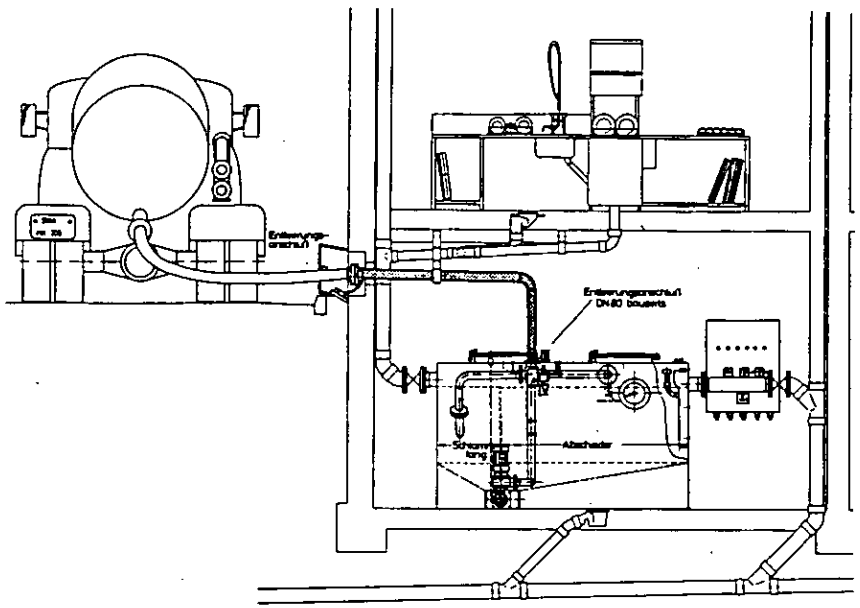
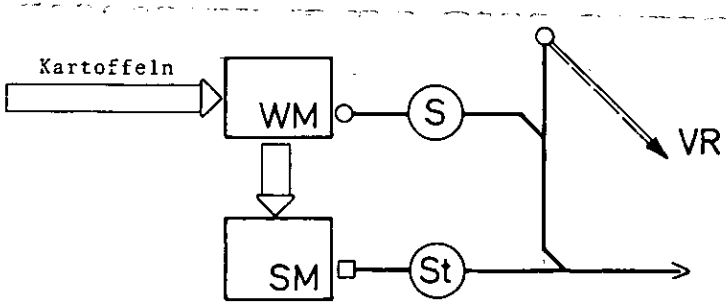


Bild 7	Fettabscheider-Anlage mit Entleer- und Spüleinrichtung (Fabr. Passavant)	Rudat 1987



S = Schlammfang
St = Kartoffelstärkeabscheider
WM = Kartoffelwaschmaschine
SM = Kartoffelschälmaschine
VR = Ventilationsrohr

Bild 8	Ableitung von Schäl- und Waschwasser bei der Kartoffelverarbeitung	Rudat 1987

Hinsichtlich der Rohrleitungen zwischen den Ablaufstellen und dem Fettabscheider sind im wesentlichen folgende Dinge zu beachten:

- den Fettabscheidern nur Abwässer zuleiten, für die eine Fettabscheidung erforderlich ist
- Gefälle der Leitungen mindestens 1 : 50 , um Fettansatz zu vermeiden
- genügend Reinigungsöffnungen in den Rohrleitungen vorsehen
- Fettabscheider unterhalb der Rückstauebene sind über eine Hebeanlage zu entwässern.

3.2 Stärkeabscheider

In Krankenhausküchen ist das Abwasser von Kartoffelschälmaschinen einem Stärkeabscheider zuzuführen. Dort werden die Sinkstoffe, hauptsächlich Kartoffelstärke, durch Verlangsamung der Strömung zurückgehalten. Der in der Vorkammer entstehende Stärkeschaum wird mit Wasser aus einer Spülbrause niedergeschlagen. Es wird kein Schlammfang vorgeschaltet. Nur wenn die Kartoffeln vor dem Schälen gewaschen werden, wird das Waschwasser über einen Schlammfang geführt und an eine Schmutzwasserleitung angeschlossen (siehe Bild 8).

Der Abscheider soll möglichst im Freien an einer Zufahrt, aber außerhalb der öffentlichen Verkehrswege, eingebaut werden. Weiterhin ist zu beachten:

- Ablauf an der Schälmaschine ohne Geruchverschluß (daraus folgt: möglichst kurze Leitungswege)
- Leitung zum Abscheider im Gefälle 1 : 50
- Stärkeabscheider unterhalb der Rückstauebene sind über eine Hebeanlage zu entwässern
- Sicherungseinrichtung für den Trinkwasseranschluß: Rohrtrenner EA 2 (EA = Einbauart) oder Rohrunterbrecher (in Verbindung mit einem Druckspüler)

Das Absaugen des Stärke- und Schlammgutes ist wiederum mit Belästigungen verbunden und je nach Einbauort nur schwierig durchzuführen.
Wird dies als unzumutbar für den Betrieb eingeschätzt, dann können Stärkeabscheider mit Eintleer- und Spüleinrichtung vorgesehen werden. Auch hier ist auf einen frostfreien Einbau zu achten.

4 Schlußbemerkungen

Die Planung und Ausführung von Entwässerungssystemen in Krankenhäusern einschließlich der Aufbereitungsanlagen für besonders belastete Schmutzwasser erfordert zunächst eine detaillierte Kenntnis über die Abwaserarten (siehe **Tabelle 1**).
In aller Regel wird das Schmutzwasser am Einleitungsort oder in dessen Nähe aufbereitet (z.B. durch Abscheideanlagen), um die Rohrleitungen gegen Verstopfungen (Fett, Stärke) oder Korrosion (z.B. bei Laborabwässern) zu schützen und getrennte Leitungswege für häusliches und besonders belastetes Schmutzwasser so kurz wie möglich zu halten.

Gegebenenfalls kann durch Mischung die Belastung des Schmutzwassers auf ein zulässiges Maß reduziert werden. Das ist insbesondere bei dem höher temperierten Wäschereiabwasser als eine Möglichkeit anzusehen, solang sich eine Wärmerückgewinnung aus wirtschaftlichen Gründen nicht anbietet.

Die Art des Leitungssystems wird vornehmlich bestimmt durch die Lage der Entwässerungsgegenstände zueinander und in Bezug auf die Rückstauebene. Im Bettenhaus werden falleitungsorientierte Systeme bevorzugt, in den anderen Bereichen des Krankenhauses in aller Regel sammelleitungsorientierte Systeme.

Nicht eingegangen wurde auf die Bemessung der Rohrleitungen. In DIN 1986/2 (2) sind die Berechnungsgrundsätze klar niedergelegt und dem kann nur zugefügt werden, daß ein zuviel des vermeintlich Guten (Überdimensionierung) das Gegenteil der ursprünglichen Absicht bewirkt (8).

5 Literatur

(1) DIN 1986 Teil 1: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke. Technische Bestimmungen für den Bau. Berlin 1978

(2) DIN 1986 Teil 2: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke. Bestimmungen für die Ermittlung der lichten Werten und Nennweiten für Rohrleitungen. Berlin 1978.

(3) DIN 4041: Fettabscheider. Einbau, Größe und Schlammfänge; Richtlinien. Berlin 1957

(4) Feurich, H.: Sanitärtechnik. 5. Aufl., Düsseldorf 1987

(5) K. Grasmeier: Entwässerung von Hochhäusern. Gesundheitsingenieur Heft 7/8, 1976

(6) D. Kunz, G. Diefenbach: Fettabscheider mit Entleer- und Spüleinrichtung. Haustechnik IKZ Heft 2, 1978

(7) Rickmann, B.: Grundlagen der Gebäude- und Grundstücksentwässerung. Sanitär- und Heizungstechnik (SHT) Heft 3, 4, 6 und 8, 1979

(8) P. Watzlawick: Vom Schlechten des Guten oder Hekates Lösungen. München 1986

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dipl.-Ing. Klaus Rudat
TECHNISCHE FACHHOCHSCHULE BERLIN
FB 6 (Versorgungs- und Energietechnik)
Luxemburger Straße 9

1000 Berlin 65

Erfahrungen mit Abwasserleitungen aus Spezialglas in einem 556-Betten-Krankenhaus

von L. von Lottner und H. Ehm

1. Beschreibung des Krankenhauses

Bei dem nachfolgend geschilderten Objekt handelt es sich um das Stadtkrankenhaus Worms, das in den Jahren 1976-1981 als Schwerpunktkrankenhaus gebaut wurde. Es hat eine Kapazität von 556 Betten. In der Küche werden pro Tag ca. 500 Essen für Patienten und etwa 200 Essen für die Mitarbeiter zubereitet.

2. Die Abflußrohre in der Küche

Im alten Klinikum im Stadtbereich waren die Küchenabflußleitungen in emailliertem Guß ausgeführt. Daher waren auch im Neubau ursprünglich Spezialrohre aus dem gleichen Werkstoff vorgesehen.

Dem Technischen Leiter des Klinikums, Herrn von Lottner, war von seiner früheren Tätigkeit her bekannt, daß schon in der Zeit um 1968 auf mehreren Schiffen Spezialrohre aus Glas im Küchenbereich eingesetzt worden waren. Herr von Lottner brachte deshalb bei den Planungsgesprächen den Werkstoff Spezialglas in die Diskussion. Daraus resultierte die Empfehlung an die Planungsingenieure, Rohre aus Spezialglas vorzusehen.

Die Preisprüfung ergab, daß sich der Kauf von Spezialglasrohren innerhalb des Kostenrahmens der Ausführung hielt, d. h. keine zusätzlichen finanziellen Mittel im Vergleich zum Einbau von emaillierten Gußrohren erforderlich wurden.

3. Die Installation

Die Spezialglasrohrleitungen sind zwischen den Fußbodenabläufen aus der Küche und den Abscheidern verlegt. Der erste Strang leitet die fetthaltigen Abwässer von den Küchenmaschinen und der Geschirrspülmaschine zum Schlammfang und Fettabscheider. Der zweite Strang steht für die stärkehaltigen Abwässer von der Kartoffelschälma-

schine bis zum Stärkeabscheider zur Verfügung. In beide Leitungsstränge wurde unmittelbar vor den Abscheidern jeweils ein Geruchverschluß installiert, um eine zusätzliche Absicherung gegenüber Geruchsbelästigungen aus den Abscheidern zu erreichen. Etwa drei Jahre vor der Inbetriebnahme der Klinik, im Juni 1978, wurden die Glasrohrleitungen verlegt. Die Montage führte damals noch die Herstellerfirma durch. Nachdem an diesem Rohrleitungssystem einige Weiterentwicklungen erfolgten, ist jetzt jede qualifizierte Installationsfirma in der Lage, die Verlegung selbst durchzuführen. Der Umfang der in Worms verlegten Spezialglasrohre beträgt etwa 250 lfde. Meter in den Nennweiten DN 50 bis DN 150.

4. Das Rohrleitungssystem

Bei dem bisher als Spezialglas bezeichneten Werkstoff handelt es sich um Borosilicatglas 3.3 (1), das in seiner Zusammensetzung und seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften international genormt ist und unter verschiedenen Markennamen hergestellt wird, beispielsweise DURAN ®, eingetragenes Warenzeichen der Schott Glaswerke.

Darüberhinaus wurde diesem System vom Institut für Bautechnik, Berlin, ein Prüfzeichen (2) erteilt. Alle Glasrohre und Formstücke haben grundsätzlich an ihren Enden Verdickungen, die als "Bördel" bezeichnet werden. Diese Bördel ermöglichen eine einwandfreie Montage und verhindern das Herausgleiten aus den Kupplungern innerhalb des festgelegten Druckbereiches. Die Verbindung der einzelnen Glasbauteile untereinander erfolgt über Kupplngen. Als Dichtungswerkstoff wird hochwertiges PTFE (Polytetrafluorethylen) verwendet, das gegen Fettsäuren jeglicher Art absolut und auf Dauer beständig ist. Handelsnahmen für diesen Werkstoff sind u.a. Hostaflon, Teflon und Fluon. Die äußeren Schellen der Kupplungen sowie die Schrauben und Muttern bestehen aus Edelstahl. Das System ist in den Nennweiten DN 40 bis DN 150 er-

hältlich. Es ist für einen maximal zulässigen Betriebsüberdruck von 1 bar und eine maximale Betriebstemperatur von 120 °C geeignet. Durch seinen geringen Ausdehnungskoeffizienten sind besondere Maßnahmen zum Schutz gegen Längendehnung bei Temperaturerhöhung nicht erforderlich (5).

5. Die Erfahrungen seit 1981

5.1 Kostenersparnis durch den Wegfall von Fettlösern

Im Altbau des Stadtkrankenhauses Worms wurden beim Reinigen der Küchengeräte und der Küche selbst spezielle Reinigungsmittel eingesetzt, um Fettablagerungen in den Abflußrohren zu verhindern. Nach dem Umzug in den Neubau beschloß die Technische Leitung, auf diese Fettlöser zu verzichten, da ja Abflußrohre aus Spezialglas installiert waren. Die späteren positiven Erfahrungen bestätigten die Richtigkeit dieser Entscheidung.

Daraus ergab sich auch noch eine unerwartet hohe Kostenersparnis:

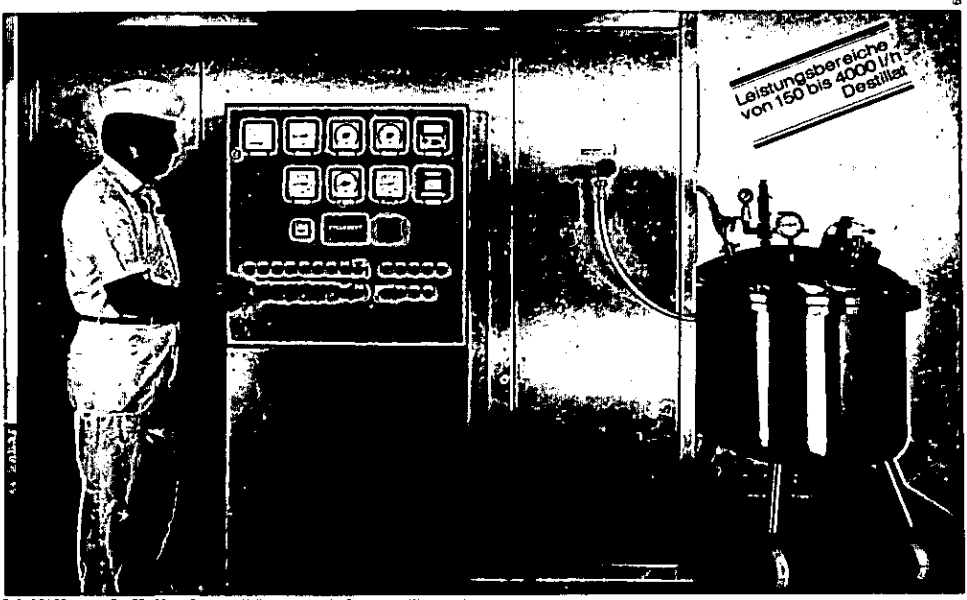
Verbrauch an Fettlösemittel : 25 kg/Monat
Preis (1985) : ca. 18,-- DM/kg

Ersparnis: 25 kg x 18,-- DM x 12 Monate
5.400,-- DM
==========

Die Spezial-Glasrohre sind nunmehr seit 6 Jahren in Betrieb; dies entspricht einer Einsparung von über 30.000,-- DM.

Die Investitionskosten für die Abflußrohre in Spezialglas lagen 1978 bei etwa 40.000,-- DM. Somit wurden bis jetzt drei Viertel der Kosten allein durch den Wegfall der Fettlöser finanziert.

Bei Wasserdestillations-Anlagen können Sie sich für SCHOTT „System ZYCLODEST®“ entscheiden. Oder für höhere Energiekosten.



ZYCLODEST-Anlage Typ ZD 150 mit Edelstahl-Vollverkleidung für Schall- und Wärmeisolation

Der Name ZYCLODEST® kennzeichnet unsere Grundidee: Mit Hilfe eines Zyklons wird destilliertes Wasser von höchster Reinheit erzeugt.

Wodurch erreichen wir die einwandfreie Qualität?

Der im System ZYCLODEST® erzeugte Destillatdampf wird mittels eines Zyklons von allen noch in ihm befindlichen mitgerissenen Tröpfchen bis zu einer Größe von etwa 0,5 µm gereinigt.

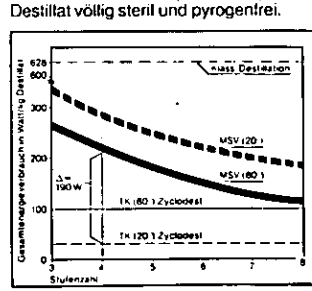
Aufgrund der hohen Geschwindigkeit entsteht an der Zyklonwand ein Wasserfilm, der den direkten Kontakt des aus dem Zyklon austretenden Destillatdampfes mit der Wandung verhindert. Somit wird ein Mitreißen von Schwermetallionen durch das Destillat in den Kondensator vermieden.

Konsequente Trennung des Destillates vom Wärmepumpen-Kreislauf.

Das konsequent angewandte Zweikreissystem der SCHOTT-Wasserdestillations-Anlage ZYCLODEST®, System Dr. Hoiss, trennt das Destillat völlig vom Wärmepumpen-Kreislauf und vermeidet so alle bewegten mechanischen Teile im Destillatkreislauf.

Destillat-Qualität entspricht allen Anforderungen.

Durch die Destillation im einstellbaren Temperaturbereich von 100–135 °C und der hohen Verweilzeit (ca. 20 Min.) ist das Destillat völlig steril und pyrogenfrei.



Energievergleich bei Destillationsverfahren (MSV = Mehrstufenverdampfung; TK = Thermokompression)

Es entspricht allen Forderungen gemäß EP, USP und den einschlägigen Pharmakopöen und erfüllt darüber hinaus die noch wesentlich höheren Anforderungen der Gesetzesentwürfe zur internationalen Regelung für Arzneimittel und Kosmetika (GMP).

Höchste Wirtschaftlichkeit durch Rückgewinnung der Energie.

Das Destillat, das ZYCLODEST® liefert, ist in den Temperaturen nur ca. 5 °C höher als das eintretende Rohwasser. Da fast alle im Erzeugnis steckende Energie mittels Wärmepumpe und Wärmeaustausch zurückgewonnen wird, arbeitet das System besonders wirtschaftlich.

Kühlwasser wird nicht benötigt. Der Gesamtenergieaufwand der ZYCLODEST®-Anlage beträgt nur 0,03 kWh pro Liter Destillat.

Für Entwicklung, Konzeption und Inbetriebnahme Ihrer ZYCLODEST®-Anlage steht Ihnen bei uns ein erfahrenes Team von Fachleuten zur Verfügung.

SCHOTT

SCHOTT GLASWERKE
Geschäftsbereich Chemie,
Produktgruppe Apparate- und Rohrleitungsbau,
Postfach 2480, D-6500 Mainz 1,
Tel. (0 61 31) 66 37 88,
Telex 4 1 879 230 smd

SCHOTT GRUPPE

ZYCLODEST, eingetragenes Warenzeichen der Fa. SCHICO, München

5.2 Ablagerungen

Gerade die Angst vor Ablagerungen bei der Ableitung von Küchenabwässern trug in der Planungsphase dazu bei, daß die Entscheidung zu Gunsten der Spezial-Glasrohre fiel. Bekanntlich zählen Glasrohre zu den technisch glatten Rohren, da sie praktisch keine Rauhigkeit der Wand aufweisen. Die absolute Rauhigkeit "k" ist im VDI-Wärmeatlas (3) für Glas mit 0 bis 0,0015 mm angegeben. Die Erwartung, daß dadurch die Gefahr von Ablagerungen wesentlich verringert oder gar vermieden wird, hat sich im Laufe der Betriebszeit voll und ganz bestätigt. Dieser Eigenschaft des Glases kommt heute besondere Bedeutung zu, da sich während der Verlegung zeigte, daß die Sammelleitung DN 150 nicht immer mit ausreichendem Gefälle verlegt werden konnte, wie es die Norm fordert, nämlich mit 1,5 cm pro Meter (4). Auf die Verlegung einer Begleitheizung wurde verzichtet, da das Glasrohr als schlechter Wärmeleiter eine ausreichende Isolierung bietet und dafür sorgt, daß das Abwasser noch mit ausreichender Temperatur zu den Abscheidern gelangt. Das Glasrohrleitungssystem ist auf seiner ganzen Länge heute noch so durchsichtig oder durchscheinend, daß eine kritische Ablagerung oder Verstopfung jederzeit und an jeder Stelle bei der Sichtkontrolle erkannt wird.

5.3 Verstopfungen

Im Altbau war das Auffinden und Beseitigen von Verstopfungen eine sehr arbeitsaufwendige und damit kostenintensive Arbeit. Im Vergleich dazu ist der Aufwand heute verschwindend gering. Der Hauptgrund dafür liegt in der Durchsichtigkeit des Rohrleitungssystems. Die Sichtkontrolle stellt überhaupt die größte Arbeitsersparnis dar. Die Technikzentrale wird einmal täglich begangen und bei dieser Gelegenheit werden Veränderungen im Glasrohrleitungssystem sofort erkannt. Da sich aus der Durchsichtigkeit der Rohrleitung die wesentlichsten Vorteile ergaben, soll hier auf dieses Thema

besonders ausführlich eingegangen werden.

Die beiden Geruchverschlüsse vor den Abscheidern wurden bereits im Abschnitt 3 erwähnt. Selbstverständlich setzen sich in diesem Bereich im Laufe der Zeit auch schwere Feststoffe ab. Dies wurde jedoch bewußt in Kauf genommen. Der Grad der Ablagerung kann von außen leicht kontrolliert und erkannt werden. Je nach Bedarf, und das ist erfahrungsgemäß nur ein- bis zweimal im Jahr, werden die Geruchverschlüsse über Reinigungsöffnungen entleert und dies geschieht natürlich bevor eine Verstopfung eintreten kann.

Ein Fall ist erwähnenswert, bei dem eine Küchenbürste im 90°-Bogen nach dem Bodenablauf hängenblieb. Dieses wurde bei einer Routinebegehung gesehen und die Bürste konnte leicht nach oben herausgezogen werden.

Genau wie der eben beschriebene Vorfall waren Unachtsamkeiten und Fehlbedienungen des Küchenpersonals auch die Ursachen für die folgenden Verstopfungen, also Umstände, die nicht der Art und dem Werkstoff des Rohrleitungs-Systems angelastet werden dürfen. Jedesmal haben Bedienstete von der Küche aus den Geruchverschluß geöffnet, wodurch der volle Rohrleitungsquerschnitt frei wurde. Durch diese Öffnung sind dann größere Gegenstände in die Leitung gelangt und haben zu den nachfolgend beschriebenen Verstopfungen geführt. In den mehr als 6 Jahren der Betriebszeit sind nur insgesamt 4 Verstopfungen aufgetreten:

5.3.1 Von der Küche aus gelangte ein Blumenkohl in die Leitung und blieb im ersten Bogen hängen, wodurch er die Leitung vollkommen versperrte. Das Wasser staute sich bis zum Kücheneinlauf. Der Geruchverschluß war auch hier entfernt. Nun begab sich eine Person in den darunterliegenden Keller und konnte die Ursache für den Rückstau sofort sehen. Wegen der geringen Entfernung zum Bodeneinlauf (weniger als 1 m) konnte der Blumenkohl

nach oben herausgezogen werden. Der im Küchenbereich befindliche Monteur wurde bei seiner Arbeit dadurch unterstützt, daß ein Kollege vom Keller aus über ein Walky-Talky nach oben Anweisungen gab, an welcher Stelle sich das Werkzeug befand und wie es an den Gegenstand der Verstopfung angesetzt werden muß. Dies war nur möglich, da er in das Innere der Rohrleitung hineinschauen konnte.

5.3.2 Ein anderes Mal war die Verstopfungsursache ein Putzlappen, der am nächsten Abzweig hängenblieb. Da auch er von außen zu sehen war, konnte ein nahegelegener zweiter Abzweig geöffnet und der Putzlappen schnell entfernt werden. Besondere Vorkehrungen waren nicht notwendig, da noch kein Rückstau eingetreten war.

5.3.3 Im dritten Fall war es eine Filtertüte von der Kaffeemaschine, die in den Abfluß gelangte. Das Filterpapier riß nicht auseinander, sondern hielt den Kaffee als kompakte Masse fest und das Ganze wirkte wie ein Propfen. Auch hier konnte die Verstopfungsursache wesentlich schneller beseitigt werden, als dies bei einer undurchsichtigen Rohrleitung möglich wäre. Ein Wasserschlauch (1/2" mit Spritzkopf) wurde in der Küche von dem am nächsten gelegenen Bodeneinlauf angesetzt und wieder durch das Walky-Talky vom Keller aus gesteuert. Der Spritzkopf wurde genau bis zur Filtertüte geführt und diese wurde dann durch leichtes Ziehen und Stoßen des Schlauches bei gleichzeitigem Zuführen von Wasser zerstört.

5.3.4 Im letzten Fall waren es große Salatblätter, die einen Rückstau verursachten. Aber auch die Beseitigung dieses Übels war kein arbeitsaufwendiges Problem.

Nun kann ja bei einigen anderen nicht durchsichtigen Rohrleitungswerkstoffen eine Reinigungs-Spirale eingesetzt werden. Allerdings wäre dies bei emailliertem Guß im Altbau auch nicht möglich gewesen. Die Erfahrungen

mit Spiralen haben gezeigt, daß zwar härtere, festgebackene Ablagerungen gelockert und damit beseitigt werden können. Bei bestimmten Gegenständen - wie zum Beispiel einem Putzlappen oder einer Kaffeefiltertüte - besteht jedoch die Gefahr, daß der Kopf der Spirale an dem weichen Hindernis vorbei- oder hindurchfährt. Solche Verstopfungen sind daher nicht so schnell zu beseitigen.

Es darf nochmals hervorgehoben werden, daß die Spezialglasrohrleitung in den 6 Jahren eine Verstopfung nie zu einem Notfall werden ließ. Die Beispiele mit der Küchenbürste und den Ablagerungen in den Geruchverschlüssen, die sich sehr langsam aufbauen, zeigen sehr gut, daß die Reinigungsarbeiten nicht unter Zeitdruck durchgeführt werden müssen. Vielmehr können die Arbeiten in die Zeit nach 15.00 Uhr verlegt werden, wenn in der Küche nicht mehr gearbeitet wird. Störungen im Küchenablauf sind dadurch immer vermieden worden. Wichtig ist der Hinweis, daß für die Glasrohrleitungen ein spezieller Unterhaltungsaufwand vollkommen entfällt.

5.4 Mechanische Festigkeit

Häufig wird bei den ersten Planungsgesprächen der Einwand der sprichwörtlichen Zerbrechlichkeit des Glases zu hören sein. Die Erfahrungen über 6 Jahre im Krankenhaus Worms haben jedoch gezeigt, daß dieses Argument in der Praxis vollkommen vernachlässigt werden kann und durch die Vorteile um ein mehrfaches ausgeglischen wird. In den 6 Jahren sind tatsächlich nur 3 Bögen beschädigt worden und dies geschah wiederum durch Bedienungspersonal, das versucht hat, von der Küche aus eine entstehende Verstopfung durch stoßartiges Bewegen von Reinigungsgeräten zu lösen. Dabei wurden die unmittelbar nach dem Bodeneinlauf folgenden Bögen beschädigt. Der Austausch der Bögen war problemlos und schnell abgewickelt.

5.5 Bauliche Veränderungen

Als Folge eines Baufehlers wurde im Dezember 1985 der gesamte Fußboden der Küche erneuert. Bei dieser Gelegenheit wurden die Bodeneinläufe so hergerichtet, daß sich der Einlaufschutz nicht mehr ohne Werkzeug entfernen läßt und somit auch die Geruchverschlußglocke fixiert bleibt.

6. Zusammenfassung

Die Entscheidung, Spezialglasrohre zum Ableiten der aggressiven Küchenabwässer im Stadtkrankenhaus Worms einzusetzen war richtig. Rohrleitungen und Dichtungen zeigen in den bisherigen 6 Betriebsjahren keinerlei Korrosionserscheinungen und werden auch durch hohe Temperaturen und rasche Temperaturwechsel nicht beinflußt.

Im Laufe der Zeit hat sich die Transparenz der Abflußrohre als wesentlichster Vorteil des ganzen Systems herausgestellt. Sie erlaubte es, Störungen frühzeitig zu finden und in kürzester Zeit zu beseitigen, um kritische Situationen erst gar nicht entstehen zu lassen. Es kommt noch hinzu, daß auf Fettlösemittel verzichtet und auch die Begleitheizung nicht benötigt wird.

Die Erfahrungen haben ergeben, daß all diese Merkmale der Spezialglasrohre zur Senkung des Unterhaltungs-Aufwandes im Stadtkrankenhaus Worms entscheidend beigetragen haben.

(1) DIN ISO 3585 "Borosilicatglas 3.3-Eigenschaften"

(2) PA-I 2830

(3) VDI-Wärmeatlas, Berechnungsblätter für den Wärmeübergang (VDI-Verlag)

(4) DIN 1986, Teil 1
"Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Technische Bestimmungen für den Bau"

(5) Ehm, H.; "Verwendung von Glasrohrleitungen bei korrosiven Medien", Sonderdruck Nr. 6160 d IX/84

Autoren:

Ludwig von Lottner
Gabriel-von-Seidel-Str. 31
6520 Worms

Helmut Ehm
Hattenbergstr. 10
6500 Mainz 1

Kompendium für Krankenhäuser derzeit relevanter und neuer Umweltschutzbestimmungen

Dipl.-Ing. G. Urlaub, Stuttgart

1. Einleitung

Der neueste Stand der gesetzlichen Regelungen wird mit kurzen Hinweisen auf mögliche Konsequenzen bei der Umsetzung in Krankenhäusern dargestellt. Es handelt sich dabei um die Bereiche Abfallwirtschaft und Abwasser, in denen das Abfallgesetz, die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, das Wasserhaushaltsgesetz, das Abwasserabgabengesetz, beispielhaft eine Indirekteinleiterverordnung und das Wasch- und Reinigungsmittelgesetz besprochen werden.

2. Abfallwirtschaft

2.1 Das Abfallgesetz

Das neue Abfallgesetz (10) hat gleich im § 1a das vorrangige Ziel festgelegt: Abfallvermeidung durch den Einsatz reststoffarmer Verfahren und Abfallverwertung mit der Gewinnung von Stoffen oder Energien aus Abfällen: Grundsatz: Abfallvermeidung vor -verwertung und Abfallverwertung vor -entsorgung.

Hierzu einige Beispiele der Nutzung verschiedener Stoffe, die als Abfall im Krankenhaus anfallen:

- Glas
  Containersammlung und Abgabe an Wiederverwerter
- Batterien, Akkus, Knopfzellen
  Sammlung und Abgabe an Wiederverwerter
- Medikamente
  Sammlung in der Apotheke und Abgabe zur Verbrennung
- Farbe, Lacke, Lösemittel und Reinigungsmittel
  Sammlung in entsprechenden Behältern und Abgabe als Sondermüll
- Fotochemikalien, Fixierflüssigkeiten, Bäder aus den Röntgenabteilungen
  Fremd- oder eigengenutzte Silberrückgewinnung
- Papier (Zeitschriften, EDV-Papier, Verpackungspapier, Kartonagen)
  Containersammlung und, wenn möglich, Abgabe zur Wiederverwertung
- Küchenabfälle
  Tierfutter oder Kompostierung

Ein besonderes Thema sind die krankenhausspezifischen Abfälle, die wegen ihrer Beschaffenheit nicht zusammen mit dem Hausmüll beseitigt werden können, weil sie infektiös sind oder nach dem Bundesseuchengesetz (11) vernichtet werden müssen. Dazu gehören Körperteile und Organabfälle, Abfälle aus Infektionsstationen, Laboratorien etc., Versuchstiere und Exkremente aus Versuchstieranlagen sowie alle Abfälle aus dem operativen Bereich und den Intensivpflegestationen.

Hier ist auf die Anforderung der Hygiene an die Abfallentsorgung (2), das ZFA-Merkblatt Nr. 8 (14), die DIN 30739 Vornorm 'Abfallbehälter' (5) und die Verordnung zur Abfallbeseitigung, nämlich im einzelnen die Abfallnachweisverordnung (1), die Abfallbeförderungsverordnung (16) sowie die Gefahrgutverordnung Straße (19) hinzuweisen.

Auf die Beförderungsverordnungen wird gesondert hingewiesen, weil der Besitzer von Abfällen bis zur ordnungsgemäßen Beseitigung für den Abfall verantwortlich bleibt. Nach § 18 des Abfallgesetzes (10) handelt der Abfallbesitzer ordnungswidrig, wenn er u.a. nach Abs.1 "entgegen § 4 Abs.1 Abfälle außerhalb einer dafür zugelassenen Abfallentsorgungsanlage behandelt, lagert oder ablagert ..."

§ 4 Abfallgesetz (10) sagt in Satz 3 "Abfälle im Sinne des § 2 Abs.2 dürfen zum Einsammeln oder Befördern nur den nach § 12 hierzu Befugten und diesen nur dann überlassen werden, wenn eine Bescheinigung des Betreibers einer Abfallentsorgungsanlage vorliegt, aus der dessen Bereitschaft zur Annahme derartiger Abfälle hervorgeht; ..."

Resumee aus dem oben Genannten: Sonderabfälle dürfen nur dann abgegeben werden, wenn der Transporteur eine Beförderungsgenehmigung für diesen Abfall hat und eine Bescheinigung der Abfallentsorgungsanlage über die Annahme des Abfalls vorlegen kann.

Dies zu kontrollieren ist im übrigen eine der vielen Aufgaben eines Betriebsbeauftragten für Abfall, der nach § 11 a Abfallgesetz (10) dann gefordert wird, wenn ortsfeste Abfallentsorgungsanlagen betrieben werden oder wenn regelmäßig Abfälle nach § 2 Abs.2 Abfallbeförderungsgesetz (10) - d.h. sogenannte Sonderabfälle - anfallen. Dies trifft auf Krankenhäuser zu.

In einer Veröffentlichung von Siewert (15) werden die Aufgaben und die Stellung des Betriebsbeauftragten für Abfall in einem Krankenhaus ausführlich beschrieben. Siewert weist u.a. darauf hin, daß der Abfallbeauftragte auch "rechtzeitig bei Investitionsentscheidungen in bezug auf die Abfallentsorgung lt. § 11 d Abfallgesetz (10) gehört werden muß".

Bei Hofer (13) werden einige problematische verbesserungsbedürftige Regelungen dargestellt. So weist Hofer z.B. darauf hin, daß nur Krankenhäuser und Kliniken mit mindestens einer der folgenden Abteilungen ein Nachweisbuch führen müssen: Blutbank, Chirurgie, Dialysestation, Geburtshilfe, Gynäkologie, Sektionsstation, Mikrobiologie, Pathologie und Virologie. Hofer (13) schließt daraus: "Wie wir sehen, fehlen im Bereich der medizinischen Abfälle genaue abfallrechtliche Vorgaben, da die Handhabung dieser Problemabfälle durch das Bundesseuchengesetz und die hygienischen Richtlinien des Bundesgesundheitsamtes geregelt scheinen."

Soweit die Ausführungen zum neuen Abfallgesetz. Werden aber im Krankenhaus Abfälle in eigenen Verbrennungsanlagen behandelt, sind nicht nur die Richtlinien des neuen Abfallgesetzes zu berücksichtigen, sondern es greifen im Rahmen der Luftreinhaltung das Bundes-Immissionsschutzgesetz und nachgeordnet die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (6).

2.2 TA-Luft

Die neue TA-Luft vom 27. Februar 1986 (6) hat im Vergleich zur aufgehobenen TA-Luft vom 28. August 1974 einige Konsequenzen für die Abfallverbrennung im Krankenhaus. Die neue Vorschrift ist, wie vorher auch die alte, im wesentlichen beim Genehmigungsantragsverfahren und der Ermittlung von Art und Ausmaß der Emissionen sowie der Immissionen im Einwirkungsbereich zu beachten. In bezug auf die Krankenhäuser zielt die neue TA-Luft auf folgende Betriebseinrichtungen ab:

- Schornstein
  Die Berechnung der Schornsteinhöhe erfolgt u.a. nach dem Schwefelgehalt von leichtem Heizöl.
- Anlagen zur Emissionsbegrenzung
  Es müssen Anlagen zur Begrenzung der dampf- und gasförmigen sowie staubförmigen Emissionen und auch zur Reduzierung geruchsintensiver Stoffe vorhanden sein.

- Anlagen zur Emissionsüberwachung
  Es müssen kontinuierliche Überwachungen der Emissionen durchgeführt werden, falls bestimmte Massenströme überschritten werden.
- Müllbunker (feste Abfälle)
  Der Luftdruck muß kleiner als der Atmosphärendruck sein. Bei Stillstand der Verbrennungsanlage ist der Bunker u. U. sogar zu leeren.
- Lagertanks (flüssige Abfälle)
  Der Luftdruck muß kleiner als der Atmosphärendruck sein. Bei Stillstand der Verbrennungsanlage ist der Tank u. U. sogar zu leeren.

Soweit die praktischen Hinweise zur TA-Luft.
Wichtig ist noch die weitere Vorgehensweise für Betreiber von Verbrennungsanlagen. Eine Überprüfung der Einhaltung der neuen TA-Luft kann das Gewerbeaufsichtsamt jederzeit anordnen. Ansonsten gilt die alte Genehmigung, die jedoch ein halbes Jahr vor Ablauf erneuert werden muß. Sanierungsvorschläge hätten bis Februar 1987 eingereicht werden müssen.

In einem Beitrag von Bartholmeß (3) wird zu dem Thema der Sanierungsvorschläge gesagt: "In diesem Fall ist es geboten, Angebote für bestimmte Messungen nach der TA-Luft bei verschiedenen Gutachterstellen, die nach § 26 Bundes-Immissionsschutzgesetz zugelassen sind, einzuholen. Zusätzlich sind die verschiedenen technischen Betriebsabläufe, wie z.B. Verweilzeit, Temperatur von 1200°C, Zuschaltung von Hilfsbrennern etc., auf ihr Vorhandensein hin zu überprüfen. Der Ergebnisbericht muß mit der TA-Luft verglichen werden und dann eine Entscheidung nach sich ziehen. Dies kann im einen Fall eine Anlagensanierung, im anderen Fall eine Stillegung und Abreißen einer Müllverbrennungsanlage zur Folge haben."

In diesem Zusammenhang muß auf die guten Erfahrungen der Klinikmüllverbrennungsanlage München-Nord hingewiesen werden. Nach einem Bericht von Böhm (4) werden hier täglich ca. 8 Tonnen krankenhausspezifische Abfälle von 100 Krankenhäusern mit ca. 24 500 Betten und mehreren Arztpraxen umweltgerecht entsorgt.

Soweit zum Thema Luftreinhaltung .

3. Abwasser

Heranzuziehen sind das Wasserhaushaltsgesetz (7), das Abwasserabgabengesetz (8), das Waschmittelgesetz (9), Indirekteinleiterverordnungen (17 und 18) und Merkblätter (12).

3.1 Wasserhaushaltsgesetz

Die Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes (7) trat am 01. Januar 1987 in Kraft. Die wichtigsten Forderungen sind:

§ 7 a Abs.1: "Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser darf nur erteilt werden, wenn die Schadstofffracht des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Anforderungen nach Satz 3, mindestens jedoch nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, möglich ist. Enthält Abwasser bestimmter Herkunft Stoffe oder Stoffgruppen, die wegen der Besorgnis einer Giftigkeit, Langlebigkeit, Anreicherungsfähigeit oder einer krebserzeugenden, fruchtschädigenden oder erbgutverändernden Wirkung als gefährlich zu bewerten sind, müssen die Anforderungen an die Abwasserreinigung dem Stand der Technik entsprechen".

Diese Anforderung kann auch für den Ort des Anfalls, also vor einer jeglichen Vermischung aufgestellt werden.

§ 7 a Abs. 3: Die Länder stellen auch sicher, daß vor dem Einleiten von Abwasser mit gefährlichen Stoffen in eine öffentliche Abwasseranlage gefährliche Inhaltsstoffe nach dem Stand der Technik vermieden bzw. verringert werden.

§ 19 i 'Pflichten des Betreibers' Abs.1: "Der Betreiber hat mit dem Einbau, der Aufstellung, Instandhaltung, Instandsetzung oder Reinigung von Anlagen nach § 19 g Abs.1 und 2 Fachbetriebe nach § 19 l zu beauftragen ..." (Zur Erläuterung: Anlagen nach § 19 g sind Anlagen für feste und gasförmige wassergefährdende Stoffe mit einem Inhalt von über 300 Litern.)

§ 19 i Abs.2: "Der Betreiber einer Anlage nach § 19 g Abs.1 und 2 hat die Dichtheit und die Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen ständig zu überwachen ..." Dies hat vor Inbetriebnahme alle 5 Jahre bzw. bei unterirdischer Lagerung in Wasserschutzgebieten alle 2,5 Jahre, vor Wiederinbetriebnahme bei Besorgnis einer Wassergefährdung und bei Stillstand zu geschehen.

Resumee aus dem oben Gesagten: Die Veränderung des WHG soll den beiden Problemen "Abwasser mit gefährlichen Inhaltsstoffen" und "Grundwasserschutz" verstärkt Rechnung tragen. Durch die Novellierung des § 7 a sollen gefährliche Stoffe schon an ihrer Quelle vermieden bzw. weitgehendst verringert werden. Durch die Novellierung des § 19 müssen Anlagen für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen verschärften Vorschriften entsprechen, da es gerade hier in letzter Zeit zu vielen Schadensfällen gekommen ist.

3.2 Abwasserabgabengesetz

Die Abwasserabgabe betrifft ausschließlich Direkteinleiter und soll als ökonomisch wirkendes Instrument des Gewässerschutzes die Forderung des WHG unterstützen. Eine Neufassung liegt für Januar 1989 im Entwurf bereits vor. Wichtige Forderungen darin sind:
Wer nicht entsprechend den anerkannten Regeln der Technik Abwassereinleitungen vornimmt, wird eine höhere Abwasserabgabe bezahlen müssen als der, der die Schadstofffrachtmengen unterschreitet.

Die Indirekteinleiter werden von Abwasserabgabengesetz nur dann betroffen, wenn die Gemeinden ihre Erhöhung der Abgabe auf die Einleiter in die öffentliche Kanalisation (Indirekteinleiter) weitergeben.

3.3 Indirekteinleiterverordnung

Im Gegensatz zum Abwasserabgabengesetz nimmt das WHG über den neuen § 7 a Abs. 3 direkt Bezug auf die Indirekteinleiter. Die Umsetzung der Forderungen ist den Ländern überlassen und erfolgt über die teilweise schon erlassenen Indirekteinleiterverordnungen. Beispielhaft soll hier die Indirekteinleiterverordnung des Landes Hessen (17) herangezogen werden.
In § 2 der Indirekteinleiterverordnung des Landes Hessen (17) wird - wie auch bei der Verordnung zum Einleiten wassergefährdender Stoffe des Landes Bayern (18) - die Untersuchungspflicht beschrieben: "Die Einleiter von nicht häuslichen Abwässern in Abwasseranlagen, die gefährliche Stoffe lagern, abfüllen, herstellen, behandeln oder sonst verwenden, haben zu untersuchen, ob ihr Abwasser mit gefährlichen Stoffen belastet ist oder belastet werden kann. Soweit sie keinen Erlaubnisantrag stellen, haben sie auf Verlangen der Wasserbehörde nachzuweisen, daß ihr Abwasser nicht mit gefährlichen Stoffen

belastet ist oder belastet werden kann, oder die in der Anlage genannten Schwellenwerte unterschritten werden. Abwasseruntersuchungen sind von den nach der Eigenkontrollverordnung in ihrer jeweils geltenden Fassung staatlich anerkannten Stellen durchzuführen."

Werden bei diesen Untersuchungen gefährliche Inhaltsstoffe festgestellt, so kann nach § 1 eine Befreiung von der Erlaubnispflicht nur dann erfolgen, wenn durch technische Maßnahmen sichergestellt ist, daß auch bei nur zeitweise auftretenden Belastungen des Abwassers mit gefährlichen Stoffen die Schwellenwerte nicht überschritten werden. Dies wird für viele Indirekteinleiter eine Sanierung der Abwasserbehandlungsanlagen nach sich ziehen.

3.4 Wasch- und Reinigungsmittelgesetz

Zu den wichtigsten Neuregelungen des Wasch- und Reinigungsmittelgesetzes (9) vom 19. Dezember 1986 gehören:

- Waschmaschinen und ähnliche technische Einrichtungen müssen so geschaffen sein, daß für ihren ordnungsgemäßen Gebrauch so wenig Wasch- und Reinigungsmittel wie möglich benötigt werden.
- Die biologische Abbaubarkeit oder die sonstige Eliminierbarkeit der Wasch- und Reinigungsmittel muß gewährleistet sein.
- Höchstmengen an Phosphorverbindungen sind festgelegt.
- Angaben von Wasserhärtebereichen und zur Umweltverträglichkeit müssen vorhanden sein.

4. Zusammenfassung

Diese und andere Hinweise sind für den Krankenhausbetrieb und die Einleitung von Wasser nach den Regeln der Technik wichtig. In einem Aufsatz von Wittchow (20) wird an einem Krankenhaus mit 700 Betten die Gewässerbelastung beschrieben: "Wäsche ca. 730 000 kg pro Jahr, Frischwasser 148 000 m^3 pro Jahr (alles), Waschmittelverbrauch ca. 25 000 kg pro Jahr, Reinigungsmittelverbrauch ca. 21 000 kg pro Jahr, Desinfektionsmittelverbrauch 8 400 kg pro Jahr."

Im gemeinsamen Interesse des Umweltschutzes sind die angesprochenen Gesetzesänderungen

- Abfallgesetz (10)
- TA-Luft (6)
- Wasserhaushaltsgesetz (7)
- Abwasserabgabengesetz (8)
- Indirekteinleiterverordnung (17)
- Wasch- und Reinigungsmittelgesetz (9)

zu begrüßen. Die Umsetzung der Forderungen dieser Gesetze sollte in den Krankenhäusern problemlos erfolgen.

Dipl.-Ing. Günter Urlaub
DEKRA Institut für Sicherheit,
Umweltschutz und Energie
Schultze-Delitzsch-Str. 49
7000 Stuttgart 80

DEKRA-Leistungen für Krankenhäuser

Im Bereich Umweltschutz

- Abfall- und Entsorgungsberatung
- Messen und Prüfen im Rahmen des Bundesimmissionschutzgesetzes von Emissionen und Immissionen im Bereich Lärm und Luftreinhaltung (z.B. Müllverbrennungsanlagen)
- Beratung nach der neuen Gefahrstoffverordnung

Im Bereich technischer Gebäudeausrüstung

- Prüfungen nach den Landesbauordnungen
- Prüfung und Beratung im Bereich des vorbeugenden Brandschutzes und Katastrophenschutzes, Erarbeitung und Aufstellung von Rettungswegkonzeptionen
- Ganzheitliche Energieberatung
  1. Ist-Zustandsbeschreibung
  2. Schwachstellenanalyse
  3. Maßnahmenkatalog mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

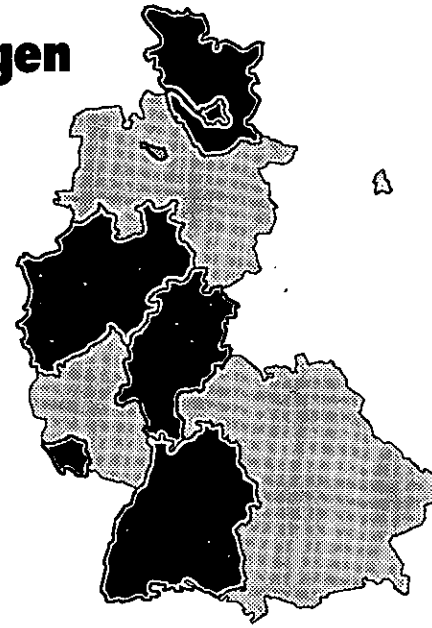
Im Bereich der Medizintechnik

- Prüfung von MTG in Krankenhäusern und Arztpraxen durch Prüfingenieure mit Standorten im gesamten Bundesgebiet (§ 22/2, § 11 MedGV)
- Beratende Unterstützung bei der organisatorischen Umsetzung der MedGV sowie bei Instandhaltungskonzepten
- Beratung bei der Beschaffung medizintechnischer Geräte

DEKRA

Institut für Sicherheit, Umweltschutz und Energie
Schulze-Delitzsch-Straße 49 · 7000 Stuttgart 80
Telefon (0711) 7861-0

DEKRA-Niederlassungen in Deutschland



5100 Aachen
Rottstraße 41
(02 41) 50 70 80

7080 Aalen
Röntgenstraße 35
(0 73 61) 4 30 63

8900 Augsburg
Robert-Bosch-Straße 3
(08 21) 70 30 51

2960 Aurich
Im Hammrich
(0 49 41) 43 38

8589 Bayreuth-Bindlach 1
St. Georgen-Straße 27
(0 92 08) 7 11

1000 Berlin 42
Ullsteinstraße 86-94
(030) 70 24-0

4800 Bielefeld 1
Otto-Brenner-Straße 168
(05 21) 2 99 05-0

3300 Braunschweig
Ernst-Böhme-Straße 12
(05 31) 3 15 79

2800 Bremen-Hemelingen
Osterhop 5
(04 21) 41 40 38-39

2850 Bremerhaven
An der Feuerwache 2
(04 71) 2 30 03

4600 Dortmund 76
Alter Hellweg 106
(02 31) 61 00 2-0

4000 Düsseldorf
Rosmarinstraße 39
(02 11) 2 30 84-0

4100 Duisburg-Hamborn
Theodor-Heuss-Straße 69
(02 03) 5 89 04-0

4300 Essen 11
Sulterkamp 101
(02 01) 35 20 66

2390 Flensburg
Lilienthalstraße 20
(04 61) 5 20 61

6000 Frankfurt-Seckbach
Gelastraße 48
(0 69) 41 80 61

7800 Freiburg
Gündlinger Straße 22
(07 61) 4 30 55

6400 Fulda
Innstraße 6
(06 61) 40 85

6300 Gießen 1
Karl-Benz-Straße 6
(06 41) 61 05 1

3400 Göttingen
Robert-Bosch-Breite 27
(05 51) 6 30 21

2000 Hamburg 1 (Nord)
Wandalenweg 10
(040) 23 20 31

2102 Hamburg 93 (Süd)
Georg-Wilhelm-Straße 297
(0 40) 7 53 50 83

3005 Hannover-Hemmingen 1
Gutenbergstraße 12
(05 11) 4 20 79-0

7100 Heilbronn
Austraße 158
(0 71 31) 7 80 01

8070 Ingolstadt
Steinheilstraße 15
(08 41) 6 90 71

6750 Kaiserslautern 25
Sauerwiesen 40
(0 63 01) 10 76

7500 Karlsruhe
Schauenburgstraße 1
(07 21) 8 64 44

3500 Kassel 1
Angerbachstraße 25
(05 61) 8 60 00

8960 Kempten
Härtnagel 2
(08 31) 9 73 21

2300 Kiel
Suchskrug 4
(04 31) 5 45 11

5400 Koblenz-Lützel
Wallersheimer Weg 63-67
(02 61) 80 73-0

5000 Köln 30
Methweg 2 B
(02 21) 17 30 15

2400 Lübeck
Bei der Lohmühle 7
(04 51) 4 38 56

6500 Mainz 42
Alte Mainzer Straße 127
(0 61 31) 83 90 21

6800 Mannheim-Käfertal
Fraunhofer Straße 15-17
(06 21) 73 90 10

4470 Meppen
Junkersstraße 8
(0 59 31) 10 87

5778 Meschede
Enster Straße 4
(02 91) 30 62

4950 Minden
Werftstraße 14
(05 71) 2 60 46

8000 München 46 (Nord)
Ingolstädter Straße 61 B
(0 89) 3 18 50 11

8033 Planegg-München (Süd)
Robert-Koch-Straße 3
(0 89) 8 59 90 46

4400 Münster
Daimlerweg 60 A
(02 51) 7 10 75

2000 Norderstedt
Gutenbergring 19
(040) 5 23 10 70

8500 Nürnberg
Isarstraße 8
(09 11) 64 30 60

2900 Oldenburg
Donnerschweer-Straße 68
(04 41) 8 20 96

4500 Osnabrück
Klöcknerstraße 33
(05 41) 12 20 61

4790 Paderborn 1
Oberer Frankfurter Weg 50
(0 52 51) 7 97 1

8390 Passau
Danziger Straße 49
(08 51) 5 31 81

7980 Ravensburg
Ulmer Straße 101
(07 51) 4 30 83

8400 Regensburg
Bajuwarenstraße 5
(09 41) 7 20 87

7410 Reutlingen 11
Markwiesenstraße 22
(0 71 21) 5 11 31

8200 Rosenheim
Klepperstraße 20
(0 80 31) 3 10 78

6604 Saarbrücken-Güdingen
An der B 406 A
(06 81) 87 20 47

5900 Siegen 1
Alcher Straße 55
(02 71) 3 79 91

7700 Singen
Byk-Gulden-Straße 16
(0 77 31) 6 10 05

7000 Stuttgart-Hedelfingen
Hafenbahnstraße 28
(07 11) 3 20 19-0

5500 Trier
Ottostraße 3 A
(06 51) 8 60 24

3110 Uelzen 1
Fischerhofstraße 3
(05 81) 7 50 66

7900 Ulm-Söflingen
Herrlinger Straße 72
(07 31) 6 17 31

2848 Vechta
Lattweg 21 A
(0 44 41) 50 33

8700 Würzburg-Heidingsfeld
Winterhäuser Straße 55
(09 31) 70 40 44

5600 Wuppertal 22
Dahler Straße 72
(02 02) 66 33 14

L I T E R A T U R

1 Abfallnachweis-Verordnung (AbfNachwV), 2. Juni 1978 BGBl I S. 668

2 Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung, Anlage zu Ziff. 6.8 der "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen" Bundesgesundheitsblatt 26 Nr. 1 Januar 1983

3 Bartholmeß, K.: TA Luft und Abfallverbrennung Krankenhaus TECHNIK, Juni 1986

4 Böhm, O.H.: Abfallbeseitigung im Großraum München, Krankenhaus TECHNIK, Juni 1986

5 DIN V 30739 Abfallbehälter für ansteckungsgefährliche Abfälle zur Verbrennung, Juli 1986

6 Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27. Februar 1986, GMBL S. 95

7 Fünftes Gesetz zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) vom 25. Juli 1986, BGBl I S. 1165

8 Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz - AbwAG) vom 5. März 1987, BGBl I S. 880

9 Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmittel (Wasch- und Reinigungsmittelgesetz - WRMG) vom 20. August 1975, zuletzt geändert durch Gesetz vom 19. Dez. 1986, BGBl I S. 2615

10 Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallgesetz AbfG), vom Juni 1972 i.d. Fassung vom 27. August 1986, BGBl I S. 1410

11 Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten (Bundesseuchengesetz), i.d. Fassung vom 18. Dez. 1979, zuletzt geändert durch Gesetz vom 27. Juni 1985 BGBl I S. 1254

12 Hinweise für das Einleiten von Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage, Regelwerk der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. AVT, A 115 Jan. 1983

13 Hofer, F.: Verbesserungsbedürftige Entsorgung krankenhausspezifischer Abfälle, Müll und Abfall, Juni 1987

14 Merkblatt über die Beseitigung von Abfällen aus Krankenhäusern, Arztpraxen und sonstigen Einrichtungen des medizinischen Bereichs, ZFA-Merkblatt Nr. 8, 9.1974, Bundesgesundheitsamt

15 Siewert, H.-J.: Das neue Abfallgesetz und seine Konsequenzen, Krankenhaus TECHNIK, Januar 1987

16 Verordnung über das Einsammeln und Befördern von Abfällen (Abfallbeförderungs-Verordnung-AbfBefV)) 24. August 1983, BGBl I S. 1130

17 Verordnung über die Erfassung und Erlaubnisfreiheit von Einleitungen gefährlicher Stoffe in Abwasseranlagen (Indirekteinleiterverordnung), 6. März 1987, Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen Teil I, 07. April 1987

18 Verordnung über die Genehmigungspflicht für das Einleiten wassergefährdender Stoffe in Sammelkanalisationen und ihre Überwachung (VGS), 27. September 1985, Bayerisches Gesetz- und Verordnungsblatt Nr. 21/1985.

19 Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf Straßen (Gefahrgutverordnung Straße - GGVS) vom 22. Juli 1985, BGBl I S. 1551

20 Wittchow, W.: Krankenhauswäscherei-Hygiene und Umweltschutz, Krankenhaus TECHNIK, April 1986

Der Umweltschutz beginnt beim Einkauf!

Wolfgang Riedel, Braunschweig/Wolfenbüttel

Die allgemeinen Probleme der Abfallentsorgung, speziell im Zusammenhang mit Deponieproblemen, sowie die Probleme der Entsorgung von Krankenhausabfällen prägten bisher entscheidend die Diskussion der Abfallentsorgung von Krankenhäusern. Neben den hygienischen Belangen der Abfallentsorgung im Krankenhausbereich steht hier insbesondere die Frage der Abfallbehandlung und ihrer Techniken im Vordergrund der Diskussion.

Das neue Abfallgesetz stellt eindeutig die Strategie der Abfallvermeidung und -wiederverwertung vor die Praxis der Ablagerung und der herkömmlichen Abfallbeseitigung.

Eine Strategie der Abfallvermeidung muß jedoch bereits bei der Beschaffung (Einkauf) beginnen. Im Beschaffungswesen liegt ein wichtiger Schlüssel, um die Zielsetzungen des neuen Abfallgesetzes auch im Krankenhausbereich durchzusetzen.

Einkauf im Krankenhausbereich

Die Beschaffung im Krankenhausbereich konzentriert sich im wesentlichen auf drei Güterarten gemäß Abgrenzungsverordnung (AbgrV):

- Anlagegüter = Investitionsgüter
- Gebrauchsgüter = Anlagegüter mit einer durchschnittlichen Nutzungsdauer bis zu 3 Jahren
- Verbrauchsgüter = Wirtschaftsgüter, die durch ihre bestimmungsgemäße Verwendung aufgezehrt oder unverwendbar werden.

Typische Gebrauchsgüter im Krankenhausbereich sind Kleidung, Wäsche, Textilien, Glasartikel/Geschirr sowie medizinische Gebrauchsgüter (Narkosemasken, Magenpumpen, Katheter usw.). Anlagegüter sind alle Einrichtungs- und Ausstattungsgegenstände.

Aus Sicht der Abfallentsorgung sind insbesondere die Verbrauchsgüter dominierend, da sie bereits bei einmaliger Verwendung i.d.R. aufgezehrt oder unverwendbar werden, z.B. alle Einwegartikel speziell beim medizinischen Bedarf.

Aber auch bei den Anlagegütern werden zum Betrieb Hilfsstoffe (z.B. Chemikalien bei Analysegeräten im Labor) benötigt, deren Entsorgung oft nicht unerhebliche Umweltprobleme bereitet.

Der Einkaufsabteilung im Krankenhaus kommt damit neben der bisher vorrangigen Aufgabe der Beschaffung von Gütern und Dienstleistungen verstärkte Bedeutung aus Sicht der Entsorgung von Abfallstoffen zu, da bereits bei der Entscheidung über die Beschaffung bestimmter Güter und ggf. Dienstleistungen auch über die verbleibenden Abfallstoffe entschieden wird.

Die Beschaffungsfunktion kann jedoch heute nicht mehr alleine von der Krankenhausverwaltung bewältigt werden. Die Thematik der Entsorgung, die bereits beim Einkauf beginnen muß, stellt den i.d.R. kaufmännisch ausgebildeten Einkäufer im Krankenhaus vor besondere Probleme. Der Einkäufer, der die Versorgungsansprüche des ärztlichen und pflegerischen Personals mit einem Minimum an Mitteleinsatz erfüllen soll, ist aufgrund seiner i.d.R. fehlenden medizinischen oder ingenieurtechnischen Vorbildung außerstande, die Probleme der Entsorgung von Gütern bzw. Reststoffen zu beurteilen.
Nur durch zielorientiertes, systematisches Vorgehen im Einkaufsverfahren lassen sich auch die Belange des Umweltschutzes bei der Beschaffung verankern.

Für jedes zu beschaffende Produkt muß das Krankenhaus sich bereits beim Einkauf Gedanken über dessen spätere Entsorgung machen. Diese Aufgabe kann nicht allein von der Einkaufsabteilung wahrgenommen werden.

Beschaffungskommission

In vielen Krankenhäusern haben sich sogenannte Beschaffungskommissionen bewährt, in denen sowohl medizinisch-pflegerischer als

auch verwaltungs/technischer Sachverstand vertreten sein sollte. Aufgabe einer solchen Kommission ist es, Festlegungen im Rahmen der Güterauswahl für den Einkauf zu treffen und dabei sowohl Hygiene- als auch Entsorgungsgesichtspunkte sowie weitere im Krankenhausbereich relevante Aspekte zu berücksichtigen.
Die Zusammensetzung einer solchen Kommission muß individuell geregelt werden, jedoch sollte neben der Einkaufsverwaltung ärztlicher, pflegerischer, hygienischer Sachverstand durch entsprechend kompetente Personen in der Kommission vertreten sein, insbesondere jedoch technischer Sachverstand in Person des Technischen Leiters. Da die Entsorgung im Krankenhaus i.d.R. in den Verantwortungsbereich des Technischen Leiters fällt, hat der Ingenieur in der Beschaffungskommission die wichtige Aufgabe, zur Beschaffung anstehende Güter im Hinblick auf die spätere Entsorgung zu beurteilen. Doch nur das gemeinsame Handeln aller an der Beschaffung Beteiligten wird zu einer spürbaren Beeinflussung der Abfallentsorgung im Krankenhaus führen.

Formalisiertes Einkaufsverfahren

Für den Einkäufer im Krankenhaus werden verschiedentlich besondere Einkaufsverfahren vorgeschlagen, insbesondere die Anwendung des "wertanalytischen Einkaufsverfahrens" (1). Hierbei werden Formblätter zur Beschaffungsabwicklung vorgeschlagen, auf denen neben den Begründungen der anfordernden Stelle auch Stellungnahmen der Technischen Abteilung, des Hygienebeauftragten, ggf. des Bauamtes bzw. des medizinisch-technischen Servicezentrums angefordert werden. Derartige Formblätter sollten unbedingt um Stellungnahmen bezüglich der Entsorgung von Abfallstoffen erweitert werden. Hier sind Stellungnahmen der Technischen Abteilung, ggf. in Verbindung mit dem Hygienebeauftragten, gefordert.

Auch bei der Bewertung verschiedener Beschaffungsalternativen nach dem Verfahren der "Wertanalyse" ist die Problematik der Entsorgung in die Beurteilung einzubeziehen. Vorhandene Formblätter sind ggf. zu ergänzen bzw. zu modifizieren.

Abfallvermeidung

In vielen Krankenhäusern wird der Abfallvermeidung bei der Entscheidung über den Gütereinkauf zu wenig Bedeutung beigemessen. Gerade Kliniken produzieren erhebliche Abfallmengen, deren Substanzen häufig besonders problematisch sind.

Bei der Abfallvermeidung steht an erster Stelle die teilweise auch umstrittene aber wirtschaftlich und ökologisch interessante Mehrfachverwendung von Einwegartikeln, Dialysatoren sowie anderer Artikel (2). Prof.Dr. Daschner/Freiburg hat in seinem Aufsatz bereits 1982 auf die Möglichkeiten der Mehrfachverwendung bestimmter Artikel im Krankenhausbereich hingewiesen.
Gerade durch Einwegartikel wird das Abfallvolumen im Klinikbereich ganz erheblich erhöht. Es sollte daher in den Krankenhäusern kritisch überprüft werden, ob aus hygienischen Gründen und aus Gründen der Arbeitsvereinfachung die erheblichen Mengen an Einwegmaterial überhaupt notwendig sind. Dazu kommt noch, daß viele Einwegmaterialien von einer Transportverpackung, Lagerverpackung und dann noch Sterilverpackung umgeben sind. Viele Hersteller gehen außerdem sehr großzügig mit Verpackungsmaterial um. Aus hygienischen Gründen sind derartige Verpackungen häufig nicht gerechtfertigt (3).

Einige Einwegmaterialien sind auch ökologisch besonders fragwürdig. Durch die Beschaffung wiederverwendbarer Materialien, die durch Autoklavieren oder andere Formen der Sterilisation hygienisch einwandfrei wiederverwendbar sind, ließe sich die Müllmenge und damit auch die Menge umweltbelastenden Mülls (z.B. PVC-Materialien) reduzieren.

Nach Aussage von Prof.Dr.Daschner (3) sind hygienisch unnötig: Einweg-Beatmungsschläuche, Einweg-Absaugsysteme, Einweg-Pleuradrainagen oder Urin-Drainagesysteme mit Wechselbeuteln. Drainagen und Beatmungsschläuche können resterilisiert werden, es gibt auf dem Markt entsprechende Systeme.

Auch die Verwendung von Einweggeschirr ist häufig hygienisch unsinnig.

Auch die bequeme Verwendung von PVC-Einweghandschuhen läßt sich teilweise durch wiederverwendbare Haushaltshandschuhe ersetzen, z.B. zum Abwaschen von Betten, zum Laborgläserspülen sowie zum sonstigen Putzen. Beispielsweise verbraucht das Universitätsklinikum Freiburg jährlich 2,3 Millionen Stück derartiger Einweghandschuhe, was den Müll pro Jahr mit 18,4 Tonnen PVC belastet.

Abfallverwertung / Recycling

Bei den Gütern im Krankenhaus, bei denen eine Abfallvermeidung nicht möglich ist, sollte die Wiederverwertung von Abfällen im Rahmen des Recycling untersucht werden. Auch hier können bereits beim Einkauf der Güter die entsprechenden Recyclingmöglichkeiten untersucht werden und ggf. in die Entscheidung der Güterbeschaffung einfließen.

Grundsätzlich sind folgende Stoffe aus dem Hausmüll bzw. dem krankenhausspezifischen Müll für eine Wiederverwendung nach entsprechender Sortierung und ggf. Aufbereitung geeignet:
Papier, Pappe, Glas, Metall, Kunststoffe und organische Substanzen, die zu Kompost umgewandelt werden können.
Daneben besteht grundsätzlich auch bei folgenden Abfällen aus dem Krankenhaus die Möglichkeit des Recycling: Röntgenbilder, -filme, Entwicklungs- und Fixierbäder, Plazenten, Speisenabfälle, Altöl, Quecksilber, Batterien, Xylol usw.
Für das Recycling von Abfallstoffen hat sich ein eigener Markt entwickelt, der zum Teil erheblichen Schwankungen unterworfen ist, der allerdings durch die Entwicklung neuer Technologien auch in Zukunft große Bedeutung erlangen wird. Selbst bei scheinbar zu geringen Rohstoff-Marktpreisen wird das Recycling von Abfallstoffen oft dadurch wirtschaftlich, daß erhebliche Deponiegebühren bzw. Entsorgungskosten eingespart werden können.

Die im Krankenhaus für den technischen Bereich Verantwortlichen müssen sich über Recycling-Möglichkeiten ständig fortbilden und die Einkaufsabteilung bzw. Beschaffungskommission fachkundig beraten.

Checkliste Entsorgung und Recycling

In der nachfolgenden Check-Liste sind diejenigen Gesichtspunkte aufgeführt, die im Krankenhausbereich bei Entscheidungen über die Güterbeschaffung unter Entsorgungs- und Recycling-Gesichtspunkten von einem umweltbewußten Management zu beachten sind (4):

- Allgemeine Einkaufsbedingungen um die Haftung des Lieferanten für die Umweltverträglichkeit der gelieferten Produkte erweitern.
- Entsorgungsklauseln aufnehmen, die zusichern, daß die bezogenen Produkte ohne besondere Aufwendungen entsorgt werden können.
- Rücknahmeverpflichtung für Einweggebinde bestätigen lassen.
- Klausel über eine Aufklärungspflicht hinsichtlich der Stoffeigenschaften eines Produktes mit dem Lieferanten vereinbaren.
- Von den Lieferanten und Herstellern Produktmerkblätter und Sicherheitsdatenblätter (DIN 52900) anfordern.

Entsorgung und Recycling einer systematischen Planung unterwerfen:

- Ist-Analyse der zu entsorgenden Materialien mittels einer stofflich-energetischen Bilanzierung erstellen. Rückstände benennen, beschreiben und identifizieren.
- Möglichkeiten der Beschaffung alternativer Produkte im Hinblick auf Umweltverträglichkeit prüfen, z.B. durch Nutzung von Produktdatenbanken.
- Beurteilung alternativer Produkte im Hinblick auf Möglichkeiten der Abfallvermeidung, Abfallminderung, Abfallverwandlung durch physikalische und chemische Transformation in unschädliche Substanzen und Energien.
- Recyclingmöglichkeiten generell überprüfen (bereits bei der Entscheidung über die Beschaffung).

Zusammenfassung

Durch gezielte Maßnahmen im Rahmen der Güterbeschaffung in Krankenhäusern läßt sich die Gesamtmenge der Abfälle unter Umweltgesichts-

punkten erheblich reduzieren. Durch die Bildung einer Beschaffungskommission mit klarer Aufgabenstellung sowie der Einschaltung des technischen Sachverstandes in die Beschaffungsfunktion lassen sich konkrete Erfolge erzielen, die auch zu wirtschaftlichen Ergebnissen führen.
Auch wenn hier nicht auf einzelne Produkte bzw. Stoffarten (Chemikalien, Kunststoffe usw.) eingegangen werden kann, läßt sich durch ein systematisches Vorgehen anhand der dargestellten Check-Liste "Entsorgung und Recycling" die Entsorgungsproblematik im Krankenhausbereich positiv beeinflussen.

Die Beschaffung umweltschonender und deshalb kostengünstig zu entsorgender Produkte in Verbindung mit Maßnahmen der Material- oder Energieeinsparung sowie der Beurteilung des Material- oder Energieverbrauchsim Rahmen des Einkaufs bedarf der koordinierten Mitarbeit aller im Krankenhauswesen tätigen Bereiche, angefangen von den Lieferanten über die Händler bis zu den Nutzern im Krankenhausbereich.

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Riedel
Fachhochschule Braunschweig-Wolfenbüttel
Salzdahlumer Straße 46-48
3340 Wolfenbüttel

Literaturverzeichnis

(1) Eiff, Dr. Wilfried von: Arbeitshilfen für den Einkäufer im Krankenhaus, Krankenhaus-Kalender 1987, ecomed-Vlg.
(2) Daschner, F.: Kostendämpfung im Krankenhaus durch sinnvolle Krankenhaushygiene, Krankenhaus-Umschau, 51 (1982) Nr. 8
(3) Daschner, F.: Kliniken und Müll: So kann es nicht weitergehen! Klinikarzt 16 (1987) Nr. 3
(4) Winter, G.: Das umweltbewußte Unternehmen, C.H. Beck Verlag München 1987

Betriebs- und Servicemaßnahmen zur Begrenzung der Schadstoff-Emission Ihrer Heizungsanlage

von K. Below, Hamburg

Unter dem Eindruck massiver Schäden unserer Umwelt gelangen vorbeugende Maßnahmen, die das Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen beeinflussen, immer mehr in den Vordergrund. Basis eines einheitlichen Energiekonzeptes zur Erstellung, Sanierung oder Optimierung einer Wärmeerzeugungs-Anlage bilden jeweils eine Anzahl von abgestimmten Einzelmaßnahmen, die letztlich zu dem gewünschten Erfolg führen, die Situation unserer Umwelt im Hinblick auf eine Reduzierung der Schadstoff-Emission aktiv zu verbessern.

Die Bundesrepublik Deutschland zählt aufgrund der Bevölkerungsdichte und des hohen Industriealisierungsstandardes zu den Staaten mit einer relativ hohen Immissionsdichte.

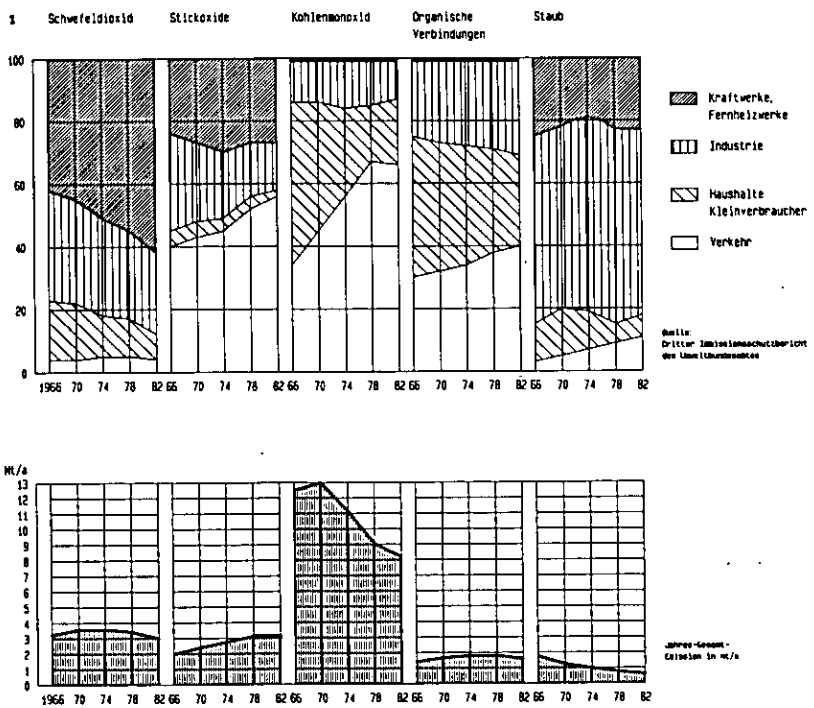
Untersuchungen des UBA haben ergeben, daß aus den umgebenden Nachbarländern ein erheblicher Transport von Luftschadstoffen stattfindet. So werden beispielsweise z.Zt. nur ca. 50% der SO_2-Immissionen einheimischen Emittenten zugeordnet.

Die Entwicklung der hauptsächlichsten Emittentengruppen hat das UBA im Dritten Immssionsschutzbericht der Bundesregierung veröffentlicht.
(Bild 1)

Für den Bereich Haushalt und Kleinverbraucher HuK haben umfangreiche Untersuchungen inzwischen eine Korrektur der vorliegenden Zahlenwerte ergeben. So wurde beispielsweise der Anteil der Kohlenwasserstoffe aus Feuerungen (Huk) mit 3,8% statt mit 32%, der der Kohlenmonoxidanteile effektiv nur mit 0,1% statt mit 21% ermittelt.

Dies läßt zwar erkennen, das tendenziell ein Rückgang der Schadstoff-Emission zu verzeichnen ist, daß aber die Ausschöpfung der von der Bundesregierung eingeleiteten Maßnahmen zur Emissionsminderung noch nicht im erwünschten Maße stattgefunden hat.

Bild 1 zeigt die Entwicklung der Anteile der 4 Emittentengruppen je Jahr



Die nachfolgend beschriebenen Möglichkeiten einer Schadstoff-Reduzierung beziehen sich in erster Linie auf Wärmeerzeugungs-Anlagen zur Verfeuerung von Heizöl EL und Erdgas für Nennwärmeleistungen, die im Bereich der 1. BImSchV und der TALuft zuzuordnen sind.
(Bild 2)

Wärmeerzeugungs-Anlagen leisten immer noch einen erheblichen Beitrag zur Umweltbelastung, besonders dann, wenn sie aus Kostengründen oder aus Gründen von Personaleinsparungen nur in ungenügendem Maße - oder was sich häufig noch gravierender auswirkt - nicht fachgerecht gewartet oder betrieben werden.

Feuerungsanlagen für den Einsatz von	Geltungsbereich		
	1. BImSchV	TA Luft	13. BImSchV (SFA - VO)
herkömmlichen festen Brennstoffen	< 1	1 - < 50	≥ 50
Heizölen	< 5	5 - < 50	≥ 50
gasförmigen Brennstoffen	< 10	10 - < 100	≥ 100
festen und flüssigen brennbaren Stoffen	Strohfeuerungen - < 0,1	0,1 - < 50	≥ 50

Geltungsbereiche der 1. BImSchV, TA Luft und 13. BImSchV gemäss Novelle 4. BImSchV (Feuerungswärmeleistung in MW)

Bild 2: Geltungsbereiche der 1. BImSchV, TA Luft und 13. BImSchV gemäß Novelle 4. BImSchV (Feuerungsgewährleistung in MW)

Die Grundlage für eine optimale Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahme muß deshalb bereits in der Planungsphase zwischen allen Beteiligten erarbeitet und festgeschrieben werden.

Beispiele aus der Praxis zeigen, daß gerade diesem Punkt häufig nicht die notwendige Bedeutung beigemessen wird. Die Folge davon ist, daß es

a) zu grundsätzlichen Fehlentscheidungen hinsichtlich des Energiekonzeptes kommen kann (Brennstoffauswahl, Verfügbarkeit, Redundanz)
und
b) für bestimmte, oft auch sicherheitstechnisch relevante Anlageteile an angemessener Zugänglichkeit für Wartung und Instandhaltung mangelt.

Wartung, vor Jahren noch überwiegend handwerklich strukturiert, muß heute mit entsprechender Fachkompetenz ausgestattet sein, um EMS-Aufgaben im Sinne einer erweiterten Betriebsführung wahrzunehmen, die mit Hilfe moderner Datenträger und Fernwirknetze Zugriff auf die gesamte Betriebstechnik hat.

ROM
RUD. OTTO MEYER

Instandhaltung mit System

Zuverlässiger Voll-Service mit Tag- und Nachtdienst für Ihre Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung.

Das sind unsere Leistungen:

- Geplante computergesteuerte Instandhaltung
- Störndienst rund um die Uhr
- Von 30 Servicestationen ist eine immer in Ihrer Nähe
- Fernkontrolle und Datenübertragung für externe Überwachung und Störfallmeldung

Das sind Ihre Vorteile:

- Senkung der Betriebskosten um 10 – 30 % durch ständig optimale Funktion
- Größtmögliche Sicherheit durch DDC und Fernkontrolle
- Werterhaltung und verlangsamte Alterung durch vorbeugende Instandhaltung
- Wartungs- und Reparaturkosten werden kalkulierbar

ROM – der erfahrene Partner

Das professionelle Management und die geschulten zuverlässigen Spezialisten des Wartungsdienstes kennen sich aus. Nicht umsonst ist Rud. Otto Meyer eines der bedeutendsten Unternehmen für Planung, Installation, Instandhaltung und Betrieb haustechnischer Anlagen.

RUD. OTTO MEYER
Tilsiter Straße 162, 2000 Hamburg 70
Telefon 0 40 / 69 49-0

ROM
RUD. OTTO MEYER

Technik mit Zukunft

125 Jahre Erfahrung und das Know-how vieler Jahrzehnte machen Rud. Otto Meyer zum Spezialisten für die Technische Gebäudeausrüstung.

Wärme- und Kältetechnik

Wärmeerzeugungsanlagen jeder Art, Fernwärmeversorgung, Heizkrafttechnik, Kälteanlagen, Energieträgersysteme, Großwärmepumpenanlagen, Anlagen zur Nutzung alternativer Energien, Wärmerückgewinnungssysteme.

Raumluft-/Reinraumtechnik

Raumlufttechnische Anlagen aller Systeme für Krankenhäuser, Versammlungsräume, Bürogebäude, Industriebauten.

Sanitärtechnik

Sanitärtechnische Anlagen für Wohn-, Geschäfts- und Industriebauten, Kliniken, Laboratorien, Schwimmbäder, Wasseraufbereitungsanlagen, Rohrnetze für flüssige und gasförmige Medien, Sprinkler- und andere Feuerlöschanlagen.

MSR-Technik

Meß- und Regeltechnik, Gebäudeautomation, DDC (Direct Digital Control) für Fernkontrolle und Befehlsübermittlung mit Regelung, Steuerung und Optimierung des Energieverbrauches, Elektrotechnik.

Forschung und Entwicklung

Strömungstechnische und thermodynamische Untersuchungen, akustische Messungen, Laboratorium für Luft- und Wärmetechnik mit wandelbaren Modellräumen und modernsten Meßeinrichtungen.

Rohrleitungsbau und Fernwärmetechnik

Viele bedeutende Fernwärmeanlagen auf der Welt haben Know-how von ROM.
Von der 1. Fernheizanlage 1880 bis zur hochmodernen 85-Megawatt-Anlage neuester Bauart in Neckarsulm.

Rud. Otto Meyer berät, plant, berechnet, koordiniert, liefert, installiert, überwacht erweitert, wartet und saniert auf allen Gebieten der Technischen Gebäudeausrüstung und schützt die Umwelt.

RUD. OTTO MEYER
Tilsiter Straße 162, 2000 Hamburg 70
Telefon 0 40 / 69 49-0

Von einem mit diesen Aufgaben beauftragten Unternehmen kann auch der Betreiber erwarten, daß er im Sinne einer wirtschaftlichen Betriebsweise beraten und auf Möglichkeiten systembedingter Veränderungen im Sinne einer Minimierung der Schadstoffemission hingewiesen wird.

Schadstoffe

Generell kann die Schadstoffbelastung als Funktion des Energieverbrauchs angesehen werden. Je optimaler die Abstimmung zwischen Verbrennungssystem, Wärmeerzeuger- und Abgassystem ist, desto geringer ist letztendlich auch die Schadstoff-Emission.

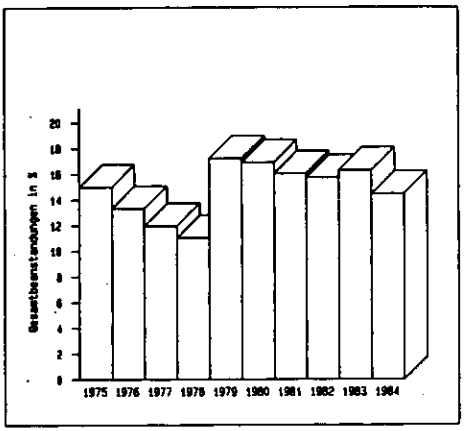
Emissionen entstehen zunächst aus den im Brennstoff enthaltenen Schadstoffen und aus dem nachfolgenden Verbrennungsprozeß, der von den unterschiedlichsten Faktoren beeinflußt wird, wie z.B.:

- dem Verbrennungssystem
- der Qualität des Brenners
- der Flammengeometrie
- dem Ablauf der Verbrennung
- der Feuerraumgeometrie
- der Feuerraumbelastung
- den Druckverhältnissen im Feuerraum und Abgassystem

und nicht zuletzt von einer nicht fachgerecht durchgeführten Reinigung rauchgasberührter Flächen und einer nicht den tatsächlichen Betriebsbedingungen entsprechenden Brennereinstellung.

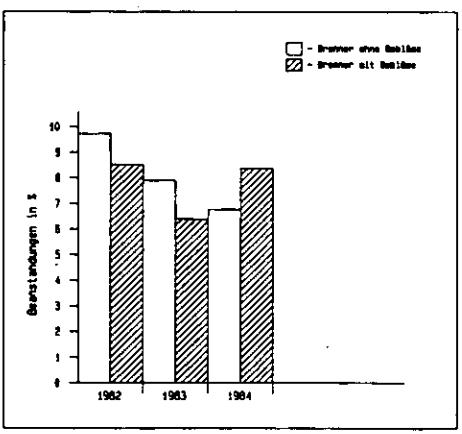
Berücksichtigt man, daß oftmals schon die Zusammenstellung zwischen Brenner-, Wärmeerzeuger- und Abgassystem nicht optimal gewählt wurden, so sind für Betrieb und Wartung dieser Anlagen bereits Grenzen gesetzt.

Das Ergebnis mangelnder, nicht fachgerechter oder in zu langen Intervallen durchgeführten Wartungen von Anlagen nach der 1. BImSchV schlagen sich als Beanstandungen bei den Immissionsschutzmessungen durch die Bezirksschornsteinfegermeister nieder.
(Bild 3, Bild 4)



Beanstandungen von Ölfeuerungsanlagen nach der 1.BImSchV

Bild 3: Beanstandungen von Ölfeuerungsanlagen nach der 1. BImSchV



Beanstandungen von Gasfeuerstätten-Überschreitung der Abgasverluste nach der 1.BImSchV

Bild 4: Beanstandungen von Gasfeuerungsstätten-Überschreitung der Abgasverluste nach der 1. BImSchV

Schadstoffe im Brennstoff

Schwefeldioxid SO_2 entsteht durch Oxidation des im Brennstoff enthaltenen Schwefelanteils und ist **verbrennungstechnisch nicht beeinflußbar**. Nur geringe Mengen oxidieren noch während des Verbrennungsprozesses zu SO_3.

Der relativ hohe Anteil der SO_2-Emissionen ergibt sich aus der Annahme des max. Grenzwertes von 0,3% im Heizöl EL. Umfangreiche Analysen haben jedoch ergeben, das dieser Anteil im Mittel bei nur 0,2% liegt.

Hier ergibt sich zumindest auf den ersten Blick ein Ansatzpunkt, den SO_2-Anteil im Brennstoff auf die 50% Marke zu reduzieren (Grenzwert 0,15%), zumal die technischen Möglichkeiten durchaus gegeben wären.

Aus zwei Gründen wird dies jedoch nur mittelfristig zu lösen sein:
- erstens ist die Mineralölwirtschaft mit den bekannten Abhängigkeiten in der EG eingebunden, womit sich das Problem nicht mehr auf nationaler Ebene lösen läßt.
- zweitens sind die Kosten für diese Maßnahme ein nicht zu unterschätzender Faktor, der einer kurzfristigen Lösung dieses Problemes eher entgegenstehen dürfte.

Erdgas hingegen enthält praktisch kein Schwefel, so daß beim Verbrennungsvorgang auch keine SO_2-Emissionen auftreten.

Primärmaßnahmen

Betriebs- und Wartungsmaßnahmen können sich daher nur auf die Reinigung rauchgasberührter Flächen beziehen, wobei die Entfernung der Schwefelrückstände nicht nur mit mechanischer Reinigung möglich ist.

Sekundärmaßnahmen

Diese werden aufgrund der geltenden BImSchV hauptsächlich für Wärmeerzeugungs-Anlagen mit Festbrennstoffen und Heizöl S erforderlich, deren Nennwärmeleistung in den Bereich der TALuft bzw. der GFA-VO fallen. Heizöl S und Kohle gelten als schadstoffreich und sollten bevorzugt in dafür geeignete Anlagen mit entsprechenden umwelttechnischen Einrichtungen zur Emissions-Reduzierung wie z.B. Entstaubung, Rauchgasentschwefelung und Entstickung eingesetzt werden.

Für diese Maßnahmen stehen die unterschiedlichsten Verfahren zur Verfügung, auf die aber im Rahmen dieses Vortrages nicht näher eingegangen werden soll.

Stickoxydbildung (NO_x)

Die Stickstoffverbindungen Stickstoffmonoxyd (NO) und Stickstoffdioxyd (NO_2) werden allgemein als NO_x-Emissionen bezeichnet.

Die Theorie der Bildung von Stickstoffoxyden ist sehr komplex, so daß an dieser Stelle nur auf die wesentlichsten Punkte eingegangen werden kann.

Generell unterscheiden sich die verschiedenen Bildungsmechanismen nach der Herkunft des Stickstoffes, einmal in das organisch gebundene **Brennstoff-NO** und dem NO-Anteil durch Luftstickstoff, der nochmals unterschieden wird in die primäre Stickstoffmonoxydbildung (**Promptes NO**) und **Thermisches NO**.

Brennstoff-NO entsteht durch Oxidation des im Brennstoff gebundenen Stickstoffs mit dem Luftsauerstoff bei Verbrennungstemperaturen von ca. 1000°C.

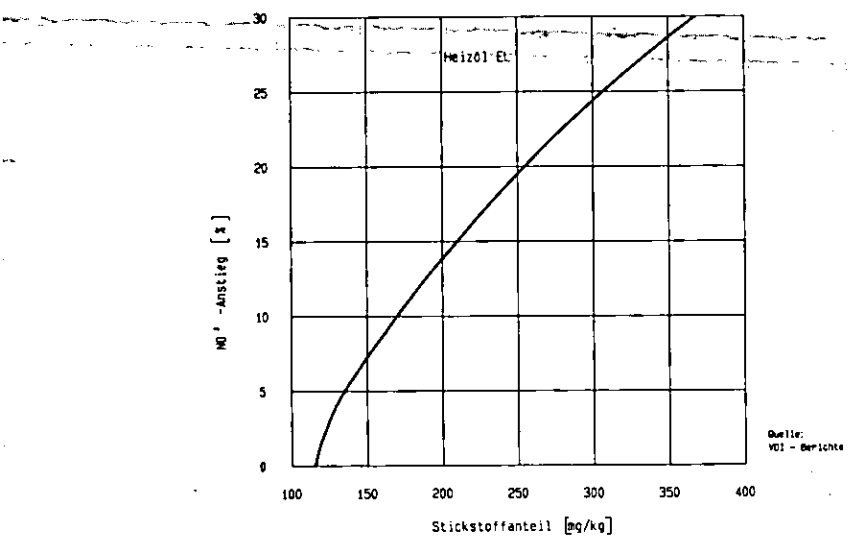


Bild 5 zeigt die Abhängigkeit des NO_x-Gehaltes vom Stickstoffanteil im Heizöl EL.

NO-Anteil durch Luftstickstoff

1. **Promptes NO**
entsteht infolge des Luftüberschusses während des Verbrennungsprozesses über kurzlebige Zwischenprodukte. Nach der Theorie von Fenimore reagieren die Kohlenwasserstoffe der Brennstoffe mit dem Luftstickstoff und spalten dabei atomaren Stickstoff ab.

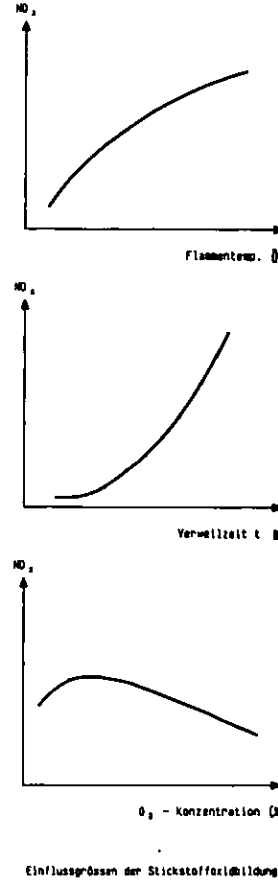
2. **Thermisches NO**
entsteht im Brennraum bei Temperaturen von > 1300°C zunächst als Stickstoffmonoxyd, das in den Rauchgaswegen und später in der Atmosphäre zu Stickstoffdioxyd (NO_2) oxidiert (Zeldovic-Reaktion). Die wesentlichsten beeinflußbaren Parameter der thermischen NO-Bildung sind:

- die Sauerstoffkonzentration,
- die Flammentemperatur und
- die Verweilzeit bei hoher Temperatur.

Bild 6 zeigt die Abhängigkeiten dieser wichtigsten Parameter.

Im Gegensatz zu den SO_2-Emissionen, die primärseitig nicht beeinflußbar sind, bieten sich hier eine Reihe von Maßnahmen zur NO-Reduzierung.

Diese sind in erster Linie nicht eine Frage der Brennereinstellung, sondern abhängig von der technischen Konzeption des Verbrennungssystems.



Einflussgrössen der Stickstoffoxidbildung

Bild 6: Parameter zur Beeinflussung thermischer NO_x-Bildung

Betriebs- und Servicemaßnahmen zur NO_x-Reduzierung wären Änderungen der Betriebsbedingungen durch

- Verringerung des Luftüberschusses
- Reduktion der Feuerraumbelastung
- Senkung der Luftvorwärmtemperatur

die aber als alleinige Maßnahme zwar den gewünschten Effekt bewirken, gleichzeitig aber Nachteile einer wirtschaftlichen Fahrweise, Leistungsreduktion und Energieverlust sowie bei Verringerung der λ-Zahl eine Neigung zur unvollständigen Verbrennung mit sich bringen.

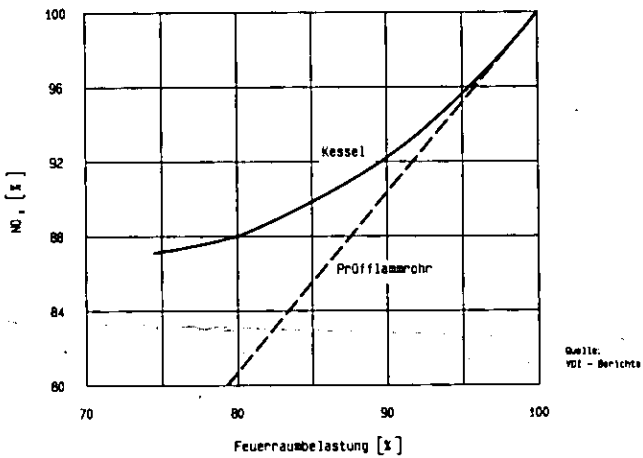


Bild 7 zeigt den Einfluß der Feuerraumbelastung auf die NO_x-Bildung.

Konstruktive Maßnahmen zur NO_x-Reduzierung bedeuten eine Änderung des Verbrennungssystems durch

- zweistufige Verbrennung — mit dem Ziel einer unterstöchiometrischen Verbrennungsbedingung im Flammenzentrum
  Nachteile: Unvollständige Verbrennung und Flammenausdehnung

- Rauchgas-Rezirkulation	bedeutet niedrigere Verbrennungstemperatur verbunden mit geringer CO_2-Konzentration. Nachteile: Flammenausdehnung, höhere Betriebskosten
- Wasser- oder Dampfeinspritzung	Nachteile: Reduktion der Wärmeleistung, Energieverluste
- Einsatz einer speziellen Brennerkonstruktion zur NO_x-reduzierten Verbrennung	Nachteile: abhängig von der Brennraumgeometrie, u.U. Nachteile anderer Verbrennungswerte (CO/CO_2)

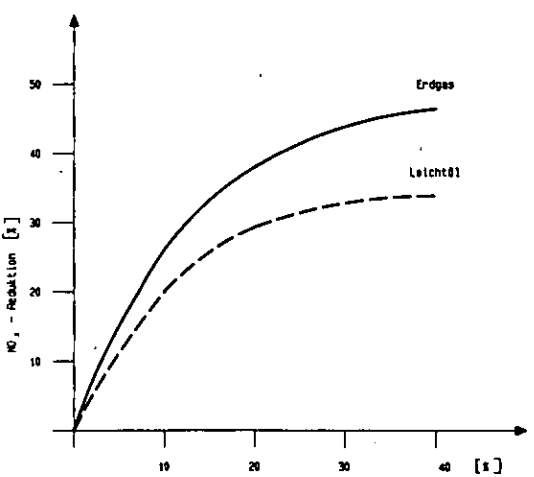
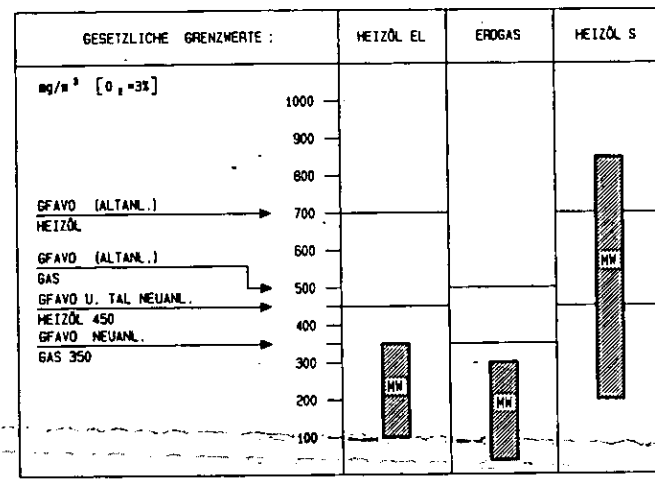


Bild 8 zeigt den Einfluß der Rauchgas-Rezirkulation auf die NO_x-Emission.

Schwerölfeuerungen

NO_x-Immissionsmessungen an ausgeführten Anlagen zeigen, daß mit dem Brennstoff Heizöl S, der in der Regel 0,2 bis 0,4 Gewichtsprozente N enthält, die geforderten Grenzwerte nach TALuft und GFA-VO nicht mehr einzuhalten sind.



Emissionen, NO_2. [mg/Nm³ NO_2]

Bild 9 zeigt die gemessenen NO_x-Emissionen für Heizöl EL, Erdgas und Heizöl S

Unter dem Aspekt "Saubere Umwelt" sind bestehende Anlagen mit Schweröl-feuerungen deshalb möglichst auf andere Energieträger umzurüsten.

Kohlenmonoxyd (CO) und Ruß

Bei der Oxidaton von Kohlenstoff entsteht zunächst Kohlenmonoxyd, das im Verbrennungsprozeß anschließend in CO_2 umgewandelt wird. Bei **unvollkommener** Verbrennung durch Luftmangel, zu niedriger Flammentemperatur oder Abkühlung der Flammen beim Auftreffen auf kalte Berührungsflächen im Feuerraum kommt es zu Kohlenmonoxydemission und damit auch zu Rußbildung (Verpuffungsgefahr).

Begünstigt wird die Freisetzung der Schadstoffe weiterhin durch:

- Anwesenheit von Feuchtigkeit (Taupunktunterschreitung)
- unzulässigem Druckanstieg im Feuerraum während der Brennerzündung (Anfahrstoß)
- oder möglicher Brennstoff-Rückstände, die bei Brennschluß durch Abtropfen auf heiße Flächen eine Nachverbrennung bewirken können.

Emissionen durch Kohlenwasserstoffe (C_nH_m)

entstehen, wenn unverbrannte Teile des zerstäubten Brennstoffes direkt in den Abgasstrom gelangen. Die Ursache dafür kann einmal eine nicht einwandfreie Zerstäubung, eine mangelnde Einstellung der Mischeinrichtung oder ein zu hoher Luftüberschuß sein.

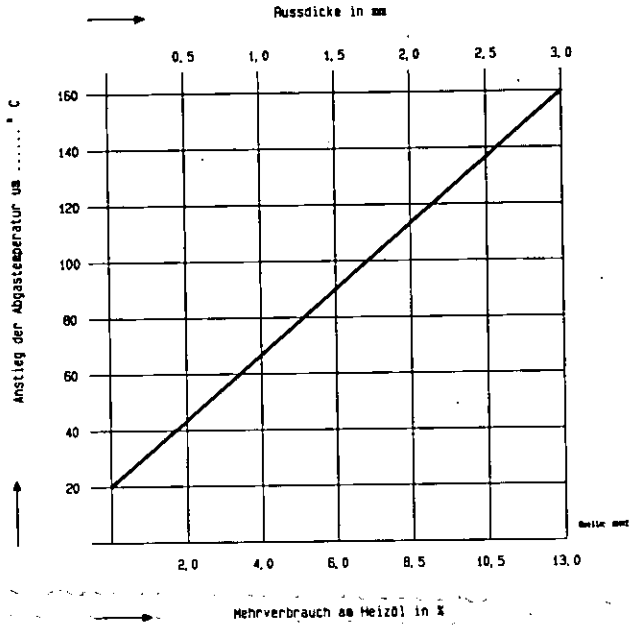
Ruß

Die Verfeuerung flüssiger Brennstoffe führt zwangsläufig zu Feststoff-Emissionen, selbst bei noch so sorgfältiger Brennereinstellung. Bei Erdgas entsteht Rußbildung unmittelbar bei Luftmangel.

Die meßtechnisch exakte Bestimmung der quantitativ emittierten Feststoffmenge ist bis heute schwierig. In der Praxis wird die Rußzahl über eine optische Vergleichsmessung bestimmt.

Verbrennungsrückstände auf den Heizflächen in Form von Ruß verhindern den Wärmeüberhang und sind verantwortlich für einen unzulänglichen Anstieg der Abgastemperaturen. Die Folge davon sind größere Wärmeverluste, Verschlechterung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades und ein damit verbundener Mehrverbrauch an Heizenergie.

Bild 10 zeigt den Einfluß der Rußdicke und Ablagerungen auf die Abgastemperatur



Betriebs- und Servicemaßnahmen

zur Reduzierung von CO, C_nH_m und Ruß können sich nach Abwägung aller Kriterien nicht nur auf eine fachgerechte Brennereinstellung und eine regelmäßige Reinigung rauchgasberührter Flächen von Wärmeerzeuger und Abgassystem beziehen.

Eine Beurteilung der Gesamtsituation mit dem Ziel einer wirtschaftlichen und schadstoffarmen Betriebsweise läßt sich nur unter Einbeziehung aller Anlagekomponenten, wie

- Brennstoffsystem
- Verbrennungssystem
- Wärmeerzeuger
- Nachschaltheizfläche
- Abgassystem
- und Abgaskamin

erreichen.

Weitere Maßnahmen konstruktiver Art zur Emissionsbegrenzung wären:

- die **Begrenzung der Anfahrvorgänge** durch Leistungsanpassung der Feuerung an den tatsächlichen Wärmebedarf

- **Herabsetzung der Abgastemperatur**
  Bei Maßnahmen zur deutlichen Herabsetzung der Abgastemperatur wie z.B. reduziertes Abgasvolumen, Einsatz der Brennwerttechnik, Auskühlung des Abgases durch Nachschaltfächen sind Abgassystem und Schornsteinanlage auf Auswirkungen durch Rauchgas-Kondensation zu überprüfen.

- **Optimierung des Verbrennungssystems** durch Regelung des Restsauerstoffanteiles im Abgas (O_2-Regelung).

  Der wirtschaftliche Einsatz einer O_2-Aufschaltung ist in der Regel bei Feuerungs-Wärmeleistungen ab 3 MW Stand der Technik.

  Die O_2-Regelung kompensiert vollautomatisch alle Faktoren, die die Verbrennungsqualität beeinflussen, wie

  - Schwankungen der Luftfeuchte und der Temperatur
  - Schwankungen der Brennstoff-Eigenschaften wie Heizwert und Viskosität

  So kann beispielsweise bei Erdgasfeuerung wegen des schwankenden Heizwertes der überhöhte Sicherheits-Luftüberschuß zur Vermeidung von unvollständiger Verbrennung auf ein Mindestmaß reduziert werden.

  Das bedeutet Verminderung der Abgaswerte und damit Erhöhung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades.

Zusammenfassung

Mit sorgfältig und fachgerecht durchgeführten Betriebs- und Wartungsmaßnahmen, die die Basis einer wirtschaftlichen Betriebsweise bilden, können bereits deutliche Emissionsreduzierungen herbeigeführt werden.

Eine Beurteilung der verschiedenen Möglichkeiten zur Schadstoffbegrenzung setzt allerdings umfassende Kenntnisse im Anlagenbau auf dem Gebiet der Energie- und Prozeßtechnik voraus.

Referent: Klaus Below
Billkoppel 10
2077 Trittau

Schrifttum

1) 3. Immissionsschutzbericht der Bundesregierung von 1984
Drucksache 10/1354

2) Angaben des Umweltbundesamtes (UBA)
(Daten zur Umwelt)

3) Bundesministerium für Wirtschaft (BMWI)
- Rereferat für Öffentlichkeitsarbeit -

4) Angaben des Zentralinnungsverbandes des Schornsteinfegerhandwerks

5) Rud. Otto Meyer, Hamburg
Abt. Forschung und Entwicklung

6) Elco Energiesysteme
Technisches Büro Hamburg

7) VDI-Berichte 1986, Nr. 623

Wie können Geräusche technischer Versorgungsanlagen gemindert werden ?

Planung und Nachprüfung

von Elmar Sälzer, Wiesbaden

1. EINLEITUNG

Krankenhäuser zählen bekanntlich zu den Gebäuden mit dem höchsten Installationsgrad. Technische Versorgungseinrichtungen kommen in einer Vielzahl von Varianten und im Regelfall auch mit speziellen krankenhausspezifischen Sondermerkmalen zum Einsatz.

Wegen des hohen Technisierungsgrades einerseits und des besonderen Schutzbedürfnisses der Kranken andererseits kommt dabei den Geräuschen derartiger Anlagen besondere Bedeutung zu.

Neben schalltechnischen Anforderungen, die aus dem Schutzbedürfnis der Patienten oder des medizinischen Personals (zum Beispiel in Aufenthaltsräumen) abgeleitet sind, bestehen in Krankenhäusern auch physiologisch abgeleitete schalltechnische Anforderungen, zum Beispiel in Audiometriebereichen oder EEG-Meßräumen.

Nachfolgend soll beschrieben werden, welche Anforderungen zu stellen sind, welche Übertragungsmechanismen für die Schallenergie von der Quelle bis zum zu beurteilenden Raum gegeben sind und welche Abhängigkeiten darüber hinaus bestehen.

Der Kürze der Zeit halber kann dabei nur das Prinzip des Vorgehens (teilweise erläutert durch ausgesuchte praktische Beispiele) beschrieben werden.

2. ANFORDERUNGEN

2.1 Bauaufsichtliche Anforderungen

Bauaufsichtliche Anforderungen an den Schallschutz bei Versorgungsanlagen sind lediglich in DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau", Ausgabe 1962, /1/ gestellt.

"Haustechnische Gemeinschaftsanlagen" dürfen nach dieser bauaufsichtlich eingeführten Norm in Wohn-, Schlaf- und Arbeitsräumen, in Raummitte gemessen, einen Schalldruckpegel von

$$L_{AF} = 30 \text{ dB(A)}$$

nicht überschreiten. (Strenggenommen spricht die Norm, wie damals üblich, noch von "Lautstärke, gemessen in DIN-phon", was technisch jedoch als gleich anzusetzen ist.)

Bei Anlagen, die nur in der Zeit von 07.00 bis 22.00 Uhr in Betrieb sind, darf der Schalldruckpegel ausnahmsweise bis zu 40 dB(A) betragen.

Für Sanitärgeräusche wurde kurz nach Erscheinen der DIN 4109 bereits durch zusätzliche Erlasse der Grenzwert auf 35 dB(A) hochgesetzt.

Die neue DIN 4109, die in den nächsten Wochen erscheinen wird, wird bedauerlicherweise keine nennenswerten Veränderungen bringen.

2.2 Allgemein anerkannte Regeln der Technik (aaRdT)

Sowohl die Verdingungsordnung für Bauleistungen VOB, aber auch die Honorarordnung der Architekten und Ingenieure HOAI fordern ausdrücklich die Anwendung der aaRdT; zahlreiche höchstinstanzliche Urteile bestätigen dies.

An dieser Stelle muß deutlich gemacht werden, daß die aaRdT durch pure Berücksichtigung der DIN 4109 - auch der kommenden neuen Fassung - nicht automatisch gegeben sind ! /2, 3/. Ebenso wie zum Beispiel bei der bauaufsichtlich vorgeschriebenen Mindestgröße von Kinderzimmern, der Mindestgröße von Fenstern in Aufenthaltsräumen oder auch beim Wärmeschutz liegen die aaRdT auch beim Schallschutz im Regelfall auf einem gegenüber DIN 4109 erheblich verbesserten Niveau.

Als Beispiel hierfür kann VDI 3744 angesehen werden /4/. Bild 1 zeigt Tabelle 2 aus VDI E 3744, in der die meisten zu stellenden Anforderungen enthalten sind.

Bei dieser Tabelle ist zu beachten, daß sie auf Messungen ausgeführter Projekte am Ende der Siebziger Jahre resultiert /5, 6, 7/ und zwischenzeitlich bei der Planung und Ausführung einer Vielzahl von Krankenhäusern positiv angewendet wurde.

3. Übertragungsmechanismen des Schalls technischer versorgungsanlagen

3.1 Die Schallquellen

3.1.1 Luftschallschutz

Für die Beurteilung des Luftschallschutzes technischer Versorgungsanlagen ist die Angabe des Schalleistungspegels oder des Schalldruckpegels an der Quelle erforderlich. Fast immer handelt es sich hierbei um maschinentechnische Anlagen in technischen Zentralen, für deren Schalldruckpegel im Raum die nachstehende Tabelle 2 eine erste orientierende Aussage gestattet.

Bild 1: Richtwerte für anzustrebende A-Schallpegel einzelner Schallquellen und anzustrebende resultierende Mittelungspegel $L_{m,res.}$ von Krankenhausräumen
(Tabelle 2 aus VDI 3744)

Zeile		Art der Räume / Art der Geräuschquelle	Spalte 1: Eigengeräuschpegel L_{95} (Hintergrundpegel) durch Benutzer im Raum in dB(A)	Anzustrebender A-Schallpegel der Einzelschallpegel im Raum in dB(A)					Spalte 7: Anzustrebender resultierender Mittelungspegel $L_{m,res.}$ im Raum in dB(A) als Summe der Pegel von Spalte 1 bis 6
				2: Außengeräuschanteil L_m bei geschlossenen Fenstern (z. B. Verkehrslärm)	3: Lüftungs- oder Klimaanlagengeräusch L_{max}	4: Geräuschanteil L_m durch Nutzung der benachbarten Räume	5: Sanitärinstallation/Haustechnik L_{max}	6: Heizungsanlagengeräusch L_{max}	
1		Räume für die Audiometrie	*) **)	≤ 20	≤ 20	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 30
2.	2.1	Bettenräume tags	≈ 35	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 40
	2.2	in Sanatorien nachts	≈ 30	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 30
3.	3.1	Bettenräume tags	≈ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 30	≤ 35	≤ 35	≤ 45
	3.2	der Normalpflege nachts	≈ 30	≤ 30	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 35
4		Räume für vertrauliche Untersuchung, Beratung, Psychoterapie, Sprechzimmer	≈ 40	≤ 40	≤ 35	≤ 30	≤ 35	≤ 35	≤ 45
5.	5.1	Räume für Direktoren und Abteilungsleiter	≈ 40	≤ 40	≤ 35	≤ 30	≤ 35	≤ 35	≤ 45
	5.2	Räume für Seelsorge und Fürsorge	≈ 40	≤ 40	≤ 35	≤ 30	≤ 35	≤ 35	≤ 45
	5.3	Hörsäle, Unterrichts-, Seminar u. Übungsräume	≈ 40	≤ 40	≤ 35	≤ 30	≤ 35	≤ 35	≤ 45
6.	6.1	Schlaf- und Aufenthaltsräume in tags	≈ 35	≤ 35	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 40
	6.2	Schwestern-Wohnheimen o. ä. nachts	≈ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 25	≤ 30	≤ 30	≤ 35
7		Räume für spezielle Untersuchung und Behandlung wie Erstell. Elektrokardiogramm (EGK), Elektroenzephalogramm (EEG), für Endoskopie, Ergonomie, Röntgenräume, Räume für Augen-, HNO-, MZK-Behandlung	≈ 40	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 45
8		Aufenthaltsräume für Patienten, Ärzte und Personal	≈ 40	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 40	≤ 35	≤ 45
9		Räume der Verwaltung wie Schreibzimmer, Sachbearbeiterbüros u. ä.	≈ 40	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 40	≤ 35	≤ 45
10		Bettenräume der Intensivpflege	≈ 40	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 40	≤ 35	≤ 45
11		Operationssäle, Räume für Eingriffe u. ä.	≈ 40	≤ 35	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 50
12		Patientenwarteräume, Flure	≈ 40	≤ 45	≤ 45	≤ 45	≤ 45	≤ 45	≤ 50
13		Kantinen, Speisesäle	≥ 55 ÷ 65	≤ 45	≤ 45	≤ 45	≤ 50	≤ 45	≤ 75
14		Technikzentralen für Lüftung, Mediz. Versorgung u. a.	≥ 65	–	≤ 65	–	≤ 70	≤ 70	≤ 75
15		Küchen, Waschereien	≥ 65	≤ 55	≤ 55	≤ 55	≤ 55	≤ 55	≤ 75
16		Maschinenräume (Heizung, Klima, Transportsysteme)	≥ 75	–	≤ 75	–	≤ 75	≤ 80	≤ 85

*) Nicht von Bedeutung bei Verwendung von Kopfhörern

**) Bei Freifeldaudiometrie 15 dB(A)

Tabelle 2: Schalldruckpegel in Zentralen technischer Versorgungseinrichtungen, schematisch

Raumschallpegel-klasse	Schalldruckpegel in dB(A)	Beschreibung der Anlage
1	= 69	gekapselte Lüftungsanlagen kleinerer Leistung bis ca. 20 000 m³/h
2	70 bis 79	gekapselte Lüftungsanlagen größerer Leistung, Dampferzeuger für Sterilisation, kleine Kompressoren
3	80 bis 89	ungekapselte Lüftungsanlagen mittlerer Leistung bis 50 000 m³/h, kleine Kälte-Turbosätze, Elektro-Wärmepumpen
4	90 bis 99	Gasmotoren-Wärmepumpen bis 500 kW, Kolbenkompressoren zur Kälteerzeugung bis 500 kW, ungekapselte Lüftungsanlagen sehr großer Leistung, Netzersatzanlagen (Notstromaggregate) bis 100 kW
5	100 bis 109	Kolbenkompressoren zur Kälteerzeugung mit großer Leistung, Notstromaggregate 100 kW bis 1 MW
6	110 bis 119	Sonderanlagen, wie Totalenergieanlagen, bivalente Kraftwerke mit mehreren Diesel- oder Gasmotoren, Leistung über 1 MW

Die Tabelle darf jedoch keinesfalls zur Dimensionierung technischer Maßnahmen verwendet werden, da sie hierfür selbstverständlich viel zu grob ist. Sie dient nur der ersten orientierenden Prüfung - zum Beispiel im Entwurfsstadium.

Im Einzelfall ist deshalb nach Herstellerangaben oder nach eigenen Erfahrungen bzw. Messungen an vergleichbaren Anlagen mit der jeweiligen Konfiguration der Versorgungsanlage der in der Zentrale zu erwartende Schalldruckpegel rechnerisch zu bestimmen, um eine wirtschaftliche, in der täglichen Handhabung praktikable Schallschutzmaßnahme zu bekommen.

Es hat keinesfalls Sinn, etwa grundsätzlich in jeder Zentrale alle technisch denkbaren Schallschutzmaßnahmen zu ergreifen, weil etwa "die Mittel dazu ja bewilligt seien".

Beispiele hierzu werde ich Ihnen noch benennen.

3.1.2 Körperschallschutz

Bei den meisten Versorgungsanlagen sind im Lieferumfang bestimmte Maßnahmen zum Erschütterungs- und Körperschallschutz vorhanden, zum Beispiel die mit Gummimetallelementen federnd gelagerte Befestigung von Ventilatoren in lufttechnischen Anlagen oder die Montage von Dieselmotoren mittels Stahlfederisolatoren sowie gegebenenfalls Dämpfung auf dem Stahl-Grundrahmen.

Darüber hinaus ist jedoch wegen der besonders hohen Anforderungen im Krankenhaus auch bauseits einiges zu tun, etwa die schwimmende Lagerung großflächiger Fundamentplatten auf der Rohdecke von Technikzentralen, die separate Gründung besonders kritischer Anlagensysteme, losgelöst vom Gebäude, vor allem aber die körperschalltechnisch einwandfreie Trennung der Ver- und Entsorgungsleitungen und -kanäle von Gebäude und Anlage.

3.1.3 Maßnahmen

Eine schematische Übersicht über die an den "Schallquellen" zu ergreifenden Maßnahmen zeigt Tabelle 3 in Abhängigkeit von den Raumschallpegelklassen.

Tabelle 3: Schalltechnische Maßnahmen in Zentralen technischer Versorgungseinrichtungen, schematisch

Raumschall-pegelklasse	Schalldruckpegel in dB(A)	Beschreibung der Maßnahmen zum Schallschutz Wände	Decken
1	≤ 69	$R'_w \leq 40$ dB Leichtwände	-
2	70 bis 79	R'_w = 40 bis 50 dB Leichtwände, Massivwände	-
3	80 bis 89	R'_w = 50 bis 60 dB Massivwände, ab 55 dB mit Vorsatzschalen	R'_w = 50 bis 60 dB Massivdecken mit Unterdecken
4	90 bis 99	R'_w = 60 bis 70 dB schwere Massivwände mit Vorsatzschalen	R'_w = 60 bis 70 dB sehr schwere Massivdecken mit bes. Unterdecken, schwimmende Estriche
5	100 bis 109	Haus-in-Haus-Bauweise	
6	110 bis 119	separates, Gebäude	

Bei normaler Zuordnung (die zu betrachtende Zentrale läge zum Beispiel über dem Untersuchungs- und Behandlungsbereich der Kinderklinik) kann bis einschließlich der Raumschallpegelklasse 3 noch mit konventionellen, in DIN 4109 ausreichend beschriebenen Konstruktionen gearbeitet werden, bei kritischerer Zuordnung nur bis zur Raumschallpegelklasse 2 (einschließlich).

Darüber hinaus ist in jedem Fall eine individuelle bauakustische Dimensionierung erforderlich, die im übrigen auch - unabhängig von der Raumschallpegelklasse) grundsätzlich bei Audiometriebereichen erforderlich ist.

4. Übertragung im Gebäude

Sowohl der Luftschall wie auch der Körperschall übertragen sich von der Quelle zum zu schützenden Raum im wesentlichen durch die tragende Konstruktion.

Dabei kann man in Abhängigkeit von der Bauweise äußerst unterschiedliche Pegelreduzierungen finden, für die Bild 2 beispielhaft eine Übersicht gibt.

Der gefühlsmäßig begründete Planergrundsatz, "laute Anlagen" so weit weg wie möglich von schutzbedürftigen Räumen anzuordnen, kann im Einzelfall somit quantifiziert werden.

Zusätzliche Pegelminderungen im Ausbreitungsweg können durch durchgängige Fugen erreicht werden /8/, die jeweils eine zusätzliche Minderung zwischen 5 und 10 dB(A) bewirken, wenn sie schalltechisch einwandfrei ausgebildet sind.

5. Schallabstrahlung am zu schützenden Raum

Im Regelfall wird man die schalltechnischen Maßnahmen so dimensionieren, daß passive Maßnahmen am schutzbedürftigen Raum entfallen können. In Sonderfällen - zum Beispiel bei der Nachinstallation bestehender Häuser - wird man jedoch auf passive Maßnahmen nicht immer verzichten können.

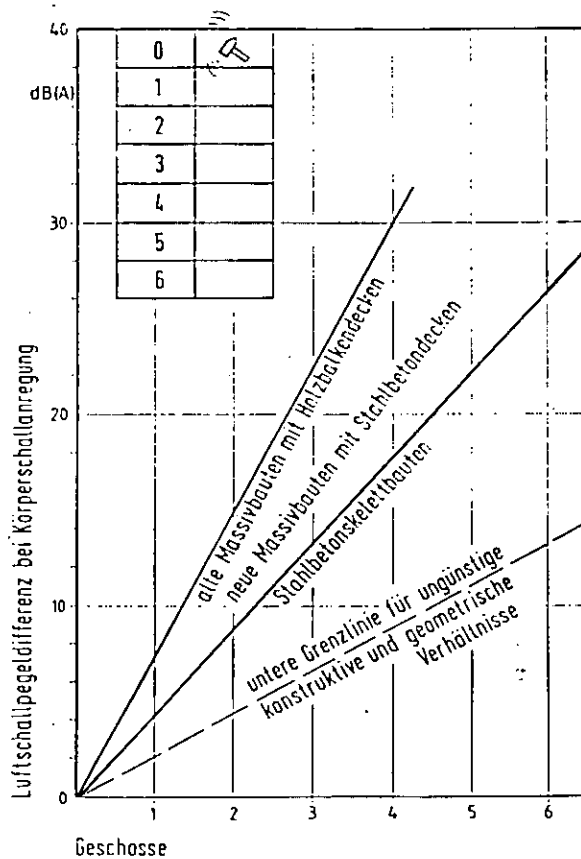


Bild 2: Luftschallpegeldifferenz in Gebäuden unterschiedlicher Bauweise bei Körperschallanregung (näherungsweise auch für Luftschallanregung gültig) /8/

So können zum Beispiel biegeweiche Wandvorsatzschalen unterschiedlicher Bauweise /9/ die Schallabstrahlung von Wänden und Decken in einem Raum um bis zu 15 dB(A) mindern.

6. Empfehlungen für die Planung

6.1 Maschinentechnischer Bereich

Bei der Ausschreibung der Versorgungsanlagen sollte grundsätzlich der von der Anlage erzeugte Schalldruckpegel in der Zentrale begrenzt werden.

Dabei ist zu beachten, daß die in den Planungsunterlagen der Herstellerfirmen angegebenen Werte

- im Regelfall unter Optimalbedingungen gemessen,
- meist für Freifeldbedingungen angegeben

sind und somit nicht direkt übernommen werden können.

Beispiel:

Gaswärmepumpe, Herstellerangaben für Freifeld	84 dB(A)
umgerechnet auf Zentrale	88 dB(A)
tatsächlich in der Zentrale gemessen	96 dB(A)
nach Mängelrüge tatsächlich in der Zentrale gemessen	93 dB(A).

Die Ankündigung der Nachmessung sollte deshalb in keiner Vorbemerkung von Ausschreibungen technischer Versorgungsanlagen fehlen, wobei die Messungen grundsätzlich durch amtlich anerkannte Meßstellen durchzuführen sind.

Nur bei diesen ist die Gewähr für ausreichende Sachkunde, den Einsatz geeichter Präzisionsinstrumente und objektive Darstellung sichergestellt.

Sachverständige für Haustechnik sind in aller Regel hierfür nicht ausreichend ausgerüstet !

6.2 Bauliche Maßnahmen

Auch bei den baulichen Maßnahmen ist die Planung durch Architekten, Tragwerksplaner und Akustiker durch präzise Festlegungen an die ausführenden Firmen abzusichern und durch stichprobenartige Kontrollmessungen zu verifizieren.

Beispiel:
Beim Neubau eines Krankenhauses wurde für eine im 7. OG liegende Technikzentrale eine durchgängige schwimmende Fundamentplatte (überdimensionierter schwimmender Estrich) geplant. Für die einzelnen Teilplatten wurde jeweils eine Körperschalldämmung von ≥30 dB gefordert. Die Nachprüfung ergab gute (teilweise über 40 dB liegende) Werte, lediglich eine Platte erreichte mit $D = 22$ dB unzureichende Werte. Die Nachbesserung war noch vor Installation der technischen Anlagen möglich.

6.3 Abnahme nach VOB

Grundsätzlich sollte vor der förmlichen Abnahme nach VOB für die einzelnen Versorgungsanlagen eine schalltechnische Vorabüberprüfung erfolgen.

Sofern hierfür das Prozedere bereits bei der Ausschreibung der Maßnahmen exakt festgelegt ist, ist es im Regelfall schnell möglich, die Ursachen einzugrenzen und gegebenenfalls noch vor Bezug des Gebäudes abzustellen.

Dabei kann stufenweises Vorgehen empfehlenswert sein, daß zum Beispiel vorab installierte Musterräume oder einzelne Bauabschnitte vorab provisorisch in Betrieb genommen werden, um überprüft werden zu können.

Im Regelfall ergibt sich dann Einhaltung der geforderten Werte, wenn die Anlage richtig geplant und entsprechend der Planung ausgeführt wurde. Diese, vielleicht lapidar erscheinende Aussage soll deutlich machen, daß der Schallschutz heute ebenso "errechenbar" ist wie etwa die Elektrotechnik oder die Statik.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Elmar Sälzer
Beratender Ingenieur VB
c/o ITA - INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH
Max-Planck-Ring 49
6200 Wiesbaden 68

LITERATUR

/1/ DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau", 5 Blätter, 1962, 1963, Beuth-Verlag, Berlin

/2/ Döbereiner, "Baurechtliche Aspekte beim Schallschutz im Hochbau", Bauphysik-Taschenbuch 1984

/3/ Sälzer, E. "Entspricht die neue Schallschutznorm den aaRdT ?", Beratende Ingenieure 6/86

/4/ VDI 3744 "Schallschutz bei Krankenhäusern und Sanatorien, Hinweise für die Planung", Entwurf Februar 1983, VDI-Verlag, Düsseldorf

/5/ Sälzer, E. "Schallschutz im Krankenhaus, 1. Teil, zur schalltechnischen Situation in Krankenhäusern", "Das Krankenhaus", 9/1977

/6/ Sälzer, E., Freimuth, H. "Vorschläge für die Neufestsetzung von Schallschutzanforderungen in Krankenhäusern", "Das Krankenhaus", 1/1979

/7/ Holzapfel, W. Peter, G. Sälzer, E. "Schallschutzanforderungen im Krankenhausbau", Bauphysik 5/1981

/8/ Sälzer, E. "Schallschutz im Massivbau", Bauverlag, Wiesbaden, 1988 (in Vorbereitung)

/9/ Veres, E. u.a. "Schallschutz im Vorsatzschalen", Bauphysik, Heft 2/1987

STRAHLENSCHUTZ IN KLEINEN UND GROßEN KRANKENHÄUSERN

D. Junker, Hannover

1. Einleitung

Alle beruflich strahlenexponierten Personen in der Bundesrepublik Deutschland unterliegen einer staatlichen Kontrolle zum Zwecke der Bestimmung und Aufzeichnung der durch die berufliche Tätigkeit akkumulierten Dosen ionisierender Strahlen. Die zum Zwecke der Kontrolle und zur Erhaltung der Gesundheit der in Strahlenschutzbereichen tätigen Personen aufgestellten Richtlinien haben ihren Niederschlag in der Strahlenschutzverordnung und in der Röntgenverordnung gefunden. Beide Verordnungen basieren weitgehend auf international anerkannte Grundsatzempfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission - ICRP genannt. Die heute gültige, z.Z. in Überarbeitung befindliche Strahlenschutzverordnung vom 13.10.1976 regelt den Umgang und Genehmigungsfragen mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern speziell auch für den medizinischen Bereich. Die Röntgenverordnung deckt den Betrieb von Röntgenanlagen und Störstrahlern bis zu einer Elektronenenergie von 3 MeV ab.

Am 17. Januar 1977 verabschiedete die ICRP in ihrer Publikation 26 ein neues Grundsatzkonzept des Strahlenschutzes. Dieses Grundsatzkonzept ist in der Zwischenzeit von nahezu allen Industriestaaten der Erde in Form von Gesetzen oder Verordnungen übernommen worden. So ist auch die neue Röntgenverordnung in der Bundesrepublik Deutschland vom 8.01.1987, die am 1.01.1988 in Kraft tritt, von der neuen ICRP 26 Grundsatzempfehlung geprägt worden. Der Strahlenschutz beruflich strahlenexponierter Personen sowohl in kleinen als auch in großen Krankenhäusern wird deshalb weitgehend auch auf der Grundlage der neuen Empfehlungen der ICRP 26 neu konzipiert werden müssen.

Desweiteren muß auch zur Minimalisierung der Strahlenexposition der Patienten die jeweilige Untersuchungs- oder Behandlungsmethode betrachtet werden. Dazu zählt z.B. die Qualitätssicherung der

Röntgenanlagen, da Literaturangaben belegen, daß Mängel am bildgebenden System von Röntgeneinrichtungen erheblich zur Strahlenexposition der Bevölkerung beitragen. Bei in vivo-Untersuchungen der Patienten mit kurzlebigen Radionukliden sind ebenfalls durch Verwendung kurzlebiger Radionuklide und Reduktion der applizierten Aktivität auf das notwendige Maß die Dosiswerte des Patienten bei der Untersuchung zu begrenzen. Obwohl bei der Anwendung ionisierender Strahlen in Ausübung der Heilkunde keine gesetzlich festgelegten Dosisgrenzwerte festgeschrieben worden sind, gilt trotzdem auch bei Untersuchungen von Patienten das Minimalprinzip der Dosisakkumulation.

2. Allgemeine neue Grundsätze des Strahlenschutzes nach ICRP 26

Die ICRP 26 Publikation stellt den bisherigen Strahlenschutz auf eine neue Grundlage, da sie vom Konzept der Verhütung von Strahlenschäden auf das Konzept der Verminderung des Strahlenrisikos übergeht. Darüberhinaus wird in den Strahlenwirkungen zwischen denjenigen unterschieden, deren Eintrittswahrscheinlichkeit ungeachtet ihres Schweregrades als eine Funktion der Dosis ohne Schwellenwert angesehen wird und jenen, bei denen der Schweregrad der zu beobachtbaren Wirkung von der Dosis abhängt. Bei der ersten Art spricht man von einer proportionalen Beziehung zwischen Dosis und erzeugter Wirkung (stochastische Wirkung). Bei der letzten Art gibt es keinen proportionalen Zusammenhang zwischen Dosis und Wirkung (nichtstochastische Wirkung). Vermutlich existiert bei der nichtstochastischen Wirkung eine sogenannte Reaktionsschwelle (Schwellenwert).

Die ICRP 26 gibt desweiteren Empfehlungen zur Herabsetzung der Strahlenexposition in Ausübung einer beruflichen Tätigkeit. Die Maßnahmen zur Herabsetzung der Strahlenexposition sollten soweit wie vernünftigerweise erreichbar an den Strahlenquellen und an den Gegebenheiten des Arbeitsplatzes vorgenommen werden (ALARA-Prinzip: As low as reasonable achievable), falls die Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen deutlich unterschritten sind. Die Verwendung von persönlichen Schutzausrüstungen sollten im allgemeinen zusätzlich zu den o.g. Vorkehrungen erfolgen. In erster Linie wird also das Gewicht auf die Sicherheit gelegt, die sich aus der Konzeption des Arbeitsplatzes selbst ergibt. Erst in zweiter Linie sollten die Schutzmaßnahmen von den

Handlungen des Beschäftigten selbst abhängen.

Desweiteren wurde der alte Begriff "Höchstzulässige Dosis" in "Äquivalenzdosisgrenzwert" geändert. Durch diese Änderung soll deutlich gemacht werden, daß auch für beruflich strahlenexponierte Personen das Gebot gilt, die beruflich bedingte Strahlenexposition durch entsprechende Schutzmaßnahmen so niedrig wie möglich zu halten. Die Empfehlungen der ICRP 26 sollen also nichtstochastische Wirkungen verhindern und das Auftreten von stochastischen Wirkungen auf ein Minimum begrenzen. Für nichtstochastische Wirkungen wurde ein jährlicher Grenzwert für den Ganzkörper von 0,5 Sv (50 rem), außer für Augenlinsen, für die ein Grenzwert von 0,3 Sv (30 rem) in einem Jahr festgelegt wurde. Für stochastische Wirkungen wurde ein jährlicher Grenzwert von 50 mSv (5 rem) für den Ganzkörper festgeschrieben. Gleichzeitig entfällt der bisherige Begriff der höchstzugelassenen Lebensalterdosis.

Die Arbeitsbedingungen und die beruflich strahlenexponierten Personen wurden desweiteren in zwei Kategorien A und B aufgeteilt. Diese Einteilung war notwendig geworden, weil die Arbeitsbedingungen in der Tat sehr unterschiedlich sein können, je nach dem in welchem Arbeitsfeld ein Exponierter tätig ist.

Arbeitsbedingung A:

Sie beschreibt Bedingungen, unter denen die jährliche Strahlenexposition 3/10 der Äquivalent-Dosiswerte möglicherweise überschritten werden kann.

Arbeitsbedingung B:

Sie beschreibt Bedingungen, unter denen es höchst unwahrscheinlich ist, daß die jährliche Strahlenexposition von 3/10 der Äquivalent-Dosiswerte überschreitet.

Zur Beurteilung und zum direkten Vergleich eines ungleichförmig bestrahlten Körpers mit einem gleichförmig bestrahlten Körper wurde die sogenannte effektive Äquivalent-Dosis eingeführt. Die ICRP geht dabei von dem Grundsatz aus, daß das Risiko für den Körper das gleiche sein soll, unabhängig davon ob der Ganzkörper gleichförmig bestrahlt wird oder ob eine ungleichmäßige Bestrahlung vorliegt. Diese Forderung wird erfüllt, wenn folgende

Gleichung gilt:

$$\sum_T W_T \cdot H_T \leqslant 50 \text{ mSv} \quad (\text{ Ganzkörpergrenzwert })$$

dabei ist

W_T der Gewichtsfaktor, der den Anteil des stochastischen Risikos darstellt, der sich aus dem Gewebe T für das Gesamtrisiko ergibt, wenn der Ganzkörper gleichförmig bestrahlt wird,

H_T die Jahresäquivalent-Dosis im Gewebe T.

Die von der ICRP empfohlenen Wichtungsfaktoren sind in der folgenden Tabelle angegeben:

Gewebe	W_T
Keimdrüsen	0,25
Brustdrüse	0,15
rotes Knochenmark	0,12
Lunge	0,12
Schilddrüse	0,03
Knochenoberflächen	0,03
übrige	0,30

Gleichzeitig wurden die Grenzwerte für die Bestrahlung der Extremitäten auf 500 mSv/Jahr (50 rem) und für Organe außer der Schilddrüse, Knochen und Haut auf 150 mSv/Jahr (15 rem) begrenzt.

3. Die derzeit gültige Strahlenschutzverordnung vom 20.10.1976

Nach dem Kriege veröffentlichte die ICRP in mehreren Publikationen Strahlenschutzkonzepte und Richtwerte für die Dosisbegrenzung zum Schutze beruflich strahlenexponierter Personen. Der deutsche Gesetzgeber hat 1965 in der sogenannten ersten Strahlenschutzverordnung diese ICRP-Werte z.T. übernommen und sie zur gesetzlichen Grundlage für die Überwachung von strahlenexponierten Personen gemacht. In den darauf folgenden Jahren wurde die erste Strahlenschutzverordnung von den entsprechenden Kommissionen

überarbeitet und novelliert. Am 20.10.1976 wurde die zweite derzeit gültige Strahlenschutzverordnung publiziert. Sie ist bis zum heutigen Tage Grundlage aller Strahlenschutzmaßnahmen im Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung. Sie ist desweiteren in diversen Publikationen unter verschiedenen Gesichtspunkten beleuchtet und diskutiert worden. Deshalb wird im Rahmen dieses Referates auf eine eingehende Diskussion dieser Strahlenschutzverordnung (StrlSchVO) verzichtet und im übrigen auf die entsprechende Literatur verwiesen. Lediglich die im § 28 der StrlSchVO niedergelegten Strahlenschutzgrundsätze sollen hier noch einmal angeführt werden:

a) Jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination von Personen, Sachgütern oder der Umwelt ist zu vermeiden.

b) Jede Strahlenexposition oder Kontamination von Personen, Sachgütern oder der Umwelt ist unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung des Einzelfalles auch unterhalb der in der Verordnung festgelegten Grenzwerte so gering wie möglich zu halten (Minimierungsprinzip).

Die derzeit gültige Strahlenschutzverordnung deckt bis auf einige Ausnahmen die Rechtssituation des Strahlenschutzes im Krankenhaus ab. Da die neue ICRP-Publikation 26 erst 1977 veröffentlicht worden ist, ist sie noch nicht in der Strahlenschutzverordnung berücksichtigt worden. Die derzeit gültige StrlSchVO wird derzeit überarbeitet.

4. Die neue Röntgenverordnung

Die neue Röntgenverordnung vom 8. Januar 1987 ersetzt am 1. Januar 1988 die z.Z. noch geltende Röntgenverordnung vom 1. März 1973. Die neue Röntgenverordnung ist in vielen Punkten auf der Basis der ICRP-Publikation 26 neu konzipiert worden. Sie enthält insbesondere für den medizinischen Bereich zahlreiche Änderungen. Die wesentlichen Änderungen im medizinischen Bereich sind:

4.1. Analog zur Strahlenschutzverordnung wird die Festlegung der Personen gefordert, die für die Leitung und den Betrieb der Röntgeneinrichtungen verantwortlich sind. In § 13 der Röntgenverordnung ist klar definiert:

Strahlenschutzverantwortlicher ist, wer eine Röntgeneinrichtung oder einen genehmigungspflichtigen Störstrahler betreibt.

Der Strahlenschutzverantwortliche hat ferner analog zur Strahlenschutzverordnung für die Leitung und Beaufsichtigung der Analge die erforderliche Anzahl von Strahlenschutzbeauftragten schriftlich zu bestellen. Die Abgrenzung der Aufgaben des Strahlenschutzverantwortlichen und des Strahlenschutzbeauftragten ist in § 14 und § 15 der Röntgenverordnung geregelt.

4.2. Änderung der Zulassungsvorschriften für den Betrieb von Röntgeneinrichtungen zur Untersuchung von Menschen. - Einführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen in der Röntgendiagnostik - .
Dies bedeutet im einzelnen:

4.2.1. Abnahmeprüfung der Röntgeneinrichtungen oder der entsprechenden Störstrahler vor der Inbetriebnahme und nach Änderungen durch den Hersteller oder durch den Lieferanten entsprechend § 16 der Röntgenverordnung.

4.2.2. Kontrolle der Abnahmeprüfung vor der Inbetriebnahme durch behördlich bestimmte Sachverständige mit dem Ziel einer möglichst geringen Strahlenexposition für eine bestimmte erforderliche Bildqualität entsprechend § 4 der Röntgenverordnung.

4.2.3. Regelmäßige, mindestens jedoch monatliche Konstanzprüfung durch den Betreiber zur Kontrolle der Bildqualität entsprechend § 16 Abs. 2 der Röntgenverordnung.

4.2.4. Die Röntgenaufnahmen von Menschen sowie die Aufzeichnungen sind einer von der zuständigen Behörde bestimmten ärztlichen oder zahnärztlichen Stelle zugänglich zu machen, damit entsprechende Vorschläge zur Verringerung der Strahlenexposition des Patienten gemacht werden können.

4.2.5. Überprüfung der Röntgeneinrichtungen in Zeitabständen von längstens 5 Jahren durch einen behördlich bestimmten Sachverständigen entsprechend § 18 Abs. 4 der Röntgenverordnung.

4.3. Ärzte und Zahnärzte müssen künftig die für den Strahlenschutz erforderliche Fachkunde besonders nachweisen. Medizinisches Hilfspersonal muß ab 1.01.1991 nach § 23 Abs. 4 die Kenntnisse im Strahlenschutz nachweisen.

4.4. Der Betreiber wird verpflichtet, die Einweisung bei der ersten Inbetriebnahme durch den Hersteller und dessen Vertreter vorzunehmen. Die in der Röntgenabteilung tätigen Personen müssen anhand einer Gebrauchsanweisung in die sachgerechte Handhabung durch fachkundige Personen eingewiesen werden entsprechend § 18 der Röntgenverordnung.

4.5. Zur Einhaltung der Schutzvorschriften müssen Einrichtungen und Maßnahmen dem Stand der Technik, § 3 Abs. 5 der Röntgenverordnung entsprechen.

4.6. Röntgendurchleuchtungsuntersuchungen am Menschen dürfen nur mit elektronischen Bildverstärkern mit Fernsehkette und automatischen Dosisleistungsreglern durchgeführt werden.

4.7. Für die Beurteilung der Strahlenexposition beruflich strahlenexponierter Personen wurde die sogenannte effektive Äquivalenz-Dosis eingeführt. Zusätzlich wurden die Dosisgrenzwerte für die einzelnen Personengruppen an die ICRP-Publikation 26 angepaßt, § 21, § 22 der Röntgenverordnung. Die zulässigen Jahreswerte der Körperdosen, die entsprechenden effektiven Dosen und die zulässigen Teilkörperdosen sind der Anlage IV der Röntgenverordnung zu entnehmen.

4.8. In § 35, 2 wurde die Ermittlung der Körperdosis neu geregelt. Es müssen nicht mehr generell zwei voneinander unabhängige Meßverfahren verwendet werden. Nach § 35 Abs. 2 der Röntgenverordnung kann der Strahlenschutzverantwortliche oder Strahlenschutzbeauftragte festlegen, daß die Personendosis nach zwei voneinander unabhängigen Verfahren ermittelt wird.

4.9. Geben Dauereinrichtungen im Kontrollbereich keinen ausreichenden Strahlenschutz, so müssen Personen im Kontrollbereich, in denen Röntgenanlagen betrieben werden, ausreichende Schutzkleidung tragen, § 21 der Röntgenverordnung.

4.10. Vor der Anwendung von Röntgenstrahlen am Menschen in Ausübung der Heilkunde oder der Zahnheilkunde sind frühere

Anwendungen ionisierender Strahlen am zu untersuchenden Patienten und bei weiblichen Personen im gebärfähigen Alter das Bestehen einer Schwangerschaft aufzuzeichnen. Über jede Anwendung von Röntgenstrahlen am Menschen sind Aufzeichnungen anzulegen. Aus ihnen müssen der Zeitpunkt, die Art der Anwendung, die untersuchte oder behandelte Körperregion und grundsätzliche Angaben zur Dosimetrie hervorgehen.

Unterlagen über Röntgenuntersuchungen des Patienten sind 10 Jahre lang, über Röntgenbehandlungen 30 Jahre lang aufzubewahren.

5. Praktischer Strahlenschutz in kleinen und großen Krankenhäusern

Aus dem bisher Gesagten und durch die Empfehlungen der ICRP 26 bedingte Neuauflage der Röntgenverordnung sowie der Strahlenschutzverordnung geht hervor, daß es keinen Unterschied im Strahlenschutz eines kleineren oder größeren Krankenhauses gibt. Dies bedeutet, daß beim Vorhandensein bestimmter Einrichtungen in Krankenhäusern, die mit ionisierenden Strahlen arbeiten, der volle Strahlenschutz entweder der Röntgenverordnung oder der Strahlenschutzverordnung anzuwenden ist. Die Konsequenz aus dieser Strahlenschutzforderung ist, daß der Betrieb bestimmter Anlagen in kleineren Krankenhäusern ausschließlich unter ökonomischen Gesichtspunkten gesehen werden muß. Da Strahlenschutz und Sicherheitsmaßnahmen Geld kosten, ist es sicherlich für kleinere Krankenhäuser oft vorteilhafter, auf bestimmte Untersuchungs- und Behandlungsmethoden zu verzichten, um diese in Spezialkliniken durchführen zu lassen. Hier sind nicht nur fachliche, sondern vor allem ökonomische Gesichtspunkte zu berücksichtigen.

6. Spezielle Strahlenschutzprobleme in der Röntgendiagnostik

Am Anfang der diagnostischen Radiologie in den Krankenhäusern stand die Gewinnung einer einwandfreien Diagnostik des Patienten mit Hilfe aussagekräftiger, den technischen Möglichkeiten entsprechender Bilder im Vordergrund. Mit zunehmender Anwendung ionisierender Strahlen wurde jedoch die Frage nach dem Nutzen-Risiko-Verhältnis aktueller. So wird heute bei der Beurteilung der Aufnahme nicht nur die Interpretierfähigkeit, also Bildqualität einer Röntgenaufnahme diskutiert, sondern es wird auch die Frage nach der Strahlenexposition des Patienten und des Untersuchers bei dieser Untersuchung gestellt. Unter Optimierung der

Röntgenaufnahmetechnik versteht man den Versuch, die Bildqualität der Röntgenaufnahme unter gleichzeitiger Minimierung der Patientendosis durch Erhöhung der Auflösung, Verbesserung des Kontrastes, Verringerung des Rauschens zu steigern. Durch die Einführung neuer bildgebender Verfahren und neuer Bildempfänger konnte schrittweise im Laufe der letzten Jahre die Qualität der Aufnahmen verbessert und die Patientendosis verringert werden. Dies konnte unter anderem auch durch die Einführung neuer dosissparender Aufzeichnungssysteme erreicht werden, z.B. durch den Ersatz der alten Röntgenfilme durch neue Film-Folien-Kombinationen auf der Basis der seltenen Erden.

Die Entwicklung hochempfindlicher bildgebender Systeme, die mit einem Minimum an Nutzstrahlung ein auswertbares, für die Diagnostik hinreichendes Röntgenbild erzeugen, ersetzt heute weitgehend die alten Durchleuchtungsgeräte. Die Ausnutzung digitaler und analoger Bildverarbeitungssysteme führte zu einer starken Reduktion der insgesamt notwendigen Röntgenstrahlung. Die Reduktion der Durchleuchtungszeiten ist deshalb möglich, weil bis auf wenige Ausnahmen selbst der Chirurg (nach Schmit - Neuerburg) nur in wenigen Fällen auf eine kontinuierliche Durchleuchtung angewiesen ist. Häufig will der Chirurg nur die jeweilige erreichte Situation der Behandlung kontrollieren und analysieren. Die Verwendung des Bildspeichers ermöglicht darüberhinaus das in der kurzen Durchleuchtungszeit gewonnene Bild beliebig lange zur Analyse zur Verfügung zu haben.

Durch den Einsatz digitaler Bildauswertungssysteme ist eine weitere starke Reduktion der Strahlenexposition auf 1/10 der früher üblichen Werte möglich geworden. Die Reduktion wird dadurch erreicht, daß nach Auslösen des für die Bildentstehung notwendigen Durchleuchtungsimpulses mit Hilfe einer eingebauten Belichtungsautomatik das Gerät wieder abgeschaltet wird, wenn der für die Bildkonstruktion notwendige Sollwert erreicht ist. Das erzeugte Bild wird automatisch in Bildspeichern zwischengespeichert, bis durch einen gewollten neuen Strahlenimpuls ein neues Bild entsteht.

Die Dosisreduktion kann jedoch nur erreicht werden, wenn die Geräte technisch einwandfrei sind und regelmäßig kontrolliert bzw. gewartet werden. Klimpel (1985) berichtet, daß ca. 10% aller geprüften Durchleuchtungsgeräte mit automatischer Dosisleistungsre-

gelung oberhalb des vom Länderausschuß "Röntgenverordnung" empfohlenen Grenzwertes von 100 µR/sec im Dosisbereich bis etwa 350 µR/sec liegen. Offensichtlich handelt es sich also hier um fehlerhaft eingestellte Geräte.

Auch der Ersatz alter Röntgendurchleuchtungsgeräte in der Angiographie durch die sogenannte Digitale Angiographie geht mit der Reduktion der Strahlendosis für den untersuchenden Arzt einher.

Langer et al (1984) berichten jedoch, daß bei der Digitalen Subtraktions-Angiographie im Continuous-Verfahren die Strahlenexposition der Augenlinse des untersuchenden Radiologen den maximal zulässigen Grenzwert von 0,15 Sv pro Jahr (15 rem) erreichen kann. Von Neufang et al ist 1985 die Strahlenexposition des Patienten bei der Digitalen Subtraktions-Angiographie untersucht worden. Dabei ergab sich, daß gegenüber der Pulse-mode-Technik die Hautexposition des Patienten bei der Continuous-mode-Technik im Mittel um den Faktor 3,1, höher war. Neufang ermittelte, daß mit einer geeigneten Pulse-mode-TEchnik ohne diagnostische Einbuße die Strahlenexposition des Patienten gegenüber der üblichen Continuous-mode-Technik verringert werden kann.

In älteren Krankenhäusern sind des öfteren Röntgengeräte noch in Betrieb, bei denen die Röntgenröhre oberhalb des zu untersuchenden Patienten angeordnet ist. Da der Hauptanteil der Streustrahlung aber auf der Strahleneinfallseite entsteht, ist es vorteilhaft, die Röntgenröhre auch wegen der Möglichkeit der besseren Abschirmung der Streustrahlung unterhalb des Patienten anzuordnen.

7. Spezieller Strahlenschutz in der interstitiellen und intrakavitären Strahlentherapie

Sowohl bei der Behandlung von Prostata-Karzinomen mit J-125-seeds als auch bei der Behandlung von Uterus-Karzinomen mit Radium-Präparaten besteht die Möglichkeit einer erhöhten Strahlenexposition des Personals. Die Erfahrungen vieler Krankenhäuser zeigen, daß bei Beachtung der Strahlenschutzvorschriften die Expositionswerte des Personals deutlich gesenkt werden können. Dazu zählen:

- Einführung von Nachladeverfahren (After loading) für die Applikation der Therapieaktivitäten

- Abschirmung des zu therapierenden Patienten während der Bestrahlung hinter einer Abschirmwand
- Einhaltung eines gewissen Mindestabstandes während der Therapie vom Patienten
- Reduzierung der Aufenthaltszeit des Personals im Strahlenfeld auf ein Minimum.

Trotzdem lassen sich auch bei der interstitiellen Therapie höhere Personaldosen mitunter nicht vermeiden. Als Beispiel sei hier der Herstellungsprozeß und die Verarbeitung von speziellen Iridiumnadeln zur Behandlung von Gallenwegs-Karzinomen genannt. Da die radioaktiven Iridiumnadeln am Katheter befestigt werden müssen, kann es trotz entsprechender Vorsichtsmaßnahmen zu einer höheren Fingerbelastung des Personals bei der Herstellung der Nadeln kommen. Speziell in diesem Fall aber auch grundsätzlich sind, wenn möglich, deshalb zur Verarbeitung und zum "handling" höherer Therapie-Aktivitäten kleine Greifwerkzeuge oder Manipulatoren zu benutzen. Desweiteren sind Therapie-Aktivitäten, die nicht unmittelbar am Patienten benötigt werden in entsprechenden Abschirmbehältern ausreichender Stärke aufzubewahren.

8. Spezieller Strahlenschutz in der Nuklearmedizin

8.1. Strahlenschutz in der nuklearmedizinischen in vivo-Diagnostik

Die Verwendung von radioaktiven Stoffen oder Radiopharmaka für die nuklearmedizinische in vivo-Diagnostik bedeutet für den Patienten eine Strahlenexposition, die über den eigentlichen Untersuchungszeitraum hinaus wirksam ist. Die Strahlendosis, die von einem Radiopharmakon im Patienten bewirkt wird, ist abhängig von den biochemischen und physikalischen Eigenschaften des Radiopharmakons. Um die Patientendosis zu reduzieren, wurden deshalb in den letzten Jahren kurzlebige Radiopharmaka entwickelt. Die Einführung von Radionuklidgeneratoren veränderte grundlegend die nuklearmedizinische Diagnostik. Als Beispiel sei hier die Entwicklung des Mo 99/Tc 99 m - Generators genannt. Dadurch standen praktisch zu jeder Zeit, also auch nachts in der Notfalldiagnostik kurzlebige Radionuklide für die Untersuchung des Patienten zur Verfügung.

Es zeigte sich nun, daß durch den manuellen Vorgang der Elution,

Kalibrierung aber auch der Markierung höhere Personalexpositionen gemessen wurden. Durch konsequenten Aufbau entsprechender Strahlenschutzmaßnahmen im sogenannten "Heißen Labor" konnten die zeitweilig aufgetretenen höheren Expositionen des Personal wieder reduziert werden.

Die wichtigsten Schutzmaßnahmen sind:

- Alle Markierungen, Generator-Elutionen und Abfüllungen von Radiopharmaka sollten nur an dafür geeigneten Arbeitsplätzen mit ausreichender Abschirmung durchgeführt werden.
- Sämtliche Manipulationen sollten - soweit möglich - mit Abstandswerkzeugen erfolgen
- Markierungen von organischen Verbindungen mit radioaktiven Stoffen dürfen nur hinter einer Abschirmwand ausreichender Stärke entweder aus Blei für Gammastrahler oder aus Kunststoff für ß-Strahler durchgeführt werden.
- Markierungen, Umsetzungen von radioaktiven Stoffen mit der Möglichkeit der Freisetzung dieser in die Verkehrswege oder in die Atemluft dürfen nur in geschlossenen Arbeitsboxen mit entsprechender Entlüftung vorgenommen werden.
- Es ist bei allen Arbeitsvorgängen entsprechende Schutzkleidung (Arbeitskittel, Schuhwechsel, geeignete Arbeitshandschuhe) zu tragen
- Der Aufenthalt in der Nähe von höher aktiven Präparaten ist auf das notwendige Maß zu beschränken.

Aber nicht nur bei der Vorbereitung der Radiopharmaka im "Heißen Labor" können höhere Expositionen auftreten. Auch bei der Applikation selbst muß der untersuchende Arzt sich schützen. Es ist bekannt, daß ohne Spritzenabschirmungen die Finger des behandelnden Arztes bei der Injektion von Spritzen höherer Aktivität (z. B. bei Knochenuntersuchungen mit Tc 99 m) hoch belastet werden können. Ohne Abschirmung der Spritzen können durch die tägliche Routine bedingt die Jahresgrenzwerte für die Fingerexpositionen erreicht werden.

Bei der Untersuchung selbst sollte zur Verminderung der Ganzkörperexposition des Personals der Aufenthalt in direkter Nähe des "aktiven" Patienten auf das notwendige Maß beschränkt werden. Bereits im Abstand von ca. 1,5 bis 2 m reduziert sich die Ganzkör-

perexposition des Personals deutlich.

Zu den wichtigsten Maßnahmen der Reduktion der Strahlenexposition des Personals sowie der Patienten im Untersuchungsraum zählt auch die Entsorgungsfrage radioaktiver Stoffe. Alle im nuklearmedizinischen Bereich anfallenden radioaktiven Abfälle sind getrennt nach Halbwertszeiten der Radionuklide in Bleibehältern oder dafür entsprechend abgeschirmten Boxen zu sammeln und täglich in die dafür vorgesehenen Abklingräume zu entsorgen.

8.2. Strahlenschutz in der nuklearmedizinischen Therapie mit offenen Radionukliden

Bewertet man die verschiedenen nuklearmedizinischen Therapieformen nach Höhe der applizierten Aktivität und Häufigkeit der durchgeführten Therapien, so nimmt die Therapie funktionsgestörter Schilddrüsen und die Behandlung von Schilddrüsenmalignomen (Schilddrüsen-Karzinome) eine Spitzenstellung ein.

Folgende Tätigkeiten bei der Therapie der Patienten können mit einer höheren Personalexposition verbunden sein:

- Applikation des Therapeutikums z.T. im Bereich hoher Aktivitäten durch den Arzt.
- Belastung des Personals bei der Pflege des Patienten
- Abatmen des radioaktiven Therapeutikums vom Patienten in die Verkehrswege und dadurch Möglichkeit der Inkorporation des J-131 durch das Personal
- Ausscheidung des radioaktiven Therapeutikums vom Patienten sowie Belastung des Personals durch bettlägerige Patienten.

Zur Verringerung der Strahlenexposition des Personals müssen folgende Maßnahmen konsequent durchgeführt werden:

- Bei der Applikation des Therapeutikums werden statt flüssiger Therapeutika Therapiekapseln ausgegeben. Dadurch reduziert sich das Inkorporationsrisiko von J-131 durch den Arzt. Zusätzlich muß ein gewisser Mindestabstand vom Patienten eingehalten werden.
- Frisch therapierte Patienten mit hohen Aktivitäten sollten sich in einem Zimmer hinter einer halbhohen Abschirmwand aufhalten. So besteht zwar Sicht- und Gesprächskontakt zwischen Personal und dem Patienten, aber für einen großen Zeitabschnitt

der persönlichen Beratung des Patienten ist das Personal durch die Abschirmwand geschützt.

- Durch entsprechende Erhöhung der Luftwechselzahlen kann das vom Patienten abgeatmete J-131 im Raum praktisch quantitativ abgeleitet werden. Desweiteren ist in den ersten Tagen nach Therapiebeginn die Kontaktzeit zwischen Patienten und Personal auf das notwendige Maß zu beschränken.
- Alle Ausscheidungen des Patienten müssen in einer Abklinganlage aufgefangen und zwischengelagert werden.
- Beim Umbetten bettlägeriger Patienten sind die Arbeitsbedingungen so zu optimieren, daß die Arbeitszeit möglichst minimiert wird. Das Personal muß sich durch Schutzkleidung gegen Kontaminationen und Inkorporationen schützen.

8.3. Strahlenschutz in der nuklearmedizinischen Labordiagnostik

Die in der nuklearmedizinischen Labordiagnostik verwendeten Radioaktivitäten sind sehr niedrig. Deshalb ist das Gefährdungspotential für das Laborpersonal beim Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen relativ klein. Eine Ausnahme besteht in der Möglichkeit der Inkorporation der radioaktiven Substanzen während der Phase der Aufarbeitung und der Ausmessung der Proben. Durch sorgfältigen Umgang mit dem Probenmaterial (Abstellen der Proben mit Freisetzungsmöglichkeit in Abzügen, Vermeidung von Kontaminationen beim Verarbeiten und Ausmessen der Proben, gute Be- und Entlüftung der Arbeitsräume) kann das Inkorporationsrisiko verringert werden. Viele Kliniken kontrollieren regelmäßig das Personal auf Inkorporation radioaktiver Stoffe. Die Ergebnisse stimmen darin überein, daß festgestellte Inkorporationen radioaktiver Stoffe, z.B. J-125 bis auf ganz wenige Ausnahmen im low level-Bereich angesiedelt sind. Dies läßt den Schluß zu, daß die derzeitigen Strahlenschutzmaßnahmen in den Laborbereichen bereits eine gewisse Optimierung erfahren haben.

Die gemessenen externen Expositionswerte des Laborpersonals sind niedrig und liegen an der Medizinischen Hochschule Hannover im Nachweisbereich der verwendeten Dosimeter.

9. Zusammenfassung

Durch die Publikation der ICRP 26 im Jahre 1977 wurde der Strahlenschutz auch in den Krankenhäusern auf eine neue Grundlage gestellt.

Im Bereich der Röntgendiagnostik kann gesagt werden, daß durch die Einführung neuer Techniken sich im Mittel die Strahlenexposition sowohl des Patienten als auch des Personals deutlich verringert hat. Die Überprüfung und Qualitätssicherung der verwendeten Röntgengeräte wird durch die neue Röntgenverordnung gesichert.

Der Strahlenschutz bei der Anwendung offener radioaktiver Stoffe im medizinischen Bereich ist durch die Strahlenschutzverordnung und durch die Richtlinie "Strahlenschutz in der Medizin" geregelt. Bis auf wenige Ausnahmen deckt die derzeit gültige Strahlenschutzverordnung den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen ab. Die derzeit gültige Strahlenschutzverordnung wird z.Z. überarbeitet.

LITERATUR

1. Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommisssion, ICRP 26, vom 17. Januar 1977
Gustav Fischer Verlag, 1978

2. Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung) vom 20. Oktober 1976
Bundesgesetzblatt , Teil I, 1976

3. Röntgenverordnung vom 8. Januar 1987
Bundesgesetzblatt, Teil I, 1987

4. Becker, U. und Ewen, K.: Einführung in die neue Röntgenverordnung
Röntgenblatt 40 (1987)

5. Stender, H.St.: Durchführung der Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik nach der neuen Röntgenverordnung
Röntgenblatt 40 (1987)

6. Krahe, Th. et al: Die Strahlenexposition des Patienten und Untersuchers in der interventionellen Radiologie. Fortschr. Röntgenstr. 145, 2 (1986)

7. Lackner, K. et al: Die Strahlenexposition des Untersuchers bei Angiographien. Fortschr. Röntgenstr. 128, 1 (1978)

8. Franke, K.: Über die wichtigsten Bedingungen zur Qualität von Röntgenanlagen in Europa, Japan und den USA.
Röntgenpraxis 37, (1984)

9. Hübener, K.-H.: Digitale Radiographie - Röntgendiagnostik der Zukunft
Röntgenpraxis 36, 1983

10. Kuhn, H.: Reduktion der Patientendosis bei bestmöglicher Sicherung der Bildqualität
Röntgenbl. 38 (1985)

11. Ewen, K. et al: Die Reduzierung der genetisch signifikanten Dosis in der Bundesrepublik Deutschland als Folge von Überprüfungen medizinischer Röntgeneinrichtungen durch Sachverständige
Fortschr. Röntgenstr. 135, 3 (1981)

12. Klimpel, H.: Erfahrungen bei den Prüfungen von Standarddaten an Röntgendiagnostikeinrichtungen
Röntgenbl. 38 (1985)

13. Bregulla, W. et al: Die Seltenen-Erden-Folien - Eine Möglichkeit zur Reduzierung der Strahlenexposition in der Röntgendiagnostik
Röntgenpraxis 36, 1983

14. Ewen, K. et al: Somatisches Strahlenrisiko bei Angiographien
Fortschr. Röntgenstr. 137, 6 (1982)

15. Langer, M. et al: Strahlenbelastung des Untersuchers bei der digitalen Subtraktionsangiographie im Continuous-mode-Verfahren Fortschr. Röntgenstr. 141, 5 (1984)

16. Neufang, K.F.R. et al: Messungen zur Strahlenexposition bei der indirekten transvenösen Digitalen Subtraktions-Angiographie - Vergleich von Pulse-mode- und Continuous-mode-Betrieb
Röntgenpraxis 38 (1985)

17. Stieve, F.-E.: Strahlenbelastung bei Berufen des Gesundheitswesens. Vortrag auf der "Sicherheitsfachtagung Krankenhaus", Hannover, 1987 in "Sicherheit im Krankenhaus", Seetzen/Junker (Hrsg.), Medizinische Hochschule Hannover, 1987

18. Wissing, H. und Schmidt-Neuerburg, K.P.:
Sicherheitsaspekte: Röntgentechnik im Chirurgischen OP
Vortrag auf der "Sicherheitsfachtagung Krankenhaus", Hannover

1984 in "Sicherheitsfachtagung Krankenhaus'84", Seetzen/Junker (Hrsg.), Medizinische Hochschule Hannover 1984

19. Junker, D. und Fitschen, J.: "Dosimetrie inkorporierter Strahler" in Handbuch der med. Radiologie, Bd. XV, Teil 1 A, Springer-Verlag 1980

20. Glöbel, B. et al:
Strahlenexposition durch die nuklearmedizinische Verwendung radioaktiver Stoffe
Nuc Compact 12, 1981

21. Junker, D. und Fitschen, J.: J 131-Abgabe aus Schilddrüsenkarzinom-Therapiestationen. Überlegungen zur Verbesserung des Schutzes der Umwelt und der Oekonomie
Nuc Compact 17 (1986)

22. Glöbel, B.: Untersuchungen zur Strahlenbelastung von J-125 für radioimmunologische Testverfahren
Nuc Compact, Dezember 1977

Anschrift des Verfassers:

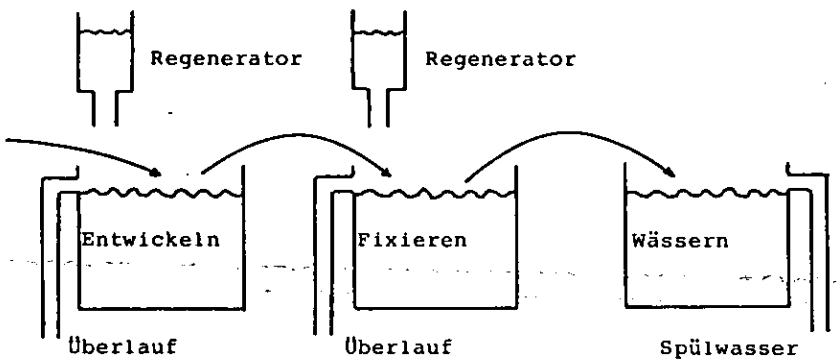
Dr. rer. nat. D. Junker
Medizinische Hochschule Hannover
Konstanty-Gutschow-Str. 8
3000 H a n n o v e r 61

Entsorgung fotochemischer Abwässer

von I. Boie, Leverkusen

In letzter Zeit häufen sich die Zeitungsmeldungen und Anfragen in Länderparlamenten zu diesem Thema. Es herrscht Unsicherheit über die Gefährlichkeit fotografischer Bäder und die Vorschriften zur Entsorgung.

Im Krankenhaus benötigen fast alle Aufnahmemethoden vom Röntgenbild bis zur Monitorfotografie einen Schwarzweiß-Entwicklungsprozeß, das Röntgenentwicklungsgerät. Dies besteht aus drei Tanks, durch die die belichteten Filme transportiert werden.



Die Regenerierflüssigkeiten führen dem Tank je nach Materialart und -durchsatz neue Chemikalien zu. Dabei entstehen Badüberläufe: 0,4 - 0,8 l Entwickler und 0,6 - 1 l Fixierbad pro m^2 verarbeitetes Röntgenmaterial. Alle marktgängigen Entwicklungsmaschinen sind in der Lage (eventuell nach Umbau), diese Badüberläufe einzeln aufzufangen. Die Zusammensetzung der Bäder mit Kommentierung der Gefährlichkeit zeigt Abb. 1.

Gebrauchtes Fixierbad enthält eingeschleppte Anteile vom Entwickler sowie aus dem Material herausgelöstes Silber (3 - 4 g/l) in Form des sehr stabilen Silberthiosulfatkomplexes.

Das Spülwasser, das normalerweise direkt abgeleitet wird, besteht zu über 99,7 % aus Wasser. 2 - 4 % des aus dem Material herausgelösten Silbers gelangt in das Spülwasser.

Abb. 1: Röntgenverarbeitungsbäder (Frischzustand) - Inhaltsstoffe in %

Entwicklerbad	%	Einstufung GefStoffV.	Wassergef.-Kl.**	Abbau, Oxid. Kläranl.
Hydrochinon	1-3	mindergiftig	2	leicht
Phenidon	0.1-0.5	(mindergiftig)*	(2)*	schwer
Kaliumsulfit	4-6	---	(1)*	leicht
Kaliumcarbonat	3-5	---	1	---
Kaliumbromid	0.3-1	---	1	---
Kaliumacetat	0.5-2	---	1	leicht
Diethylenglykol	3-4	(mindergiftig)*	1 => 0	leicht
Härtungsmittel	1-2	---		leicht
Kalkschutzmittel	2-3	---	(1)	mittel-schwer

Wasser	75-80			
pH-Wert 10.5-11.0				

Fixierbad				
Ammoniumthiosulfat	5-15	---	1	leicht
Natriumsulfit	0.5-1	---	1	leicht
Borsäure	0.3-0.5	---	1	---
Natriumacetat	0.5-1	---	1	leicht
Essigsäure	0.5-1	unter 25 % : ---	1	leicht

Wasser	80-85			
ph-Wert 5.0				

** 0 = im allgemeinen nicht wassergefährdend
1 = schwach gefährdend
2 = wassergefährdend
3 = stark wassergefährdend

( )* eigene Einstufung

Die organischen Bestandteile der Röntgenbäder werden weitgehend in einer Kläranlage abgebaut. Dort wird auch Thiosulfat zum völlig harmlosen Sulfat oxidiert.

Silber wirkt in Form des freien Ions stark toxisch auf Fische und andere aquatische Organismen. Das freie Silberion ist in normalen Gewässern nicht stabil, es wird rasch komplexiert, an schwefelhaltige Substanzen gebunden oder reduziert. Die Kläranlage filtert Silber als metallisches Silber oder als Silbersulfid heraus.

Nach neueren Untersuchungen ist Silbersulfid 15000 und der Silberthiosulfatkomplex gar 17500 mal weniger toxisch als Silber in der freien ionischen Form. Weder Silberthiosulfat noch fotografisches Abwasser stört den Betrieb bzw. die Funktion einer Kläranlage. Das Silber wandert in den Klärschlamm, wo es auch eine Verwendung als landwirtschaftlichen Dünger nicht behindert. Silbersulfid ist eines der schwerstlöslichen Salze überhaupt.

Diesem Unterschied der Gefährlichkeit trägt die gegenwärtige Gesetzeslage nicht Rechnung. Entscheidend für die Einleitung eines Abwassers sind die Vorschriften der Kommune. Diese örtlichen Abwassersatzungen enthalten im allgemeinen Grenzwerte für die Silberkonzentration von 1 mg/l, aber auch 0,5 mg/l oder 0,1 mg/l werden gelegentlich gefordert. Während einige Ortssatzungen die Konzentration an der Übergabestelle zur Kanalisation zum Maß nehmen, wobei die Vermischung mit anderen Abwasserströmen des Krankenhauses die Werte senkt, wird immer häufiger gefordert, direkt am Abfluß der Maschine zu messen.

Direkt am Abfluß der Entwicklungsmaschine sind derart niedrige Silberkonzentrationen in keiner Klinik erreichbar. Die fotografische Industrie wird darauf hinwirken, daß die Grenzwerte für fotografische Silberverbindungen erhöht werden und daß bei kleineren Verbrauchern auch Frachtbetrachtungen erfolgen.

Nach unseren Schätzungen entsorgen die Kliniken in der Bundesrepublik:

< 5 % entsilbern selbst, entsilbertes Fixierbad u. Entwicklerbad werden vereint und als Abwasser abgeleitet.

15-20 % geben nur das Fixierbad zur Entsilberung und Entsorgung, das Entwicklerbad wird als Abwasser abgeleitet.

70-80 % geben Fixierbad und Entwickler zur Entsorgung

Im Durchschnitt entstehen für die Klinik (abhängig vom Silberpreis) keine Kosten durch die Entsorgung von Fixierbad und Entwickler. Die 0,80 DM, die etwa für 1 Liter Entwickler allein bezahlt werden müssen, werden durch die Silbervergütung für das Fixierbad ausgeglichen. Allerdings entsteht der Klinik ein Einnahmeverlust im Vergleich zur Entsilberung vor Ort.

Eine Entsilberung vor Ort lohnt sich nur, wenn der Entwicklerüberlauf und die entsilberten Fixierbäder als Abwasser abgeleitet werden können. Dies ist häufig nicht der Fall, weil der Sonderabfallkatalog einiger Länder (z.B. Hessen, Hamburg) fotografische Bäder als nachweispflichtigen Sonderabfall einstuft. Es ist rechtlich nicht unumstritten, ob die Länder in ihrem Katalog über die vom Bund festgelegte Liste gefährlicher Abfälle hinaus weitere Abfälle als nachweispflichtig einstufen können. Die TA-Abfall mit dem neuen Abfallkatalog wird hier endgültig Klarheit schaffen.

Selbst wenn die fotografischen Bäder als Sonderabfall angesehen werden, ist ihre Einleitung in die Kanalisation nicht in allen Fällen illegal. Die zuständigen Behörden können Ausnahmegenehmigungen erteilen, wenn das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird (§ 4 Abs.2 AbfG).

Zweifellos ist bei Entsilberung vor Ort der Eliminierungsgrad des Silbers wesentlich geringer als bei der Aufarbeitung durch einen fachgerecht vorgehenden Entsorger.

Der Wirkungsgrad hängt vom Gerät, dem Wartungszustand und meist auch von der (ungleichmäßigen) Maschinenauslastung ab.

Die zukünftige Entwicklung wird sich auf die Einsparung von Chemikalien konzentrieren. Die Regenerierquoten pro qm sind beim Röntgenprozeß um ein Mehrfaches höher als bei den übrigen fotografischen Prozessen.

- Die Verringerung der Fixierbad-Regeneriermenge ist nur begrenzt möglich, da ein zu hoher Silbergehalt des Bades sich nachteilig auf die Bildstabilität auswirkt.

- Fixierbadrecycling könnte vor Ort oder bei einem Entsorger erfolgen. Hierbei werden gebrauchte Bäder teilentsilbert, durch Chemikalienzusatz aufgefrischt und wieder verwendet. Dabei würde bei einem Recycling vor Ort die analytische Überwachung von Silbergehalt, Sulfit, Thiosulfat, Härtungsmittel und pH-Wert an das Klinikpersonal erhebliche Anforderungen stellen. Außerdem müssen störende Stoffe entfernt werden: Bromid, Hydrochinon, Gelatine u.a.

  Beim Recycling durch den Entsorger sind zusätzlich Probleme zu lösen: Einheitlichkeit und Sauberkeit der verschiedenen Badpartien, Handling in 20 l Kanistern oder Einbau zusätzlicher Tanks u.a.

  Die fotografische Industrie begegnet diesen Recyclingversuchen noch mit Zurückhaltung, da sie sich für die Qualität und Haltbarkeit ihrer Produkte mitverantwortlich fühlt. Erste Versuche sind in Deutschland nicht sofort erfolgreich verlaufen; in den USA finden Erprobungen größeren Ausmaßes statt, so daß die Aussicht besteht, daß dieses chemikaliensparende Verfahren in nicht allzu ferner Zukunft eingesetzt werden kann.

- Zwischenwässerung vermindert die Verschmutzung des Fixierbades durch den Entwickler. Sie ist wahrscheinlich Voraussetzung für das Fixierbad-Recycling. Auch hier sind Probleme zu lösen wie z.B. starkes Quellen der Schichten.

Derartiges Fixierbadrecycling würde den Verbrauch an Fixierchemikalien auf 1/3 reduzieren, d.h. von heute 4 Mio l/Jahr auf ca. 1,3 Mio l/Jahr. Da hierzu neue Entwicklungsgeräte notwendig sind, wird sich diese umweltschonende Maßnahme nur verzögert auswirken. (Normalerweise beträgt die durchschnittliche Nutzungszeit von Entwicklungsmaschinen 8 Jahre).

Dr. Immo Boie, Agfa-Gevaert AG, Zentrale Ökologie, Leverkusen

Filter in RLT-Anlagen

Was haben wir aus dem Störfall "Tschernobyl" gelernt? von E. Neudeck, Reinfeld

Messungen der Strahlenschutzkommission haben ergeben, daß es in Luftfiltern von "Raumlufttechnischen Anlagen" zu einer Anreicherung radioaktiver Schadstoffe gekommen ist. Die radioaktive Belastung in klimatisierten Räumen war daher deutlich geringer als in der ungefilterten Außenluft, so daß ganz eindeutig gesagt werden kann, daß bei intakten Luftfilteranlagen von Klimaanlagen eine gewisse Schutzwirkung ausgeht, die jedoch abhängig von der Qualität der Filteranlage, also vom Wirkungsgrad der Filter ist. Da 99,9% der Gesamtanzahl der Partikel in der Luft kleiner als 1 µm sind, ist es also wichtig Filter einzusetzen, die gegenüber diesen Partikelgrößen hohe Wirkungsgrade aufweisen. Vor- oder Grobfilter, selbst Feinfilter der Klasse EU6, weisen gegenüber atmosphärischem Staub vergleichsweise geringe Wirkungsgrade auf.

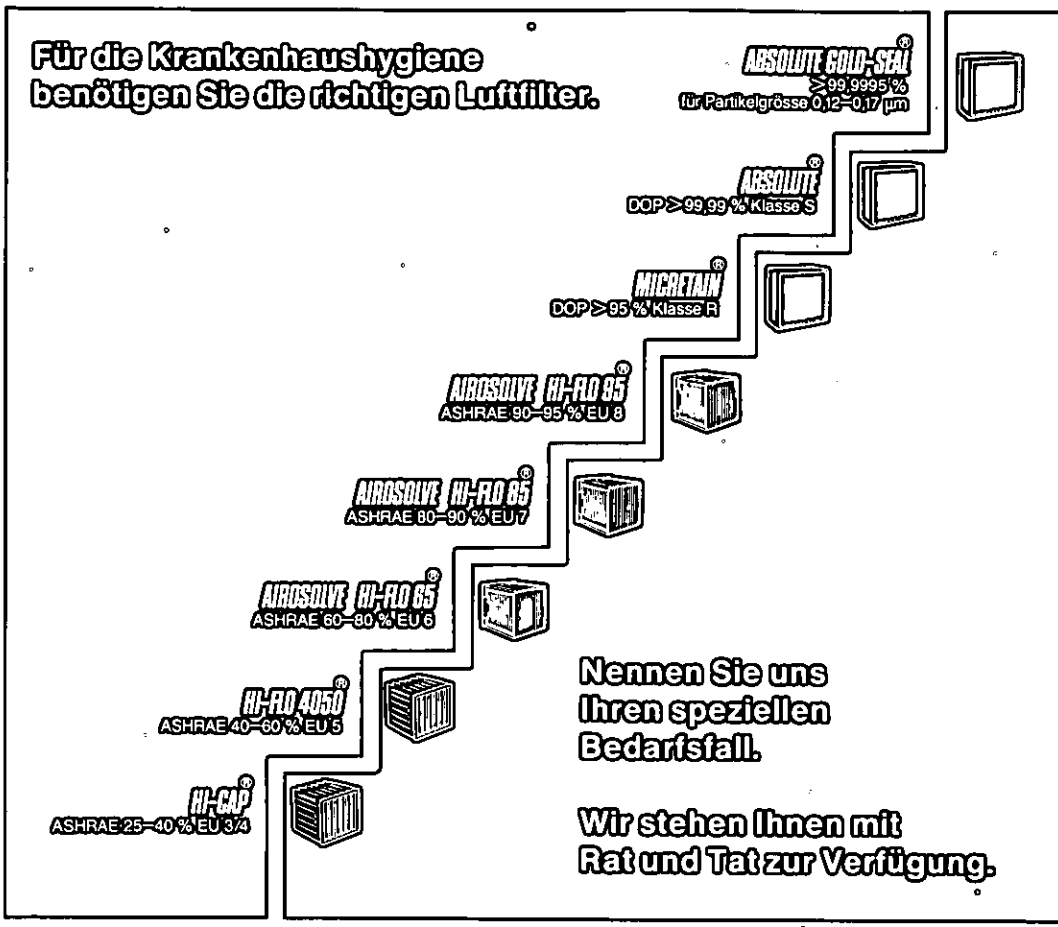
Außer dem Wirkungsgrad, ist die effektive Filterfläche ein weiterer wichtiger Faktor, da die Filterfläche die Standzeit eines Filters direkt beeinflußt. Bei einer Erhöhung der Filterfläche eines Taschenfilters beispielsweise von 5 $m^2/m^3/s$ auf 7,5 $m^2/m^3/s$, also um 50% - erhöht sich der Standzeitfaktor von 3,5 auf 7,0, also um 100%. Daher sollten Feinfilter der Klassen EU6 bis EU9 eine Filterfläche haben, die größer als 6,5 $m^2/m^3/s$ ist, damit eine wirtschaftliche Filtration erreicht wird.

Ein letzter, wichtiger Punkt bei der Auswahl von Filtern ist der Anfangsdruckverlust. Filter mit großen Filterflächen und strömungsgünstigen Taschenanordnungen haben einen geringen Anfangsdruckverlust, da die Luftgeschwindigkeit durch das Medium geringer ist. Dieser geringe Anfangsdruckverlust erhöht die Filterstandzeit und reduziert den Energieverbrauch.

Zurück zum Thema "Tschernobyl.

In Zusammenarbeit mit unserer schwedischen Firma wurden Mitte Juni 1986 Messungen an einem Taschenfilter der Klasse EU7, also mit einem Wirkungsgrad gegenüber atmosphärischem Staub von 80-85% nach DIN 24 185, im Forschungszentrum Studsvik in Schweden durch Dr. Aleklett durchgeführt. Das Filter war während des Unfalls von Tschernobyl im Krankenhaus von Trosa, einer Stadt 70 km südlich von Stockholm, im Einsatz und wurde am 2. Mai zum Messen ausgebaut. Die radioaktive Wolke erreichte Schweden am 27. April. Das Taschenfilter, mit ca. 9 m^2 Filterfläche und 10 Taschen, wurde mit 3000 m^3/h ca. 100 Stunden lang in dieser Zeit mit radioaktivem Staub beladen.

camfil -Luftfilter im Krankenhausbereich



camfil **Spezialist für Luftfilter**

Camfil GmbH
Feldstraße
2067 Reinfeld/Holst.
Tel.: 04533/202-0
Telex: 261534
Telefax: 04533/202202

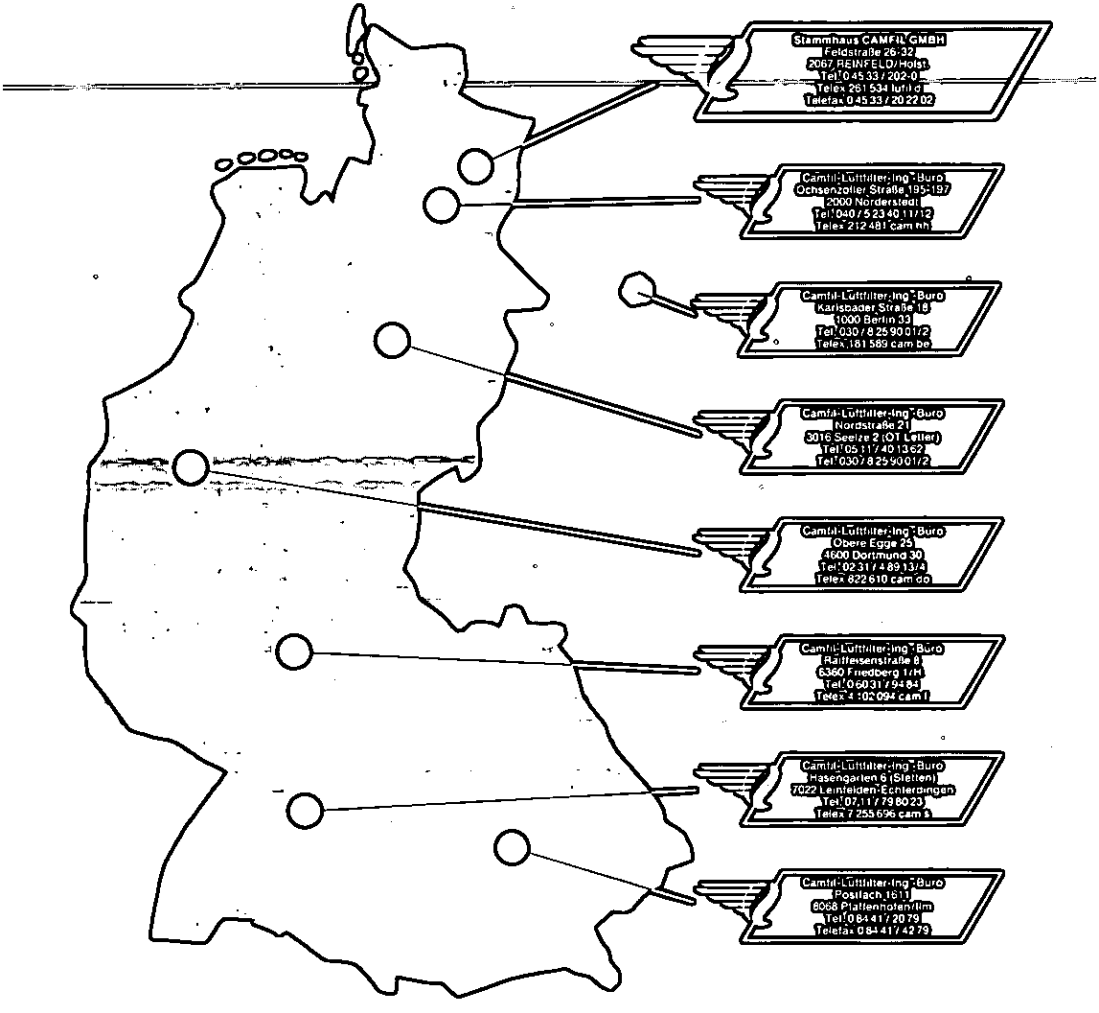
Camfil SA Belgien
Camfil A/S Dänemark
Camfil LTD England
Camfil OY Finnland
Camfil SARL Frankreich

Camfil BV Holland
Camfil SPA Italien
Camfil AB Schweden
Camfil AG Schweiz

Wo Sie das nächstgelegene Camfil-Ing.-Büro finden, sagt Ihnen die umseitige Karte.

camfil

in der Bundesrepublik



20 km vom Einsatzort des Filters entfernt, im Forschungszentrum Studsvik, wurde die Aktivität von Cäsium 137 aufgezeichnet. Der höchste gemessene Wert lag bei 4,41 Bq/m³, und zwar am 28.04.1986. In der Zeit vom 27.04. bis 2.05. lag der Durchschnittswert bei 1,2 Bq/m³. Nimmt man nun an, daß am Einsatzort des Filters und im 20 km entfernten Forschungszentrum das gleiche Niveau herrschte, so erhält man insgesamt 360 000 Bq Cäsium 137, die in das Filter gelangt sein müßten. Wirklich gemessen wurden im Filter 110 000 Bq Cäsium 137.

Um festzustellen, wo sich genau im Filter die Aktivität befand, wurde jede der 10 Taschen gemessen und eine Tasche quer zum Luftstrom in 9 Streifen geschnitten und gemessen. Alle 10 Taschen wiesen durchschnittlich eine Aktivität von 11 000 Bq Cäsium 137 auf. Also für das komplette Filter ergab sich eine Gesamtaktivität von 110 000 Bq bzw. auf den m² Filterfläche bezogen: 12 200 Bq.

Interessant zu messen war natürlich auch noch, ob Aktivität beim Filterwechsel freigesetzt wird. Dafür wurde eine Tasche des ziemlich staubbeladenen Filters in einen Plastikbeutel gelegt und heftig geschüttelt. Die für Cäsium 137 gemessene Aktivität lag bei 50 Bq. Das bedeutet, daß weniger als 1% der Aktivität "herausgeschüttelt" wurde.

Eine Abschlußuntersuchung zur Feststellung der Gesamtaktivität der verschiedenen Isotope wurde an einem kleinen Muster einer Filtertasche durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser verschiedenen Aktivitäten (angepaßt an die 110 000 Bq Cäsium 137 des Filters) ergaben eine Summe der Aktivität aller Isotopen von 275 900 Bq pro Filter bzw. 30 655 Bq pro m² Filterfläche wovon beispielsweise: Jod 131, mit einer Halbwertzeit von 8.0 Tagen, 13 500 Bq Aktivität pro Filter bzw. 1500 Bq pro m² Filterfläche aufwies und Cäsium 134, mit einer Halbwertzeit von 2.1 Jahre, 62 800 Bq Aktivität pro Filter bwz. 6978 Bq pro m² Filterfläche aufwies.

Was haben wir nun aus dem Störfall "Tschernobyl" gelernt?

1. Hinsichtlich des Umganges mit Luftfiltern:

Die vom Bundesministerium dazu beauftragte Strahlenschutzkommission hat im Bundesanzeiger Nr. 128 vom 17. Juli 1986 folgende Stellungnahme veröffentlich: Nach § 11 Abs. 3 der Bekanntmachung der Satzung der Reaktorsicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission vom 5. November 1984 (BAnz. S 12909) werden die nachfolgenden Empfehlungen, die die Strahlenschutzkommission am 19. Juni 1986 verabschiedet hat, bekanntgegeben.

Das Personal soll Staubmasken tragen. Ein direkter Kontakt der Körperoberfläche mit dem Filter bzw. mit dem Filterstaub ist zu vermeiden. Die Filter sind z.B. in Plastiksäcken an einem Ort zu lagern, an dem sich Personen nicht längere Zeit aufhalten. Die endgültige Beseitigung (Entsorgung) kann nach ca. 2 Monaten, wie bisher üblich, erfolgen. Vor dem Essen und nach Beendigung der Arbeiten sind die Hände zu waschen und mit Filterstaub verschmutzte Kleidung abzulegen.

2. Hinsichtlich Auslegung von Filteranlagen:

Wie bereits eingangs dargelegt, sollte bei der Auswahl von Luftfiltern generell ein hoher Wirkungsgrad in Verbindung mit großen Filterflächen unbedingt berücksichtigt werden, damit eine hohe Abscheideleistung erreicht wird, die natürlich noch effektiver mit mehrstufigen Anlagen erreicht werden kann, beispielsweise die Kombination von Taschenfiltern der Klasse EU7 mit EU9.

3. Hinsichtlich der Sicherung des laufenden Betriebes

Generell war es für Betreiber von "Raumlufttechnischen Anlagen" schon immer sinnvoll, Ersatzfilter für betriebsintern wichtige Anlagen vorrätig zu haben, um bei Betriebsstörungen kurzfristig einen Filterwechsel vornehmen zu können.

Für Störfälle von außen wäre es ebenfalls sinnvoll Ersatzfilter vorrätig zu haben, um vorbeugend einen Filterwechsel an wichtigen Anlagen vornehmen zu können, deren Enddruck noch gar nicht erreicht ist.

Damit schließt man einen eventuell nötigen Wechsel in der Phase des Störfalles aus. Voraussetzung ist natürlich die frühzeitige Ankündigung von Störfällen.

anschließend: 15 Minuten Videofilm mit dem Thema "Filtertechnik"

Eckhard Neudeck
Camfil GmbH
Feldstr. 26-32
2067 Reinfeld

OP - Hygiene - elektrisch messen ?

J.Schad, Hannover

1. Einführung

In den letzten Jahrzehnten sind durch die Erfolge in der Medizin, speziell in der Chirurgie, und die Möglichkeiten der Biomedizinischen Technik und Krankenhaustechnik, kompliziertere und weiterreichende Eingriffe möglich. Dauer der Operationen und Umfang der Eingriffe nehmen zu. Diese Eingriffe und die sich häufig anschließende Unterdrückung des Immunsystems bei Transplantations-Patienten erhöhen die Gefahr einer Infektion schon durch "an sich harmlose" Keime. Diese Keime werden vor allem durch die Luft zu dem Patienten getragen, wie Charnley [2] 1969 nach zehnjährigen Versuchen mit OP's verschiedener Luftreinheitsgrade feststellte. Als typische Infektionserreger galten bei ihm der Staphylococcus aureus und der Bacillus proteus. Auch heute werden Staphylococcen und aerobe Sporenbildner (Bazillen) als die häufigsten Keime in OP's angesehen.

Durch den Anstoß von Charnley entstand eine heftige Diskussion darüber, ob die Luftkeime tatsächlich die Rolle bei Infektionen spielten, die er ihnen zugewiesen hatte, und ob ihnen wirksam mit Raumlufttechnischen (RLT-) Anlagen begegnet werden konnte. Erst durch die Studie [4] an schwedischen Krankenhäusern konnte dieser Zusammenhang statistisch signifikant nachgewiesen werden.

Die sich daraus ergebenden Forderungen der Hygieniker an die Keimarmut der Luft wurden in die DIN 1946 Teil 4 eingebracht. An die OP's für Transplantationen, Herzoperationen, Gelenkprothetik, Alloplastik und ähnliche Eingriffe wurden besonders hohe Anforderungen hinsichtlich der Keimhygiene gestellt. Dieses schien zur Zeit der Erstellung der DIN 1946 Teil 4 (1978) nur durch eine hohe Verdünnung der Keime im

gesamten OP und somit nur durch eine hohe Luftwechselrate im reinen Außenluftbetrieb erreichbar. Angesichts der inzwischen gesammelten Erfahrungen und der drastisch gestiegenen Energiepreise wird seit einigen Jahren diskutiert, wie die DIN 1946 den heutigen Erfordernissen angepaßt werden kann, ohne den hohen Hygienestandard aufzugeben [3],[6].

Die Zahl der Keime, die heute durch die Filter der RLT-Anlage in die OP's gelangt, ist gleich Null, wenn man einmal von Defekten in der RLT-Anlage absieht. Die Überprüfungen, die heute an den RLT-Anlagen durchgeführt werden, dienen daher nur dazu, diese Defekte auszuschließen. Bei jedem Filterwechsel und in mindestens jährlichen Abständen sind zum Beispiel der sogenannte Ölfaden-Test nach DIN 24184 oder eine Partikelzählung vorzunehmen.

Hauptquelle von Keimen im OP ist daher der Mensch. Die Abgabe von Keimen ist vor allem durch die Aktivität des Personals bedingt, so daß die Keimzahl während einer Operation starken Schwankungen unterlegen ist. Beispiele hierzu sind in [6] angegeben. In OP's mit hohen Anforderungen an die Keimfreiheit werden daher unter anderem Atemluftabsauganlagen installiert. Bei dem Verdacht, daß die Keimzahl durch den Verdünnungseffekt der RLT-Anlage nicht zurückgeht, müssen Messungen der Keimzahl durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Messungen stehen nach ungefähr 18 bis 24 Stunden zur Verfügung. Während dieses Zeitraumes muß der OP eventuell geschlossen werden. Dieses beeinträchtigt die Wirtschaftlichkeit des Krankenhauses in starken Maße und steht dem Versorgungsauftrag des Krankenhauses entgegen.

2. Das konventionelle Verfahren

Der Grund für das nutzlose Verstreichen einer solch langen Zeitspanne zwischen der Probenahme und der Keimzahl-Bestimmung liegt an folgendem (vergl. Bild 1) : Eine Luftkeim-

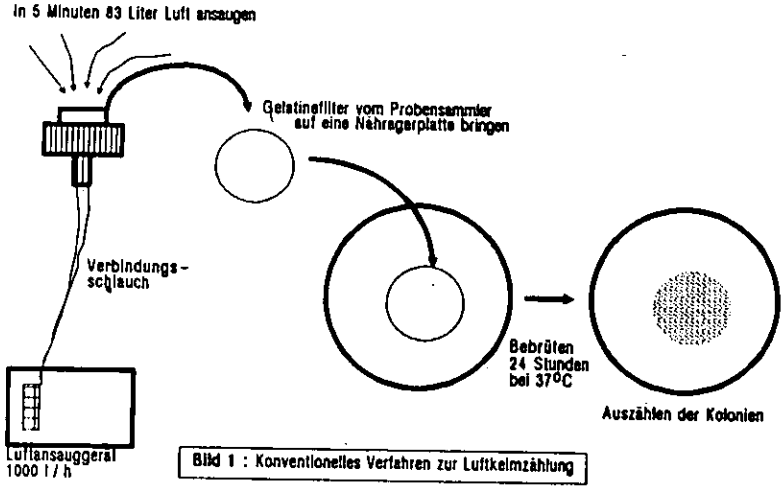


Bild 1 : Konventionelles Verfahren zur Luftkeimzählung

probe wird üblicherweise durch Ansaugen einer definierten Luftmenge durch ein Gelatinefilter genommen. Die Poren des Gelatinefilters besitzen einen Durchmesser von 0,2 µm, so daß die Luft passieren kann, die in der Luft befindlichen Partikel mit den anhängenden Keimen aber aufgefangen werden. Das Gelatinefilter wird auf die Oberfläche einer mit Agar verfestigten Nährlösung gegeben. Zum Schutz vor Fremdkeimen befindet sich das Nähragar in einer Petrischale mit verschließbarem Deckel. Die Petrischale wird nach dem "Beimpfen" mit den Keimen bei der Temperatur des maximalen Keimwachstums gelagert. Diese Temperatur liegt im allgemeinen zwischen 30 und 37°C. Bei diesen Temperaturen löst sich der Gelatinefilter auf. Dadurch kommen die Keime mit der Oberfläche des Nähragars in Berührung. Ist die Keimzahl nicht zu hoch, kann man davon ausgehen, daß jeder Keim einzeln auf der Oberfläche des Nähragars zu liegen kommt. Nach einer Zeit von 18 bis 24 Stunden haben sich aus einzelnen, lebensfähigen Keimen auf der Oberfläche des Nähr-

agars sichtbare Kolonien gebildet. Diese lange Zeit des Bebrütens der Keime gilt es abzukürzen.

3. Auswahl des neuen Verfahrens

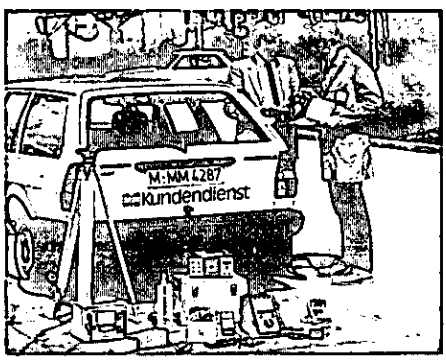
Im Bild 2 sind einige der Verfahren, die sich zur Weiterentwicklung auf das Ziel der schnellen Keimzahlbestimmung eignen, dargestellt. Nach der Uberprüfung der Verfahren auf Wirtschaftlichkeit und Durchführbarkeit in einem Hygienelabor, wurde das Verfahren zur Keimzahlbestimmung durch die Änderung der elektrischen Leitfähigkeit ausgewählt.

Bild 2 : Übersicht über die Keimzahlbestimmungsverfahren

Das Verfahren der elektrischen Impedanzmessung an biologischem Material ist schon so alt wie die geeigneten Meßaufbauten. Im Jahre 1899 beschrieb G.N. Stewart die Impedanzänderung von Blutserum im Laufe von 25 Tagen in einem Meßaufbau nach Kohlrausch. Ende der 1920er Jahre arbeiteten Parsons und Sturges an einem Meßaufbau zur Zählung von

Service gut – alles gut: MMM

Sterilisations- und Desinfektionsanlagen müssen stets einsatzbereit sein!



Ein gut organisierter und ausgezeichnet funktionierender Service ist deshalb heute – neben einer hervorragenden Qualität der Produkte – der wichtigste Garant für eine gute Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Nutzer.

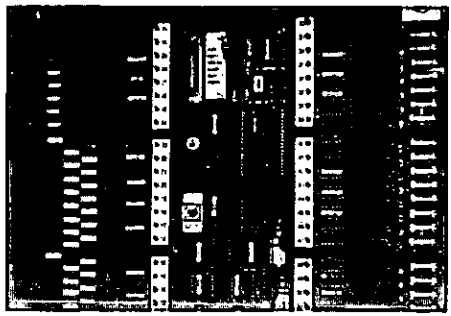
MMM ist ein leistungsstarker Partner für Sie!

Denn vor diesem umfassenden Service-Angebot

- ☐ regelmäßige Wartung für einen reibungslosen Einsatz und eine gleichbleibende Betriebsbereitschaft
- ☐ zuverlässige und langfristig gesicherte Versorgung mit Ersatzteilen für eine erhöhte Lebensdauer
- ☐ rasche und gewissenhafte Behebung von Störungen

kommt ja erst einmal die Fertigung:

In unseren drei Werken entstehen entsprechend den Wünschen der Kunden Einzelgeräte und Gesamtanlagen in Maßarbeit genauso wie Seriengeräte aus industrieller Fertigung.



Daß diese Geräte dem neuesten Stand der Technik entsprechen und das Design unserer Anlagen ergonomischen und funktionellen Ansprüchen standhält, ist für uns selbstverständlich.

Bevor die Wünsche unserer Kunden realisiert werden können, bedarf es schon vor den eigentlichen Verkaufsverhandlungen einer konsequenten und gut durchdachten Planung, wofür unser versiertes Fachpersonal aus den Konstruktionsbüros für Druckbehälter- und Maschinenbau, Elektro- und Verfahrenstechnik zur Verfügung steht.

Den Schlußpunkt setzt dann das MMM-Montageteam, welches eine einwandfreie Aufstellung von Geräten und Einrichtungen gewährleistet.

Deshalb wählen auch Sie das Unternehmen mit den Programmen

- ☐ Sterilisation und Desinfektion
- ☐ Sterilgut-Ver- und -Entsorgung
- ☐ OP-Trennwandsysteme und
- ☐ Wandeinbauten und Möbel aus Edelstahl.

MMM
Münchener
Medizin
Mechanik
GmbH

Hauptverwaltung
Semmelweisstraße 6
D-8033 Planegg
Telefon (089) 85795-0
Telex 524182

Clostridia-Keimen in Fleisch [5]. Sie waren Angestellte einer Fleischverpackungsfirma und hatten den Auftrag, ein schnelles Verfahren zur bakteriellen Freigabe des Fleisches zu entwickeln.

Brauchbare Geräte wurden aber erst von Ur [7] und Cady [1] beschrieben. Sie verwenden eine elektrische ‚Brückenschaltung, die mit Wechselstrom gespeist wird (Bild 3). Das eine Gefäß in der Brücke enthält die zu zählenden Keime, das andere Gefäß ist steril, es dient als Referenzgefäß.

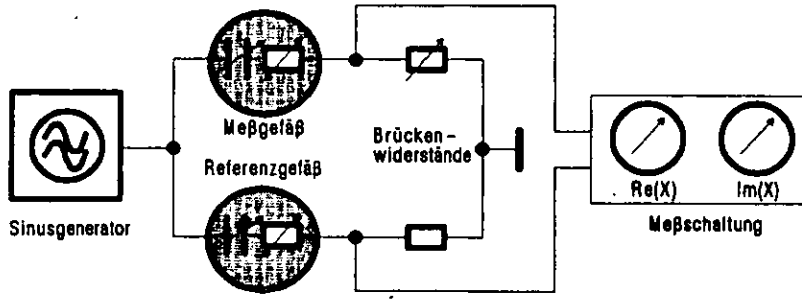


Bild 3 : Prinzipschaltbild der Meßeinrichtung

4. Weiterentwicklung zur Bestimmung der Luftkeimzahl

Die bisher beschriebenen Verfahren dienten zur Untersuchung von Lebensmittel-, Urin- oder Blutproben auf ihre Keimzahl. Die zu bestimmenden Keimzahlen lagen bei 10^3 bis 10^6 Keimen. Die Keimzahlen in der OP-Lufthygiene liegen dagegen bei 10^1 bis 10^2 Keimen. Das Verfahren mußte daher in seiner Empfindlichkeit deutlich verbessert werden.

Die geforderte Empfindlichkeitssteigerung wurde durch die Optimierung des Elektroden-Materials, der Nährlösung für die Keime, der Frequenz des Meßstromes und der Auswerte-

Schaltung erreicht.

Bild 4 zeigt das Keimwachstum in einer Nährlösung für verschiedene zu detektierende Anfangskeimzahlen N_0. Da das Keimwachstum durch das Meßgerät ab einer bestimmten "Keimzahl-Schwelle" dargestellt wird, läßt sich aus der Zeit, die bis zu dieser Detektion vergangen ist, die Anfangskeimzahl N_0 bestimmen. Für den Keim Staphylococcus epidermidis wurde das Gerät kalibriert. In Bild 5 ist die Detektionszeit in Abhängigkeit von der Anfangskeimzahl dargestellt.

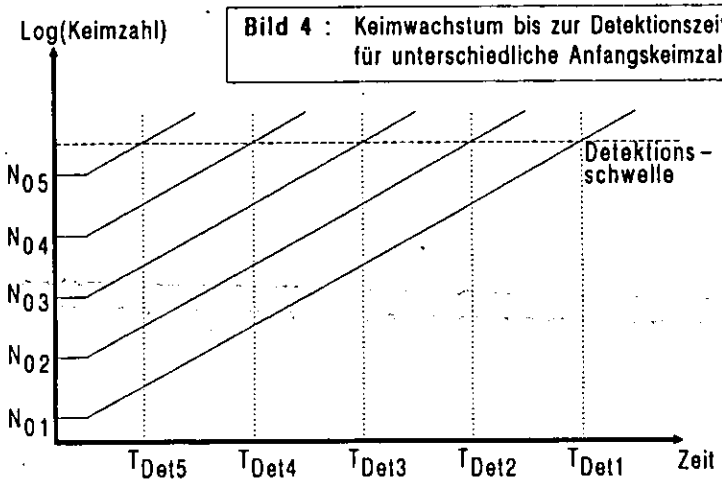


Bild 4 : Keimwachstum bis zur Detektionszeit für unterschiedliche Anfangskeimzahlen

Für Keime, die andere Wachstumsparameter als der oben genannte Keim aufweisen, kann das Gerät durch ein mathematisches Modell des Wachstums- und Meßvorganges schnell neu kalibriert werden.

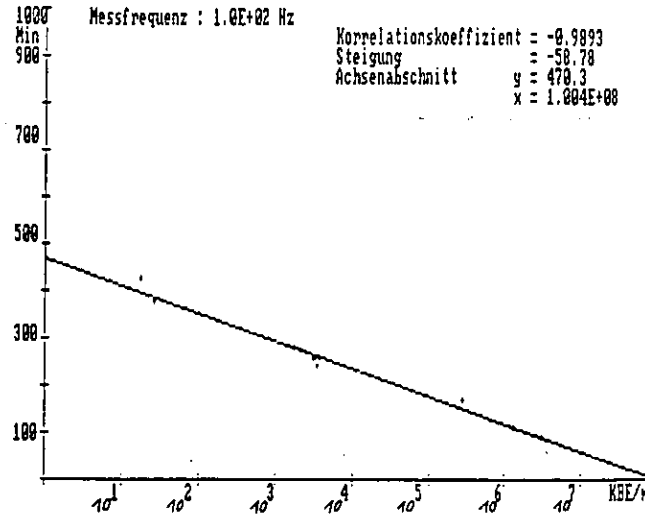


Bild 5 : Detektionszeiten in Abhängigkeit von der Anfangskeimzahl für Staphylococcus epidermidis

5. Ausblick

Das Meßverfahren ist nicht auf die Lufthygiene begrenzt. Neben den Anwendungen, wie die Untersuchung von Blut und Urin auf infektiöse Keime, die Untersuchung von verderblichen Lebensmitteln auf den Keimzustand und die Bestimmung von Wachstumshemmungen durch Antibiotika, ergaben sich noch einige weitere Anwendungen :

So wäre zu untersuchen, ob durch die Aufnahme der Impedanzortskurve zu verschiedenen Zeitpunkten verschiedene Stoffwechselprodukte unterschiedlicher Keimgattungen identifiziert werden können. Dadurch wäre eine einfache Keimdifferenzierung möglich.

Eine weitere Anwendung ist im Bereich der medizinisch-biologischen Untersuchung von Gewebeproben gegeben. Hier können, eventuell, aufgrund der unterschiedlichen Wachstums-Ge-

schwindigkeiten, gut- und bösartige Zellkulturen unterschieden werden.

Eine dritte Anwendungsmöglichkeit besteht darin, die Keimzahl nicht in einer statischen Kultur, sondern in einem Durchfluß-Bioreaktor zu bestimmen. Durch den zunehmenden Einsatz spezieller Keime in der Biotechnologie werden Verfahren zur kontinuierlichen Bestimmung der Keimzahlen in einem Prozeßbehälter benötigt, z.B. um die Keimzahl unabhängig von Trübungen der Prozeßflüssigkeiten auf einen konstanten, optimalen Wert auszuregeln. Einige dieser Verfahren werden in den nächsten Jahren sicher entwickelt oder weiterentwickelt werden. Hier kann das vorgestellte Verfahren Hinweise und Hilfen geben.

6. Literatur

1 Cady,P. : Progress in impedance measurements in microbiology . Mechanizing Microbiology , (1976) , pp. 199-239 , A.N.Sharpe

2 Charnley,J.;Eftekhar,N. : Postoperative infection in total prosthetic replacement arthroplasty of the hip-joint . British Journal of Surgery , Vol. 56 , No. 9 , (1969) , pp. 641-649 , J.Wright&Sons,Bristol

3 Kraupner,K.-W. : DIN 1946-Teil 4 Stand der derzeitigen Arbeitsausschuß-Beratung . Sanierung u.Erneuerung technischer Anlagen im Krankenhaus , (1985) , pp. 138-145

4 Lidwell,O.M. : Eine britisch-skandinavische multizentrische Studie über "ultrareine" Luft und Infektionen nach totalen Hüft- oder Kniegelenkersatzoperationen . Hygiene und Medizin 1 , (1984) , International Symposion on Infection Control April , (1983) , Wien

5 Parsons,L.B.;Sturges,W.S. : The possibility of the conductivity method as applied to studies of bacterial metabolism . Journal of Bacteriology , Vol. 11 , (1926) , p. 177

6 Schmidt,P. : Neueste Keimzahlmessungen bei OP-Betrieb mit Stützstrahl-Zuluftdecke . Service und Technik im Krankenhaus , (1986) , pp. 95-105

7 Ur,A.;Brown,D.F.J. : Impedance monitoring of bacterial activity . Journal of Medical Microbiology , 8 , (1975) , pp. 19-28

Anschrift des Autors :

Dipl.-Ing. Jürgen Schad
Medizinische Hochschule Hannover
Institut für Biomedizinische Technik
und Krankenhaustechnik
Postfach 610180
3000 Hannover 61

Smog und RLT-Anlagen im Krankenhaus

von C. Hartung, Hannover

1. Hintergründe und Anlaß zur Thematik

In diesem Jahr hatte die niedersächsische Landesregierung bis Ende März bereits dreimal Smogalarm bzw. Smogvorwarnung gegeben, so z.B. am 25. und 26. Februar: Am 23. Februar hatten noch lebhafte Winde frische Polarluft aus Norden und Nordwesten herangeführt. Am 24. und 25. Februar geriet Niedersachsen zunehmend unter Hochdruckeinfluß, dessen Kern schließlich von der Nordsee bis zum Balkan reichte. Die Winde wehten nur noch schwach aus östlichen Richtungen. Bei Schneelage und wolkenlosem Himmel registrierte das Wetteramt Hannover tagsüber zunächst am Boden -2°C und in 500 m Höhe -1°C, nachts dann -4°C am Boden und -1°C in 500 m Höhe. Wegen mangelndem, vertikalem Luftaustausch durch zu geringer winterlicher Erwärmungsmöglichkeit in Bodennähe (Inversion) kam es relativ schnell zu Emissionsanreicherungen und Smog. Vergleiche mit Messungen an der Zonengrenze deuten darauf hin, daß für die Anreicherung nicht nur örtliche Emissionsquellen verantwortlich sind, sondern auch entfernte, vermutlich aus den Industriezentren der südlichen DDR und der Tschechoslowakei. Weiter wurden örtliche Anreicherungen durch topographische Verhältnisse begünstigt.

Um die Zusammenhänge zwischen Entstehen, Transport und Umwandlung von Emissionen sowie die Smogbildung besser verstehen zu können, werden seit Beginn der 80er Jahre computergestützte Simulationsstudien durchgeführt.

Abbildung 1 zeigt z. B. einen Zustand der Schadstoff-Ausbreitung in Norddeutschland - Modellergebnisse einer niederländischen Studie -, aufgrund von Messungen während der starken Smog-Periode Anfang 1985.

Modellrechnungen über Transport und Umwandlung von Luftschadstoffen im süddeutschen Raum, Baden-Württemberg und Anrainerstaaten, sind z. B. Hauptziele des Flächen-Großexperimentes "TULLA", über das anläßlich des 3. Statuskolloquiums des "Projektes Europäisches Forschnungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung (PEF)" des

Kernforschungszentrums Karlsruhe 1987 berichtet wurde.

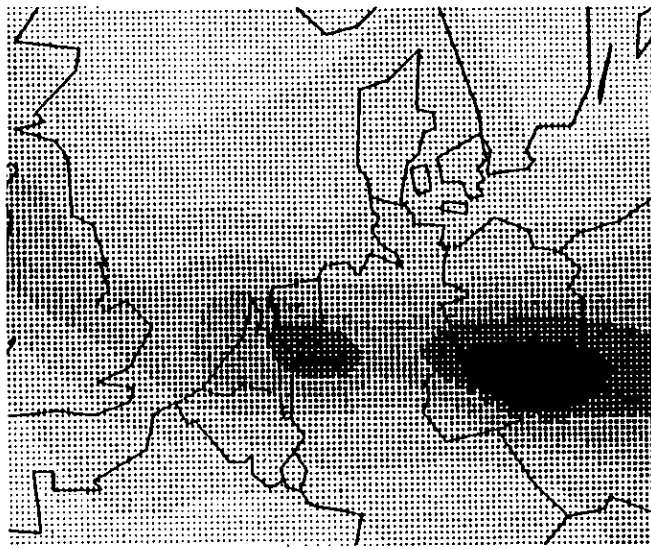


Abb. 1 "Dicke Luft" - woher kommt sie? Emissionsquellen tiefschwarz

Die Folgen des Störfalls "Tschernobyl" beschäftigen uns und den Krankenhaustechniker noch immer.

Die Erkenntnis, daß Emissionen und damit auch Schadstoffe vor Grenzen nicht halt machen, hat u. a. zur Gründung eines EG-Ausschusses für Umweltfragen geführt. Das Jahr 1987 ist Europäisches Umweltjahr. Auf einem Kongreß "Technische Versorgung und Entsorgung im Krankenhaus" muß über Umweltaspekte diskutiert werden.

Betrachtet man die Schadstoffzonen der Bundesrepublik Deutschland mit den Augen des Krankenhaustechnikers und reflektiert man in diese die Krankenhaus-Standorte, so fällt auf, daß sich gerade in Gebieten hoher und häufiger Smog-Konzentrationen Krankenhäuser konzentrieren und daß gerade hier der Anteil an Häusern der Regel-

und Maximalversorgung besonders hoch ist.

Die folgenden Fragen drängen sich auf:

- Können Immissionseinwirkungen generell und insbesondere durch Smog dem Kranken gefährlich werden?
- Welchen Schutz bieten derzeitige RLT-Anlagen in Krankenhäusern in solchen Fällen überhaupt?
- Was ist in betroffenen, nicht mit RLT-Anlagen versorgten Krankenhäusern zu tun?

2. Emissionsbelastungen

Unter Emission versteht man den Ausstoß von Schadstoffen, im wesentlichen Staub, Schwefeldioxid, Stickoxid, Kohlenmonoxid, organische Verbindungen, Schwermetalle, Fluor- und Chlorwasserstoff u.a.

Folgende, kurzzeitige Entwicklung zeichnet sich hier für die Bundesrepublik Deutschland ab:

Emissionskomponente	Tendenz *
Staub	abnehmend
Schwefeldioxid	gleichbleibend
Stickoxide	steigend
Kohlenmonoxide	abnehmend
organische Verbindungen	gleichbleibend

* Quelle: Umweltbundesamt

3. Immission

Die Erkenntnis der Emissionsbelastung reicht nicht aus für Betrachtungen über ihre Schädlichkeit. Maßgebend hierfür sind die Immissionen, d. h. die Einwirkung der emittierten Schadstoffe an

einem bestimmten Ort auf der Erdoberfläche, der in der Regel nicht mit dem Quellort identisch ist. In dem technischen Regelwerk (TA-Luft, VDI 2310, MAK-Wertliste der DFG) werden maximale Immissionsgrenzwerte angegeben, unterhalb derer nach dem heutigen Stand der Wissenschaften keine Schädigungen für Menschen, Tiere, Pflanzen und Sachgüter zu erwarten sind. Ihre Aussageunsicherheit beruht jedoch auf ihrer Dimension - Masseneinheit pro Volumeneinheit und Zeit - und in ihrer Toxizität für den Patienten im Krankenhaus. Regelmäßige Änderungen und Ergänzungen in diesem Regelwerk bestätigen diesen Umstand formal.

4. Immissionseinwirkungen im Krankenhaus

Um mehr über den Wissensstand hierüber zu erfahren, hat der Verfasser eine Literatur-Recherche über das Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information in Köln (DIMDI) und angeschlossene Literatur-Datenbanken durchgeführt. Die Ausbeute war mager, untersteicht jedoch tendenziell Vermutetes:

Immissionskonzentration in Krankenhäusern

- sind in Ballungsgebieten höher als in Gebieten niedriger Siedlungs- und Verkehrsdichte,
- folgen tages- und jahreszeitlichen Schwankungen der Immissionskonzentrationen im Freien,
- werden durch Emissionsquellen im Krankenhaus begünstigt,
- werden infolge Smog nicht erwähnt und
- können vermutlich durch RLT-Anlagen erniedrigt werden.

5. Smog-Immissionen und RLT-Anlagen

Bei Smog-Wetterlagen (smoke und fog) kommt es meist wegen der eingangs beschriebenen Großwetterlage zu Inversionen, die tagelang andauern können. Verunreinigungen (Gase, Dämpfe, Staub, Kondensationskerne) werden einem gefangenen Inversionsraum zugeführt oder entstehen in ihm selbst. Innerhalb kurzer Zeit (Stunden!) können kritische Konzentrationen überschritten werden (Smog-Alarm).

Hauptkomponenten im winterlichen Smog sind SO_2, Staub, CO, NO_x und organische Verbindungen. Durch Oxidation von SO_2 entsteht zunächst Schwefeltrioxid, welches mit Nebel zum Schwefelsäureaerosol H_2SO_4 oxidiert. Durch katalytische Wirkungen von Schwermetallsalzen (Fe, Mn) im Feinstaub der Luft wird dieser Vorgang beschleunigt.

Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern müssen den Anforderungen der DIN 1946, Teil 4, genügen. Je nach Raumklasse und Raumart werden verschiedene Raumluftzustände gefordert. Die Raumhygiene wird hier im wesentlichen durch zwei- bzw. dreistufige Filterung (Fein- und Feinstfilter Stufen B_2 + C bzw. B_2 + C + R/S) erreicht. Außerdem kann eine raumlufttechnische Behandlung für weitere Krankenhausräume bei spezifischen, inneren und äußeren Gegebenheiten erforderlich werden. Häufig werden hier nach Abstimmung mit dem Bedarfsträger bzw. zuständigen Behörden Lüftungsanlagen oder dezentrale Klima- bzw. Lüftungsgeräte eingebaut, die keine oder eine einstufige Filterung (meist Normalfilter) besitzen.

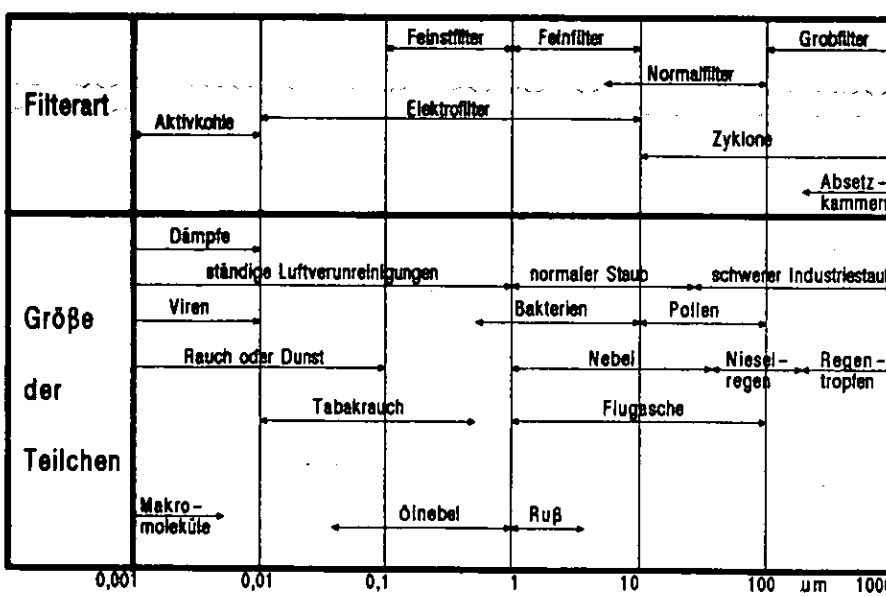


Abb. 2 Luftverunreinigungen und Einsatzbereiche von Filtern

Aus der Abbildung 2 ist ersichtlich, daß die üblichen RLT-Anlagen in Krankenhäusern die große Bandbreite von Smog-Einwirkungen nicht verhindern können.

6. Smog-Alarm, was ist zu tun?

Viele administrative und technische Maßnahmen, die zwischen ärztlich-pflegerischen und technischen Bereichen mit der Krankenhausverwaltung abzustimmen wären, sind denkbar. Gewisse logistische Probleme könnten auch durch einen erhöhten ambulanten Zustrom während der Smog-Periode entstehen. Welche Maßnahmen tatsächlich ergriffen werden können, hängt von den individuellen Gegebenheiten des betroffenen Krankenhauses ab. Diese Maßnahmen sollten zweckmäßigerweise in einem Ablaufplan festgelegt und fortgeschrieben werden, denn spätestens bei Smog-Vorwarnung müßte der Krankenhausbetreiber diese beschlossenen Maßnahmen ergreifen, um u. U. eine mehrtägige Smog-Periode zu überstehen.

Auf diese Umstände hinzuweisen und eine Diskussion hierüber in Gang zu setzen, war Absicht des Verfassers.

Literatur

Luciano, J. R., Air Contamination Control in Hospitals, Plenum, New York 1977

Carpenter, B. H. et al., Health Costs of Air Pollution: a Study of Hospitalisation Costs, American J. Public Health, Vol 69, 1232 - 1241, 1979

Theodore, L., Air Pollution Control for Hospitals, Garland STPM, New York 1980

Allen, R. et al., Analysis of Indoor Concentrations of Carbon Monoxide and Ozone in an Urban Hospital, Env. Research, Vol. 27, 136 - 149, 1982

Borovik, Eb., Principles to be Followed in Setting Hygienic Standards for Curative and Preventive Care Establishments, Vestn. Akad. Med. Nauk SSSR. Vol. 10, 34 - 40, 1982

Vanderstraeten, P.et al., Indoor Air Quality in a Large Hospital Building, 3rd. Intl. Indoor Air Quality and Climate Conference, Ed. WHO et al., Vol.4, 335 - 341, Stockholm 1984

Sisovic A. et al., Indoor Concentrations of Carbon Monoxide in Selected Urban Microenvironments, Environ Monit. Assess., Vol. 5, 199 - 204, 1985

Recknagel, H. et al., Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, Verlag Oldenbourg, München 1986

VDI-Handbuch: Reinhaltung der Luft, VDI-Verlag, Düsseldorf 1959

DIN 1946, Teil 4, Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern

Weitere Literatur beim Verfasser

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr.-Ing. C. Hartung
Institut für Biomedizinische Technik
und Krankenhaustechnik
Medizinische Hochschule Hannover
Postfach 61 01 80, 3000 Hannover 61

Verzeichnis der Vortragenden und Vorsitzenden

Anna, O., Prof. Dr.-Ing., Institut f. Biomedizinische Technik und Krankenhaustechnik, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 61 01 80, 3000 Hannover 61
(S. 123)

Apel, H., Dipl.-Ing., Canzler Ingenieure GmbH, Viehgasse 10, 4330 Mühlheim/Ruhr 13
(S. 55)

Becker, H., Dipl.-Ing., Breslauer Str. 1, 6450 Hanau
(S. 55)

Becker, W., Dipl.-Ing., Becker + Becker, Ingenieurgesellschaft, Bammelsburger Str. 13, 3300 Braunschweig
(S. 156) (0531) 24 27 60

Below, K., Dipl.-Ing., Rudolf Otto Meyer, Tilsiter Str. 162, 2000 Hamburg 77
(S. 384)

Benez, H., Dipl.-Ing., Siemens AG/ESTE (VDMA), Rheinbrückenstr. 50, 7500 Karlsruhe 1
(S. 14)

Börner, H., Dr.-Ing., Ministerialrat, Nds. Ministerium f. Wirtschaft u. Verkehr, Landschaftstr. 5, 3000 Hannover 1

Boie, I., Dr. rer. nat., Agfa-Gevaert AG, Zentrale Ökologie, Geb. E 49, Bayer-Werk, Postfach, 5090 Leverkusen
(S. 428)

Canzler, B., Dipl.-Ing., Beratender Ingenieur VBI, Canzler Ingenieure GmbH, Postfach 13 02 80, Viehgasse 10, 4330 Mühlheim/Ruhr 13

Drauschke, St., cand. med., Krankenhaus-Entsorgungsgesellschaft mbH, Werkring 1, 1000 Berlin 20
(S. 316)

Drescher, J., Prof. Dr. med., Medizinische Hochschule Hannover, Abt. für Virologie u. Seuchenhygiene, Postfach 61 01 80, 3000 Hannover 61

Ehm, H., Dipl.-Kfm., Schott Glaswerke, CGA/V3, Postfach 24 80, 6500 Mainz
(S. 358)

Esdorn, H., Prof. Dr.-Ing., Gf. Direktor d. Hermann-Rietschel-Inst. f. Heizungs- u. Klimatechnik, TU Berlin, Marchstr. 4, 1000 Berlin 10
(S. 210)

Feurich, H., Oberingieur VDI, Münchener Str. 35, 1000 Berlin 28

Fey, K.-D., Dipl.-Ing., Vorsitzender d. Arbeitsgemeinschaft Instandhaltung Gebäudetechnik (AIG) im VDMA, Pohlgönser Str. 20, 6308 Butzbach

Frey, E., Dipl.-Ing., Oberregierungsbaurat, Universitätsbauamt Ulm, Mähringer Weg 148, 7900 Ulm/Donau

Göke, B., Dipl.-Ing., Krankenhaus-Betriebsgesellschaft mbH, Wielandstr. 33, 4970 Bad Oeynhausen
(S. 264)

Grammel, U., Dipl.-Ing., Oberamtsrat, Ministerium für Ernährung, Landw., Umwelt u. Forsten Baden-Württemberg, Postfach 4 91, 7000 Stuttgart
(S. 271)

Hack, H.J., Dipl.-Wirtschaftsingenieur, Materialinformationszentrum Gesellschaft f. Logistik mbH (MIZ), Postfach 9 67, Gökerstr.68, 2940 Wilhelmshaven
(S. 40)

Hadré, E., Dipl.-Ing., Ingenieurbüro f. Zentrale Leit- und Prozeßtechnik, Auf dem Brachfeld 26, 5064 Rösrath

Hartung, C., Prof. Dr.-Ing., Institut für Biomedizinische Technik und Krankenhaustechnik, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 61 01 80, 3000 Hannover
(S. 446)

Haseköster, H., Dipl.-Ing., Prokurist, Oberingenieur, Brown-Boveri-York, Kälte- und Klimatechnik GmbH, Abt. SM, Wallstadter Str. 65, 6802 Ladenburg (S. 222)

Hohls, J.-W., Regierungsdirektor, Bundeskartellamt Berlin, Mehringdamm 129, 1000 Berlin 61 (S. 10)

Holländer, W., Dr.rer. nat., Fraunhofer Gesellschaft f. Toxikologie u. Aerosolforschung, Nikolai-Fuchs-Str. 1, 3000 Hannover 61

Joeschke, M., Dipl.-Ing., Forschungsstelle f. Energiewirtschaft, Am Blütenanger 71, 8000 München 1 (S. 115)

Junker, D., Dr. rer.nat., Medizinische Hochschule Hannover, Abt. Nuklearmedizin, Postfach 61 10 80, 3000 Hannover 61 (S. 281, S. 411)

Kraupner, K.-W., Dr.-Ing., Ltd. Regierungsdirektor a. D., Obmann des DIN-Ausschusses 1946, Vorstand AMEV, Kirchredder 10, 2000 Hamburg 63 (S. 191)

Kreinberg, W., Dr.-Ing., TÜV Hannover e. V., Zentralabteilung Medizinische Technik, Am TÜV 1, 3000 Hannover 81 (S. 99)

Kriewald, B., Dipl.-Ing., Linde AG, Sürther Hauptstr. 178, 5000 Köln-Sürth 50 (S. 232)

Kritzinger, M., Dipl.-Ing., Nds. Sozialministerium, Referent für Krankenhausbau, Hinrich-Wilhelm-Kopf-Platz 2, 3000 Hannover (S. 1)

Kruse, H., Prof. Dr.-Ing., Universität Hannover, Institut f. Kältetechnik u. Angewandte Wärmetechnik, Welfengarten 1 A, 3000 Hannover 1

Lottner, von, L., Gabriel-von-Seidel-Str. 31, 6520 Worms (S. 358)

Menges, H., Dipl.-Ing., Brown Boveri Cie, BBC-NG/SV 1, Eppelheimerstr. 82, 6900 Heidelberg
(S. 84)

Menzel, W.-E., Dipl.-Ing., Siemens AG, E 481/E 483 Postfach 32 40, 8520 Erlangen

Neudeck, E., Dipl.-Ing., Camfil GmbH, Feldstr. 26 - 32, 2067 Reinfeld
(S. 434)

Nienburg, K., Dipl.-Ing., ASA Horst Wieber GmbH, Postfach 14 25, 2805 Stuhr 1/Bremen
(S. 165)

Paul, J., Dr.-Ing., Fa. Sabroe, Postfach 26 53, Ochsenweg 73, 2390 Flensburg
(S. 239)

Plasa, D., Dipl.-Ing., Landeswohlfahrtsverband Hessen, Hauptverwaltung/Dez. 41, Postfach 10 24 07, 3500 Kassel
(S. 21)

Pointner, E., Dipl.-Ing., Direktor der Elektro-Beratung Bayern GmbH, Kaiserstr. 14, 8000 München 40
(S. 31)

Rakoczy, T., Dr.-Ing., Brandi-Ingenieure, Max-Planck-Str. 2, 5000 Köln 40/Marsdorf

Reichard, D., Dipl.-Ing., Berliner Str. 14, 5308 Rheinbach
(S. 295)

Reise, D., Dipl.-Ing., Krankenhaus-Abfallbeseitigung Schleswig-Holstein GmbH, Edison Str. 13, 2300 Kiel 14
(S. 305)

Riedel, W., Prof. Dr.-Ing., Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel, Krankenhausbetriebslehre und -technik, Salzdahlumer Str. 46 -48, 3340 Wolfenbüttel
(S. 377)

Riedle, K., Prof. Dipl.-Ing., H. Riedle GmbH, Gesundheits-, Wärme- und Lüftungstechnik, Karl v. Linde Str. 10, 6200 Wiesbaden

Rouvez, L., Prof. Dr.-Ing., Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik der TU München, Arcisstr. 21, 8000 München 2
(S. 115)

Rudat, K., Prof. Dipl.-Ing., Technische Fachhochschule Berlin, FB 6 Versorgungs- u. Energietechnik, Luxemburger Str. 9, 1000 Berlin 65
(S. 342)

Rüden, H., Prof. Dr. med., Leiter des Institutes für Allgemeine Hygiene der FU Berlin, Hindenburgdamm 27, 1000 Berlin 45

Sabow, G., Dr.-Ing., Direktor für Sicherheit, Umweltschutz und Energie, Deutscher Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein e. V., DEKRA, Schultze-Delitzsch-Str. 49, 7000 Stuttgart 49

Sälzer, E., Dipl.-Ing., ita-Ingenieurgesellschaft mbH, Max-Planck-Ring 49, 6200 Wiesbaden
(S. 399)

Seetzen, G., Dipl.-Ing., Technischer Direktor, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 61 01 80, 3000 Hannover 61

Seyfried, C.-F., Prof. Dr.-Ing., Institut f. Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Universität Hannover, Welfengarten 1, 3000 Hannover 1

Siebert, L., Dr.-Ing., Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen u. Verkehr, Breite Str. 31, 4000 Düsseldorf

Spindler, U., Dr. rer. nat., Klöckner-Moeller Elektrizitäts GmbH, Abt. MAT, Postfach 18 80, 5300 Bonn 1

Schad, J., Dipl.-Ing., Institut f. Biomedizinische Technik und Krankenhaustechnik, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 61 01 80, 3000 Hannover 61
(S. 437)

Scheuermann K., Dipl.-Ing., Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel u. Gaststätten, Hauptverwaltung -Technischer Aufsichtsdienst, Steubenstr. 46, 6800 Mannheim
(S. 108)

Schmidt, M., Dr.-Ing., Klimasystemtechnik Ingenieurgesellschaft mbH, Keplerstr. 8 - 10, 1000 Berlin 10
(S. 210)

Schmidt, P., Dr.-Ing., Weiss Klimatechnik GmbH, 6301 Reiskirchen
(S. 200)

Schmidt-Burbach, G.M., Prof. Dr. med., Institut f. Krankenhaushygiene u. Infektionsverhütung, Neuwiesenweg 1, 6302 Lich
(S. 332)

Schmitz, H., Dipl.-Ing., Heinrich-Ziegler-Str. 21, 6333 Braunfels
(S. 179)

Steinel, K., Dipl.-Ing., Technischer Leiter, Kreiskrankenhaus Gummersbach GmbH, Wilhelm-Breckow-Allee 20, 5270 Gummersbach
(S. 136)

Tobias, V., Dipl.-Ing., Materialinformationszentrum Gesellschaft für Logistik mbH (MIZ), Postfach 9 67, Gökerstr. 68, 2940 Wilhelmshaven
(S. 40)

Urlaub, G., Dipl.-Ing., Deutscher Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein e. V., DEKRA, Schultze-Delitzsch-Str. 49, 7000 Stuttgart 49
(S. 367)

Vogel, H., Dipl.-Ing., Ltd. Baudirektor, Hochbauamt der Freien und Hansestadt Hamburg, Hauptabt. Gebäude- und Betriebsttechnik, Stadthausbrücke 8, 2000 Hamburg 36
(S. 254)

Wawra, W., Dipl.-Ing., Medizinische Hochschule Hannover, Investitionsplanung, Postfach 61 01 80, 3000 Hannover 61
(S. 47)

Weber, K., Prof. Dr.-Ing., Technischer Überwachungsverein TÜV e. V., Am TÜV 1, 3000 Hannover 81

Wiechmann, M., Geschäftsführer, Gesellschaft f. Wasseraufbereitung u. Energierückgewinnung mbH (GWE). 2872 Hude 2 / Hemmelsberg
(S. 145)

Wollrab, O., Chemie-Ing., Institut f.Schadenforschung (IfS), Preetzer Str. 75, 2300 Kiel 14
(S. 185)

Zillgith, W., Dipl.-Ing., Hobart Maschinen Gesellschaft mbH, Postfach 16 20, 7600 Offenburg
(S. 326)

Fachliteratur Krankenhaustechnik

zu beziehen durch:
Fachverlag Krankenhaustechnik
Postfach 61 03 24
3000 Hannover 61

HospiTech '87 Hannover
15. Kongreß für Krankenhaustechnik
»Technische Ver- und Entsorgung im Krankenhaus«
Herausgeber: C. Hartung, O. Anna 1987.
Format DIN A 5. Kartoniert. 462 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 75,— DM

HospiTech '86 Hannover
14. Kongreß für Krankenhaustechnik
»Service und Technik im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung 1986.
Format DIN A 5. Kartoniert. 360 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 70,— DM

13. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Sanierung und Erneuerung technischer Anlagen im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, N. Adler 1985.
Format DIN A 5. Kartoniert. 461 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 75,— DM

12. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Betriebstechnik und Bautechnik im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, N. Adler 1984.
Format DIN A 5. Kartoniert. 405 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 70,— DM

11. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Elektrizitätsversorgung und elektrotechnische Anlagen im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, N. Adler 1983.
Format DIN A 5. Kartoniert. 286 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 60,— DM

---

zuzüglich Versandkosten und gesetzlicher Mehrwertsteuer.

10. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Heizungs–, Kälte– und Sanitärtechnik im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, H. Glöckle 1982.
Format DIN A 5. Kartoniert. 376 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 65,— DM

9. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Technik zentraler Dienste im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, H. Glöckle 1981.
Format DIN A 5. Kartoniert. 345 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 60,— DM

8. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Medizintechnische Geräte im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, H. Klie 1980.
Format DIN A 5. Kartoniert: 235 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 50,— DM

7. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Instandhaltung medizintechnischer Geräte«
Herausgeber.: C. Hartung, O. Anna 1979/80.
Format DIN A 5. Kartoniert. 222 Seiten.
Vortragssammlung inklusive Autorenverzeichnis. 50,— DM

6. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Energie im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, H. Klie 1979.
Format DIN A 5. Kartoniert. 343 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 60,— DM

5. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Klimaanlagen im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, W. Kreinberg 1978.
Format DIN A 5. Kartoniert. 279 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 50,— DM

4. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Wirtschaftliche Instandhaltung im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, W. Kreinberg 1977.
Format DIN A 5. Kartoniert. 231 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 50,— DM

---

zuzüglich Versandkosten und gesetzlicher Mehrwertsteuer.

3. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Infektiöser Müll im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, R. Kerl 1976.
Format DIN A 5. Kartoniert. 182 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 30,— DM

2. Fachtagung Krankenhaustechnik
»Sicherheit im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, R. Kerl 1975.
Format DIN A 5. Kartoniert. 123 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 20,— DM

1. Fachtagung Krankenhaustechnik
Einsatz computergesteuerter Leitsysteme im Krankenhaus«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, R. Kerl 1974.
Format DIN A 5. Kartoniert. 119 Seiten.
Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis. 20,— DM

Zusammenfassung wissenschaftlicher Vorträge der 3. Jahrestagung für Biomedizinische Technik
sowie des Fachsymposiums »Störunterdrückung bei Biosignalen«
Herausgeber: O. Anna, C. Hartung 1974.
Format DIN A 4. Kartoniert. 253 Seiten.
102 Vortragszusammenfassungen
inklusive Autorenverzeichnis. 30,— DM

zuzüglich Versandkosten und gesetzlicher Mehrwertsteuer.